جامعة أم القرى
معهد خادم الحرمين الشريفين
لأبحاث الحج والعمرة

الملتقى العلمي الرابع والعشرون
لأبحاث الحج والعمرة والزيارة
التميز في النقل وإدارة الحشود

السجل العلمي

للملتقى العلمي الرابع والعشرين لأبحاث الحج والعمرة والزيارة

تحت شعار

التميز في النقل وإدارة الحشود

تنظيم

معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة
جامعة أم القرى

برعايـــة كريمـــة مـن

خَادِمِ الحَرَمَيْنِ الشَّرِيفَيْنِ

الملك سلمان بن عبد العزيز آل سعود

الملتقى العلمي الرابع والعشرون
لأبحاث الحج والعمرة والزيارة

السجل العلمي

الأوراق العلمية

الجزء العربي

بسم الله الرحمن الرحيم

تقديم

برعاية كريمة من خادم الحرمين الشريفين الملك سلمان بن عبد العزيز آل سعود (حفظه الله) نظّم معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة بجامعة أم القرى الملتقى العلمي الرابع والعشرون لأبحاث الحج والعمرة والزيارة تحت شعار "التميز في النقل وإدارة الحشود" بمكة المكرمة. يعتبر هذا الملتقى مناسبةً علمية سنوية، يقام مرة بمكة المكرمة ومرة بالمدينة المنورة، وهو فرصة يلتقي فيها المختصون والمسؤولون والعاملون في مجال الحج والعمرة والزيارة لعرض خلاصة ما لديهم من أبحاث ودراسات ومقترحات وتبادل وجهات النظر والإفادة من أحدث التقنيات العالمية والمستجدات العلمية نحو التطوير المستمر للرقي بخدمة ضيوف الرحمن من الحجاج والمعتمرين والزوار، مستشعرين في ذلك أهمية وضرورة تسخير العلم النافع والعمل الصالح في خدمة الحرمين الشريفين .

ويهدف الملتقى إلى استكتاب الباحثين المتخصصين في الجامعات والمعاهد البحثية السعودية، والمهتمين بدراسات الحج والعمرة والزيارة وأبحاثها، إضافة إلى العاملين في الأجهزة الحكومية والقطاع الخاص والقطاع الثالث، لتقديم أوراقهم العلمية الأصيلة من خلال محاور الملتقى لهذا العام 1446هـ والتي تشمل محور التخطيط الإستراتيجي للنقل وإدارة الحشود، محور تعزيز الصحة والسلامة في إدارة الحشود، محور النظم والتقنيات الحديثة في النقل وإدارة الحشود، ومحور الممارسات المستدامة في النقل وإدارة الحشود.

تلقت اللجنة العلمية حوالي 172 ملخصاً بحثياً من 49 جهة أكاديمية وحكومية والقطاع الخاص والثالث، حيث تم تحكيمها بمساعدة خبراء ومتخصصين وتم اختيار 58 موضوعا تضمنتها أوراق علمية وأوراق عمل، ويحتوي هذا السجل العلمي على 35 ورقة علمية، بينما يحتوي موقع الملتقى على الملصقات العلمية لأوراق العمل .

وبهذه المناسبة تتقدم اللجنة العلمية للملتقى بالشكر الجزيل للباحثين الذين قدموا للملتقى خلاصة أعمالهم وأفكارهم وللمحكمين المتخصصين من الكليات ومن ذوي الخبرة بالمعهد الذين قاموا بتقييم وتحكيم الأعمال المقدمة وساعدوا اللجنة العلمية على اتخاذ قرارات قبول المشاركات العلمية .

كما تتقدم اللجنة العلمية بالشكر الجزيل لكل من ساهم في تقديم الدعم العلمي والمادي والمعنوي وعلى رأسهم معالي وزير التعليم وسعادة رئيس الجامعة وسعادة عميد معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة رئيس اللجنة المنظمة للملتقى .

اللجنة العلمية للملتقى العلمي الرابع
والعشرين لأبحاث الحج والعمرة والزيارة

اللجنة العلمية للملتقى العلمي الرابع والعشرون لأبحاث الحج والعمرة والزيارة
معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة – جامعة أم القرى

(9-11) جمادى الآخرة 1446 هـ الموافق 10– 11 ديسمبر 2024م

البريد الإلكتروني:(multaqa@uqu.edu.sa)
البوابة الإلكترونية:(hajj.uqu.edu.sa/multaqa)
ص.ب. 6287 - الرمز البريدي: 21955 مكة المكرمة

اللجنة الرئيسية للملتقى العلمي الرابع والعشرون لأبحاث الحج والعمرة والزيارة

رئيس اللجنة:

د. عدنان بن يحيى الشهراني

أعضاء اللجنة:

د. خالد بن عبد الرحمن الغامدي

د. عبد الله بن عبد الحميد باقاسي

د. ألفت بنت معراج مرزا

د. عبد الله بن علي النباتي

د. ماجد بن عبد الله بامقا

د. عبد الله بن نور هوساوي

أ.د. حمدي بن محمود يوسف

أ.د. عماد بن عبد الرزاق فلمبان

د. خالد بن عبد الرحمن أسره

د. أحمد بن خالد القرشي

د. مهند بن عبد الرحمن اليماني

د. محمد بن أحمد قاروت

د. أحمد بن حمزة مطير

أ.نايف بن محمد بشرف

أ. رذاذ بنت حسين قباني

اللجنة العلمية الفرعية للملتقى العلمي الرابع والعشرين لأبحاث الحج والعمرة والزيارة

رئيس اللجنة:	د. خالد بن عبد الرحمن أسره
أعضاء اللجنة:	د. أحمد بن محمد كابلي
	أ.د. فتحي فوزي شعبان
	أ.د. عمر بشير أحمد
	أ.د. ايمن محمد مصطفى
	د. وليد السيد أبو السعود
	د. أحمد بن محمد هلالي
	د. محمد بن صديق ياسين
	أ.ابتسام بنت محمد بن هديان

المتحدثون الرئيسيون بجلسات الملتقى العلمي الرابع والعشرين لأبحاث الحج والعمرة والزيارة

الجلسة الأولى:	استراتيجيات صحة وسلامة الحشود في الأماكن المقدسة
المتحدث الرئيس:	**اللواء الدكتور محمد بن عبدالله القرني** المشرف العام على مركز التفويج والعمليات المشتركة

اللواء د. محمد بن عبدالله القرني حاصل على شهادة الدكتوراه في الفلسفة "علم الاجتماع" ،شارك فيما يزيد عن 100 لقاء إعلامي وصحفي في أعمال الحج و أعمال الدفاع المدني و أعمال التفويج، شارك فيما يزيد عن 90 ورشة عمل لتطوير المشاريع بمكة المكرمة والمشاعر المقدسة خلال أعمال الحج ، والتي تجاوزت أربعين عاماً بمشاركة ميدانية وقيادية.

الجلسة الأولى:	استراتيجيات صحة وسلامة الحشود في الأماكن المقدسة
المتحدث الرئيس:	**أ.د. أميمة بنت عمر بامسق** وكيل تمكين النقل في الهيئة العامة للنقل

بروفيسور أميمة بامسق باحثة وخبيرة في الأمن السيبراني وأنظمة التنقل. وهي رائدة في تمكين المرأة وقيادتها في قطاع النقل، حيث تشغل منصب وكيل لتمكين النقل في الهيئة العامة للنقل. تركز أبحاثها على التنقل الذاتي وإنترنت الأشياء والذكاء الاصطناعي وحلول التنقل الذكية.

الجلسة الخامسة:	النظم والتقنيات الحديثة في النقل وإدارة الحشود
المتحدث الرئيس:	**أ.د. ناصر بن زيد المشاري** نائب رئيس شركة علم للتحالف والشراكات الاستراتيجية

د. ناصر زيد المشاري، نائب الرئيس للشراكات والتحالفات الاستراتيجية في شركة علم، قيادي ذو خبرة واسعة تمتد لأكثر من 25 عامًا في التحولات الرقمية، حلول المدن الذكية، التحليلات البيانية، والتقنيات الناشئة مثل إنترنت الأشياء، الأمن السيبراني، البلوكتشين، والذكاء الاصطناعي التوليدي. ساهم بفعالية في تطوير استراتيجيات الأعمال، تحقيق نمو مالي مستدام، وتوسيع الأسواق الحكومية..

جدول المحتويات

الجزء العربي 2
تقديم 1
محور التخطيط الاستراتيجي للنقل وإدارة الحشود 7
إستراتيجية مستقبلية مقترحة لدور التخطيط الاستراتيجي للموارد البشرية في تحقيق التميز بخدمات إدارة النقل وتنظيم الحشود كنموذج متكامل لرفع فعالية أداء الموظفين 8
واقع توافر مهارات القيادة الإدارية لدى العاملين في إدارة الحشود البشرية في المشاعر المقدسة 19
حل مقترح لمشكلة الزحام في مكة المكرمة باستخدام مشروع الأنفاق الذكية في المشاعر المقدسة (الأنفاق والقطارات الذكية) 31
خارطة طريق لتطبيق التوأم الرقمي الحضري لتحسين إدارة الحشود أثناء الحج 46
أثر استحداث إدارة الجودة وقياس الأداء في مجال النقل وإدارة الحشود لشركات الحج (شركة سراة انموذجاً) 47
تأثير الطقس الحار على خصائص حركة الحشود في المشاعر المقدسة خلال موسم الحج 48
استجابة المملكة العربية السعودية للأوبئة العالمية: استراتيجيات الصحة المستدامة والحلول القائمة على الذكاء الاصطناعي 49
استراتيجية مقترحة لبروتوكول تنظيف وتطهير حافلات الحجاج للحدّ من الملوثات المعدية باستخدام تكنولوجيا التحفيز الضوئي والمطهرات الصديقة للبيئة 50
محور النظم والتقنيات الحديثة في النقل وإدارة الحشود 67
تفعيل تقنيات الذكاء الاصطناعي لنقل ذوي الإعاقة (الترام أنموذجًا) 68
استخدام النمذجة والمحاكاة لتحسين انسيابية الحركة المرورية بنقطة حجز المركبات بطريق جدة - مكة السريع 79
قياس ودراسة أثر أنماط التنقل المختلفة على رحلة ضيف الرحمن خلال أداء مناسك الحج 90
إطار عمل لتخطيط عمليات النقل للحج باستخدام الحوسبة السحابية 100
دعم عمليات الحج بتقنيات التعرف على الكلام العربي القائمة على الذكاء الاصطناعي 101
عدّ الحشود باستخدام نظرية المحول (كلتر) من البداية الي النهاية في الحج: دراسة حالة 113
إدارة حافلات نقل الحجاج بفعالية باستخدام تقنية التعرف على الوجه 122
إدارة رضا الحشود ورفع كفاءة جودة رصد البيانات ودقة التوقعات من خلال مركزية البيانات باستخدام الذكاء الاصطناعي 132
مختبر الحج: نهج تقني متكامل لتعزيز إدارة الحشود باستخدام المناطيد الطبقية والتحليلات القائمة على الذكاء الاصطناعي 145
محور تعزيز الصحة والسلامة في إدارة الحشود 146
دراسة الإجهاد الحراري للحجيج بمخيمات مشعر منى خلال موسم حج 1445هـ 147
قياس مدى رضا حجاج الداخل أصحاب الأمراض المزمنة عن الخدمات الغذائية المقدمة لهم خلال موسم الحج 1445هـ 161
أثر استخدام التقنيات الحديثة في التوعية الصحية واستدامتها بين حشود الحج والعمرة والزيارة من وجهة نظر عينة من مقدمي الخدمة بمكة المكرمة .. 172
تقييم المعرفة عن لقاح الإنفلونزا وتلقي اللقاح من قبل المعتمرين 184
دراسة متطلبات ملابس السلامة عالية الرؤية في مناطق الحشود 185
تقييم جودة الهواء في مكة المكرمة خلال موسم الحج لعامي 2023 و2024 - تحليل صور القمر الصناعي سنتنيل-5 باستخدام محرك جوجل إيرث انجن. 200
قياس العوامل البيئية للحدّ من المخاطر في مواقف حافلات النقل العام للحجاج والمعتمرين بمكة المكرمة 210
الصحة النفسية للأطفال في ظل إدارة الحشود خلال مواسم الحج والعمرة نموذج مقترح لمرافق الرعاية وتدريب المنظمين والمتطوعين 226
نظام التدخلات الصحية الاستباقية لحجاج بيت الله الحرام باستخدام إنترنت الأشياء والذكاء الاصطناعي 242
النمذجة الهيدرولوجية والهيدروليكية لحركة المياه السطحية بأحياء المنطقة المركزية لمكة المكرمة 243
تعزيز أنظمة الارشاد المكاني لتحقيق صحة وسلامة الحشود: تقييم حي العزيزية والزاهر بمكة المكرمة 272

أنماط زيارات قسم الطوارئ خلال فترة الحج بمستشفى النور التخصصي بمكة المكرمة، المملكة العربية السعودية 2024: نحو تحسين الرعاية الصحية في ضوء رؤية المملكة العربية السعودية 2030 273
تعزيز السلامة النفسية للأطفال أثناء تنظيم وإدارة الحشود في الحج والعمرة بالمملكة العربية السعودية 274
دور الذكاء الاصطناعي والأبحاث الجزيئية في إحداث ثورة في دراسات عدوى الفيروسات وتدابير الصحة العالمية 291
محور الممارسات المستدامة في النقل وإدارة الحشود 292
دور الممارسات الفضلى لإدارة الحشود في تحقيق الأمن الاجتماعي "دراسة تحليلية لموسم الحج" 293
الاستفادة من أنظمة النقل السريع الترددي ذاتي القيادة لتوفير حلول التنقل الذكية والتحكم الفعال في الحشود في المدينة المنورة 310
تطوير نظام ذكي يتعمد على الذكاء الاصطناعي لتحسين وإدارة قسم الطوارئ بكفاءة خلال موسم الحج 311
مؤشرات الاستدامة كأداة لتحسين كفاءة النقل في إطار منظومة الحج الأخضر 312

محور التخطيط الاستراتيجي للنقل وإدارة الحشود

إستراتيجية مستقبلية مقترحة لدور التخطيط الاستراتيجي للموارد البشرية في تحقيق التميز بخدمات إدارة النقل وتنظيم الحشود كنموذج متكامل لرفع فعالية أداء الموظفين

شيماء أسامه محمد صالح

قسم إدارة الأعمال، كلية الأعمال، جامعة الباحة

A Proposed Future Strategy for the Role of Strategic Planning for Human Resources in Achieving Excellence in Transportation Management Services and Organizing Crowds as an Integrated Model to Raise the Effectiveness of Employee Performance

Shaimaa O. M. saleh

Business Administration - College of Business, AL Baha University

*Corresponding author: E-mail(shaimaa.osamas1@gmail.com)

الملخص

يهدف البحث للتعرف على الدور الفعال للتخطيط الاستراتيجي للموارد البشرية وعلاقته بتحقيق التميز بإدارة النقل والحشود ورفع فعالية أداء الموظفين وذلك عن طريق التخطيط الجيد والاستراتيجيات الفعالة وتطوير خطط طوارئ في التعامل مع الازدحام والحوادث كاستراتيجيات الإخلاء والاتصالات الفعالة مما يتطلب التوصل لرؤية استراتيجية قادرة على التكيف مع التطورات التكنولوجية وتحويلها لفرص ابتكارية. كما يسعى البحث لتنمية مهارات التخطيط الاستراتيجي من خلال حلول مبتكرة مثل استخدام الملاعب الرقمية. واتبع البحث الأسلوب الاستنباطي باستخدام المنهج التاريخي، واستنتج البحث صحة الفرض الأول بوجود علاقة قوية وايجابية بين التنبؤ بالاحتياجات المستقبلية وبين تحقيق التميز بإدارة النقل وتنظيم الحشود عبر الاستفادة من البيانات الرقمية والتقنيات الحديثة وكذلك توصل لصحة الفرض الثاني حيث أثبتت نتائجه لوجود علاقة قوية وايجابية بين تخطيط العمليات من خلال تدريب وتطوير الموظفين الرقميين وبين تحقيق التميز بإدارة النقل وتنظيم الحشود بمواسم الحج والعمرة.

كما توصل لاستراتيجية مقترحة متكاملة الأبعاد الإدارية والفنية عن دور التخطيط الاستراتيجي للموارد البشرية في تحقيق التميز بخدمات إدارة النقل وتنظيم الحشود وعلاقته بإنشاء خطط أمنية وإدارية عن التميز بالنقل وتنظيم الحشود.

الكلمات الدالة: التخطيط الاستراتيجي للموارد البشرية، التميز بخدمات إدارة النقل، تنظيم الحشود، فعالية أداء الموظفين، الملاعب الرقمية، الحج والعمرة.

Abstract

The study aimed to identify the effective role of strategic planning for human resources to achieve excellence in transportation & crowd management as an integrated model to raise the effectiveness of employee performance, the development of contingency plans to deal with congestion or accidents as evacuation effective communications, which requires to prepare plans that provide innovative solutions such as the use of digital stadiums. The study followed the deductive method using the historical method. The study concluded the validity of first hypothesis that there is a strong positive relationship between predicting future needs and achieving excellence in transport management & crowd organization by taking advantage of digital data & modern technologies, second hypothesis. The results proved a strong

positive relationship between operations planning through training of digital employees and between achieving excellence in transport management & crowd organization during the Hajj & Umrah seasons. The study reached a proposed strategy integrated administrative & technical dimensions of the role of strategic planning for human resources in achieving excellence in transport management services, crowd organization, establishment of security, administrative plans for transport management & crowd organization.

Keywords: Strategic Planning, Human Resources, Transportation Managementm Crowd, Employee Performance, Digital Stadiums, Hajj & Umrah.

1. المقدمة

أثبتت الدراسات أن التخطيط الاستراتيجي هو أحد المصادر الفعالة لإحداث التغيير والتطوير بالمنظمات المعاصرة من خلال دعم التحول الاستراتيجي وتحديد المخاطر وحل المشكلات وتصنيف نقاط القوة والضعف والفرص والتهديدات، وذلك عن طريق قدرته على استثمار الموارد المالية والبشرية وفقاً للمعايير العالمية في إدارة الخدمات، مما سيسهم بحقيق أهداف برنامج التحول الوطني وتحقيق رؤية المملكة 2030 والمتمثلة بوطن طموح، واقتصاد مزدهر، ومجتمع حيوي. (تنمية القدرات البشرية، 2021)

كما أكدت الأبحاث أن إدارة النقل ضرورية لتحقيق رفاهية البشر والنمو الاقتصادي، حيث أن النقل المستدام هو أحد الأركان المتينة لتحقيق أهداف التنمية المستدامة. (برنامج الأمم المتحدة، 2022)، وقد تقلدت المملكة العربية السعودية المرتبة الرابعة عالمياً بمؤشر جودة البنية التحتية للطرق. (المنتدى الاقتصادي العالمي ،2023).

وتتطلب استراتيجية التميز بإدارة الموارد البشرية في مجال النقل وإدارة الحشود التكيف مع التغيرات التكنولوجية عن طريق تنفيذ الخطط وتعزيز كفاءتها وزيادة رضا الموظفين والعملاء. (شفاء كرو،2016).

وكذلك يسعى التخطيط الاستراتيجي لاستخدام الملاعب الرقمية كمنصة تستخدم المعرفة والمهام تكنولوجياً. وقد تبنى البحث نظرية المعايير الطارئة نظراً لاهتمامها بتحليل ظهور الأفراد القياديين المهتمين بأدوارهم في إدارة وتنظيم الحشود واقتراحها للأعمال ومراعاتها للجزاءات وللقواعد المعيارية لسلوك الحشود. (Forsyth, 2012)

أهداف البحث:

يسعى البحث للاهتمام بالاستثمار بمهارات التخطيط الاستراتيجي للموارد البشرية وتنمية مهاراتهم في مجال إعداد الخطط لتعزيز الكفاءة والتميز بإدارة النقل وتنظيم الحشود بهدف تقليل الازدحام وتحسين السلامة العامة لحجاج الداخل والخارج.

كما يسعى البحث لتقديم حلول مبتكرة بمجال إدارة النقل وتنظيم الحشود من خلال إنشاء الملاعب الرقمية لتنظيم حركة الحشود واتخاذ قرارات سريعة وفعّالة.

مشكلة البحث:

توصلت الأبحاث إلى ضرورة تكثيف البحوث والدراسات المتعلقة بعلاج المشكلات التي تواجه الحجاج والإدارات المشرفة على الحج والعمرة لتحسين واقع العملية الإدارية لتنظيم حشود الحجاج (آل سعود،2016) وخاصة فيما يتعلق بحجاج الخارج وكبار السن حيث أن سلوكهم متوقف على الهدف والغاية من تواجدهم (نايف، 2016).

وتكمن المشكلة في أن الحجز الإلكتروني لخدمات النقل بالعمرة والحج من العربيات الكهربائية يتعطل بالمواسم كثيفة العدد كشهر رمضان وموسم الحج. كما أن نقاط الدخول بعيدة عن نقاط الخروج بالعمرة والحج، مما يجعل الرجوع من نفس مسار الخروج ويتسبب ذلك بحدوث الحوادث، لذلك قد يتسبب في حدوث التكدس والازدحام والصعوبة بحركة النقل إلى الأماكن المقدسة والتأثير السلبي على سلامة الحجاج حيث لا توجد لا توجد نقاط تسهل حركة كبار السن والمعاقين(Korkmaz, 2018) ، مما يستدعى ضرورة وجود خطط طوارئ واستجابة سريعة بحالات الطوارئ من خلال رسم خرائط لمسار النقل لكبار السن والمعاقين (منظمة النقل الدولية، 2023).

وتتمثل المشكلة في عدم وجود معايير ومؤشرات ذات جدوى عن التخطيط الاستراتيجي وعلاقته بالنقل وتنظيم الحشود، وضعف نظام التغذية المرتدة وضعف نظام الحوافز، حيث يكمن دور المؤشرات في التعرف على الأداء الحالي وعلى الاحتياجات المطلوبة من الخطط التطويرية مما يضعف من قدرة المؤسسات على تحقيق رؤيتهم (الهنداوى وآخرون، 2017).

وكذلك تفتقد بعض مؤسسات الحج والعمرة وجود استراتيجية لمواردها البشرية نتيجة عدم وجود أهداف استراتيجية مستقبلية لديها، والقصور بتحقيق رؤيتها نتيجة وجود تعارض في الرؤى بين المستويات الإدارية المختلفة. (ماجدة متولي ،2020).

كما تتمثل المشكلة الرئيسية بإدارة النقل والحشود في عدم وجود خطط متكاملة وكذلك النقص في التنسيق بين الجهات المعنية أو عدم استخدامهم للتكنولوجيا بشكل فعال، مما يؤدي لحدوث إصابات، أو حوادث خلال مواسم العمرة والحج. فبالرغم من أن هناك حاجة ماسة لاستخدام المؤسسات للتخطيط الاستراتيجي للموارد البشرية عند تحقيقها للتميز بجودة خدمات إدارة النقل والحشود ,Korkmaz) (2018إلا أن هناك نقص بالدراسات التي تربط بين التخطيط الاستراتيجي للموارد البشرية وبين تحقيق التميز بإدارة النقل والحشود لرفع كفاءة قطاع الحج والعمرة، مما يستدعى التوجه نحو استخدام الملاعب الرقمية في تحسين تجربة المستخدم من خلال توفير معلومات دقيقة بهدف تقليل الازدحام (Chamee Yang, 2022).

تساؤلات البحث:

تتمثل المشكلة بالسؤال الرئيسي: ما هو دور التخطيط الاستراتيجي للموارد البشرية في تحقيق التميز بإدارة النقل وتنظيم الحشود كنموذج متكامل لرفع فعالية أداء الموظفين بالمواسم المزدحمة بالحج والعمرة؟ ويتفرع منه التساؤلات الفرعية:

- ما العلاقة بين التنبؤ بالاحتياجات المستقبلية وبين تحقيق التميز بإدارة النقل وتنظيم الحشود كنموذج متكامل لرفع فعالية أداء الموظفين بالمواسم المزدحمة بالحج والعمرة؟
- ما العلاقة بين تخطيط العمليات وتنمية مهارات الموظفين الرقميين وبين تحقيق التميز بإدارة النقل وتنظيم الحشود كنموذج متكامل لرفع فعالية أداء الموظفين بالمواسم المزدحمة بالحج والعمرة؟

أدبيات البحث:

الدراسات السابقة المتعلقة بالتخطيط الاستراتيجي للموارد البشرية:

هدفت دراسة عبد الرحمن (2019) لمناقشة أثر التخطيط الاستراتيجي وأثر تخطيط الموارد البشرية على المنظمات نظراً لأهمية إدارة الموارد البشرية واعتبارها الإدارة الأولى المتأثرة بالتغيرات الداخلية والخارجية وتوصل البحث لوجود توافق بين التخطيط الاستراتيجي وبين تخطيط الموارد البشرية بالشركات المساهمة السعودية، كما استنتج البحث وجود علاقة وتوافق بينهم نظراً لتأثيرهم الكبير على أداء الموظفين وعلى تحقيق الأرباح، كما استهدف جوردون (2021) التعرف على آلية تحقيق التميز التنظيمي من خلال ممارسات إدارة الموارد البشرية المستدامة والمتمثلة بقياس العوامل المؤثرة على أداء المنظمات. كما سعت للتعرف على أهمية تصنيف الأداء الوظيفي للموارد البشرية بالمنظمة، حيث توصلت الدراسة إلى استخدام الشركات العالمية العديد من ممارسات التوظيف للربط بين التوظيف وبين الأداء الوظيفي للموظف لما لها من تأثير إيجابي على زيادة التزام الموظفين وعلى إنتاجيتهم وجودة عملهم، كما أكد عسيري (2020)على أن التخطيط الاستراتيجي وتخطيط الموارد البشرية ومشاركة الادارة العليا للعاملين التخطيط يكون لها أثر إيجابي على رفع أداء وإنتاجية الموظفين.

الدراسات السابقة المتعلقة بالتميز بإدارة النقل والحشود كنموذج متكامل لرفع فعالية أداء الموظفين:

سعت دراسة سعود (2016) للتعرف على واقع إدارة الحشود البشرية بمواسم الحج والعمرة على ضوء آراء من عينة من العاملين بوزارة الحج والعمرة لمعرفة دورهم التنظيمي بالحفاظ على أمن وسلامة الحجاج وحمايتهم من مخاطر الازدحام أثناء تأديتهم للمشاعر المقدسة بمواسم الحج والعمرة سنوياً بالسعودية ، وتوصلت الدراسة إلى أن الانتظار لساعات طويلة بمبنى الحجاج بالمطار وحتى الازدحام الشديد للحجاج، مما يتسبب بالحرائق أو التدافع من التحديات التي تواجه إدارة الحشود بمواسم الحج والعمرة ، كما استنتجت دور المملكة بحل هذه المشكلات من خلال صرف خيام غير قابلة للاشتعال، كما هدفت دراسة Elkhouly (2023) إلى التعرف على طرق تخفيف ازدحام محطات التنقل القريبة من الأحداث الرياضية الكبيرة. وقد توصلت نتائجها إلى أهمية إنشاء مناطق جذب عشوائية المواقع تمكّن الجماهير من الاستمتاع بمشاهدة أنشطة ثانوية لتأجير وصولهم إلى أماكن الملاعب.

التعليق العام على الدراسات السابقة:

يتفق هذا البحث مع الدراسات السابقة في أهمية دور التخطيط الاستراتيجي بتطوير أداء المنظمات، وقد تمت الاستفادة من هذه الدراسات بمتن البحث في استعانتها بتوصياتهم ونتائجهم، كما ساهمت بتوجيه الباحث للمراجع ذات العلاقة والصلة بالدراسة الحالية،

كما تتميز هذه الدراسة بتناولها لدور التخطيط الاستراتيجي للموارد البشرية في تحقيق التميز بأداء إدارة النقل وبتنظيم الحشود، كما أنه لا توجد دراسات تربط بين التخطيط الاستراتيجي وبين تحقيق التميز بأداء إدارة النقل وتنظيم الحشود بقطاع الحج والعمرة.

مصطلحات البحث:

عرف صلاح الدين **إدارة الموارد البشرية** بأنها تخطيط وتنظيم وتوجيه ورقابة الأنشطة المتعلقة باختيار وتعيين وتدريب وتنمية ومكافأة الموظفين والحفاظ عليهم وإسهامهم بتحقيق الأهداف التنظيمية. (الباقي، 2013) ، كما يعرف **التخطيط الاستراتيجي للموارد البشرية** بأنه عملية تحليل وتقييم الاحتياجات البشرية اللازمة لتحقيق الأهداف الاستراتيجية للمؤسسة (Armstrong, 2020). وكذلك يعرف **التدريب** بأنه المجهود المؤدى لزيادة المعرفة واكتساب المهارات والقدرات بالموظفين مما يزيد من قدرتهم الإنتاجية. (المعشوق، 2011) .

إدارة الحشود: هي عملية إدارية تهدف للتحكم بتنظيم الحشود والسيطرة عليها من خلال ممارسة وظائف التخطيط والتنظيم والإشراف والتوجيه والرقابة والتقييم (الرحيلي، 2019) . كما عرف بأنه مجموعة من الأنشطة والتقنيات المستخدمة لإدارة وتحكم تدفق الأفراد بالفعاليات الكبرى لضمان سلامتهم وراحتهم (Mansour & Al-Sharif, 2021).

التميز بخدمات إدارة النقل وتنظيم الحشود: تعنى الكفاءة التشغيلية من خلال تحسين استخدام الموارد المتاحة واستخدام أنظمة تكنولوجية متطورة لتحسين النقل والاستجابة للطوارئ من خلال وضع خطط فعالة للتعامل مع الأزمات (Cottam, H. S., & Dyer, 2019).

نموذج متكامل لرفع فعالية أداء الموظفين: هو إطار يشمل مجموعة من السياسات والإجراءات والهادفة لتحسين أداء العاملين من خلال التدريب والتطوير والتحفيز (Baker, 2022).

الملاعب الرقمية: تعرف بأنها أداة فعالة لاستكشاف وتطوير تجارب جديدة بطريقة آمنة ومرنة مما يزيد من الكفاءة والإنتاجية للتحول الرقمي (Chamee Yang ,2022).

الإطار النظري للبحث:

المقدمة:

أثبتت نتائج دراسة الشركة السعودية للموارد البشرية أن 60% من مديري الموارد البشرية يفتقرون للمعرفة الكافية بمفاهيم التخطيط الاستراتيجي ولدوره بالتكيف مع الظروف المتغيرة والنتائج المتحققة وذلك من خلال دوره الهام بتحديد رؤية ورسالة وقيم المنظمات وأهدافها وقدرته على تحليل الواقع الراهن، ثم استنتاجه للاستراتيجيات العامة التي من شأنها تحقيق الأهداف المرجوة الناتجة من تحليل البيانات، كما يقدم حلول ابتكارية حول توزيع الموارد وتخفيف الاختناقات من خلال إجراءات استباقيه واستشراف المستقبل (مجيد ،2020).

أهداف التخطيط الاستراتيجي:

وضع الخطط التشغيلية لإدارة الحشود للتنبؤ بالمستقبل لاتخاذ القرارات ثم رسم صورة واضحة للمستقبل، وتحديد الخطوات الفعالة لتحقيق الأهداف والغايات المرجوة، مما يساعد على ترتيب الأولويات في ضوء الإمكانات المادية والبشرية (Afonina,2015)، كما يهتم بتضمين المعرفة والتصورات المستقبلية برسالتهم ورؤيتهم (مهارات التفكير ، 2020).

دور التخطيط الاستراتيجي للموارد البشرية في تحقيق التميز بإدارة النقل وتنظيم الحشود:

يسعى التخطيط الاستراتيجي إلى القيام بالتحليل الاستشرافي عن طريق التنبؤ بالاتجاهات المستقبلية وباحتياجات السكان، كما يسعى لتعزيز التعاون بين القطاعات بهدف تحقيق التكامل بين التميز بإدارة النقل وتنظيم الحشود وبين تحقيق الكفاءة والاستجابة السريعة للتغيرات التكنولوجية.

استراتيجية مقترحة لدور التخطيط الاستراتيجي للموارد البشرية في تحقيق التميز بإدارة النقل والحشود لرفع فعالية أداء الموظفين:

يهتم التخطيط الاستراتيجي للموارد البشرية بتحديد الأهداف والاحتياجات المستقبلية للمؤسسات وكذلك كل ما يخص أداء القوى العاملة بما في ذلك توظيفهم وتدريبهم وتطوير أداؤهم ، كما يسعى لتحقيق التوافق بين تحقيق أهداف مواردهم البشرية وبين أهدافهم المؤسسية وذلك بواسطة تحليل البيئة الداخلية والخارجية للمؤسسات، وتحديد المهارات المطلوبة لتحقيق التميز ، وضمان كفاءة العمليات وجودة الخدمات وتعد إدارة الحشود من العوامل الحاسمة لضمان سلامة وأمان الحج والعمرة من خلال تبنها استراتيجيات

شاملة ومتكاملة لتحسين تجربة المستخدم ومتلقي الخدمات وتقليلها للمخاطر المحتملة، وكذلك تسهم إدارة الموارد البشرية بتنفيذ هذه الاستراتيجيات وتطوير كفاءاتها اللازمة لتعزيز ثقافة السلامة والأمان بين الموظفين.

كما تتمثل مكونات إدارة الحشود بتحليل وتخطيط سلوك الحشود وسيكولوجيتهم من خلال محاكاة الحشود وإعداد خطط الطوارئ في إدارة الحشود بهدف تحسين تجربة الحجاج عن طريق زيادة رضا الحجاج وتحسين الخدمات (Hamadi & Alsharif, 2017 Al).

وتهتم هذه الاستراتيجية المقترحة بتوظيف التكنولوجيا من خلال إنشاء المنصات التوعوية واستخدام التطبيقات الذكية لتقديم المعلومات الحية ، وبالتدريب المستمر للقوى العاملة على تقديم الخدمات المتميزة ، مما سينتج عنه تحقيق نظام نقل مستدام وإدارة فعالة للحشود وتحفيز استخدام وسائل النقل النظيفة كالدراجات الكهربائية والمركبات الكهربائية وتحسين الخدمات وتقليل التكاليف ، ولن يتأتى ذلك الإ بتطبيق تقنيات إدارة الحشود والمتمثلة بنظم المعلومات الجغرافية والتطبيقات الذكية وتوجيهها نحو تطوير البنية التحتية الذكية وتحسين إشارات المرور وإدارة الازدحام(Ghazali, & Kamarudin, 2019) .

رؤية الاستراتيجية المقترحة: التميز بإدارة النقل والحشود لضمان تجربة سلسة وآمنة للحجاج وتعزيز جودة الخدمات المقدمة.

رسالة الاستراتيجية المقترحة: تطوير استراتيجيات مبتكرة لإدارة النقل وتنظيم الحشود عن طريق استخدام التكنولوجيا الذكية لضمان تحقيق جودة الخدمات.

خطة مقترحة لاستخدام التخطيط الاستراتيجي في إدارة النقل وتنظيم الحشود بتميز:

- وضع أهداف واضحة وقابلة للقياس كتحسين وقت الانتظار في النقل بنسبة 20% خلال مواسم الحج والعمرة.
- تحليل احتياجات الإدارة الفعالة لإدارة الحشود من خلال تحديد الوظائف بهذا المجال وتحديد المهارات المطلوبة لكل وظيفة، ومن ثم تقييم الوضع الحالي ودراسة القوى العاملة الحالية بهدف تحديد الفجوات بالمهارات والمعرفة مع الاهتمام باستخدام استراتيجيات تنفيذ خطط الطوارئ بهذا المقترح.
- تطوير الصورة الذهنية الإيجابية عن بيئة العمل لجذب أفضل المواهب وتحفيز الموظفين من خلال تطوير نظام المكافآت والحوافز، مما سيعزز من أدائهم ويشجعهم على الابتكار (محمد تركي،2016).
- استخدام التكنولوجيا ومنصات التوظيف عبر الإنترنت ووسائل التواصل الاجتماعي لاستهداف المرشحين المحتملين، وكذلك استخدام تطبيقات الذكاء الاصطناعي، فوفقاً لتقرير "الشركة الاستشارية ديلويت"، فإن 70% من الشركات المستخدمة للذكاء الاصطناعي تتحسن من كفاءتها.
- إنشاء شراكات مع الجامعات والمعاهد التعليمية لتدريب الطلاب وتوظيفهم بعد التخرج.
- تصميم برامج تدريبية تركز على المهارات المطلوبة بإدارة النقل وتنظيم الحشود كإدارة الأزمات، السلامة والصحة المهنية، والاستخدام الفعال للتكنولوجيا.
- تحديد أهداف الخطة التشغيلية وتحليل الاحتياجات البشرية وتحديد المهارات المطلوبة بما يتماشى مع الاحتياجات المستقبلية.
- استخدام مؤشرات الأداء الرئيسية (KPIs) كنسبة رضا العملاء، ومتوسط زمن الانتظار، وفعالية استجابة الموظفين.
- إنشاء نظام لتقييم الأداء بشكل دوري وتقديم تغذية راجعة للموظفين وإجراء تقييمات دورية للخطط والعمليات للتأكد من فعاليتها.

مراحل تخطيط الاستراتيجية المقترحة:

1- تحديد الأهداف الاستراتيجية ووضع أهداف واضحة وقابلة للقياس كهدف تحسين كفاءة النقل وتقليل وقت الانتظار.

2- تحليل الوضع الاستراتيجي الحالي عن طريق تقييم مهارات الموظفين الحالية، ودراسة احتياجات التدريب والتطوير وتحليل الهيكل التنظيمي والعمليات الحالية لتحديد الفجوات.

3- تصميم استراتيجيات التوظيف والتدريب عن طريق تطوير برامج تدريبية متخصصة تتعلق بإدارة النقل وتنظيم الحشود واستقطاب الموظفين المؤهلين ذوي الخبرة بهذا المجال.

4- تطوير نظام تقييم الأداء حيث يركز على مؤشرات الأداء الرئيسية (KPIs) ذات الصلة بإدارة النقل وتنظيم الحشود.

5- تعزيز ثقافة الابتكار وتشجيع الموظفين على تقديم أفكار جديدة لتحسين العمليات من خلال ورش عمل أو برامج تحفيزية.

6- تبني أدوات رقمية لتحسين إدارة النقل وتنظيم الحشود، مثل نظم إدارة النقل الذكية.

معايير قياس الاستراتيجية:

- نسبة تطوير البرامج التدريبية والمتعلقة بتطوير مهارات إدارة الحشود وتكنولوجيا النقل.
- عدد ورش العمل الخاصة بتعزيز المهارات الناعمة ومهارات التواصل والقيادة بهدف تحسين كفاءة العمليات وتسهيل التواصل مع الحشود
- التقييم المستمر وإنشاء مؤشرات أداء رئيسية (KPIs) لقياس فعالية استراتيجيات إدارة الحشود وإجراء استطلاعات دورية لرصد رضا الموظفين والزوار.
- كما اقترحت مؤشرات الأداء المقترحة لقياس نجاحها كمعدل رضا العملاء عن طريق استبيانات دورية تهدف للتعرف على انطباعات الزوار وقياس الوقت المستغرق بنقل الحشود لتحديد نسب كفاءة النقل
- تعزيز مهارات التواصل بين الإدارات والقطاعات المختلفة لضمان تبادل المعلومات بشكل سريع وفعال.
- حصر نسبة ومعدل الحوادث المتعلقة بإدارة الحشود، ويتبعه تقييم الأداء الوظيفي عبر نظام تقييم سنوي.

دور التخطيط الاستراتيجي في استخدام الملاعب الرقمية لتحسين إدارة النقل وتنظيم الحشود من خلال

- تحليل وجمع البيانات حول حركة الزوار، مما يسمح للمنظمين باتخاذ قرارات سريعة لتحسين تدفق الحركة.
- توجيه الزوار باستخدام تقنيات الملاعب الرقمية نحو المرافق المتاحة وتقليل الازدحام.
- تعزز الملاعب الرقمية تجربة الحضور وتزيد من رضاهم، كما تتيح التواصل الفوري والفعال مع الزوار عن طريق إرسال تنبيهات حول الازدحام أو تغييرات بجداول النقل، وكذلك تعمل على توفير معلومات دقيقة لتحسين تجربة المستخدم.

2. منهجية وطرق البحث

منهج البحث:

استخدم البحث منهج البحث الأسلوب الاستنباطي (Creswell, 2014) للتعرف على دور التخطيط الاستراتيجي للموارد البشرية في تحقيق التميز بإدارة النقل وتنظيم الحشود باستخدام المنهج التاريخي والدراسات في تحديد المشكلة ووضع الفروض، وجمع البيانات الأولية والتاريخية وتحليلها (Trochim, 2006)بهدف بيان علاقة التخطيط الاستراتيجي للموارد البشرية وبين (Kaplan& Norton, 2001) تحقيق التميز بإدارة النقل (.(Button & Hensher ,2001 وتنظيم الحشود كنموذج متكامل لرفع من فعالية أداء الموظفين (Helbing & Balietti, 2011).

وقد تم اختيار هذه المنهجية حيث أنها تساعد في تحليل الوضع الحالي لإدارة الحشود من خلال جمع البيانات والمعلومات من التقارير السابقة ودراسات الحالة ومن المقابلات مع الخبراء والقائمين على إدارة الحشود لفهم التحديات والفرص بشكل أفضل، ولإلقاء الضوء على دور التكنولوجيا وعلى فعالية الخطط الحالية لإدارة الحشود ، مما سيسهم بالحصول على رؤية شاملة ومتنوعة حول الموضوع محل البحث وتوفير البيانات الكمية الدقيقة والبيانات النوعية ، مما سيكون له بالغ الأثر بإسهام هذا المنهج بتطوير استراتيجيات أكثر فاعلية بناءً على الأدلة والحقائق المستندة للتجارب السابقة (Fowler, 2013).

متغيرات البحث:

المتغيرات المستقلة: دور التخطيط الاستراتيجي للموارد البشرية والمتمثلة فى التنبؤ بالاحتياجات المستقبلية وتخطيط العمليات وتنمية مهارات الموظفين (Armstrong,2014)، والمتغيرات التابعة: التميز بخدمات إدارة النقل وتنظيم الحشود .(Cottam & Dyer, 2019)

فروض البحث:

الفرض الأول: وجود علاقة قوية وايجابية بين التنبؤ بالاحتياجات المستقبلية وبين تحقيق التميز بإدارة النقل وتنظيم الحشود لرفع فعالية أداء الموظفين بالمواسم المزدحمة بالحج والعمرة.

الفرض الثاني: وجود علاقة قوية وايجابية بين تخطيط العمليات وتنمية مهارات الموظفين الرقميين وبين تحقيق التميز بإدارة النقل وتنظيم الحشود لرفع فعالية أداء الموظفين بالمواسم المزدحمة بالحج والعمرة.

مجتمع البحث:

يتمثل من موظفي قطاع الحج والعمرة ومن أعضاء هيئة التدريس العاملين ممن لديهم خبرة ودراية مهنية وعلمية وعملية ومن حجاج الداخل والخارج للتعرف على دور التخطيط الاستراتيجي للموارد البشرية بتحقيق التميز بإدارة النقل وتنظيم الحشود كنموذج لرفع فعالية أداء الموظفين.

أساليب جمع البيانات:

تم جمع البيانات الدقيقة عن دور التخطيط الاستراتيجي للموارد البشرية وعن التميز بخدمات إدارة النقل وتنظيم الحشود وتحليلها باستخدام تقنيات الإحصاء كتحليل الانحدار الخطى واستخدامها في تقدير قيم المتغيرات باستخدام برنامج إحصائي Python كأداة رياضية للتحليل.

3. النتائج والمناقشة

نتائج تحليل تساؤلات البحث:

أثبتت نتائج تحليل التساؤل الأول بأن التخطيط الاستراتيجي للموارد البشرية بكافة عناصره ومتغيراته والمتمثلة بالتنبؤ بالاحتياجات المستقبلية، وتخطيط العمليات سيسهمون بتعزيز فعالية أداء الموظفين في إدارة النقل وتنظيم الحشود خلال المواسم المزدحمة بالحج والعمرة وذلك عن طريق تحليل الاحتياجات وتحديد المهارات اللازمة وتطوير البرامج ، مما يحسن من مستوى رضا العملاء وتقديم خدمات نقل آمنة ، كما سيقلل من الحوادث والمشكلات عبر تنظيم دقيق للحشود ، كما سيزيد من كفاءة أداء وانتاجية الموظفين خلال مواسم الحج والعمرة.

وأظهرت النتائج وجود علاقة إيجابية بين دور التنبؤ بالاحتياجات المستقبلية وبين تحقيق التميز بإدارة النقل وتنظيم الحشود مما سيسهم برفع فعالية أداء الموظفين بالمواسم المزدحمة بالحج والعمرة، كما كشفت نتائج البحث أن التخطيط الاستراتيجي الجيد يزيد من رضا الموظفين، مما ينعكس على الأداء، ويتفق ذلك مع تقرير مؤسسة غالوب بخصوص أن الشركات المهتمة برضا الموظفين زيادة بالأرباح تحقق ربح أكبر من مثيلاتها بمقدار 21%، كما تتحسن كفاءتها التشغيلية بنسبة 30%.

كما أثبتت نتائج تحليل التساؤل الثاني بأن تخطيط العمليات وتنمية مهارات الموظفين الرقميين يرتبط بقوة بتحقيق التميز بإدارة النقل وتنظيم الحشود ، مما يسهم برفع فعالية أداء الموظفين بالمواسم المزدحمة بالحج والعمرة ، ويتفق ذلك مع ما توصلت إليه المؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني بالمملكة العربية السعودية بخصوص أن 70% من الوظائف بقطاع النقل يحتاج للمهارات الفنية المتخصصة ، كما أثبتت نتائجه أن التميز يقاس بكفاءة النقل وخدماته وبتنظيم الحشود وتخطيط المسارات ، كما يقاس بجودة تخطيط العمليات الجيد ، مما سيقلل من نسبة الازدحام بنسبة 25% ، وبذلك يكون لتخطيط العمليات عن طريق تدريب وتطوير الموظفين الرقميين دوراً هاماً بزيادة كفاءة الموظفين وتعزيز قدرتهم على التعامل مع التحديات. ويتفق ذلك مع تقرير Bersin by Deloitte عام2016 بخصوص أن الشركات التي تستثمر بتدريب موظفيها تشهد زيادة الإنتاجية عن مثيلاتها بنسبة 24%، حيث يسهم التدريب الفعال لتحسين أداء الموظفين ورضاهم، مما يعزز من الخدمات المقدمة.

نتائج تحليل الفروض:

نتائج تحليل الفرض الأول: أثبتت النتائج أن هناك علاقة قوية وايجابية بين التنبؤ بالاحتياجات المستقبلية وبين تحقيق التميز بإدارة النقل وتنظيم الحشود لرفع فعالية أداء الموظفين بالمواسم المزدحمة بالحج والعمرة.

دالة النموذج الخطّي للتنبؤ بالاحتياجات المستقبلية:

Python

Def Forecast needs (a = 200 , b = 30, t = 5)

Return a + b * t

N = a + b .cdot t

N = 200 + 30 .cdot 5 = 200 + 150 = 350

Predicted_ Needs = forecast_ needs (a, b, t)

Print (predicted_ needs) = 350

N = الاحتياجات المستقبلية ، a = الاحتياجات الحالية ، b = معدل التغير السنوي في الاحتياجات ، t = عدد السنوات بالمستقبل

تشير نتائج تحليل الفرض أن التنبؤ بالاحتياجات المتوقعة يعزز من تحقيق إدارة النقل وتنظيم الحشود، مما سيحقق التميز المستهدف وذلك عن طريق التخطيط الاستراتيجي السليم للاحتياجات خلال مواسم الحج والعمرة، مما يثبت صحة الفرض الأول.

نتائج تحليل نتائج الفرض الثاني والخاص بوجود علاقة قوية وايجابية بين تخطيط العمليات وتنمية مهارات الموظفين الرقميين وبين تحقيق التميز بإدارة النقل وتنظيم الحشود كنموذج متكامل لرفع فعالية أداء الموظفين بالمواسم المزدحمة بالحج والعمرة.

معادلة حساب فعالية التدريب:

```
Python
def training_ effectiveness (S = 60, D = 4 )
Return S * D
effectiveness = training_ effectiveness (S, D)
T = 60. cdot 4 = 240
Print(effectiveness)=240
E =frac{P}{T}
E =frac{100}{50} = 2
```

S = عدد ساعات التدريب ، D مستوى تطور المهارات الرقمية (من 1 إلى 5) ،

E = فعالية الأداء ، P = إجمالي عدد الموظفين من الموارد البشرية الذين تم تدريبهم على التخطيط الاستراتيجي ، T = وقت التدريب.

وأثبتت نتائج تحليل الفرض الثاني صحته، فكلما زادت عدد ساعات التدريب إلى 60 ساعة، ازداد مستوى تطور المهارات الرقمية أربع أضعاف، مما يدلل على زيادة فعالية التدريب والذي بدوره انعكس بشكل إيجابي على فعالية الأداء الوظيفي للموظفين خلال مواسم الحج والعمرة، مما كان له بالغ الأثر على تحسين التميز في إدارة النقل وتنظيم الحشود، وبذلك ستزداد فعالية أداء الموظفين من الموارد البشرية الضعف عند تدريب 100 موظف على مهارات التخطيط الاستراتيجي ولمده 50 ساعة.

4. الخلاصة

توصل البحث لإعداد استراتيجية مقترحة، كما توصل لخطة مقترحة لحل التحديات المواجهة لتحقيق التميز بإدارة النقل وبتنظيم الحشود بمواسم الحج والعمرة وذلك من خلال بناء استراتيجية لدور التخطيط الاستراتيجي للموارد البشرية وتفعيل دورها بتحقيق التميز في إدارة النقل وتنظيم الحشود، مما أسهم بتحسين وقت الانتظار وتحسين خدمات النقل بنسبة 20% خلال مواسم الحج والعمرة.

كما توصل إلى أنه من خلال رفع فعالية الأداء، يمكن تحسين الكفاءة التشغيلية بخدمات النقل وتنظيم الحشود. فعندما يكون الموظفون مدربين بشكل جيد، سيمكنهم ذلك من التعامل مع حالات الطوارئ وتقليل وقت الانتظار، كما أن الكفاءات من الموظفين المتميزين في التعامل مع العملاء، مما سيسهم بتحسين تجربة العملاء وتعزيز سمعة المنظمة.

كما أسفرت نتائج البحث عن اقتراح إنشاء منصة توعوية تحت عنوان منصة حج موف (Hajj-Move) تهدف لتمكين الحجاج من تخطيط رحلاتهم بشكل أفضل وتقليل وقت الانتظار، كما تضم معلومات عن حركة النقل كأوقات الرحلات ومواقع النقل وعن بيانات الحشود من عدد الأشخاص بتوقيت الذروة، كما تسعى للتغذية الراجعة من المستخدمين والمستنتجة من تقييمات الحجاج حول تجاربهم بالنقل المتميز وكذلك قيامه بتحذيرات للمستخدمين بحالات الازدحام القصوى.

كما قام بتحليل أثر استخدام تقنيات تحليل البيانات كالتحليل الاستشرافي للتنبؤ بالاتجاهات المستقبلية من خلال قيامه بتحليل الانحدار (Regression Analysis) واستخدامه لبرنامج بايثون بهدف فهم أنماط الحركة والتنبؤ بالازدحام من خلال تحليل البيانات التاريخية لحركة النقل وأعداد الحشود ، وتم اختيار هذه الأساليب الإحصائية بهدف كفاءتها بتوقع الزيادة بأعداد الحجيج في سنوات معينة و بيانها لنسبة تأثير المواسم على أعداد الزوار ودورها بتحديد أوقات الذروة في حركة النقل وأوقات تجمع الحشود ودراسة أنماط النقل التي يفضلها الحجاج كما استنتج سعى التخطيط الاستراتيجي للموارد البشرية نحو استخدام تطبيقات النقل الذكية لتوفير المعلومات الحية عن مواعيد الحافلات والقطارات لتنسيق حركة الحشود وكذلك اهتمام إدارة النقل وتنظيم الحشود بتطبيقات الأمان والمراقبة وإتاحة الفرصة للمستخدمين للإبلاغ عن الأحداث غير الطبيعية والمساعدة بإدارة الأمان.

5. التوصيات

- حرص المنظمات على التوجه نحو تطوير استراتيجيات التوظيف والتدريب عن طريق توظيف الكفاءات ذوي المهارات والخبرات اللازمة بإدارة النقل وتنظيم الحشود.
- تشجيع المؤسسات على استخدام الملاعب الرقمية بهدف تحسين تجربة الحجاج وتوفير معلومات دقيقة حول تقليل الازدحام.
- مراعاة أن يتماشى التخطيط الاستراتيجي للموارد البشرية مع الأهداف العامة للمنظمة مما يتطلب الاهتمام بتحديد الأهداف المتعلقة بأداء الموظفين وتحسين الكفاءة وتقليل الوقت الضائع.
- قيام المؤسسات بالتحليل الشامل للاحتياجات التدريبية وتقييمهم للمهارات الحالية للموظفين وتحديدهم للمجالات التي تحتاج لتحسين.
- إجراء برامج تدريبية دورية لتطوير مهارات الموظفين في التعامل مع الأزمات والتنظيم الفعال. بهدف تحقيق كفاءة الأداء.
- استخدام المؤسسات لنظم الإدارة الذكية كتطبيقات الهاتف المحمول في تحليل بيانات حركة الحشود وتوجيه النقل بهدف مساعدة الموظفين بمراقبة الوضع الحالي وتقديم المساعدات الفورية عند الحاجة.
- مشاركة الموظفين للإدارة العليا في وضع الخطط الاستراتيجية الفعالة بهدف رفع مستوى الالتزام والإنتاجية وذلك من خلال إجراء دراسات الحالة وتحليل البيانات التاريخية لفهم التحديات الحالية وتطوير استراتيجيات جديدة.
- وضع مؤشرات أداء رئيسية لقياس فعالية الموظفين في التميز بإدارة النقل وتنظيم الحشود.
- إجراء مراجعات دورية لأداء الموظفين وتقديم التغذية الراجعة لتحسين أداء النقل وتنظيم الحشود.
- تعزيز الاتصال الداخلي وتنظيم اجتماعات دورية لمناقشة التحديات والفرص مع الموظفين عن طريق إنشاء قنوات اتصال فعالة بين الفرق المختلفة لتسهيل التعاون وتبادل المعلومات
- استخدام برامج Tableauفي تحديد الأنماط والمشكلات الخاصة بعمليات النقل الحالية، وتحسين الجداول الزمنية.
- ر بط تقنيات التعلم الآلي كالشبكات العصبية بتوقع فترات الذروة وحركة المرور والنقل.
- دمج تقنيات كتقنية نظم إدارة حركة المرور والنقل الذكي (ITS)في تحسين جداول النقل من خلال استخدام الكاميرات وأجهزة الاستشعار لجمع البيانات.
- تطوير تطبيق يوفر معلومات للحجاج بشكل مباشر عن حركة النقل وأوقات الانتظار.
- تنظيم مسابقات للموظفين لتحفيزهم على ابتكار حلول جديدة للتحديات التي تواجهها المنظمة من خلال العمل مع خبراء ومراكز بحثية لتبني الابتكارات التكنولوجية والاستفادة من المعرفة المتخصصة.
- خلق بيئة عمل تدعم الابتكار من خلال تشجيع الموظفين على تقديم أفكار جديدة لتحسين العمليات لتحسين كفاءة النقل تنظيم الحشود.

قائمة المراجع

المراجع باللغة العربية:

- آل سعود، عبد العزيز شعبان - (2016) - إدارة الحشود والتجمعات البشرية ودورها التنظيمي في مواسم الحج والعمرة في المملكة العربية السعودية: دراسة استطلاعية لآراء عينة من العاملين بوزارة الحج والعمرة - الملتقى العلمي السادس عشر لأبحاث الحج والعمرة والزيارة - معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة - جامعة أم القرى - المملكة العربية السعودية.
- الرحيلي، نايف راشد - 2016 - العوامل المؤثرة في سلوكيات الحشود البشرية: الحج أنموذجاً - الملتقى العلمي السابع، معهد خادم الحرمين لأبحاث الحج والعمرة- جامعة أم القرى.
- الهنداوى، أحمد ذوقان والحموري، صالح سليم وآخرون -(2017) - استشراف المستقبل وصناعته ما قبل التخطيط الاستراتيجي - استعداد ذكى - قنديل للطباعة والنشر والتوزيع - الامارات العربية المتحدة - الطبعة الأولى.
- المعشوق، منصور بن عبد العزيز-(2011) - المدخل المهني لإدارة الموارد البشرية النموذجية: المفهوم والرسالة وعلاقات الاستخدام- معهد الإدارة العامة- مركز البحوث – الرياض- السعودية.

- المنتدى الاقتصادي العالمى -(2023) - مؤشر جودة البنية التحتية للطرق - منتدى دافوس الاقتصادي - جنيف - سويسرا.
- الأمم المتحدة - (2022) - تقرير توقعات النقل المستدام العالمي "آفاق النقل المستدام من أجل التنمية- إدارة الشؤون الاقتصادية والاجتماعية - برنامج الأمم المتحدة .
- شفاء كرو- (2016) - أثر ممارسات إدارة الموارد البشرية الحديثة على أداء العاملين في المنظمات تطبيق عملي على شركة جود- الجامعة السورية الافتراضية -
- شيماء أسامه محمد -(2018) - إدارة الموارد البشرية - مدينة السادات –مصر -مكتبة الجامعة - جامعة السادات.
- شيماء أسامه محمد -(2024) - العلاقة بين دور الموارد البشرية الرقمية وبين تحقيق كفاءة التحول الرقمي - استراتيجية مقترحة - بحث بالمؤتمر الدولى الرابع لبحوث التعليم - جامعة الأمير سلطان - السعودية.
- صلاح الدين الباقي -(2013) - إدارة الموارد البشرية -مصر -الدار الجامعية -الاسكندرية.
- ضحاوي، بيومي والمليجي، رضا - (2011) - التخطيط الاستراتيجي في التعليم- القاهرة- دار الفكر العربي- مصر.
- عبد الرحمن غسان - (2019) - علاقة تخطيط الموارد البشرية بالتخطيط الاستراتيجي وأثره في المنظمات بالتطبيق على شركة صافولا للصناعات الغذائية - المجلة العلمية للاقتصاد والتجارة- كلية التجارة – جامعة عين شمس.
- عادل عيد - (2019) - نحو مؤشرات تخطيطية لزيادة كفاءة منظومة الخدمات التي تقدمها مؤسسات الطوافة لحجاج بيت الله الحرام في إطار ما يعرف بعصر صناعة الخدمة- مجلة جامعة أم القرى للعلوم الاجتماعية – المجلد 12 - العدد 1.
- عسيري، حسن أحمد وجفري، علي بن عمر - (2020) - واقع التخطيط الاستراتيجي للموارد البشرية على ضوء رؤية 2030 في الجهات الحكومية بالمملكة العربية السعودية وأثره في أداء الموظفين- رسالة ماجستير - المجلة الالكترونية الشاملة متعددة المعرفة لنشر الابحاث العلمية والتربوية- العدد 29.
- محمد بن سلمان- (2021) - برنامج تنمية القدرات البشرية - الرياض- مجلس الشؤون الاقتصادية والتنمية - رئاسة مجلس الوزراء- السعودية
ماجدة متولي - (2020) - مهارات التفكير والتخطيط الاستراتيجي- مصر- جامعة عين شمس.
- محمد تركي- (2016) - أثر استراتيجيات إدارة الموارد البشرية على الأداء الوظيفي دراسة ميدانية من وجهة نظر المديرين في البنوك التجارية الأردنية - مجلة دراسات العلوم الإدارية - محافظة اربد - الأردن.
- مجيد الكرجى - (2020) - التخطيط الاستراتيجي المبنى على النتائج - وزارة الثقافة والفنون والتراث – قطر.
- محمد، هالة فوزي - (2020) - تطوير أداء القيادات الجامعية في ضوء تحديات القرن الحادي والعشرين- الجمعية العربية لأصول التربية والتعليم المستمر- المجلة الدولية للبحوث والدراسات التربوية – مصر- المجلد 3.

المراجع باللغة الانجليزية

- Al Hamadi, A., & Alsharif, A- (2017)- Enhancing Pilgrimage Experience: A Study on Hajj Management. International Journal of Tourism Research -19(3) - 250-261.
- Armstrong, M - (2014). Armstrong's Handbook of Human Resource Management Practice- Kogan.
- Aro Gordon, S. A.-G.-R- (2021)- Achieving Organizational Excellence Through Sustainable HRM Practices ,An Empirical Analysis- Mysuru- India.: 9 Th International HR E Conference - Talent management and Leadership challenges in the new normal business Shri Dharamshala Manjunatheshwara- Institute for Management Development .
- Afonina, A- (2015)- Strategic management tools and techniques and organizational performance; findings from the Czech republic - Journal of competitiveness -vol 7 - issue 3 - pp.19-36.
- Button, K. J., & Hensher - D. A. (2001) - Handbook of Transport Systems and Traffic Control - Pergamon
- Chen, J.D., Li, J.H., Wang, C.Y., Zhao, P.Y., Li, L.Y., Li, T.Y -(2011) -Empathetic avatar in a computer-aided tutorial to encourage and persuade learners - Educational technology and society.
- Cottam, H. S., & Dyer, J- (2019)- Crowd Management and Transport: A Practical Guide- Routledge
- Chamee Yang- (2022)- Smart Stadium as a Laboratory of Innovation: Technology, Sport and Data field Normalization of the Fans, Institute of Communications Research- University of Illinois at Urbana–Champaign, 119 -Gregory Hall- 810 S Wright St- Champaign- IL 61801- USA.
- Creswell, J. W- (2014) -Research Design: Qualitative -Quantitative, and Mixed Methods Approaches -Sage Publications - USA.

- Elkhouly, R.; Tamaki, E. & Iwasaki, K- (2023)- Mitigating crowded transportation terminals nearby mega-sports events- Behavior & Information Technology - 42 (7)- 904-920.
- Fowler, F. J. -(2013) -Survey Research Methods - Sage Publications -United States.
- Trochim, W. M. K- (2006) -Research Methods: The Essential Knowledge Base- Cengage Learning - Europe, Middle East & Africa (EMEA).
- ITF — (2023)- Transport Outlook 2023, OCDE.
- Helbing, D., & Balietti, S -(2011)- How to Create an Efficient Crowd -Scientific American - United States.
- Korkmaz, M- (2018)- Challenges Faced by Pilgrims During Hajj: A Comprehensive Review. Journal of Islamic Marketing- 9(4)- 927-940
- Kaplan, R. S., & Norton, D. P- (2001)- The Strategy Focused Organization: How Balanced Scorecard Companies Thrive in the New Business Environment -Harvard Business Press.
- Macionis, J. J., & Gerber, L. M- (2010)- Sociology Pearson.
- Ghazali, M. F., & Kamarudin, M. H- (2019), Smart Solutions for Hajj Management: A Review of Technology Implementation- Journal of Tourism and Hospitality Management- 7(1)- 15-25.

واقع توافر مهارات القيادة الإدارية لدى العاملين في إدارة الحشود البشرية في المشاعر المقدسة

رهف حمدان الرايقي

باحثة في قسم القيادة و السياسات التربوية، جامعة جدة

The Reality of the Availability of Administrative Leadership Skills among Crowds Managing Workers in the Holy Sites

Rahaf H. Al-Raiqi

Faculty of Education, Jeddah University

*Corresponding author: E-mail (Rahafhamdan733@gmail.com)

الملخص

هدفت هذه الدراسة إلى الكشف عن درجة توافر مهارات القيادة الإدارية (التخطيط، التنظيم، المتابعة، التقويم) لدى العاملين في إدارة الحشود البشرية في المشاعر المقدسة، وكذلك الفروق في استجابات العينة وفقاً لمتغيرات المؤهل وعدد سنوات الخبرة. اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي واستخدمت الاستبانة لجمع البيانات من عينة مكونة من 310 عاملا من مجتمع الدراسة البالغ 1600 عاملاً. أظهرت النتائج أن العاملين يتمتعون بمهارات قيادة إدارية عالية، حيث تصدرت مهارة التخطيط، تلها المتابعة، التقويم، وأخيراً التنظيم. تمثلت أبرز نقاط القوة في التخطيط بتوزيع المهام بشكل فعال، بينما كانت أضعفها في تحديد أدوات التحليل. وفي التنظيم، تميز التنسيق بين العاملين، لكن استخدام التقنيات الحديثة كان محدوداً. أما في المتابعة، برزت مراقبة تواجد العاملين، في حين كان التحفيز بالمكافآت هو الأضعف. وفي التقويم، تفوق العاملون في استخلاص الدروس، لكنهم كانوا أقل كفاءة في تضمين النتائج في تقارير الإنجاز. إحصائياً، أظهرت الدراسة فروقاً دالة في توافر المهارات بناءً على المؤهل العلمي لصالح الحاصلين على مؤهل ثانوي، بينما لم تظهر فروق بناءً على سنوات الخبرة باستثناء مهارة التقويم لصالح ذوي الخبرة الأقل من خمس سنوات.

الكلمات الدالة: مهارات القيادة الإدارية، إدارة الحشود البشرية، المشاعر المقدسة، التخطيط، التقويم.

Abstract

This study explored the availability of administrative leadership skills (planning, organizing, monitoring, and evaluation) among workers managing human crowds at the Holy Sites. It also examined differences in responses based on educational qualifications and years of experience. A descriptive approach was used, with a questionnaire as the primary tool for data collection. The study population consisted of 1,600 workers, with a sample of 310. Results indicated that workers possess strong leadership skills, with planning being the most prominent, followed by monitoring, evaluation, and organizing. Strengths in planning included effective team identification and task distribution, while weaknesses were found in using analytical tools and performance indicators. In organizing, coordination was strong, but the use of modern technologies for crowd management was underdeveloped. Monitoring skills were highlighted by overseeing worker presence, while motivation through rewards was weaker. In evaluation, workers excelled in crisis management but were less effective at incorporating findings into reports. Statistically significant differences were found in leadership skills

based on educational qualifications, favoring those with a secondary education, while no differences were found based on years of experience, except in evaluation, where less experienced workers performed better.

1. المقدمة

تقع مكة المكرمة في المملكة العربية السعودية وهي أفضل بقاع الأرض، وتعتبر من أكثر الأماكن قداسة بين المسلمين. وهي أيضاً من أحب الأماكن لرسول الله صلى الله عليه وسلم، فقد ورد في الحديث الشريف أن الرسول الكريم -صَّلى الله عليه وسلم- قال: (والله إنكِ لخير أرض الله، وأحب أرض الله إلى الله) [العلل لابن أبي حاتم 39:83/3 حديث صحيح]. حيث يتدفق إلى مكة الملايين في شهر ذي الحجة من كل عام لأداء فريضة الحج، وتعتبر الكعبة الجزء الأهم في المسجد الحرام بمكة لسموّها وعلوّها، وهي تعدّ القبلة لكافة المسلمين لأداء الصلاة في جميع أنحاء العالم. وتحظى مكة المكرمة والمدينة المنورة بأهمية كبيرة لدى المسلمين، وهذا الأمر عظَّم المسئولية والأمانة التي تقع على عاتق الحكومة السعودية، وجعل أمر تحسين الخدمات المقدمة لحشود الحجاج والمعتمرين في أولوياتها. ومع الزيادة في أعداد المسلمين، ظهرت الحاجة إلى تقديم خدمات جديدة تتناسب مع مكانة الحرمين الشريفين والعناية بالحجاج القاصدين لهما وهذا الأمر أظهر الحاجة الماسة لإدارة حشود الحجاج والتجمعات البشرية أمراً هاماً (عياد، 2022).

وفي كل عام، تُثبت المملكة العربية السعودية نجاحها في إدارة الحشود التي تتوافد إليها، وقد ساهم الاهتمام الذي تبذله حكومة خادم الحرمين الشريفين في عملية إدارة الحشود على هذا النجاح. كما ساهم أيضا وجود فرق بشرية وموظفين ذوي كفاءة عالية في تسهيل هذه العملية. وقد قدمت رؤية السعودية 2030 استراتيجية لتطوير عملية إدارة الحشود وذلك لإتاحة الفرصة للمسلمين من كافة أنحاء العالم لتأدية مناسكهم الدينية، حيث أكدت الرؤية على ضرورة تسخير كافة مؤسسات الدولة لطاقاتها وإمكانياتها وجهودها من أجل خدمة ضيوف الرحمن (الحناوي وآخرون،2022). والجدير بالذكر أن عملية إدارة الحشود تتطلب قيادات فعالة ومهارات عالية لضمان نجاحها، إذ تُعتبر القيادة العنصر الأساسي الذي يساهم في نجاح المؤسسات، حيث تتحمل المسؤولية عن التخطيط لكافة العمليات والعناصر المتعلقة بالأعمال، بما في ذلك الموارد البشرية والتقنيات والخدمات. وبدون القيادة، ستواجه الأعمال صعوبات وتحديات، فهي التي تنظم الأعمال، وتتابع الإنجازات، وتقيّم الأداء، وتطور الموارد البشرية في المؤسسات لتعزيز كفاءتها وفعاليتها (العضياني وغيث، 2021).ونظرًا للأثر الكبير للإدارة والقيادة في إدارة الحشود، تركزت الدراسة الحالية على مهارات القيادة. إذ يلعب امتلاك المهارات القيادية الإدارية دورًا بارزًا في تنفيذ استراتيجيات المؤسسات، من خلال إسهامات هذه المهارات في إدارة الموارد بفعالية، وتنمية رأس المال البشري، وتعزيز الثقافة التنظيمية الفعالة (المنيع، 2022). وقد أشارت دراسة المنيع (2022) إلى وجود علاقة إيجابية تربط بين امتلاك العاملين للمهارات القيادية وأدائهم في إنجاز المهام المحددة. كما أكدت دراسة سوندرجارد(2020) Sondergaard على أن المهارات القيادية تسهم في إدارة الأزمات، بما في ذلك الفعاليات والحشود الكبيرة، حيث يتطلب الأمر إتقان مهارات مثل الاتصالات، والتكيف، وضبط النفس، والوعي الاجتماعي، والصدق، وتخفيف المخاطر، وتحديد الأولويات لضمان السيطرة على العمليات المحددة. وبناءً على ذلك، تسعى الدراسة الحالية إلى التعمق في واقع توافر مهارات القيادة الإدارية لدى العاملين في إدارة الحشود البشرية، وتحديدًا في المشاعر المقدسة.

مشكلة الدراسة

في ضوء الجهود الجبارة التي تبذلها المملكة العربية السعودية في خدمة ضيوف الرحمن، واستنادا على رؤية المملكة 2030والتي أدرجت زيادة الطاقة الاستيعابية لاستقبال هؤلاء الضيوف من 8 ملايين إلى 30 مليون ضيف كإحدى أهدافها الرئيسية؛ ظهرت الحاجة إلى الاهتمام بكافة العمليات التي تعزز من جودة الرعاية المقدمة لهؤلاء الضيوف وكيفية تحسينها. لذلك، يجب التركيز على جاهزية القيادات المشرفة على خدمة ضيوف الرحمن، خاصة في المدينة المنورة ومكة المكرمة، لدمجها في منظومة إدارة الحشود خلال مواسم الحج والعمرة، والتحقق من مدى تأهيلها لتحمل الأنماط الفعالة لإدارة الحشود (الحناوي وآخرون، 2022). وهنا، لا بد من الإشارة إلى دور رؤية السعودية 2030 -بقيادة الملك سلمان بن عبد العزيز آل سعود خادم الحرمين الشريفين وولي عهده الأمير صاحب السمو الأمير محمد بن سلمان - حفظهم الله – والتي ولدت رؤية جديدة في العملية الإدارية، ودفعت القادة الشباب نحو الريادة والتميز والتقدم. كما سمحت لهم بلعب دور هام في الإثراء الفكري والثقافي، فضلاً عن أثرها التنموي من أجل تحقيق التنمية المستدامة لهذه الأمة. حيث تجسدت الرؤية في خلق مجتمع ديناميكي وملهم من خلال إشراك الجنسين في المناصب القيادية؛ مما يمكّن المجتمع من التطور داخل إطار برنامج معرفي واضح ينمو به ويحفز الابتكار ويمكّن من التحول المنشود (الرئاسة العامة لشؤون المسجد الحرام والمسجد النبوي، 2021). ويرتبط موضوع إدارة الحشود البشرية ارتباطًا وثيقًا بالمهارات التي يمتلكها العاملون في العملية التنظيمية. حيث أظهرت دراسة الزوهري (2016) أن إدارة الحشود في مواسم الحج تتطلب مهارات مثل التفكير والتنبؤ الوقائي، والتي تشمل استعداد الجهات المعنية ورفع طاقاتها، بالإضافة إلى

التخطيط الجيد لتفادي الأزمات، والتعامل معها كأحداث اعتيادية، وإعداد فرق عمل متخصصة لمواجهة التحديات، وتعزيز شبكات الاتصال بين هذه الفرق. كما أكدت الدراسات السابقة على أهمية المهارات القيادية، حيث أشارت دراسة التويجري (2022) إلى أن التركيز على المهارات القيادية يساهم في تحسين الأداء الإداري واستثمار الموارد البشرية بكفاءة. بينما لفتت دراسة مايلون Milone (2021) إلى أن القيادات تحتاج إلى مهارات محددة، مثل المشاركة والتواصل وحل المشكلات. وتستند تهذه الدراسة على توصيات الدراسات السابقة، مثل الزوبهري (2016) وأبو عباءة (2019)، إلى ضرورة تحسين مهارات العاملين في منظومة الحج لمواجهة التطورات السريعة في الإدارة والثورة المعلوماتية. حيث أوصت الدراسات بضرورة وضع سياسات استراتيجية للتحكم في منظومة الحج، وتطوير الأفراد المؤهلين لإدارة المخاطر الناتجة عن الحشود. ومن هنا، تتبلور مشكلة الدراسة الحالية في الكشف عن واقع توافر مهارات القيادة الإدارية لدى العاملين في إدارة الحشود البشرية في المشاعر المقدسة. وتسعى هذه الدراسة للإجابة عن الأسئلة التالية:

- ما واقع توافر مهارات القيادة الإدارية في الأبعاد (التخطيط، التنظيم، المتابعة، التقويم) لدى العاملين في إدارة الحشود البشرية في المشاعر المقدسة؟
- هل توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين استجابات أفراد العينة نحو واقع توافر مهارات القيادة الإدارية لدى العاملين في إدارة الحشود البشرية في المشاعر المقدسة تبعا لمتغيرات (المؤهل، عدد سنوات الخبرة)؟

أهداف الدراسة

تسعى هذه الدراسة إلى تحقيق الأهداف التالية:

1- الكشف عن درجة توافر مهارات القيادة الإدارية (التخطيط، التنظيم، المتابعة، التقويم) لدى العاملين في إدارة الحشود البشرية في المشاعر المقدسة.

2- الكشف عن الفروق في استجابات أفراد العينة نحو واقع توافر مهارات القيادة الإدارية لدى العاملين في إدارة الحشود البشرية في المشاعر المقدسة تبعا لمتغيرات (المؤهل، عدد سنوات الخبرة).

2. منهجية وطرق البحث

تمّ استخدام المنهج الوصفي التحليلي الذي يتمثل في "دراسة الظاهرة كما توجد في الواقع، ويصفها وصفاً دقيقاً ويعبّر عنها تعبيراً كمياً أو كيفياً"(المحمودي، 2019) وهو المنهج الذي يتناسب مع أهداف الدراسة الحالية،

مجتمع وعينة الدراسة

يتألف مجتمع الدراسة من جميع العاملين في إدارة الحشود البشرية في المشاعر المقدسة، وقد بلغ عددهم (1600) عاملاً، وذلك بحسب إحصائيات وزارة الحج لعام 1445هـ - 2023 م وذلك خلال فترة إجراء الدراسة. وتمّ تطبيق أداة الدراسة على عينة عشوائية بسيطة من العاملين في إدارة الحشود البشرية في المشاعر المقدسة عند فترة ثقة (95%)، وخطأ معاينة (5%)، وفقاً لمعادلة كيرجسي ومورجان (Chuan & Penyelidikan, 2006) ، وقد بلغت العينة في صورتها النهائية (310) عاملاً، بنسبة (19.3%) من مجتمع الدراسة. ويعرض الجدول (1) توزيع عينة العاملين في إدارة الحشود البشرية في المشاعر المقدسة وفق المؤهل العلمي وعدد سنوات الخبرة.

جدول 1. توزيع عينة العاملين في إدارة الحشود البشرية في المشاعر المقدسة وفق المؤهل العلمي وسنوات الخبرة

المتغير	فئات المتغير	العدد	النسبة
المؤهل العلمي	ثانوي	40	12.9
	بكالوريوس	145	46.8
	دبلوم	26	8.4
	ماجستير	42	13.5
	دكتوراه	57	18.4
	المجموع	310	100
عدد سنوات الخبرة	أقل من 5 سنوات	112	36.1
	من 5 إلى 10 سنوات	76	24.5
	أكثر من 10 سنوات	122	39.4
	المجموع	310	100

يتضح من الجدول السابق أن العاملين في إدارة الحشود البشرية في المشاعر المقدسة الحاصلين على درجة البكالوريوس يمثلون الفئة الأعلى بحسب المؤهل العلمي، بنسبة (46.8%) من مجموع أفراد العينة، بينما جاء العاملون الحاصلون على الدبلوم كأقل الفئات، بنسبة (8.4%). ويمثل العاملون الذين تزيد خبراتهم عن عشر سنوات كأعلى فئة بحسب عدد سنوات الخبرة، بنسبة (39.4%) من مجموع أفراد العينة، فيما جاء العاملون الذين تتراوح خبراتهم من خمس إلى عشر سنوات كأقل الفئات، بنسبة (24.5%).

أداة الدراسة

تمّ الاعتماد على الاستبانة كأداة جمع المعلومات، وتعرّف بأنها عبارة عن "مجموعة من الأسئلة المكتوبة والتي تعد بقصد الحصول على معلومات أو التعرف على أراء المبحوثين حول ظاهرة أو موقف معين" (المحمودي، 2019). وهدفت الاستبانة إلى الكشف عن واقع توافر مهارات القيادة الإدارية لدى العاملين في إدارة الحشود البشرية في المشاعر المقدسة. وتم بناء الاستبانة بالاعتماد على الأدب النظري المتعلق بمهارات القيادة الإدارية، والاستفادة من المقاييس التي استخدمتها الدراسات السابقة. وتكونت الاستبانة بصورتها النهائية من 4 محاور تسعى لقياس توافر هذه المهارات لدى العاملين في الجوانب الأساسية للقيادة الإدارية، وهي: التخطيط، التنظيم، المتابعة، والتقويم، حيث اشتمل كل محور على عشر عبارات تعكس هذه الجوانب.

الصدق الظاهري للاستبانة

تمّ عرض الاستبانة على عشرة محكمين من أعضاء هيئة التدريس في التخصصات التربوية، حيث طُلب منهم إبداء ملاحظاتهم حول مدى انتماء العبارات للمحور الذي وردت فيه، وسلامة صياغتها اللغوية، وما يرون حذفه أو إضافته أو تعديله، وفي ضوء ملاحظات المحكمين، تمّ الإبقاء على العبارات التي حظيت بنسب اتفاق80% فأكثر، وإجراء ما وجه إليه المحكمون من تعديلات.

الاتساق الداخلي للاستبانة

تمّ حساب الاتساق الداخلي للاستبانة بتطبيقها على عينة استطلاعية قوامها (30) عاملاً من العاملين في إدارة الحشود البشرية في المشاعر المقدسة من خارج العينة الأساسية للدراسة، ثمّ تمّ حساب معامل الارتباط بيرسون Pearson Correlation بين كل عبارة والمحور الفرعي الذي تنتمي إليه والجدول (2) يوضح ذلك.

جدول 2.معامل الارتباط بيرسون بين كل عبارة منتمية لكل محور من محاور الاستبانة، مع درجة المحور الذي تنتمي إليه

التخطيط		التنظيم		المتابعة		التقويم	
العبارة	معامل الارتباط	العبارة	معامل الارتباط	العبارة	معامل الارتباط	العبارة	معامل الارتباط
1	.746**	9	.715**	17	.641**	25	.770**
2	.856**	10	.779**	18	.852**	26	.661**
3	.910**	11	.889**	19	.867**	27	.705**
4	.855**	12	.853**	20	.869**	28	.706**
5	.780**	13	.776**	21	.824**	29	.789**
6	.818**	14	.701**	22	.861**	30	.835**
7	.813**	15	.897**	23	.831**	31	.854**
8	.730**	16	.875**	24	.803**	32	.859**

**** دالة عند مستوى 0.01**

يشير الجدول السابق إلى أنّ معامل الارتباط بين كل عبارة منتمية لمحور التخطيط، مع درجة المحور ككل تراوحت بين (0.746 – 0.910) وتراوحت معامل الارتباط في محور التنظيم بين (0.701 – 0.897)، وتراوحت معامل الارتباط في محور المتابعة بين (0.641 -0.869)، وتراوحت معامل الارتباط في محور التقويم بين (0.661 -0.859)، وهي قيم دالة إحصائياً عند مستوى الدلالة (0.01). ويعرض الجدول (3) معامل الارتباط بيرسون بين كل محور من المحاور الفرعية مع درجة الأداة ككل.

جدول 3.معامل الارتباط بيرسون بين كل محور من المحاور الفرعية مع درجة الأداة ككل

المحاور	التخطيط	التنظيم	المتابعة	التقويم
التخطيط	-	.804**	.784**	.838**
التنظيم		-	.886**	.840**
المتابعة			-	.872**
التقويم				-
الأداة ككل	.910**	.946**	.948**	.943**

**دالة عند مستوى دلالة (0.01)

يشير الجدول (3) إلى أنّ معامل الارتباط بين كل محور فرعي، مع درجة الأداة ككل تراوحت بين (0.910 – 0.948) وتراوحت معامل الارتباط بين محاور الاستبانة بين (0.784 – 0.886)، وهي قيم دالة إحصائياً عند مستوى الدلالة (0.01). وتشير النتائج السابقة إلى تمتع الاستبانة بدرجة عالية من الاتساق الداخلي.

ثبات الاستبانة

تمّ قياس الثبات لمحاور الاستبانة وللأداة ككل، بواسطة معامل الثبات ألفا كرونباخ، والجدول (4) يوضح ذلك:

جدول 4.الثبات لكل محور من المحاور الفرعية بالاستبانة

المحاور الفرعية	معامل الثبات
التخطيط	.924
التنظيم	.921
المتابعة	.926
التقويم	.894
الأداة ككل	.974

يتضح من الجدول السابق أنّ الاستبانة تتمتع بقدر مرتفع جداً من الثبات، حيث بلغت قيمة الثبات للأداة ككل (0.974)، وتراوحت قيم معامل الثبات في محاور الاستبانة بين (0.894)، و(0.926)، ويعدّ معامل ثبات ألفا كرونباخ المساوي (0.700) مقبولاً بشكل عام كأقل قيمة مرغوبة للمعامل، مما يشير إلى إمكانية ثبات النتائج المستفادة منها، وتعميمها على مجتمع الدراسة.

عرض نتائج السؤال الأول

نصّ السؤال الأول على ما يلي: ما واقع توافر مهارات القيادة الإدارية في الأبعاد (التخطيط، التنظيم، المتابعة، التقويم) لدى العاملين في إدارة الحشود البشرية في المشاعر المقدسة؟ وللإجابة عن هذا السؤال، تمّ حساب المتوسط الحسابي، والانحراف المعياري، والترتيب، لكل محور من المحاور المعبرة عن واقع توافر مهارات القيادة الإدارية لدى العاملين في إدارة الحشود البشرية في المشاعر المقدسة، وللواقع ككل، والجدول التالي يوضح ذلك.

جدول 5. واقع توافر مهارات القيادة الإدارية لدى العاملين في إدارة الحشود البشرية في المشاعر المقدسة مرتبة تنازلياً حسب المتوسطات الحسابية

المحاور الفرعية	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الترتيب
التخطيط	4.09	0.96	1
المتابعة	4.09	1.06	2
التقويم	4.07	1.07	3
التنظيم	4.06	1.05	4
الأداة ككل	4.07	1.02	-

تظهر بيانات الجدول (6) توافر مهارات القيادة الإدارية لدى العاملين في إدارة الحشود البشرية في المشاعر المقدسة بدرجة عالية، بمتوسط حسابي (4.07)، وانحراف معياري (1.02). وهو يقع في اتجاه إجابة (عالية).

أولاً: مهارة التخطيط: يعرض الجدول (7) المتوسط الحسابي، والانحراف المعياري، ودرجة التوافر، والترتيب، لكل عبارة منتمية لواقع توافر مهارة التخطيط لدى العاملين في إدارة الحشود البشرية في المشاعر المقدسة، وللمحور ككل.

جدول 6. واقع توافر مهارة التخطيط لدى العاملين في إدارة الحشود البشرية في المشاعر المقدسة مرتبة تنازلياً بحسب المتوسطات الحسابية

م	العبارة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	درجة التوافر	الترتيب
6	تركز إدارة قيادة الحشود على تحديد فريق العمل المطلوب تواجده في إدارة الحشود وتوزيع المهام المطلوبة	4.23	0.99	عالية جداً	1
3	يطور العاملون في إدارة الحشود الخطط لتعزيز نقاط القوة وللتغلب على نقاط الضعف	4.21	0.94	عالية جداً	2
1	يعد العاملون سيناريوهات وخطط بديلة لتطبيقها في الحالات الطارئة	4.14	0.94	عالية	3
2	تحدد إدارة قيادة الحشود الميزانية المالية الواجب استخدامها لتحقيق الأهداف	4.13	0.95	عالية	4
4	يمتلك العاملون القدرة على التنبؤ بأية متغيرات قد تحصل	4.12	0.83	عالية	5
5	يمتلك العاملين المعلومات الدقيقة الصحيحة عن تحليل الحشود وإدارة المخاطر عند البدء بالتخطيط	4.12	0.94	عالية	6
8	يمتلك العاملون في إدارة الحشود مهارة التعامل مع ضغوط العمل	3.93	1.47	عالية	7
7	تعمل إدارة قيادة الحشود على تحديد أدوات التحليل وقياس مؤشرات الأداء الرئيسية	3.82	1.45	عالية	8

المتوسط العامل لمدى توافر مهارة التخطيط لدى العاملين في إدارة الحشود البشرية	4.09	0.96	عالية	-

تظهر بيانات الجدول (7) توافر مهارة التخطيط لدى العاملين في إدارة الحشود البشرية في المشاعر المقدسة بدرجة عالية، بمتوسط حسابي (4.09)، وانحراف معياري (0.96). وهو يقع في مجال استجابة(عالية).

ثانياً- مهارة التنظيم: يعرض الجدول (8) المتوسط الحسابي، والانحراف المعياري، ودرجة التوافر، والترتيب، لكل عبارة منتمية لواقع توافر مهارة التنظيم لدى العاملين في إدارة الحشود البشرية في المشاعر المقدسة، وللمحور ككل.

جدول 7. واقع توافر مهارة التنظيم لدى العاملين في إدارة الحشود البشرية في المشاعر المقدسة مرتبة تنازلياً بحسب المتوسطات الحسابية

م	العبارة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	درجة التوافر	الترتيب
9	يحرص كافة العاملون على تحديد المهام، والتنسيق فيما بينهم	4.27	0.92	عالية جداً	1
11	يكلف العاملون بمسؤوليات محددة ومعلنة	4.23	0.93	عالية جداً	2
10	يشيع لدى العاملين في إدارة الحشود مناخاً تنظيماً محفز على الإبداع وتقبل التغيير	4.19	0.96	عالية	3
15	تركز إدارة قيادة الحشود على تجويد الخدمات برفع كفاءة الأداء والإتقان في تقديم العمل	4.17	1.03	عالية	4
12	يحرص العاملون في إدارة الحشود على تطوير الهيكل التنظيمي بشكل مستمر	4.15	0.97	عالية	5
16	تعمل إدارة قيادة الحشود بالإسهام في سلاسة الإجراءات وسرعة إنهائها بدقة عالية	3.85	1.46	عالية	6
13	تحدد إدارة قيادة الحشود دليل إجراءات محددة لتنفيذ مهمات العمل التنظيمي والإداري	3.83	1.49	عالية	7
14	تستخدم إدارة قيادة الحشود أحدث الأنظمة التقنية والروبوتات للتحكم في الحشود وتنظيم حركتها بما يتماشى مع الإرشادات والتوجيهات المحددة	3.76	1.49	عالية	8
	المتوسط العامل لمدى توافر مهارة التنظيم لدى العاملين في إدارة الحشود البشرية	4.06	1.05	عالية	-

تظهر بيانات الجدول (8) توافر مهارة التنظيم لدى العاملين في إدارة الحشود البشرية في المشاعر المقدسة بدرجة عالية، بمتوسط حسابي (4.06)، وانحراف معياري (1.05). وهو يقع في مجال استجابة(عالية).

ثالثاً- مهارة المتابعة: يعرض الجدول (9) المتوسط الحسابي، والانحراف المعياري، ودرجة التوافر، والترتيب، لكل عبارة منتمية لواقع توافر مهارة المتابعة لدى العاملين في إدارة الحشود البشرية في المشاعر المقدسة، وللمحور ككل.

جدول 8. واقع توافر مهارة المتابعة لدى العاملين في إدارة الحشود البشرية في المشاعر المقدسة مرتبة تنازلياً بحسب المتوسطات الحسابية

م	العبارة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	درجة التوافر	الترتيب
19	تعمل إدارة قيادة الحشود متابعة تواجد العاملين في أماكنهم	4.26	0.92	عالية جداً	1
22	تسهم إدارة قيادة الحشود المتابعة في التأكد من تنفيذ العاملين للتوجيهات وانعكاسها على سير العمل	4.24	0.94	عالية جداً	2
24	تؤكد إدارة قيادة الحشود للعاملين على أهمية استشعار المسؤولية والمواطنة في خدمة الحشود	4.23	0.99	عالية جداً	3
20	يطبق العاملون في إدارة الحشود الأعمال المناط لهم تأديتها وفق آلية عمل مناسبة ومعلنة	4.21	0.94	عالية جداً	4
23	تسهم إدارة قيادة الحشود متابعة استعدادات المكاتب الميدانية لمؤسسات الطوافة	4.15	1.02	عالية	5
21	تحرص إدارة قيادة الحشود المتابعة في تقديم الملاحظات والتوصيات للجهات المعنية	3.91	1.46	عالية	6
18	تسهم إدارة قيادة الحشود على متابعة بلاغات المستفيدين وحلها بشكل فعال	3.87	1.50	عالية	7
17	تستخدم إدارة قيادة الحشود مبدأ الثواب لتحفيز العاملين لتأدية مهامهم الوظيفية بكفاءة	3.85	1.51	عالية	8
	المتوسط العامل لمدى توافر مهارة المتابعة لدى العاملين في إدارة الحشود البشرية	4.09	1.06	عالية	-

تظهر بيانات الجدول (9) توافر مهارة المتابعة لدى العاملين في إدارة الحشود البشرية في المشاعر المقدسة بدرجة عالية، بمتوسط حسابي (4.09)، وانحراف معياري (1.06). وهو يقع في مجال استجابة(عالية).

رابعاً- مهارة التقويم: يعرض الجدول (10) المتوسط الحسابي، والانحراف المعياري، ودرجة التوافر، والترتيب، لكل عبارة منتمية لواقع توافر مهارة التقويم لدى العاملين في إدارة الحشود البشرية في المشاعر المقدسة، وللمحور ككل.

جدول 9. واقع توافر مهارة التقويم لدى العاملين في إدارة الحشود البشرية في المشاعر المقدسة مرتبة تنازلياً بحسب المتوسطات الحسابية

م	العبارة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	درجة التوافر	الترتيب
30	يستخلص العاملون بصورة فعالة الدروس والعبر من الأزمات التي يواجهونها	4.27	0.91	عالية جداً	1
27	تعتمد إدارة قيادة الحشود على معايير محددة للتقييم تم وضعها بما يتلاءم مع طبيعة عمل العامل	4.23	0.93	عالية جداً	2
28	يحاول العاملون في إدارة الحشود التعرف على سلبيات العمل بغية تجاوزها	4.18	0.97	عالية	3

32	يستفيد العاملون في إدارة الحشود من التغذية الراجعة في عمليات التخطيط المستقبلية	4.16	1.03	عالية	4
29	يتم تقييم أداء العاملين أثناء الأزمات التي تحدث أثناء إدارة الحشود	4.14	1.02	عالية	5
25	يقيم أداء العاملين في ضوء ما تم التخطيط له	3.87	1.49	عالية	6
31	يتبنى العاملون في إدارة الحشود معايير الجودة الشاملة في عملية التقويم	3.86	1.49	عالية	7
26	يأخذ العاملون بنتيجة التقويم ضمن تقارير الإنجاز	3.81	1.52	عالية	8
	المتوسط العامل لمدى توافر مهارة التقويم لدى العاملين في إدارة الحشود البشرية	4.07	1.07	عالية	-

تظهر بيانات الجدول (10) توافر مهارة التقويم لدى العاملين في إدارة الحشود البشرية في المشاعر المقدسة بدرجة عالية، بمتوسط حسابي (4.07)، وانحراف معياري (1.07). وهو يقع في مجال استجابة(عالية).

عرض نتائج السؤال الثاني

نص السؤال الثاني على ما يلي: هل توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين استجابات أفراد العينة نحو واقع توافر مهارات القيادة الإدارية لدى العاملين في إدارة الحشود البشرية في المشاعر المقدسة تبعا لمتغيرات (المؤهل، عدد سنوات الخبرة)؟ وللإجابة عن هذا السؤال تمّ استخدام اختبار تحليل التباين أحادي الاتجاه One Way ANOVA للكشف عن دلالة الفروق في واقع توافر مهارات القيادة الإدارية لدى العاملين في إدارة الحشود البشرية في المشاعر المقدسة تعزى لاختلاف المؤهل العلمي، والجدول (11) يوضح ذلك.

جدول 10. نتائج اختبار تحليل التباين الأحادي للكشف عن دلالة الفروق في واقع توافر مهارات القيادة الإدارية لدى العاملين في إدارة الحشود البشرية في المشاعر المقدسة وفق المؤهل العلمي

المحاور الفرعية	مصدر التباين	مجموع المربعات	درجة الحرية	متوسطات المربعات	قيمة ف	قيمة احتمال المعنوية
التخطيط	بين المجموعات	12.838	4	3.210	3.582	.007 دالة
	داخل المجموعات	273.291	305	.896		
	الإجمالي	286.129	309			
التنظيم	بين المجموعات	15.942	4	3.986	3.739	.005 دالة
	داخل المجموعات	325.129	305	1.066		
	الإجمالي	341.071	309			
المتابعة	بين المجموعات	17.291	4	4.323	4.012	.003 دالة
	داخل المجموعات	328.624	305	1.077		
	الإجمالي	345.915	309			
التقويم	بين المجموعات	18.027	4	4.507	4.076	.003 دالة
	داخل المجموعات	337.211	305	1.106		
	الإجمالي	355.238	309			
توافر مهارة القيادة الإدارية	بين المجموعات	15.890	4	3.972	3.998	.004 دالة
	داخل المجموعات	303.078	305	.994		
	الإجمالي	318.968	309			

أظهرت نتائج الجدول (11) وجود فروق دالة إحصائياً في واقع توافر مهارات القيادة الإدارية لدى العاملين في إدارة الحشود البشرية في المشاعر المقدسة تعزى لاختلاف المؤهل العلمي، حيث وجد أن قيم الاحتمال المصاحبة أصغر من مستوى الدلالة ($\alpha \geq 0.05$). ولمعرفة اتجاه الفروق، تمّ استخدام اختبار شيفيه والنتائج يوضحها الجدول (12).

جدول 11. نتائج اختبار شيفيه للمقارنات البعدية بين متوسطات استجابات عينة الدراسة حول واقع توافر مهارات القيادة الإدارية لدى العاملين في إدارة الحشود البشرية في المشاعر المقدسة وفق المؤهل العلمي

الفئات	الفئات	ثانوي	بكالوريوس	دبلوم	ماجستير	دكتوراه
	المتوسط الحسابي	4.59	4.02	3.88	4.13	3.84
ثانوي		-	*0.57	0.71	0.46	*0.75
بكالوريوس			-	0.14	0.11	0.18
دبلوم				-	0.25	0.04
ماجستير					-	0.29
دكتوراه						-

***دالة عند مستوى دلالة (0.05)**

اتضح من الجدول (12) أنّ الفروق كانت في اتجاه العاملين الحاصلين على مؤهل ثانوي فهم يرون توافر مهارات القيادة الإدارية لدى العاملين في إدارة الحشود البشرية في المشاعر المقدسة، وذلك بصورة أكبر مقارنة بغيرهم من العاملين الذين الحاصلين على درجة الدبلوم والدكتوراه. كما تمّ استخدام اختبار تحليل التباين أحادي الاتجاه One Way ANOVA للكشف عن دلالة الفروق في واقع توافر مهارات القيادة الإدارية لدى العاملين في إدارة الحشود البشرية في المشاعر المقدسة تعزى لاختلاف عدد سنوات الخبرة، والجدول (13) يوضح ذلك.

جدول 12. نتائج اختبار تحليل التباين الاحادي للكشف عن دلالة الفروق في واقع توافر مهارات القيادة الإدارية لدى العاملين في إدارة الحشود البشرية في المشاعر المقدسة وفق عدد سنوات الخبرة

المحاور الفرعية	مصدر التباين	مجموع المربعات	درجة الحرية	متوسطات المربعات	قيمة ف	قيمة احتمال المعنوية
التخطيط	بين المجموعات	3.202	2	1.601	1.737	.178 غير دالة
	داخل المجموعات	282.927	307	.922		
	الإجمالي	286.129	309			
التنظيم	بين المجموعات	6.057	2	3.028	2.775	.064 غير دالة
	داخل المجموعات	335.015	307	1.091		
	الإجمالي	341.071	309			
المتابعة	بين المجموعات	6.514	2	3.257	2.946	.054 غير دالة
	داخل المجموعات	339.401	307	1.106		
	الإجمالي	345.915	309			
التقويم	بين المجموعات	7.003	2	3.502	3.087	.047 دالة
	داخل المجموعات	348.235	307	1.134		
	الإجمالي	355.238	309			
توافر مهارة القيادة الإدارية	بين المجموعات	5.554	2	2.777	2.720	.067 غير دالة
	داخل المجموعات	313.414	307	1.021		
	الإجمالي	318.968	309			

أظهرت نتائج الجدول (13) عدم وجود فروق دالة إحصائياً في واقع توافر مهارات القيادة الإدارية لدى العاملين في إدارة الحشود البشرية في المشاعر المقدسة عموماً، وفي المهارات المتعلقة بالتخطيط والتنظيم والمتابعة خصوصاً، تعزى لاختلاف عدد سنوات الخبرة، حيث وجد أن قيم الاحتمال المصاحبة أكبر من مستوى الدلالة ($\alpha \leq 0.05$). بينما وجدت فروق في مهارة التقويم، حيث وجد أنّ قيمة الاحتمال المصاحبة أصغر من مستوى الدلالة ($\alpha \leq 0.05$). ولمعرفة اتجاه الفروق، تمّ استخدام اختبار شيفيه والنتائج يوضحها الجدول (14).

جدول 13. نتائج اختبار شيفيه للمقارنات البعدية بين متوسطات استجابات عينة الدراسة حول واقع توافر مهارة التقويم لدى العاملين في إدارة الحشود البشرية في المشاعر المقدسة وفق الخبرة

الفئات	الفئات	أقل من 5 سنوات	من 5 إلى 10 سنوات	أكثر من 10 سنوات
	المتوسط الحسابي	4.26	3.93	3.96
أقل من 5 سنوات		-	*0.33	*0.30
من 5 إلى 10 سنوات			-	0.03
أكثر من 10 سنوات				-

***دالة عند مستوى دلالة (0.05)**

اتضح من الجدول (14) أنّ الفروق كانت في اتجاه العاملين الذين لديهم أقل من خمس سنوات خبرة، فهم يرون توافر مهارة التقويم لدى العاملين في إدارة الحشود البشرية في المشاعر المقدسة، وذلك بصورة أكبر مقارنة بغيرهم من العاملين الذين لديهم خبرات متراوحة من خمس إلى عشر سنوات والعاملين الذين لديهم أكثر من عشر سنوات خبرة.

3. النتائج والمناقشة

مناقشة نتائج السؤال الأول

أظهرت النتائج توافر مهارات القيادة الإدارية لدى العاملين في إدارة الحشود البشرية في المشاعر المقدسة بدرجة عالية، بمتوسط حسابي (4.07)، وجاءت مهارة التخطيط في مقدمة مهارات القيادة الإدارية المتوافرة لدى العاملين في إدارة الحشود، يليها مهارة المتابعة، ثم مهارة التقويم، وأخيراً مهارة التنظيم. وتعزى هذه النتائج إلى حرص الحكومة السعودية على توفير كافة الإمكانيات اللازمة لتأهيل العاملين في

إدارة الحشود بالمشاعر المقدسة، واختيارهم بناءً على معايير دقيقة تتضمن الكفاءة الإدارية والقيادية. إضافة إلى ذلك، فإن التدريب المتخصص الذي يخضع له هؤلاء العاملون في التعامل مع الحشود وحالات الطوارئ يعزز من أدائهم. وتؤكد دراسة أسرة وآخرون (2022) أهمية الدورات التدريبية في تحسين قدرات العاملين على إدارة الحشود بفاعلية. كما أظهرت دراسة مساعدة وشيحة (2015) أهمية تطوير مهارات القادة الإداريين في تنفيذ استراتيجيات المنظمة. وتبرز الخبرات المتراكمة للعاملين في الحشود، حيث يمتلك غالبية العاملين خبرات تفوق خمس سنوات، مما يمكنهم من اكتساب مهارات التعامل مع الأزمات بكفاءة. وتتوافق هذه النتائج مع عدة دراسات، مثل دراسة شافي وآخرون (Shafi et al,(2008 ، التي أكدت جهود الحكومة السعودية في إدارة الحشود خلال الحج والعمرة، ودراسة الحناوي وآخرون (2022)، التي أثبتت كفاءة التنظيم الإداري في تقديم الخدمات الصحية للحجاج، ودراسة عياد (2022)، التي أظهرت الرضا الكبير من قبل الحجاج والمعتمرين تجاه الأداء الرقمي في إدارة الحشود.

أولاً-مهارة التخطيط

أظهرت النتائج توافر مهارة التخطيط لدى العاملين في إدارة الحشود البشرية في المشاعر المقدسة بدرجة عالية، بمتوسط حسابي (4.09)، وتمثلت أكبر كأعلى مهارات التخطيط المتوافرة لدى العاملين في إدارة الحشود البشرية في تركيز إدارة قيادة الحشود تحديد فريق العمل المطلوب تواجده في إدارة الحشود وتوزيع المهام المطلوبة، وتطوير العاملين في إدارة الحشود الخطط لتعزيز نقاط القوة وللتغلب على نقاط الضعف. بينما تمثل أقلها في عمل إدارة قيادة الحشود على تحديد أدوات التحليل وقياس مؤشرات الأداء الرئيسية. ويمكن عزو هذه النتائج إلى حرص العاملين في إدارة الحشود على تطوير مهاراتهم في مجال التخطيط، لكونه من أهم العمليات الإدارية الرئيسة التي يتوقف عليها قدرة إدارة الحشود البشرية على النجاح في تحقيق أهدافها. وتتفق النتائج مع نتائج دراسة آل سعود (2016) وبوشة والعتيبي(2021) التي أظهرت وجود خطط استباقية ووقائية تقوم بها وزارة الحج لإدارة الحجاج وهذه الخطط تتناسب مع الوضع الصحي والأمني في العالم. كما تتفق مع نتائج دراسة أسرة وآخرون (2022) التي أكدت ضرورة وضع خطط مسبقة، والتنسيق والتواصل مع كافة المعنيين والمختصين لإدارة الحشود بشكل آمن.

ثانياً- مهارة التنظيم

أظهرت النتائج توافر مهارة التنظيم لدى العاملين في إدارة الحشود البشرية في المشاعر المقدسة بدرجة عالية، بمتوسط حسابي (4.06)، وتمثلت أكبر مهارات التنظيم المتوافرة لدى العاملين في إدارة الحشود البشرية في حرص كافة العاملين على تحديد المهام، والتنسيق فيما بينهم، وتكليف العاملين بمسؤوليات محددة ومعلنة. بينما تمثل أقلها في استخدام إدارة قيادة الحشود أحدث الأنظمة التقنية والروبوتات للتحكم في الحشود وتنظيم حركتها بما يتماشى مع الإرشادات والتوجيهات المحددة. وقد تعزى هذه النتائج إلى وعي العاملين في إدارة الحشود بأهمية عملية التنظيم وكونها عملية أساسية لضمان إدارة الحشود في أفضل الظروف، حيث إنّ الأعداد الكبيرة لضيوف الرحمن من الحجاج والمعتمرين وزوار الحرمين الشريفين تستوجب تنظيمهم وإدارتهم بشكل فعال للحفاظ على النظام والأمن.، وإنّ الغاية الأساسية للخطة التنظيمية لإدارة الحشود هي تحقيق تدفق سلس وآمن للأفراد داخل المكان، وحماية سلامتهم وسلامة الممتلكات المحيطة. كما أنّ العاملين في إدارة الحشود على وعي تام بأنّ حدوث الحوادث والأزمات والتدافُعات تحدث أساساً بسبب عدم تنظيم الحشود بشكل صحيح، وبالتالي تعزز إدارة الحشود الفعالة سمعة المنظمين وتبني ثقة الجمهور في قدرتهم على توفير بيئة آمنة ومنظمة بواسطة الخطط التنظيمية. وتتفق النتائج مع دراسة الحناوي وآخرون (2022) التي أكدت أن التنظيم الإداري والخطط المتقنة خلال المواسم هي أساس نجاح تقديم الخدمات الصحية للحشود. إضافة إلى ذلك، تتفق النتائج مع دراسة أسرة وآخرون (2022) التي شددت على أهمية تنظيم الحشود بفعالية والتنسيق مع المعنيين لضمان إدارتهم بأمان.

ثالثاً- مهارة المتابعة

أظهرت النتائج توافر مهارة المتابعة لدى العاملين في إدارة الحشود البشرية في المشاعر المقدسة بدرجة عالية، بمتوسط حسابي (4.09)، وتمثلت أعلى مهارات المتابعة المتوافرة لدى العاملين في إدارة الحشود البشرية في عمل إدارة قيادة الحشود متابعة تواجد العاملين في أماكنهم، وإسهام إدارة قيادة الحشود المتابعة في التأكد من تنفيذ العاملين للتوجيهات وانعكاسها على سير العمل. بينما تمثل أقلها في استخدام إدارة قيادة الحشود مبدأ الثواب لتحفيز العاملين لتأدية مهامهم الوظيفية بكفاءة. وقد تعزى النتائج السابقة إلى وعي العاملين في إدارة الحشود بأهمية المتابعة وكونها تمثل عامل مهم للتأكد من سير العمل وفق الخطة التنظيمية لإدارة الحشود، واهتمام إدارة قيادة الحشود في ضوء ذلك بتحفيز العاملين وتشجعيهم لرفع روحهم المعنوية والرفع من مستوى أدائهم. ويظهر توافر مهارات المتابعة لدى

العاملين في إدارة الحشود خصوصاً في حرص إدارة قيادة الحشود على متابعة تواجد العاملين في أماكنهم، وذلك لضمان حسن سير العمل في إدارة الحشود، وقيام كل عامل بدوره المطلوب، وتحمل مسؤولية إدارة المكان الذي يوجد فيه، والقيام بما يكلف به من أعمال ومهام تنظيمية في مكان العمل. وتتفق هذه النتائج مع دراسة آل سعود (2016) وبوشة والعتيبي (2021) التي أشارت إلى أهمية متابعة قيادات الحشود لكافة الأمور المتعلقة بالعمرة والحج. كما تتفق مع دراسة الحناوي وآخرون (2022) التي أكدت فعالية المتابعة في تقديم الخدمات للحجيج، ودراسة عياد (2022) التي أظهرت دور المتابعة الرقمية في تنظيم الحشود.

رابعاً- مهارة التقويم

أظهرت النتائج توافر مهارة التقويم لدى العاملين في إدارة الحشود البشرية في المشاعر المقدسة بدرجة عالية، بمتوسط حسابي (4.07)، وتمثلت أعلى مهارات التقويم المتوافرة لدى العاملين في إدارة الحشود البشرية في استخلاص العاملين بصورة فعالة الدروس والعبر من الأزمات التي يواجهونها، واعتماد إدارة قيادة الحشود على معايير محددة للتقييم تم وضعها بما يتلاءم مع طبيعة عمل العامل. بينما تمثل أقلها في أخذ العاملين بنتيجة التقويم ضمن تقارير الإنجاز. وقد تعزى هذه النتائج إلى اهتمام القيادات الإدارية في إدارة الحشود بعملية التقويم لكونها عملية رئيسة تمثل برنامجاً مستمراً لمتابعة ومراقبة وتسجيل وتقييم الأداء ومقارنته بالمعايير المحققة للأهداف والغايات.. ويظهر توافر مهارات التقويم لدى العاملين في إدارة الحشود خصوصاً في استخلاصهم بصورة فعالة الدروس والعبر من الأزمات التي يواجهونها، وكون ذلك يرجع إلى شعور العاملين في إدارة الحشود بمسؤولياتهم الكبيرة في خدمة ضيوف الرحمن، وحرصهم في ضوء ذلك تقويم أدائهم، وعلى تفادي الوقوع في الأخطاء والانحرافات في الأداء، وتحسين قدرتهم على التعامل مع المشكلات التنظيمية والأزمات والمواقف الطارئة التي قد تحدث أثناء إدارتهم للحشود البشرية. وتتفق النتائج الحالية مع دراسة الحناوي (2022) التي أكدت أهمية الأدوار الرقابية، ودراسة عياد (2022) التي أشارت إلى ارتفاع مستوى التقويم الرقمي في إدارة الحشود.

مناقشة نتائج السؤال الثاني

أظهرت النتائج ما يلي:

- أظهرت النتائج فروقاً دالة إحصائياً في توافر مهارات القيادة الإدارية لدى العاملين في إدارة الحشود البشرية بالمشاعر المقدسة وفقاً للمؤهل العلمي، حيث رأى الحاصلون على مؤهل ثانوي توافر هذه المهارات بشكل أكبر مقارنة بحاملي الدبلوم والدكتوراه. يعزى ذلك إلى أن حاملي الدكتوراه يمتلكون معرفة نظرية أعمق، مما يمكنهم من الحكم الموضوعي على توافر المهارات القيادية، ووعيهم بالتحديات التي تواجه إدارة الحشود مما يتطلب تطوير هذه المهارات بشكل مستمر.
- عدم وجود فروق دالة إحصائياً في واقع توافر مهارات القيادة الإدارية لدى العاملين في إدارة الحشود البشرية في المشاعر المقدسة عموماً، وفي المهارات المتعلقة بالتخطيط والتنظيم والمتابعة خصوصاً، تعزى لاختلاف عدد سنوات الخبرة. وقد يعزى ذلك إلى وضع قيادة إدارة الحشود معايير دقيقة في اختيار العاملين في إدارة الحشود بناء على ما يمتلكونه من مهارات وقدرات، واستعانتها، بالكفاءات المتخصصة والمؤهلة والمدربة في قيادة الحشود، الأمر الذي قلل من تأثير عامل الخبرة في مستوى امتلاكهم لمهارات القيادة الإدارية في إدارة الحشود.
- أظهرت النتائج وجود فروق في مهارة التقويم لصالح العاملين الذين لديهم أقل من خمس سنوات خبرة، حيث يرون توافر مهارة التقويم بشكل أكبر مقارنة بزملائهم الذين لديهم خبرات تتراوح بين خمس إلى عشر سنوات أو أكثر. يُعزى ذلك إلى أن العاملين الأقل خبرة قد يواجهون صعوبات أو يرتكبون أخطاء في القيادة أثناء إدارة الحشود، مما يدفعهم إلى الحرص على استخلاص الدروس والعبر من تلك التجارب، وتحديد السلبيات لتجاوزها في المستقبل، والاعتماد على التغذية الراجعة لتحسين أدائهم بشكل مستمر.

4. الخلاصة

أظهرت الدراسة نتائج مهمة بشأن مهارات القيادة الإدارية لدى العاملين في إدارة الحشود البشرية في المشاعر المقدسة، حيث تبيّن توافر هذه المهارات بدرجة عالية، بمتوسط حسابي بلغ (4.07). وكانت مهارة التخطيط في مقدمة المهارات المتاحة، تلتها مهارة المتابعة، ثم التقويم وأخيراً التنظيم. تمثلت أكبر مهارات التخطيط في تحديد فرق العمل وتوزيع المهام، بينما كانت أقلها في تحديد أدوات التحليل وقياس مؤشرات الأداء. وفيما يتعلق بمسألة التنظيم، كانت أكبر المهارات المتوافرة في تحديد المهام والتنسيق بين العاملين، في حين كانت أقلها في استخدام الأنظمة التقنية الحديثة للتحكم في الحشود. من جهة أخرى، كانت أكبر مهارات المتابعة تتمثل في متابعة تواجد العاملين، بينما كانت الأقل في استخدام مبدأ الثواب لتحفيزهم. كما أظهرت النتائج أن أكبر مهارات التقويم كانت في استخلاص الدروس من الأزمات،

بينما كانت الأقل في دمج نتائج التقويم ضمن تقارير الإنجاز. بالإضافة إلى ذلك، وُجدت فروق دالة إحصائياً في مهارات القيادة تعزى لاختلاف المؤهل العلمي، حيث كان الاتجاه لصالح الحاصلين على مؤهل ثانوي، بينما لم تُظهر النتائج فروق دالة في المهارات المتعلقة بالتخطيط والتنظيم والمتابعة وفقاً لعدد سنوات الخبرة. ومع ذلك، كانت هناك فروق دالة في مهارة التقويم تعزى لعدد سنوات الخبرة، حيث كان الاتجاه لصالح العاملين الأقل خبرة. تُبرز هذه النتائج أهمية تطوير مهارات القيادة الإدارية بين العاملين في إدارة الحشود لتحسين الأداء وزيادة الفعالية في إدارة العمليات في المشاعر المقدسة.

5. التوصيات

توصي الدراسة في ضوء ما توصلت إليه من نتائج بما يلي:

- تقديم دورات تدريبية متنوعة للعاملين في هذا مجال إدارة الحشود لتحسين مهارتهم القيادية والإدارية في ضوء احتياجاتهم الفعلية.
- زيادة اهتمام إدارة قيادة الحشود بتوظيف التقنيات الحديثة للتحكم في الحشود وتنظيم حركتها بما يتماشى مع الإرشادات والتوجيهات المحددة.
- زيادة اهتمام إدارة قيادة الحشود بتقديم الحوافز المادية والمعنوية للعاملين المتميزين في إدارة الحشود للرفع من مستوى أدائهم.
- عمل إدارة قيادة الحشود على تحديد أدوات التحليل وقياس مؤشرات الأداء الرئيسية.
- أخذ العاملين في إدارة الحشود بنتائج التقويم ضمن تقارير الإنجاز لتفادي الأخطاء والانحرافات في الأداء، وتطوير مهارات القيادة الإدارية لديهم.

تقترح الباحثة على المهتمين والباحثين عدد من الموضوعات التي يمكن من خلالها سد أوجه النقص في الدراسة الحالية، ومن ذلك:

- الاحتياجات التدريبية لدى العاملين في إدارة الحشود البشرية في المشاعر المقدسة في مجال مهارات القيادة الإدارية.
- برنامج تدريبي مقترح لتنمية مهارات القيادة الإدارية لدى العاملين في إدارة الحشود البشرية في المشاعر المقدسة.
- معوقات تطوير مهارات القيادة الإدارية لدى العاملين في إدارة الحشود البشرية في المشاعر المقدسة.
- درجة توافر متطلبات تطوير مهارات القيادة الإدارية لدى العاملين في إدارة الحشود البشرية في المشاعر المقدسة.
- تصور مقترح لتطوير مهارات القيادة الإدارية لدى العاملين في إدارة الحشود البشرية في المشاعر المقدسة.

المراجع

- أبو عباءة، محمد بن عبد العزيز (2019). التحكم في إدارة الأزمات والمخاطر بالحج- المبادرات والجهود في خدمة ضيوف الرحمن. معهد خادم الحرمين الشريفين التاسع عشر لأبحاث الحج والعمرة – جامعة أم القرى، (مقالة إلكترونية)، https://drive.uqu.edu.sa/_/hajj/files/multaqa/440122403.pdf.
- أسرة، عمر عدنان؛ وزيني، لبنى محمود؛ و اندجاني، امتنان محمد نور؛ و الدعدي، بدور موسم؛ و الصاعدي، عبير عابد؛ و المالكي، صباح جمعان؛ و سندي، ملاك طلال. (2022). العوامل المؤثرة على سيكولوجية المشجع داخل مدرجات الملاعب الرياضية: إطار وصفي تحليلي لإدارة الحشود الرياضية في الملاعب السعودية. مجلة العلوم الاقتصادية والإدارية والقانونية، 6(11)، 82-106.
- آل سعود، عبد العزيز بن عبد الرحمن بن عبد العزيز (2016). إدارة الحشود والتجمعات البشرية ودورها التنظيمي في مواسم الحج والعمرة في المملكة العربية السعودية - دراسة استطلاعية لآراء عينة من العاملين في وزارة الحج والعمرة، معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة، السجل العلمي للملتقى العلمي (16)، ص 70-118، متوفرة عبر الرابط التالي: https://drive.uqu.edu.sa/_/hajj/files/multaqa/143716.pdf
- بوشة، أفنان عقيل، والعتيبي سعد عزيز حبيب. (2021). إدارة تجربة العمرة في ظل جائحة كورونا "كوفيد 19" (دراسة تقييمية لواقع الخدمات المقدمة). مجلة الفكر المحاسبي في جامعة عين شمس، 1(1)،1-28.
- التويجري، اريج محمد (2022). دور إدارة الموارد البشرية في تنمية المهارات القيادية لدى القادة الإداريين في جامعة الأمير سطام بن عبد العزيز. مجلة كلية التربية- جامعة عين شمس، 46 (3)، ص305-350.
- الحناوي، محمد خالد، شحاتة، طلعت الدمرداش، والشرقي، عمر زيان. (2022). دور قطاع الرعاية الصحية في إدارة الحشود في الحج والعمرة .مجلة جامعة أم القرى للعلوم الاجتماعية، 14 (2)، 1-17.
- الرئاسة العامة لشؤون المسجد الحرام والمسجد النبوي (2021) .الرئاسة العامة لشؤون المسجد الحرام والمسجد النبوي .تم الاسترجاع من

https://gph.gov.sa/index.php/ar/

- الزويهري، فاطمة بنت محمد (2016). إدارة الأزمات ودورها في أمن وسـالمة وفد الله. السـجل العلمي للملتقى العلمي 16 لأبحاث الحج والعمرة، معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة– جامعة أم القرى 2(1)، 35-48..
- العضـــياني، ريم عبد الرحمن، وغيث، نرفانا بنت عبد الرحمن. (2021). أثر القيادة الخادمة على التطوير التنظيمي: دراســـة ميدانية على مستشفى شرق جدة العام بمحافظة جدة .المجلة العربية للعلوم الاجتماعية، 19(3)،134-172.
- عياد، دنيا بنت عبد العزيز. (2022). دور الإدارة الإلكترونية في تحسين إدارة الحشود من وجهة نظر العاملين في منظومة الحج والعمرة. مجلة العلوم الاقتصادية والإدارية والقانونية، 6(6)، 116 - 148.
- المحمودي، محمد سرحان. (2019). مناهج البحث العلمي، (ط3)، دار الكتب، رقم الإيداع (561)، صنعاء، الجمهورية اليمنية.
- مساعدة، سحيمي فايزة، وشيحة صحراوي (2015). تنمية مهارات القيادة الإدارية ودورها في تنفيذ استراتيجية المنظمة دراسة حالة المؤسسة العامة للصناعات النسيجية بدمشق. مجلة الابتكار والتسويق، 2 (1)، 53-76.
- المنيع، الجوهرة بنت عبد الرحمن (2022). درجة ممارسة مشرفي الكراسي العلمية للمهارات القياديَّة الإدارية في الجَامِعَات السعوديَّة وسُبل تطويرها. مجلة الجامعة الإسلامية للدراسات الإنسانية. 30(4)، 239-272.
- Chuan, C. L., & Penyelidikan, J. (2006). Sample size estimation using Krejcie and Morgan and Cohen statistical power analysis: A comparison. Jurnal Penyelidikan IPBL, 7(1), 78-86
- Milone, J. (2021). Exploring First-Generation College Students Leadership Behaviors and Actions during Intramural Sports. Journal of Campus Activities Practice and Scholarship, 3(1), 52-62.
- Shafi, S., Booy, R., Haworth, E., Rashid, H., & Memish, Z. A. (2008). Hajj: Health lessons for mass gatherings. Journal of Infection and Public Health, 1(1), 27-32.

حل مقترح لمشكلة الزحام في مكة المكرمة باستخدام مشروع الأنفاق الذكية في المشاعر المقدسة (الأنفاق والقطارات الذكية)

دنيا عبد العزيز بكر عياد

طالبة دكتوراه في إدارة الأعمال، جامعة أم القرى

Proposed Solution of Crowding in Makkah using Holy Sites Smart Tunnels Project (Smart Tunnels and Trains

Donia A. B. Ayad

PhD student in Business Administration, Umm Al-Qura University

*Corresponding author: E-mail (Donya.a.ayyad@gmail.com)

الملخص

هدفت الدراسة بشكل أساسي إلى اقتراح حل لمشكلة الزحام في مكة المكرمة باستخدام مشروع الأنفاق الذكية في المشاعر المقدسة (الأنفاق والقطارات الذكية)، اتبعت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي، واستخدمت الاستبانة للحصول على بيانات التحليل الاحصائي، حيث تم استخدام الاستبانة لجمع البيانات من عينة الدراسة، وقد شمل مجتمع الدراسة العاملين في منظومة الحج والعمرة. وتم أخذ عينة عشوائية بسيطة من مجتمع الدراسة وتم التوصل إلى استجابة 36 ليمثل هذا العدد عينة الدراسة، وأظهرت نتائج الدراسة أن أفراد عينة الدراسة يوافقون بشدة على أن إنشاء أنفاق ذكية بين المشاعر المقدسة في مكة المكرمة لكي تسهم في تحسين جودة الحياة، وتساهم في حل مشكلة هدر الوقت في تحركات حشود الحجاج والزوار ويمكّن تشغيل القطارات والأنفاق الذكية بين المشاعر المقدسة من القضاء على التلوث البيئي والانبعاثات الكربونية بسبب استخدام الحافلات وسيمكن تشغيلها من زيادة أعداد الحجاج والمعتمرين والزوار إلى أضعاف الأعداد الحالية، ويسهم في خفض فاتورة تشغيل الحافلات للوقود والصيانة وخفض معدلات الحوادث المرورية في مدينة مكة المكرمة، كما توصلت النتائج إلى أنه لا توجد فروق معنوية في استجابات أفراد العينة نحو محاور أداة الدراسة وفقاً للمتغيرات الأولية: الجنس، المؤهل الدراسي، وسنوات الخبرة، وقد أوصت الدراسة برفع الدراسة ونتائجها إلى جهات الاختصاص بالمملكة العربية السعودية للتوصية عليها ورفع توصياتها إلى الجهات ذات الصلة التي تخدم منظومة الحج والعمرة و وزارة النقل والخدمات اللوجستية لدعم فكرة الأنفاق والقطارات الذكية الدائرية بين المشاعر المقدسة ووضع الفكرة قيد التنفيذ.

الكلمات الدالة: أنفاق المشاعر الذكية- التحول الرقمي- المشاعر المقدسة- القطارات الذكية- إدارة الحشود.

Abstract

The study mainly aimed to propose a solution to the congestion problem in Makkah using the smart tunnels project in the holy sites (smart tunnels and trains). The study followed the descriptive analytical approach and used the questionnaire to obtain data for statistical analysis. The questionnaire was used to collect data from the study sample, which includes the workers in the Hajj and Umrah system. A simple random sample was taken from the study population, and 36 responses were obtained, which represents the study sample. The results of the study showed that the respondents of study strongly agree that establishing smart tunnels between the holy sites in Makkah contributes to

improving the quality of life and contributes to solving the problem of wasting time in the movements of crowds of pilgrims and visitors. Operating smart trains and tunnels between the holy sites can eliminate environmental pollution and carbon emissions due to the use of buses. Operating these projects will increase the number of pilgrims, Umrah performers and visitors to several times the current numbers and contribute to reducing the bus operating bill for fuel and maintenance and reducing traffic accident rates. The results also showed that there are no significant differences in the responses of the sample members towards the axes of the study tool according to the primary variables: gender, educational qualification, and years of experience. The study recommended that: the study results be submitted to the relevant authorities in recommend it and submit its recommendations to the relevant to support the idea of tunnels and smart circular trains between the holy sites and put the idea into implementation.

Keyword: Smart Emotions Spending, Digital Transformation, Holy Emotions, Smart Trains, Crowd Management.

المقدمة

شهدت المشاعر المقدسة في المملكة العربية السعودية في مدن مكة المكرمة والمدينة المنورة تطوراً ملحوظاً خلال السنوات الماضية ومازالت التطورات تلامس الواقع، في السياق تشهد مواسم الحج والعمرة زيادة في أعداد الزوار والحجاج والمعتمرين للمملكة، وهذه الأعداد تحتاج ومازلت تحتاج للمزيد من الخدمات التي تيسر لهم أداء المناسك بكل راحه، وقد قدمت منظومة الحج والعمرة بالمملكة كامل إمكانياتها وخبراتها البشرية من أجل خدمة ضيوف الرحمن في المشاعر المقدسة، وبلا شك هنالك حاجة لشبكة من الطرق بين المشاعر المقدسة تشهد تحديثات عاما تلو الاخر، كما تم تشغيل قطار الحرمين لخدمة الزوار والحجاج والمعتمرين بين المشاعر المقدسة داخل مكة المكرمة، في السياق أيضاً تم تشغيل قطار الحرمين السريع بين مكة المكرمة والمدينة المنورة لخدمة زوار المشاعر المقدسة في التنقل بين مكة المكرمة والمدينة المنورة. وتعتبر الانفاق إحدى الخيارات التي استخدمتها المملكة العربية السعودية في مدن مكة المكرمة والمدينة المنورة لخدمة الزوار والحجاج والمعتمرين للمشاعر المقدسة ولتسهيل وتسريع تحركاتهم بين المشاعر، وقد تم شق العديد من الأنفاق خلال السنوات الماضية ساهمت كثيراً هذه الأنفاق في تقليل الضغط على الطرق الرئيسية داخل هذه المدن، إلا أنها كانت أنفاق مخصصة للحافلات والسيارات والمشاة في بعض الأحيان، حيث أنها قربت المسافات في أحيان كثيرة بين المشاعر المختلفة داخل مكة، لذا فإن الباحثة من خلال الدراسة تحاول من خلال الحل المقترح لمشكلة الزحام في مكة المكرمة استخدام مشروع الأنفاق الذكية في المشاعر المقدسة (الأنفاق والقطارات الذكية). حيث أن ظاهرة تكدس الحافلات والسيارات مضاف إليها الحشود المنتشرة في الشوارع في مواسم الحج والعمرة أصبحت تشكل هاجس كبير للجهات المختصة في منظومة الحج والعمرة وعليهم إيجاد الحلول المناسبة لحلها، وتشهد منظومة الحج والعمرة خلال السنوات القليلة السابقة قيام مشاريع وأفكار تم تنفيذها سعياً لحل وإدارة الحشود من الحجاج والمعتمرين وسعياً لتحسين جودة المناسك للحجاج والمعتمرين.

أهمية ومفهوم الانفاق: تعتبر إدارة الحشود ومتابعتها من أدق وأصعب العمليات الإدارية التي تتطلب تضافر عشرات الجهات الإدارية المختلفة من صحة وأمن وطرق وخدمات مختلفة ومتنوعة تتبع العديد من الجهات الإدارية المختلفة. وهي عملية متعلقة بالتخطيط، والتنظيم، والقيادة، والرقابة، لكل من الموارد البشرية والمادية والمعلوماتية في بيئة تنظيمية بسيكولوجية فن إدارة الحشود والإجراءات الوقائية والتوعوية وكذلك كيفية معينة، وفي ذات السياق اهتمت منظومة الحج والعمرة بالمملكة العربية السعودية بعمليات إدارة الحشود وضرورة تطويرها وتطوير الآليات التي تساعد المنظومة في تحقيق إدارة ناجحة لحشود الحجاج والمعتمرين، وفيما يخص نقل الحشود بين المشاعر فقد استحدثت حكومة المملكة الكثير من الأنفاق في مدينة مكة والتي ساهمت بدور كبير في تقليل الضغط على الطرق وتسهيل حركة الحشود.

لذلك بدأ التفكير في الاستفادة من الأنفاق واستحداث أنفاق أخرى تخصص للقطارات الذكية وأن تكون بشكل دائري بين المناسك الأربعة الحرم ثم عرفة ثم مزدلفه ثم منى والعودة لنقطة البداية الحرم المكي الشريف لتشكل خط دائري بين المشاعر ويتم تشغيله للقطارات الذكية لنقل الحجاج والمعتمرين فقط، فالأنفاق تعتبر خيار مهم وأفضل في حالة صغر المساحات وازدحامها بالحشود، ومكة المكرمة تعتبر مدينة ذات مساحة متوسطة لكنها تشهد خلال مواسم الحج والعمرة ازدياد عدد الحشود، وحيث أن هذا العدد الكبير من الحشود من الحجاج والمعتمرين يأتي لأداء شعائر الحج والعمرة والتي هي أيام معدودة، وبالتالي سيكون المستقبل لشبكة الأنفاق، وسوف

تصبح تقنية شق الأنفاق للسيارات والقطارات هي السمة المتبعة في طرق مكة لتسهيل تفويج تلك الحشود بين المناسك المختلفة، بالتالي فإن ظروف تجمع الحجاج التي تتجاوز أعدادهم (3) ملايين حاج في أيام محددة، وملايين من المعتمرين والزوار طوال العام تجعل من شبكة الأنفاق حلولاً لكثير من مشكلات العاصمة المقدسة.

الأنفاق والقطارات الذكية: إن نجاحات السعودية في إدارة الحشود وتوجيه الكتل البشرية مرجعه ومرده الاهتمام الكبير الذي توليه حكومة خادم الحرمين للحج والحجيج. وكذلك العناية والرعاية والاهتمام والحرص على هذا المشعر الحرام، وعلى أن يؤدي المسلم نسكه في يسر وأمن وأمان. كما أن إدارة الحشود وتوجيه الكتل البشرية عملية قائمة ومستمرة في السعودية طوال العام في الصلوات في المسجد الحرام والمسجد النبوي الشريف (عياد،2022: 117).. وقد جاءت رؤية المملكة 2030 م لتقدم استراتيجية متكاملة لتطوير منظومة إدارة الحشود، وإتاحة الفرصة لعدد أكبر من المسلمين في تأدية مناسكهم، وهذه إشارة صريحة إلى التأكيد على أهمية تسخير الطاقات والإمكانيات في بذل كل جهد وتوفير كل ما يلبي احتياجات ضيوف الرحمن، إذ ورد ما نصه (نحن لا ندخر لكرم الضيافة وحسن الوفادة. ونؤمن بأن علينا أن نضاعف جهودنا لنبقى رمزاً)، ومن أهم الإنجازات أن قد شهدت المملكة أكبر توسعة للحرمين الشر يفين، وكذلك تطوير المشاعر المقدسة، وهي خطوات مهمة لاستيعاب هذه الأعداد المتزايدة سنوياً، وجاءت رؤية المملكة العربية السعودية لتطوير منظومة إدارة الحشود وضمن هذه الأعداد المتزايدة سنوياً خطة لاستيعاب 30 مليون معتمر، كما أنجزت شبكة قطار المشاعر المقدسة، ومشاريع إسكان وخيام الحجيج، والانتهاء من توسعة وإنشاء مطارات ضخمة لاستقبال ضيوف الرحمن، وتوفير إدارة أمنية فاعلة ومنجزة للحفاظ على أمن الحجاج و استقرارهم، حيث تم إطلاق برامج الترحيب بالحجاج لحظة قدومهم إلى المملكة، كما نشرت وزارة الحج والعمرة مراكز خدمات الحجاج في مكة المكرمة والمدينة المنورة لتقديم الخدمات والتسهيلات، إضافة إلى لجان المراقبة والمتابعة الميدانية لحماية حقوق الحاج في جميع تنقلاته. (وزارة الحج والعمرة، 2018)..

إن الإدارة الإلكترونية (الذكية) هي مدرسة حديثة في الإدارة، تقوم على استخدام الإنترنت وشبكات الأعمال في إنجاز العمل الإداري من تخطيط، تنظيم، توجيه، ورقابة إلكترونياً. وحسب ما يرى الباحث نجم أن الإدارة الإلكترونية (الذكية) هي المدرسة الأحدث في الإدارة التي تقوم على استخدام الإنترنت وشبكات الأعمال في إنجاز وظائف الإدارة (التخطيط. التنظيم.، القيادة. الرقابة) إلكترونياً (نجم، 2009). ويشير الباحث إبراهيم إلى أنه نتيجة لهذا التقدم التقني أصبحت الإدارة الإلكترونية (الذكية)ءفي هذا العصر ركيزة أساسية لتطور الدول والمؤسسات، حيث إن العمل على تطبيقها يسهم في رفع مستوى الأداء وخفض التكاليف، وزيادة الإنتاجية وتسهيل الإجراءات كما يسهمء أيضاً في التحرر من قيود الزمان والمكان لهذا فإن استثمار هذه المتغيرات والتكيف معها يعد ضرورة ملحة من أجل تحقيق الأهداف المرسومة، إلى أن التحول التنموي يستوجب عناصر السرعة والدقة والإتقان في الأداء وأصبحت الحاجة ملحة لظهور الإدارة الإلكترونية (الذكية) (إبراهيم، 2010) .

تعريف مفهومي القطارات الذكية والأنفاق الذكية: القطارات الذكية هو تواصل ماراثون الابتكار والإبداع بين المنتجين والمصنعين في العالم والمتخصصين في قطاعات النقل بأنواعها ومن بينها القطارات واعتماد التقنيات الذكية في قطارات المستقبل، حيث أصبح القطار الذكي هو الأسرع في العالم، إضافة لاستخدام الخدمات الالكترونية من الحصول على الحجز والمقعد والسفر وتكملة الإجراءات حتى الوصول لنقطة النهاية للرحلة، حيث يركز الصانعون على التقنيات الذكية والصديقة للبيئة. وأصبح بإمكان المسافر عبر الهاتف المتحرك التحكم في الخدمات والمعدات كما يمكن متابعة خرائط الأقمار الصناعية والتحكم في الإضاءة أو تخفيض أصوات الضوضاء الناتجة عن سرعة القطار الكترونياً وتتيح تقنيات المستقبل تحديد موقع القطارات من خلال نظام يعمل بالقمر الصناعي كما تمكنت بعض شركات إنتاج الترام من التغلب على مشكلة بطئها.

أما الأنفاق الذكية فهي التي تكون مزودة الكترونياً بجميع وسائل الاتصال والتواصل، إضافة لأنظمة المراقبة بالكاميرات الذكية على مدار الساعة، بالإضافة لوسائل الامن والسلامة، وقد يستخدم في قيام هذه الأنفاق أحدث المواصفات والتكنولوجيا لضمان تقديم أفضل الخدمات، بالإضافة إلى خدمات الكشف عن الأخطار والحوادث داخل الأنفاق الكترونياً. بالإضافة لارتباط تلك الأنفاق الذكية بمركز التحكم والسيطرة.

الدراسات السابقة:

دراسة استطلاعية مقدمة من (آل سعود ،2016) بعنوان: إدارة الحشود والتجمعات البشرية ودورها التنظيمي في مواسم الحج والعمرة في المملكة العربية السعودية" وركزت هذه الدراسة الاستطلاعية على التحديات التي تواجهه إدارة الحشود في المملكة وقد حددتها الدراسة

في خمس محاور. كما أن الدراسة هدفت إلى معرفة واقع إدارة الحشود في مواسم الحج والعمرة من وجهة نظر العاملين في وزارة الحج، وتم استخدام المنهج الوصفي التحليلي، وتوصلت إلى نتائج عده منها، أن هناك تنسيق كبير بين الجهات المعنية بإدارة الحشود لإعداد الخطط، وقدمت مجموعة من التوصيات أهمها - :إعداد برامج تدريبية وتطويرية لقدرات ومهارات العاملين على الإشراف والتحضير لاستقبال الحشود - .متابعة المستجدات المرضية التي قد تظهر في العالم قبل موسم الحج، والبحث عن طرق وقائية وتدابير وإجراءات مشددة لمنع وصولها، الاهتمام بنشر الإرشادات والتنبيهات بين الحجاج بمختلف اللغات، توصي بتطبيق النظام الرقمي الفعلي لتفادي مخاطر الاكتظاظ المتوقع أثناء أداء المناسك، ي أعداد الحجاج في الحشود.

ورقة عمل مقدمة من (البوسطة ، 2011) بعنوان "إدارة الحشود ومنشأة الجمرات" وركزت هذه الورقة عل المنظومة الشاملة لحركة المشاة في منشأة الجمرات ومساراتها والطرق المؤدية اليها ومنها والبرامج والعوامل الضابطة للمنظومة، حيث أثبتت التطبيقات في المواسم الماضية أهمية استخدام المنهجية العلمية والخبرات المحلية والعالمية في وضع الخطط والتصميم والإدارة والتنفيذ والاستفادة من البحث العلمي و استخدام التكنولوجيا الحديثة في المراقبة التلفزيونية والتتبع الفوري بالفيديو لتدفقات ورصد أعداد الحجاج وكثافتهم وسرعة الحركة، وذلك لضبط التوازن في توزيع الكتلة البشرية القادمة من مختلف الاتجاهات بالتساوي على مختلف المستويات الخمس للجمرات والحفاظ على الانسيابية في حركة دخول الحجاج في كامل المنطقة ومرافقها. وقد أثبت التقارير الواردة من الجهات المشاركة بالحج وتسجيلات الفيديو والصور والخبراء بأن الخطط التشغيلية المنفذة للنظام والتقنية الحديثة المستخدمة في مواسم الحج الماضية في مشعر منى عملت بشكل جيد.

دراسة **(عياد،2022)**، بعنوان: دور الإدارة الإلكترونية في تحسين إدارة الحشود من وجهة نظر العاملين في منظومة الحج والعمر، هدفت الدراسة إلى التعرف على الدور الذي تلعبه الإدارة الرقمية في تحسين إدارة الحشود، وما يتضمنها من أعمال مثل التخطيط الرقمي والتنظيم الرقمي والإرشاد الرقمي والمراقبة الرقمية، من وجهة نظر العاملين في منظومة الحج والعمرة وضيوف الرحمن، وكان المنهج المتبع هو المنهج الوصفي التحليلي، وتمثلت الأداة في استبانة؛ تم توزيعها على عينة بلغت (250) من العاملين في منظومة الحج والعمرة وضيوف الرحمن، و كشفت نتائج الدراسة بأن الممارسة للإدارة الرقمية من قبل العاملين بمنظومة الحج عالية ، أظهرت الدراسة بأن درجة تحسين الإدارة الرقمية في إدارة الحشود مرتفعة جداً، كما أظهرت الدراسة نتائج مرتفعة جداً لجزئية التنظيم الرقمي لإدارة الحشود، كما أظهرت الدراسة علاقة ذات دلالة إحصائية بين درجة الممارسات من قبل العاملين في الحج للإدارة الرقمية وجميع جوانب تطوير الأداء في إدارة الحشود.

دراسة (المالكي وحبيب الله،2022)، بعنوان: مدى مساهمة استخدام الأجهزة الذكية في عمليات الحج والعمرة والزيارة. هدفت هذه الدراسة إلى الكشف عن معرفة مدى استخدام الأجهزة الذكية في عمليات الحج والعمرة والزيارة، كما هدفت إلى توضيح المميزات التي يجب أ ن تحتويها التطبيقات التي تقدم للحجاج أ و للمعتمرين أو الزائر أثناء التخطيط لأداء الحج أ و العمرة أو الزيارة وما الأثر المتوقع لذلك في ظل جائحة كورونا، وقد استخدم الباحثون المنهج الوصفي، وشمل مجتمع الدراسة جميع الموظفين العاملين بالهيئة العامة لشؤون الحرمين بالحرم املكي، ومن أ هم نتائج الدراسة أن غالبية أفراد عينة الدراسة يوافقون بدرجة عالية على مدى استخدام الأجهزة الذكية في عمليات الحج والعمرة والزيارة ، كما أظهرت النتائج أن أغلب الزوار والمعتمرين للحرمين الشريفين يستخدمون تطبيقات (اعتمرنا، فتاوي الحج، مناسكنا) بدرجة كبيرة مما يسهل عملية تنظيم العمرة والزيارة في ظل جائحة كورونا، كما أظهرت النتائج أن غالبية أفراد عينة الدراسة يوافقون بدرجة عالية جداً على إيجابيات استخدام تطبيقات الهاتف الذكية لإصدار تصاريح الحج والعمرة والزيارة وأثرها في الحد من انتشار فيروس كورونا،

دراسة (الثقفي والراشدي،2024)، بعنوان: تطبيقات وتحديات الذكاء الاصطناعي في السياحة والضيافة الدينية: مراجعة منهجية، هدف إلى التعرُّف على تطبيقات الذكاء الاصطناعي في السياحة الدينية، ومعرفة التحديات والحلول المقترَحة التي تواجه الذكاء الاصطناعي في السياحة الدينية، من خلال إجراء مراجعة منهجية لدراسات المتعلقة بموضوع الدراسة، وتجميعها وتحليلها. وقد جمعت هذه الدراسة الدراسات المنشورة في قاعدة بيانات كلٍّ من Google Scholar, Science Direct, IEEE خلال الفترة 2021-2023. ووفقاً لمعايير الشمول والاستبعاد المتبعة في هذه الدراسة، تم تحليل ثمان دراسات في مجال الدراسة. وأظهرت نتائج الدراسة بأن تطبيق الواقع الافتراضي هو الأكثر تكراراً واستخداماً في قطاع السياحة الدينية، يأتي على التوالي: روبوتات الدردشة، والواقع المعزز، ونماذج التنبؤ بالمحاكاة والروبوتات الآلية.

دراسة (شودري وآخرون،2023)، بعنوان: الخدمات الفنية لتنظيم الحشود المقدمة للحجاج خلال موسم الحج. تهدف هذه الدراسة إلى التعرف على الخدمات الفنية (الأنظمة الخبيرة، والشبكات العصبية، والخوارزميات الجينية) المقدمة للحجاج خلال موسم الحج، وقياس أثر الخدمات الفنية في تنظيم الحشود على تطوير الخدمات المقدمة للحجاج خلال موسم الحج. اعتمدت الدراسة على المنهج النوعي بالاعتماد على الاستبانة الذي تم تطبيقه على 103 من العاملين الإداريين في إدارة شؤون المسجد الحرام بمكة المكرمة. وخلصت الدراسة إلى وجود درجة عالية من التقدير للذكاء الاصطناعي في إدارة شؤون المسجد الحرام بمكة المكرمة، حيث تبين من خلال الدراسة أن النظم الخبيرة جاءت في المرتبة الأولى، تليها نظم الخوارزميات الجنينية، ثم الشبكات العصبية، حيث كانت كل هذه الأبعاد تتمتع بدرجة عالية من التقييم، واعتماداً على النتائج خرجت الدراسة بعدة توصيات، أهمها توظيف الذكاء الاصطناعي لتنظيم الحشود بشكل أكبر في إدارة شؤون المسجد الحرام بمكة المكرمة، كما بينت الدراسة أن تطبيق الذكاء الاصطناعي له تأثير مهم على تنظيم وإدارة الحشود.

موضوع ومشكلة الدراسة:

تعد مشكلة إدارة الحشود من الحجاج والمعتمرين في مكة من أعظم المشاكل التي تشغل بال العديد من جهات الاختصاص وفي مقدمة تلك الجهات منظومة الحج والعمرة، حيث هنالك العديد من المشكلات أثناء موسم الحج والعمرة مثل محدودية وسائل نقل وترحيل الحشود، إضافة الى مشاكل التكدس، والمشاكل التلوث البيئي والصحي في مناطق المشاعر، لذلك فإن الدراسة الحالية عبارة عن البحث عن حل مقترح لمشكلة الزحام في مكة المكرمة باستخدام مشروع الأنفاق الذكية في المشاعر المقدسة (الأنفاق والقطارات الذكية) ، وبلا شك فإنه سيكون هنالك فرق كبير بين قطار المشاعر المستخدم حالياً عبر مساره من منى إلى عرفات ومزدلفة عبر خط حديدي عادي وفي نفس الوقت فإنه قد يحدث نقله كبيرة في حل مشكلة نقل الحشود بين المشاعر المقدسة، في المقابل يتم ربط المشاعر الأربعة الحرم المكي وعرفات ومزدلفة ومشعر منى عبر بناء انفاق دائرية تربط المشاعر المقدسة الأربعة في مكة وتشغيل قطارات ذكية عليها وبالتالي تكوه تلك الأنفاق مخصصة لهذه القطارات السريعة والذكية لتعمل في نقل الحشود من الحجاج والمعتمرين بين هذه المشاعر، وبلا شك سوف تختصر الفترة الزمنية وسوف تتميز بالسرعة في نقل حشود الحجاج والمعتمرين وتساهم أيضاً في تقليل الضغط على قطار المشاعر المقدسة، إضافة إلى الاستغناء عن النقل عبر الحافلات والسيارات والتي أصبحت تشكل عائقاً أما حركة المرور، وتعمل هذه القطارات الذكية بأنظمة تكنولوجية كهربائية مما يقلل الانبعاثات الكربونية، ومما لاشك فيه أن تنفيذ المشروع رغم تكلفته المرتفعة إلا أنه سوف يعمل على الاستغناء عن حركة الحجاج والمعتمرين والزوار عبر الحافلات ومما يقلل من الانبعاثات الصادرة من الحافلات أو حتى السيارات الأخرى، كما يقلل الزمن المستغرق للوصول لأي نقطة من النقاط الأربعة المقترحة. وقد تناولت بعض الدراسات أهمية الإدارة الذكية والإلكترونية في تحسين إدارة الحشود ومنها دراسة (عياد،2022) والتي أظهرت ضمن نتائجها وجود علاقة ذات دلالة إحصائية بين درجة الممارسات من قبل العاملين في الحج للإدارة الذكية والرقمية، وجميع جوانب تطوير الأداء في إدارة الحشود، وهذا الأمر يتعلق في أحد جوانبه للأنفاق والقطارات الذكية التي ينتظر أن تعالج الكثير من المشاكل المصاحبة لإدارة حشود الحج والعمرة.

فرضيات الدراسة: الدراسة تفترض أنه لقيام نظام متكامل من الأنفاق والقطارات الذكية بين المشاعر المقدسة في مكة المكرمة على النحو التالي:

1. من شأن قيام أنفاق ذكية بين المشاعر المقدسة في مكة المكرمة المساهمة في تحسين جودة الحياة في مكة المكرمة في مواسم الحج والعمرة.
2. من شأن قيام أنفاق ذكية بين المشاعر المقدسة في مكة المكرمة المساهمة في حل مشكلة هدر الوقت في تحركات حشود الحجاج والزوار بين المشاعر المقدسة.
3. من شأن تشغيل القطارات الذكية بين المشاعر المقدسة في مكة المكرمة إيجاد حل دائم لمشكلة نقل الحجاج بين المشاعر والاستغناء عن الحافلات في نقل وتفويج حشود الحجاج والزوار بين المشاعر المقدسة وإيجاد حل دائم لها.
4. من شأن تشغيل القطارات والأنفاق الذكية بين المشاعر المقدسة القضاء على التلوث البيئي والانبعاثات الكربونية بسبب استخدام الحافلات وسيارات نقل الحجاج في منطقة مكة المكرمة.
5. من شأن تشغيل القطارات والأنفاق الذكية بين المشاعر المقدسة الجهات المختصة لزيادة اعداد الحجاج والمعتمرين والزوار إلى أضعاف الأعداد الحالية.

6. من شأن تشغيل القطارات والأنفاق الذكية الدولة خفض فاتورة تشغيل الحافلات للوقود والصيانة وخفض معدلات الحوادث المرورية في مدينة مكة المكرمة.
7. سيمكن تشغيل القطارات والأنفاق الذكية منظومة الحج والعمرة في نقل الكوادر الأمنية والطبية والتنظيمية التابعة لها بين المشاعر المختلفة بكل سهولة.

أهداف الدراسة: هدفت الدراسة إلى تحديد حل مقترح لمشكلة الزحام في مكة المكرمة وذلك باستخدام مشروع الأنفاق الذكية في المشاعر المقدسة (الأنفاق والقطارات الذكية) وذلك عبر عدد من الأهداف الفرعية والمتمثلة فيما يلي:
1. توضيح مساهمة قيام أنفاق ذكية بين المشاعر المقدسة في مكة المكرمة في تحسين جودة الحياة في مكة المكرمة في مواسم الحج والعمرة.
2. توضيح مساهمة قيام أنفاق ذكية بين المشاعر المقدسة في مكة المكرمة في حل مشكلة هدر الوقت في تحركات حشود الحجاج والزوار بين المشاعر المقدسة.
3. بيان إمكانية إيجاد حل لمشكلة نقل الحجاج بين المشاعر إذا تم تشغيل القطارات الذكية بين المشاعر المقدسة في مكة المكرمة.
4. بيان أثر تشغيل القطارات والأنفاق الذكية بين المشاعر المقدسة في القضاء على التلوث البيئي والانبعاثات الكربونية بسبب استخدام الحافلات وسيارات نقل الحجاج في منطقة مكة المكرمة.
5. بيان أثر تشغيل القطارات والأنفاق الذكية بين المشاعر المقدسة في زيادة اعداد الحجاج والمعتمرين والزوار إلى أضعاف الأعداد الحالية.
6. بيان كيف يتم خفض فاتورة الوقود للحافلات بعد تشغيل القطارات والأنفاق الذكية في مدينة مكة المكرمة.
7. توضيح أنه بتشغيل القطارات والأنفاق الذكية سوف تساعد في نقل الكوادر الأمنية والطبية والتنظيمية التابعة لها بين المشاعر المختلفة بكل سهولة.

أهمية الدراسة: تبرز أهمية هذه الدراسة من الأهمية التي تحظى بها عمليات الأنفاق الذكية والقطارات الذكية في إدارة حشود الحج والعمرة، وبالتالي فإن أهمية هذه الدراسة تتمحور في تقديمها لفائدتين متوقعتين، فائدة نظرية وفائدة تطبيقية على النحو التالي:

أولاً/ الاستفادة النظرية:

1. تقوم على المساهمة في زيادة الإثراء المعرفي بالحقول الدراسية المتعلقة بدور الأنفاق الذكية والقطارات الذكية في عملية تسهيل نقل وإدارة الحشود بين المناسك المختلفة في مكة المكرمة، لما قد تشكله نتائج هذه الدراسة من حافز قوي للقيام بدراسات مكملة، أو لمحاكاة الدراسة عينها في بيئاتٍ أخرى مشابهة.
2. تساعد نتائج الدراسة المهتمين والمعنيين ومتخذي القرار في منظومة الحج والعمرة في التزود ببعض النتائج والتوصيات التي قد تثرى رغباتهم مما يساعدهم لاتخاذ القرار المناسب.
3. الاستفادة من المؤشرات البحثية الناتجة عن هذه الدراسة في وضع الأسس لدور الأنفاق والقطارات الذكية في تعزيز عمليات نقل وإدارة حشود الحجاج والمعتمرين.
4. الفائدة العلمية والأكاديمية بما يتوقع أن تضيفه نتائجها إلى المعرفة، وتقليص الفجوة القائمة في الأدبيات، وذلك نتيجة لقلة الدراسات حول دور الأنفاق والقطارات الذكية في عمليات إدارة الحشود.

ثانيا/ الاستفادة التطبيقية:

1. يمكن أن تكون هذه الدراسة أحد منطلقات التخطيط العملي للبدء والتفكير في إنشاء أنفاق دائرية حول مكة تربط المشاعر المقدسة الأربعة الحرم وعرفات ومزدلفه انتهاء بمشعر منى.
2. تساعد هذه الدراسة على اكتشاف وتشخيص واقع الأنفاق الموجودة الآن في مكة ومدى أهميتها وتسهيلها لحركة الحشود من الحجاج والمعتمرين والذين يتزايد عددهم من عام لآخر.

مصطلحات الدراسة:

- أنفاق المشاعر الذكية: يقصد بها الأنفاق تحت الأرض التي تم إنشاؤها لتسهيل حركة الحشود في مكة المكرمة أثناء مواسم الحج والعمرة.

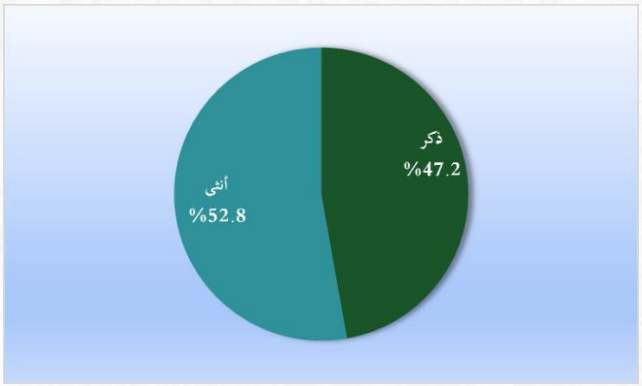
- التحول الرقمي- كلمة رقمي (Digital) هي مرادف لوتيرة التغير الحاد في العالم اليوم، المدفوع بواسطة تبني التكنولوجيا الرقمية الحديثة، أما كلمة التحول فتتعلق بتكيف المنظمة بأن تتبنى التغير والإبداع والاختراع الحادث من استخدام التكنولوجيا الرقمية بدلاً من استخدام الطرق التقليدية في العمل (الهادي،2020: 166)..
- إدارة الحشود: تعرف بأنها تجمعات منظمة أو عفوية لعدد كبير من الأشخاص ذوي السمات المشتركة (السياسية، والاجتماعية، والدينية، والرياضية)، والتي تجمعهم مع مكان محدد وزمان محدد في الغالب فترة زمنية قصيرة (الحناوي وآخرون،2023: 6).

منهجية وطرق الدراسة: تم استخدام المنهج الوصفي التحليلي، كما تم استخدام الاستبانة لجمع البيانات من عينة الدراسة، ويشمل مجتمع الدراسة العاملين في منظومة الحج والعمرة. وتم أخذ عينة عشوائية بسيطة من مجتمع الدراسة وتم التوصل إلى إستجابة 36 ليمثل هذا العدد عينة الدراسة.

صدق الاتساق الداخلي لأداة الدراسة: تم حساب صدق الاتساق الداخلي لأداة الدراسة من خلال حساب معامل الارتباط لبيرسون بين كل عبارة ودرجة المحور الذي تتبع له، وقد أظهرت النتائج (ملحق رقم 1) أن معاملات الارتباط بين كل عبارة ودرجة المحور الذي تتبع له تراوحت بين (0.756 – 0.963) وجميعها قيم موجبة ومرتفعة ودالة إحصائياً عند مستوى معنوية (0.01). وبالتالي فإن أداة الدراسة تمتاز بصدق الاتساق الداخلي وأن العبارات في كل محور تقيس ما صُممت من أجله.

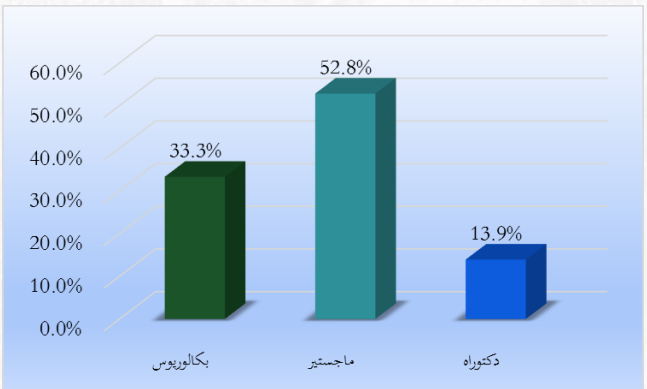
ثبات أداة الدراسة: تم استخدام معاملات كرونباخ-ألفا، وقد أظهرت النتائج (ملحق رقم 2) أن معاملات الثبات للمحاور تراوحت بين (0.823 – 0.952)، وللاستبيان كاملاً بلغ 0.974، وهذه المعاملات جاءت مرتفعة (<0.80) وتشير إلى أن الأداة تمتاز بالثبات.

خصائص أفراد العينة: أظهرت النتائج أن نسبة 52.8 % من أفراد العينة هن إناث، وأن الذكور يمثلون نسبة 47.2 %، والشكل البياني التالي يوضح هذه النسب:



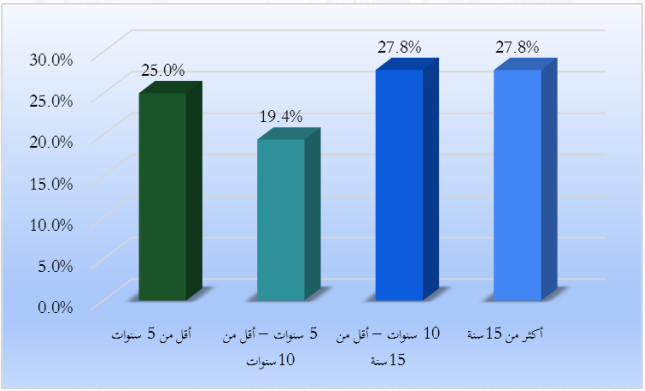
شكل رقم (3-1). توزيع أفراد العينة وفقاً لمتغير النوع

كما أظهرت النتائج أن نسبة 52.8 % من أفراد العينة مؤهلهم الدراسي (ماجستير)، وأن نسبة 33.3 % مؤهلهم (بكالوريوس)، وأن نسبة 13.9 % مؤهلهم (دكتوراه)، والشكل البياني التالي يوضح هذه النسب:



شكل رقم (3-2). توزيع أفراد العينة وفقاً لمتغير المؤهل الدراسي

أظهرت النتائج أن نسبة 27.8 % من أفراد العينة تبلغ خبرتهم (أكثر من 15 سنة)، وأن نسبة 27.8 % تبلغ خبرتهم (10 – أقل من 15 سنة)، وأن نسبة 25.0 % تبلغ خبرتهم (أقل من 5 سنوات)، وأن نسبة 19.4 % تبلغ خبرتهم (5 – أقل من 10 سنوات)، والشكل البياني التالي يوضح هذه النسب:



شكل رقم (3-3). توزيع أفراد العينة وفقاً لمتغير سنوات الخبرة العملية

الأساليب الإحصائية المستخدمة: تم استخدام برنامج (الحزمة الإحصائية للعلوم الاجتماعية (SPSS) الإصدارة (24)، بإجراء المعالجات والاختبارات الإحصائية: معامل ارتباط بيرسون لحساب صدق الاتساق الداخلي، معامل كرونباخ-ألفا لحساب معامل الثبات لأداة الدراسة، التكرارات والنسب المئوية لوصف عينة الدراسة وفقاً للبيانات الأولية، المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية للإجابة عن أسئلة الدراسة، اختبار (ت) للعينات المستقلة وتحليل التباين الأحادي (ANOVA) لدراسة الفروق في محاور أداة الدراسة وفقاً للمتغيرات الأولية.

نتائج الإجابة عن أسئلة الدراسة: للإجابة عن أسئلة الدراسة، فقد تم حساب المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لإجابات أفراد العينة على عبارات المحاور، وذلك كما يلي:

نتائج السؤال الأول: هل يسهم إنشاء أنفاق ذكية بين المشاعر المقدسة في مكة المكرمة في تحسين جودة الحياة في مكة المكرمة في مواسم الحج والعمرة؟

جدول رقم (1). المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لإجابات أفراد العينة على عبارات المحور الأول.

م	العبارات	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	المستوى	الترتيب
1	إنشاء أنفاق ذكية بين المشاعر المقدسة يسهم في تقليل الازدحام، ويحسن من جودة الحياة في مكة	4.61	0.77	أوافق بشدة	1
2	إنشاء أنفاق ذكية بين المشاعر المقدسة يقلل من ازدحام الطرق، ويختصر المسافات	4.56	0.77	أوافق بشدة	3
3	إنشاء أنفاق ذكية بين المشاعر المقدسة يساهم في تقليل الازدحام ويحسن من جودة الحياة في مكة المكرمة	4.58	0.81	أوافق بشدة	2
4	إنشاء أنفاق ذكية بين المشاعر المقدسة يسهم في تقليل نسب انتقال الأمراض بين الحشود نتيجة الازدحام	4.36	0.87	أوافق بشدة	4
	الدرجة الكلية للمحور	4.53	0.80	أوافق بشدة	

من خلال الجدول (1) يتضح أن المتوسط الحسابي للمحور بلغ 4.53 ويقع ضمن الفئة الأولى (4.20 - 5.0) من مقياس ليكرث الخماسي والذي يشير إلى الدرجة (أوافق بشدة)، كما بلغ الانحراف المعياري الكلي 0.80 ويشير إلى مدى تجانس الإجابات على عبارات المحور، وبالتالي فإن أفراد عينة الدراسة يوافقون بشدة على أن إنشاء أنفاق ذكية بين المشاعر المقدسة في مكة المكرمة يسهم في تحسين جودة الحياة في مكة المكرمة في مواسم الحج والعمرة. وقد أعطيت العبارات رتباً وفقاً لقيم المتوسطات الحسابية، حيث حازت العبارة (إنشاء أنفاق ذكية

بين المشاعر المقدسة يسهم في تقليل الازدحام، ويحسن من جودة الحياة في مكة) على المرتبة الأولى بأعلى متوسط حسابي بلغ 4.61 وبمستوى استجابة (أوافق بشدة).

نتائج السؤال الثاني: هل يسهم إنشاء أنفاق وقطارات ذكية بين المشاعر المقدسة في مكة المكرمة في حل مشكلة هدر الوقت في تحركات حشود الحجاج والزوار بين المشاعر المقدسة؟

جدول رقم (2). المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لإجابات أفراد العينة على عبارات المحور الثاني.

م	العبارات	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	المستوى	الترتيب
5	إنشاء أنفاق وقطارات ذكية بين المشاعر المقدسة في مكة المكرمة يسهل من تنقل الحجاج والمعتمرين والزوار	4.56	0.73	أوافق بشدة	4
6	إنشاء أنفاق وقطارات ذكية بين المشاعر المقدسة في مكة المكرمة يعمل على تقليل الوقت وتسريع حركة تنقل الحشود	4.72	0.61	أوافق بشدة	1
7	إنشاء أنفاق وقطارات ذكية بين المشاعر المقدسة قد يستخدمه منسوبو وكوادر منظومة الحج والعمرة في عملهم؛ ومن ثم يقلل من هدر الزمن لديهم	4.61	0.80	أوافق بشدة	3
8	إنشاء أنفاق وقطارات ذكية بين المشاعر المقدسة في مكة المكرمة يسهم في تسريع أداء المناسك للحجاج والمعتمرين والزوار	4.64	0.76	أوافق بشدة	2
	الدرجة الكلية للمحور	4.63	0.73	أوافق بشدة	

من خلال الجدول (2) يتضح أن المتوسط الحسابي للمحور بلغ 4.63 ويقع ضمن الفئة الأولى (4.20 - 5.0) من مقياس ليكرث الخماسي والذي يشير إلى الدرجة (أوافق بشدة)، كما بلغ الانحراف المعياري الكلي 0.73 ويشير إلى مدى تجانس الإجابات على عبارات المحور، وبالتالي فإن أفراد عينة الدراسة يوافقون بشدة على أن إنشاء أنفاق وقطارات ذكية بين المشاعر المقدسة في مكة المكرمة في حل مشكلة هدر الوقت في تحركات حشود الحجاج والزوار بين المشاعر المقدسة. وقد أعطيت العبارات رتباً وفقاً لقيم المتوسطات الحسابية، حيث حازت العبارة (إنشاء أنفاق وقطارات ذكية بين المشاعر المقدسة في مكة المكرمة يعمل على تقليل الوقت وتسريع حركة تنقل الحشود) على المرتبة الأولى بأعلى متوسط حسابي بلغ 4.72 وبمستوى استجابة (أوافق بشدة).

نتائج السؤال الثالث: هل من شأن تشغيل القطارات الذكية بين المشاعر المقدسة في مكة المكرمة إيجاد حل دائم لمشكلة نقل الحجاج بين المشاعر والاستغناء عن الحافلات في نقل وتفويج حشود الحجاج والزوار بين المشاعر المقدسة وإيجاد حل دائم لها؟

جدول رقم (3). المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لإجابات أفراد العينة على عبارات المحور الثالث.

م	العبارات	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	المستوى	الترتيب
9	إنشاء أنفاق وقطارات ذكية بين المشاعر المقدسة في مكة المكرمة يؤدي للاستغناء عن حافلات نقل الحجاج وخفض تكلفة النقل والترحيل	4.25	0.97	أوافق بشدة	3
10	إنشاء أنفاق وقطارات ذكية بين المشاعر المقدسة في مكة المكرمة يؤدي للاستغناء عن مركبات النقل الخاصة المستخدمة في موسم الحج والعمرة	4.25	0.94	أوافق بشدة	4
11	إنشاء أنفاق وقطارات ذكية بين المشاعر المقدسة في مكة المكرمة يعمل على حل مشكلة نقل وترحيل الحشود داخل مكة	4.31	0.86	أوافق بشدة	2
12	إنشاء أنفاق وقطارات ذكية بين المشاعر المقدسة في مكة المكرمة يسهم في نقل الحجاج والمعتمرين بين مكة والمدينة بعد ربطها بقطار الحرمين	4.58	0.65	أوافق بشدة	1
	الدرجة الكلية للمحور	4.35	0.85	أوافق بشدة	

من خلال الجدول (3) يتضح أن المتوسط الحسابي للمحور بلغ 4.35 ويقع ضمن الفئة الأولى (4.20 - 5.0) من مقياس ليكرث الخماسي والذي يشير إلى الدرجة (أوافق بشدة)، كما بلغ الانحراف المعياري الكلي 0.85 ويشير إلى مدى تجانس الإجابات على عبارات المحور، وبالتالي فإن أفراد عينة الدراسة يوافقون بشدة على أن تشغيل القطارات الذكية بين المشاعر المقدسة في مكة المكرمة من شأنه إيجاد حل دائم لمشكلة نقل الحجاج بين المشاعر والاستغناء عن الحافلات في نقل وتفويج حشود الحجاج والزوار بين المشاعر المقدسة وإيجاد حل دائم لها. وقد أعطيت العبارات رتباً وفقاً لقيم المتوسطات الحسابية، حيث حازت العبارة (إنشاء أنفاق وقطارات ذكية بين المشاعر المقدسة في

مكة المكرمة يسهم في نقل الحجاج والمعتمرين بين مكة والمدينة بعد ربطها بقطار الحرمين) على المرتبة الأولى بأعلى متوسط حسابي بلغ (4.58) وبمستوى استجابة (أوافق بشدة).

نتائج السؤال الرابع: هل يمكن تشغيل القطارات والأنفاق الذكية بين المشاعر المقدسة من القضاء على التلوث البيئي والانبعاثات الكربونية بسبب استخدام الحافلات وسيارات نقل الحجاج في منطقة مكة المكرمة؟

جدول رقم (4). المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لإجابات أفراد العينة على عبارات المحور الرابع.

م	العبارات	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	المستوى	الترتيب
13	تشغيل القطارات والأنفاق الذكية بين المشاعر المقدسة يقلل من حجم الانبعاثات الكربونية التي تصدر عن حافلات نقل الحجاج والمعتمرين	4.58	0.69	أوافق بشدة	3
14	تشغيل القطارات والأنفاق الذكية بين المشاعر المقدسة يقلل من حجم التلوث البيئي التي تصدر عن حافلات نقل الحجاج والمعتمرين	4.58	0.65	أوافق بشدة	4
15	تشغيل القطارات والأنفاق الذكية بين المشاعر المقدسة يخفف من تكدس الحافلات في شوارع مكة	4.69	0.62	أوافق بشدة	1
16	تشغيل القطارات والأنفاق الذكية بين المشاعر المقدسة يخفف من ضجيج الحافلات في شوارع مكة المكرمة	4.61	0.64	أوافق بشدة	2
	الدرجة الكلية للمحور	4.62	0.65	أوافق بشدة	

من خلال الجدول (4) يتضح أن المتوسط الحسابي للمحور بلغ 4.62 ويقع ضمن الفئة الأولى (4.20 - 5.0) من مقياس ليكرث الخماسي والذي يشير إلى الدرجة (أوافق بشدة)، كما بلغ الانحراف المعياري الكلي 0.65 ويشير إلى مدى تجانس الإجابات على عبارات المحور، وبالتالي فإن أفراد عينة الدراسة يوافقون بشدة على أنه يمكن تشغيل القطارات والأنفاق الذكية بين المشاعر المقدسة من القضاء على التلوث البيئي والانبعاثات الكربونية بسبب استخدام الحافلات وسيارات نقل الحجاج في منطقة مكة المكرمة. وقد أعطيت العبارات رتباً وفقاً لقيم المتوسطات الحسابية، حيث حازت العبارة (تشغيل القطارات والأنفاق الذكية بين المشاعر المقدسة يخفف من تكدس الحافلات في شوارع مكة) على المرتبة الأولى بأعلى متوسط حسابي بلغ 4.69 وبمستوى استجابة (أوافق بشدة).

نتائج السؤال الخامس: هل سيمكن تشغيل القطارات والأنفاق الذكية بين المشاعر المقدسة الجهات المختصة من زيادة أعداد الحجاج والمعتمرين والزوار إلى أضعاف الأعداد الحالية؟

جدول رقم (5). المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لإجابات أفراد العينة على عبارات المحور الخامس.

م	العبارات	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	المستوى	الترتيب
17	سيمكن تشغيل القطارات والأنفاق الذكية بين المشاعر المقدسة الجهات المختصة من زيادة أعداد الحجاج السنوية	4.44	0.81	أوافق بشدة	2
18	سيمكن تشغيل القطارات والأنفاق الذكية بين المشاعر المقدسة الجهات المختصة من زيادة أعداد المعتمرين لتكون طوال العام	4.53	0.65	أوافق بشدة	1
19	سيمكن تشغيل القطارات والأنفاق الذكية بين المشاعر المقدسة الجهات المختصة من زيادة أعداد الزوار إلى أضعاف الأعداد الحالية	4.44	0.73	أوافق بشدة	3
20	سيمكن تشغيل القطارات والأنفاق الذكية بين المشاعر المقدسة الجهات المختصة من زيادة أعداد السياح لزيارة الأراضي المقدسة	4.36	0.83	أوافق بشدة	4
	الدرجة الكلية للمحور	4.44	0.76	أوافق بشدة	

من خلال الجدول (5) يتضح أن المتوسط الحسابي للمحور بلغ 4.44 ويقع ضمن الفئة الأولى (4.20 - 5.0) من مقياس ليكرث الخماسي والذي يشير إلى الدرجة (أوافق بشدة)، كما بلغ الانحراف المعياري الكلي 0.76 ويشير إلى مدى تجانس الإجابات على عبارات المحور، وبالتالي فإن أفراد عينة الدراسة يوافقون بشدة على أنه سيمكن تشغيل القطارات والأنفاق الذكية بين المشاعر المقدسة الجهات المختصة من زيادة أعداد الحجاج والمعتمرين والزوار إلى أضعاف الأعداد الحالية. وقد أعطيت العبارات رتباً وفقاً لقيم المتوسطات الحسابية، حيث حازت العبارة (سيمكن تشغيل القطارات والأنفاق الذكية بين المشاعر المقدسة الجهات المختصة من زيادة أعداد المعتمرين لتكون طوال العام) على المرتبة الأولى بأعلى متوسط حسابي بلغ 4.53 وبمستوى استجابة (أوافق بشدة).

نتائج السؤال السادس: هل سيمكن تشغيل القطارات والأنفاق الذكية الدولة من خفض فاتورة تشغيل الحافلات للوقود والصيانة وخفض معدلات الحوادث المرورية في مدينة مكة المكرمة؟

جدول رقم (6). المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لإجابات أفراد العينة على عبارات المحور السادس.

م	العبارات	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	المستوى	الترتيب
21	تشغيل القطارات والأنفاق الذكية بين المشاعر المقدسة يخفض فاتورة رواتب وحوافز العاملين في الحافلات	4.03	1.18	أوافق	4
22	تشغيل القطارات والأنفاق الذكية بين المشاعر المقدسة يخفض فاتورة المواد البترولية المستخدمة في حافلات نقل الركاب	4.33	0.76	أوافق بشدة	2
23	تشغيل القطارات والأنفاق الذكية بين المشاعر المقدسة يسهم في الاستغناء عن قطع الغيار التي تستخدم في صيانة حافلات نقل الحجاج	4.31	0.92	أوافق بشدة	3
24	تشغيل القطارات والأنفاق الذكية بين المشاعر المقدسة يقلل من نسبة الحوادث المرورية التي تسببها الحافلات في موسم الحج والعمرة	4.50	0.65	أوافق بشدة	1
	الدرجة الكلية للمحور	4.29	0.88	أوافق بشدة	

من خلال الجدول (6) يتضح أن المتوسط الحسابي للمحور بلغ 4.29 ويقع ضمن الفئة الأولى (4.20 - 5.0) من مقياس ليكرث الخماسي والذي يشير إلى الدرجة (أوافق بشدة)، كما بلغ الانحراف المعياري الكلي 0.88 ويشير إلى مدى تجانس الإجابات على عبارات المحور، وبالتالي فإن أفراد عينة الدراسة يوافقون بشدة على تشغيل القطارات والأنفاق الذكية سيمكن الدولة من خفض فاتورة تشغيل الحافلات للوقود والصيانة وخفض معدلات الحوادث المرورية في مدينة مكة المكرمة. وقد أعطيت العبارات رتباً وفقاً لقيم المتوسطات الحسابية، حيث حازت العبارة (تشغيل القطارات والأنفاق الذكية بين المشاعر المقدسة يقلل من نسبة الحوادث المرورية التي تسببها الحافلات في موسم الحج والعمرة) على المرتبة الأولى بأعلى متوسط حسابي بلغ (4.50) وبمستوى استجابة (أوافق بشدة).

نتائج السؤال السابع: هل سيمكن تشغيل القطارات والأنفاق الذكية منظومة الحج والعمرة من نقل الكوادر الأمنية والطبية والتنظيمية التابعة لها بين المشاعر المختلفة بكل سهولة؟

جدول رقم (7). المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لإجابات أفراد العينة على عبارات المحور السابع.

م	العبارات	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	المستوى	الترتيب
25	تشغيل الأنفاق والقطارات الذكية يمكن منظومة الحج والعمرة من نقل الكوادر الأمنية التابعة لها بين المشاعر المختلفة بكل سهولة	4.44	0.65	أوافق بشدة	4
26	تشغيل الأنفاق والقطارات الذكية يمكن منظومة الحج والعمرة من نقل الكوادر الطبية التابعة لها بين المشاعر المختلفة بكل سهولة	4.67	0.63	أوافق بشدة	2
27	تشغيل الأنفاق والقطارات الذكية يُمكّن منظومة الحج والعمرة من نقل الكوادر الإدارية التابعة لها بين المشاعر المختلفة بكل سهولة	4.61	0.69	أوافق بشدة	3
28	تشغيل الأنفاق والقطارات الذكية يمكن منظومة الحج والعمرة من نقل الكوادر الفنية التابعة لها بين المشاعر المختلفة بكل سهولة	4.72	0.45	أوافق بشدة	1
	الدرجة الكلية للمحور	4.61	0.61	أوافق بشدة	

من خلال الجدول (7) يتضح أن المتوسط الحسابي للمحور بلغ 4.61 ويقع ضمن الفئة الأولى (4.20 - 5.0) من مقياس ليكرث الخماسي والذي يشير إلى الدرجة (أوافق بشدة)، كما بلغ الانحراف المعياري الكلي 0.61 ويشير إلى مدى تجانس الإجابات على عبارات المحور، وبالتالي فإن أفراد عينة الدراسة يوافقون بشدة على أن تشغيل القطارات والأنفاق الذكية سيُمكن منظومة الحج والعمرة من نقل الكوادر الأمنية والطبية والتنظيمية التابعة لها بين المشاعر المختلفة بكل سهولة. وقد أعطيت العبارات رتباً وفقاً لقيم المتوسطات الحسابية، حيث حازت العبارة (تشغيل الأنفاق والقطارات الذكية يمكن منظومة الحج والعمرة من نقل الكوادر الفنية التابعة لها بين المشاعر المختلفة بكل سهولة) على المرتبة الأولى بأعلى متوسط حسابي بلغ 4.72 وبمستوى استجابة (أوافق بشدة).

نتائج الفروق في محاور أداة الدراسة وفقاً للمتغيرات الأولية:

تم استخدام اختبار (ت) للعينات المستقلة وأسلوب تحليل التباين الأحادي (ANOVA) لدراسة الفروق في متوسطات استجابات أفراد عينة الدراسة نحو محاور أداة الدراسة وفقاً للمتغيرات الأولية، وذلك كما يلي:

جدول رقم (8). نتائج اختبار (ت) للعينات المستقلة لدراسة الفروق في متوسطات استجابات أفراد عينة الدراسة نحو محاور أداة الدراسة وفقاً لمتغير الجنس.

المحاور	فئات الجنس	العدد	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	قيمة الاختبار T	الدلالة الإحصائية
المحور الأول	ذكر	17	4.35	0.75	-1.355	0.184
	أنثى	19	4.68	0.72		
المحور الثاني	ذكر	17	4.54	0.43	-0.746	0.461
	أنثى	19	4.71	0.83		
المحور الثالث	ذكر	17	4.34	0.59	-0.067	0.947
	أنثى	19	4.36	0.89		
المحور الرابع	ذكر	17	4.54	0.49	-0.682	0.500
	أنثى	19	4.68	0.71		
المحور الخامس	ذكر	17	4.38	0.65	-0.506	0.616
	أنثى	19	4.50	0.74		
المحور السادس	ذكر	17	4.24	0.82	-0.434	0.667
	أنثى	19	4.34	0.66		
المحور السابع	ذكر	17	4.54	0.47	-0.732	0.469
	أنثى	19	4.67	0.56		

الجدول (8) يوضح نتائج اختبار (ت) للعينات المستقلة لدراسة الفروق في متوسطات استجابات أفراد العينة نحو محاور أداة الدراسة وفقاً لمتغير الجنس، وبمتابعة قيم الاختبار (T) وقيم الدلالة الإحصائية نجدها جاءت جميعها أكبر من مستوى المعنوية (0.05) وبالتالي فإنه، لا توجد فروق معنوية في استجابات أفراد العينة نحو محاور أداة الدراسة وفقاً لمتغير الجنس – حيث أن قيم الدلالة الإحصائية المقابلة لجميع المحاور جاءت أكبر من مستوى المعنوية (0.05).

جدول رقم (9). نتائج تحليل التباين الأحادي (ANOVA) لدراسة الفروق في متوسطات استجابات أفراد العينة نحو محاور أداة الدراسة وفقاً لمتغير المؤهل الدراسي.

المحاور	مصادر التباين	مجموع المربعات	درجة الحرية	مربعات المتوسطات	قيمة الاختبار F	الدلالة الإحصائية
المحور الأول	بين المجموعات	1.42	2	0.708	1.313	0.283
	داخل المجموعات	17.81	33	0.540		
	الكلي	19.22	35			
المحور الثاني	بين المجموعات	1.01	2	0.504	1.153	0.328
	داخل المجموعات	14.43	33	0.437		
	الكلي	15.44	35			
المحور الثالث	بين المجموعات	1.39	2	0.695	1.238	0.303
	داخل المجموعات	18.52	33	0.561		
	الكلي	19.91	35			
المحور الرابع	بين المجموعات	1.36	2	0.682	1.924	0.162
	داخل المجموعات	11.70	33	0.354		
	الكلي	13.06	35			
المحور الخامس	بين المجموعات	3.62	2	0.810	2.054	0.129
	داخل المجموعات	13.02	33	0.395		
	الكلي	16.64	35			
المحور السادس	بين المجموعات	2.92	2	1.461	3.083	0.059
	داخل المجموعات	15.64	33	0.474		
	الكلي	18.56	35			
المحور السابع	بين المجموعات	1.09	2	0.546	2.195	0.127
	داخل المجموعات	8.21	33	0.249		

	الكلي	9.31	35			

الجدول (9) يوضح نتائج تحليل التباين الأحادي (ANOVA) لدراسة الفروق في متوسطات استجابات أفراد العينة نحو محاور أداة الدراسة وفقاً لمتغير المؤهل الدراسي، وبمتابعة قيم الاختبار (F) وقيم الدلالة الإحصائية نجدها جاءت جميعها أكبر من مستوى المعنوية (0.05) وبالتالي فإنه، لا توجد فروق معنوية في استجابات أفراد العينة نحو محاور أداة الدراسة وفقاً لمتغير المؤهل الدراسي – حيث أن قيم الدلالة الإحصائية المقابلة لجميع المحاور جاءت أكبر من مستوى المعنوية (0.05).

جدول رقم (10). نتائج تحليل التباين الأحادي (ANOVA) لدراسة الفروق في متوسطات استجابات أفراد عينة الدراسة نحو محاور أداة الدراسة وفقاً لمتغير سنوات الخبرة.

المحاور	مصادر التباين	مجموع المربعات	درجة الحرية	مربعات المتوسطات	قيمة الاختبار F	الدلالة الإحصائية
المحور الأول	بين المجموعات	3.53	3	1.176	2.397	0.086
	داخل المجموعات	15.70	32	0.490		
	الكلي	19.22	35			
المحور الثاني	بين المجموعات	1.72	3	0.574	1.340	0.279
	داخل المجموعات	13.71	32	0.429		
	الكلي	15.44	35			
المحور الثالث	بين المجموعات	0.51	3	0.169	0.279	0.840
	داخل المجموعات	19.40	32	0.606		
	الكلي	19.91	35			
المحور الرابع	بين المجموعات	1.50	3	0.500	1.385	0.265
	داخل المجموعات	11.56	32	0.361		
	الكلي	13.06	35			
المحور الخامس	بين المجموعات	0.88	3	0.294	0.598	0.621
	داخل المجموعات	15.76	32	0.492		
	الكلي	16.64	35			
المحور السادس	بين المجموعات	1.30	3	0.434	0.805	0.500
	داخل المجموعات	17.26	32	0.539		
	الكلي	18.56	35			
المحور السابع	بين المجموعات	1.45	3	0.484	1.974	0.138
	داخل المجموعات	7.85	32	0.245		
	الكلي	9.31	35			

الجدول (10) يوضح نتائج تحليل التباين الأحادي (ANOVA) لدراسة الفروق في متوسطات استجابات أفراد العينة نحو محاور أداة الدراسة وفقاً لمتغير سنوات الخبرة، وبمتابعة قيم الاختبار (F) وقيم الدلالة الإحصائية نجدها جاءت جميعها أكبر من مستوى المعنوية (0.05) وبالتالي فإنه، لا توجد فروق معنوية في استجابات أفراد العينة نحو محاور أداة الدراسة وفقاً لمتغير سنوات الخبرة – حيث إن قيم الدلالة الإحصائية المقابلة لجميع المحاور جاءت أكبر من مستوى المعنوية (0.05).

نتائج الدراسة:

1. شملت عينة الدراسة 36 من العاملين في منظومة الحج والعمرة، وأظهرت النتائج أن نسبة 52.8 % هن إناث، وأن الذكور يمثلون نسبة 47.2 %، وأن نسبة 52.8 % مؤهلهم الدراسي (ماجستير).
2. توصلت النتائج إلى أن أفراد عينة الدراسة يوافقون بشدة على أن إنشاء أنفاق ذكية بين المشاعر المقدسة في مكة المكرمة يسهم في تحسين جودة الحياة في مكة المكرمة في مواسم الحج والعمرة.
3. توصلت النتائج إلى أن أفراد عينة الدراسة يوافقون بشدة على أن إنشاء أنفاق وقطارات ذكية بين المشاعر المقدسة في مكة المكرمة يساهم في حل مشكلة هدر الوقت في تحركات حشود الحجاج والزوار بين المشاعر المقدسة.

4. توصلت النتائج إلى أن أفراد عينة الدراسة يوافقون بشدة على أن تشغيل القطارات الذكية بين المشاعر المقدسة في مكة المكرمة من شأنه إيجاد حل دائم لمشكلة نقل الحجاج بين المشاعر والاستغناء عن الحافلات في نقل وتفويج حشود الحجاج والزوار بين المشاعر المقدسة وإيجاد حل دائم لها.
5. توصلت النتائج إلى أن أفراد عينة الدراسة يوافقون بشدة على أنه يمكن تشغيل القطارات والأنفاق الذكية بين المشاعر المقدسة من القضاء على التلوث البيئي والانبعاثات الكربونية بسبب استخدام الحافلات وسيارات نقل الحجاج في منطقة مكة المكرمة.
6. توصلت النتائج إلى أن أفراد عينة الدراسة يوافقون بشدة على أنه سيمكن تشغيل القطارات والأنفاق الذكية بين المشاعر المقدسة الجهات المختصة من زيادة أعداد الحجاج والمعتمرين والزوار إلى أضعاف الأعداد الحالية.
7. 7توصلت النتائج إلى أن أفراد عينة الدراسة يوافقون بشدة على تشغيل القطارات والأنفاق الذكية سيمكن الدولة من خفض فاتورة تشغيل الحافلات للوقود والصيانة وخفض معدلات الحوادث المرورية في مدينة مكة المكرمة.
8. توصلت النتائج إلى أن أفراد عينة الدراسة يوافقون بشدة على أن تشغيل القطارات والأنفاق الذكية سيُمكن منظومة الحج والعمرة من نقل الكوادر الأمنية والطبية والتنظيمية التابعة لها بين المشاعر المختلفة بكل سهولة.
9. 9توصلت النتائج إلى أنه لا توجد فروق معنوية في استجابات أفراد العينة نحو محاور أداة الدراسة وفقاً للمتغيرات الأولية: الجنس، المؤهل الدراسي، وسنوات الخبرة.

توصيات الدراسة:

استنادا لنتائج الدراسة فإن الباحثة توصي بما يلي:

1. ضرورة التفكير في إيجاد وسائل مواصلات وطرق وجسور طائرة ذكية تخدم أيضا حشود الحجاج والمعتمرين والزوار من غير مستخدمي الأنفاق وقطارات الأنفاق الذكية.
2. الدراسة ونتائجها تتعلق بمكة المكرمة وبالتالي توصي أيضا بتعميم الفكرة لتشمل المدينة المنورة من خلال ربط المزارات بالحرم النبوي الشريف من خلال شبكة أنفاق وقطارات ذكية.
3. تقترح الدراسة أيضا مستقبلاً قيام أنفاق وقطارات ذكية تمتد نحو المزارات السياحية ومعالم منطقة مكة المكرمة.
4. لضمان نجاح المشروع المقترح على الوجه الأمثل اقترح أن يتم تصميم المحطات بين المشاعر بحيث يكون الطريق دائري ومكتمل (نقطة البداية هي نفسها نقطة النهائية)،
5. رفع نتائج الدراسة إلى جهات الاختصاص بالمملكة العربية السعودية للتوصية عليها ورفع توصياتها إلى الجهات ذات الصلة ممثلة لدعم فكرة الأنفاق والقطارات الذكية الدائرية بين المشاعر المقدسة ووضع الفكرة قيد التنفيذ.

خاتمة الدراسة:

احتوت الدراسة على مقدمة وإطار نظري ودراسات سابقة ذات علاقة بصورة أو بأخرى بالدراسة الحالية وتم تصميم استبانة وتوزيعها على عينة الدراسة وتم تحليلها والخروج بنتائج وتوصيات عليها. هذه الدراسة هي تصور أو مشروع مقترح من الباحثة لإنشاء أنفاق دائرية ذكية وتشغيل قطارات ذكية عليها بين المشاعر الأربعة في مكة المكرمة، حيث اقترحت الدراسة انشاء مشروع للأنفاق والقطارات الذكية بين المشاعر الأربعة المتمثلة في الحرم المكي الشريف ومشعر عرفات ثم مشعر مزدلفة ومن ثم مشعر منى ومنها تكتمل الدائرة لتنتهي في الحرم المكي الشريف، وبلا شك أن إنجاز مشروع الأنفاق والقطارات الذكية سوف يساهم كثيراً في حل ضائقة تكدس السيارات والحافلات في مكة المكرمة في موسمي الحج والعمرة، كما يساهم في نقل الحشود من الحجاج والمعتمرين بين المشاعر المقدسة.

المراجع:

- إبراهيم، خالد ممدوح. (2010). الإدارة الإلكترونية. الإسكندرية: الدار الجامعية.
- آل سعود، عبد العزيز عبد الرحمن. (2016). إدارة الحشود والتجمعات البشرية ودورها التنظيمي في مواسم الحج والعمرة في المملكة العربية السعودية. دراسة استطلاعية مقدمة في الملتقى العلمي السادس عشر لأبحاث الحج. معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج، جامعة أم القرى، مكة المكرمة.
- البوسطة، سليم محمود. (2011). إدارة الحشود في منطقة ومنشأة الجمرات. بحث مقدم في الملتقى العلمي الحادي عشر لأبحاث الحج. معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج، جامعة أم القرى، مكة المكرمة.
- الجناوي، محمد خالد محمد. وشحاته، طلعت الدمرداش إبراهيم والشرقي، عمر زيان. (2023). علاقة طب الحشود بإدارة الحشود في الحج

والعمرة. مجلة جامعه الملك عبد العزيز، الاقتصاد والإدارة، المجلد (37)، العدد (1)، ص1-40.
- شـودري، عبد العزيز محمد والمالكي، منصـور عطية وخورشـيد، وسـام وليد وشـاولي، ياسـر تاج. (2023). الخدمات الفنية لتنظيم الحشـود المقدمة للحجاج خلال موسم الحج. مجلة العلوم الاقتصادية والإدارية والقانونية، المجلد (7)، العدد (13)، ص111-121.
- المالكي، خلود بنت حسـين العبيدي وحبيب الله، تركي محمد. (2022). مدى مسـاهمة اسـتخدام الأجهزة الذكية في عمليات الحج والعمرة والزيارة. المجلة العالمية للاقتصاد والإدارة، المجلد (12)، العدد (5)، ص582-598.
- الهادي، محمد محمد. (2020). الذكاء الاصطناعي معالمه وتطبيقاته وتأثيراته التنموية والمجتمعية. القاهرة: الدار المصرية اللبنانية.
- عياد، دنيا بنت عبد العزيز. (2022). دور الإدارة الإلكترونية في تحسين إدارة الحشود من وجهة نظر العاملين في منظومة الحج والعمرة. مجلة العلوم الاقتصادية والإدارية والقانونية، المجلد (6)، العدد (6)، ص116-148.
- نجم، عبود نجم. (2009). الإدارة الالكترونية الاستراتيجية والوظائف والمجالات. عمان: دار اليازوري للنشر والتوزيع.
- الثقفي، سـاره عبد الرحيم والراشـدي، منى رازق. (2024). تطبيقات وتحديات الذكاء الاصـطناعي في السـياحة والضـيافة الدينية: مراجعة منهجية. مجلة دراسات المعرفة والتكنلوجيا (JIS & T)، المجلد (1)، العدد (4)،

خارطة طريق لتطبيق التوأم الرقمي الحضري لتحسين إدارة الحشود أثناء الحج

محمد بن حمزة العباسي

قسم البحوث العمرانية والهندسية، جامعة أم القرى

A Roadmap for Implementing Urban Digital Twin to Optimize Crowd Management During Hajj

Mohammad H. Alabbasi

Urban and Engineering Department, Umm Al-Qura University.

*Corresponding author: E-mail (mhabbasi@uqu.edu.sa)

الملخص

يعَدُّ الحج إلى بيت الله الحرام، أحد أكبر التجمعات الدينية السنوية في العالم، حيث يجتذب أكثر من مليوني حاج، مما يطرح تحديات كبيرة في إدارة الحشود وتنسيق البنية التحتية بسبب البيئة ذات الكثافة العالية. تعتمد الأساليب الحالية للإدارة بشكل أساسي على استراتيجيات تفاعلية، غالبًا ما تفشل في معالجة الاكتظاظ وضغط الموارد بشكل استباقي، مما يؤدي إلى مخاطر أمنية وعدم كفاءة لوجستية. تقترح هذه الورقة إطار عمل للتوأم الرقمي الحضري (UDT) كنظام دعم قرار استباقي مصمم لتحسين تدفق الحشود، واستخدام البنية التحتية، والاستجابة للطوارئ أثناء الحج. يعمل إطار UDT المقترح على دمج البيانات اللحظية من أجهزة استشعار إنترنت الأشياء، وتتبع نظام تحديد المواقع العالمي(GPS) ، وأنظمة المراقبة بالفيديو(CCTV) ، وشبكات النقل في نموذج رقمي حي للمواقع الحيوية في الحج. من خلال استخدام الخوارزميات التنبؤية ونمذجة الوكلاء(ABM) ، يقوم النظام بمحاكاة سلوك الحشود وأداء البنية التحتية، مما يسمح للسلطات بالتنبؤ بالازدحام وتخفيفه، وضبط جداول النقل، وتعزيز إجراءات السلامة في الوقت الحقيقي. هذا النهج الاستباقي يحوّل إدارة الحشود من تدخلات تفاعلية إلى استراتيجية تنبؤية قائمة على البيانات، مما يوفر للسلطات رؤى عملية لتحسين كفاءة وأمان الحج. تعالج الورقة أسئلة بحثية رئيسية تتعلق بتطوير وتطبيق تقنية UDT في إدارة الأحداث ذات الكثافة العالية. كما تستكشف التحديات التقنية والأخلاقية المتعلقة بدمج البيانات في الوقت الحقيقي ومخاوف الخصوصية في السياق الثقافي والديني للحج. تُظهر النتائج الإمكانات التحويلية لتقنية UDT في إحداث ثورة في إدارة الحشود وتحسين البنية التحتية. أخيرًا، تحدد الورقة اتجاهات البحث المستقبلية، بما في ذلك دمج التعلم الآلي، وتحسين قابلية التوسع، والاعتبارات الأخلاقية لحوكمة البيانات. من المتوقع أن يُسهم هذا البحث في تعزيز ممارسات إدارة الحشود بشكل آمن وأكثر كفاءة خلال موسم الحج من خلال تقديم إطار عمل للتوأم الرقمي الحضري قابل للتوسع والتكيف. لا تقتصر التحسينات المتوقعة في السلامة والكفاءة على الاستفادة من التجربة في الحج فحسب، بل تقدم أيضا نموذجا يمكن تطبيقه على الفعاليات الأخرى ذات الكثافة العالية حول العالم، مما يضع معايير جديدة لتطبيق تكنولوجيا التوأم الرقمي في تخطيط وتنفيذ الفعاليات الكبرى.

انظر البحث الكامل في الجزء الخاص بالأبحاث الإنجليزية صفحة (9)

أثر استحداث إدارة الجودة وقياس الأداء في مجال النقل وإدارة الحشود لشركات الحج (شركة سراة انموذجاً)

البراء عبد المجيد نورولي

إدارة الأعمال، جامعة أم القرى

The Impact of Introducing Quality Management and Performance Measurement in The Field of Transportation and Crowd Management for Hajj Companies (Al-Sarat Company as a Model)

Albraa Noorwali

Business Administration, University or Organization.

*Corresponding author: E-mail (albraa.noorwali@hotmail.com)

الملخص

تستعرض هذه الدراسة تأثير تطبيق أنظمة إدارة الجودة وقياس الأداء على عمليات النقل وإدارة الحشود في موسم الحج، مع التركيز على شركة السرح كدراسة حالة. يقدم تطبيق هذه الأنظمة نهجًا تحويليًا لتحسين جودة الخدمة وكفاءة العمليات خلال موسم الحج الذي يتطلب تنسيقًا دقيقًا بسبب توافد أعداد هائلة من الحجاج إلى مكة. تساهم أنظمة إدارة الجودة في وضع إجراءات موحدة وممارسات للتحسين المستمر، مما يضمن تقديم خدمات موثوقة. بالنسبة لعمليات الحج، تُمكن هذه الأنظمة من إدارة فعّالة لعمليات النقل، لا سيما في نقل الحجاج بين المواقع الرئيسية مثل منى وعرفات ومزدلفة. كما تتيح معايير قياس الأداء للشركات تقييم جودة الخدمة وفق معايير محددة، وتحديد المجالات التي تحتاج إلى تحسين، مع الامتثال للمتطلبات التنظيمية.

أدى تبني شركة السرح لهذه الأدوات إلى تحسينات كبيرة في كفاءة العمليات وتقليل اضطرابات الخدمة وارتفاع مستوى رضا الحجاج. كما كشفت معايير الأداء عن الحاجة إلى تعزيز صيانة المركبات وتدريب الموظفين وإجراءات إدارة الحشود، مما مكّن من تنفيذ تحسينات مستهدفة. تؤكد النتائج أهمية أنظمة إدارة الجودة وقياس الأداء كعناصر أساسية لإدارة لوجستيات الحج بكفاءة، مما يضمن تجربة حج آمنة ومنظمة ومرضية من الناحية الروحية لملايين المسلمين سنويًا.

انظر البحث الكامل في الجزء الخاص بالأبحاث الإنجليزية صفحة (22)

تأثيـــر الطقس الحار على خصائص حركة الحشود في المشاعر المقدسة خلال موسم الحج

سليم محمود البوسطة*[1]، أندرس جوهانسون[2]، يارا بنت خالد الشلهوب[1]

الهيئة الملكية لمدينة مكة المكرمة والمشاعر المقدسة[1]، جامعة بريستول، المملكة المتحدة[2]

The Effect of Hot Weather on the Characteristics of Crowd Movement in the Holy Sites during the Hajj Season

Salim M. Al-Bosta*[1], Anders Johansson[2], Yara K. Al-Shalhoub[1]

[1]* Royal Commission for Makkah City and Holy Sites, [2]University of Bristol, UK

*Corresponding author: E-mail (Con-salbosta@rcmc.gov.sa)

الملخص

قد يسبب المشي تحت أشعة الشمس وفي ظل درجات الحرارة العالية الإجهاد الحراري حتى الإصابة بضربة الشمس، خاصة عند الأشخاص الضعفاء وكبار السن ومن لديهم أمراض أخرى مرتبطة بالحرارة. وتقاس درجة الحرارة الحرجة من خلال الجمع بين درجات الحرارة بالهواء المحيط ومستوى الرطوبة بما يسمى "درجة الحرارة الرطبة" حيث تشكل درجات الحرارة الرطبة المرتفعة خطورة على الانسان لأن العرق يتبخر ببطء أكبر من الجسد، مما يقلل من القدرة على تنظيم درجة حرارة الجسم. ركزت معظم الدراسات القائمة في مجال الطب الرياضي على تأثير درجات الحرارة على الرياضيين المحترفين. بينما تتناول هذه الورقة على تأثير درجات الحرارة المحيطة الشديدة على سرعات المشي لدى الحجاج خلال فترات زمنية طويلة، تقوم الدراسة أولاً بتصنيف وتحليل الظروف الجوية في منطقة مكة المكرمة الماضية والمستقبلية، مع التركيز على درجة الحرارة المحيطة والرطوبة. ثانياً، تم استخدام مزيجًا من التحليل للدراسات الآنفة ذات الصلة وتقديم النتائج لقياسات سرعة المشي لدى الحجاج في مشعر منى على مدى عدة مواسم حج لتحديد العلاقة الفزيائية بين درجة الحرارة المحيطة وسرعة المشي. ومن المعروف أن سرعة المشي (بالأمتار في الثانية) يمكن التعبير عنها كدالة لكثافة الحشود (الأشخاص لكل متر مربع)، حيث تؤدي كثافة الحشود العالية إلى انخفاض القدرة على التحرك بحرية وبسرعة أعلى، وبالتالي إلى انخفاض سرعات المشي. لذلك يركز تحليل البيانات في هذه الورقة على كثافة الحشود العادية ذات الكثافة المنخفضة فقط بحيث لا تكون سرعة المشي مقيدة بكثافة الحشد، بل بعوامل أخرى، مثل أعمار الحجاج (التي يُفترض أنها عادة مستقرة)؛ ودرجة الحرارة المحيطة (التي تغيرت بشكل كبير في مكة المكرمة خلال مواسم الحج العشرة الماضية). ونظرًا لأن سرعة المشي تنخفض مع زيادة درجة الحرارة المحيطة، فإن وقت رحلة المشي بين المشاعر المقدسة يزداد. وهذا يعني أن الحجاج معرضون بشكل أكبر لظروف الطقس القاسية (مما يسبب ارتفاع درجة الحرارة الرطبة في الجسم على مدى فترة زمنية أطول). وبهذا فمن المرجح أن تسبب حتى الزيادة الطفيفة في درجة الحرارة المحيطة تأثير غير مناسب على صحة الحجاج كما ستحدد هذه الدراسة العوامل الأخرى المؤثرة على سرعة المشي في درجات الحرارة المرتفعة، والتي يمكن استخدامها كمدخلات للتخطيط والتنظيم وتصميم المرافق الملاءمة لتحركات الحشود في المشاعر المقدسة.

انظر البحث الكامل في الجزء الخاص بالأبحاث الإنجليزية صفحة (33)

استجابة المملكة العربية السعودية للأوبئة العالمية: استراتيجيات الصحة المستدامة والحلول القائمة على الذكاء الاصطناعي

إلهام بنت طلعت بن محمود قطان

جامعة طيبة

Saudi Arabia's Response to Global Pandemics: Strategies for Sustainable Health and AI-Driven Solutions

Ilham T. M. Qattan

Taibah University

*Corresponding author: E-mail (iqattan@taibahu.edu.sa)

الملخص

تناول هذه المراجعة استراتيجيات المملكة العربية السعودية لإدارة الأوبئة العالمية، مع التركيز على الاستجابات لفيروس H1N1 وفيروس كورونا المسبب لمتلازمة الشرق الأوسط التنفسية وعلى وجه التحديد فيروس كورونا (COVID-19). وباعتبارها مركزًا مهمًا للحج، تواجه البلاد تحديات فريدة في السيطرة على تفشي الفيروس أثناء التجمعات الجماهيرية. تحدد المراجعة فجوة بحثية كبيرة في دمج التقنيات المتقدمة، وخاصة الذكاء الاصطناعي (AI) في استراتيجيات الصحة العامة. الهدف الرئيسي هو تقييم كيف يمكن للحلول المعتمدة على الذكاء الاصطناعي أن تعزز التأهب والاستجابة للأوبئة، مع الأخذ في الاعتبار السياق الاجتماعي والديني للمملكة. تستخدم هذه المراجعة تحليلاً شاملاً للدراسات المنشورة بين عامي 2018 و2024، مع التركيز على إدارة الجائحة في المملكة العربية السعودية ودور الذكاء الاصطناعي في تحسين النتائج الصحية. تم الحصول على البيانات من قواعد البيانات مثل PubMed وGoogle Scholar وتم استخدام التحليل الموضوعي لتجميع النتائج. وقد أدت الإجراءات الاستباقية التي اتخذتها المملكة العربية السعودية، بما في ذلك عمليات الإغلاق والاختبارات الجماعية وحملات التطعيم، إلى تخفيف آثار الوباء بشكل كبير. أدى تكامل تقنيات الذكاء الاصطناعي، مثل النماذج التنبؤية والتطبيب عن بعد، إلى تحسين دقة التشخيص وتخصيص الموارد والنتائج الصحية الشاملة. وعلى الرغم من النجاحات، لا تزال هناك تحديات في التنفيذ الكامل لحلول الذكاء الاصطناعي ومعالجة المخاوف الأخلاقية. وخلصت المراجعة إلى أنه في حين أظهرت المملكة العربية السعودية إدارة فعالة للوباء، فإن التقدم المستمر في الذكاء الاصطناعي والتقنيات الأخرى ضروري للاستعداد للمستقبل. ومن شأن تعزيز هذه القدرات أن يعزز الأمن الصحي العالمي ويقدم نموذجا للدول الأخرى في إدارة الأوبئة. يجب أن تتناول الأبحاث المستقبلية تحديات التنفيذ واستكشاف الاعتبارات الأخلاقية للتأثير بشكل كامل على إمكانات الذكاء الاصطناعي في مجال الصحة العامة.

انظر البحث الكامل في الجزء الخاص بالأبحاث الإنجليزية صفحة (47)

استراتيجية مقترحة لبروتوكول تنظيف وتطهير حافلات الحجاج للحدّ من الملوثات المعدية باستخدام تكنولوجيا التحفيز الضوئي والمطهرات الصديقة للبيئة

بسام حسين مشاط*[1]، أحمد حمزة مطير[1]، أحمد عادل سقاط[2]

قسم البحوث البيئية والصحية، معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة بجامعة أم القرى[1]، مستشفى النور التخصصي[2]

A Proposed Strategy for Cleaning and Disinfection Protocol of Hajj Buses to Reduce Infectious Contaminants Using Photocatalysis Technology and Eco-friendly Disinfectants

Bassam H. Mashat*[1], Ahmed Hamza Mutair[1], Ahmed A. Saqqat[2]

[1]* Department of Environmental and Health studies, The Custodian of the Two Holy Mosques Institute for Hajj Research, Umm Al-Qura University, [2]Al Noor Specialist Hospital

*Corresponding author: E-mail (bhmashat@uqu.edu.sa)

الملخص

تشهد المملكة العربية السعودية توسعاً غير مسبوق في منظومة نقل الحجاج، حيث تجاوز أسطول النقل 27 ألف حافلة لخدمة ضيوف الرحمن في موسم حج 1445هـ، وقد أوضحت إحدى الدراسات العلمية الحديثة عن ارتفاع ملحوظ في مستويات التلوث الميكروبي في هذه الحافلات، ويعزى هذا الارتفاع بشكل رئيسي إلى غياب بروتوكولات تطهير معتمدة وموحدة لدا الشركات المشغلة. تبرز أهمية الدراسة من التحديات المتزايدة في الحفاظ على السلامة الصحية للحجاج في ظل التوسع الكبير في منظومة النقل الخاص بالحجاج والمعتمرين، حيث تتمحور مشكلة الدراسة حول تحديات الحفاظ على السلامة الصحية للحجاج والمعتمرين في منظومة النقل العام، خاصة مع ارتفاع معدلات الإصابة بالأمراض الموسمية، وغياب منظومة متكاملة لمكافحة العدوى في وسائل النقل، لذلك تسعى الدراسة إلى تطوير بروتوكول استراتيجي متكامل لتطهير حافلات الحجاج يعتمد على تكنولوجيا التحفيز الضوئي والمطهرات الصديقة للبيئة، مع تأسيس قاعدة معرفية متكاملة حول آليات انتقال العدوى وفعالية التقنيات الحديثة في التطهير البيئي. أظهرت النتائج فعالية ملحوظة لتقنيات التطهير المتقدمة، حيث حققت تقنية التحفيز الضوئي خفضاً في المحتوى الميكروبي بنسبة 88%، في حين حققت تقنية الأوزون خفضاً يصل إلى 99.9% للبكتيريا والفيروسات في ظروف التشغيل المثلى، كما أوصت الدراسة بتبني نظام متعدد المستويات للتطهير يجمع بين المعالجة السريعة للأسطح عالية التلامس والتطهير العميق الدوري، مع إنشاء وحدة متخصصة لإدارة عمليات التطهير، وتطوير برامج تدريبية متخصصة للعاملين والسائقين، وتعزيز التنسيق بين الجهات المشغلة والرقابية والبحثية..

الكلمات الدالة: نقل الحجاج، التلوث الميكروبي، بروتوكولات التطهير، تقنية التحفيز الضوئي.

Abstract

The Kingdom of Saudi Arabia is experiencing unprecedented expansion in its pilgrim transportation network, with over 27,000 buses deployed to serve pilgrims during the Hajj season of 1445 AH. A recent scientific study has highlighted a significant increase in microbial contamination levels within these buses, attributed mainly to the absence of approved standardized disinfection protocols by operating companies. The importance of the study arises from the increasing challenges in maintaining the health safety of pilgrims in light of the significant expansion of the transportation system

for for pilgrims and Umrah performers. The research problem centers on the challenges of ensuring the health safety of pilgrims in the public transportation system, particularly with rising rates of seasonal illnesses and the lack of a comprehensive infection control system within transport vehicles. Consequently, the study aims to develop an integrated strategic protocol for disinfecting pilgrim buses using photocatalytic technology and environmentally friendly disinfectants, while also establishing a comprehensive knowledge base on infection transmission mechanisms and the effectiveness of advanced environmental disinfection technologies. The results demonstrated a notable efficacy of advanced disinfection techniques, with photocatalytic technology reducing microbial content by 88%, and ozone technology achieving a 99.9% reduction in bacteria and viruses under optimal operating conditions. The study recommends adopting a multi-level disinfection system that combines rapid surface treatment for high-contact areas with periodic deep disinfection, establishing a specialized unit to manage disinfection operations, developing specialized training programs for workers and drivers, and enhancing coordination between operating, regulatory, and research entities.

Keywords: Pilgrim transportation, Microbial contamination, Disinfection protocols, Photocatalytic technology.

1. مقدمة

تشـهد المملكة العربية السـعودية تطوراً ملحوظاً في منظومة نقل الحجاج، مدعومة بتحسـينات جوهرية في البنية التحتية وتعزيزات واسعة في القدرات التشغيلية لنظام النقل، ففي موسم حج 1445هـ، أعلنت الهيئة العامة للنقل عن خطة طموحة تهدف إلى توفير أكثر من 27 ألف حافلة لخدمة ضيوف الرحمن، مما يشكل زيادة ملحوظة في القدرة الاستيعابية مقارنةً بالسنوات السابقة، وقد تشملت هذه الخطة تخصيص ما يزيد عن 3,500 حافلة لنقل الحجاج من وإلى المسجد الحرام عبر شبكة متكاملة تضم أكثر من ستة عشر مساراً وأحد عشر موقفاً ومحطة، مما يسهم في تحقيق تغطية شاملة لمناطق إقامة الحجاج وتيسير وصولهم إلى الحرم المكي (وكالة الأنباء السعودية ،1445هـ - أ)، ووفقًا لتقرير النقابة العامة للسيارات، يُتوقع نمو قطاع نقل الحجاج والمعتمرين بشكل ملحوظ، حيث يُقدر أن يصل عدد الشركات والمؤسسات العاملة في هذا المجال إلى أكثر من 75 منشأة بحلول عام 1446هـ، مع أسطول يتجاوز 22 ألف حافلة. تشرف النقابة على قوة عاملة تفوق 45 ألف موظف، وتقدم خدمات لوجستية وإدارية وميدانية وتقنية شاملة (نقابة العامة للسيارات).

وفي إطار الجهود المكثفة، وبتنسيق وثيق مع الهيئة الملكية لمدينة مكة المكرمة والمشاعر المقدسة، أعلنت الهيئة العامة للنقل عن تنفيذ خطة استراتيجية متكاملة لتطوير خدمات النقل المقدمة للحجاج خلال موسم حج 1445هـ وقد تم تحديد أربعة عشر موقعاً استراتيجياً لتقديم خدمات الأجرة العامة في مكة المكرمة والمشاعر المقدسة، مع توفير أكثر من خمسة آلاف سيارة أجرة مجهزة بأحدث التقنيات، بما في ذلك وسائل الدفع المتعددة، وخدمة تتبع الرحلة، وعدادات إلكترونية، بهدف ضمان تجربة تنقل آمنة ومريحة وشفافة للحجاج (وكالة الأنباء السعودية ،1445هـ - ب)، وتأتي هذه المبادرات في إطار التزام المملكة العربية السعودية بتحسين جودة الخدمات المقدمة لضيوف الرحمن وتحقيق أهداف رؤية 2030 في تطوير قطاعي الحج والعمرة بما يعكس رؤيتها الطموحة في خدمة الحجاج وتسهيل أدائهم لمناسكهم بيسر وسهولة.

يمثل موسم الحج، باعتباره أحد أكبر التجمعات البشرية السنوية على مستوى العالم، تحديًا فريدًا في مجال الصحة العامة والإدارة البيئية. ومع تدفق ملايين الحجاج من أكثر من 180 دولة، تتزايد أهمية تطوير استراتيجيات مبتكرة وفعالة للوقاية من الأمراض المعدية والحد من انتشارها. وفي هذا السياق، تلعب وسائل النقل، وخاصة الحافلات المخصصة لنقل الحجاج، دورًا محوريًا كنقاط محتملة لانتقال العدوى، مما يبرز ضرورة تطبيق إجراءات صارمة للتنظيف والتطهير المنتظم لهذه الحافلات. ومع ذلك، تواجه شركات النقل تحديات متعددة، حيث تُعد طرق التنظيف التقليدية، كمسح الأسطح، عملية شاقة وقد تسهم في التلوث المتبادل للأسطح، مما يستدعي الحاجة إلى تقنيات تطهير أكثر كفاءة وفعالية لتحقيق أعلى معايير السلامة والصحة (مشاط واخرون، 1445هـ).

1.1. مشكلة الدراسة: تتمحور إشكالية الدراسة حول تحديات الحفاظ على السلامة الصحية للحجاج والمعتمرين في منظومة النقل العام، وخاصة في ظل التوسع الكبير في أسطول النقل الذي تجاوز ثلاثين ألف حافلة. وتتفاقم هذه الإشكالية مع تعدد المؤشرات الميدانية التي توثق ارتفاع معدلات الإصابة بالأمراض الموسمية، خاصة أمراض الجهاز التنفسي والنزلات المعوية والعدوى الجلدية. وتتعمق المشكلة بسبب غياب منظومة متكاملة لمكافحة العدوى في وسائل النقل، وضعف الإطار الرقابي المؤسسي، مما يؤدي إلى قصور في تطبيق معايير السلامة الصحية. ويضاف إلى ذلك التحديات اللوجستية الفريدة لموسم الحج، والحاجة الملحة لتطوير حلول مبتكرة تجمع بين الفعالية في التطهير والاستدامة البيئية والجدوى الاقتصادية.

2.1. أهمية الدراسة

تتجلى أهمية هذه الدراسة في قدرتها على تقديم إسهامات نظرية وحلول عملية في مجال إدارة الصحة العامة والنقل في سياق التجمعات الكبيرة، مع إمكانية تطبيق نتائجها في سياقات مماثلة عالميًا، حيث تكتسب هذه الدراسة أهميتها من بُعدين رئيسيين:

(1) الأهمية النظرية: تقدم الدراسة إسهاماً معرفياً متميزاً في مجال إدارة الصحة العامة في التجمعات الكبيرة من خلال تطوير نموذج مفاهيمي يدمج بين علوم الصحة العامة والهندسة البيئية وإدارة النقل، وتأسيس إطار نظري متكامل لتحليل وفهم التحديات الصحية في نظم النقل، مع توثيق وتحليل الممارسات المثلى في مجال التطهير البيئي المستدام. كما تسهم الدراسة في إثراء المعرفة العلمية حول فعالية تقنيات التحفيز الضوئي والمطهرات الصديقة للبيئة في الحد من المحتوى الميكروبي في بيئة الحافلات، وتوفر أساساً علمياً لتطوير استراتيجيات مبتكرة للتطهير تناسب التحديات الفريدة لموسم الحج.

(2) الأهمية التطبيقية: تقدم الدراسة بروتوكول استراتيجي متكامل يدمج بين التقنيات الحديثة والاعتبارات البيئية في تطهير حافلات الحجاج، مع تطوير معايير ومؤشرات أداء قابلة للتطبيق في الميدان. وتسهم النتائج في دعم صناع القرار من خلال تقديم إطار عملي لتطبيق تقنيات التطهير المستدامة، وتحديد المتطلبات التشغيلية والفنية اللازمة لضمان فعالية التنفيذ. كما تقدم الدراسة حلولاً عملية لتحسين جودة خدمات النقل وتعزيز السلامة الصحية للحجاج، بما يتوافق مع رؤية المملكة 2030 في تطوير منظومة خدمات الحج والعمرة.

3.1. أهداف الدراسة: يتمثل الهدف الرئيسي للدراسة في تطوير بروتوكول استراتيجي متكامل لتطهير حافلات الحجاج يعتمد على تكنولوجيا التحفيز الضوئي والمطهرات الصديقة للبيئة، في الحد من التلوث الميكروبي وتحسين جودة البيئة الداخلية للحافلات، بما يسهم في تعزيز السلامة الصحية للحجاج وتطوير منظومة النقل وفق أعلى المعايير العالمية، في حين تتمثل الأهداف التفصيلية للدراسة فيما يلي:

(1) الأهداف المعرفية: تسعى الدراسة إلى تأسيس قاعدة معرفية متكاملة من خلال توثيق وتحليل المحتوى الميكروبي في بيئة حافلات الحجاج، ودراسة آليات انتقال العدوى والعوامل المؤثرة فيها، مع تقييم فعالية التقنيات الحديثة في التطهير البيئي كتكنولوجيا التحفيز الضوئي وأنظمة الأوزون. كما تهدف إلى تحليل تجارب المؤسسات العالمية في تطهير وسائل النقل العام، وتوثيق أفضل الممارسات في استخدام المطهرات الصديقة للبيئة، بما يؤسس لفهم علمي عميق لتحديات وفرص تحسين السلامة الصحية في بيئة النقل.

(2) الأهداف التطبيقية: تركز الدراسة على تطوير بروتوكول تشغيلي متكامل يجمع بين استخدام تقنية التحفيز الضوئي والمطهرات البيئية، مع تحديد المتطلبات الفنية والتشغيلية لضمان فعالية التطبيق في ظروف التشغيل الواقعية. ويشمل ذلك وضع معايير ومؤشرات أداء محددة لتقييم كفاءة عمليات التطهير، وتطوير آليات للمراقبة والتوثيق، إضافة إلى تحديد متطلبات التدريب والتجهيزات اللازمة للتنفيذ الفعال للبروتوكول في بيئة نقل الحجاج.

(3) الأهداف التطويرية: تمتد أهداف الدراسة لتشمل تعزيز استدامة وكفاءة عمليات التطهير من خلال تطوير نظام متكامل للمراقبة والتقييم المستمر، مع تحديد مجالات التحسين وفرص التطوير في ضوء المستجدات العلمية والتقنية. كما تهدف إلى تقديم توصيات استراتيجية للجهات المعنية حول سبل تطوير منظومة النقل وتحسين معايير السلامة الصحية، بما يتوافق مع رؤية المملكة 2030 في تطوير خدمات الحج والعمرة وتحسين تجربة ضيوف الرحمن.

4.1. منهجية الدراسة: تعتمد الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي من خلال المراجعة المنهجية للدراسات والأبحاث السابقة في مجال تطهير وسائل النقل العام، حيث يهدف هذا المنهج إلى تطوير إطار استراتيجي متكامل لبروتوكول التنظيف والتطهير يستند إلى الأدلة العلمية والتجارب العملية الموثقة.

وقد تم تنفيذ المراجعة المنهجية للدراسات السابقة وفق منهجية علمية محددة تشمل تحليل الدراسات العلمية في مجال تطهير وسائل النقل العام، ودراسة التجارب العالمية في استخدام التقنيات الحديثة، وتقييم فعالية المطهرات الصديقة للبيئة، مع التركيز بشكل خاص على نتائج التجارب الميدانية المتعلقة بتطهير الحافلات في ظروف التشغيل المشابهة لبيئة النقل في موسم الحج.

وفي مرحلة تحليل البيانات والنتائج، ركزت الدراسة على تحليل مستويات التلوث الميكروبي المسجلة في الدراسات السابقة، وتقييم فعالية مختلف تقنيات التطهير المستخدمة، مع تحديد العوامل المؤثرة في كفاءة عمليات التطهير، كما تضمن التحليل دراسة أفضل الممارسات العالمية في مجال تطهير وسائل النقل العام وتطبيقاتها المحتملة في سياق نقل الحجاج.

واعتمدت الدراسة في تطوير الإطار الاستراتيجي على مجموعة متنوعة من المصادر المرجعية الموثوقة، تشمل الدراسات العلمية المحكمة، والتقارير الفنية المتخصصة، والمعايير والمواصفات الدولية، إضافة إلى توثيق تجارب المؤسسات والهيئات المعنية بتطوير خدمات نقل العام، إذ تهدف مخرجات الدراسة إلى تقديم إطار استراتيجي متكامل للتنظيف والتطهير، مدعوماً بتوصيات عملية لتحسين عمليات التطهير، ومقترحات للدراسات المستقبلية، إضافة إلى معايير ومؤشرات أداء مقترحة تتناسب مع متطلبات وتحديات بيئة نقل الحجاج.

2. الدراسات السابقة: يشهد مجال دراسة التلوث الميكروبي في وسائل النقل العام اهتماماً متزايداً من الباحثين والمختصين في مجال الصحة العامة، نظراً لدوره المحوري في نقل الأمراض المعدية، وقد تنوعت الدراسات والأبحاث التي تناولت هذا الموضوع، بدءاً من رصد التنوع الميكروبي وانتهاءً بتطوير تقنيات مبتكرة للتطهير والوقاية، إذ يستعرض أبرز الدراسات السابقة في هذا المجال، مع التركيز على التطورات الحديثة في تقنيات التطهير والمكافحة الميكروبية.

1.2. المحتوى الميكروبي في بيئات النقل العام: تشكل الميكروبات جزءاً لا يتجزأ من النظام البيئي في وسائل النقل العام، حيث تتواجد بأشكال وأنواع متعددة على مختلف الأسطح والمساحات المشتركة. وقد أظهرت الدراسات الحديثة مدى تعقيد وتنوع المجتمعات الميكروبية في هذه البيئات. ففي دراسة رائدة للمواد الجينية في نظام مترو مدينة نيويورك، تم الكشف عن وجود أكثر من ألف نوع من الكائنات الدقيقة، نصفها غير معروف سابقاً، مما يشير إلى التنوع الهائل للحياة الميكروبية في هذه البيئات (Ehrenberg, 2015; Afshinnekoo et al., 2015)، وفي سياق متصل، قدم فريق دولي من الباحثين دراسة شاملة وغير مسبوقة تضمنت تحليل 4728 عينة ميتاجينومية من أنظمة النقل الجماعي في ستين مدينة على مدار ثلاث سنوات، وقد نجحت هذه الدراسة في تحديد أنماط انتشار الجينات المقاومة للمضادات الحيوية، خاصة تلك المرتبطة بمضادات macrolides وlincosamides وstreptogramins و β-lactams (Danko et al., 2021). هذه النتائج تؤكد على الدور المحتمل لوسائل النقل العام في نشر مقاومة المضادات الحيوية، وهي مشكلة صحية عالمية متنامية.

2.2. مقاومة المضادات الحيوية في بيئات النقل العام: لقد أثبتت الدراسات المتعددة الدور المحوري الذي تلعبه أسطح وسائل النقل العام في نشر ظاهرة مقاومة المضادات الحيوية. ففي دراسة مهمة أجريت على شبكة سكك حديد هونغ كونغ، تم توثيق كيفية مساهمة الأسطح في نشر جينات مقاومة المضادات الحيوية (ARG) من خلال التلامس المباشر بين أيدي الركاب والأسطح المختلفة، وقد لوحظت زيادة ملحوظة في انتشار الجينات المقاومة لمضادات tetracycline وvancomycin عبر شبكات النقل المختلفة (Kang et al., 2015).

3.2. حجم المشكلة وتحديات النظافة في النقل العام: تكشف الإحصاءات في الولايات المتحدة الأمريكية عن حجم التحدي الذي تواجهه أنظمة النقل العام، حيث سجلت ما يقارب عشرة مليارات رحلة في عام 2018 وحده، هذا الحجم الهائل من الاستخدام يخلق تحدياً كبيراً في الحفاظ على مستويات النظافة المطلوبة، خاصة مع التلامس المستمر مع الأسطح المختلفة كالأزرار والدرابزينات والمقابض والمقاعد، كما يزداد هذا التحدي تعقيداً مع الاستخدام المتواصل للمركبات على مدار اليوم، مما يجعل عملية التنظيف الشامل أمراً صعب التحقيق، (Costello, 2022).

4.2. نتائج الدراسات التحليلية للتلوث الميكروبي: أظهرت الدراسات التحليلية المختلفة تفاوتاً كبيراً في مستويات التلوث الميكروبي بين مختلف المناطق والأنظمة، ففي دراسة أجريت في وسط لندن، تم رصد متوسط عبء ميكروبي يبلغ 12 مستعمرة لكل سنتيمتر مربع على الأسطح كثيرة اللمس، مع وجود نسبة مقلقة من بكتيريا S. aureus في 8% من العينات المفحوصة (Otter et al., 2009). وكشفت دراسة أكثر شمولية في محطات السكك الحديدية البريطانية الإسكتلندية عن مستويات تلوث مرتفعة تصل إلى 10^{8} - 10^{7} مستعمرة ميكروبية لكل سنتيمتر مربع في المناطق المهملة من روتين التنظيف اليومي (Patel et al., 2018). وفي سياق الدول النامية، كشفت دراسة في

بنغلاديش عن حمل ميكروبي مرتفع يصـــل إلى 3×10^5 وحـدة مســتعمرة لكل ســنتيمتر مربع على درابزينـات الحـافلات غير المنظفـة (Chowdhury et al., 2016). هذه النتائج تؤكد أهمية الصيانة والتنظيف المنتظم في الحد من التلوث الميكروبي.

5.2. التنوع الميكروبي في أنظمة النقل العالمية: تكشـف الدراســات الميكروبيولوجية عن تنوع بيئي مذهل في أنظمة النقل العام حول العالم. ففي مترو المكسـيك، تم توثيق وجود مجموعة متنوعة من البكتيريا تشـمل .Cutibacterium spp وبكتيريا . Corynebacterium spp وبكتيريا.Streptococcus spp وبكتيريا.(Hernández et al., 2020) Staphylococcus spp. وفي مترو نيويورك، تم تحديد وجود أنواع مختلفة من البكتيريا، من أبرزها بكتيريا Enterobacter cloacae وبكتيريا .Acinetobacter spp، في حين سجل مترو برشلونة وجود بكتيريا Methylobacterium (Triadó-Margarit et al., 2017)، وفي دراسـة مهمة أجريت على حافلات مدينة أوهايو، تم اكتشـاف وجود بكتيريا S. aureus في نسـبة 17% من العينات المفحوصـة (Lutz 2011)، مما يثير القلق نظراً لقدرة هذه البكتيريا على التسـبب في عدوى خطيرة، خاصة لدى الأشخاص ذوي المناعة الضعيفة.

6.2. المخاطر الصـحية وآليات انتقال العدوى: تشـكل البكتيريا الممرضـة، وخاصـة تلك المقاومة للمضـادات الحيوية، تهديداً متزايداً للصحة العامة (Turner et al., 2019)، حيث تتضـاعف هذه المخاطر في بيئات النقل العام إذ يصـبح التلامس مع الأسـطح الملوثة أمراً حتمياً، في حين تتبع آلية انتقال العدوى مساراً معروفاً والتي تنتقل فيها الجراثيم من الأسطح الملوثة إلى الفم أو الأنف عبر اليدين الملوثة، كما أكدت الدراسـات المتخصـصـة أن هذا النمط من انتقال العدوى في وسـائل النقل العام يماثل ما يحدث في البيئات الاسـتشـفائية (Kanamori et al., 2017; Correa-Martinez et al., 2017).

7.2. التطور التقني في مكافحة التلوث الميكروبي:

1.7.2. الطلاءات المضادة للميكروبات (AMC): في مواجهة هذه التحديات، شهد مجال مكافحة التلوث الميكروبي تطوراً تقنياً ملحوظاً، يتجلى بشكل خاص في تطوير الطلاءات المضادة للميكروبات (AMC). تتميز هذه التقنية بقدرتها على العمل بشكل مستقل ومستمر، مما يجعلها مكملاً فعالاً لإجراءات التنظيف والتطهير التقليدية (Bäumler et al., 2017). وتتنوع هذه الطلاءات لتشمل:

(1) المواد البوليمرية المتقدمة:

تم تطوير طلاءات معقدة التركيب مثل parylene-c وpoly-dimethyl siloxane وpoly-methyl methacrylate، والتي أثبتت فعالية عالية في مقاومة الميكروبات (Mariello et al., 2019).

(2) الطلاءات المعدنية المتخصصة:

أظهرت الدراســات العلمية فعالية مجموعة متنوعة من المركبات المعدنية في مكافحة الميكروبات، حيث برز بيريثيون الزنك (zinc pyrithione) في دراسات (Pittol et al., 2017) وأكسيد الزنك (zinc oxide) في أبحاث (Martinaga Pintarić et al., 2020) كعناصر فعالة في المكافحة الميكروبية. كما أثبت النحاس (copper) قدرته على مقاومة الميكروبات في دراسات أخرى (Thukkaram et al., 2021)، وأظهر ثاني أكسـيد التيتانيوم (titanium dioxide) فعالية عالية في العديد من الدراسـات (Nakano et al., 2013; Fisher et al., 2014; Li et al., 2018). وفي سـياق متصـل، برزت الفضـة (silver) كأحد أهم العناصـر المضـادة للميكروبات في بعض دراسـات (Varghese et al., 2013; Scuri et al., 2019)، مما يؤكد أهمية هذه المركبات المعدنية في تطوير طلاءات فعالة لمكافحة التلوث الميكروبي.

2.7.2. التقنيات الصديقة للبيئة: تم تطوير مجموعة من المطهرات الحيوية مثل diuron ومطهر Sea-Nine 211 (Yebra et al., 2004; Fay et al., 2007)، إضافة إلى حلول معتمدة على الإنزيمات (Olsen et al., 2007). كما برزت مركبات الأمونيوم الرباعية (QACs) كخيار فعال في مكافحة الميكروبات (Druvari et al., 2016; Bieser and Tiller, 2007)، ومع ذلك، فإن اسـتخدام المبيدات الحيوية يتطلب تقييماً دقيقاً للموازنة بين فعاليتها ومخاطرها البيئية والصحية المحتملة.

8.2. الابتكارات المتقدمة في تقنيات التطهير الضوئي:

1.8.2. الطلاءات الضــوئية الديناميكية: يمثل تطوير الطلاءات الضــوئية الديناميكية (photodynamic coatings) نقلة نوعية في مجال مكافحة التلوث الميكروبي. تعتمد هذه التقنية المبتكرة على مبدأ التنشيط الضوئي لإنتاج الأكسجين الأحادي عند التعرض للضوء المرئي. ويتميز هذا الأكسـجين الأحادي بقدرته الفائقة على الانتشـار نظراً لطبيعته الغازية، مما يمكنه من الوصـول بكفاءة عالية إلى الميكروبات المستهدفة على السطح (Felgenträger et al., 2014).

2.8.2. مميزات التقنية الضـوئية الديناميكية: تتميز تقنية الطلاءات الضـوئية الديناميكية بكفاءتها العالية في القضـاء على البكتيريا على الأسطح الجافة دون الحاجة إلى وسيط مائي (Bäumler et al., 2021)، كما أن تركيز المادة الفعالة في طبقة رقيقة جداً فوق السطح يقلل من تأثيرها على البيئة المحيطة (Wang et al., 2020; Eichner, 2020)، مع الحفاظ على فعاليتها بشـكل مسـتمر دون الحاجة إلى إعادة التطبيق المتكرر.

9.2. التطبيقات العملية والدراسات الميدانية:

1.9.2. التجارب في البيئات الطبية: أكدت الدراسـات الميدانية في المسـتشـفيات فعالية تقنية AMC المعتمدة على المبدأ الضـوئي الديناميكي (Eichner, 2020)، حيث يتضـمن النظام طلاءً رقيقاً يحتوي على جزيء photosensitizer، الذي يعمل على إنتاج الأكسـجين الأحادي عند تعرضـه للضـوء المرئي، وبمجرد إنتاجه، ينتشـر هذا الأكسـجين خارج طبقة AMC ليصـل إلى الميكروبات المسـتهدفة، حيث يقوم بالقضاء عليها من خلال عملية الأكسدة المتقدمة.

2.9.2. التطبيقات في وسائل النقل العام: كشفت الدراسة الرائدة في مدينة ريغنسبورغ الألمانية (Larissa, 2022) عن انخفاض ملحوظ في مسـتويات التلوث الميكروبي عند اسـتخدام تقنية AMC في حافلات النقل العام، فقد انخفض متوسـط المسـتعمرات الميكروبية من 13.4 مسـتعمرة لكل سـنتيمتر مربع في الأسـطح غير المعالجة إلى 4.5 مسـتعمرة في الأسـطح المعالجة، مع انحرافات معيارية تؤكد اسـتقرار النتائج، حيث تكتسـب هذه النتائج أهمية خاصـة عند مقارنتها بالمعايير الدولية المعتمدة في المسـتشـفيات ومرافق تجهيز الأغذية، حيث تقترب من المستويات المقبولة عالمياً (White et al., 2008; Dancer, 2004; Kramer and Assadian, 2014).

10.2. تقنيات التطهير باستخدام الأوزون في وسائل النقل العام:

1.10.2. تطبيقات الأوزون في التطهير البيئي: يمثل استخدام الأوزون في تطهير وسائل النقل العام تطوراً مهماً في مجال مكافحة العدوى، وذلك لقدرته الفعالة على قتل البكتيريا (Aydogan and Gurol, 2006; Knobling et al., 2021)، والفطريات (Mohamed and Barbara, 2021)، وتعطيل الفيروسـات (Pekovic and Kacimi, 2015; Lee et al., 2021). تعتمد آلية عمل الأوزون على تعطيل البروتينات السـطحية ومسـتقبلات الغشـاء، مما يؤثر على قدرة مسـببات الأمراض على العدوى من خلال التفاعل مع الأحماض الأمينية والمجموعات الوظيفية للبروتين (Tseng and Li, 2008).

2.10.2. دراسـات الفعالية في بيئة الحافلات: في دراسـة ميدانية شـاملة، قام Neves وزملاؤه (2023) باختبار فعالية الأوزون الغازي في تطهير وسـائل النقل العام، حيث أجريت الدراسـة على مرحلتين لتحديد الظروف المثلى للتطهير، فقد أظهرت المرحلة الأولى من الدراسـة أن اسـتخدام الأوزون بتركيز 13-18 جزء في المليون لمدة 15 دقيقة حقق انخفاضـاً في الحمل الميكروبي بنسـبة 89% للفيروسـات و75% للبكتيريا. وتماشـياً مع نتائج الدراسـات السـابقة حول أهمية الظروف البيئية في فعالية التطهير (Blanco et al., 2021)، تم تطوير البروتوكول في المرحلة الثانية بتمديد فترة التعرض إلى 2.5 سـاعة مع رفع مسـتوى الرطوبة النسـبية إلى ما يتجاوز 90% أدى إلى تحسـن ملحوظ في فعالية التطهير، محققاً نسبة تطهير تصل إلى 99.98% للفيروسات و99.998% للبكتيريا. وتتوافق هذه النتائج مع الدراسات السابقة التي أكدت على أهمية تطوير تقنيات تطهير فعالة للحد من انتقال العدوى عبر الأسطح (Cheng et al., 2022; NEA 2023).

3.10.2. فعالية تطبيقات عملية التطهير: تكتسب نتائج هذه الدراسة أهمية خاصة في سياق تطوير بروتوكولات تطهير فعالة لوسائل النقل، حيث تقدم حلاً عملياً يتميز بالكفاءة العالية والقابلية للتطبيق على نطاق واسـع، حيث وتتوافق هذه النتائج مع الاتجاه العالمي نحو تطوير تقنيات تطهير مبتكرة وفعالة (Kumar et al., 2021; Hamzavi et al., 2020) لمواجهة تحديات التلوث الميكروبي في وسـائل النقل العام.

11.2. تقييم جودة أنظمة تكييف الهواء في الحافلات:

1.11.2. تقييم التلوث الميكروبي في الحافلات: تمثل أنظمة تكييف الهواء في وسـائل النقل العام مصـدراً مهماً للتلوث الميكروبي، حيث تكشـف الدراسـات أن تركيزات الهباء الجوي الحيوي في الحافلات تتراوح عموماً بين 10^2 - 10^4 مسـتعمرات في المتر المكعب (Jo and Lee, 2005; Li et al., 2013; Nowakowicz-Dębek et al., 2017)، كما أظهرت القياسـات في هذه الدراسـة أن تركيزات البكتيريا والفطريات المحمولة داخل كبائن الحافلات قبل صـيانة نظام التكييف بلغت 4.3×10^2 مسـتعمرة بكتيرية وعدد 2.4×10^2 مسـتعمرة فطرية في المتر المكعب.

1.11.2. فعالية طرق تطهير أنظمة التكييف: أُجريت دراسة في أحد المدن الرئيسية في وسط بولندا، يزيد عدد سكانها عن 500 ألف نسمة، لتقييم التلوث الميكروبي للهواء داخل الحافلات البلدية المجهزة بأنظمة تكييف الهواء، حيث استخدمت طريقتين في هذه الدراسة، في الطريقة الأولى تم تعقيم أنظمة التكييف باستخدام مادة كيميائية تحتوي على بروبان-2-أول propan-2-ol (الكحول الإيزوبروبيلي Isopropyl alcohol)، إذ أظهرت النتائج انخفاضًا في تركيزات البكتيريا والفطريات بنسبة 67% بعد التعقيم. أما الطرقة الثانية، فقد تم تعقيم أنظمة التكييف فيها باستخدام الأوزون، فقد أسفر استخدام الأوزون عن انخفاض بنسبة 66% في تركيزات البكتيريا، بينما كان انخفاض الفطريات أقل بكثير، حيث بلغت النسبة 25% (Gołofit-Szymczak et al., 2019).

12.2. النظافة الشخصية ودورها في الحد من انتشار العدوى في وسائل النقل: تكتسب النظافة الشخصية أهمية بالغة في السيطرة على انتشار الميكروبات في وسائل النقل العام. وقد أظهرت الدراسات في المجال الصحي أن الأيدي البشرية الملوثة تمثل الوسيلة الرئيسية لنقل الجراثيم إلى الأسطح غير الحية (Chowdhury et al., 2008; Suleyman et al., 2018). وحتى في البيئات الطبية المنضبطة، لوحظ أن مستويات الامتثال لنظافة الأيدي وتنظيف الأسطح لا تصل إلى المستويات المطلوبة (Carling et al., 2008; Clancy et al., 2021).

1.12.2. معدلات الالتزام بالنظافة الشخصية: كشفت الدراسات الاستقصائية عن تفاوت كبير في معدلات الالتزام بالنظافة الشخصية بين مختلف الفئات السكانية. ففي المملكة المتحدة، أظهرت الدراسات الذاتية أن 61% فقط من السكان يغسلون أيديهم بعد استخدام المرحاض (Lawson et al., 2021). وفي ألمانيا، أشارت الدراسات إلى أن نسبة النساء اللواتي يغسلن أيديهن "تقريباً دائماً" في المرافق العامة تصل إلى 30.8%، بينما تنخفض هذه النسبة إلى 20.3% بين الرجال (Mardiko et al., 2020).

2.10.2 **تأثير النظافة الشخصية على الصحة العامة:** أثبتت الدراسات العلمية أن الالتزام الجيد بنظافة الأيدي يمكن أن يقلل من خطر انتقال الأمراض المعدية المعوية بنسبة تتراوح بين 23% و48% (Cairncross et al., 2010; Freeman et al., 2014). وقد شهدت معدلات الالتزام بالنظافة الشخصية تحسناً ملحوظاً خلال جائحة كوفيد-19، حيث أظهرت دراسة في عام 2020 أن حوالي 85% من البالغين في الولايات المتحدة أصبحوا يمارسون غسل الأيدي أو استخدام المعقمات بشكل متكرر بعد لمس الأسطح العامة، مع ملاحظة أن هذه النسبة تنخفض إلى 72.4% بين الفئة العمرية 18-24 عاماً (Czeisler et al., 2020).

2.10.3 **استدامة السلوكيات الصحية:** مع ذلك، أشارت دراسات أخرى إلى أن الالتزام العالي بنظافة الأيدي الذي صاحب الجائحة قد يتراجع مع مرور الوقت وانخفاض مستوى القلق من العدوى بفيروس SARS-CoV-2. (Makhni et al., 2021)، حي أن هذا النمط السلوكي يؤكد الحاجة إلى تطوير استراتيجيات مستدامة لتعزيز النظافة الشخصية في وسائل النقل العام، خاصة في ظل انخفاض معدلات الالتزام بالممارسات الصحية السليمة.

وفي ضوء هذه المعطيات، يتضح أن تحسين مستويات النظافة في وسائل النقل العام يتطلب مقاربة شاملة تجمع بين التقنيات الحديثة للتطهير وتعزيز الممارسات الصحية الشخصية. كما يبرز دور التوعية المستمرة وتطوير البنية التحتية الداعمة للنظافة الشخصية في المرافق العامة كعناصر أساسية في استراتيجية مكافحة انتشار العدوى في وسائل النقل العام.

13.2. الدراسات الحديثة في مجال تطهير وسائل نقل الحجاج: أظهرت الدراسات المتخصصة في موسم حج 2023 تنوعاً ميكروبياً ملحوظاً في وسائل نقل الحجاج. فقد تم رصد مجموعة متنوعة من البكتيريا، حيث تم تحديد المكورات العنقودية Staphylococcus sp والمكورات الدقيقة Micrococcus sp، والعصويات Bacillus sp ، والبكتيريا القولونية Escherichia coli وبكتيريا Pseudomonas sp. كما شملت العزلات الميكروبية مجموعة من الفطريات، منها فطر Aspergillus sp ، وفطر Alternaria sp وفطر Cladosporium sp وفطر Penicillium sp. كما أثبتت الدراسات فعالية استخدام مركب Polyhexamethylene biguanide hydrochloride في تطهير أنظمة التكييف، حيث حقق نسبة خفض في المحتوى الميكروبي تتراوح بين 75% و90%. وفي سياق متصل، أظهرت معالجة الأسطح بجزيئات النانو من ثاني أكسيد التيتانيوم (Titanium Dioxide Nanoparticles) كفاءة عالية في مكافحة الميكروبات، محققة نسبة انخفاض تصل إلى 88% مقارنة بالأسطح غير المعالجة (مشاط، واخرون، 2023).

4. تحليل نتائج الدراسات السابقة

أوضحت مراجعة الدراسات السابقة عن تباين ملحوظ في مستويات التلوث الميكروبي في وسائل النقل العام، حيث توثق الدراسات الميدانية مستويات متفاوتة من التلوث على الأسطح والهواء الداخلي، فقد تراوح المحتوى الميكروبي في الحافلات الأوروبية من صفر إلى 209 وحدة مستعمرة لكل سنتيمتر مربع على الأسطح غير المعالجة، بمتوسط 13.4 ± 29.6 وحدة مستعمرة، وفي سياق حافلات الحج،

أظهرت الدراسات عن وجود تنوع ميكروبي ملحوظ شمل عدة أنواع من البكتيريا مثل Staphylococcus sp., Micrococcus sp., Bacillus sp., Escherichia coli, Pseudomonas sp.، إضافة إلى مجموعة متنوعة من الفطريات مثل. Aspergillus sp., Alternaria sp., Cladosporium sp., Penicillium sp .

وفيما يتعلق بالتلوث في المدن الأخرى، أظهرت الدراسات في وسط لندن متوسطاً للعبء الميكروبي يبلغ 12 مستعمرة لكل سنتيمتر مربع على الأسطح كثيرة اللمس، في حين سجلت محطات السكك الحديدية البريطانية مستويات مرتفعة تصل ما بين 10^7 - 10^8 مستعمرة في المناطق المهملة، وأوضحت دراسات في بنغلاديش عن حمل ميكروبي يصل إلى 3×10^5 وحدة مستعمرة لكل سنتيمتر مربع على الدرابزينات غير المنظفة.

وبالنسبة لجودة الهواء الداخلي، تراوحت تركيزات الهباء الجوي الحيوي في الحافلات ما بين 10^2 - 10^4 مستعمرة في المتر المكعب، مع تسجيل 4.3×10^2 مستعمرة بكتيرية وعدد 2.4×10^2 مستعمرة فطرية في المتر المكعب قبل صيانة أنظمة التكييف، كذلك قد أثبتت الدراسات الحديثة فعالية متفاوتة لمختلف تقنيات التطهير من أبرزها تقنية التحفيز الضوئي كحل واعد، محققة نسبة خفض نسبية بلغت 50.7%، كما أظهرت معالجة الأسطح بجزيئات النانو من ثاني أكسيد التيتانيوم كفاءة عالية في مكافحة الميكروبات بنسبة تصل إلى 88%.

وفي سياق تقنية الأوزون، أظهرت التجارب الميدانية أن تحسين ظروف التطبيق عبر زيادة مدة التعرض إلى 2.5 ساعة ورفع الرطوبة النسبية فوق 90% أدى إلى خفض المحتوى الميكروبي بنسبة 99.98% للفيروسات و99.998% للبكتيريا، متفوقة بشكل كبير على نتائج التعرض القصير (15 دقيقة) الذي حقق خفضاً بنسبة 89% للفيروسات و75% للبكتيريا."

وفي مجال المطهرات الصديقة للبيئة، حقق مركب PHMB نسبة خفض تتراوح بين نسبة 75% ونسبة90% في هواء الحافلات، في حين حقق حمض الهيبوكلوريك (HOCl) في صورة رذاذ خفضاً بنسبة 75%. كما أظهرت معالجة الأسطح بجزيئات النانو من ثاني أكسيد التيتانيوم كفاءة عالية في مكافحة الميكروبات، كما أوضحت الدراسات عن أهمية العوامل البيئية والتقنية في تحديد كفاءة عمليات التطهير، حيث تبرز الرطوبة النسبية (أفضل النتائج عند >90%) ومدة التعرض كعوامل حاسمة في تحسين فعالية التطهير. كما تؤكد النتائج على أهمية اختيار التركيزات المناسبة للمواد المطهرة (13-18 جزء في المليون للأوزون) وطريقة تطبيقها في تقنيات مختلفة مثل الرذاذ، والضباب، والطلاء.

وتقود هذه النتائج إلى ضرورة تبني استراتيجية تطهير متكاملة تجمع بين التقنيات المختلفة، مع التركيز على استخدام التحفيز الضوئي كتقنية أساسية طويلة المدى، ودعمها بالتطهير الدوري باستخدام الأوزون، والتطهير اليومي باستخدام المطهرات الصديقة للبيئة. كما تؤكد على أهمية تطبيق نظام شامل للمراقبة وتقييم كفاءة التطهير لضمان فعالية الإجراءات المتبعة في حماية صحة الحجاج، حيث أن تحسين النظافة في وسائل نقل الحجاج يمثل مسؤولية مشتركة تتطلب تضافر جهود مشغلي وسائل النقل والمستخدمين، ومع التطور المستمر في تقنيات المكافحة الميكروبية، يمكن توقع تحسينات ملموسة في مستويات النظافة والسلامة الصحية في وسائل النقل العام، مما سيساهم في تعزيز صحة وسلامة الحجاج وتحسين تجربتهم في أداء مناسك الحج.

4. استراتيجيات بروتوكول تنظيف وتطهير حافلات الحجاج

تشكل منظومة نقل الحجاج بحافلات النقل العام ركيزة أساسية في منظومة الخدمات المقدمة لضيوف الرحمن. وقد كشفت دراسة حديثة للمواد الجينية في أنظمة النقل العام عن وجود أكثر من ألف نوع من الكائنات الدقيقة، نصفها غير معروف سابقاً (Ehrenberg, 2015)، حيث قدم فريق دولي من الباحثين دراسة شاملة تضمنت تحليل 4,728 عينة ميتاجينومية من أنظمة النقل الجماعي في ستين مدينة على مدار ثلاث سنوات (Danko et al., 2021)، حيث تشير الدراسات الحديثة إلى أن البيئة الداخلية للحافلات تمثل نظاماً بيئياً معقداً للميكروبات، إذ سجلت القياسات الميدانية تركيزات بكتيرية وفطرية تتراوح بين 10^2 إلى 10^4 وحدة مستعمرة في المتر المكعب (Jo and Lee, 2008)، مع وجود علاقة وثيقة بين مستويات التلوث الميكروبي وكثافة استخدام الحافلات (Li et al., 2013).

1.4. الاستراتيجية التقنية:

1.1.4. استراتيجية التطهير المتقدم: تعتمد استراتيجية التطهير المتقدم على مجموعة متكاملة من التقنيات الحديثة، أبرزها:

(1) تكنولوجيا التحفيز الضـوئي: تمثل هذه التقنية تطوراً نوعياً في مجال التطهير، حيث أظهرت التجارب المخبرية فعاليتها في خفض تعداد البكتيريا بنسبة تتجاوز 99.99% (log reduction >4) في الظروف القياسية (Kalb et al., 2022). وتتميز هذه التقنية بقدرتها على العمل في الظروف الجافة دون الحاجة لوسيط مائي، إضافة إلى خاصية التطهير الذاتي المستمر (Felgenträger et al., 2014).

(2) تقنية الأوزون: أثبتت الدراسات الميدانية فعالية استخدام الأوزون في تطهير الحافلات، حيث حقق بروتوكول التطهير المثالي خفضاً في الحمل الميكروبي بنسبة 99.98% للفيروسات ونسبة 99.9% للبكتيريا، متفوقة بشكل كبير على نتائج التعرض القصير (15 دقيقة) الذي حقق خفضاً بنسبة 89% للفيروسات ونسبة 75% للبكتيريا ، مع وجود علاقة إيجابية بين فعالية التطهير ومدة التعرض والرطوبة النسبية في بيئة التطبيق (Neves et al., 2023).

(3) أنظمة التطهير المتكاملة: تؤكد الدراسات الحديثة أن الجمع بين عدة تقنيات تطهير يحقق نتائج أفضل، فقد أظهرت الدراسة التي أجريت في إحدى مدن بولندا أن استخدام مزيج من المطهرات الكيميائية والأوزون حقق خفضاً في الحمل الميكروبي بنسبة تصل إلى 67% للبكتيريا والفطريات معاً. كما أن تطبيق تقنية التحفيز الضوئي مع المطهرات التقليدية يوفر حماية مستمرة للأسطح المعالجة (Gołofit-Szymczak et al., 2019).

2.1.4. استراتيجية المواد المستخدمة:

(1) المطهرات الصديقة للبيئة: في ضوء المخاوف المتزايدة من الآثار الجانبية للمطهرات التقليدية، أظهرت الدراسات فعالية المطهرات الخضراء مثل Polyhexamethylene biguanide hydrochloride (PHMB) في تقليل المحتوى الميكروبي. وقد سجلت التجارب الميدانية انخفاضاً في المحتوى الميكروبي بنسبة تتراوح بين 75% إلى 90% عند استخدام هذه المركبات في شكل رذاذ أو ضباب (مشاط وآخرون، 2023).

(2) الطلاءات المضادة للميكروبات: تتنوع التقنيات المستخدمة في الطلاءات المضادة للميكروبات لتشمل:

(أ) طلاءات البوليمر المتقدمة: تم تطوير طلاءات معقدة التركيب مثل parylene-c وpoly-dimethyl siloxane التي أثبتت فعالية عالية في مقاومة الميكروبات (Mariello et al., 2019).

(ب) الطلاءات المعدنية المتخصصة: أظهرت الدراسات فعالية مجموعة متنوعة من المركبات المعدنية، خاصة بيريثيون الزنك (Pittol et al., 2017) وأكسيد الزنك (Martinaga Pintarić et al., 2020) وثاني أكسيد التيتانيوم (Nakano et al., 2013).

2.4. الاستراتيجية التشغيلية:

1.2.4. استراتيجية التجهيز قبل موسم الحج

(1) تشغيل المغسلة المركزية: يتطلب التجهيز المثالي للحافلات قبل موسم الحج تطبيق نظام تنظيف وتطهير متعدد المراحل يشمل:

(أ) التنظيف الأولي:

- إزالة الأتربة والملوثات الصلبة باستخدام أنظمة الشفط عالية الكفاءة.
- تطبيق المنظفات المتخصصة باستخدام معدات الرش الآلي.
- شطف الأسطح باستخدام أنظمة الضغط العالي.

(ب) التطهير الأساسي:

- تطبيق المطهرات الصديقة للبيئة باستخدام تقنية الرش الكهروستاتيكي.
- معالجة الأسطح عالية التلامس بالطلاءات المضادة للميكروبات.
- تطهير أنظمة التكييف باستخدام تقنيات الضباب الحراري.

(2) منظومة تطهير أنظمة التكييف: تشكل أنظمة التكييف تحدياً خاصاً نظراً لدورها في نقل وتوزيع الملوثات الميكروبية. فقد أظهرت دراسة Luksamijarulkul وزملائه أن الصيانة غير المناسبة لأنظمة التكييف تعزز تكاثر الميكروبات وتلوث الهواء في المركبات. لذلك، تتضمن استراتيجية تطهير أنظمة التكييف:

(أ) التنظيف الميكانيكي:

- تفكيك وتنظيف المرشحات والمبخرات
- إزالة الأوساخ والغبار من قنوات التهوية

- معالجة أسطح التبادل الحراري

(ب) التطهير الكيميائي: استناداً إلى نتائج الباحث Gołofit-Szymczak وزملائه في عام 2019، يتم تطبيق:

- تعقيم المرشحات باستخدام PHMB بتركيزات محددة.
- تطهير القنوات باستخدام تقنية الضباب البارد.
- معالجة الأسطح الداخلية بمواد مضادة للميكروبات.

2.2.4. استراتيجية التنظيف اليومي:

(3) **منظومة الفِرق المتنقلة:** تعتمد استراتيجية التنظيف اليومي على فرق متخصصة تستخدم تقنيات سريعة وفعالة:

(أ) التنظيف السريع:

- تطبيق بروتوكول تنظيف منهجي يبدأ من الأعلى إلى الأسفل.
- استخدام معدات محمولة للرش الكهروستاتيكي.
- تطهير مناطق التلامس المتكرر باستخدام مطهرات سريعة المفعول.

(ب) المراقبة والتوثيق: استناداً إلى توصيات نتائج دراسة مشاط وآخرون (2023)على أن يتم:

- استخدام أجهزة قياس ATP لتقييم مستويات التلوث.
- توثيق إجراءات التنظيف والتطهير.
- متابعة مؤشرات الأداء الرئيسية.

(4) **دعم السائقين في النظافة الدورية:** تطوير نظام متكامل لدعم السائقين في الحفاظ على نظافة الحافلات يشمل:

(أ) التدريب والتأهيل:

- برامج تدريبية على إجراءات التنظيف الأساسية.
- التوعية بأهمية النظافة والتطهير المستمر.
- التدريب على استخدام المطهرات الصديقة للبيئة.

(ب)المعدات والمستلزمات:

- توفير حقائب مجهزة بمواد التنظيف والتطهير.
- تزويد السائقين بمعدات الوقاية الشخصية.
- توفير أدوات قياس ومراقبة النظافة.

3.2.4. استراتيجية التنظيف النهائي بعد موسم الحج: استناداً إلى نتائج الدراسات الميدانية، ينبغي تطوير نظام متكامل للتطهير النهائي الحافلات بعد موسم الحج:

(1) **التنظيف العميق:** يعتمد النظام على التوصيات التي أثبتت فعاليتها في دراسة Neves وزملائه (2023):

- تطبيق برنامج تطهير باستخدام الأوزون بتركيز 13-18 جزء في المليون.
- رفع الرطوبة النسبية فوق 90% لتحسين كفاءة التطهير.
- تمديد فترة التعرض إلى 2.5 ساعة للحصول على أفضل النتائج.

(2) المعالجة المستدامة للأسطح: وفقاً لنتائج دراسة مشاط وآخرون (2023):

- تطبيق طبقة جديدة من طلاء نانو ثاني أكسيد التيتانيوم .
- معالجة المقاعد والأسطح الداخلية بمواد مضادة للميكروبات طويلة الأمد.
- تطبيق تقنية التحفيز الضوئي على الأسطح عالية التلامس.

3.4. استراتيجية ضمان الجودة

1.3.4. نظام المراقبة والقياس:

(1) مؤشرات الأداء الرئيسية: تم تطوير نظام متكامل لقياس فعالية عمليات التنظيف والتطهير يشمل:

(أ) القياسات الميكروبية: استناداً إلى المعايير العالمية المعتمدة في دراسة Kalb وزملائه (2022):

- قياس المستعمرات البكتيرية (CFU/cm²).
- تحليل مستويات الفطريات.
- مراقبة المؤشرات الحيوية المتخصصة.

(ب) القياسات الكيميائية:

- استخدام تقنية ATP لقياس النشاط الحيوي على الأسطح.
- قياس تركيز المطهرات المتبقية.
- مراقبة مستويات الأوزون في الهواء.

(2) آليات التحقق والفحص: تم تطوير نظام تحقق متعدد المستويات يشمل:

(أ) الفحص البصري:

- تقييم نظافة الأسطح الظاهرة.
- فحص فعالية الطلاءات المضادة للميكروبات.
- مراقبة حالة المعدات وأنظمة التكييف.

(ب) الفحص المخبري: وفقاً للبروتوكولات المعتمدة في دراسة Gołofit-Szymczak وزملائه (2019):

- أخذ عينات دورية من الأسطح والهواء.
- إجراء اختبارات ميكروبيولوجية متخصصة.
- تحليل فعالية المطهرات المستخدمة.

1.3.4. استراتيجية التحسين المستمر: تعتمد استراتيجية التحسين المستمر على منهجية علمية متكاملة لقياس وتحليل الأداء وتطوير الإجراءات. فقد أظهرت دراسة Neves وزملائه (2023) أهمية التوثيق المنهجي لنتائج الفحوصات الميكروبية وتحليل مستويات التلوث قبل وبعد التطهير، إضافة إلى دراسة فعالية التقنيات المختلفة في ظروف التشغيل الواقعية. كما يشمل التحليل تقييم الكفاءة التشغيلية من حيث الوقت المستغرق في عمليات التطهير واستهلاك المواد والموارد، مع إجراء تحليل شامل للتكلفة مقابل الفعالية.

وقد أكدت دراسة مشاط وآخرون (2023) أهمية التطوير المستمر للبروتوكولات بناءً على نتائج التحليل، مع التركيز على تحسين كفاءة الإجراءات وتحديث معايير الجودة وفقاً للمستجدات. ويتطلب ذلك تطويراً مستمراً للقدرات من خلال تحديث برامج التدريب وإدخال التقنيات الجديدة وتحسين أساليب المراقبة والتوثيق.

4.4. استراتيجية إدارة الموارد البشرية

1.4.4. استراتيجية التدريب والتأهيل: تشكل استراتيجية التدريب والتأهيل محوراً أساسياً في نجاح عمليات التنظيف والتطهير. وتتضمن المنظومة التدريبية الشاملة برامج متخصصة للعاملين تغطي أساسيات التنظيف والتطهير، واستخدام المعدات والتقنيات الحديثة، وإجراءات السلامة والوقاية. كما تشمل تدريباً متخصصاً على استخدام تقنيات التحفيز الضوئي وتشغيل أنظمة الأوزون وتطبيق طرق التطهير المتقدمة.

ويحظى السائقين باهتمام خاص ضمن هذه الاستراتيجية، حيث يتم تدريبهم على إجراءات التنظيف اليومي واستخدام المطهرات الصديقة للبيئة والتعامل مع الحالات الطارئة وفقاً لأفضل الممارسات العالمية. ويتضمن التدريب جانباً عملياً مكثفاً لضمان إتقان المهارات المطلوبة وتطبيقها بكفاءة في ظروف العمل الفعلية.

2.4.4. استراتيجية السلامة المهنية: تمثل استراتيجية السلامة المهنية ركناً أساسياً في منظومة تطهير حافلات الحجاج، حيث تعتمد على تطبيق معايير صارمة تضمن سلامة العاملين مع الحفاظ على كفاءة العمليات. وقد أثبتت الدراسات الميدانية أن التعامل مع المطهرات وتقنيات التعقيم المتقدمة يتطلب إجراءات وقائية محددة لتجنب المخاطر المحتملة.

فيما يتعلق بمعايير السلامة، يركز البروتوكول على تطبيق نظام شامل للوقاية يتضمن التحكم في مستويات التعرض للمواد الكيميائية وتقنيات التطهير المختلفة. وقد أشارت دراسة Neves وزملائه (2023) إلى أهمية مراقبة مستويات الأوزون وضمان التهوية المناسبة عند استخدام تقنيات التطهير الغازية، مع تحديد فترات الأمان اللازمة قبل السماح بدخول العاملين إلى الحافلات المعالجة.

5.4. استراتيجية الاستدامة

تمثل الاستدامة محوراً رئيسياً في البروتوكول المقترح، حيث تتكامل الاعتبارات البيئية مع متطلبات الكفاءة التشغيلية. وقد أكدت دراسة Kalb وزملائه (2022) على أهمية اختيار التقنيات والمواد الصديقة للبيئة، مع التركيز على تقليل الآثار البيئية لعمليات التطهير.

في مجال الاستدامة البيئية، يتبنى البروتوكول نظاماً متكاملاً لإدارة النفايات وترشيد استهلاك المياه. كما يعتمد على استخدام المطهرات الخضراء مثل Polyhexamethylene biguanide hydrochloride التي أثبتت فعاليتها في خفض المحتوى الميكروبي مع الحفاظ على السلامة البيئية (مشاط وآخرون، 2023).

وفيما يتعلق بالاستدامة التشغيلية، يركز البروتوكول على تحسين كفاءة استخدام الموارد وتقليل التكاليف التشغيلية. وقد أظهرت التجارب الميدانية أن استخدام تقنيات التحفيز الضوئي والطلاءات المضادة للميكروبات يوفر حماية طويلة المدى مع تقليل الحاجة إلى عمليات التطهير المتكررة.

5. الخلاصة

خلُصت الدراسة إلى نتائج بارزة ذات دلالة علمية وتطبيقية في مجال تطهير وتعقيم حافلات الحجاج، حيث تتجلى أهميتها في ظل التوسع غير المسبوق الذي تشهده منظومة نقل الحجاج في المملكة العربية السعودية، والتي تجاوزت سعتها التشغيلية سبعة وعشرين ألف حافلة في موسم حج 1445هـ. وقد أوضحت التجارب الميدانية والدراسات التحليلية إلى نتائج جوهرية في مجال مكافحة التلوث الميكروبي، حيث أثبتت تقنية التحفيز الضوئي كفاءتها العالية في خفض المحتوى الميكروبي بنسبة وصلت إلى 88%. وفي سياق متصل، تفوقت تقنية الأوزون في الظروف التشغيلية المثلى محققةً نسبة خفض استثنائية بلغت 99.9% للبكتيريا والفيروسات. كما أظهرت المطهرات الصديقة للبيئة، وفي مقدمتها مركب Polyhexamethylene biguanide hydrochloride، فعالية ملموسة في تقليص المحتوى الميكروبي بنسب تراوحت بين نسبة 75% ونسبة90%.

وقد أظهرت النتائج أن التغلب على هذه التحديات يتطلب تطبيق نظام متعدد المستويات للتطهير، يجمع بين المعالجة السريعة للأسطح عالية التلامس والتطهير العميق الدوري باستخدام تقنيات متكاملة تستهدف مختلف أنواع الملوثات الميكروبية. وقد يتطلب التطوير المستقبلي للبروتوكول العمل على ثلاثة محاور رئيسية متكاملة:

المحور الأول: التطوير التقني من خلال تحسين كفاءة التقنيات المستخدمة وتطوير طلاءات ذكية تجمع بين خصائص التحفيز الضوئي ومقاومة الميكروبات.

المحور الثاني: تحسين الأداء التشغيلي عبر تطوير أنظمة آلية للتطهير وتحسين توزيع فرق العمل.

المحور الثالث: تعزيز الاستدامة من خلال تطوير مطهرات خضراء وتحسين كفاءة استخدام الموارد.

كما أبرزت الدراسة الحاجة الملحة لإنشاء وحدة متخصصة تتولى إدارة عمليات التطهير، مدعومةً بمنظومة تدريبية متكاملة للعاملين والسائقين، مع تعزيز آليات التنسيق بين مختلف الجهات المعنية، لذلك تؤكد الدراسة أن نجاح منظومة تطهير حافلات الحجاج يستند إلى التكامل المدروس بين التقنيات المتقدمة والإجراءات التشغيلية المنظمة، مع التركيز على التطوير المستمر والتقييم الدوري للأداء، واعتماد أفضل الممارسات العالمية في مجال التطهير البيئي. ويأتي هذا كله في إطار السعي الحثيث لتحقيق أعلى معايير السلامة الصحية لضيوف الرحمن، بما يليق بمكانة المملكة العربية السعودية ودورها الريادي في خدمة الحرمين الشريفين وقاصديهما.

6.التوصيات

في ضوء النتائج المستخلصة من الدراسات والتجارب الميدانية، وانطلاقاً من الحاجة الملحة لتطوير منظومة تطهير حافلات الحجاج وفق أعلى المعايير العالمية، وبما يتوافق مع رؤية المملكة 2030 في تطوير خدمات الحج والعمرة، تقدم الدراسة مجموعة من التوصيات الاستراتيجية المتكاملة، والتي تتمحور حول ثلاثة مسارات رئيسية:

(1) التوصيات التنظيمية والمؤسسية:

- إنشاء وحدة متخصصة لإدارة عمليات تطهير حافلات الحج والعمرة.
- تطوير نظام متكامل للمراقبة والتوثيق وقياس مؤشرات الأداء.

- تعزيز التنسيق بين الجهات المشغلة والرقابية والبحثية.
- وضع معايير واشتراطات صحية ملزمة لشركات النقل.

(2) التوصيات التقنية والتشغيلية:

(أ) تطبيق نظام متعدد المستويات للتطهير يشمل:

- التطهير الشامل قبل بداية موسم الحج.
- التطهير اليومي السريع بين الرحلات.
- التطهير العميق الدوري باستخدام تقنيات متكاملة.

(ب) استخدام التقنيات المتقدمة في التطهير:

- تطبيق تقنية التحفيز الضوئي للحماية طويلة المدى.
- استخدام الأوزون للتطهير الشامل الدوري.
- توظيف المطهرات الصديقة للبيئة للتطهير اليومي.

(3) توصيات التطوير المهني والتدريب:

- تطوير وتنفيذ برامج تدريبية متخصصة للعاملين والسائقين.
- إعداد أدلة إرشادية وبروتوكولات تشغيلية موحدة.
- تأسيس نظام لاعتماد وترخيص العاملين في مجال التطهير.
- تطوير برامج توعوية للحجاج حول الممارسات الصحية السليمة.

(4) توصيات البحث والتطوير:

- إجراء دراسات تقييمية مستمرة لفعالية تقنيات التطهير.
- تطوير طلاءات ذكية تجمع بين التحفيز الضوئي ومقاومة الميكروبات.
- ابتكار حلول تقنية لتحديات التطهير في ظروف التشغيل المكثف.
- دراسة الآثار طويلة المدى للتقنيات المستخدمة على البيئة والصحة.

(5) توصيات الاستدامة وكفاءة الموارد:

- تطوير واستخدام مطهرات صديقة للبيئة.
- تحسين كفاءة استهلاك المواد والموارد في عمليات التطهير.
- تطبيق نظم إعادة تدوير المياه في مراكز غسيل الحافلات.
- اعتماد تقنيات موفرة للطاقة في عمليات التطهير.

(6) توصيات المتابعة والتقييم:

- تطوير نظام متكامل لمراقبة جودة التطهير.
- إجراء فحوصات دورية للتلوث الميكروبي.
- توثيق وتحليل مؤشرات الأداء الرئيسية.
- إعداد تقارير دورية عن فعالية إجراءات التطهير.

ختاماً، فإن نجاح منظومة تطهير حافلات الحجاج يعتمد على التكامل بين التقنيات المتقدمة والإجراءات التشغيلية المنظمة، مع الحرص على التطوير المستمر والتقييم الدوري للأداء، بما يضمن تحقيق أعلى معايير السلامة الصحية لضيوف الرحمن خلال تنقلاتهم في موسم الحج.

المراجع

المراجع العربية:

- مشاط، بسام حسين.، العبد الجبار، عبد الرحمن عبد العزيز.، الزهراني، محمد سمري. (1445هـ). استخدام تكنولوجيا التحفيز الضوئي والمطهرات الصديقة للبيئة في تقليل المحتوى الميكروبي في بيئة الحافلات العامة خلال موسم حج 2023. ملتقى أبحاث الحج والعمرة الثالث والعشرون، جامعة ام القرى.
- نقابة العامة للسيارات، الموقع الالكتروني https://www.naqaba.com.sa/About
- وكالة الأنباء السعودية (1445هـ - أ). استعداداً لموسم الحج.. أكثر من سبعة وعشرون ألف حافلة حديثة لنقل ضيوف الرحمن. (متاح على الرابط: https://sabq.org/saudia/79xhaym8rg).
- وكالة الأنباء السعودية (1445هـ - ب). أربعة عشر موقعًا لخدمات الأجرة العامة في مكة خلال موسم الحج. (متاح على الرابط: https://sabq.org/saudia/om2fju5288).

المراجع الإنجليزية:

- Afshinnekoo, E., Meydan, C., Chowdhury, S., Jaroudi, D., Boyer, C., Bernstein, N., Maritz, J.M., Reeves, D., Gandara, J., Chhangawala, S. (2015). Geospatial resolution of human and bacterial diversity with city-scale metagenomics. Cell Syst,1, 72–87 .
- Aydogan, A. and Gurol, M.D. (2006). Application of gaseous ozone for inactivation of Bacillus subtilis spores. Journal of Air and Waste Management Association, 56(2), 179-185.
- Bäumler, W., Eckl, D., Holzmann, T. and Schneider-Brachert, W. (2021). Antimicrobial coatings for environmental surfaces in hospitals: A potential new pillar for prevention strategies in hygiene. Crit. Rev. Microbiol, 1–35.
- Bieser, A, and Tiller, J. (2011). Mechanistic considerations on contact-active antimicrobial surfaces with controlled functional group densities. Macromol. Biosci, 11, 526–534.
- Blanco, A., Ojembarrena, F., Clavo, B. and Negro, C. (2021). Ozone potential to fight against SAR-COV-2 pandemic: facts and research needs', Environmental Science and Pollution Research, 28(13), 16517-16531.
- Cairncross, S., Hunt, C., Boisson, S., Bostoen, K., Curtis, V., Fung, I.C.H. and Schmidt, W. (2010). Water, sanitation and hygiene for the prevention of diarrhoea. Int. J. Epidemiol, 39, i193–i205.
- Carling, P., Parry, M., Rupp, M., Po, J., Dick, B., Von Beheren, S., Group.(2008). Improving cleaning of the environment surrounding patients in 36 acute care hospitals. Infect. Control Hosp. Epidemiol, 29, 1035–1041.
- Cheng, P., Luo, K., Xiao, S., Yang, H., Hang, J., Ou, C., Cowling, B.J., Yen, H.L., Hui, D.S., Hu, S. and Li, Y. (2022). Predominant airborne transmission and insignificant fomite transmission of SARS-CoV-2 in a two-bus COVID-19 outbreak originating from the same pre-symptomatic index case', Journal of Hazardous Materials, 425, p. 128051.
- Chowdhury, D., Tahir, S., Legge, M., Hu, H., Prvan, T., Johani, K., Whiteley, G.S., Glasbey, T.O., Deva, A.K., Vickery, K. (2018). Transfer of dry surface biofilm in the healthcare environment: The role of healthcare workers' hands as vehicles. J. Hosp. Infect., 100, 85–90.
- Chowdhury, T., Mahmud, A., Barua, A., Khalil, M.D.I., Chowdhury, R., Ahamed, F., Dhar, K. (2016). Bacterial contamination on hand touch surfaces of public buses in Chittagong city, Bangladesh. J. Environ. Sci. Toxicol. Food Technol, 10, 48–55.
- Clancy, C., Delungahawatta, T. and Dunne, C. (2021). Hand hygiene-related clinical trials reported between 2014 and 2020: A comprehensive systematic review. J. Hosp. Infect, 111, 6–26.
- Correa-Martinez, C.L., Tönnies, H., Froböse, N.J., Mellmann, A. and Kampmeier, S. (2020). Transmission of vancomycin-resistant enterococci in the hospital setting: Uncovering the patient-environment interplay. Microorganisms, 8, 203- 213.
- Costello, C. (2022). Are "Bad" Microbes Getting a Free Ride on Your Transit System? Available online: https://www.metro-magazine.com/10111889/are-bad-microbes-getting-a-free-ride-on-your-transit-system.
- Czeisler, M.É., Garcia-Williams, A.G., Molinari, N.-A., Gharpure, R., Li, Y., Barrett, C., Robbins, R., Facer-Childs, E., Barger, L. and Czeisler, C. (2020.). Demographic Characteristics, Experiences, and Beliefs Associated with Hand Hygiene Among

Adults During the COVID-19 Pandemic—United States, June 24–30, Morb. Mortal. Wkly. Rep. 2020, 69, 1485.
- Dancer, S.(2004). How do we assess hospital cleaning? A proposal for microbiological standards for surface hygiene in hospitals. J. Hosp. Infect., 56, 10–15.
- Danko, D., Bezdan, D., Afshin, E.E., Ahsanuddin, S., Bhattacharya, C., Butler, D.J., Chng, K.R., Donnellan, D., Hecht, J., Jackson, K.(2021). A global metagenomic map of urban microbiomes and antimicrobial resistance. Cell, 184, 3376–3393.
- Dhand, R. and Li, J.(2020). Coughs and sneezes: Their role in transmission of respiratory viral infections, including SARS-CoV-2. Am. J. Respir. Crit. Care Med., 202, 651–659.
- Druvari, D., Koromilas, N.D., Lainioti, G.C., Bokias, G., Vasilopoulos, G., Vantarakis, A., Baras, I., Dourala, N. and Kallitsis, J.(2016). Polymeric quaternary ammonium-containing coatings with potential dual contact-based and release-based antimicrobial activity. ACS Appl. Mater. Interfaces., 8, 35593–35605.
- Ehrenberg, R.(2015). Urban microbes come out of the shadows. Nat. News, 522, 399.
- Eichner, A., Holzmann, T., Eckl, D.B., Zeman, F., Koller, M., Huber, M., Pemmerl, S., Schneider-Brachert, W. and Bäumler, W.(2020). Novel photodynamic coating reduces the bioburden on near-patient surfaces thereby reducing the risk for onward pathogen transmission: A field study in two hospitals. J. Hosp. Infect., 104, 85–91.
- Fay, F., Linossier, I., Langlois, V., Vallee-Rehel, K., Krasko, M.Y., Domb, A.J.(2007). Protecting biodegradable coatings releasing antimicrobial agents. J. Appl. Polym. Sci., 106, 3768–3777.
- Felgenträger, A., Maisch, T., Späth, A., Schröder, J.A. and Bäumler, W.(2014). Singlet oxygen generation in porphyrin-doped polymeric surface coating enables antimicrobial effects on Staphylococcus aureus. Phys. Chem. Chem. Phys., 16, 20598–20607.
- Fisher, L., Ostovapour, S., Kelly, P., Whitehead, K.A., Cooke, K., Storgårds, E., Verran, J. (2014). Molybdenum doped titanium dioxide photocatalytic coatings for use as hygienic surfaces: The effect of soiling on antimicrobial activity. Biofouling., 30, 911–919.
- Freeman, M.C., Stocks, M.E., Cumming, O., Jeandron, A., Higgins, J.P.T., Wolf, J., Prüss-Ustün, A., Bonjour, S., Hunter, P.R., Fewtrell, L.(2014). Systematic review: Hygiene and health: Systematic review of handwashing practices worldwide and update of health effects. Trop. Med. Int. Health, 19, 906–916.
- Gołofit-Szymczak, M., Stobnicka-Kupiec, A., Górny, R.L., Cyprowski, M., and Ławniczek-Wałczyk, A. (2019). Microbial Air Quality in Municipal Buses Before and After Disinfection of their Air-Conditioning Systems. Journal of Ecological Engineering, 20(10), 189–194 .
- Green, L.R., Selman, C.A., Radke, V., Ripley, D., Mack, J.C., Reimann, D.W., Stigger, T., Motsinger, M. and Bushnell, L.(2006). Food worker hand washing practices: An observation study. J. Food Prot., 69, 2417–2423.
- Hamzavi, I., Lyons, A., Kohli, I., Narla, S., Parks-Miller, A., Gelfand, J., Lim, H. and Ozog, D. (2020). Ultraviolet germicidal irradiation: possible method for respirator disinfection to facilitate reuse during the COVID-19 pandemic. Journal of the American Academy of Dermatology., 82(6), 1511-1512.
- Hernández, A., Vargas-Robles, D., Alcaraz, L., Peimbert, M.(2020). Station and train surface microbiomes of Mexico City's metro (subway/underground). Sci. Rep., 10, 8798.
- ISO 21702:2019-05. (2019.) Measurement of Antiviral Activity on Plastics and Other Non-Porous Surfaces. International Organization for Standardization: Geneva, Switzerland.
- ISO 22196:2011-08. (2011). Measurement of Antibacterial Activity on Plastics and Other Non-Porous Surfaces. International Organization for Standardization: Geneva, Switzerland.
- Jo, W. and Lee, J. (2005). Exposure to airborne fungi and bacteria while commuting in passenger cars and public buses. Atmospheric Environment, 39, 7342–7350.
- Kanamori, H., Rutala, W., Weber, D. (2017). The role of patient care items as a fomite in healthcare-associated outbreaks and infection prevention. Clin. Infect. Dis., 65, 1412–1419.

- Kang, K., Ni, Y., Li, J., Imamovic, L., Sarkar, C., Kobler, M.D., Heshiki, Y., Zheng, T., Kumari, S. and Wong, J. (2018). The environmental exposures and inner-and intercity traffic flows of the metro system may contribute to the skin microbiome and resistome. Cell Rep., 24, 1190–1202.
- Knobling, B., Franke, G., Klupp, E.M., Belmar Campos, C. and Knobloch, J. (2021). Evaluation of the effectiveness of two automated room decontamination devices under real-life conditions. Frontiers in Public Health, 9, 618263.
- Kramer, A. and Assadian, O.(2014). Survival of microorganisms on inanimate surfaces. In Use of Biocidal Surfaces for Reduction of Healthcare Acquired Infections; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany., 7–26.
- Kumar, A., Sagdeo, A. and Sagdeo, P.R. (2021). Possibility of using ultraviolet radiation for disinfecting the novel COVID-19', Photodiagnosis and Photodynamic Therapy, 34, 102234.
- Lawson, A., Vaganay-Miller, M. and Cameron, R. (2021). An Investigation of the General Population's Self-Reported Hand Hygiene Behaviour and Compliance in a Cross-European Setting. Int. J. Environ. Res. Public Health, 18, 2402.
- Lee, J., Bong, C., Bae, P.K., Abafogi, A.T., Baek, S.H., Shin, Y.B., Bak, M.S. and Park, S. (2021). Fast and easy disinfection of coronavirus-contaminated face masks using ozone gas produced by a dielectric barrier discharge plasma generator. Environmental Science and Technology Letters, 8(4), 339-344.
- Li, J.L., Mingzhen, S., Fangxia, Z.Z., Yao, M., and Wu, C.Y. (2013). Characterization of biological aerosol exposure risks from automobile air conditioning systems. Environmental Science and Technology, 47, 10660–10666.
- Li, R., Jin, T.Z., Liu, Z., Liu, L. (2018). Antimicrobial double-layer coating prepared from pure or doped-titanium dioxide and binders. Coatings, 8, 41.
- Lutz, J. (2011). Methicillin-Resistant Staphylococcus aureus on Public Transportation Vehicles: Sampler Performance, Prevalence, and Epidemiology. Ph.D. Thesis, The Ohio State University, Columbus, OH, USA.
- Makhni, S., Umscheid, C.A., Soo, J., Chu, V., Bartlett, A., Landon, E., Marrs, R. (2021). Hand Hygiene Compliance Rate During the COVID-19 Pandemic. JAMA Intern. Med., 181, 1006–1008.
- Mardiko, A.A. and von Lengerke, T. (2020). When, how, and how long do adults in Germany self-reportedly wash their hands? Compliance indices based on handwashing frequency, technique, and duration from a cross-sectional representative survey. Int. J. Hyg. Environ. Health, 230, 113590.
- Mariello, M., Guido, F., Mastronardi, V.M., Giannuzzi, R., Algieri, L., Qualteri, A., Maffezzoli, A. and De Vittorio, M. (2019). Reliability of Protective Coatings for Flexible Piezoelectric Transducers in Aqueous Environments. Micromachines, 10, 739.
- Martinaga Pintarić, L., Somogi Škoc, M., Ljoljić Bilić, V., Pokrovac, I., Kosalec, I., Rezić, I. (2020). Synthesis, modification and characterization of antimicrobial textile surface containing ZnO nanoparticles. Polymers, 12, 1210.
- Michels, H., Noyce, J. and Keevil, C. (2009). Effects of temperature and humidity on the efficacy of methicillin-resistant Staphylococcus aureus challenged antimicrobial materials containing silver and copper. Lett. Appl. Microbiol., 49, 191–195.
- Mohamed, Z. and Barbara, R. (2021). Inactivation of microbes by ozone in the food industry: a review. African Journal of Food Science., 15(3), 113-120.
- Nakano, R., Hara, M., Ishiguro, H., Yao, Y., Ochiai, T., Nakata, K., Murakami, T., Kajioka, J., Sunada, K., Hashimoto, K. (2013). Broad spectrum microbicidal activity of photocatalysis by TiO2. Catalysts, 3, 310–323.
- National Environment Agency (NEA) (n.d.) List of household disinfectants and self-disinfecting surface coating products against COVID-19 virus. Available at: https://www.nea.gov.sg/our-services/public-cleanliness/environmental-cleaning-guidelines/guidelines/list-of-household-products-and-active-ingredients-for-disinfection-of-covid-19 (Accessed: 15 March 2023).
- Neves, E.S., Ng, C.T., Pek, H.B., Goh, V.S.L., Mohamed, R., Osman, S., Ng, Y.K., Kadir, S.A., Nazeem, M., She, A. and Sim, G. (2023). Field trial assessing the antimicrobial decontamination efficacy of gaseous ozone in a public bus setting. Science of the Total Environment, 876, 162704.

- Nowakowicz-Dębek, B., Pawlak, H., Wlazło, Ł., Maksym, P., and Kapica, J. (2017). Evaluating bioaerosol exposure among bus drivers in the public transport sector. Journal of Occupational and Environmental Hygiene, 14(11), D169–D172.
- Olsen, S.M., Pedersen, L.T., Laursen, M.H., Kiil, S., Dam-Johansen, K.(2007). Enzyme-based antifouling coatings: A review. Biofouling, 23, 369–383.
- Otter, J. and French, G.(2009). Bacterial contamination on touch surfaces in the public transport system and in public areas of a hospital in London. Lett. Appl. Microbiol., 49, 803–805 .
- Patel, K.V., Bailey, C.L., Harding, A., Biggin, M., Crook, B. (2018). Background levels of micro-organisms in the busy urban environment of transport hubs. J. Appl. Microbiol., 125, 1541–1551.
- Pekovic, D. and Kacimi, H. (2015). Efficacy of ozone gas against mumps virus under experimental environment conditions. EC Microbiology, 1, 184-189.
- Pittol, M., Tomacheski, D., Simões, D., Ribeiro, V. and Santana, R. (2017). Antimicrobial performance of thermoplastic elastomers containing zinc pyrithione and silver nanoparticles. Mater. Res., 20, 1266–1273.
- Scuri, S., Petrelli, F., Grappasonni, I., Idemudia, L., Marchetti, F. and Di Nicola, C. (2019). Evaluation of the antimicrobial activity of novel composite plastics containing two silver (I) additives, acyl pyrazolonate and acyl pyrazolone. Acta Bio Med. Atenei Parm., 90, 370.
- Shaban, R.., Sotomayor-Castillo, C.., Malik, J. and Li, C. (2020). Global commercial passenger airlines and travel health information regarding infection control and the prevention of infectious disease: What's in a website? Travel Med. Infect. Dis., 33, 101528.
- Suleyman, G., Alangaden, G., Bardossy, A. (2018). The role of environmental contamination in the transmission of nosocomial pathogens and healthcare-associated infections. Curr. Infect. Dis. Rep., 20, 12 – 22.
- Thukkaram, M., Vaidulych, M., Kylián, O., Rigole, P., Aliakbarshirazi, S., Asadian, M., Nikiforov, A., Biederman, H., Coenye, T. and Du Laing, G. (2021). Biological activity and antimicrobial property of Cu/aC: H nanocomposites and nanolayered coatings on titanium substrates. Mater. Sci. Eng. C, 119, 111513.
- Triadó-Margarit, X., Veillette, M., Duchaine, C., Talbot, M., Amato, F., Minguillón, M.C., Martins, V., de Miguel, E., Casamayor, E.O., Moreno, T. (2017). Bioaerosols in the Barcelona subway system. Indoor Air, 27, 564–575.
- Tseng, C. and Li, C. (2008). Inactivation of surface viruses by gaseous ozone. Journal of Environmental Health, 70(10), 56-62.
- Turner, N., Sharma-Kuinkel, B., Maskarinec, S., Eichenberger, E., Shah, P., Carugati, M., Holland, T. and Fowler, V. (2019). Methicillin-resistant Staphylococcus aureus: An overview of basic and clinical research. Nat. Rev. Microbiol., 17, 203–218.
- Van Doremalen, N., Bushmaker, T., Morris, D., Holbrook, M., Gamble, A., Williamson, B., Tamin, A., Harcourt, J., Thornburg, N. and Gerber, S. (2020). Aerosol and surface stability of SARS-CoV-2 as compared with SARS-CoV-1. N. Engl. J. Med., 382, 1564–1567.
- Varghese, S., Elfakhri, S., Sheel, D., Sheel, P., Bolton, F. and Foster, H. (2013). Novel antibacterial silver-silica surface coatings prepared by chemical vapour deposition for infection control. J. Appl. Microbiol., 115, 1107–1116.
- Wang, K., Song, S., Jung, S., Hwang, J., Kim, M., Kim, J., Sung, J., Lee, J. and Kim, Y. (2020). Lifetime and diffusion distance of singlet oxygen in air under everyday atmospheric conditions. Phys. Chem. Chem. Phys., 22, 21664–21671.
- White, L., Dancer, S., Robertson, C. and McDonald, J. (2008). Are hygiene standards useful in assessing infection risk? Am. J. Infect. Control, 36, 381–384.
- Yebra, D.M., Kiil, S. and Dam-Johansen, K. (2004). Antifouling technology—Past, present and future steps towards efficient and environmentally friendly antifouling coatings. Prog. Org. Coat., 50, 75–104.

محور النظم والتقنيات الحديثة في النقل وإدارة الحشود

تفعيل تقنيات الذكاء الاصطناعي لنقل ذوي الإعاقة (الترام أنموذجًا)

إيمان حسين الباسطي*[1]، مودة عبد العزيز بليلة[2]

كلية التجارة- جامعة المنصورة*[1]، كلية إدارة الأعمال- جامعة عفت[2]

Activating Artificial Intelligence Technologies for Transporting People with Disabilities: Tram System as a Model

Eman Hussain Albasti*[1], Mawaddah Abdulaziz Balilah[2]

[1]*Faculty of Commerce- Mansoura University, [2]College of Business Administration - Effat University

*Corresponding author: E-mail (Maw13adah@gmail.com)

الملخص

يهدف البحث إلى تفعيل دور التقنيات المعاصرة لتحسين وسائل النقل لذوي الإعاقة ضمن برنامج إدارة الحشود؛ بما يعكس التطور الذي تشهده المملكة العربية السعودية وتفعيلًا لرؤيتها 2030 والغاية إثراء تجربة ضيوف الرحمن؛ كما يسهم البحث في تقديم خدمة تفاعلية لتسهيل نقل زوار بيت الله الحرام من فئة ذوي الإعاقة من خلال تصميم نموذج أولي لنظام "الترام" ودمج الذكاء الاصطناعي، لجعل وسائل النقل العامة أكثر شمولية واستدامة واستجابة لاحتياجات ذوي الإعاقة. تبنى هذا البحث سلسلة من المحاور الرئيسة، هي: دور التقنيات المعاصرة والذكاء الاصطناعي في تحسين وسائل النقل لذوي الإعاقة ضمن برنامج إدارة الحشود في منظومة الحج والعمرة، الصعوبات التي تواجه تفعيل التقنيات المعاصرة، الذكاء الاصطناعي في نقل الأشخاص ذوي الإعاقة، طرح نموذج أولي لتصميم نظام ترام يتوافق مع احتياجات ذوي الإعاقة؛ واستخدم البحث المنهج الوصفي التحليلي. وأُعِدَّت استبانة لغرض جمع البيانات الأولية من عينة الدراسة. ونظرًا لعدم توافر معلومات موثقة عن حجم مجتمع الدراسة، فإن عينة الدراسة تتبع نوع العينات غير الاحتمالية، حيث تم اختيار العينة الغرضية لجمع البيانات التي تسهم في تحقيق أهداف الدراسة. وزعت الاستبانة إلى أفراد العينة المستهدفة بالدراسة داخل ساحات الحرم المكي الشريف؛ وتمكن الباحثون من الحصول على استجابات بلغ عددها (90) استجابة لتسعين فردًا من ذوي الإعاقة، وتمت معالجة تلك البيانات باستخدام برنامج التحليل الإحصائي SPSS. أظهرت النتائج أن غالبية عينة الدراسة من ذوي الإعاقة الحركية هم من الذكور، وأكدت ضرورة استخدام نظام الترام في المستقبل. كما أوضحت الدراسة الحواجز الفيزيائية والسلوكية التي تواجه ذوي الإعاقة في وسائل النقل العامة. وأوصى البحث بعدد من التوصيات، أهمها: ضرورة تطوير وتحسين النموذج المقترح (نظام ترام) المدعوم بالتقنيات المعاصرة، وفقًا لحاجة ذوي الإعاقة لضمان كفاءة وفعالية برنامج إدارة الحشود.

الكلمات الدالة: الذكاء الاصطناعي، إدارة الحشود، ذوو الإعاقة، نظام ترام.

Abstract

This research addresses how crowd management can enhance public transportation for individuals with disabilities through a tram system, aligning with the advancements in the Kingdom of Saudi Arabia and supporting Vision 2030 to enrich the experience of pilgrims. It focuses on the role of contemporary technologies and artificial intelligence in this context, the challenges of implementing these technologies, and proposes a prototype tram system tailored to the needs of individuals with disabilities. In addition to employing a descriptive-analytical research methodology. This study commenced with the development and design of a questionnaire to collect primary data from a study sample. Due to the

lack of reliable information regarding the population size, the study relied on non-probability samples. Specifically, a purposive sample was selected to gather data to achieve the study's objectives. The questionnaire was distributed to the targeted sample members within the courtyards of the Grand Mosque in Mecca. Researchers recieved responses from (90) individuals with disabilities. and data was processed using SPSS statistical analysis program. A key recommendation of the study is to refine the tram system by leveraging modern technologies to better serve individuals with disabilities and enhance the efficiency of crowd management programs.

1. المقدمة

تتضافر جهود المملكة العربية السعودية لتقديم خدمات شاملة ومتكاملة لذوي الإعاقة في المشاعر المقدسة، وذلك لضمان راحتهم وسلامتهم. تشمل هذه الجهود المباركة تطوير البنية التحتية لتحسين المرافق العامة وجعلها مناسبة وسهلة الوصول لذوي الإعاقة، بالإضافة إلى توفير التجهيزات المساعدة باستخدام تقنيات حديثة تسهل الحركة والتنقل. كما يتم تدريب الفرق المتخصصة لتأهيل العاملين لتقديم الدعم المناسب وتلبية احتياجات ذوي الإعاقة. وتستمر المملكة في استحداث وابتكار وسائل جديدة لتحسين تجربة النقل لذوي الإعاقة. ومن بين الأفكار المبتكرة التي يمكن أن تعزز هذه الخدمات استخدام نظام النقل "الترام"، وتوظيف التقنيات المعاصرة والذكاء الاصطناعي حيث تعتبر هذه الوسيلة تحولًا نوعيًا مميزًا، إذ تسهم في تسهيل حركة ذوي الإعاقة بين مواقع المشاعر المقدسة، كما يمكن تصميمها لتكون مهيأة لتلبية كامل متطلبات ذوي الإعاقة لضمان سرعة وسلامة الوصول. قدمت دراسة (Scott and Jill (2017 وصفًا كاملًا للحواجز التي تواجه الأفراد ذوو الإعاقة عند استخدام وسائل النقل العامة والخدمات المكملة للنقل داخل المركبات. تم توزيع استبانة عبر الإنترنت ونشرها بين جهات الاتصال في الشبكة الوطنية لمراكزADA ، وقد استجاب 4161 فردًا. وأوضحت نتائج الدراسة الحواجز الكبيرة التي تواجه الأشخاص ذوي الإعاقة الذين يستخدمون وسائل النقل العامة والخدمات المكملة، وتتمثل الحواجز في هذه الأنظمة في طبيعتها الفيزيائية والسلوكية. وأوصت الدراسة بإجراء تعديلات على البيئة المادية الفيزيائية وتوفير فرص تعليمية لتقليل المواقف السلبية تجاه الأفراد ذوي الإعاقة.

وهدفت دراسة (Dinah and Anil 2020) إلى تقييم إمكانية وصول الأشخاص ذوي الإعاقة إلى خدمات الترام في مدينة ملبورن، مع التركيز على تحقيق العدالة في الوصول من خلال استخدام الترام ذات الأرضية المنخفضة ومنصات الترام المرتفعة. تم استخدام أساليب حساب المعامل الجيني ومنحنى لورنز لتقدير الوصول الحالي للسكان ذوي الإعاقة إلى خدمات الترام، ومقارنة الجغرافيا الخاصة بخدمات الترام الكلية والميسرة مع الجغرافيا الخاصة بالسكان الكليين والسكان ذوي الإعاقة. أظهرت نتائج الدراسة وجود عدم مساواة في الوصول إلى خدمات الترام الميسرة للأشخاص ذوي الإعاقة في ملبورن (معامل جيني = 0.66). وأوصت الدراسة بضرورة استخدام النتائج كمرجع لاستثمارات نظام الترام في المستقبل، وزيادة الوعي بشأن هذه القضية، وتشجيع التخطيط والتنمية المستدامة للنقل العام بشكل شامل في السياقات المحلية والعالمية. ركزت دراسة JINUK (2020) إلى استكشاف إمكانية أن تصبح المركبات الذاتية القيادة (AVs) خيارًا قابلًا للتطبيق لتحسين التنقل للأشخاص ذوي الإعاقة، مع التركيز على الإعاقات الفيزيائية وضعف البصر. استخدمت الدراسة منهجيات مختلطة تتضمن مجموعات التركيز والاستبانات لجمع البيانات حول مشكلات التنقل وتصور الأشخاص ذوي الإعاقة بشأن خدمات النقل بالمركبات الذاتية. أظهرت النتائج أن الخدمات الحالية لوسائل النقل العامة والبيئات المبنية لا تزال تسبب مشكلات في التنقل. وأوصت الدراسة بتطوير استراتيجيات مستهدفة من خلال نهج متعدد التخصصات لتحسين تنقل الأشخاص ذوي الإعاقة، حيث إن التكنولوجيا وحدها لن تحل جميع المشكلات المتعلقة بالتنقل.

وهدفت دراسة Agnieszka et al. (2022) إلى مراجعة معايير الوصول إلى محطات الترام بالنسبة لاحتياجات الأشخاص ذوي الإعاقة وتحديد العوائق في تطبيق هذه المعايير في عدد من المدن. أظهرت النتائج أن تنفيذ المعايير من قبل السلطات المحلية تواجه صعوبات عديدة، وقد تؤدي إلى هدر مالي، حيث تتحمل المدن نفقات كبيرة لتكييف المحطات التي لا يمكن للأشخاص ذوي الإعاقة استخدامها بشكل مربح. وأوصت الدراسة بتحسين تنفيذ معايير الوصول وتجاوز العوائق الحالية لضمان تلبية احتياجات الأشخاص ذوي الإعاقة بشكل فعّال، مما يسهم في تحسين تكيف بنية النقل العام.

تتمثل الأهمية النظرية لهذا البحث في سد الفجوة البحثية وتوسيع المعرفة والفهم الأكاديمي وتحسين الإطار النظري حول التحديات التي تواجه ذوي الإعاقة الحركية في استخدام وسائل النقل العامة، مما يعزز من توفير قاعدة معرفية تضيف إلى الأدبيات العلمية في

مجال إدارة الحشـود، وذلك نظرًا لقلة الدراسـات المطروحة في هذا المجال مما يمكّن الباحثين البناء على نتائج هذه الدراسـة في دراسـات مسـتقبلية. أما فيما يتعلق بالأهمية التطبيقية للبحث فهي تكمن في تقديم تصـميم شـامل لنموذج (الترام) المبني على قياسـات ومعايير عالمية مع دمج التقنيات المعاصـرة والذكاء الاصـطناعي، لجَعْلِها وسـيلة نقل أكثر كفاءة واسـتجابة لاحتياجات المسـتخدمين من ذوي الإعاقة.

على الرغم من التطور الكبير في مجال تقنيات النقل الحديثة، لا يزال الأشـخاص من ذوي الإعاقة يواجهون العديد من التحديات التي تحول دون تنقلهم بسـهولة، خصـوصًـا في أنظمة النقل العام. تأتي هذه التحديات نتيجة نقص البنية التحتية الملائمة والافتقار إلى دمج التكنولوجيا المعاصرة مثل الذكاء الاصطناعي في هذه الأنظمة؛ تتمثل مشكلة الدراسة في الحاجة الملحة لتطوير نظام النقل العام (الترام) ليكوم أكثر كفاءة وراحة لذوي الإعاقة. وتتميز الدراسة الحالية في توفيرها حلًا حديثًا ومبتكرًا بتقديم حلول فعالة لتحسين تجربة التنقل لذوي الإعاقة، من خلال تصـميم نموذج أولي لنظام "الترام" ودمج تقنيات الذكاء الاصـطناعي المعاصـرة، لجعل وسـائل النقل العامة أكثر شـمولية واسـتدامة واسـتجابة لاحتياجات الأشـخاص ذوي الإعاقة وذلك ضـمن إدارة الحشـود في منظومة الحج والعمرة، بالإضـافة إلى تقديم خدمات دعم فورية لتلبية متطلباتهم كما يمكن للذكاء الاصطناعي أن يلعب دورًا محوريًا في تحسين تجربة النقل العام للأشخاص ذوي الإعاقة، وتنظيم حركة الترام بما يتناسب مع احتياجاتهم، وتحسين جودة حياتهم.

أهداف الدراسة:

تسـعى هذه الدراسـة إلى تفعيل تقنيات الذكاء الاصـطناعي المعاصـرة لتحسـين وسـائل نقل ذوي الإعاقة ضـمن برنامج إدارة الحشـود في منظومة الحج والعمرة.

وينبثق من هذا الهدف الرئيس الأهداف الفرعية الآتية:

- اكتشـاف الصـعوبات التي تواجه تفعيل تقنيات الذكاء الاصـطناعي المعاصـرة في نقل الأشـخاص ذوي الإعاقة (نظام الترام أنموذجًا) في منظومة الحج والعمرة.
- اقتراح النموذج الأمثل لتصميم نظام ترام يتماشى مع احتياجات ذوي الإعاقة ويسهم في تسهيل تنقلاتهم.

2. منهجية وطرق البحث

اسـتندت الدراسـة إلى المنهج الوصـفي التحليلي، حيث تم تصـميم اسـتبانة لغرض جمع البيانات الأولية من عينة الدراسـة، تضـمنت مجموعة من الفقرات الموجهة إلى عينة من ذوي الإعاقة الحركية في مختلف الشرائح العمرية وذلك لتسليط الضوء على اتجاهات العينة حول تفعيل تقنيات الذكاء الاصطناعي المعاصرة في نقل الأشخاص ذوي الإعاقة (نظام الترام أنموذجًا).

مجتمع الدراسة:

يتمثل مجتمع البحث في الدراسة الحالية بذوي الإعاقة الحركية الذين يأتون إلى الحرم لأداء المناسك أو الصلوات بشكل متكرر، وهم في حاجة لتوافر وسـائل نقل تنقلهم من أماكن الإقامة إلى الحرم وبالعكس. ويعد مجتمع البحث في هذه الدراسـة غير معلوم العدد حيث لا تتوفر معلومات رسمية تحدد حجم مجتمع الدراسة. ولذلك تم اختيار أسلوب العينة الغرضية لتمثيل هذا المجتمع.

عينة الدراسة:

نظرًا لعدم توفر معلومات موثقة عن حجم مجتمع الدراسـة، فإن عينة الدراسـة تتبع نوع العينات غير الاحتمالية، حيث تم اختيار العينة الغرضـية لجمع البيانات التي تسـهم في تحقيق أهداف الدراسـة. تم توزيع اسـتبانة جمع البيانات إلكترونيًا إلى أفراد العينة المسـتهدفة بالدراسـة داخل سـاحات الحرم المكي في مدينة مكة المكرمة حيث تمكنت الباحثة من الحصـول على اسـتجابات من عدد 90 فردًا من ذوي الإعاقة.

خصائص عينة الدراسة:

أظهرت النتائج توصـيف عينة الدراسـة من ذوي الإعاقة الحركية تبعًا للخصـائص الديموغرافية، حيث تظهر النتائج أن توصـيف عينة الدراسـة تبعًا للجنس، يبين أن غالبية أفراد العينة المشاركين في الدراسـة من الذكور حيث يشـكلون نسـبة 61.1%، في حين تشـكل الإناث نسـبة 38.9؛ كما بينت نتائج توصيف العينة تبعًا للفئة العمرية، أن الغالبية وبنسـبة 42.2% أعمارهم تنحصر في الفئتين العمرية 20 إلى أقل من 30 سـنة أما توصـيف العينة فكان حسـب المؤهل التعليمي. وكشـفت النتائج أن حملة البكالوريوس يمثلون 48.9% ويليهم حملة الدبلوم العالي ويمثلون 17.9%.

أداة الدراسة:

استخدمت الباحثتان الاستبانة أداةً لجمع بيانات الدراسة، وتمت معالجة تلك البيانات باستخدام برنامج التحليل الإحصائي SPSS، حيث تم صياغة العبارات بعد تحديد محاور الاستبانة من خلال مراجعة الإطار النظري ومقاييس الدراسات السابقة. وتكونت الاستبانة من (22) فقرة موزعة على ثلاثة محاور تمثلت في الآتي:

المحور الأول: تضمن هذا المحور 7 فقرات تهدف إلى قياس دور الذكاء في تحسين وسائل النقل لذوي ا لاحتياجات الخاصة القادمين لأداء المناسك وذلك ضمن منظومة إدارة الحشود.

المحور الثاني: يتمثل في متغير الصعوبات التي تواجه تفعيل التقنيات المعاصرة للذكاء الاصطناعي في نقل الأشخاص ذوي الإعاقة (نظام الترام أنموذجًا) في منظومة الحج والعمرة، ويتضمن هذا المحور 9 فقرات.

المحور الثالث: ويتمثل هذا المحور في النموذج الأمثل لتصميم نظام ترام يتماشى مع احتياجات ذوي الإعاقة ويسهم في تنقلاتهم ويتضمن هذا المحور 6 فقرات.

3. النتائج والمناقشة

تهدف الباحثتان في هذا الجزء من تحليل نتائج الدراسة إلى عرض نتائج الإجابة عن الأسئلة البحثية وفي ذات الوقت اختبار فرضيات الدراسة.

نتائج الإجابة عن السؤال الأول:

جدول 1، تصورات عينة الدراسة حول دور تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحسين خدمات نقل ذوي الإعاقة ضمن منظومة إدارة الحشود

رقم		المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	النسبة الموزونة	الترتيب
1	يساعد استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحسين وسائل النقل لذوي الإعاقة ضمن إدارة الحشود	4.52	.66	84%	4
2	يسهم استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في توفير المعلومات لتحسين نقل ذوي الإعاقة ضمن إدارة الحشود	4.58	.58	86%	2
3	يساعد استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي على توفير البدائل المناسبة لاتخاذ القرارات بشأن نقل ذوي الإعاقة ضمن إدارة الحشود	4.53	.67	84%	3
4	يسهم استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي على تخطيط وتحديد الأهداف في تحسين عمليات نقل ذوي الإعاقة ضمن برامج إدارة الحشود	4.39	.76	80%	6
5	يساعد استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في عمليات المتابعة والمراقبة لعمليات نقل ذوي الإعاقة ضمن برامج إدارة الحشود	4.60	.51	87%	1
6	يسهم استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في رسم الاستراتيجيات المناسبة لعمليات نقل ذوي الإعاقة ضمن برامج إدارة الحشود	4.32	.91	77%	7
7	يساعد استخدامتقنيات الذكاء الاصطناعي في نقل ذوي الإعاقة على زيادة درجة الرضا لديهم	4.40	.81	80%	5
	المتوسط الحسابي المرجح العام	4.450	.56	82%	

لتحقيق الهدف الأول: أظهرت النتائج تصورات عينة الدراسة من ذوي الإعاقة حول المحور الأول "دور تقنيات الذكاء الاصطناعي المعاصرة لتحسين وسائل النقل لذوي الإعاقة ضمن إدارة الحشود بمنظومة الحج والعمرة " جدول 1، أن قيمة المتوسط الحسابي المرجح العام بلغت 4.50 بانحراف معياري قدره 0.56. ونستنتج من ذلك أن غالبية أفراد عينة الدراسة يوافقون بشدة على أن هناك دورًا حيويًا وفعالًا للتقنيات المعاصرة التي تتمثل في تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحسين وتطوير وسائل النقل المقدمة للمعتمرين وزوار الأماكن المقدسة. كما كشفت النتائج أن جميع المؤشرات تبين أن أفراد العينة يوافقون بشدة على أن جميع العناصر تشير إلى أهمية تقنيات الذكاء الاصطناعي في تطوير وتحسين خدمات النقل لذوي الإعاقة لأداء المناسك في المشاعر المقدسة والحرمين وخاصة في مواسم الحج والعمرة. ويعزز ذلك قيمة المتوسط الحسابي لتصورات عينة الدراسة حيث بلغت 4.58 بانحراف معياري قدره 0.58 كما نلاحظ من المؤشرات أن نسبة التوافق بين أفراد العينة تبلغ 86%، وهذا يكشف عن مدى أهمية تقنيات الذكاء الاصطناعي في توفير المعلومات التي تحدد أماكن الزحام في أوقات الذروة مما يساعد على تسهيل عمليات إدارة الحشود في الأماكن المقدسة. كما يدل على

أهمية الاستفادة من تقنيات الذكاء الاصطناعي لتوفير المعلومات بالسرعة والدقة المطلوبة. مما سبق، نستخلص أن من أهم فوائد استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود البشرية المساعدة بدرجة عالية جدًا في تسهيل عمليات المتابعة والمراقبة وتوفير المعلومات التي تسهم في تحسين عمليات النقل لذوي الإعاقة، وتوفير البدائل المناسبة لاتخاذ القرارات السليمة. وبناء على ذلك تتوافق الدراسة الحالية مع توصيات دراسة Dinah and Anil (2020) بضرورة استخدام نظام الترام في المستقبل، وزيادة الوعي بشأن هذه القضية، وتشجيع التخطيط والتنمية المستدامة للنقل العام بشكل شامل في السياقات المحلية والعالمية.

جدول 2، تصورات عينة الدراسة حول صعوبات استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحسين خدمات نقل ذوي الإعاقة ضمن منظومة إدارة الحشود

رقم		المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	النسبة الموزونة	الترتيب
1	عدم وجود رؤية واضحة لاستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في نقل الأشخاص ذوي الإعاقة	3.86	.96	62%	7
2	ضعف المستوى التكنولوجي والرقمي للمختصين في منظومة الحج والعمرة.	3.72	1.06	57%	9
3	قلة وعي الموظفين باستخدام تطبيقات الذكاء الاصطناعي في عمليات نقل ذوي الإعاقة	4.07	.83	69%	1
4	عدم توافر البرامج التدريبية الكافية لتأهيل العاملين على استخدام تطبيقات الذكاء الاصطناعي في نقل ذوي الإعاقة	4.06	.94	69%	2
5	التكلفة المالية العالية لنقل ذوي الإعاقة باستخدام تطبيقات الذكاء الاصطناعي	4.03	.89	68%	3
6	ضعف البنية التحتية، وعدم مناسبتها لإدخال تطبيقات الذكاء الاصطناعي في نقل ذوي الإعاقة	3.86	1.01	62%	8
7	ضعف آليات حل المشكلات التي تواجههم في أثناء استخدام تطبيقات الذكاء الاصطناعي في عمليات نقل ذوي الإعاقة	3.97	.88	66%	4
8	ضعف القناعة بأهمية وضرورة استخدام تطبيقات الذكاء الاصطناعي في عمليات نقل ذوي الإعاقة	3.92	.95	64%	6
9	عدم الوعي بالقيم والأخلاقيات البشرية عند استخدام الذكاء الاصطناعي في عمليات نقل ذوي الإعاقة	3.96	.99	65%	5
	المتوسط الحسابي المرجح العام	4.03	.69	68%	

لتحقيق الهدف الثاني: أظهرت النتائج تصورات عينة الدراسة حول المحور الثاني " الصعوبات التي تواجه تفعيل التقنيات المعاصرة للذكاء الاصطناعي في نقل الأشخاص ذوي الإعاقة (نظام الترام انموذجا) في منظومة الحج والعمرة" جدول 2، أن قيمة المتوسط الحسابي المرجح العام بلغت 4.03 بانحراف معياري قدره 0.69. مما سبق، نستنتج أن هناك مؤشرات إيجابية تبين أن هناك صعوبات تواجه تفعيل استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي لتحسين خدمات النقل الخاصة بذوي الإعاقة في المشاعر المقدسة. كما تبين أن من أهم الصعوبات التي تواجه تفعيل استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحسن وتطوير خدمات النقل لذوي الإعاقة تتمثل في قلة وعي الموظفين باستخدام تطبيقات الذكاء الاصطناعي في عمليات النقل، ويعزز ذلك قيمة المتوسط الحسابي التي بلغت 4.07 بانحراف معياري قدره 0.83 ونسبة اتفاق موزونة قدرها 69% بين المشاركين في الدراسة. كما بينت النتائج أن من بين الصعوبات التي تواجه استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحسين خدمات النقل لذوي الإعاقة عدم توفر البرامج التدريبية الكافية لتأهيل العاملين لاستخدام تطبيقات الذكاء الاصطناعي، ويعزز ذلك قيمة المتوسط الحسابي التي بلغت 4.06 بانحراف معياري قدره 0.94 ونسبة اتفاق موزونة قدرها 69%. وفي ذات السياق تعتبر التكلفة المالية العالية لنقل ذوي الإعاقة باستخدام تطبيقات الذكاء الاصطناعي، ويعزز ذلك قيمة المتوسط الحسابي لاستجابات العينة حيث تبلغ قيمته 4.03 بانحراف معياري 0.89 ونسبة اتفاق بين أفراد العينة بلغت 68%. ويلي ذلك في المرتبة الرابعة من الصعوبات ضعف آليات حل المشكلات التي تواجههم في أثناء استخدام تطبيقات الذكاء الاصطناعي في نقل ذوي الإعاقة حيث بلغ المتوسط الحسابي لها 3.97 بانحراف معياري 0.88 ونسبة اتفاق موزونة 66%. كما كشفت النتائج أن ضعف البنية التحتية، وعدم مناسبتها لإدخال تطبيقات الذكاء الاصطناعي في نقل ذوي الإعاقة قد نالت المرتبة قبل الأخيرة من ضمن الصعوبات التي تواجه تفعيل تطبيقات الذكاء الاصطناعي في تحسين خدمات النقل لذوي الاحتياجات الخاصة في المشاعر المقدسة، ويشير إلى ذلك المتوسط الحسابي لاستجابات عينة الدراسة الذي بلغ 3.86 بانحراف معياري 1.01 ونسبة اتفاق موزونة بلغات 62%. في حين نالت الفقرة رقم 2 المرتبة الأخيرة من بين الصعوبات ويعزز ذلك قيمة المتوسط الحسابي لاستجابات المشاركين في الدراسة حيث

بلغت 3.72 بانحراف معياري 1.06 ونسبة اتفاق موزونة بلغت 57%. وبناء على ذلك تتفق الدراسة الحالية مع ما توصلت إليه دراسة Jill and Scott (2017) فيما يخص الحواجز الكبيرة التي تواجه الأشخاص ذوي الإعاقة الذين يستخدمون وسائل النقل العامة والخدمات المكملة، وتتمثل الحواجز في هذه الأنظمة في طبيعتها الفيزيائية والسلوكية. وأوصت الدراسة بإجراء تعديلات على البيئة المادية الفيزيائية، وتوفير فرص تعليمية لتقليل المواقف السلبية تجاه الأفراد ذوي الإعاقة.

جدول 3، تصورات عينة الدراسة حول النموذج الأمثل لتصميم نظام ترام لتحسين نقل ذوي الاحتياجات الخاصة

رقم		المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	النسبة الموزونة	الترتيب
1	من شأن استخدام (التقنيات الحديثة) المساعدة في بناء نظام حديث لنقل ذوي الإعاقة ضمن إدارة الحشود بمنظومة الحج والعمرة	4.58	.52	86%	2
2	تجهيز (المحطات) بما يلزم لمساعدة ذوي الإعاقة يسهم في جعلهم يتكيفون معها ويُحسِّن آليات نقلهم	4.58	.64	86%	3
3	استخدام (الإشارات البصرية) للتنبيه في عمليات نقل ذوي الإعاقة يساعد في بناء نموذج أمثل لترام نقل المعاقين ضمن إدارة الحشود	4.60	.57	87%	1
4	استخدام (الإشارات السمعية) للتنبيه في عمليات نقل ذوي الإعاقة يساعد في بناء نموذج أمثل لترام نقل المعاقين ضمن إدارة الحشود	4.47	.77	82%	6
5	استخدام (التطبيقات الذكية) لتوفير معلومات دقيقة وواضحة حول حركة الترام في عمليات نقل ذوي الإعاقة يساعد في بناء نموذج أمثل لترام	4.51	.79	84%	5
6	تأهيل العاملين بمنظومة الحج والعمرة في مجال نقل ذوي الإعاقة يساعد في إنشاء نموذج أمثل لنظام النقل بالترام	4.57	.64	86%	4
	المتوسط الحسابي المرجح العام	4.55	.53	85%	

لتحقيق الهدف الثالث، أظهرت النتائج حول المحور الثالث "تصورات عينة الدراسة حول "النموذج الأمثل لتصميم نظام ترام يتماشى مع احتياجات ذوي الإعاقة ويسهم في تنقلاتهم" جدول 3، أن قيمة المتوسط الحسابي المرجح العام بلغت 4.55 بانحراف معياري قدره 0.53. ومن ثم، نستنتج أن جميع المؤشرات الواردة تبين أن جميع النماذج تعتبر نماذج صالحة لتصميم نموذج يسهم في تحسين وتطوير خدمات النقل لذوي الإعاقة في المشاعر المقدسة وخاصة في مواسم الذروة. وعند تحليل نتائج الدراسة بالتفصيل نجد أن غالبية أفراد العينة يوافقون بشدة على أن استخدام نظام الإشارات البصرية للتنبيه في عمليات نقل ذوي الإعاقة من شأنه بناء نموذج أمثل لترام نقل المعاقين ضمن إدارة الحشود، يعتبر من أهم وأبرز النماذج التي يمكن أن تستخدم لتحسين خدمات النقل لذوي الإعاقة؛ ويعزز ذلك قيمة المتوسط الحسابي التي بلغت 4.60 بانحراف معياري قدره 0.57 ونسبة اتفاق موزونة قدرها 87%. ويلي ذلك في المرتبة الثانية من الأهمية أن الغالبية يوافقون بشدة على أن استخدام التقنيات المعاصرة يساعد في بناء نظام حديث لنقل ذوي الإعاقة ضمن إدارة الحشود بمنظومة الحج والعمرة، ويشير إلى ذلك قيمة المتوسط الحسابي حيث بلغت 4.58 بانحراف معياري 0.52، كما بلغت نسبة التوافق بين المشاركين في الدراسة 86% وهي نسبة عالية تؤكد مدى أهمية استخدام التقنيات المعاصرة في بناء تقني يسهم في تحسين خدمات نقل ذوي الإعاقة. ومن جهة أخرى، كشفت الدراسة أن غالبية المشاركين في الدراسة يعتقدون بشدة أن استخدام (الإشارات البصرية) للتنبيه في عمليات نقل ذوي الإعاقة يساعد في بناء نموذج أمثل للترام ضمن إدارة الحشود، ويعزز ذلك قيمة المتوسط الحسابي التي بلغت 4.58 بانحراف معياري قدره 0.64 ونسبة اتفاق بلغت 86%. وهذا يعني أن تقنية الإشارات البصرية تسهم في بناء نموذج أمثل لترام نقل المعاقين. وفي سياق ذي صلة، كشفت النتائج أن غالبية أفراد العينة يوافقون بشدة على أن هناك أهمية عالية لتأهيل العاملين بمنظومة الحج والعمرة في مجال نقل ذوي الإعاقة من شأنه قيام نموذج أمثل لنظام الترام، ويدعم ذلك قيمة المتوسط الحسابي التي بلغت 4.57 ونسبة من التوافق بين المشاركين في الدراسة حول أهمية تأهيل العاملين في منظومة الحج والعمرة. أظهرت النتائج اتفاق غالبية المشاركين في الدراسة بشدة على أن من بين النماذج المثلى لبناء نظام النقل بالترام لذوي الإعاقة استخدام (التطبيقات الذكية) لتوفير معلومات واضحة حول حركة الترام في عمليات نقل ذوي الإعاقة والذي من شأنه بناء نموذج أمثل للترام، ويعزز ذلك قيمة المتوسط الحسابي التي بلغت 4.51 بانحراف معياري قدره 0.79 ونسبة اتفاق بين المشاركين بلغت 84%. وأخيرًا، كشفت النتائج أن غالبية أفراد العينة المشاركين في الدراسة يوافقون بشدة على أن استخدام الإشارات السمعية للتنبيه في عمليات نقل ذوي

الإعاقة يساعد في بناء نموذج أمثل لترام نقل المعاقين ضمن إدارة الحشود؛ ويدل على ذلك قيمة المتوسط الحسابي لاستجابات عينة الدراسة التي بلغت 4.47 بانحراف معياري قدره 0.77 ونسبة اتفاق قدرها 82%.

تتفق الدراسة الحالية مع دراسة (Agnieszka et al. (2022 في التوصية بتحسين تنفيذ معايير الوصول وتجاوز العوائق الحالية لضمان تلبية احتياجات الأشخاص ذوي الإعاقة بشكل فعّال، مما يسهم في تحسين تكيف بنية النقل العام. وتميزت الدراسة الحالية عن الدراسات السابقة من خلال تصميم نموذج أولي لنظام "الترام" ودمج تقنيات الذكاء الاصطناعي المعاصرة لجعل وسائل النقل العامة أكثر شمولية واستدامة واستجابة لاحتياجات الأشخاص ذوي الإعاقة وذلك ضمن إدارة الحشود في منظومة الحج والعمرة والإسهام في تسهيل تنقلاتهم.

وفيما يأتي تفصيل لتصور الدراسة (نظام الترام أنموذجًا)

الترام هو وسيلة نقل عامة تستخدم بشكل واسع في المدن الكبرى لنقل الركاب. ويعتمد عمل الترام على مجموعة من العناصر الأساسية؛ وفي العادة، يَستخدم الترام محركات كهربائية لتشغيله، ويتم تزويد المحرك بالطاقة عبر أسلاك علوية. بالإضافة إلى ذلك، يستخدم الديزل كخيار احتياطي للطوارئ لضمان استمرار الخدمة في حالات انقطاع الكهرباء. تعد وسيلة النقل (الترام) خيارًا فعالًا وصديقًا للبيئة في المناطق الحضرية، حيث يعمل بالكهرباء، مما يقلل من الانبعاثات الكربونية الضارة، ويعتبر أيضًا وسيلة سريعة ومريحة لنقل الركاب مع تقليل الأثر البيئي.

ولجعل الترام وسيلة نقل آمنة وأكثر ملاءمة لذوي الإعاقة بحيث تسهم بشكل كبير في تنظيم وإدارة الحشود، لا بد من إعادة تأهيله ليشمل عدة مميزات تساعد في سهولة الاستخدام. سعت هذه الدراسة لتصميم نموذج مقترح يضم التصور الأولي لنظام الترام وتوظيف التكنولوجيا المعاصرة لتقديم خدمات متكاملة ضمن برنامج إدارة الحشود في منظومة الحج والعمرة. من بين هذه الميزات، يتم تصميم العربة بمستوى منخفض ليتناسب مع مستوى الرصيف، مما يسهل عملية الصعود والنزول للعربات، كما يتوفر مزلاج يتيح سهولة دخول وخروج الركاب مع مراعاة المادة المصنعة للمزلاج حتى لا تكون سببًا للانزلاق والإصابة كما في الشكل (1). هذا بالإضافة إلى أبواب الدخول والخروج من وإلى العربة، وأيضًا أبواب خاصة في حالات الطوارئ (الشكل 2). وبناءً على متطلبات النظام المحلي، وعدد الركاب المتوقع، قد يختلف طول عربات الترام بناءً على حجم الحشود المتوقع؛ أيضًا يستخدم الترام أنظمة طاقة مختلفة، مثل البطاريات الحديثة، أو أنظمة الكبح الذكية: تقنية إعادة تدوير الطاقة من خلال أنظمة الكبح التي تحول الطاقة الحركية إلى كهربائية وتخزنها لاستخدامها لاحقًا، مما يزيد من كفاءة الطاقة ويقلل التأثير البيئي والانبعاثات الكربونية الضارة.

تم تصميم نموذج الترام المقترح وفقًا للقياسات العالمية المدروسة بدقة وغير العشوائية، مع الأخذ بعين الاعتبار احتياجات ذوي الإعاقة وراحتهم وأمانهم. حيث توفر الأبعاد المدخلة، مثل الطول الكلي للترام 34م وارتفاعه 3.60 م والعرض الداخلي 2.40 م، بما يضمن توفر بيئة مريحة وآمنة. تتجلى أهمية التصميم المدروس في توفير مساحات كافية تسهل حركة ذوي الإعاقة. فمع وجود مسافة كرسي المعاق 0.95 م، يمكن تخصيص مناطق مخصصة لكراسي المعاقين، مما يضمن سهولة الوصول والراحة. كما أن طول مسافة كرسي المرافقين 0.6 م يوفر مساحة كافية للمرافقين لمساعدة ذوي الإعاقة عند الحاجة. علاوة على ذلك، فإن عرض باب الحافلة 1.9م يسهل عملية الدخول والخروج بكل يسر، مما يقلل من العقبات في أثناء التنقل.

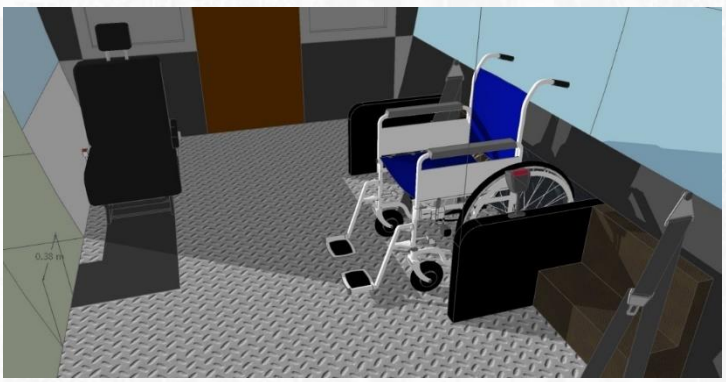
كما يمكن دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي لجعل تجربة النقل لذوي الإعاقة مميزة بشكل أمثل من خلال عدة طرق مبتكرة. فمن خلال تطوير تطبيقات تعتمد على الذكاء الاصطناعي وترتبط بالترام، يمكن توفير معلومات حية حول مواعيد وصول وانطلاق الترام، مما يمكن ذوي الإعاقة أو ذويهم من التخطيط لرحلاتهم بسهولة. كما يمكن أن تتضمن هذه التطبيقات منصات تفاعلية تتيح لهم التواصل مع مشغلي النقل بشكل مباشر لتقديم الشكاوى أو الطلبات، مما يعزز التواصل الفعال والاستجابة السريعة لاحتياجاتهم. أيضًا استخدام الروبوتات المزودة بالذكاء الاصطناعي كمساعدين في المحطات تعتبر إضافة محورية، حيث تساعد ذوي الإعاقة في العثور على المعلومات أو تسهيل الدخول والخروج من الترام. بالإضافة إلى ذلك، يمكن لتقنيات التعرف إلى الصوت أن تساعد ذوي الإعاقة البصرية في الحصول على معلومات حول المحطات القريبة أو الاتجاهات بشكل فوري وسلس، وتقديم إرشادات مباشرة حول كيفية الوصول إلى مقاعدهم أو الخروج من الترام مما يسهل عملية التنقل الفردي. أضف إلى ذلك، يمكن للذكاء الاصطناعي تحليل بيانات الاستخدام لتحديد أوقات الذروة والازدحام، مما يساعد في تحسين الجداول الزمنية وتقليل فترات الانتظار. كما تسهم أنظمة الذكاء الاصطناعي في

مراقبة بيئة المحطة والتأكد من خلوها من العوائق، مما يضـــمن ســـلامة ذوي الإعاقة في أثناء الانتقال من وإلى الترام. كذلك يمكن دمج أنظمة التوجيه الذكية لمساعدة ذوي الإعاقة في التنقل داخل الترام، مع توفير معلومات حول المواقع المتاحة للأماكن المخصصة لهم.

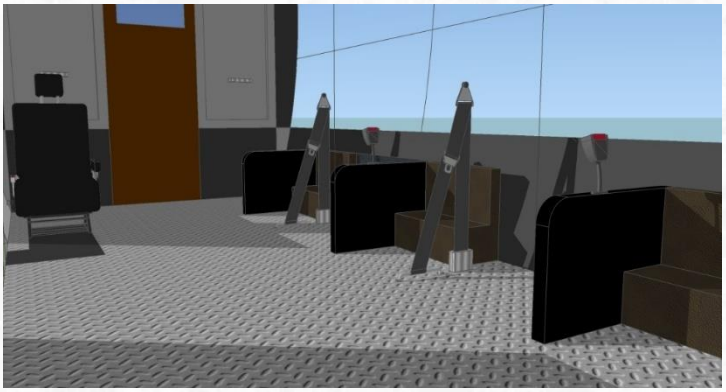
الشكل (1) يوضح العربة من الخارج

الشكل (2) أبواب الترام

ولســـهولة التنقل داخل الترام يجب أن تكون الأرضـــيات غير قابلة للانزلاق لتوفير الأمان للركاب ومرافقيهم. أما بالنســـبة للمقاعد فهي مزودة بحزام أمان حيث يثبت الكرسـي المتحرك فور الصـعود إلى العربة لضـمان السـلامة والأمان الشـكل (3)، كما يوجد مقعد إلكتروني مثبت بذراع متحرك عند باب العربة ينقل الفرد من الخارج الى الداخل والعكس الشكل (4).



الشكل (3) العربة من الداخل



الشكل (4) يوضح مقعدًا ناقلًا مثبتًا بذراع

من النقاط المهمة الأخرى التي يجب مراعاتها هي توفير مساحات كافية لحركة الكراسي المتحركة داخل الترام، بالإضافة الى وضع مقابض مساعدة في أثناء الصعود أو النزول أو الوقوف داخل العربة الشكل (5)، مما يساعد ذوي الإعاقة ومرافقيهم على الانتقال والحركة بكل سهولة ويسر. بالإضافة إلى ذلك، تبث الشاشات المثبتة في أعلى الترام إشارات مرئية وبصرية وسمعية لتوفير معلومات حية وإعلام الركاب بالمحطات القادمة ونقطة الوصول، وأي تغييرات في الخدمة مما يعزز من تجربة المستخدمين، وتظهر الشاشات أيضًا رسائل الطوارئ وما يتعلق بها من تعليمات تساعد الركاب في حالات الطوارئ الحرجة، مما يُعزز من شعورهم بالأمان التام داخل المركبة. ويؤدي الذكاء الاصطناعي دورًا متزايد الأهمية في تحسين تجربة الركاب. الشكل (6). كما يتوفر في نهاية العربة جزء مخصص لوضع كراسيً متحركةٍ لاستخدامها عند الحاجة إليها أو في حالة الطوارئ.

الشكل (5) يوضح مقابض مساعدة داخل العربة

الشكل (6) يوضح شاشة بث المعلومات للركاب

ولضمان سلامة الركاب وفي حالات الطوارئ خاصة يجب تدريب الموظفين على الاستجابة السريعة لمساعدة الركاب عند الحاجة، ويعتمد تدريبهم على نقطتين رئيستين:

1. **خلفية عن التقنية:** يجب أن يكون الموظفون على دراية وافية بكيفية التعامل مع المشكلات التقنية الخاصة بالوسائل المرئية والمسموعة داخل الترام، وكذلك القدرة على التعامل مع المواقف الطارئة المتعلقة بالنقل، مثل حوادث التصادم أو تعطل الترام. هذه المعرفة تساعدهم على اتخاذ قرارات سريعة وصائبة لضمان سلامة الركاب.

2. **خلفية عن الإسعافات الأولية:** يجب أن يتلقى الموظفون تدريبًا في الإسعافات الأولية، مما يمكنهم من تقديم الرعاية الفورية للركاب الذين قد يتعرضون لإصابات أو حالات طبية طارئة في أثناء الرحلة.

وهذا ما يؤكد أهمية التدريب وضرورته لضمان سلامة الجميع، وتعزيز الثقة في نظام النقل (الترام)، مما يمنح الجميع تجربة مريحة وآمنة.

4.الخلاصة

خلصت الدراسة إلى أهمية تعزيز استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي لتحسين تجربة ذوي الإعاقة، خاصة في ظل تزايد أعداد الزوار من ذوي الإعاقة للحرمين الشريفين لأداء المناسك من حج وعمرة طوال العام. وتتفق نتائج دراسة Jill and Scott (2017) مع الدراسة الحالية التي أظهرت وجود العديد من الحواجز التي تواجه ذوي الإعاقة عند استخدام وسائل النقل العامة، مما يتطلب تدخلًا فوريًا وحلًا سريعًا. ويعد نموذج الترام المقترح حلًا جذريًا لمشكلة تنقل ذوي الإعاقة. وينبغي للجهات المعنية تبني سياسات شاملة لتطوير البنية التحتية وتحسين الوصول إلى وسائل النقل، هذا بالإضافة إلى أن تفعيل تقنيات الذكاء الاصطناعي سيسهم بشكل ملحوظ في تحسين عمليات إدارة الحشود ومتابعة نقل ذوي الإعاقة، حيث يوفر معلومات دقيقة وبدائل مناسبة لاتخاذ القرارات المناسبة. ومن الممكن التغلب على الصعوبات التي تواجه مستخدمي الترام من ذوي الإعاقة من خلال إنشاء برنامج تدريبي شامل للموظفين على كيفية التعامل مع ذوي الإعاقة والاستجابة السريعة لحالات الطوارئ، مما يسهم في تعزيز دمج خدمات ذوي الإعاقة في النقل العام، ويحد من حالات التِيه ومعالجة الازدحام وذلك ضمن برنامج إدارة الحشود في مواسم الحج والعمرة. أيضًا يساعد على تعزيز التعاون بين الجهات الحكومية، والقطاع الخاص في الاستثمار في البنية التحتية التكنولوجية المناسبة لتسهيل تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي داخل مركبات الترام، مثل تحسين شبكات الاتصال وأنظمة البيانات. أما بالنسبة لمشكلات وصعوبات استخدام تطبيقات الذكاء الاصطناعي لا بد من إنشاء فرق دعم فني متخصصة لمساعدة الموظفين والمستخدمين من ذوي الإعاقة في مواجهة التحديات التي قد تطرأ عليهم قبل وفي أثناء الاستخدام، مما يسهل حل المشكلات بسرعة وكفاءة عالية.

5. التوصيات والخطوات المستقبلية

1. تطوير وتحسين النموذج المقترح (نظام ترام) المدعوم بالتقنيات المعاصرة، وفقًا لحاجة ذوي الإعاقة لضمان كفاءة وفعالية إدارة الحشود.
2. إنشاء برنامج تدريبي شامل للموظفين لتعليمهم كيفية التعامل مع ذوي الإعاقة والاستجابة السريعة خاصة في حالات الطوارئ.
3. تجهيز فرق لمساعدة ذوي الإعاقة عند كافة المنافذ والمحطات الرئيسة.
4. وضع سير متحرك ومصاعد كهربائية في محطات التجمع لسهولة تنقل ذوي الإعاقة بين الأدوار.
5. على الجهات المعنية تبني سياسات شاملة لتطوير البنية التحتية وتعزيز دمج ذوي الإعاقة في المجتمع واستخدام النقل العام.

المراجع

- العزاوي، رحيم. (2008). القياس والتقويم في العملية التدريسية. عمان، الأردن، دار دجلة. ص. 146.
- نيوفرت، إرنسلت.(2008). عناصر التصميم والإنشاء المعماري. عمان، دار قابس للطباعة والنشر. (ص. 226).
- Bezyak, J. L., Sabella, S. A., & Gattis, R. H. (2017). Public transportation: an investigation of barriers for people with disabilities. Journal of Disability Policy Studies, 28(1), 52-60.
- Hwang, J. (2020). Improving mobility of people with disabilities: The potential of autonomous vehicle transportation service and the role of the built environment (Doctoral dissertation).

- Lope, D. J., & Dolgun, A. (2020). Measuring the inequality of accessible trams in Melbourne. Journal of Transport Geography, 83, 102657.
- Tubis, A., Ratajczak-Szponik, N., Rydlewski, M., & Skupień, E. (2022, September). Identification of barriers to ensuring accessibility standards for tram stops to the needs of people with disabilities. In Scientific and Technical Conference Transport Systems Theory and Practice (pp. 3-21). Cham: Springer International Publishing.

استخدام النمذجة والمحاكاة لتحسين انسيابية الحركة المرورية بنقطة حجز المركبات بطريق جدة - مكة السريع

محمد صديق ياسين*، عبدالله نور الهوساوي

معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة، جامعة أم القرى

Using Modelling and Simulation to Improve Traffic Flow at Vehicle Entry-Control Checkpoint of Jeddah-Makkah Expressway

Mohamed S. Yasein*, Abdullah Alhawsawi

The Custodian of the Two Holy Mosques Institute of Hajj and Umrah Research, Umm Al-Qura University

*Corresponding author: E-mail (myasein@uqu.edu.sa)

الملخص

تتضمن الخطة التشغيلية لنقل ضيوف الرحمن تهيئة مواقف ونقاط حجز لمركبات المعتمرين والحجاج خلال موسمي رمضان والحج. تشمل هذه الخطة تهيئة مواقف حجز السيارات على مداخل مكة المكرمة، لحجز وإيقاف السيارات الصغيرة الخاصة بضيوف الرحمن القادمين إلى مكة المكرمة. ونظرًا للتأثير الكبير لتخطيط الطرق وخطط التشغيل في مواقف حجز السيارات على كفاءة التشغيل بالمواقف، وما ينعكس عنه من انسيابية وأمان وصول ضيوف الرحمن إلى مكة المكرمة، من الضروري دراسة خطط التشغيل وتحديد الإيجابيات والسلبيات وطرق معالجة السلبيات لتحسين الكفاءة.

كدراسة حالة لحركة المركبات في نقاط فرز المعتمرين والحجاج على مداخل العاصمة المقدسة، تركز هذه الورقة البحثية على إجراء نمذجة ومحاكاة لنقطة حجز السيارات على طريق جدة-مكة السريع. يتم إنشاء نموذج لنقطة الحجز هذه، ثم تُجرى محاكاة لآلية تشغيلها لدراسة مجموعة من العوامل المؤثرة في كفاءة التشغيل، ومنها: التأخير الناتج عن وجود نقطة الفرز مقارنةً بحالة حركة المركبات دون وجودها، تأثير توجه معظم المركبات إلى المسارات اليمنى في المحطة، ومقارنة ذلك بالحالة عند تطبيق آلية توزيع متساوٍ للمركبات على جميع المسارات. كذلك، سيتم دراسة التكدس (التأخير) الناتج عن تعطل الحركة في طريق الخروج من المسارات إلى المخرج بسبب تداخل الحركة بين المركبات الخارجة وتلك المتجهة إلى بوابة حجز السيارات، إلى جانب دراسة فاعلية استخدام عدة بوابات بدلاً من بوابة واحدة. أظهرت نتائج المحاكاة أن التخطيط والتشغيل الجيدين يمكن أن يسهما في تعزيز تدفق العمليات، وتحسين استخدام الموارد، وضمان التعامل الفعّال مع التدفق الكبير لضيوف الرحمن إلى مكة المكرمة خلال مواسم الحج والعمرة.

الكلمات الدالة: نقاط حجز المركبات، النمذجة والمحاكاة، الحجاج والمعتمرين.

Abstract

To enhance the experience of pilgrims during the Ramadan and Hajj seasons, a comprehensive operational plan has been developed. This plan includes the establishment of designated parking areas and vehicle entry control checkpoints at the entrances to Makkah Al-Mukarramah. Managed by the Traffic Department, these facilities are designed to accommodate smaller vehicles and ensure a seamless arrival process for pilgrims and Umrah performers. Given the critical role of parking lot planning and operations in optimizing efficiency, security, and the overall experience of pilgrims, a thorough

investigation of existing plans is essential. The present research aimed to identify strengths, weaknesses, and potential areas for improvement. This paper presents a case study of the vehicle entry control checkpoint located on the Jeddah-Makkah Expressway. By developing a model of this facility and conducting simulations, the study examined several factors affecting operational efficiency, including:the impact of the entry control checkpoint on vehicle movement delays, comparing scenarios with and without the checkpoint; the effects of vehicle concentration in the rightmost lanes and potential strategies for achieving a more equitable distribution of vehicles across all lanes; and the congestion caused by overlapping vehicle movements at the exit lanes and the potential benefits of implementing multiple exit gates. The simulation results indicated that efficient planning and execution can improve resource efficiency, streamline process flow, and facilitate the management of the massive flood of pilgrims to Makkah during the Hajj and Umrah seasons.

1. المقدمة

يُعد الحج والعمرة من أكبر التجمعات الجماهيرية في العالم، حيث يجذبان سنويًا ملايين المسلمين من مختلف أنحاء المعمورة إلى مدينة مكة المكرمة في المملكة العربية السعودية. تمثل هذه الشعائر رحلات روحانية ذات أهمية بالغة للمسلمين، حيث توفر فرصة للتأمل الروحي والعبادة. ومع ذلك، يواجه ضيوف الرحمن تحديات متعددة، خاصة في مجالات التنقل وإدارة الحشود، لذا فإن ضمان صحة ورفاهية الملايين منهم يتطلب تخطيطًا دقيقًا وتنسيقًا فعالًا وتقديم خدمات شاملة ومتميزة.

يعتبر التخطيط والتواصل الفعالان ضروريين لجميع الجهات المعنية، لا سيما حكومة المملكة العربية السعودية، ووزارة الحج والعمرة، والهيئات ذات الصلة. ويجب أن يعمل المسؤولون بالتنسيق مع مقدمي الخدمات والمرافق المختلفة لتيسير عمليات قدوم ضيوف الرحمن وتقديم الخدمات الأساسية بجودة عالية. ونظرًا لتجمع أعداد غفيرة من المعتمرين والحجاج في مكان واحد وفي وقت واحد، فإنه من الضروري أخذ الحد الأقصى من الطلب على الخدمات بعين الاعتبار لضمان قدرة المؤسسات المختصة بمنظومة الحج والعمرة على مواجهة أي زيادة محتملة في عدد الحضور. وفي مجال النقل والمرور وإدارة الحشود، تتكامل جهود الجهات المعنية مع مختلف القطاعات المهتمة بشؤون الحج والعمرة لضمان وصول آمن وانسيابي لضيوف الرحمن عبر وسائل النقل الجوية والبرية والبحرية. وتلعب منظومة النقل بالحافلات دورًا كبيرًا في نقل المعتمرين والحجاج إلى العاصمة المقدسة، خاصة خلال موسمي رمضان والحج، حيث يعتبر موسم العمرة في رمضان من أكثر الفترات ازدحامًا في مكة المكرمة، إذ يتزايد عدد المعتمرين بشكل ملحوظ، كما أن أعداد الحجاج في ازدياد مطرد سنويًا، وهذا يتماشى مع أهداف رؤية المملكة العربية السعودية 2030 التي تهدف إلى زيادة أعداد الحجاج والمعتمرين. لذلك، فإن تنظيم حركة السيارات وضمان سلاسة الوصول إلى المدينة المقدسة يمثل تحديًا كبيرًا. فيما يلي تفاصيل حول نقاط حجز السيارات بمداخل مكة خلال هذا الموسم.

وتوالي الجهات المعنية والمسؤولون تخطيط انشاء ومتابعة تشغيل هذه المواقف خلال المواسم لكي تتم بكفاءة عالية. وهناك العديد من الدراسات التي تبحث تخطيط النقل خلال الاحداث الكبيرة كما فيTaha) ، (Kong، 2020)، (Sun، 2018)، (Hussain و2021)، (2021، أيضا تم دراسة موضوع حجز السيارات بمداخل مكة (البدوي، 1994)، (البدوي، 2012)، (ماريه، 1991)، و(اسره، 2018). ويمكن أن يكون لتوظيف التقنيات والحلول، خاصة النمذجة والمحاكاة (ياسين، 2019)، دوراً هام في رفع الكفاءة التشغيلية لمواقف حجز السيارات بمكة المكرمة. فمن خلال إجراء نمذجة ومحاكاة لنقاط حجز السيارات، يتم بحث العوامل التي يمكن أن تؤثر على كفاءة التشغيل. ويساعد تطبيق النمذجة والمحاكاة للنظم الحالية على اعطاء مؤشرات وقراءات، يمكن من خلالها تقييم فاعلياتها وتحديد السلبيات والإيجابيات وتقديم مقترحات التحسين.

تركز الورقة البحثية على إجراء نمذجة ومحاكاة لنقطة حجز السيارات بطريق جدة-مكة السريع، حيث يتم إنشاء نموذج لهذه النقطة، وتُجرى محاكاة لآلية تشغيلها لدراسة مجموعة من الجوانب المؤثرة في كفاءة التشغيل. تشمل هذه الجوانب: التأخير الناتج عن وجود نقطة الفرز مقارنة بحالة سير المركبات في غيابها، تأثير توجه معظم المركبات إلى المسارات اليمنى في المحطة، ومقارنة ذلك بالحالة عند تطبيق آلية لتوزيع المركبات بالتساوي على جميع المسارات. كما سيتم دراسة التكدس الناتج عن تعطل الحركة في طريق الخروج من المسارات إلى المخرج، نتيجة لتداخل حركة المركبات الخارجة مع المركبات المتجهة إلى بوابة حجز السيارات، ودراسة جدوى استخدام عدة بوابات بدلًا من بوابة واحدة.

تنبع أهمية موضوع البحث من أن التخطيط الجيد والتشغيل بكفاءة في مواقف حجز السيارات ينعكس بصورة مباشرة على انسيابية وصول ضيوف الرحمن إلى مكة المكرمة، كما يكفل سرعة وصولهم إلى الحرم المكي بيسر وسهولة. بالإضافة إلى ذلك، يسعى البحث إلى توظيف التقنيات في تحسين جودة خدمات النقل وإدارة الحشود، وبالتالي رفع مستوى جودة الخدمات المقدمة لضيوف الرحمن. ويأتي ذلك تماشيًا مع أهداف برنامج خدمة ضيوف الرحمن ويساعد على تحقيق مستهدفات رؤية المملكة 2030. كما أن تقديم الخدمة بكفاءة يعمل على رفع مستوى رضا ضيوف الرحمن عن الخدمات المقدمة لهم.

تم تنظيم الورقة على النحو التالي: يناقش القسم الثاني منهجية وطرق البحث، بينما يقدم القسم الثالث صياغة مشكلة البحث. كما يُعرض تصميم نموذج المحاكاة الخاص بمواقف حجز السيارات في القسم الرابع، بينما يعرض القسم الخامس نتائج سيناريوهات المحاكاة. يتم استخلاص الاستنتاجات في القسم السادس، وأخيرًا يتم عرض التوصيات في القسم السابع.

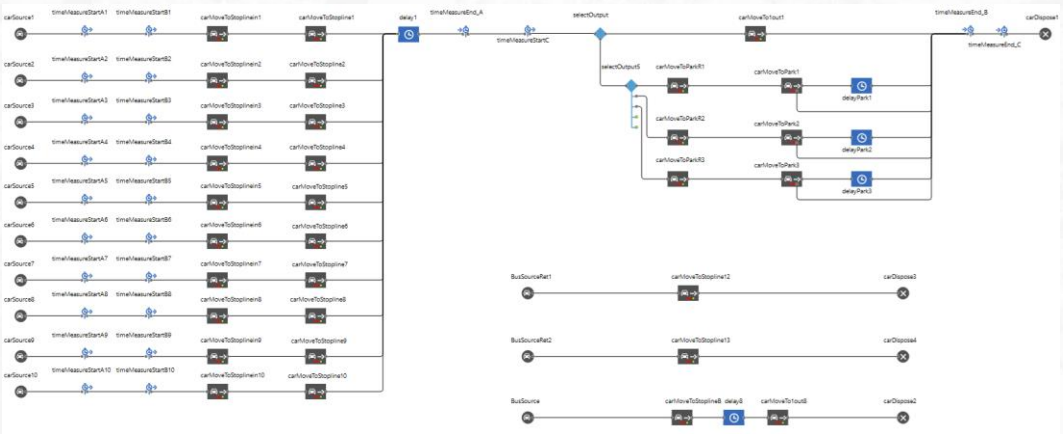
2. منهجية وطرق البحث: يركز البحث على طرق تخطيط وتشغيل مواقف حجز السيارات الخاصة بضيوف الرحمن المتجهين إلى الحرم خلال موسمي رمضان والحج. يتم تحقيق ذلك من خلال صياغة وتطوير نماذج لنقطة حجز السيارات على طريق جدة-مكة السريع، وتحويل هذه النماذج إلى برامج محاكاة، بالإضافة إلى التحقق من أن نموذج المحاكاة يعمل على النحو المنشود. لتصميم النموذج ورسم المخطط التفصيلي، وأيضًا لفهم كيفية سير العمل، تم القيام بزيارة ميدانية لموقع حجز السيارات لاختيار تصميم المحاكاة التجريبي المناسب وتنفيذه. يشمل ذلك اختيار مقاييس الأداء وعدد من المدخلات والمتغيرات التي قد تؤثر عليه، وتحديد مدة تنفيذ المحاكاة، إلخ. يتم بعد ذلك تفسير النتائج وعرضها، ويشمل ذلك حساب تقديرات رقمية لقياسات الأداء المطلوبة، واختبار الفرضيات حول أداء النظام.

3. صياغة مشكلة البحث: يرتكز العمل بالبحث على النمذجة الحاسوبية لنظام تشغيل مواقف حجز السيارات الخاصة بضيوف الرحمن المتجهين للحرم. ومن المفترض أن العمليات في مواقف حجز السيارات تشمل ما يلي: دخول مركبات المعتمرين لنقطة فحص السيارات (بمعدل Car_{Rate} لكل دقيقة)، ويكون مدخل المحطة مقسم إلى عدة مسارات (عددها L_n)، في نهاية كل مسار يقوم مسؤول الأمن بفرز المركبات لتحديد المركبات التي يوجد بها محرمون (نسبتها M_R %) فيتم توجيهها الى موقف حجز السيارات ليتم إيقاف السيارة بها لحين عودة ركابها من الحرم، حيث يتم نقلهم إلى(ومن) الحرم بواسطة حافلات مجهزة. تستغرق عملية الفرز زمن (T_f ثانية)، ويتم الدخول لموقف حجز السيارات من خلال عدد (P_N) بوابة. يتأثر سلوك النظام بعدة معايير، مثل معدل دخول المركبات، وعدد المسارات، وما إلى ذلك. ويجب تقييم تأثيرات الاختلافات في هذه المعايير. ويمكن تحقيق ذلك من خلال بناء نموذج حاسوبي للنظام وتنفيذ سيناريوهات محاكاة لقياس مؤشرات الأداء الرئيسية المطلوبة.

4. تصميم نموذج المحاكاة الخاص بمو اقف حجز السيارات: تتضمن الخطوة التالية إنشاء النموذج من خلال تطوير المخططات لنظام العمل في نقطة حجز السيارات، ويشمل ذلك تحديد السمات الأساسية للنظام وبرمجة عملياته لتوصيف وظائفه. ففي النموذج المبني، تكون المعاملات المؤثرة في سلوك النظام كما يلي: (معدل قدوم المركبات، عدد المسارات، سرعة المركبة، أبعاد المركبة، عدد مسؤولي الأمن، زمن الفرز، عدد بوابات الدخول لمنطقة إيقاف وحجز المركبة، تنظيم أماكن بوابات الحجز، ونسبة المركبات المحتجزة). يتم قياس تأثيرات اختلافات معاملات النظام باستخدام العديد من مؤشرات الأداء الرئيسية، تشمل ما يلي:

- أعداد المركبات المنجزة بكل مسار،
- زمن دورة المركبة، وهو إجمالي الوقت الذي تقضيه المركبة بالنظام،
- ومدى الازدحام.

تم إنشاء نموذج المحاكاة من خلال صياغة النموذج باستخدام برنامج Anylogic، وهو أداة محاكاة متعددة الأساليب مع واجهة مستخدم رسومية تتيح الجمع بين نمذجة العمليات، وديناميكيات النظام، والنمذجة القائمة على الوكيل في نموذج واحد. كما يتضمن البرنامج، ضمن مكتبة الأدوات، أداة محاكاة للمرور، وهي مناسبة للنموذج محل الدراسة. يتم توضيح الهيكل العام لعمليات النموذج في الشكل 1، بينما يوضح الشكل 2 صورًا توضيحية للنموذج (ثنائية الأبعاد وثلاثية الأبعاد).



شكل 1: صورة كلية لجميع مخططات العمليات بالنموذج

شكل 2: صور توضح سير العمليات بالنموذج المصمم

5. نتائج سيناريوهات المحاكاة

يتم تحليل سلوك النموذج من خلال سلسلة من سيناريوهات المحاكاة. تهدف عمليات المحاكاة التي أُجريت إلى تقييم آثار الاختلافات في معاملات النظام، مثل معدل قدوم المركبات، وعدد المسارات، وغيرها على أداء نظام حجز المركبات من حيث مؤشرات الأداء، مثل أعداد المركبات المنجزة، وزمن دورة المركبة. ويتم عرض أمثلة على تلك السيناريوهات ومناقشتها. يُلخص الجدول 1 معاملات النظام المستخدمة في سيناريوهات المحاكاة، حيث كُتبت المعاملات المتغيرة في السيناريوهات المختلفة بخط ثقيل في الجدول.

جدول14 : معاملات النظام المستخدمة في السيناريوهات المختلفة.

المعامل	سيناريو 1			سيناريو 2			سيناريو 3			سيناريو 4	
عدد المسارات L_n	**5**	**8**	**10**	10			10			10	
معدل قدوم المركبات Car_{Rate} (لكل مسار لكل دقيقة)	500			(same)			**500**	**250**	**150**	200 (متساوي بالمسارات)	200 (الأغلبية بالمسارات اليمنى)
نسبة المركبات المحتجزة M_R (%)	20			**20**	**50**		20			20	
عدد بوابات منطقة إيقاف المركبات P_N	3			**1**	**2**	**3**	3			3	
زمن الفرز T_f (ثانية)	[10-20]			(same)			(same)			(same)	

1.5 سيناريو 1

في سيناريو المحاكاة هذا، تم اختبار النموذج على مدى 6 ساعات باستخدام معاملات النظام المدرجة في الجدول 1. يركز هذا السيناريو على التباين في عدد المسارات، حيث تم اختبار النظام باستخدام 10 مسارات، 8 مسارات، و5 مسارات. تم استخدام معدل قدوم يبلغ 500 سيارة لكل مسار في الساعة، بما يتيح إجمالي 5000 سيارة في الساعة. كما تم افتراض أن حوالي 20% من السيارات يتم احتجازها في الموقف، وأن الدخول إلى الموقف يتم عبر 3 بوابات، وتم استخدام زمن فرز تتراوح احتمالاته ما بين 10 و20 ثانية بشكل متساوٍ.

تم تلخيص نتائج تجربة سيناريو المحاكاة في الأشكال 3-5. حيث يوضح الشكل 3 النتائج عند استخدام 10 مسارات($L_n = 10$) ، حيث يظهر شكل (أ) التوزيع الزمني للفترة من بداية الدخول إلى المسارات حتى الانتهاء من الفرز، بالإضافة إلى زمن دورة المركبة في النظام (إجمالي الوقت الذي تقضيه المركبة في النظام)، بينما يظهر شكل (ب) أعداد المركبات المنجزة في كل مسار، ويعرض شكل (ج) صورة توضيحية لحركة السيارات في هذا السيناريو. تم توضيح نتائج سيناريو المحاكاة عند استخدام 8 مسارات ($L_n = 8$) و5 مسارات ($L_n = 5$) في الشكلين 4 و5 على التوالي. توضح نتائج تجربة المحاكاة أنه، بناءً على معاملات النظام المستخدمة في هذا السيناريو، تم إنهاء 12142 سيارة بمتوسط زمن دورة يبلغ 18.09 دقيقة عند استخدام 10 مسارات، بينما تم إنهاء 9720 سيارة بمتوسط زمن دورة يبلغ 17.93 دقيقة عند استخدام 8 مسارات، وتم إنهاء 6082 سيارة بمتوسط زمن دورة يبلغ 17.83 دقيقة عند استخدام 5 مسارات. لذلك، فإن العدد المناسب من المسارات لخدمة عدد كافٍ من السيارات في زمن معقول يتراوح بين 8 و10 مسارات.

(ب) (أ)

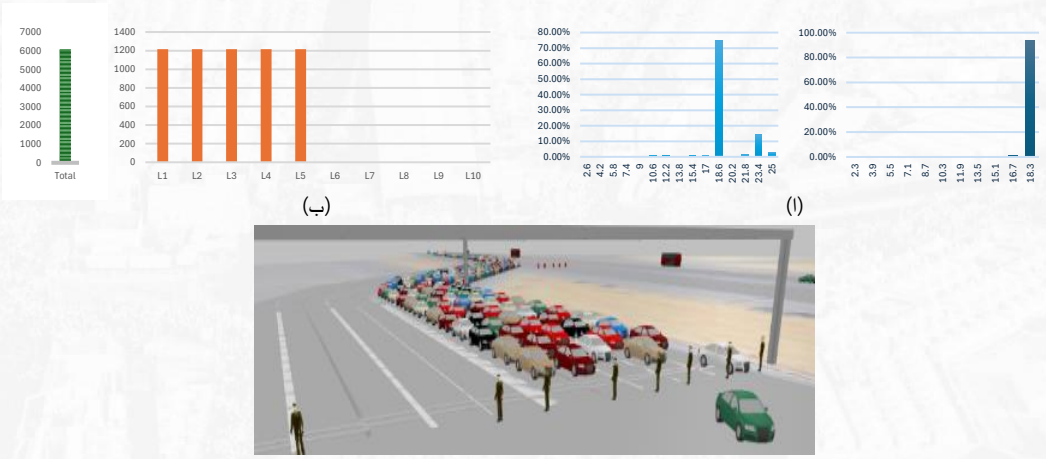
(ج)

شكل 3: نتائج سيناريو 1، $L_n = 10$. (أ) التوزيع الزمني للفترة من بداية الدخول للمسارات حتى الانتهاء من الفرز (يمين)، زمن دورة المركبة بالنظام، (ب) أعداد المركبات المنجزة بكل مسار، (ج) صورة توضيحية لحركة السيارات.

(ب) (أ)

(ج)

شكل 4: نتائج سيناريو 1، $L_n = 8$. (أ) التوزيع الزمني للفترة من بداية الدخول للمسارات حتى الانتهاء من الفرز (يمين)، زمن دورة المركبة بالنظام، (ب) أعداد المركبات المنجزة بكل مسار، (ج) صورة توضيحية لحركة السيارات.



(ب) (أ)

(ج)

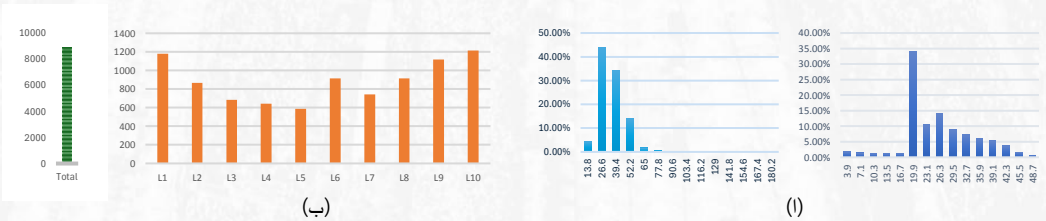
شكل 5: نتائج سيناريو 1، $L_n = 5$. (أ) التوزيع الزمني للفترة من بداية الدخول للمسارات حتى الانتهاء من الفرز (يمين)، زمن دورة المركبة بالنظام، (ب) أعداد المركبات المنجزة بكل مسار، (ج) صورة توضيحية لحركة السيارات.

2.5 سيناريو 2

في سيناريو المحاكاة هذا، تم اختبار النموذج على مدى 6 ساعات باستخدام معاملات النظام المدرجة في الجدول 1. يركز هذا السيناريو على التباين في نسبة المركبات المحتجزة، حيث تم اختبار النظام باستخدام نسب 20% و50%. كما يركز هذا السيناريو على التباين في عدد بوابات منطقة إيقاف المركبات، حيث تم تجربة بوابة واحدة، بوابتين، وثلاث بوابات.

تم تلخيص نتائج تجربة سيناريو المحاكاة في الأشكال 6-11. يوضح الشكل 6 النتائج في حالة استخدام نسبة احتجاز 50% وبوابة واحدة، حيث يُبين شكل (أ) التوزيع الزمني للفترة من بداية الدخول إلى المسارات حتى الانتهاء من الفرز، وأيضًا يُبين زمن دورة المركبة في النظام (إجمالي الوقت الذي تقضيه المركبة في النظام)، بينما يُبين شكل (ب) أعداد المركبات المنجزة بكل مسار، ويوضح شكل (ج) صورة توضيحية لحركة السيارات في هذا السيناريو. تم توضيح نتائج سيناريو المحاكاة في حالة استخدام نسبة احتجاز 50% وبوابتين في الشكل 7، بينما تم توضيح النتائج في حالة استخدام نسبة احتجاز 50% وثلاث بوابات في الشكل 8. أما نفس النتائج، ولكن في حالة استخدام نسب احتجاز 20%، فتم توضيحها في الأشكال 9-11.

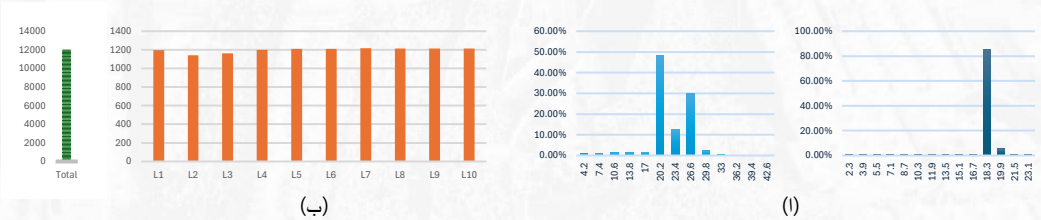
توضح نتائج تجربة المحاكاة أنه بناءً على معاملات النظام المستخدمة في هذا السيناريو، تمكّن النظام من إنهاء عدد 8705 سيارات بمتوسط زمن دورة المركبة 30.13 دقيقة عند استخدام نسبة احتجاز 50% وبوابة واحدة. إن وجود عدد غير عال وزمن خدمة طويل يبدو منطقيًا نظرًا لتزاحم السيارات المتجهة إلى منطقة الاحتجاز. على العكس من ذلك، تمكّن النظام من إنهاء عدد 12142 سيارة بمتوسط زمن دورة المركبة 18.09 دقيقة عند استخدام نسبة احتجاز 20% وثلاث بوابات. من الجيد أن تكون نسبة الاحتجاز في الواقع 20% أو أقل. وللحفاظ على سلاسة مرور السيارات وتقليل مدى الازدحام، يفضل استخدام ثلاث بوابات.



(ب) (أ)

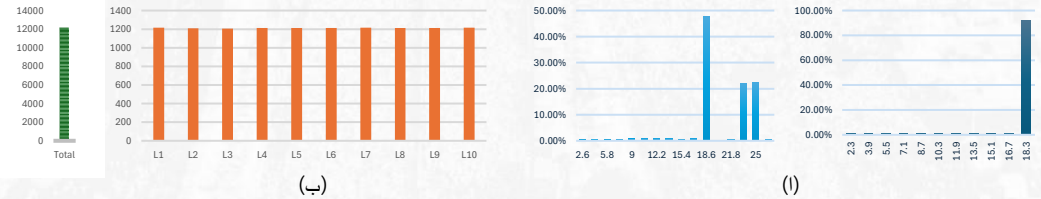
(ج)

شكل 6: نتائج سيناريو 2، M_R=50%، P_N = 1. (أ) التوزيع الزمني للفترة من بداية الدخول للمسارات حتى الانتهاء من الفرز (يمين)، زمن دورة المركبة بالنظام، (ب) أعداد المركبات المنجزة بكل مسار، (ج) صورة توضيحية لحركة السيارات.



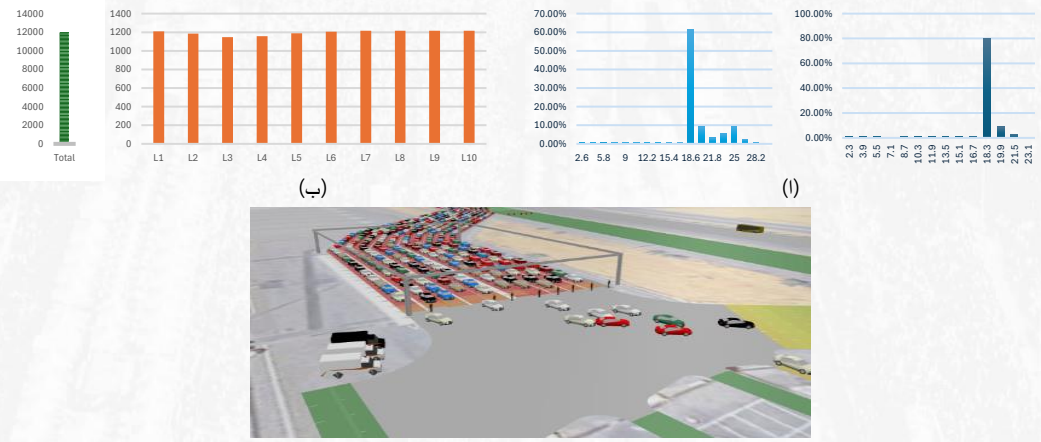
(ب) (أ)

شكل 7: نتائج سيناريو 2، M_R=50%، P_N = 2. (أ) التوزيع الزمني للفترة من بداية الدخول للمسارات حتى الانتهاء من الفرز (يمين)، زمن دورة المركبة بالنظام، (ب) أعداد المركبات المنجزة بكل مسار.



(ب) (أ)

شكل 8: نتائج سيناريو 2، M_R=50%، P_N = 3. (أ) التوزيع الزمني للفترة من بداية الدخول للمسارات حتى الانتهاء من الفرز (يمين)، زمن دورة المركبة بالنظام، (ب) أعداد المركبات المنجزة بكل مسار.



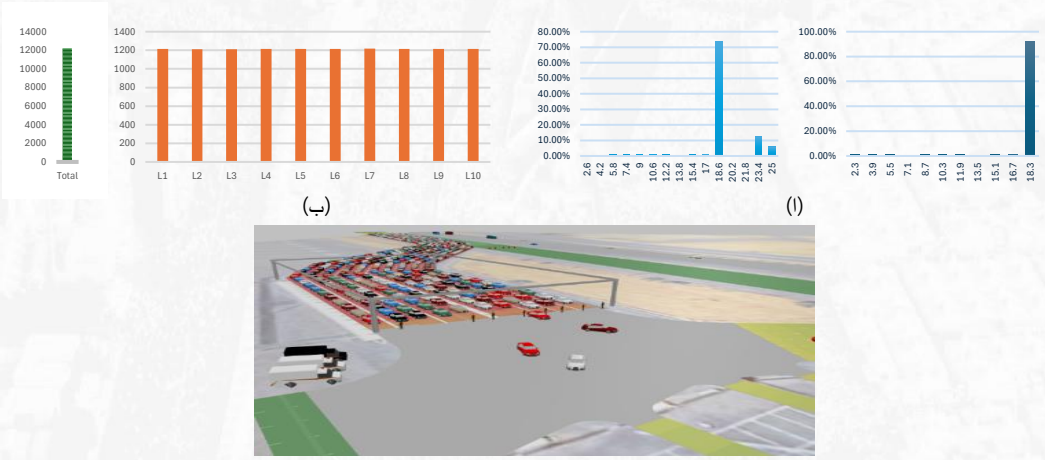
(ب) (أ)

(ج)

شكل 9 :نتائج سيناريو 2، M_R=20%، P_N = 1. (أ) التوزيع الزمني للفترة من بداية الدخول للمسارات حتى الانتهاء من الفرز (يمين)، زمن دورة المركبة بالنظام، (ب) أعداد المركبات المنجزة بكل مسار، و (ج) صورة توضيحية لحركة السيارات.

(ب) (أ)

شكل 10 :نتائج سيناريو 2، M_R =20%، P_N = 2. (أ) التوزيع الزمني للفترة من بداية الدخول للمسارات حتى الانتهاء من الفرز (يمين)، زمن دورة المركبة بالنظام، (ب) أعداد المركبات المنجزة بكل مسار.



(ب) (أ)

(ج)

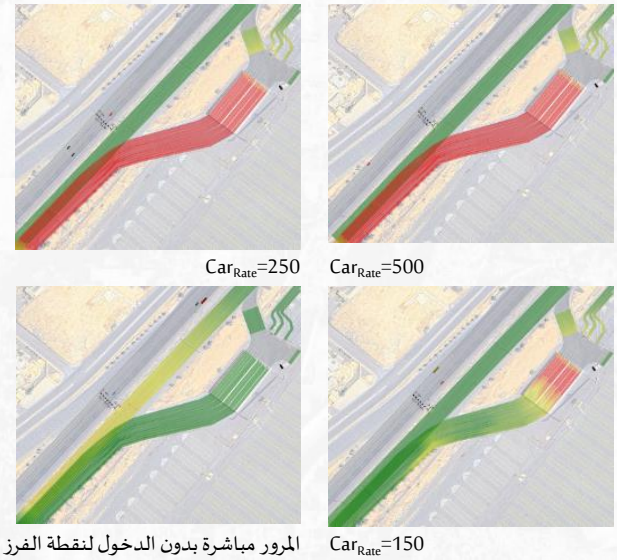
شكل 11 : نتائج سيناريو 2، M_R =20%، P_N = 3 (أ) التوزيع الزمني للفترة من بداية الدخول للمسارات حتى الانتهاء من الفرز (يمين)، زمن دورة المركبة بالنظام، (ب) أعداد المركبات المنجزة بكل مسار، و (ج) صورة توضيحية لحركة السيارات.

3.5 سيناريو 3

في سيناريو المحاكاة هذا، تم اختبار النموذج على مدى 6 ساعات باستخدام معاملات النظام المدرجة في الجدول 1. يركز هذا السيناريو على التباين في معدل قدوم المركبات، حيث تم اختبار النظام باستخدام معدلات قدوم 500، 250، و150 سيارة لكل مسار في الساعة.

تم تلخيص نتائج تجربة سيناريو المحاكاة في الشكل 12، الذي يبين الخرائط الحرارية لمدى الازدحام في حالات Car_{Rate} = 150، 250، 500، وأيضًا في حالة المرور مباشرةً بدون الدخول إلى نقطة الفرز. في الخرائط الحرارية الموضحة، يُظهر لون كل جزء من الطريق كثافة السيارات الحالية عليه. تستخدم خريطة الكثافة تدرجًا لونيًا من الأحمر إلى الأخضر لتمثيل كثافات السيارات المختلفة؛ حيث يُستخدم اللون الأحمر لعرض أجزاء الطريق ذات الكثافة الحرجة (بسرعة أقل من 10 كم/ساعة)، في حين يُستخدم اللون الأخضر لإظهار أجزاء الطريق ذات حركة المرور الطبيعية (بسرعة أعلى من 60 كم/ساعة). بطبيعة الحال، تؤدي زيادة معدلات القدوم إلى زيادة الازدحام وبالتالي بطء حركة المركبات. لهذا، يُفضل تنفيذ خطط مرورية تنظم معدلات المرور في المحطات.

توضح أيضًا نتائج تجربة المحاكاة أنه بناءً على معاملات النظام المستخدمة في هذا السيناريو، كان متوسط زمن دورة المركبة 18 دقيقة عند استخدام معدل قدوم 500 مركبة، بينما في حالة استخدام معدل قدوم 250 كان متوسط زمن الدورة 16.4 دقيقة، أما في حالة استخدام معدل قدوم 150، فقد كان متوسط زمن الدورة 3 دقائق فقط. أما في حالة المرور المباشر بدون الدخول إلى نقطة الفرز، فتستغرق المركبات بضعة ثوان فقط لقطع نفس مسافة اجتياز نقطة الفرز.

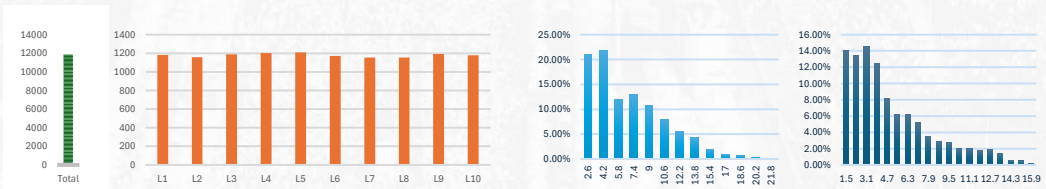


شكل 12: الخرائط الحرارية لمدى الازدحام، في حالات Car_{Rate}=150, 250, 500، وفي حالة المرور مباشرة بدون الدخول لنقطة الفرز.

4.5 سيناريو 4

في هذا السيناريو، تم اختبار النموذج على مدى 6 ساعات باستخدام معاملات النظام المدرجة في الجدول 1. يركز هذا السيناريو على اختبار التباين في تفضيلات دخول السيارات بالمسارات، حيث تم اختبار النظام عند دخول السيارات بطريقة متساوية في المسارات، وأيضًا عندما يكون هناك توجه لأغلبية السيارات للدخول من المسارات على يمين الطريق.

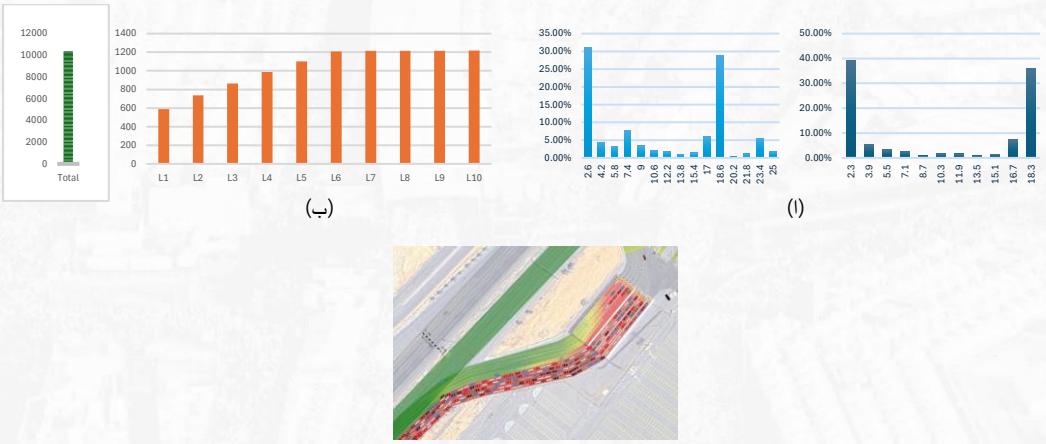
تم تلخيص نتائج تجربة سيناريو المحاكاة في الأشكال 13 و14. حيث يوضح الشكل 13 النتائج في حالة دخول السيارات بطريقة متساوية للمسارات، حيث يبين الشكل (أ) التوزيع الزمني للفترة من بداية الدخول إلى المسارات حتى الانتهاء من الفرز، وأيضًا يبين زمن دورة المركبة في النظام (إجمالي الوقت الذي تقضيه المركبة في النظام)، بينما يبين الشكل (ب) أعداد المركبات المنجزة بكل مسار، ويوضح الشكل (ج) الخريطة الحرارية لمدى الازدحام. على الجانب الآخر، يوضح الشكل 14 النتائج في حالة وجود تفضيل للدخول من المسارات على يمين الطريق. توضح نتائج تجربة المحاكاة أنه من الأفضل لتقليل مستويات الازدحام والحفاظ على حركة سلسة للسيارات، وضع آلية لتنظيم دخول السيارات إلى المسارات بصورة متساوية بين المسارات.



(ب) (ا)

(ج)

شكل 13: نتائج سيناريو 4، دخول السيارات متساوي بالمسارات (أ) التوزيع الزمني للفترة من بداية الدخول للمسارات حتى الانتهاء من الفرز (يمين)، زمن دورة المركبة بالنظام، (ب) أعداد المركبات المنجزة بكل مسار، (ج) الخريطة الحرارية لمدى الازدحام.



(ب)

(ا)

(ج)

شكل 14: نتائج سيناريو 4، دخول السيارات بحيث الأغلبية بالمسارات اليمنى (أ) التوزيع الزمني للفترة من بداية الدخول للمسارات حتى الانتهاء من الفرز (يمين)، زمن دورة المركبة بالنظام، (ب) أعداد المركبات المنجزة بكل مسار، (ج) الخريطة الحرارية لمدى الازدحام.

6. الخلاصة

خلال موسمي رمضان والحج، تتضمن الخطة التشغيلية لنقل ضيوف الرحمن إلى مكة المكرمة تهيئة مواقف متكاملة الخدمات لمركبات المعتمرين والحجاج. يأتي ذلك تماشياً مع خطة المرور التي تمنع دخول السيارات إلى العاصمة المقدسة في تلك الفترات، حيث يتم تهيئة مواقف حجز السيارات عند مداخل مكة المكرمة، تُخصص لوقوف السيارات الخاصة بضيوف الرحمن القادمين إلى مكة. وتُعتبر تلك المواقف عنصرًا حيويًا في إدارة حركة المعتمرين والحجاج، حيث تسهم في تنظيم حركة المرور وتسهل دخول ضيوف الرحمن إلى مكة، مما يقلل من الازدحام ويحسن تجربة الزوار. كما توفر هذه النقاط خدمات نقل آمنة وموثوقة للمعتمرين والحجاج.

يهدف هذا البحث إلى تطوير نموذج محاكاة لنقطة حجز السيارات بهدف تحسين تدفق الحركة وتقليل الازدحام. تم استخدام أساليب تحليل البيانات ونمذجة المحاكاة لتقييم نظام الحجز الحالي، مع التركيز على تحديد نقاط القوة والضعف. أظهرت النتائج اقتراحات لتحسين العمليات، مثل الأعداد المناسبة لمسارات الدخول، والتنظيم الأمثل للدخول لمواقف الحجز. كما تم الإشارة إلى أن تطوير نظام التوزيع على المسارات يمكنه التكيف مع التغيرات في أعداد الزوار، مما يسهم في تعزيز تجربة الزوار وتقليل الازدحام. يمثل هذا البحث خطوة نحو تحقيق إدارة فعالة لحركة المرور بمداخل مكة، مما يساعد في تحسين الخدمات المقدمة للحجاج والمعتمرين.

7. التوصيات

تم تقديم التوصيات التالية بغرض التحسين واستكشاف المزيد من القضايا ذات الصلة:

- يستلزم التعامل مع التحديات الحالية اتخاذ إجراءات استراتيجية تعتمد على التكنولوجيا والتنسيق بين الجهات المعنية لضمان سير العملية بشكل أكثر كفاءة. حيث يمكن استخدام كاميرات المراقبة وأجهزة الاستشعار لمراقبة حركة السيارات وتقديم بيانات آنية عن توافر المواقف.
- توسيع شبكة النقل العام وتوفير خيارات نقل بديلة للمعتمرين والحجاج من المدن المجاورة.
- تخصيص مواقف للأغراض المختلفة، مثل تخصيص مواقف للسيارات الصغيرة والكبيرة، وأيضاً للحافلات، مع توفير مرافق ملائمة لكل نوع.
- تحسين البنية التحتية بتأهيل المرافق الخدمية في مواقف السيارات، مثل دورات المياه، الاستراحات، والإضاءة الجيدة لضمان راحة الزوار.
- تنفيذ برامج توعية لتعريف الزوار باستخدام مواقف الحجز، واستخدام لافتات إلكترونية للإعلان عن توافر المواقف وتوجيه السائقين إلى الوجهات المناسبة، مما يسهل حركة المرور. كما يمكن تقديم معلومات كافية حول مواقف حجز السيارات عبر وسائل التواصل الاجتماعي والمواقع الرسمية.

- التقييم المستمر وإجراء دراسات دورية لتقييم فعالية النظام وتحسين أدائه وتحديد المجالات التي تحتاج إلى تحسين.

إن تطبيق هذه التوصيات يمكن أن يسهم في تحسين تجربة الزوار وتخفيف الازدحام في مكة المكرمة.

المراجع

- ياسين، محمد صديق؛ عثمان، فاضل؛ خان، عصام, 2019، نظام نمذجة ومحاكاة للنقل الترددي للحجاج بالمشاعر المقدسة، دراسات معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة، موسم حج 1440هـ
- البدوي، احمد، 2012، دراسة الوضع المروري عند نقاط الفرز على مداخل مكة المكرمة خلال موسمي رمضان والحج، دراسات معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة، موسم حج 1433هـ
- البدوي، احمد، 1994، تأثير قصر منع دخول السيارات الصغيرة على أيام الثامن والتاسع والعاشر من ذي الحجة، دراسات معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة، موسم حج 1414هـ
- ماريه، عبد الرحمن، 1991، دراسة جدوى حجز السيارات خارج منطقة الحرم بمكة المكرمة: رمضان 1411هـ، دراسات معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة، موسم حج 1411هـ
- أسره، خالد، 2018، تقييم خدمات النقل العام بين مواقف حجز المركبات والمسجد الحرام لعام 1439هـ، دراسات معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة، موسم حج 1439هـ
- Taha, B. S., 2020, Hosting Mega Event - Drive towards Sustainable Planning for Public Transport - Case Study: Metro Line Route 2020, Transportation Research Procedia, vol. 48, pp. 2176–2186,
- Kong, X., 2018, Shared Subway Shuttle Bus Route Planning Based on Transport Data Analytics, IEEE Transactions on Automation Science and Engineering, vol. 15, no. 4, pp. 1507–1520.
- Sun, Z., 2021, Optimization Method of Customized Shuttle Bus Lines under Random Condition, Algorithms, vol. 14, no. 2.
- Hussain, O.; Felemban, E.; Rehman, F., 2021, Optimization of the Mashaer Shuttle-Bus Service in Hajj: Arafat-Muzdalifah Case Study, Information, vol. 12, no. 12.

قياس ودراسة أثر أنماط التنقل المختلفة على رحلة ضيف الرحمن خلال أداء مناسك الحج

مازن الشمراني*[1]، طارق ال عفيف2، ثامر قدح[3]، عبدالله الهوساوي[1]، ملاك الجابري[3]، ولاء العيدروس[3]، شيماء الحازمي[4]، أحمد قاضي[5]

[1*] قسم المعلومات والخدمات العلمية، معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة - جامعة أم القرى

[2] قسم علوم الحاسب، الكلية الجامعية بالجموم - جامعة أم القرى

[3] الكلية التطبيقية، قسم الحاسبات - جامعة أم القرى

[4] قسم هندسة الحاسب والشبكات، كلية الحاسبات - جامعة أم القرى

[5] قسم العلوم الإنسانية والإدارية، معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة - جامعة أم القرى

Measuring and Studying the Impact of Different Mobility Patterns on the Hajj Pilgrim's Journey

Mazin Alshamrani[1*], Tarik Alafif[2], Thamir Qadah[3], Abdullah Alhawsawi[1], Malak Aljabri[3], Walla Al-Eidarous[3], Shema Alhazmi[4] and Ahmad Qadi[5]

[1*] Department of Information and Scientific Services, Custodian of the Two Holy Mosques Institute for Hajj and Umrah Research, Umm Al-Qura University

[2] Department of Computer Science, Jamoum University College, Umm Al-Qura University

[3] Computer and Network Engineering Department, College of Computing, Umm Al-Qura University

[4] Applied College, Umm Al-Qura University

[5] Department of Humanities and Administration, Custodian of the Two Holy Mosques Institute for Hajj and Umrah Research, Umm Al-Qura University

[*]Corresponding author: E-mail (mishamrani@uqu.edu.sa)

الملخص

تعد أنماط التنقل والتي يستخدمها ضيوف الرحمن اثناء رحلة اداء مناسك الحج و العمرة من اهم العوامل المؤثرة على تجربة ضيف الرحمن والتي تؤثر على الحالة المعنوية والصحية التي يمر بها الضيف، حيث أن أغلب الدراسات والتحليلات السابقة لرحلة نقل ضيوف الرحمن قد اعتمدت على المقابلات واستمارات قياس الرضا، في هذه الدراسة قمنا باستخدام ادوات القياس عن بعد من خلال الساعات الذكية بالإضافة الى المقابلات وذلك لعينة محدودة من ضيوف الرحمن وذلك لتحليل الاجهاد الحاصل لديهم خلال انماط التنقل المختلفة، مع التركيز على ثلاث أنماط للتنقل وهي: التنقل بالمشي، والتنقل بالحافلات، و التنقل بسيارات الأجرة.

اظهرت نتائج تحليل شريحة من البيانات والتي تم تجميعها خلال موسم حج ١٤٤٥ هجرية عدد من النتائج المثيرة للاهتمام، والتي من أبرزها أن التنقل بالحافلات اظهر مستوى منخفض من الاجهاد ومستوى مرتفع من الرضا مقارنةً بالمشي والتنقل بسيارات الأجرة، وفي مراحل التنقل بالحافلة أظهرت النتائج مستوى عالٍ من الاجهاد نتيجة طول فترة المكوث في الحافلة وعدم تحرك الحافلة، وذلك خلال مراحل رحلة الحج. نناقش في هذ الدراسة كذلك طريقة جمع البيانات وتحليلها وأبرز النتائج التي وصل اليها فريق الدراسة، ونقدم كذلك عدداً من التوصيات الخاصة بتطوير تجربة ضيوف الرحمن لكل نمط من أنماط التنقل الثلاثة المشار إليها والتي سوف تساعد على تقليل مستوى الاجهاد ورفع مستوى رضا ضيوف الرحمن خلال مراحل التنقل المذكورة.

الكلمات الدالة: أنماط التنقل، قياس الإجهاد، النقل بالحافلات، المشي.

Abstract

The mobility patterns employed by Hajj and Umrah pilgrims significantly influence their overall experience, affecting both their mental and physical well-being. While previous studies on pilgrim transportation have primarily relied on interviews and satisfaction surveys, this research utilized remote sensing devices, such as smartwatches, in conjunction with interviews to analyze stress levels in a limited sample of pilgrims during various modes of transportation. The study focused on three primary modes: walking, bus transportation, and taxi transportation. Data collected during the 1445 Hijri Hajj season revealed several interesting findings. Notably, bus transportation exhibited lower stress levels and higher satisfaction rates compared to walking and taxi transportation across different stages of the pilgrimage. Also, during some of the bus transportation phases, results showed a high level of stress due to the extended time spent on the bus and the lack of movement. This paper discusses the data collection and analysis methods, presents the key findings, and provides recommendations for enhancing the pilgrim experience for each of the three transportation modes, aiming to reduce stress levels and improve overall satisfaction during transit.

1. المقدمة

تمثل مناسك الحج أحد أكبر التجمعات الدينية السنوية في العالم، حيث يجتمع ملايين المسلمين في مكة المكرمة والمشاعر المقدسة لأداء ركن أساسي من أركان دينهم الإسلام، ورغم ما يحمله هذا الحدث من أجر روحي عظيم، إلا أن الحجاج يواجهون تحديات كبيرة اثناء تنقلاتهم لأداء مناسك الحج، سواء على المستوى البدني أو النفسي، فالزحام الهائل، والظروف المناخية القاسية، وفترات الوقوف والانتظار الطويل أو المشي لمسافات طويلة، قد تسبب مستويات مرتفعة من الإجهاد، مما قد يؤدي إلى تفاقم الحالات الصحية القائمة أو التسبب في مشكلات صحية جديدة ذات صلة بالإجهاد، يعد فهم هذا الإجهاد وإدارته أمراً بالغ الأهمية، ليس فقط لتحسين رفاهية رحلة أداء المناسك، بل أيضًا لضمان سلامة الحدث في ظل الضغوط والإنهاك المرتبطين بالازدحام، وعليه فإن جمع وتحليل بيانات الإجهاد لدى الحجاج يمثل خطوة أساسية لتحديد الجوانب الأكثر إجهاداً خلال رحلة الحج وتحديد المواقع أو الأنشطة التي من المرجح أن تتسبب في الإجهاد(الشمراني وآخرون، 2024). ومن خلال تحديد هذه السمات والمواقع المسببة للإجهاد، يمكن للجهات المعنية تنفيذ تدخلات موجهة، مثل تحسين إدارة الحشود، وتعزيز الخدمات الطبية (الحارثي وآخرون ، 2021)، حيث يساهم هذا البحث من خلال تحقيق عدد من الأهداف البحثية الهامة بدايةً من تحليل وتصور السمات والبيانات في مراحل التنقل المختلفة، إضافة إلى دراسة ارتباطها بمستويات التعب والإجهاد ضمن مجموعة البيانات، خلال هذه الدراسة سوف نستعرض نماذج من أنماط التنقل في رحلة الحج بحيث قمنا بجمع بيانات من خلال المشاركين في الدراسة، وتعد أنماط النقل أحد أهم مراحل قياس وتحليل إجهاد ضيوف الرحمن خلال رحلة الحج، حيث يساهم هذا البحث من خلال تحقيق عدد من الأهداف البحثية الهامة بدايةً من تحليل وتصور السمات والبيانات في مراحل التنقل المختلفة، إضافة إلى دراسة ارتباطها بمستويات التعب والإجهاد ضمن مجموعة البيانات (كيم ويونغ، 2021).

خلال رحلة الحج هناك العديد من أنماط النقل التي يستخدمها معظم حجاج الخارج والداخل، بدايةً من وصوله الى المطار بالطائرة ثم انتقاله إلى مكة المكرمة بالحافلات أو بقطار الحرمين أو بسيارات الأجرة، ومن ثم فإن أغلب رحلة المجموعات الكبيرة من الحجاج تكون من خلال الحافلات في مكة المكرمة والمشاعر المقدسة، بينما يعتبر نمط المشي هو أكثر الأنماط الذي تستخدمه مجموعات الحج داخل المشاعر أما في التنقل بين مكة المكرمة والمشاعر المقدسة فتمثل الحافلة النمط الأكثر شيوعا لدى معظم الحجاج النظاميين، وخلال هذه الدراسة تم التركيز على الحجاج النظاميين وأنماط نقلهم مع التأكيد على أن كل مجموعة من الحجاج لها ترتيب مختلف في استخدام انماط التنقل، ويدخل في ذلك عوامل عدة مثل المذاهب الفقهية، وأوقات القدوم وأوقات المغادرة سواء كان مستعجلاً أو متأخراً في النفرة من مشعر منى أو في آخر أيام التشريق، ويعزز دراسة ومعرفة أنماط النقل من عملية تحليل رحلة الحاج والتأكد من العوامل الخاصة بكل نمط والتي تساعد في فهم الرحلة وتحليلها وكذلك معرفة أبرز الأسباب التي تؤدي إلى حصول الإرهاق والإجهاد لدى ضيوف الرحمن خلال مراحل التنقل.

2. منهجية وطرق البحث

تم تصميم هذه الدراسة باستخدام منهج وصفي تحليلي لفهم تأثير أنماط التنقل المختلفة على مستوى الإجهاد ورضا ضيوف الرحمن خلال موسم الحج، وذلك باستخدام أدوات القياس عن بُعد من خلال الساعات الذكية، حيث اعتمدت هذه الدراسة الميدانية التطبيقية على جمع وقياس القراءات الحيوية للمشاركين أثناء أدائهم مناسك الحج، وقد تم استخدام ساعات ذكية من نوع Apple Watch مرتبطة بهواتف محمولة لجمع البيانات بشكل آني إلى جانب المقابلات المباشرة، حيث يتم جمع القراءات الحيوية، مثل معدل ضربات القلب ومستوى الإجهاد، عبر تطبيق مخصص يتم تنزيله على الهواتف المحمولة المرتبطة بالساعات، ومن ثم رفع البيانات على منصة متخصصة في جمع وتمثيل البيانات (جياناكيس وآخرون، 2019)، كما تم تسجيل بيانات الطقس (مثل درجة الحرارة والرطوبة) والمعلومات البيئية الأخرى لتعزيز فهم تأثير الظروف المحيطة على مستويات الإجهاد (دوارتي وآخرون، 2021). وقد ركزت الدراسة على ثلاثة أنماط رئيسية للتنقل: التنقل بالحافلات، التنقل مشياً على الأقدام، والتنقل بسيارات الأجرة، بهدف مقارنة تأثير كل منها على الحالة النفسية والجسدية للحجاج وذلك ضمن المراحل المختلفة من رحلة الحج من يوم الثامن إلى يوم الثالث عشر من شهر ذو الحجة.

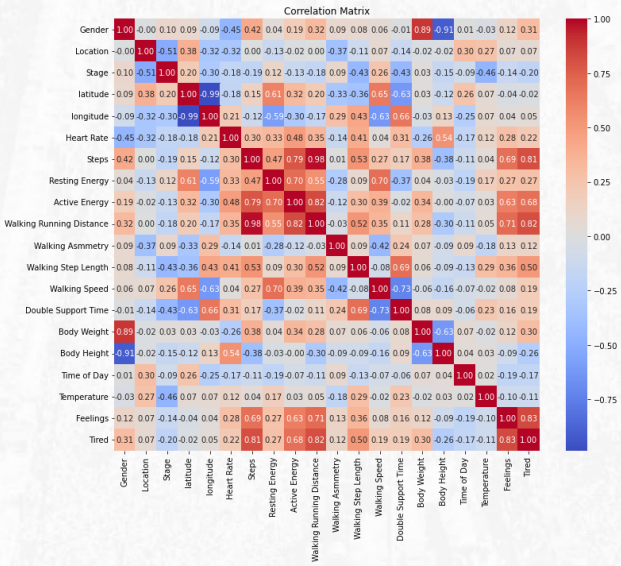
شملت العينة المستهدفة على ثلاثة مشاركين متطوعين تم اختيارهم لمحاكاة رحلة الحج ممن تنطبق عليهم معايير الإدراج مثل التمتع بصحة جيدة والالتزام بارتداء الأجهزة التقنية لتسجيل البيانات بانتظام، في حين استبعد من العينة من لم يتمكنوا من الالتزام أو لم يرغبوا في المشاركة، اعتمد في عملية جمع البيانات على طريقتين رئيسيتين، حيث وزعت ساعات ذكية على المشاركين لقياس مؤشرات الإجهاد المختلفة مثل معدل ضربات القلب والنشاط البدني ومدة التنقل، فيما أجريت مقابلات واستبيانات بعد كل نمط تنقل لتقييم تجربة ورضا الحجاج وإثراء البيانات الفسيولوجية ببيانات نوعية، شمل جمع البيانات المستمر مراقبة المؤشرات الحيوية عن بُعد، وتسجيلها في قاعدة بيانات آمنة، ثم تحليلها باستخدام الإحصاء الوصفي واختبارات المقارنة بين الأنماط، حيث لدى مدير نظام الدراسة صلاحيات الوصول إلى المنصة ومتابعة عينة الدراسة واستخراج البيانات الخاصة بكل مشارك بشكل كامل منذ بداية فترة جمع البيانات وحتى نهايتها، مما يسمح بتحليل متكامل للرحلة ومن خلال استيعاب كامل لعناصر وظروف الرحلة. تم كذلك تحليل استجابات المشاركين في المقابلات بشكل موضوعي لمعرفة آرائهم حول تجربة التنقل، التزمت الدراسة بالاعتبارات الأخلاقية من خلال الحصول على الموافقة المستنيرة للمشاركين وتوفير حماية كاملة لبياناتهم. تم تقسيم مراحل الدراسة إلى ثلاث مراحل: إعداد الأدوات وتدريب المشاركين قبل موسم الحج، ثم جمع البيانات وتحليلها خلال موسم الحج، بعد الانتهاء من عملية جمع البيانات، خضعت البيانات للمعالجة والتنسيق والتنظيف لضمان جودتها وصلاحيتها للتحليل (كبرياكو وآخرون، 2019)، وقد تم تطبيق خوارزميات الذكاء الاصطناعي وتعلم الآلة لتحليل البيانات واستنباط النتائج والتوقعات المتعلقة بمستويات الإجهاد للمشاركين خلال مراحل الحج، وأخيراً، تم تمثيل هذه البيانات في شكل رسوم بيانية توضح المواقع والأوقات التي شهدت مستويات مختلفة من الإجهاد، مما يسهم في فهم العوامل المؤثرة على راحة الحجاج وتقديم حلول مبنية على البيانات لتحسين تجربتهم (الجمل وآخرون ، 2019)، بالإضافة الى ذلك تم توثيق إجراءات الموافقة لجميع المشاركين، مع ضمان سرية بياناتهم، والحصول على موافقات أخلاقية من لجنة مختصة لضمان الالتزام بالمعايير الأخلاقية للدراسة وحماية خصوصية المشاركين، تهدف هذه الدراسة في النهاية إلى تقديم توصيات لتطوير تجربة التنقل للحجاج، وتخفيف مستويات الإجهاد، ورفع مستوى الرضا عن الخدمات المقدمة، ما يعزز جودة تجربة ضيوف الرحمن في كل نمط من أنماط التنقل الثلاثة.

3. النتائج والمناقشة

شملت الدراسة العديد من المحاور التي تخص الإجهاد خلال رحلة ضيف الرحمن وبالتحديد في مرحلة التنقل وانماط التنقل المختلفة حيث تم تحليل البيانات وفقاً للقراءات الحيوية المستخرجة من الساعات الذكية التي يرتديها المشاركون في الدراسة وكذلك الاستبيانات الآنية خلال المراحل المختلفة والتي شملتها الدراسة بالإضافة إلى المقابلة والأسئلة بعد الانتهاء من مرحلة جمع البيانات كما يظهر خلال تطبيق الدراسة باستخدام الساعات الذكية و التطبيق الخاص بنظام الدراسة كما في شكل 1 حيث يظهر المشاركون أثناء عملية جمع البيانات وملء الاستمارات الخاصة بالدراسة، حيث أظهرت بيانات انماط التنقل المختلفة وجود تفاوت في بعض مراحل التنقل خلال الرحلة، وقد تم استخراج البيانات وتحديد الارتباط بين بعض الخصائص وتسليط الضوء على كيفية تأثيرها على مستويات التوتر والإجهاد في مراحل التنقل كما هو موضح في مصفوفة الارتباط لنتائج البيانات والممثلة في شكل 2 ، حيث وضح الشكل خريطة حرارية تعرض الارتباط الخصائص بالمتغيرات المستهدفة حيث يُظهر كل من 'الإجهاد' و'المشاعر' ارتباطًا قويًا بأربعة خصائص محددة هي:

الخطوات، مستوى النشاط ، طول خطوة المشي، ومسافة المشي، بالمقابل، تُظهر الخصائص الأخرى قيم ارتباط تقل عن 0.5 مع المتغيرات المستهدفة، مما يدل على علاقات أضعف.

شكل 1. تطبيق دراسة قياس وتحليل الاجهاد خلال مراحل تنقل ضيف الرحمن في رحلة أداء مناسك الحج.



شكل 2. مصفوفة الارتباط لنتائج البيانات الخاصة بالدراسة والتي تم تجميعها للدراسة.

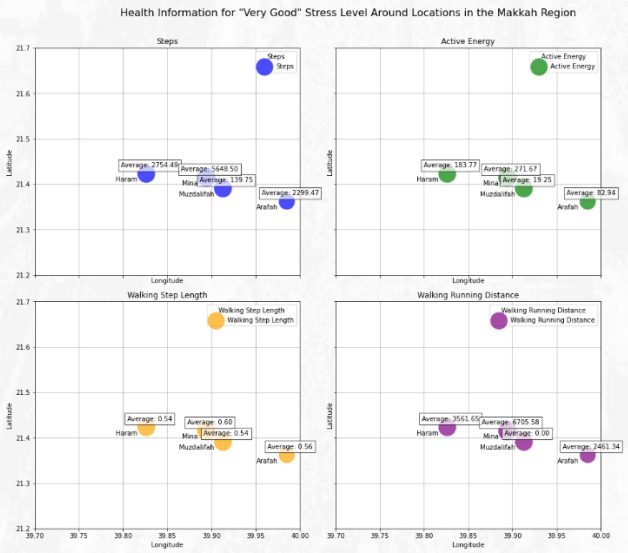
أنماط التنقل في الحج تمثل أحد التحديات الكبرى التي يواجها الحجاج، حيث تعكس تجاربهم المرهقة جسديًا ونفسيًا خلال هذه الرحلة الروحية، من خلال مقابلات مع المشاركين، وخلال أنماط متعددة للتنقل تخللتها تحديات عدة خاصة في أيام الحج المزدحمة، بداية من اليوم السابع من ذ ي الحجة الحج، كانت تجربة الطواف والسعي للمشاركين سلسة نسبيًا في البداية، حيث استغرق الطواف حوالي ساعة إلى ساعة وربع، ولكن مع ازدياد الازدحام أثناء السعي، استمر الوضع بالتدهور تدريجيًا حتى أصبحت الحالة سيئة بسبب التكدس الهائل في منطقة الطواف ومخارج الطواف، بالإضافة إلى ذلك استغرق الخروج من الحرم والبحث عن وسيلة نقل مدة طويلة تصل إلى ساعة ونصف، مما أضاف عبئًا إضافيًا إلى الرحلة، وفي اليوم التاسع من ذي الحجة، فيوم عرفة من الأيام الأقل جهدًا بدنيًا في بدايته، حيث لم يتطلب التنقل الكثير من الاجهاد والتعب وبالتالي المحافظة على مستويات محدودة من التوتر، وكان المكوث في عرفة داخل المخيم مريحًا نسبيًا، ثم تم الانتقال مساءً إلى مزدلفة عبر الحافلة في رحلة وُصفت بأنها جيدة من حيث التنظيم ولكنها مرهقة من حيث طول الانتظار والاصطفاف وطول فترة المكوث في الحافلة، وتظهر أكبر التحديات في اليوم العاشر، والذي كان من أكثر الأيام إرهاقًا جسديًا، حيث بعد مغادرتهم مزدلفة صباحًا، واجهوا تأخيرًا في التنقل بالحافلات لمدة ست ساعات بسبب الازدحام المروري الشديد، وبعد الوصول إلى منى، استمروا في المشي لمسافات طويلة لرمي الجمرات تحت حرارة شديدة وتعب وارهاق كبيرين، امتدت عملية المشي

إلى نحو ساعتين تقريبًا حتى وصلوا إلى الجمرات، وكانت حالة الإرهاق واضحة بشكل كبير بسبب المسافة والحرارة الشديدة، فقد تم رصد عملية المشي والتي تستغرق من ساعة الى ساعتين في كل رحلة بسبب الزحام الشديد، والتنقل بالحافلة تراوح بين بين 3 إلى 6 ساعات بسبب الازدحام المروري، اما البحث عن سيارات الأجرة والانتقال بها فقد استهلك وقتاً طويلاً من الانتظار والذي استغرق حوالي نصف ساعة ورحلة النقل من منطقة العزيزية الى منطقة الحرم حوالي نصف ساعة أخرى في كل مرة.

4. العلاقة بين مستويات التوتر في نمط المشي

في ما يخص نمط التنقل بالمشي فقد تم التركيز على تحليل العلاقة بين مستويات التوتر والتنقل بالمشي، حيث تم التركيز على المستويات الأقل توترًا "جيد جدًا" والأكثر توترًا "سيء"، ويهدف هذا التحليل إلى توضيح كيفية تأثير النشاط البدني وحجم الحركة على شعور المشاركين بالتوتر في مواقع مختلفة ومن خلال نمط المشي، مما يوفر فهم أكبر حول كيفية ارتباط عملية التنقل بصورة كثيفة ومدد طويلة بزيادة مستويات التوتر في بعض المواقع، ويوضح شكل 3 القيم المتوسطة للخصائص التي تظهر ارتباطًا قويًا بمستوى 'جيد جدًا' من الإجهاد عبر مواقع مختلفة، مع تحليل القراءات التي تم جمعها حصريًا من الحرم، منى، مزدلفة، وعرفة، وتشير البيانات إلى أن المشاركين في منطقة الحرم سجلوا متوسط خطوات بلغت 2,754 خطوة، بينما حقق المشاركون في منطقة منى متوسطًا يبلغ 5,648 خطوة، أما في عرفة فقد بلغ متوسط خطوات المشاركين 2,299 خطوة، ويُلاحظ أن متوسط الخطوات في مزدلفة كان 139 خطوة فقط، حيث كان المشاركون قد نزلوا مواقع مخصصة في منطقة منى للجلوس والراحة فيه ضمن أحد المخيمات في القري من مسجد الخيف، ويمكن أن يُعزى هذا التباين في عدد الخطوات إلى طبيعة الأنشطة التي تتم في هذه المواقع، حيث تتطلب طبيعة الحركة في مشعر منى عادةً الى التحرك بشكل أكثر كثافة خلال أيام التشريق، بينما تتميز منطقة مزدلفة بفترات من محددة من الراحة والانتظار في ساعات قليلة تمتد من مغرب شمس يوم عرفة الى منتصف الليل وقد تمتد لبعض المذاهب الفقهية الى طلوع فجر يوم العيد.

كما أظهرت النتائج اختلافًا طفيفًا في متوسطات طول الخطوة، حيث كانت القياسات تتراوح بين 0.54 متر في منطقة الحرم، و 0.60 متر في منطقة منى، و 0.54 متر في المزدلفة، و0.56 متر في عرفة، و يشير هذا الاختلاف الطفيف في طول الخطوة في منطقة منى إلى نمط من المشي الأكثر تركيزًا خلال القيام بأنشطة مناسك الحج، مما يعكس الجهد البدني الذي يبذله المشاركون خلال هذه المرحلة، أما فيما يتعلق بمسافة المشي، فقد قطع المشاركون في منطقة الحرم مسافة متوسطة تبلغ 3,561 متر، بينما بلغ المتوسط في منطقة منى 6,705 متر، أما متوسط المسافة فقد انخفض بشكل كبير في منطقة مزدلفة، والذي سجل عند 0 متر، حيث يتوافق هذا مع حقيقة أن المشاركين.

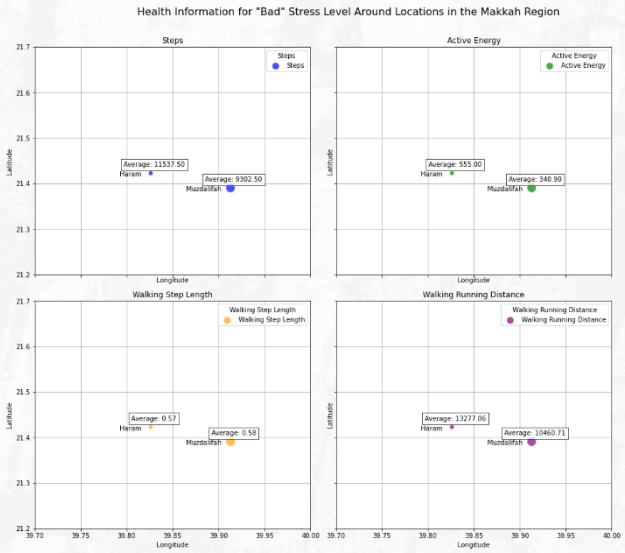


شكل 3. المعلومات الصحية لمستوى الإجهاد "جيد جداً" حول المواقع في مكة المكرمة.

غالبًا ما يبقون في أماكنهم خلال مدة مكوثهم هناك، في المقابل فقد قطع المشاركون في عرفة متوسط مسافة يبلغ 2,461 متر، وهو ما يعكس حركتهم داخل عرفة أثناء أداء أنشطة مختلفة على مدار اليوم في يوم عرفة مثل الذهاب إلى جبل الرحمة أو الخروج من المخيم أو الوصول إلى الخدمات داخل المخيم، وفي المقابل يتفاوت متوسط استهلاك الطاقة بشكل كبير بين المواقع، حيث أحرق المشاركون في المتوسط 183 سعرة حرارية في منطقة الحرم، و271 سعرة حرارية في منطقة منى، و19.25 سعرة حرارية في مزدلفة، و82 سعرة حرارية في منطقة عرفة، ويعكس هذا التباين في استهلاك الطاقة مستويات النشاط البدني المختلفة المرتبطة بكل موقع، ويمكن أن يُعزى هذا التفاوت في النشاط وحرق السعرات إلى المتطلبات البدنية المتزايدة للتنقل وسط الحشود الكبيرة وأداء الشعائر حيث كان في أعلى

قراءاته في منطقة منى، بينما يعكس الحد الأدنى لاستهلاك الطاقة في منطقة مزدلفة وذلك لانخفاض مستويات النشاط خلال فترات الراحة.

يستعرض شكل 4 القيم المتوسطة للخصائص التي تظهر ارتباطًا قويًا بمستوى التقييم 'سيئ' من الإجهاد عبر مواقع مختلفة خلال رحلة أداء النسك مع التركيز بشكل خاص على القراءات التي تم جمعها في الحرم ومزدلفة، حيث أن منطقة الحرم سجل فيها المشاركون متوسطًا يبلغ 11,537 خطوة، مما يشير إلى مستوى مرتفع نسبيًا من النشاط البدني، والذي قد يسهم في مستويات الإجهاد أثناء رحلة أداء مناسك الحج، وعلى النقيض من ذلك فقد سجل المشاركون في منطقة مزدلفة متوسطًا يبلغ 9,302 خطوة، مما يشير إلى انخفاض في حجم الحركة مقارنةً بمنطقة الحرم، حيث يعكس هذا الاختلاف في القراءات الاختلاف في الأنشطة والأعمال المتنوعة المرتبطة بكل موقع.



شكل 4. المعلومات الصحية لمستوى الإجهاد "سيء " حول المواقع في مكة المكرمة.

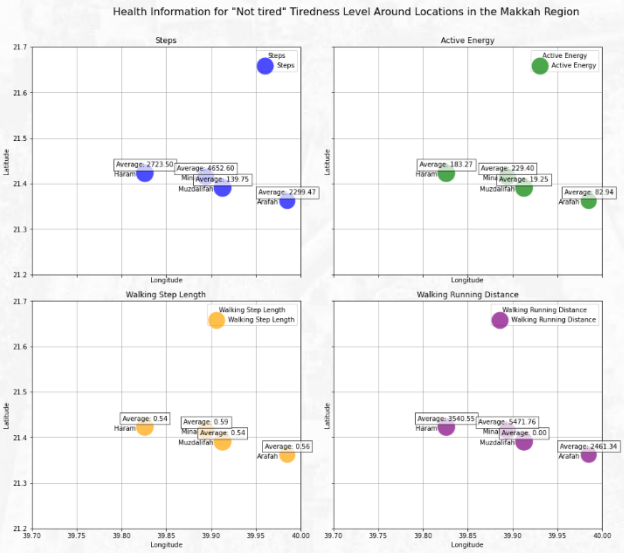
إضافةً لذلك فقد أظهر متوسط طول الخطوة اختلافًا طفيفًا، حيث بلغ 0.57 مترًا في منطقة الحرم و0.58 مترًا في منطقة مزدلفة تشير هذه القياسات إلى أن المشاركين حافظوا على وتيرة ثابتة أثناء التنقل في هذه البيئات المزدحمة والديناميكية، وأما فيما يتعلق بمسافة المشي فقد قطع المشاركون في منطقة الحرم متوسط مسافة مقدارها 13,277 مترًا، وهو ما يزيد بشكل ملحوظ عن 10,460 مترًا والتي سجلها المشاركون في منطقة مزدلفة، حيث يبرز هذا الاختلاف في مسافة المشي الحركية الواسعة والمطلوبة في منطقة الحرم، حيث يشارك المشاركون غالبًا في عدة أنشطة مختلفة ترتبط بأداء مناسك الحج مثل الطواف والسعي بجانب الصلاة في أوقات محددة، بينما قد تتطلب منطقة مزدلفة حركة أقل بسبب طبيعة أعمال المناسك فيها وأنشطتها المختصرة، بالإضافة إلى ذلك فقد تفاوتت كمية الطاقة المحترقة بشكل كبير بين الموقعين، حيث قام المشاركون بحرق متوسط طاقة مقداره 555 سعرة حرارية في منطقة الحرم و340 سعرة حرارية في منطقة مزدلفة، و يشير ارتفاع استهلاك السعرات الحرارية في الحرم إلى مستوى أعلى من المتطلبات البدنية، وهو ما قد يكون مرتبطًا بزيادة مستويات الإجهاد التي أبلغ عنها المشاركون في ذلك الموقع، و يوفر فهم هذه الأنماط من النشاط البدني واستهلاك الطاقة رؤى قيمة حول العوامل التي تسهم في تجارب المشاركين من الإجهاد أثناء أداء مناسك الحج.

5. العلاقة بين مستويات الإجهاد في نمط المشي

تم التركيز في هذا الجزء من الدراسة على تحليل العلاقة بين مستويات الإجهاد والتنقل بالمشي، مع تسليط الضوء على المستويات الأكثر راحة "عدم الإجهاد" والأكثر تعبًا "الإجهاد الشديد"، حيث يهدف التحليل إلى توضيح كيفية تأثير النشاط البدني وحجم الحركة على شعور المشاركين بالإجهاد في مواقع مختلفة، مما يوفر رؤى حول كيفية ارتباط التنقل العالي الكثافة بالمشي بارتفاع مستويات الإجهاد في مواقع معينة، حيث يوضح شكل 5 القيم المتوسطة للخصائص التي ترتبط ارتباطًا قويًا بمستوى 'غير متعب' عبر مواقع مختلفة.

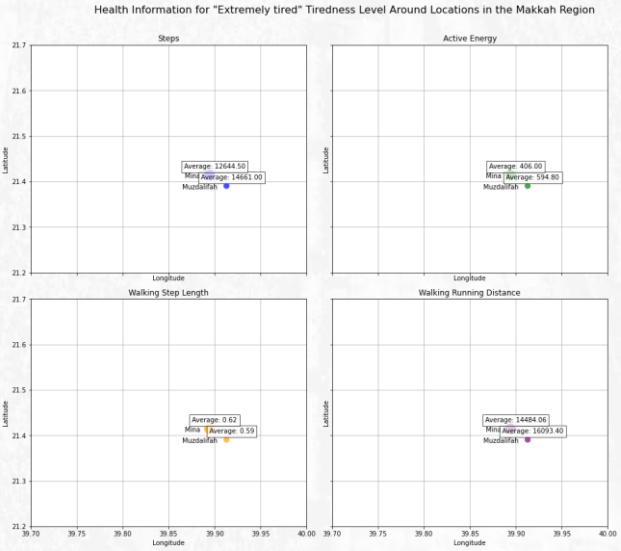
حيث سجل المشاركون متوسط 2,723 خطوة في منطقة الحرم، و4,652 خطوة في منطقة منى، و2,299 خطوة في منطقة عرفة، و139 خطوة فقط في منطقة مزدلفة، كانت المسافات المتوسطة المقابلة للمشي 3,540 متر في منطقة الحرم، و5,471 متر في منطقة منى، و2,461 متر في منطقة عرفة، و0 متر في منطقة مزدلفة، مع تفاوت متوسط طول الخطوة بشكل طفيف عبر المواقع: 0.54 متر في منطقة الحرم، و0.59 متر في منطقة منى، و0.56 متر في منطقة عرفة، و0.54 متر في منطقة مزدلفة.

بالإضافة إلى ذلك، أظهر متوسط استهلاك الطاقة النشطة تباينًا كبيرًا، حيث أحرق المشاركون 183 سعرة حرارية في منطقة الحرم، و229 سعرة حرارية في منطقة منى، و82 سعرة حرارية في منطقة عرفة، و19.25 سعرة حرارية فقط في منطقة مزدلفة، تسلط هذه النتائج الضوء على تأثير الموقع على النشاط البدني واستهلاك الطاقة بين المشاركين.



شكل 5. المعلومات الصحية لمستوى التعب "غير متعب" حول المواقع في مكة المكرمة.

يوضح شكل 6 القيم المتوسطة للخصائص المرتبطة بمستوى 'متعب للغاية' عبر المواقع، مع التركيز على البيانات المسجلة حصريًا في منى ومزدلفة، حيث سجل المشاركون متوسط 12,644 خطوة في منطقة منى و14,661 خطوة في منطقة مزدلفة، مع متوسطات طول خطوة تبلغ 0.62 متر في منى و0.59 متر في منطقة مزدلفة. بلغ متوسط مسافة المشي 14,484.6 متر في منطقة منى وارتفع إلى 16,093 متر في منطقة مزدلفة، حيث كان متوسط استهلاك الطاقة 406 سعرة حرارية في منطقة منى و594 سعرة حرارية في منطقة مزدلفة، مما يعكس الجهد البدني المتزايد في هذه المواقع.



شكل 6. المعلومات الصحية لمستوى التعب "متعب للغاية " حول المواقع في مكة المكرمة.

6. الأسباب التي أدت لارتفاع مستويات الإجهاد

تقدم الأسباب وراء مستويات الإجهاد المتفاوتة بين المشاركين رؤى قيمة حول العوامل التي تسهم في إرهاقهم، يوضح **شكل 7** الأسباب الشائعة للتعب حسب المنطقة خلال رحلة الحج والتي تم الإشارة إليها من قبل المشاركين، بالنسبة للمشاركين في الدراسة فقد أبلغوا عن شعورهم "بعدم الإجهاد" عندما كانت أكثر الأسباب شيوعًا هي انخفاض كثافة الزحام، وعلى العكس، أشار الكثيرون إلى ظروف سلبية مثل الطقس الحار، المناطق المزدحمة جدًا، ومشاعر العطش، على الرغم من أن هذه العوامل لم تؤثر بشكل كبير على مستويات طاقاتهم، حيث أشار المشاركون الذين شعروا بـ"تعب طفيف" في كثير من الأحيان إلى أنهم ينسبون تعبهم إلى الإرهاق والنعاس، بالإضافة إلى كون الطقس الحار عاملًا رئيساً، بالإضافة أسباب أخرى أبرزها العطش، الجوع، والوجبات الفائتة خلال رحلات الحافلات، مما يشير إلى أن مزيجًا من العوامل البيئية والبدنية ساهمت في الإجهاد الطفيف.

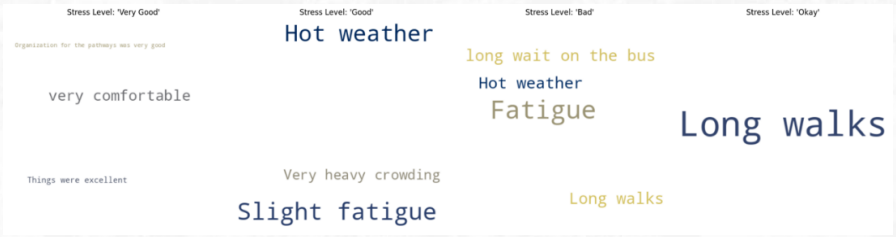
وكانت من أبرز الأسباب بالنسبة لأولئك الذين يشعرون بمستويات "تعب شديد" النشاط البدني المتزايد وضغط القيام بالشعائر ذات المواعيد المحددة مما ساهم في الشعور بالإجهاد وبشكل كبير، و شملت العوامل المرصودة الطقس الحار، العطش، الإرهاق، وقد زادت المواقع المزدحمة من تعبهم، حيث حدد المشاركون المناطق المكتظة كمصدر رئيسي للإزعاج خلال الرحلة، وكانت مشاعر القلق أيضًا والتوتر حاضرة، حيث أعرب المشاركون عن أن الانفصال عن مجموعاتهم زاد من توترهم وتعبهم، وقد حدد المشاركون الذين شعروا بـ "تعب شديد للغاية" العديد من العوامل الهامة والتي ارتبطت مع مواقع مثل منطقة منى و منطقة مزدلفة، خاصة في المساء، وذلك بالتقارير المتكررة عن الإرهاق الشديد حيث تضمنت الأسباب الرئيسية الطقس الحار، مشاعر الإجهاد والنعاس، والازدحام، بالإضافة إلى ذلك ساهمت الحاجة للبقاء في مزدلفة طوال الليل في تعبهم، حيث زادت قلة الراحة بشكل كبير من إرهاقهم.

شكل 7. الأسباب الشائعة للتعب حسب المنطقة خلال رحلة الحج والتي تم الإشارة إليها من قبل المشاركين.

من جانب أخر، يوضح شكل 8 كيف اختلفت تجارب المشاركين حسب الموقع، ففي منطقة الحرم، كانت الانزعاج الرئيسي المبلغ عنه هو الطقس الحار، على الرغم من أن العديد أشاروا إلى أن المنطقة كانت نسبيًا غير مزدحمة، وقد ذكر بعض المشاركين مشاكل تتعلق بالازدحام ومشاعر الإجهاد والنعاس والعطش، وأعرب عدد قليل عن مخاوف من فقدان الاتصال بمرافقيهم خلال زيارتهم، في منطقة عرفة كانت الحرارة الشديدة هو السبب الوحيد المبلغ عنه لزيادة الإجهاد، مما أثر بشكل كبير على مستويات راحة المشاركين.

أما في منطقة منى، فقد ذكر المشاركون بأن الإجهاد حصل في الغالب الإجهاد بسبب الطقس الحار، الذي كان السبب الأكثر تكرارًا في حالات الرصد، بالإضافة الى الازدحام، والنعاس، والعطش، والشعور بالجوع، وقد برزت مزدلفة كواحدة من أكثر المواقع إرهاقًا، حيث شهد المشاركون أعلى مستويات الإجهاد، رغم انهم تنقلوا بالحافلة وبقوا لمدة طويلة في الانتظار، وقد تضمنت العوامل المساهمة الطقس الحار، الإرهاق الشديد بسبب الإقامة الليلية، نقص الوجبات أثناء رحلات الحافلات، والازدحام وقد أبلغ المشاركون بشكل متكرر عن شعورهم بالإجهاد والنعاس والعطش خلال إقامتهم هناك، بالنسبة للمشاركين الذين أبلغوا عن شعورهم بـ"جيد جدًا"، كانت أكثر الأسباب ذكرًا هي الشعور بالراحة الكبيرة، بالإضافة إلى ذلك أشار بعض المشاركين إلى التنظيم الممتاز، خاصة فيما يتعلق بالممرات، مما

عزز تجربتهم، أما أولئك الذين أبلغوا عن شعورهم بـــ"جيد" ذكروا الازدحام الشديد كسبب رئيسي مسبب للقلق، و أشار العديد من المشاركين أيضًا إلى أنه على الرغم من التحديات مثل الطقس الحار والإجهاد الطفيف، لم تؤثر هذه العوامل بشكل كبير على مستويات توترهم العامة، بالنسبة للمشاركين الذين أبلغوا عن شعورهم بـــ"مقبول"، كانت أكثر الأسباب شيوعًا هي فترات المشي الطويلة، التي ساهمت في زيادة مستويات التوتر لديهم، وقدّم المشاركون الذين شعروا بـــ"سيئ" أسبابًا أكثر حدة لتوترهم، بما في ذلك الإجهاد، فترات المشي الطويلة والانتظار الطويل في الحافلات، والطقس الحار، والتي أثرت بشكل كبير على راحتهم ومستويات توترهم.



شكل 8. الأسباب الشائعة للتعب حسب المنطقة خلال رحلة الحج والتي تم الإشارة إليها من قبل المشاركين.

7. الخلاصة

في هذه الدراسة، تم التركيز على نمط التنقل بالمشي كونه النمط الأكثر شيوعاً بين ضيوف الرحمن، وهو الأساس في التنقل داخل الحرم المكي ومنشآت الجمرات والمخيمات، ويأتي هذا التركيز استجابة للملاحظات المتعلقة بأنماط النقل الأخرى، مثل النقل بالحافلات، حيث أظهرت الدراسة أن استخدام الحافلات قد يسبب الإجهاد والتوتر الناتجين عن الانتظار المطول، والجلوس لفترات طويلة، والارتباط بنظام المجموعة، هذه العوامل تترك أثراً سلبياً على حالة الحاج النفسية ودرجة الإجهاد التي يتعرض لها، كما أوضحت الدراسة أن من أبرز مسببات الإجهاد هو التعرض للحرارة العالية خلال النهار، بالإضافة إلى التعب الشديد الناتج عن مراحل النفرة والتنقل بين المشاعر، بدءاً من عرفة، ثم الوقوف بمزدلفة، والتحرك منها في صباح يوم العاشر من ذي الحجة، وأظهرت النتائج أيضاً وجود ارتباط بين كثافة الحشود في بعض المواقع ومعدلات الإجهاد البدني والنفسي التي يتعرض لها الحاج، حيث يؤدي التوقف المتكرر، والتحرك البطيء بخطوات صغيرة، إلى إطالة مدة الانتظار والوقوف المطول، مما يزيد من الإجهاد، خاصة في المناطق ذات المسافات الطويلة التي يسلكها الحجاج، والتي تفتقر إلى مواقع استراحة مناسبة للمشاة، لا سيما في المناطق المحيطة بجسر الجمرات.

8. التوصيات

توصي هذه الدراسة بتطوير برنامج مستدام وشامل لقياس التوتر والإجهاد وكل ما يتعرض له ضيوف الرحمن خلال مراحل التنقل المختلفة خلال رحلة الحج بدءاً من التنقل سيراً على الأقدام وصولاً إلى استخدام الحافلات، حيث تختلف مسببات الإجهاد والتعب باختلاف أنماط التنقل، مما يستدعي تخصيص استراتيجيات فعالة لتقييم مستويات الإجهاد وتحليلها بطرق علمية دقيقة، كما ينبغي أن يشمل هذا البرنامج البحثي عينة واسعة ممثلة ومتنوعة من الحجاج، مع مراعاة اختلاف الجنسيات والخلفيات الثقافية لضيوف الرحمن، وذلك تماشياً مع توجه المملكة العربية السعودية نحو رفع جودة الخدمات وتحسين تجربة الحجاج والمعتمرين والزوار.

كما توصي الدراسة بوضع نماذج متكاملة للتنقل بحيث تشمل معايير محددة تتيح قياس المدة المستغرقة لكل نمط من أنماط التنقل وتحديد العوامل المؤثرة بناءً على جنسيات الحجاج ومتطلبات خطة النقل لكل مجموعة، إضافةً إلى ذلك توصي الدراسة بضرورة ربط عمليات قياس التوتر والإجهاد بعمليات التنظيم والتوقيت الخاصة برحلة الحاج، بحيث يتم ضبط مواقيت الرحلات وتنظيمها بناءً على تقييمات دقيقة لمستويات الإجهاد والإرهاق، بما يضمن عكس الوضع الحقيقي للحالة النفسية والبدنية لضيوف الرحمن، خاصة بالنسبة للفئات الأكثر عرضة للإجهاد ككبار السن والنساء.

المراجع

- الشمراني، م.، هوساوي، ع.، الصايغ، ع.، العفيف، ط.، 2024. قياس وتحليل التوتر والإجهاد لضيوف الرحمن في مناسك الحج باستخدام التقنيات المتقدمة، الملتقى العلمي الثالث والعشرون لأبحاث الحج والعمرة، جامعة أم القرى، فبراير 2024.
- الحارثي، ن. و الشمراني، م.، 2021. تحليل خصائص الحجاج أثناء إقامتهم في مكة باستخدام خوارزميات التعلم الآلي، المنتدى العلمي

العشرين لأبحاث الحج والعمرة وزيارة المدينة، 2021.

- كيم، ب. و يونغ، ج.، 2021. "آثار الروحانية على سلوك الزوار: نموذج معرفي-وجداني-سلوكي"، المجلة الدولية لأبحاث السياحة، المجلد 23، العدد 6، ص. 1151-1162. https://doi.org/10.1002/jtr.2474
- جياناكيس، ج.، غريغوريديس، د.، جياناكي، ك.، سيمانتيراكي، أ.، رونييتس، أ. و تسكناكيس، م.، 2019. مراجعة حول الكشف عن الإجهاد النفسي باستخدام الإشارات الحيوية، IEEE Transactions on Affective Computing.
- دوارتي، ج.، سارمينتو، ل. و رودريغيز-باديا، د.، 2021. "اقتراح منهجي لتحديد مسارات السياحة في منطقة معينة من خلال تقنيات التجميع"، Heliyon، المجلد 7، العدد 4، ص. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06655 .
- كيرياكو، ك.، ريش، ب.، ساجل، ج.، بيتوتشناج، أ.، فيرنر، ج.، نيدرسيير، د.، ليدلغروبر، م.، ويلهيلم، ف.هـ.، أوزبورن، ت. و بيكيت، ج.، 2019. الكشف عن لحظات التوتر من خلال قياسات المستشعرات الفسيولوجية القابلة للارتداء، Sensors، 19(17)، ص. 3805.
- الجمل، م. والشمراني، م.، 2019. دراسة تحليلية لأهم خصائص ضيوف الرحمن وتمثيلها باستخدام التقنيات الحديثة لتعدين البيانات الكبيرة لدعم القرار، المنتدى العلمي التاسع عشر لأبحاث الحج والعمرة وزيارة المدينة، 2019.

إطار عمل لتخطيط عمليات النقل للحج باستخدام الحوسبة السحابية

ثامر محمد قدح*، عماد فلمبان

قسم هندسة الحاسب والشبكات - جامعة أم القرى

A Cloud-based Route Planning Framework for Hajj

Thamir M. Qadah*, Emad Felemban

Department of Computer and Network Engineering, Umm Al-Qura University

*Corresponding author: E-mail (tmqadah@uqu.edu.sa)

الملخص

يعد التخطيط الدقيق لحركات التنقل أثناء الحج أمرًا بالغ الأهمية لمساعدة ملايين الحجاج على أداء فريضة الحج بشكل صحيح. للمساعدة في تحقيق أهداف برنامج خدمة ضيوف الرحمن (PEP) المتمثلة في الوصول إلى 30 مليون حاج ومعتمر، هناك حاجة إلى تطوير أطر تخطيط ذكية وفعالة لعمليات النقل في موسم الحج. في هذه الورقة، نقترح إطارًا تقنيا مبني على أدوات سحابية تمكن مخططي عمليات النقل في الحج من اختيار مسارات النقل بطريقة آلية. يمكن للإطار المقترح أن يساعد الجهات المسؤولة عن تخطيط عمليات النقل على تحليل خطط النقل بعناية ودراسة البدائل استعدادًا لموسم الحج.

قمنا بدراسة ثلاثة طرق مختلفة لتحديد وتحليل مسارات النقل من مكة المكرمة إلى مخيمات مشعر منى بالإضافة إلى مناقشة مزايا وعيوب الطرق الثلاثة المقترحة. كما نناقش أيضًا تحديات البحث والتطوير الرئيسية المتعلقة بالأدوات السحابية لتخطيط المسارات بطريقة آلية لموسم الحج. تسهم هذه الورقة في استعراض طرق استخدام تقنيات الحوسبة السحابية وأدوات تحليل البيانات المكانية لعملية تخطيط المسارات لموسم الحج.

انظر البحث الكامل في الجزء الخاص بالأبحاث الإنجليزية صفحة (62)

دعم عمليات الحج بتقنيات التعرف على الكلام العربي القائمة على الذكاء الاصطناعي

هنوف علي[1*]، ثامر قدح[1]، أنس داغستاني[1]، عبدالله الهوساوي[2]، ولاء العيدروس[1]، ملاك الجابري[1]

[1*]كلية الحاسبات، جامعة أم القرى

[2]معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة، جامعة أم القرى

Supporting Hajj Operations with AI-based Arabic Speech Recognition Techniques

Hanouf Ali[1*], Thamir Qadah[1], Anas Daghistani[1], Abdallah Alhawsawi[2], Walla Al-Eidarous[1], Malak Aljabri[1]

[1*]College of Computing[1], Umm Al-Qura University

[2]The Custodian of The Two Holy Mosques Institute for Hajj and Umrah[2], Umm Al-Qura University

Research, Umm Al-Qura University

[*]Corresponding author: E-mail (S442018434@uqu.edu.sa)

الملخص

يُعدّ الحج أحد أكبر التجمعات الدينية السنوية، مما يفرض تحديات لوجستية وتشغيلية كبيرة، وخاصة في مجال التواصل والتنسيق المستمر حسب التغيرات التي تحدث في الوقت الفعلي. ويُعد التواصل الفعال والتوثيق في الوقت الفعلي بين مختلف العمليات وسلطات التشغيل والمراقبة أمراً بالغ الأهمية للتنفيذ السلس لعمليات الحج. ومع ذلك، فإن الاعتماد التقليدي على الطرق اليدوية لنسخ العمليات من أجهزة الاتصال اللاسلكية والتسجيلات الصوتية عرضة للأخطاء البشرية التأخر في النسخ الكتابي ويواجه تحديات في الحفاظ على سجلات دقيقة، خاصة في بيئة الحج المزدحمة والديناميكية. وبالإضافة إلى ذلك فإن اللغة العربية بمفرداتها الغنية ولهجاتها المتنوعة وتعقيداتها الصرفية، يزيد صعوبة التعرف على الكلام. تقترح هذه الورقة البحثية نظامًا للتعرف التلقائي على الكلام باللغة العربية مصممًا لنسخ الاتصالات الصوتية المتعلقة بالحج في الوقت الفعلي واستخراج معلومات قيمة مثل تغييرات بيانات الجدول الزمني والمواقع والتحديثات التشغيلية التي سيتم تمثيلها في شكل تقارير ورسوم بيانية وعرضها على لوحة معلومات تفاعلية. من خلال أتمتة هذه العملية يهدف النظام إلى تعزيز دقة وسرعة تنفيذ العمليات مع تقليل التأخير المتأصل في العمليات اليدوية. وسيدعم النظام المقترح صانعي القرار في مراقبة العمليات وإدارة الحشود وتحسين التنسيق وتقليل الأخطاء وضمان سلامة وكفاءة عمليات الحج. يتماشى الحل المقترح مع رؤية المملكة العربية السعودية 2030، التي تؤكد على تبني التكنولوجيا المتقدمة لتحسين جودة الخدمة والتحول الرقمي في قطاع الحج والعمرة.

الكلمات الدالة: نظام التعرف الآلي على الكلام العربي، متابعة الحشود، ادارة الحشود، الذكاء الاصطناعي، خوارزمية المحولات.

Abstract

Hajj is one of the largest annual religious gatherings, posing significant logistical and operational challenges, especially in communication and coordination continuous changes that are happening in real-time. Effective communication and real-time documentation between different operations and monitoring authorities are critical to the smooth execution of Hajj operations.

However, traditional reliance on manual methods for transcribing of Wireless Communication Devices and audio recordings is prone to human errors, transcription delays, and challenges in maintaining the accuracy of records, especially in the crowded and dynamic Hajj environment. In addition, the Arabic language, with its rich vocabulary, diverse dialects, and morphological complexities, makes speech recognition even more challenging. This paper proposes an Arabic Automatic Speech Recognition (ASR) system designed to transcribe Hajj-related voice communications in real-time and extract valuable information such as schedule data changes, locations, and operational updates that will be represented in the form of reports and graphs and visualized on an interactive dashboard. The system aims to enhance the accuracy and speed of operations while reducing the delays inherent in manual operations by automating this process. The proposed system will support decision makers for operations monitoring and crowd management, improving coordination, reducing errors and ensuring the safety and efficiency of Hajj operations. The proposed solution is in line with Saudi Arabia's Vision 2030, which emphasizes the adoption of advanced technology to improve service quality and digital transformation in the Hajj and Umrah sector.

1. المقدمة

يجمع الحج السنوي ملايين المسلمين معًا حيث يتوافدون إلى مكة المكرمة بالمملكة العربية السعودية من شتى أقطار العالم لأداء سلسلة من المناسك الدينية لأعظم شعائر الاسلام حيث يحتل الركن الخامس من أركان الاسلام. يطرح هذا التجمع الضخم تحديات فريدة في إدارة الخدمات اللوجستية والاتصالات كما تتطلب إدارة مثل هذا الحدث الضخم التواصل الفعّال والتنسيق بشكل خاص بناء على التغييرات والتطورات في الوقت الفعلي. على مر السنين، لعبت التكنلوجيا دورًا رئيسيًا بشكل متزايد في معالجة التحديات الفريدة التي يواجهها قطاع الحج والعمرة، ومن بين هذه التقنيات كانت تقنية الاتصالات على وجه التحديد من أبرزها اسهاما .(Showail, 2022) علاوة على ذلك برز ظهور الذكاء الاصطناعي كواحد من أكثر التقنيات تأثيرًا في مختلف المجالات في قطاع الحج، مما يتيح تقدمًا كبيرًا في أتمتة وتحسين العمليات المختلفة. وقد جعلت المملكة العربية السعودية تطوير منظومة الحج والعمرة أولوية استراتيجية، حيث تبنت بنشاط التكنولوجيا الحديثة والذكاء الاصطناعي لتعزيز جودة وأداء الخدمات المقدمة للحجاج. ويتماشى هذا الالتزام مع رؤية 2030، التي تؤكد على تبني التكنولوجيا، لتعزيز جودة الخدمات المقدمة للحجاج ودفع التحول الرقمي في القطاع.

أحد التحديات التي تواجه سلطات الحج هي الحاجة إلى التواصل والتوثيق الفعال في الوقت الفعلي لعمليات الحج والذي يمثل أمرًا بالغ الأهمية. يعد التحدث الصوتي وسيلة الاتصال الأكثر سهولة وفعالية بين الأفراد، وخلال موسم الحج تعتمد سلطات المراقبة والتفويج المختلفة على التواصل بشكل كبير باستخدام أجهزة راديو ثنائية الاتجاه للإبلاغ عن التغييرات والتحديثات. ومع ذلك فإن الاعتماد التقليدي على الاتصالات اللاسلكية والتسجيلات الصوتية والتوثيق اليدوي عرضة للأخطاء البشرية والتأخر في النسخ الكتابي ويواجه تحديات في الحفاظ على سجلات دقيقة، وخاصة في بيئة الحج المزدحمة والديناميكية. إن الحجم الهائل من المعلومات التي يجب معالجتها، إلى جانب تنوع اللهجات العربية ووجود ضوضاء في الخلفية، يجعل من الصعب ضمان التعرف على التحديثات الحرجة والتصرف بناءً عليها في الوقت المناسب.

ولمعالجة هذه التحديات يقترح هذا البحث تطوير نظام التعرف الآلي على الكلام (Automatic Speech Recognition - ASR) الذي يحول الاتصالات الصوتية المتعلقة بالحج إلى كتابة في الوقت الفعلي ويستخرج معلومات رئيسية مثل التحديثات التشغيلية وبيانات الجداول الزمنية. سيتم بعد ذلك تقديم هذه المعلومات بتنسيق منظم، مثل التقارير أو الجداول، مما يوفر وصولاً فوريًا إلى البيانات المهمة لاتخاذ قرارات أفضل. لطالما كانت تقنية التعرف الآلي على الكلام محورًا لأبحاث الذكاء الاصطناعي، والتي تهدف الى تحويل الكلام المنطوق إلى نصوص باستخدام خوارزميات متقدمة. في حين توجد أنظمة التعرف الآلي على الكلام للعديد من اللغات الدولية، إلا أن التعرف على الكلام العربي لايزال بحاجة إلى المزيد من البحث والتطوير لوجود أبحاث محدودة تتناول تعقيداته الفريدة (Rahman et al., 2024). إن ندرة البيانات العربية الموضحة، إلى جانب التنوع المعجمي والصرفي للغة العربية (Alkhatib, 2017) وصعوبة التعامل مع اللهجات المختلفة وضوضاء الخلفية، تشكل عقبات كبيرة في بناء أنظمة فعالة للتعرف الآلي على الكلام باللغة العربية.

نظرًا لأهمية الاتصال والتنسيق اللحظي والقيود الحالية للطرق اليدوية، نقترح الاستفادة من الذكاء الاصطناعي لتحسين عملية التنسيق والتواصل وإدارة الحشود ومراقبتها في الوقت الفعلي. سيمكن هذا النظام من توثيق سلس وتسهيل عمليات اتخاذ القرار بشكل أسرع من خلال تقليل الأخطاء والتأخيرات. الهدف من هذا البحث هو تصميم وتنفيذ نظام التعرف الآلي على الكلام باللغة العربية

مصمم خصيصًا لتلبية احتياجات عمليات الحج وتحسينه للظروف اللغوية والصوتية المعقدة التي يواجهها الحجاج. سيساهم هذا الحل في تحسين التنسيق ودعم اتخاذ القرار وتعزيز السلامة وتبسيط إدارة ومتابعة العمليات في الحج، مما يجعله أداة أساسية لتحديث قطاع الحج بما يتماشى مع رؤية المملكة العربية السعودية 2030.

تم تنظيم بقية ورقة البحث على النحو التالي: يستعرض القسم الثاني الأعمال ذات الصلة. يصف القسم الثالث المنهجية وتطوير النظام وإطار العمل. يتحدث القسم الرابع عن التجارب التي تهدف الى تقييم النظام. ويناقش القسم الخامس النتائج الحالية. يختتم القسم السادس هذا العمل بتسليط الضوء على التوجهات البحثية المستقبلية.

2. الدراسات ذات الصلة

يتناول هذا القسم الأبحاث السابقة ذات الصلة لتحديد سياق العمل الحالي والتي تم تصنيفها إلى ثلاثة مجالات رئيسية: التطورات في تقنيات التعرف الآلي على الكلام بشكل عام، والتحديات والتقدم المحدد في التعرف الآلي على الكلام باللغة العربية، والابتكارات التكنولوجية لإدارة الحشود أثناء الحج. تسلط هذه المراجعة الضوء على أحدث التطورات هذا المجال، مما يوضح المساهمة العلمية للنظام المقترح في هذا العمل.

1.2 التطورات الحديثة في التعرف التلقائي على الكلام (ASR): شهد مجال التعرف التلقائي على الكلام (ASR) تطورات كبيرة في السنوات الأخيرة، حيث انتقل من تقنيات الذكاء الاصطناعي التقليدية إلى استخدام نماذج التعلم العميق. اعتمدت أنظمة التعرف التلقائي على الكلام في بداياتها على نماذج ماركوف المخفية (Hidden Markov Models - HMMs) ، و نماذج الخليط الغاوسي (Gaussian Mixture Models - GMMs) والتي واجهت صعوبات في التعامل مع الاختلافات في أنماط الكلام والهياكل اللغوية المعقدة. لقد أحدث ظهور التعلم العميق ثورة في هذا المجال، حيث أثبتت الشبكات العصبية العميقة (Deep Neural Networks - DNNs) فعاليتها العالية في التقاط الأنماط والتسلسلات الهرمية المعقدة في بيانات الكلام، والتعامل مع مجموعات البيانات الكبيرة، واستخراج الميزات ذات الصلة تلقائيًا، مما أدى إلى تحسينات كبيرة في الدقة.

في الآونة الأخيرة، تحول التركيز من النمذجة الهجينة القائمة على الشبكات العصبية نحو النمذجة من البداية إلى النهاية (E2E)، والتي تمثلت في نماذج DeepSpeech وDeepSpeech2 ونماذج (Encoder-Decoder) القائمة على الانتباه (Attention) والأساليب القائمة على المحول (Transformer). تتفوق نماذج E2E باستمرار على النماذج الهجينة في معايير الدقة. ولكن الاعتبارات العملية مثل زمن الوصول والتكلفة الحاسوبية تجعل النماذج الهجينة أفضل تجاريا.

تسلط العديد من المراجعات الحديثة الضوء على هذه الاتجاهات. يقدم جين وآخرون (M. Li et al., 2022) نظرة عامة شاملة على تقنيات التعرف على الكلام الحالية، وتصنيفها إلى نماذج فردية ونماذج قائمة على الشبكة العصبية الهجينة ونماذج E2E، ويسلط الضوء على الأهمية المتزايدة لنمذجة E2E، بينما يتعمق فريهات وآخرون (Al-Fraihat et al., 2024) في تحليل التعرف التلقائي على الكلام باستخدام تقنيات التعلم العميق من عام 2019 إلى عام 2022، كما كشف فريهات وآخرون عن الاعتماد المستمر على النماذج الهجينة والندرة النسبية في الأبحاث التي تستخدم بنية المحول خاصة للغات ذات الموارد المنخفضة. يدرس لي (J. Li, 2022) مزايا نماذج E2E بشكل أكبر، مع التركيز على دقتها وبساطة خطوط الأنابيب التي تخصها وإمكانية تطبيقها على لغات متعددة، مع مناقشة التحديات التجارية لاستخدامها.

2.2 التعرف على الكلام العربي: يواجه مجال التعرف الآلي على الكلام العربي تحديات كبيرة بسبب مورفولوجية اللغة المعقدة، وتنوع اللهجات، والتوافر المحدود للبيانات الموسومة. ركزت الأبحاث الحديثة على معالجة هذه التحديات من خلال مناهج مبتكرة، بما في ذلك تطوير مجموعات بيانات جديدة، وتطبيق تقنيات التعلم الذاتي، واستكشاف هياكل النمذجة الصوتية المتقدمة. يقدم هذا القسم العديد من الدراسات الرئيسية التي ساهمت في تقدم التعرف الآلي على الكلام العربي، وتسلط الضوء على منهجياتها وأحدث التقنيات المستخدمة ونتائجها ومساهماتها في هذا المجال.

قدم الحربي وآخرون (Alharbi et al., 2024) مجموعة البيانات الصوتية السعودية للغة العربية (SADA) والتي تهدف إلى تطوير أبحاث التعرف على الكلام العربي، وخاصةً اللهجات السعودية. اشتملت عملية جمع البيانات على الحصول على أصوات من 57 برنامجًا تلفزيونيًا من قبل هيئة الإذاعة والتلفزيون السعودية .(SBA) ويتكون SADA من 668 ساعة من الصوت عالي الجودة والمصنفة إلى

مقاطع نظيفة، أو موسيقية، أو ضحك، أو إعلانية، أو صاخبة وذلك يجعلها مناسب للتعلم الخاضع للإشراف. وتم استخدام أدوات التدريب، بما في ذلك ESPnet لتدريب نموذج (Encoder-Decoder) و Kaldiلنظام التعرف التلقائي على الكلام القائم على .HMM تظهر نتائج هذه الورقة فعالية الضبط الدقيق للنماذج على SADA وتؤكد على الحاجة إلى المزيد من مجموعات البيانات للهجات العربية لتحسين أنظمة التعرف التلقائي على الكلام .

ركز الكنهل وآخرون (Alkanhal et al., 2023) على تحسين التعرف الآلي على الكلام العربي من خلال الاستفادة من التعلم الذاتي وإدخال مجموعة بيانات جديدة تسمى أصوات (Aswat) تحتوي على مقاطع صوتية للكلام العربي النظيف لمدة 732 ساعة والتي تغطي أنواعًا متعددة وتتميز بمتحدثين ذوي تنوع صوتي، وهي متاحة للجمهور للاستخدام غير التجاري. تظهر الورقة نتائج محسنة للتعرف التلقائي على الكلام باللغة العربية باستخدام نموذجين بارزين للإشراف الذاتي: wav2vec وdata2vec.

درس الصيادي وآخرون (Alsayadi et al., 2021) نظامين E2E للتعرف التلقائي على الكلام العربي: نظام التعرف التلقائي التقليدي على الكلام ونظام التعرف التلقائي E2E على الكلام، حيث يستخدم الأخير منهجيات متطورة مثل الانتباه المشترك CTC و CNN-LSTM مع الانتباه. بعد تدريبه واختباره على مجموعة SASSC، تفوق نظام التعرف التلقائي E2E على الكلام على النظام الآخر التقليدي حسب ما وصلت اليه نتائج هذه الدراسة.

قام عويس الدين وصافي (Ouisaadane & Safi, 2021) بمقارنة GMM-HMM و DNN-HMM للتعرف على الكلام العربي في البيئات الصاخبة باستخدام مجموعة الكلام العربي للكلمات المعزولة (ASCIW). اختبر الباحثون الأنظمة تحت مستويات وأنواع مختلفة من الضوضاء (الثرثرة، وضوضاء الشارع، والضوضاء الوردية). ووجدوا أن DNN-HMM يتفوق باستمرار على GMM-HMM للتعرف على الكلام العربي في البيئات الصاخبة وأهمية التدريب الصاخب لتحسين المتانة.

قدم علي (Ali, 2020) نظامًا للتعرف على الكلام العربي متعدد اللهجات مصممًا لمواجهة تحديات اختلاف اللهجات والموارد المحدودة في بيانات الكلام العربي. تتمثل المساهمة الرئيسية له في إنشاء مجموعة كبيرة من بيانات الكلام العربي متعدد اللهجات، تتكون من أكثر من 1400 ساعة من بيانات الكلام التي تم جمعها من مصادر مختلفة ومجموعة جديدة تم تطويرها خصيصًا. تحدد الورقة إطارًا لتدريب نموذج صوتي شامل باستخدام هياكل CNN-RNN، وتحديدًا باستخدام طبقات التفافية تليها طبقات متكررة (LSTM أو GRU)، وتحقق دقة قريبة من أحدث التقنيات للتعرف على الكلام العربي. يتم تدريب النموذج الصوتي بدالة فقدان CTC، ويتم استخدام نموذج لغة رباعي الحروف على مستوى الكلمة لتوجيه عملية فك التشفير.

أبو عبيدة وآخرون (Obaidah et al., 2024) قاموا ببناء مجموعة بيانات صوتية ودراسة عدة أنظمة للتعرف على الكلام العربي في المحادثات الهاتفية حيث تم جمع مجموعة البيانات المرجعية من مكالمات حقيقية بين الوكلاء والعملاء في جميع أنحاء المناطق العربية. وقام الباحثون بكتابة الكلام يدويًا ليجمعوا 132 ساعة من بيانات الكلام الموسومة. قامت الدراسة بتقييم خمسة أنظمة ASR متطورة وهي: Meta M4T Model وWhisper وChirp وGoogle Cloud API وAzure API. وتوصلت الدراسة الى أن Chirp يحقق أفضل أداء في البيئات الصاخبة.

3.2 الابتكارات التكنولوجية لإدارة الحشود في الحج: تسلط الأبحاث الحديثة والدراسات في هذا القسم الضوء على أهمية دمج تقنيات متعددة لإدارة الحشود بفعالية أثناء الحج لتحسين السلامة والكفاءة أثناء الحج والعمرة، حيث قام فلمبان واخرون (Felemban et al., 2020) باستعراض مجالات تكنولوجية مختلفة، بما في ذلك الأنظمة اللاسلكية، والرؤية الحاسوبية، والحوسبة المكانية، وتحليلات البيانات، والتطبيقات المحمولة، والتقنيات الغامرة، ونمذجة الحشود، لتحسين إدارة الحشود في الحج.

فيما سلطت أبحاث أخرى الضوء على استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي وتحليل البيانات على وجه التحديد لإدارة الحشود في الوقت الفعلي وتحسين التواصل أثناء الحج، حيث تعاون فلمبان (Felemban et al., 2020) مع وزارة الحج والعمرة في تصميم وتنفيذ لوحة معلومات متعددة المستويات تراقب بشكل فعال تنَّقل الحجاج خلال موسم الحج في عام 2020. تهدف لوحة المعلومات هذه إلى تتبع وتحليل حركة الحجاج بين مختلف المشاعر المقدسة، وضمان الالتزام بالأوقات المجدولة وتعزيز إدارة تنقل الحشود بشكل عام. تم جمع البيانات من مصدرين رئيسيين: التقارير اليدوية عبر أجهزة الاتصال اللاسلكية وتطبيق الهاتف المحمول الموزع على قادة المجموعات، الذين أبلغوا عن "وقت المغادرة" و"وقت الوصول" لمجموعاتهم.

على الرغم من أن دراسات (Al-Shaery et al., 2022)، (Al-Shaery et al., 2024) و(Alharbey et al., 2024) ركزت على دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي الحديثة والتحليل لتعزيز استراتيجيات إدارة الحشود في الوقت الفعلي الا أنها اختلفت في النهج والمجال ففي

الدراستين (Al-Shaery et al., 2022) و (Al-Shaery et al., 2024) قام الشاعري وآخرون بتطوير نظام تحليل بيانات آلي مصمم لتحسين إدارة الحشود أثناء الحج. يركز هذا النظام على مراقبة العوامل المختلفة التي تؤثر على الحجاج، بما في ذلك حالتهم الصحية ومستويات التعب والحالات العاطفية، بهدف منع الحوادث المتعلقة بالحشود مثل التدافع والاختناق.

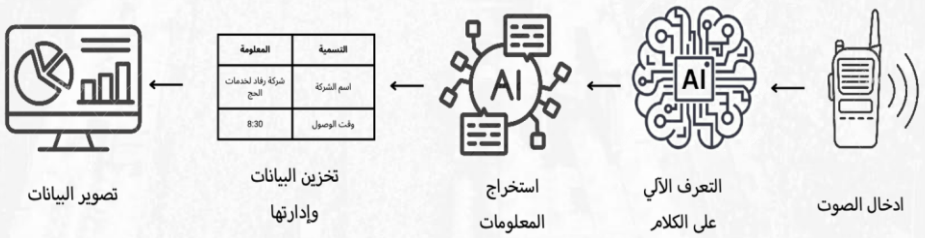
في المقابل طور الحربي واخرون (Alharbey et al., 2024) نظامًا متقدمًا لإدارة الحشود يستخدم أساليب التعلم العميق لمراقبة وتحليل معدلات تدفق الحجاج أثناء الحج والعمرة. تم تصميم هذا النظام للكشف بدقة عن الوجوه البشرية وتتبعها وعدها من خلال بطاقات الهوية الشخصية في الوقت الفعلي داخل البيئات المزدحمة.

على الرغم من الجهود البحثية والتقدم الكبير في مجال التعرف على الكلام وإدارة الحج، لا تزال هناك عدة فجوات بحثية. ومن الجدير بالذكر أنه في حين ركزت الدراسات الحالية على بيانات الكلام العربي، هناك حاجة ملحة لمجموعات بيانات أكثر شمولاً تتعلق على وجه التحديد باتصالات الحج، وخاصة تلك التي تعكس البيئات الصوتية الصاخبة والصعبة للحج. ورغم وجود أنظمة التعرف على الكلام للأغراض العامة، إلا أنها ليست مُحسَّنة للتعامل مع البيئة عالية المخاطر والفوضوية والمتنوعة لغوياً في الحج. على الرغم من أن الأبحاث سلطت الضوء على إمكانات التقنيات الحاسوبية والذكاء الاصطناعي على تعزيز معالجة البيانات وإدارة الحشود أثناء الحج، إلا أن التكيف المحدد لتقنيات الذكاء الاصطناعي والتعرف على الكلام مع ظروف الحج هو أمر لم يتم تناوله في الحلول الحالية. كما أن هناك حاجة الى المزيد من الدراسات والأبحاث التي تهدف إلى تطوير أنظمة قادرة على تعزيز الكفاءة التشغيلية لبيئة الحج.

تعد مثل هذه الأنظمة ضرورية لإدارة تعقيدات هذا الحدث بشكل فعال، وتحسين السلامة، والكفاءة، والتنسيق. ولمعالجة هذه الفجوات يقترح هذا البحث تطوير نظام ذكي للتعرف التلقائي على الكلام العربي ويقوم بتحويل الاتصالات الصوتية المتعلقة بالحج لحظيا إلى كتابة. سيركز النظام على استخراج المعلومات ذات الصلة بالحشود وعرضها في لوحات تفاعلية بشكل تلقائي مما يساعد على التنسيق بشكل أفضل واتخاذ القرارات. يهدف هذا العمل إلى تقديم مساهمة في مجال التعرف التلقائي على الصوت باللغة العربية وتطبيقه في تحسين عمليات الحج، فضلاً عن تقديم رؤية قابلة للتطبيق في إدارة الحشود في مختلف الأحداث واسعة النطاق.

3 منظور عام على النظام

لدعم العمليات التشغيلية في الحج نقترح تصميم وتطوير نظام آلي متكامل في الوقت الفعلي يقوم بالتعرف على الكلام من أجهزة الاتصالات اللاسلكية الصوتية للحج، واستخراج المعلومات، وتخزين البيانات لتغذية لوحات المعلومات التفاعلية والتنبيهات، بنهج معياري متسلسل المراحل كما هو موضح في الشكل 1 لتسلسل المعالجة في النظام. في هذا القسم نتطرق لوصف كل جزء في تسلسل المعالجة في النظام المقترح.



الشكل 1- تسلسل المعالجة في النظام المقترح

1.3 وحدة ادخال الصوت: الوحدة الأولى في تسلسل المعالجة هو تسجيل البيانات الصوتية وإدخالها للنظام. في هذه المرحلة يتم تلقي تدفقات صوتية مباشرة من مصادر مختلفة (على سبيل المثال، أجهزة الراديو ثنائية الاتجاه) خلال العملية التشغيلية. بعد ذلك يتم معالجة البيانات الصوتية لتنظيفها عبر إزالة الضوضاء وتطبيع مستويات الكلام، وذلك لتجهيزها لمهام التعرف الآلي على الكلام.

2.3 وحدة التعرف الآلي على الكلام: في هذه الوحدة يمكن استخدام أحد نماذج التعرف الآلي على الكلام من البداية إلى النهاية (E2E) مثل DeepSpeech (Amodei et al., 2016) **أو** Wav2Vec (Baevski et al., 2020) **أو النماذج المستندة على المحول** (Transformer) Whisper (Vaswani et al., 2023)**. هو أحد الأمثلة على النماذج المستندة على المحول (Transformer)، والذي تم استخدامه في الجزء التجريبي لهذا البحث. بنية المحول من البداية إلى النهاية (E2E transformer) هي نموذج تعلم عميق مصمم للتعامل مع مهام مختلفة**

من تسلسل إلى تسلسل، مثل الترجمة الآلية، وتوليد النص، والتعرف على الكلام، وغيرها. إن الابتكار الرئيسي للمحول (Transformer)هو اعتماده على آليات الانتباه الذاتي، والتي تسمح للنموذج فهم العلاقات بين البيانات المدخلة بالتوازي، وليس بشكل تسلسلي كما هو الحال في الشبكات العصبية المتكررة التقليدية (Recurrent Neural Networks - RNNs).

يتم ضبط هذه النماذج باستخدام مجموعة بيانات خاصة بالحج لتحسين دقتها في التعامل مع الأصوات الفريدة واللهجات والمفردات المستخدمة أثناء الحج. لتحسين الأداء يحتاج النظام الى ضبط النموذج اللغوي وتدريبه خصيصًا على المصطلحات المتعلقة بالحج لتعزيزقدرة النظام على نسخ اتصالات الحج بدقة. تتعلم هذه النماذج كيفية ربط الصوت مباشرةً بالنص دون فصل النماذج الصوتية واللغوية بشكل صريح. للتعامل مع متطلبات الوقت الحقيقي، قد يتم تشغيل عدة مثيلات من نموذج التعرف على الكلام في وقت واحد حيث تقوم كل منها بمعالجة دفق صوتي منفصل.

3.3 وحدة استخراج المعلومات: تعتمد هذه الوحدة على تقنيات معالجة النصوص الطبيعية لاستخراج معلومات معينة من النصوص. تعالج هذه الوحدة نص الإخراج الخاص بالتعرف على اللغة الطبيعية مسبقًا (مثل التطبيع، والترميز، وما الى ذلك). في النظام المقترح نقوم بالتعرف على الكيانات المسماة (Named Entity Recognition - NER): حيث يقوم نموذج التعرف على الكيانات المسماة السريع والدقيق (على سبيل المثال، نموذج قائم على BERT مضبوط بدقة على بيانات خاصة بالحج) بتحديد وتصنيف الكيانات المسماة مثل الأسماء والمو اقع والتاريخ والبيانات التشغيلية (على سبيل المثال، عدد الحجاج وأوقات الوصول). ويتم تحديد العلاقات بين الكيانات المستخرجة (على سبيل المثال، حدث معين حدث في مكان معين في وقت معين).

4.3 وحدة تخزين البيانات وادارتها: تعمل هذه الوحدة على تخزين المعلومات المستخرجة في جداول منظمة (على سبيل المثال، في قاعدة بيانات SQL أو NoSQL). تتضمن الجداول الرئيسية بيانات حركات الحجاج وبيانات تتبع مجموعات الحجاج والمو اقع وتحديثات النقل وتسجيل أوقات المغادرة والوصول.

5.3 وحدة تصوير البيانات: تقوم هذه الوحدة بربط مخرجات وحدة استخراج المعلومات مع لوحات المعلومات لاكتشاف التأخيرات في حركة الحجاج، أو أي خلل في العمليات المجدولة. تقوم لوحات المعلومات بعرض البيانات لحظياً حتى يتمكن أصحاب القرار من التتبع المباشر لحركة الحجاج، والتحديثات التشغيلية، والجداول الزمنية، والتنبيهات.

4. منهجية البحث والدراسة التجريبية

بناءً على التصميم المقترح للنظام نقوم بدراسة وتقييم المكونات الرئيسية في النظام المقترح. يتناول هذا القسم الدراسة التجريبية لتقييم نماذج التعرف الآلي على الكلام العربي ونماذج التعرف على الكيانات المسماة في الاتصالات الصوتية في عمليات الحج التشغيلية. يصف هذا القسم عملية إنشاء مجموعة بيانات مخصصة تعكس وتحاكي البيئة الصوتية الفريدة للحج. واختبار اداء نموذج Whisper لنظام التعرف الآلي على الكلام العربي ونماذج التعرف على الكيانات المسماة المستخدمة لاستخراج المعلومات، مع تسليط الضوء على خطوات معالجة البيانات المسبقة اللازمة لتقييم الأداء الدقيق للنماذج. يوضح الشكل 2 سير العمليات التي تم ذكرها.

الشكل 2- المكونات التي تم تقييمها من النظام المقترح على بيانات تحاكي عمليات الحج.

1.4 مجموعة البيانات

تم إنشـــاء مجموعة بيانات عربية خاصـــة بالحج وذلك عبر اســـتخدام ChatGPT-4o (*ChatGPT*, 2024) لتوليد 100 جملة نصـــية باســـتخدام المطالبة (Prompt) التالية: "قم بتوليد 100 نص على غرار النصـــوص التالية: 'أتمت حملة الهداية بنجاح عملية تفويج حجاجها في الســـاعة 10:30 صـــباحًا، ونقلت 150 حاجًا من منى الى عرفة'، 'في الســـاعة 11 مســـاءً، انطلق 25 فوج من منى متوجهين الى الحرم'، 'وصل 150 فوج الى مزدلفة بين الساعة ال 7 وال9 مساء'، 'ستغادر أفواج شركة رواف بمجموع 30 فوج مخيماتها في منى متوجهة لرمي الجمرات الساعة 12 ظهرا' ". الهدف من هذه البيانات هو انشاء نصوص عربية تحاكي التسجيلات الصوتية المتعلقة بعمليات الحج وبيئتها. تضمنت هذه الجمل تفاصيل مثل جداول النقل وأسماء الحملات ونقاط المغادرة والوصول والأوقات وعدد الحجاج. بعد ذلك تم تحويل النصـــوص إلى كلام منطوق باســـتخدام أداتين لتوليد الصـــوت بالذكاء الاصـــطناعي وهما ElevenLabs (*ElevenLabs*, 2024) وCrikk (*Crikk*, 2024). تمت مراعاة خصـائص معينة مثل لهجة الكلام المنطوق واعتماد اللهجتين الفصـحى والسـعودية. تمت معالجة البيانات الصوتية عبر إضافة تأثيرات صوتية لمحاكاة عمليات الإرسال اللاسلكية والضوضاء الخلفية النموذجية لبيئة الحج باستخدام أداة Audacity (*Audacity*, 2024) كما هو ظاهر في الشـكل 2. بلغت مدة البيانات الصـوتية المولدة حوالي سـاعة واحدة وهي مكونة من ستة تسجيلات صوتية.

2.4 نموذج Whisper: تم اختيار نموذج Whisper (Radford et al., 2023) الذي طورته شركة OpenAI للتعرف على الكلام العربي نظرًا لقدرته على التعامل مع لغات ولهجات متعددة وبيئات صاخبة، مما قد يجعله مناسبًا بشكل خاص لظروف الصوت المعقدة والمتنوعة في الحج.Whisper هو نظام التعرف التلقائي على الكلام القائم على المحول (Transformer) الذي تم تدريبه مسبقا على مجموعة بيانات ضخمة متعددة اللغات والمهام مكونة من 680 ألف ساعة من البيانات. تساعد مجموعة البيانات الكبيرة والمتنوعة على تحسين المرونة في التعامل مع اللهجات وضوضاء الخلفية. يستخدم Whisper بنية ترميز وفك الترميز التي تم التحدث عنها مسبقاً. يتم تقسيم الصوت المدخل إلى أجزاء مدتها 30 ثانية وتحويلها إلى مخطط طيفي (Log-Mel Spectrogram) وتمريرها إلى وحدة الترميز. ثم تتنبأ وحدة فك الترميز بالنص المرادف للصوت، بما في ذلك الرموز الخاصة التي تسمح للنموذج بأداء مهام مثل التعرف على اللغة، ونسخ الكلام متعدد اللغات، وترجمة الكلام.

3.4 نموذج التعرف على الكيانات: قمنا بعمل دراسة تجريبية مصغرة للنموذجين CAMeLBERT وHatmimoha في مهمة التعرف على الكيانات المسماة في النصوص العربية. تم تطوير CAMeLBERT (Inoue et al., 2021) بواسطة مختبر CAMeL في جامعة نيويورك أبو ظبي وهو نموذج NERمدرب مسبقًا مصمم خصيصًا لمهام معالجة اللغة الطبيعية العربية. وهو يعالج تحديات الصرف المعقد للغة العربية، وتنوع اللهجات، والميزات الإملائية الفريدة. يعتمد CAMeLBERT على BERT (Devlin et al., 2019) (تمثيلات المشفر ثنائي الاتجاه من المحولات) ويُستخدم على نطاق واسع لمهام مثل NER والترجمة الآلية وتحليل المشاعر. يحتوي على متغيرات متعددة مدربة على كل من اللغة العربية الفصحى الحديثة (MSA) والعربية العامية. Hatmimoha هو نموذج NER مدرب مسبقًا ومتاح على (*Hatmimoha*, 2024) Hugging Face، ومُعدل بدقة لتحديد وتصنيف الكيانات في النصوص العربية وهو مستند على بنية BERT، يتميز Hatmimoha بالقدرة على التعرف على الكيانات مثل الأشخاص والمؤسسات والمواقع والتاريخ وغيرها من المعلومات الرئيسية. تمكن بنيته من تصنيف النصوص بكفاءة واستخراج الكيانات المسماة ذات المغزى، مما يجعله فعالًا للغاية لمهام NER العربية. أظهرت نتائج الدراسة التجريبية التي قمنا بها بتفوق نموذج Hatmimoha ولهذا تم اعتماده في باقي التجارب.

4.4 بيئة الدراسات التجريبية: أجريت التجارب باستخدام Python الإصدار 3.10.12 على منصة Google Colab، والتي توفر التعامل مع وحدة معالجة الرسومات NVIDIA Tesla T4 بسعة 15 جيجابايت. تم اختبار نموذج Whisperعلى مجموعة بيانات الحج ودراسة جميع أحجام النموذج المتاحة: Tiny, Small, Base, Medium, Large, Turbo، يتمتع كل منها بخصائص أداء وسرعة متفاوتة. تم إجراء التجارب على مجموعة البيانات المكونة من ستة مقاطع صوتية: ثلاثة تسجيلات نظيفة، وثلاثة تسجيلات تم معالجتها بتأثيرات مشابهة للجهاز اللاسلكي لمحاكاة الاتصالات في الحج على أرض الواقع. تم حفظ النص المقابل لكل مقطع صوتي في ملف CSV كمرجع لتقييم أداء نماذج Whisper وHatmimoha. بعد ذلك تم التحقق من أداء نماذج التعرف على الكيانات المسماة (NER) على النصوص العربية المتعلقة بالحج عبر استخدام العديد من المكتبات الأساسية مثل مكتبة pyarabic (*PyArabic*, 2024) التي توفر أدوات لمعالجة النصوص العربية،

ومكتبة camel-tools (*CAMeL Tools*, 2024) المصممة خصيصًا لمهام معالجة اللغة الطبيعية (NLP) العربية. تم تنفيذ التجزئة، وهي تقنية NLP أساسية تقسم النص إلى كلمات فردية، باستخدام مكتبة nltk (*NLTK*, 2024). يظهر جدول 1 عينة من النصوص المستخدمة في التجارب.

جدول 1: عينة من النص الأصلي المقابل للكلام

النص
أتمت حملة الهداية بنجاح عملية تفويج حجاجها في الساعة العاشرة والنصف صباحًا ونقلت 150 حاجا من منى الى عرفة
وصل 150 فوج الى مزدلفة بين الساعة السابعة والتاسعة مساء
ستغادر أفواج شركة اكرام الضيف بمجموع 30 فوج مخيماتها في منى متوجهة لرمي الجمرات الساعة الثانية ظهرا

5. مناقشة النتائج

في هذه القسم نتناول بالتفصيل نتائج الدراسات التجريبية لتقييم نموذج التعرف التلقائي على الكلام (ASR) من Whisper على مجموعة البيانات المحاكية لاتصالات الحج التي أنتجها النظام المقترح في الفصل السابق والموضح في الشكل 2. يركز التقييم على معدل خطأ الكلمات (Word Error Rate - WER) ومعدل خطأ الأحرف (Character Error Rate - CER)، مع مراعاة تأثير كل من حجم النموذج ونوع التسجيل (التسجيل النظيف مقابل التسجيل المحتوي على تأثير الجهاز اللاسلكي).

1.5 تقييم نموذج Whisper: تم تقييم نموذج Whisper على مجموعة بيانات الحج العربية المخصصة، والتي تضمنت تسجيلات صوتية نظيفة وتسجيلات تمت معالجتها بتأثيرات جهاز اللاسلكي لمحاكاة ظروف الحج في العالم الحقيقي. يظهر الجد تم تقييم نتائج النسخ باستخدام مقياسين رئيسيين: معدل خطأ الكلمات (WER) ومعدل خطأ الأحرف (CER). تم حساب هذه المقاييس باستخدام مكتبة jiwer (*Jiwer*, 2024)التي تقارن النص الناتج من النموذج مع النص المرجعي بحساب عدد الاستبدالات والحذف والاضافة على مستوى الكلمات والحروف المطلوبة لتحويل النص الناتج الى النص المرجعي بحسب المعادلات التالية:

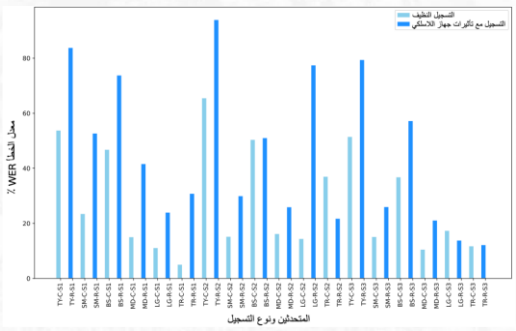
$$WER = \frac{S_w + D_w + I_w}{N_w} \qquad CER = \frac{S_c + D_c + I_c}{N_c}$$

حيث أن S_w يمثل عدد الاستبدالات على مستوى الكلمات و S_c يمثل عدد الاستبدالات على مستوى الحروف و D_w يمثل عدد الكلمات المحذوفة و D_c يمثل عدد الحروف المحذوفة و I_w يمثل عدد الكلمات المضافة و I_c يمثل عدد الحروف المضافة و N_w يمثل عدد الكلمات في النص المرجعي و N_c يمثل عدد الحروف في النص المرجعي.

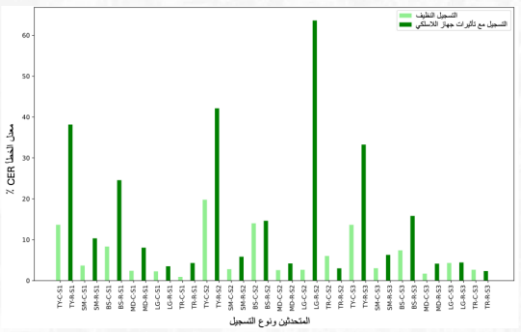
1.1.5 الأداء النوعي للنموذج: لتقييم أداء نموذج التعرف على الكلام (ASR) بدقة، من الضروري معالجة وتوحيد معايير كل من النصوص الأصلية (المرجعية) والمنسوخة (الفرضية). عند النظر في جدول 1 و جدول 2 وتسليط الضوء على النصوص يمكن ملاحظة عدم الاتساق، والتي يمكن أن تشوه مقاييس التقييم. معالجة هذه المشكلة يستلزم عملية توحيد القياس لضمان مقاييس تقييم موثوقة. تعالج عملية التطبيع هذه التناقضات الشائعة، مثل تحويل الأرقام إلى شكلها العربي المكتوب باستخدام مكتبة num2words (*Num2words*, 2013/2024)، وتوحيد الأحرف العربية مثل الألف والتاء المربوطة باستخدام أدوات CAMeL، وإزالة علامات التشكيل باستخدام نموذج re . تطبيق عمليات التطبيع هذه يؤدي الى ضمان محاذاة كلا النصين (النص الأصلي والمنسوخ) ويجعل حساب المقاييس أكثر موثوقية مما يمكننا من تقييم نظام التعرف على الكلام بشكل أكثر دقة. توضح الأمثلة الموجودة في جدول أداء Whisper في نسخ الصوت المتعلق بالحج للمتحدث الأول في ظل ظروف مختلفة، حيث يظهر الفرق الكبير بين أداء النماذج المختلفة (Tiny وMedium) قدّم نموذج Tiny أداءً ضعيفًا في كلا النوعين من التسجيلات، حيث يلاحظ أن غالبية النص تحتوي على أخطاء تتعلق بتغيير بعض الكلمات الأساسية واستبدال حروف داخل الكلمات كما حقق معدل خطأ مرتفعًا جدًا في الكلمات والحروف في التسجيل النظيف وزاد بشكل ملحوظ عند استخدام تسجيل تأثير الجهاز اللاسلكي، مما يبرز ضعف نموذج Tiny في البيئات النظيفة وذات تأثير جهاز اللاسلكي وعدم ملائمته للاستخدام في سيناريوهات الحج الحقيقية. في المقابل يقدم نموذج Medium أداءً جيدًا للغاية في التسجيلات النظيفة وأداءً مقبولًا وأكثر موثوقية في التسجيلات المشوشة حيث إن النص الناتج دقيق ويشابه بشكل كبير النص الأصلي مع وجود أخطاء طفيفة جدًا مثل نسخه لكلمة "مانا" بدلاً من "منى" و "حاجه" بدلا من "حاجا" في المثال الرابع.

جدول 2: عينة من النص الناتج لنموذج Whisper

المتحدث	نوع التسجيل	حجم النموذج	النص	WER (%)	CER (%)
المتحدث الأول (Speaker1)	نظيف	Tiny	وتمتحملت الهدايه بنجاء حامليه تفويج حجاجها في السعلى عشر والنصطصبحا ونقلت من اتن وخمسين حاجا من منئل عرفه	61.90	22.12
المتحدث الأول (Speaker1)	جهاز اللاسلكي	Tiny	اتمت حمت الهدايه بنا جاحنا عمليه تفيد جحججها في ساعه العشره والنصف الصبحه ونقل اتني اتن وخمسين حاجه من منه العرفه	76.19	26.55
المتحدث الأول (Speaker1)	نظيف	Medium	اتمت حمله الهدايه بنجاح عمليه تفويج حجاجها في الساعه العاشره والنصف صباحا ونقلت مائه وخمسين حاجا من منى الى عرفه	9.52	1.77
المتحدث الأول (Speaker1)	جهاز اللاسلكي	Medium	اتمت حمله الهدايه بنجاح عمليه تفويج حجاجها في الساعه العاشره والنصف صباحا ونقلت مائه وخمسين حاجه من ماتا الى عرفه	19.05	4.42



الشكل 3- معدل خطأ الكلمات (WER) للمتحدثين وأنواع التسجيل المختلفة



الشكل 4 - معدل خطأ الأحرف (CER) للمتحدثين وأنواع التسجيل المختلفة

2.1.5 معدل الخطأ للنموذج: يظهر الشكل 3 والشكل 4 نتائج معدل خطأ الكلمات (Word Error Rate - WER) ومعدل خطأ الأحرف (Character Error Rate - CER). لنموذج Whisper عبر أحجام نماذج مختلفة - صغير (TY)، صغير (SM)، أساسي (BS)، متوسط (MD)، كبير (LG)، وتوربو (TR) – ومتحدثين متنوعين (S1 وS2 وS3). تشير النتائج إلى أن نموذج Whisper يحقق دقة أفضل بكثير عبر جميع الأحجام والمتحدثين بالنسبة للتسجيلات النظيفة (يشار اليها بـ "C") مقارنة بالتسجيلات المضاف لها تأثيرات جهاز اللاسلكي (يشار إليها بـ "R"). وهذا الفارق يقل كلما تم استخدام نموذج أكبر. كمثال على ذلك نقارن الأداء الناتج بالنسبة للمتحدث الأول من جهة تغيير نوع التسجيل وحجم النموذج المستخدم في بقية هذا الفصل:

أ) <u>الأداء على التسجيلات الصوتية النظيفة:</u> بالنسبة للمتحدث الأول، حقق نموذج Turbo أفضل النتائج، مع معدل WER بلغ 4.97% ومعدل CER بلغ 0.91%، مما يدل على نسخ شبه مثالي. يليه نموذج Large، بنسبة WER بلغت 11.02% وCER بلغ 2.26%. كما حقق النموذج Medium أداءً جيدًا، حيث حقق نسبة WER بلغت 14.97% وCER بلغ 2.40%. في المقابل مع انخفاض حجم النموذج، انخفضت الدقة، حيث بلغت نسبة WER 53.71% وCER بلغت 13.65% في نموذج Tiny.

ب) <u>الأداء على التسجيلات الصوتية مع تأثير الجهاز اللاسلكي:</u> انخفض الأداء عبر جميع النماذج المستخدمة بسبب الطبيعة الصعبة لهذه التسجيلات. حيث أثر اضافة ضوضاء جهاز اللاسلكي بشكل كبير على الأداء وذلك عبر زيادة ملحوظة بمعدلي الخطأ WER وCER. لوحظ على نموذج Tiny أكبر زيادة في معدلات الخطأ مقارنة بالنماذج الأخرى، حيث بلغت قيمة WER أقصاها بنسبة 83.73%. يشير هذا إلى أن النموذج يواجه صعوبة لنسخ الكلام بدقة في ظل ظروف صاخبة في العالم الحقيقي. كما ارتفع معدل خطأ الأحرف (CER) لنموذج Tiny بشكل حاد، حيث وصل إلى 38.16%.

3.1.5 تحليل أداء النموذج: يظهر التقييم وجود ارتباط واضح بين حجم النموذج ونوع التسجيل وأداء النسخ. يشير الاتجاه العام إلى أن النماذج الأكبر مثل Turbo وLarge وMedium تتفوق باستمرار على النماذج الأصغر مثل Tiny وBase في كل من التسجيلات النظيفة والصاخبة. على وجه الخصوص، تحقق النماذج المتوسطة وTurbo توازنًا جيدًا بين الأداء والكفاءة، وخاصة في البيئات الصاخبة. ومن المتوقع أن يعود السبب في أن النماذج الأكبر حجمًا تحتوي على المزيد من المعلمات، مما يؤدي إلى تحسين دقة التعميم والنسخ، خاصةً في

المدخلات المعقدة أو الصاخبة. تشير التسجيلات النظيفة عن نتائج أفضل بشكل ملحوظ من التسجيلات ذات تأثير الجهاز اللاسلكية. وذلك بسبب الوضوح الأعلى وانخفاض الضوضاء الخلفية في الصوت النظيف، مما يسمح للنموذج بتمييز الكلمات والأنماط الصوتية بشكل أفضل. تشكل عمليات الإرسال اللاسلكية، التي تكون ذات جودة أقل مع التداخل والتشويه المحتمل، تحديًا أكبر للنموذج، وخاصة في الحفاظ على دقة الكلمات.

2.5 التحديات: تمثلت التحديات الأساسية في هذا المشروع في محاكاة بيئات صوتية واقعية للحج، إذ كان من الصعب تكرار الفروق الدقيقة في الاتصال اللاسلكي والضوضاء الخلفية المميزة للحج. بينما قدم Whisper أداءً جيدًا مع التسجيلات النظيفة، إلا أن دقته تراجعت بشكل ملحوظ في بيئات الاتصال اللاسلكي الصاخبة. كما شكل تنوع اللهجات العربية تحديًا إضافيًا، حيث واجه النموذج صعوبة في تمييز الاختلافات الدقيقة في اللهجة.

3.5 القيود: تم مواجهة العديد من القيود في هذا العمل، بدءًا من صغر حجم مجموعة البيانات المستخدمة، التي شملت فقط 100 جملة نصية محولة إلى كلام بحوالي ساعة من الصوت، مما سيحد من قدرة النموذج على التعامل مع سيناريوهات مختلفة. كما أن الطبيعة الاصطناعية للبيانات لم تلتقط تمامًا التنوع الصوتي البشري. بالإضافة إلى ذلك، تم استخدام نموذج Whisper بأوزان مدربة مسبقًا دون ضبط دقيق لمجموعة بيانات الحج، مما قد يؤثر على الأداء في الظروف الصاخبة.

6. الخلاصة

تناولت هذه الورقة البحثية تطوير نظام التعرف الآلي على الكلام لدعم عمليات الحج. يهدف النظام إلى تحسين التواصل والتوثيق في الوقت الفعلي من خلال نسخ الاتصالات الصوتية المتعلقة بالحج واستخراج المعلومات الرئيسية لتسهيل اتخاذ القرار وتنظيم العمليات. تم استخدام تقنية التعرف الآلي على الكلام Whisper والتي تم اختبارها تجريبيا على مجموعة بيانات محاكية لبيئة الحج. تم تقييم أداء أحجام مختلفة من نموذج Whisper. وأظهرت النتائج أداءً مرضيا حيث حقق نموذج Turbo أفضل أداء في التسجيلات النظيفة، مع نسبة WER بلغت 4.97% ونسبة CER بلغت 0.91%، بينما أظهر نموذج Medium توازنًا جيدًا بين الدقة والكفاءة عبر البيانات النظيفة والصاخبة. من المتوقع أن يساهم هذا النظام في تحسين إدارة وتنظيم عمليات الحج، مما يعزز السلامة والكفاءة في تقديم الخدمات للحجاج.

7. التوصيات

بناء على النتائج التي تم التوصل إليها أثناء إجراء هذه الدراسة، توصي الدراسة بما يلي:

1. جمع مجموعة بيانات أكبر وأكثر تنوعًا تمثل بدقة عمليات الحج في العالم الحقيقي، بما في ذلك اللهجات العربية المختلفة، والضوضاء المحيطة، وفروق الاتصالات اللاسلكية. والذي من شأنه أن يعزز قدرة النموذج على التعميم وتحسين دقته في البيئات الصاخبة والواقعية.
2. تطوير وضبط أوزان النماذج المدربة مسبقا على مجموعة بيانات الحج الحقيقية لتحسين قدرتها على التعامل مع التحديات اللغوية والصوتية واختلافات اللهجة الفريدة لعمليات الحج.
3. التعاون مع الجهات المعنية في منظومة الحج والجهات ذات الصلة لتطبيق النظام المقترح في مواسم الحج القادمة والوصول إلى بيانات صوتية حقيقية.

8. المراجع

- Al-Fraihat, D., Sharrab, Y., Alzyoud, F., Qahmash, A., & Maaita, A. (2024). Speech Recognition Utilizing Deep Learning: A Systematic Review of the Latest Developments. Human-Centric Computing and Information Sciences, 15. https://doi.org/10.22967/HCIS.2024.14.015
- Alharbey, R., Banjar, A., Said, Y., Atri, M., & Abid, M. (2024). A Human Face Detector for Big Data Analysis of Pilgrim Flow Rates in Hajj and Umrah. Engineering, Technology & Applied Science Research, 14(1), Article 1. https://doi.org/10.48084/etasr.6668
- Alharbi, S., Alowisheq, A., Tüske, Z., Darwish, K., Alrajeh, A., Alrowithi, A., Tamran, A. B., Ibrahim, A., Aloraini, R., Alnajim,

R., Alkahtani, R., Almuasaad, R., Alrasheed, S., Alsubaie, S., & Alonaizan, Y. (2024). SADA: Saudi Audio Dataset for Arabic. ICASSP 2024 - 2024 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), 10286–10290. https://doi.org/10.1109/ICASSP48485.2024.10446243

- Ali, A. R. (2020). Multi-Dialect Arabic Speech Recognition. 2020 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN), 1–7. https://doi.org/10.1109/IJCNN48605.2020.9206658
- Alkanhal, L., Alessa, A., Almahmoud, E., & Alaqil, R. (2023). Aswat: Arabic Audio Dataset for Automatic Speech Recognition Using Speech-Representation Learning. In H. Sawaf, S. El-Beltagy, W. Zaghouani, W. Magdy, A. Abdelali, N. Tomeh, I. Abu Farha, N. Habash, S. Khalifa, A. Keleg, H. Haddad, I. Zitouni, K. Mrini, & R. Almatham (Eds.), Proceedings of ArabicNLP 2023 (pp. 120–127). Association for Computational Linguistics. https://doi.org/10.18653/v1/2023.arabicnlp-1.10
- Alkhatib, M. (2017). Challenges in Arabic Natural Language Processing.
- Alsayadi, H. A., Abdelhamid, A. A., Hegazy, I., & Fayed, Z. T. (2021). Arabic speech recognition using end-to-end deep learning. IET Signal Processing, 15(8), 521–534. https://doi.org/10.1049/sil2.12057
- Al-Shaery, A. M., Ahmed, S. G., Aljassmi, H., Al-Hawsawi, A. N., Maksoud, N., Tridane, A., & Farooqi, N. S. (2024). Open Dataset for Predicting Pilgrim Activities for Crowd Management During Hajj Using Wearable Sensors. IEEE Access, 12, 72828–72846. IEEE Access. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3402230
- Al-Shaery, A. M., Aljassmi, H., Ahmed, S. G., Farooqi, N. S., Al-Hawsawi, A. N., Moussa, M., Tridane, A., & Alam, Md. D. (2022). Real-Time Pilgrims Management Using Wearable Physiological Sensors, Mobile Technology and Artificial Intelligence. IEEE Access, 10, 120891–120900. IEEE Access. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3221771
- Amodei, D., Ananthanarayanan, S., Anubhai, R., Bai, J., Battenberg, E., Case, C., Casper, J., Catanzaro, B., Cheng, Q., Chen, G., Chen, J., Chen, J., Chen, Z., Chrzanowski, M., Coates, A., Diamos, G., Ding, K., Du, N., Elsen, E., … Zhu, Z. (2016). Deep speech 2: End-to-end speech recognition in English and mandarin. Proceedings of the 33rd International Conference on International Conference on Machine Learning - Volume 48, 173–182.
- Audacity. (2024). https://www.audacityteam.org/
- Baevski, A., Zhou, H., Mohamed, A., & Auli, M. (2020). wav2vec 2.0: A Framework for Self-Supervised Learning of Speech Representations (arXiv:2006.11477). arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2006.11477
- CAMeL Tools. (2024). https://aclanthology.org/2020.lrec-1.868/
- ChatGPT. (2024). https://chatgpt.com
- Crikk. (2024). https://crikk.com/
- Devlin, J., Chang, M.-W., Lee, K., & Toutanova, K. (2019). BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding. In J. Burstein, C. Doran, & T. Solorio (Eds.), Proceedings of the 2019 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies, Volume 1 (Long and Short Papers) (pp. 4171–4186). Association for Computational Linguistics. https://doi.org/10.18653/v1/N19-1423
- ElevenLabs. (2024). ElevenLabs. https://elevenlabs.io/about
- Felemban, E. A., Rehman, F. U., Biabani, S. A. A., Ahmad, A., Naseer, A., Majid, A. R. M. A., Hussain, O. K., Qamar, A. M., Falemban, R., & Zanjir, F. (2020). Digital Revolution for Hajj Crowd Management: A Technology Survey. IEEE Access, 8, 208583–208609. IEEE Access. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3037396
- Hatmimoha. (2024). https://huggingface.co/hatmimoha/arabic-ner
- Inoue, G., Alhafni, B., Baimukan, N., Bouamor, H., & Habash, N. (2021). The Interplay of Variant, Size, and Task Type in Arabic Pre-trained Language Models. In N. Habash, H. Bouamor, H. Hajj, W. Magdy, W. Zaghouani, F. Bougares, N. Tomeh, I. Abu Farha, & S. Touileb (Eds.), Proceedings of the Sixth Arabic Natural Language Processing Workshop (pp. 92–104). Association for Computational Linguistics.
- Li, J. (2022). Recent advances in end-to-end automatic speech recognition. APSIPA Transactions on Signal and Information Processing, 11(1).

- Li, M., Huang, B., & Tian, G. (2022). A comprehensive survey on 3D face recognition methods. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 110, 104669. https://doi.org/10.1016/j.engappai.2022.104669
- NLTK. (2024). https://www.nltk.org/
- Num2words. (2024). [Python]. Savoir-faire Linux. https://github.com/savoirfairelinux/num2words (Original work published 2013)
- Obaidah, Q. A., Za'ter, M. E., Jaljuli, A., Mahboub, A., Hakouz, A., Al-Rfooh, B., & Estaitia, Y. (2024). A New Benchmark for Evaluating Automatic Speech Recognition in the Arabic Call Domain (arXiv:2403.04280). arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2403.04280
- Ouisaadane, A., & Safi, S. (2021). A comparative study for Arabic speech recognition system in noisy environments. Int. J. Speech Technol., 24(3), 761–770. https://doi.org/10.1007/s10772-021-09847-7
- PyArabic (Version 0.6.15). (2024). [Python; OS Independent]. http://pyarabic.sourceforge.net/
- Radford, A., Kim, J. W., Xu, T., Brockman, G., Mcleavey, C., & Sutskever, I. (2023). Robust Speech Recognition via Large-Scale Weak Supervision. Proceedings of the 40th International Conference on Machine Learning, 28492–28518. https://proceedings.mlr.press/v202/radford23a.html
- Rahman, A., Kabir, Md. M., Mridha, M. F., Alatiyyah, M., Alhasson, H. F., & Alharbi, S. S. (2024). Arabic Speech Recognition: Advancement and Challenges. IEEE Access, 12, 39689–39716. IEEE Access. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3376237
- Showail, A. J. (2022). Solving Hajj and Umrah Challenges Using Information and Communication Technology: A Survey. IEEE Access, 10, 75404–75427. IEEE Access. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3190853
- Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., Kaiser, Ł. ukasz, & Polosukhin, I. (2017). Attention is All you Need. Advances in Neural Information Processing Systems, 30.

عدّ الحشود باستخدام نظرية المحول (كلتر) من البداية الي النهاية في الحج: دراسة حالة

عبد الله الهوساوي[1]، شيماء الحازمي*[2]، ثامر قدح[3]، رحاب إبراهيم[4]

قسم المعلومات والخدمات العلمية، معهد خادم الحرمين الشرقين لأبحاث الحج والعمرة[1]

علوم الحاسب والذكاء الاصطناعي، كلية الحاسبات*[2]

هندسة الحاسب والشبكات، كلية الحاسبات[3]

علوم الحاسب، الكلية التطبيقية[4]

Crowd Counting Using End-to-end Transformer (CLTR) for the Hajj: Case Study

Abdullah Alhawsawi[1], Shema Alhazmi*[2], Thamir Qadah[3] , Rehab Ibrahim[4]

[1]Department of Information and Scientific Services, Umm Al-Qura University

[2]*Computer Science and Artificial Intelligence, Umm Al-Qura University

[3]Computer and Network Engineering, Umm Al-Qura University

Computer Science, Applied College, Umm Al-Qura University

*Corresponding author: E-mail (anhawsawi@uqu.edu.sa)

الملخص

يُعدّ الحج حدثا مهما يجمع المسلمين من مختلف أنحاء العالم. تقدم المملكة العربية السعودية مجموعة من الخدمات لدعم وتسهيل تجربة أداء الحج والعمرة. ولتحسين جودة الخدمات المقدمة. أصبح معرفة عدد الأشخاص في المشاعر المقدسة أمراً مهما بالنسبة لمتخذي القرار في منظومة الحج والعمرة، ومن الضروري تحديد المناطق الأكثر ازدحامًا من خلال الاستفادة من تحديد مواقع الحشود والتنبؤ بمواقع الرؤوس والتي تمكننا من معرفة عدد الأفراد او عد الحشود في مناطق عدة. يُعد هذا النهج أكثر عملية وتطورًا مقارنة بالعد فقط، حيث يوفر رؤى أعمق لديناميكيات الحشود.

وتبحث هذه الدراسة في تطبيق an end-to-end Crowd Localization Transformer (CLTR) ضمن إطار قائم على regression. من خلال ضبط النموذج، الذي تم تدريبه مسبقًا على مجموعة بيانات كبيرة تم جمعها من أعلي جسر الجمرات ثم تقييمه على مجموعة بيانات الحج الخاصة بنا، حقق النهج المقترح تحسينات كبيرة مقارنة بالدراسات السابقة التي ركزت على إحصاء الحشود في عدة مواقع في حج. ونتطلع في هذا المقترح أن يساهم في تطوير وتحسين الخدمات المقدمة في منظومة إدارة الحشود في جسر الجمرات والتنبؤ بالمخاطر المحتملة بالحجيج في الأماكن المقدسة وخاصة جسر الجمرات.

Abstract

The Hajj is an important event that unites Muslims from all over the world. In Saudi Arabia, various services are available to facilitate and enhance the experience of Hajj and Umrah. To improve the quality of these services, it is essential to identify the most crowded areas through crowd localization, head position prediction, and individual counting. This approach is more practical and sophisticated than basic head counting, as it provides deeper insights into crowd dynamics.

This study examines an end-to-end Crowd Localization Transformer (CLTR) within a regression-based framework. By fine-tuning the model, pre-trained on a large dataset and then evaluated on our Hajj dataset, the proposed approach showed significant improvements compared to previous studies focused on crowd counting for Hajj. Furthermore, we anticipate that this approach will contribute to the development and enhancement of services in the crowd management system at the Jamarat Bridge and help predict potential risks for pilgrims on the bridge.

المقدمة

بالنسبة للمسلمين، فإن أداء الواجبات الإقليمية مثل الحج والعمرة ذا أهمية عالية. ومع ذلك، تتميز هذه الواجبات بظروف مزدحمة للغاية بسبب العدد الهائل من المشاركين. يمثل الحج والعمرة بعضًا من أكبر التجمعات البشرية، حيث يتجمع الملايين في أوقات وأماكن محددة، ولا سيما في الحرمين الشريفين في مكة المكرمة والمدينة المنورة، إلى جانب عدد لا يُحصى من الحجاج في الأماكن المقدسة مثل منى وعرفة ومزدلفة. تلتزم المملكة العربية السعودية بضمان سلامة وأمن الحجاج، وحمايتهم من المخاطر المرتبطة بالحشود الكبيرة خلال مواسم الحج والعمرة السنوية. يتماشى هذا الجهد مع رؤية المملكة 2030، التي تهدف إلى تسخير الموارد والقدرات لخدمة ضيوف الرحمن. ويُعد الحج والعمرة من العناصر الأساسية لرؤية 2030، حيث تسعى المملكة إلى زيادة عدد المعتمرين إلى 30 مليونًا بحلول عام 2030.

على مدار العقد الماضي، أظهر المجتمع البحثي اهتماماً كبيراً بتحليل التجمعات البشرية الآلي، وهو تحدٍ صعب. مع تزايد عدد السكان، يحضر أعداد كبيرة من الناس الفعاليات الجماهيرية مثل المهرجانات الدينية، المارثونات، الحفلات الموسيقية، وغيرها. وعلى الرغم من أن هذه الفعاليات تُقام بغرض الترفيه أو أداء الواجبات الدينية، فإنها تؤدي أحياناً إلى كوارث متعلقة بالحشود رغم نواياها السلمية.

لتحليل المشاهد المزدحمة بشكل آلي، قام الباحثون بتطوير نماذج وأساليب مختلفة تهدف إلى فهم ديناميكيات الحشود. يشمل تحليل الحشود مجموعة واسعة من التطبيقات مثل crowd counting (Kong, 2006)، congestion detection (Dubey, 2015) ، crowd tracking (Sundararaman, 2021)، crowd behavior analysis (Tyagi, 2022) (Kim, 2002) (Yang, 2019)، وغير ذلك. أصبح crowd counting ذا أهمية متزايدة في المجتمع البحثي بسبب تطبيقاته الواسعة في بيئات مختلفة، وهي ذات أهمية من الناحيتين السياسية والجيوسياسية. يمكن تصنيف أساليب crowd counting إلى طريقتين رئيسيتين:

1. الأساليب القائمة على الانحدار Regression-Based Approaches
2. الأساليب القائمة على الكشف Detection-Based Approaches

على مدار السنوات الماضية، بذل العديد من الباحثين جهودًا مكثفة في مجال عد الحشود crowd counting، وقاموا بتدريب نماذجهم على مجموعات متنوعة من البيانات العامة المتاحة. تتميز هذه المجموعات بتنوعها ووفرتها، حيث تغطي العديد من المواقع التي تشهد تجمعات جماهيرية. تم توفير هذه النماذج المدربة مسبقًا ليتمكن المجتمع البحثي من استكمال العمل عليها وتطويرها.

في إطار هذا البحث، نسعى إلى تعزيز كفاءة استخدام الموارد المتاحة لأغراض البحث، وتسريع الوصول إلى النتائج المرجوة المتعلقة بمجموعة البيانات الخاصة بموسم الحج. لتحقيق ذلك، تم الاعتماد على توظيف أحد أفضل النماذج المدربة مسبقًا لعد الحشود في الوقت الفعلي على بيانات غير مصنفة سابقًا. يهدف هذا البحث إلى تحديد النموذج المدرب مسبقًا الذي أظهر أفضل أداء في عد الحشود، مع ملاحظة القيود والعيوب التي أثرت على تفوق هذه النماذج، وذلك بهدف تحسينها في الأعمال المستقبلية. بناءً على ذلك، يمكن تلخيص المساهمات البحثية المستهدفة كما يلي:

- تقييم أداء نموذج Transformer المدرب مسبقًا على مجموعة البيانات غير المصنفة الخاصة بموسم الحج.
- مقارنة كفاءة النماذج المدربة مسبقًا في عد الحشود عند تطبيقها على مجموعة البيانات غير المصنفة.
- تحديد العوامل البيئية في المشاعر المقدسة التي تؤثر على دقة نتائج عد الحشود.

يستهدف هذا البحث تحسين الأداء في معالجة البيانات غير المصنفة وتطوير نماذج أكثر دقة تلائم الظروف البيئية الخاصة بمواسم الحج.

الادبيات السابقة

هذا القسم يستعرض الطرق المتقدمة لتقدير ومراقبة واكتشاف الحشود، بما في ذلك استخدام خوارزميات machine learning (Alpaydin, 2021) وdeep learning (Kim, 2002), (Felemban, 2022), (Alhawsawi, 2024).

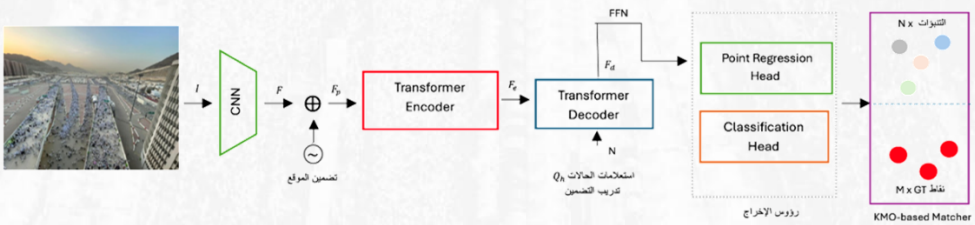
في الدراسة المقترحة من قبل (Khan, 2021)، تم تقديم نهج جديد لتقدير الحشود. استخدم الباحثون نموذجًا قائمًا على multi-headed convolutional neural network (CNN) لتقدير الحشود. وينقسم النموذج إلى مكونين رئيسيين: نموذج EfficientNet-B3، الذي يستخرج الميزات عبر الصورة المدخلة، وطبقات متعددة الرؤوس، التي تعمل على معالجة هذه الميزات لتوليد خرائط الكثافة، مما يسهل تقدير عدد الأشخاص في الصورة. وقد تم تقييم النموذج على مجموعتين من البيانات المعروفة لتقدير الحشود: UCF CC 50 وShanghaiTech Parts A و B. وحقق نتائج بمقياس Mean Squared Errors (MSE) بقيم تتراوح بين 162.3 و61.3 و6.25 على التوالي.

في دراسة أخرى من قبل الهوساوي وآخرين (Alhawsawi, 2024)، تم اقتراح إطار عمل يدمج نماذج regression وdetection لتقدير أعداد الحشود في مشاهد متنوعة. يستفيد نهجهم من استراتيجية توجيه تعتمد على تباينات كثافة الحشود داخل الصورة. من خلال تصنيف قطع الصورة إلى مستويات كثافة مختلفة واستخدام Patch-Routing Module (PRM) للتوجيه، يقوم الإطار بتوجيه القطع إما إلى Detection Network أو Regression Network لتقدير عدد الحشود. تتيح هذه الحلول الشاملة تقديرًا دقيقًا لأعداد الحشود في سيناريوهات تتراوح من الكثافة المنخفضة إلى العالية. تم تقييم النموذج على ثلاث مجموعات بيانات عامة معروفة لتقدير الحشود: UCF-QNRF وUCF_CC_50 وShanghaiTech Part A وحقق Mean Squared Errors (MSE) وبقيم تتراوح ما بين 156.4 و286.4 و97.5 على التوالي.

المنهجية

في هذا القسم، نصف المنهجية المعتمدة على أحدث نموذج transformer (Bai, 2022) والمدرب مسبقاً والمقترح من قبل (Liang, 2022)، والذي تم تدريبه على مجموعة بيانات قياسية عامة. تم استخدام هذا النموذج لإجراء التنبؤات على مجموعة من بيانات الدراسة والغير معنونة مسبقاً، التي تتضمن بيانات فيديو من عدة مواقع مقدسة في مكة المكرمة. تعتمد مقاربتنا على مقارنة جودة ونتائج الأداء الكمية للنموذج المقترح مع نتائج نماذج أخرى تم استخدامها في دراسات سابقة. يهدف هذا التحليل المقارن إلى تقييم فعالية ودقة نموذج transformer في التعامل مع الخصائص المحددة لمجموعة بياناتنا.

النموذج المدرب مسبقا: تم استخدام النموذج المدرب مسبقاً المقترح من قبل Liang وآخرين (Liang, 2022), (Do, 2021)، وهو عبارة عن شبكة end-to-end تسهّل التنبؤ المباشر بجميع الحالات دفعة واحدة، مما يلغي الحاجة إلى أي معالجة مسبقة أو لاحقة إضافية. يتألف هذا الإطار من هيكلية تعتمد على CNN لاستخراج الميزات، وtransformer encoder لترميز هذه الميزات، وtransformer decoder لإنتاج التنبؤات، و KMO-based matcher لتحسين النتائج. رسم توضيحي 1: نظرة عامة لنموذج CLTR يمثل توضيحاً لمنهجية النموذج end-to-end Crowd Localization Transformer (CLTR).



رسم توضيحي 1: نظرة عامة لنموذجCLTR

تبدأ العملية باستخراج خرائط الميزات من خلال هيكلية CNN من صورة الإدخال على مستوى مقياس واحد. تُسطح خرائط الميزات هذه إلى تسلسل D1 مع تضمين المواضع، ويتم تقليص أبعاد القناة من C إلى c. يتم تمرير التسلسل الناتج عبر طبقات transformer-encoder، التي تُنتج الميزات المُرمزة. بعد ذلك، تستخدم طبقات transformer-decoder استفسارات رأسية قابلة للتدريب والميزات

المُرمزة، وتتفاعل عبر cross-attention لإنتاج تمثيلات متضـمّنة تحتوي على معلومات الموقع والفئة. تُعالج هذه التمثيلات في النهاية بواسطة رأس الانحدار للتنسيقات النقطية ورأس التصنيف للحصول على درجات الثقة.

Transformer Encoder

تبدأ العملية باستخدام التفاف 1×1 لتقليص أبعاد قناة خرائط الميزات من $H \times W \times C$ إلى $H \times W \times c$ (حيث $c = 256$). يتم إعادة تشكيل خرائط الميزات إلى $D1$ تسلسل $F_p \in \mathbb{R}^{HW \times c}$ ويتم إضافة التضمينات الموضعية. ثم يتم إدخال التسلسل في عدة طبقات transformer-encoder، والتي تتكون كل منها من طبقة self-attention (SA) وطبقة feed-forward (FC).

في طبقة SA، يتم اشتقاق المصفوفات الاستعلامية (Q)، والمفتاحية (K)، والقيمية (V) من نفس المدخل، ويتم حساب الانتباه كما يلي:

$$SA(Q, K, V) = softmax\left(\frac{QK^T}{\sqrt{c}}\right)V$$

يتم استخدام multi-head self-attention (MSA) لنمذجة العلاقات المعقدة للميزات، حيث تعمل عدة وحدات SA بالتوازي وتُجمع كالتالي $MAS = [SA_1; SA_2; \dots; SA_m]W_o$ مع استخدام 8 رؤوس انتباه، حيث تلتقط كل رأس جوانب مختلفة من العلاقات بين ميزات المدخل.

Transformer Decoder

يتكون transformer decoder من عدة طبقات، تحتوي كل منها على ثلاثة طبقات فرعية رئيسية: طبقة self-attention (SA)، طبقة cross-attention (CA) ، وطبقة feed-forward (FC). بينما تتشابه طبقات SA وFC مع تلك الموجودة في المُشفّر، فإن طبقة **CA** تقوم بمعالجة تمثيلات مختلفة، X و Z ، وفق الصيغة التالية:

$$CA = SA(Q = XW_Q, K = ZW_K, V = ZW_V).$$

يتم استخدام conditional cross-attention، حيث يتم دمج الاستعلام Q مع التمثيلات الاستعلامية القابلة للتدريب Q_h واستعلام المحتوى من self-attention. يُنتج المفكك تمثيلات مشفرة F_d, تُستخدم لتنبؤ الإحداثيات النقطية عبر رأس الانحدار ودرجات الثقة عبر رأس التصنيف.

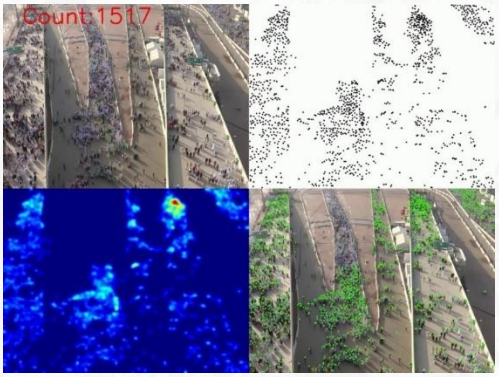
مجموعة البيانات:

في هذه الدراسة، تم جمع بيانات الفيديو للحجاج خلال موسمي الحج 1444هـ (2023) و1445هـ (2024) في الأماكن المقدسة، تحديداً في منى من أعلي جسر الجمرات، تم تصوير مقاطع الفيديو لعدة مواقع وزوايا كاميرا مختلفة، سواء خلال النهار أو الليل. تم الحصول على 34 فيديو، كل منها مدته 30 ثانية. تم تسجيل جميع التسجيلات باستخدام كاميرا GoPro13 بمواصفات عالية الدقة. الهدف الأساسي من جمع هذه البيانات هو تمكين العد الآلي للحشود في كل موقع في الوقت الحقيقي للبيانات غير المعنونة فعليا.

النتائج

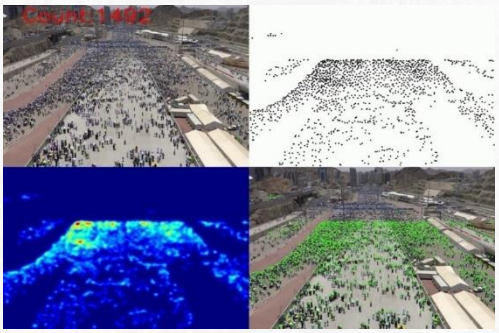
في هذا القسم، نقدم نتائج نموذج CTRL المدرب مسبقاً، الذي تم استخدامه للتنبؤ بعدد الحجاج في المواقع المقدسة من مجموعة بيانات الدراسة وغير معنونة. يركز التقييم على جودة التنبؤات، مقارناً أداء نموذج CTRL بأداء النماذج السابقة المستخدمة في دراسات أخرى.

نتائج نموذج CTRL المدرب مسبقاً، في هذه التجربة، قام الباحثون باختيار عدة مقاطع فيديو من مجموعة بيانات الدراسة والغير معنونة مسبقاً وطبقنا نموذج CTRL المدرب مسبقاً للتنبؤ بعدد الحشود في المناطق ذات الاهتمام. توضح الأشكال التالية أداء النموذج عبر كثافات الحشود المختلفة: توضح الشكل 2 أداء النموذج في التنبؤ بعدد الحشود في المناطق المزدحمة للغاية. تمكن النموذج من عد حوالي 1,517 حاجاً، مما يغطي حوالي 75% من الحجاج المرئيين في الإطار. وهذا يشير إلى كفاءة النموذج في التعامل مع معظم الأفراد المرئيين. ومع ذلك، واجه صعوبة في المناطق ذات الكثافة العالية، خاصة عندما كان الحجاج بعيدين عن الكاميرا أو عندما انخفضت دقة التسجيل.



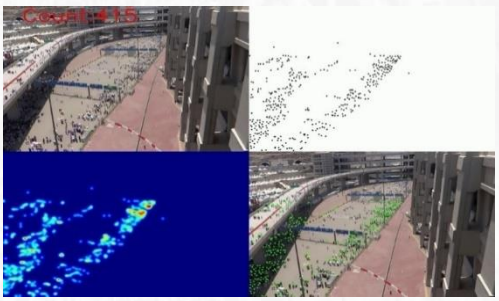
الشكل 2: أداء النموذج في التنبؤ بعدد الحشود في المناطق المزدحمة للغاية

علاوة على ذلك، في الشكل 2، عدّ النموذج مرة أخرى 75% من الحجاج، لكنه أخطأ في تضمين الأفراد خارج الحدود المحددة لمناطق مثل منى أو الأماكن التي لم يكن يُفترض أن يسير فيها الحجاج. وهذا يبرز قيداً في قدرة النموذج على تحديد الحدود بدقة، مما أدى إلى تضمين أشخاص خارج المنطقة المستهدفة.



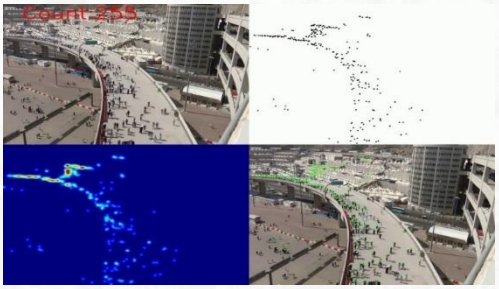
الشكل 2: أداء النموذج في التنبؤ بعدد الحشود في المناطق المزدحمة للغاية

من ناحية أخرى، يوضح الشكل 3 أداء النموذج في المناطق ذات الكثافة المتوسطة. أظهر النموذج أداءً قوياً في عد الحجاج، خاصة أولئك الذين كانوا تحت الجسر، حيث كانت ظروف الإضاءة ضعيفة، مما جعل الرؤية تحدياً. ومع ذلك، لوحظ قيد في عدم قدرة النموذج على عد الأفراد الذين كانوا على بعد حوالي 10 أمتار من الكاميرا بدقة. يشير هذا إلى أن فعالية النموذج تقل مع زيادة المسافة، خاصة عندما تتأثر الرؤية بشكل أكبر بسبب مشاكل الإضاءة أو الدقة.



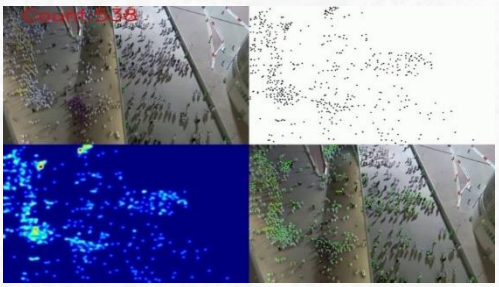
الشكل 3: أداء النموذج في المناطق ذات الكثافة المتوسطة

يوضح الشكل 4 تنبؤات النموذج في المناطق ذات الكثافة المنخفضة. نجح النموذج في عد حوالي 90% من الحجاج في الإطار. ومع ذلك، ارتكب خطأً من خلال التعرف بشكل غير صحيح على رؤوس المخيمات في منى كحجاج أو أفراد آخرين، مما أثر على دقة العدد. يبرز هذا التصنيف الخاطئ تحدياً للنموذج في التمييز بين الأشخاص والأجسام الثابتة أو الهياكل التي قد تشبه الأفراد في ظروف معينة.



الشكل 4: تنبؤات النموذج في المناطق ذات الكثافة المنخفضة

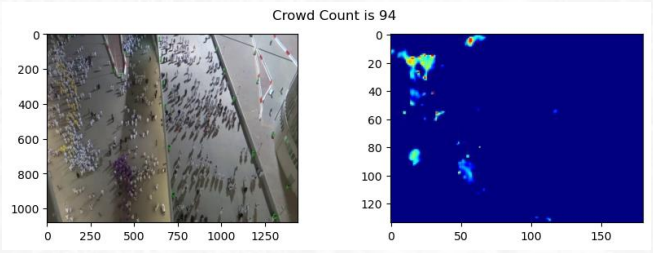
يبرز الشكل 5 أداء النموذج في المناطق ذات الكثافة العالية خلال الليل. على الرغم من ظروف الإضاءة المنخفضة وكثافة الحشود المتوسطة إلى العالية، أظهر النموذج أداءً قوياً من خلال التنبؤ بدقة بحوالي 80% من الحجاج المرئيين. تؤكد هذه النتيجة على متانة النموذج في التعامل مع السيناريوهات الصعبة، مثل الإضاءة المنخفضة، حيث كان لا يزال قادراً على التقاط عدد كبير من الحشود. تُظهر قدرة النموذج على الأداء الجيد في هذه الظروف الصعبة إمكاناته للتطبيقات الواقعية في البيئات الديناميكية مثل إدارة الحشود ليلاً.



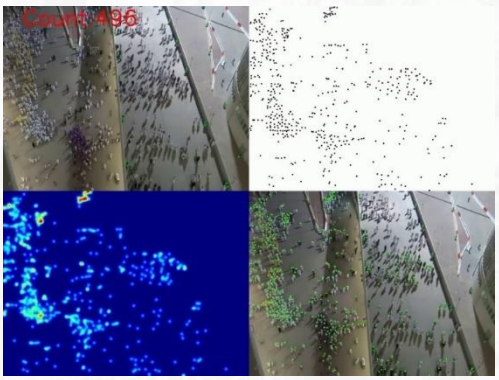
الشكل 5: أداء النموذج في المناطق ذات الكثافة العالية خلال الليل

نتائج النماذج من الدراسات السابقة

يمثل الشكل 6 أداء نموذج PRM، الذي عدّ 94 حاجاً في العينة. على النقيض، يوضح الشكل 7 نفس العينة التي تنبأ بها نموذج CLTR، والذي عدّ 496 حاجاً—وهذا فارق كبير يبلغ حوالي 402 فرد. تسلط هذه الفجوة الكبيرة الضوء على قيود نموذج PRM في التعامل مع الحشود ذات الكثافة العالية. بينما يمكن لنموذج PRM اكتشاف الأشخاص في المناطق المزدحمة، فإن أدائه محدود بشكل ملحوظ في حالات الكثافة العالية، حيث يواجه صعوبات في التمييز والتعرف الدقيق على الأفراد، على عكس نموذج CLTR، الذي يظهر دقة متفوقة في مثل هذه الظروف.

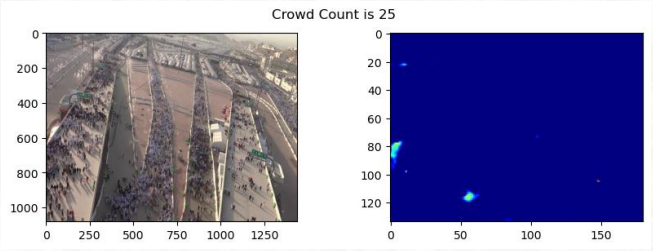


الشكل 6: أداء نموذج PRM على أحد العينات

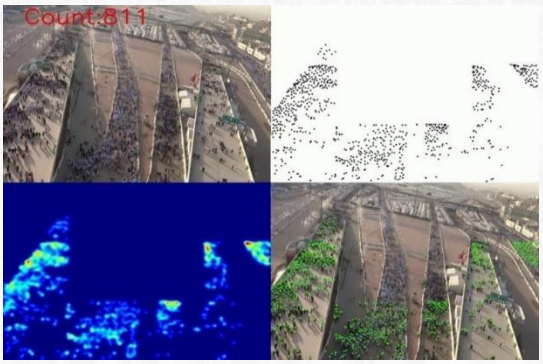


الشكل 7: أداء نموذجCLTR على لنفس العينة.

علاوة على ذلك، يقدم الشكل 8 عينة أخرى من منطقة ذات كثافة عالية. عدّ نموذج PRM فقط 25 حاجاً، مما يكشف عن قيود كبيرة في قدرته على العد الدقيق للأفراد في الحشود الكثيفة. في المقابل، يُظهر الشكل 9 أداءً أفضل بكثير لنموذج CLTR لنفس العينة، حيث عدّ 811 حاجاً. وهذا يؤدي إلى فجوة كبيرة تبلغ 786 فرداً بين النموذجين، مما يبرز قدرة نموذج CLTR المتفوقة على التعامل مع الحشود ذات الكثافة العالية مقارنة بنموذج PRM.



الشكل 8: أداء نموذج PRM لعينة أخرى في منطقة ذات كثافة عالية



الشكل 9: أداء نموذج CLTR لنفس العينة في منطقة ذات كثافة عالية

المناقشة

تظهر نتائج هذه الدراسة فروقاً كبيرة في أداء نموذج CTRL المدرب مسبقاً مقارنة بنموذج PRM في التنبؤ بعدد الحجاج في سيناريوهات كثافة مختلفة. أظهر نموذج CTRL قدرات قوية، لا سيما في البيئات ذات الكثافة العالية وظروف الليل، حيث عدّ بدقة حوالي 80% من الحجاج المرئيين. تشير هذه المتانة إلى أن نموذج CTRL مناسب جداً للتطبيقات العملية في إدارة الحشود خلال أحداث مثل الحج، حيث يعتبر الرصد الفعال للحشود أمراً حيوياً لضمان السلامة وتسهيل الحركة. على النقيض من ذلك، أظهر نموذج PRM قيوداً كبيرة في

سيناريوهات الكثافة العالية. تشير الفجوة الكبيرة في أعداد الحشود حيث عدّ نموذج CTRL 496 حاجاً بينما عدّ نموذج PRM 94 فقط، إلى التحديات التي يواجهها الأخير في اكتشـاف الأفراد بدقة في الأوضـاع المزدحمة. قد تنبع هذه القيود من بنية نموذج PRM أو بيانات تدريبه، التي قد لا تعكس بشكل كافٍ تعقيدات الحشود ذات الكثافة العالية.

علاوة على ذلك، بينما أظهر نموذج CTRL أداءً جيداً في المناطق ذات الكثافة المتوسـطة والمنخفضـة، واجه تحديات في التمييز بين الأجسام الثابتة (مثل رؤوس المخيمات) والأفراد. يبرز هذا التصنيف الخاطئ مشكلة شائعة في نماذج عد الحشود، حيث يمكن أن يؤثر التمييز بين الأشخاص والكيانات غير البشرية بشكل كبير على دقة التنبؤ. يمكن أن تركز الأبحاث المستقبلية على تحسين النماذج لزيادة قدرتها على التعرف على وتصنيف مختلف الأجسام داخل المشهد، من خلال استخدام تقنيات متقدمة في خوارزميات اكتشاف الكائنات بالتزامن مع أساليب عد الحشود. بالإضافة إلى زيادة جودة الصورة او مقاطع الفيديو بالملتقطة بالكاميرات بجودة عالية.

تعتبر قدرة نموذج CTRL على العمل بفعالية في ظروف الإضاءة المنخفضة ملحوظة بشكل خاص، حيث غالباً ما تحدث إدارة الحشود خلال الليل أو في المناطق ذات الإضاءة الضعيفة. سيكون تحسين أداء النموذج في مثل هذه الظروف الصعبة أمراً حيوياً للتطبيقات الواقعية. يمكن أن تبحث الدراسات المستقبلية في استراتيجيات تعزيز البيانات أو دمج بيانات حساسية إضافية لتعزيز متانة النموذج في بيئات ذات الإضاءة المتنوعة.

الخاتمة

في الختام، تسـلط هذه الدراسـة الضـوء على فعالية النموذج المدرب مسـبقاً CTRL في التنبؤ بعدد الحشـود من الحجاج في المواقع المقدسـة، خاصـة في الظروف ذات الكثافة العالية وأوقات الليل. أظهرت النتائج قوة أداء النموذج وإمكانياته الكبيرة في التطبيقات العملية لإدارة الحشود خلال الفعاليات واسعة النطاق مثل الحج. وعلى النقيض، كشفت محدودية نموذج PRM الحاجة إلى تحسينه وتطويره لزيادة دقته في البيئات ذات الكثافة السكانية العالية.

تؤكد النتائج على أهمية التقييم المسـتمر والمقارنة بين أسـاليب عد الحشـود لتحديد نقاط القوة والضـعف. ومع تطور ديناميكيات الحشود، تظل الحاجة إلى أبحاث متواصلة ضرورية لتطوير نماذج أكثر دقة وقدرة على التكيف مع مختلف السيناريوهات. وينبغي أن تركز الجهود المستقبلية على تحسين قدرة النماذج على التمييز، خاصة في التفريق بين الأشخاص والأجسام الثابتة، إلى جانب معالجة التحديات التي تفرضها ظروف الإضاءة المنخفضة. من خلال تحسين هذه الجوانب، يمكن للباحثين تعزيز استراتيجيات السلامة والإدارة خلال الفعاليات ذات الكثافة العالية، مما يسهم في تحسين التحكم في الحشود وتجربة الفعاليات بشكل عام.

التوصيات

1- حث الجهات ذات العلاقة بتطبيق مخرجات البحث وذلك لمساعدتهم في إدارة الحشود.
2- تطبيق مفهوم استخدام الذكاء الاصطناعي في مجالات إدارة الحشود وخاصة في جسر الجمرات.
3- سوف يساهم هذا البحث بالتنبؤ بالمخاطر المحتملة بالحجيج في الأماكن المقدسة.

المراجع

- Alhawsawi, A.; Sultan, D. ; Faizan, U., 2024, Crowd Counting in Diverse Environments Using a Deep Routing Mechanism Informed by Crowd Density Levels, Information, 15: 275.
- Alpaydin, E., 2021, Machine learning (MIT press).
- Bai, H.; Hao, H.; Zhuoxuan, P.; Tianyuan, D.; S-H, G., 2022, Countr: An end-to-end transformer approach for crowd counting and density estimation, European Conference on Computer Vision, 207-22. Springer.
- Do, P., 2021, Attention in crowd counting using the transformer and density map to improve counting result, the 8th NAFOSTED Conference on Information and Computer Science (NICS), 65-70. IEEE.
- Dubey, P.; Prashan, B., 2015, Review on techniques for traffic jam detection and congestion avoidance, the 2nd international conference on electronics and communication systems (ICECS), 434-40. IEEE.
- Felemban, E.; Sultan, D.; Atif, N.;, Faizan, U.; Saleh, B., 2022, Deep learning framework for congestion detection and prediction in human crowds, Google Patents.

- Khan, Z.; Jamil, A., 2021, Attention induced multi-head convolutional neural network for human activity recognition, Applied soft computing, 110: 107671.
- Kim, J.; Kang-Sun, P.; Byeong-Doo, P.; Sung-Jea, K., 2002, Real-time vision-based people counting system for the security door, the IEEK Conference, 1416-19. The Institute of Electronics and Information Engineers.
- Kong, D.; Douglas, G.; Hai, T., 2006, A viewpoint invariant approach for crowd counting, the 18th International Conference on Pattern Recognition (ICPR'06), 1187-90. IEEE.
- Liang, D.; Wei, X.; Xiang, B., 2022, An end-to-end transformer model for crowd localization, the European Conference on Computer Vision, 38-54. Springer.
- Sundararaman, R.; Cedric, D.; Eric, M.; Julien, P., 2021, Tracking pedestrian heads in dense crowd, the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition, 3865-75.
- Tyagi, B.; Swati, N.; Rajiv, S., 2022, A review of deep learning techniques for crowd behavior analysis, Archives of Computational Methods in Engineering, 29: 5427-55.
- Yang, Y.; Wei-Wei, G., 2019, A method of pedestrians counting based on deep learning, the 3rd International Conference on Electronic Information Technology and Computer Engineering (EITCE), 2010-13. IEEE.

إدارة حافلات نقل الحجاج بفعالية باستخدام تقنية التعرف على الوجه

عمار فؤاد أربعين*، عمار عبدالباسط الصائغ

قسم المعلومات والخدمات العلمية، معهد خادم الحرمين الشرفين لأبحاث الحج والعمرة، جامعة أم القرى

Effectively Manage Pilgrim Buses Using Facial Recognition Technology

Ammar F. Arbaaeen*, Ammar A. Alsaig

The Custodian of The Two Holy Mosques Institute for Hajj and Umrah, Umm Al-Qura University

*Corresponding author: E-mail (afarbaaeen@uqu.edu.sa)

الملخص

إن الطلب المتزايد على أنظمة نقل الحجاج الفعالة والآمنة يتطلب حلولاً مبتكرة. تبحث هذه الدراسة في التقنية الحديثة للتعرف على الوجه في وسائل النقل والحافلات التي تنقل الحجاج الي المشاعر المقدسة كطرق متقدمة للحد من استخدام الحافلات من قبل حجاج غير المصرح لهم أو غير النظاميين. تتناول الدراسة قيود طرق التعريف على الوجه التقليدية كاستخدام تقنيات RFID او QR وتهدف إلى تصميم وتطوير نظامًا قائمًا على التعرف على الوجه باستخدام كاميرا ذكية عالية الدقة Raspberry Pi High Quality Camera بالإضافة إلى مكتبة برمجيات مفتوحة المصدر للرؤية الحاسوبية والتعلم الآلي تسمي OpenCV والتي تستخدم كأداة فعاله للإدراك الآلي لمعالجة وتحليل الصور والفيديو في الوقت الفعلي. كما تستخدم تقنية FaceNet في هذه الدراسة والذي يتيح التعرف على الوجه بدقة عالية. تم اختيار النظام للعمل في بيئة محاكاة لركوب الحجاج للحافلات للحد من الاستخدام غير القانوني للحافلات، مع التركيز على دقة ملامح الوجه ووقت المعالجة في ظل ظروف وأوقات مختلفة. تتوقع النتائج أن النظام المقترح يعد حلا أكثر كفاءة والذي بدوره يعزز بشكل كبير في سرعة ودقة التحقق من الركاب أثناء صعود الحافلات. سيتطلب النظام المقترح تثبيت كاميرات عند مداخل حافلات النقل وسيتم اختبار النموذج المبدئي على عدد من صور الركاب حيث يساعد النظام في رصد واكتشاف المخالفين والغير مصرح لهم بصعود الحافلة مع الأخذ بعين الاعتبار خصوصية الحاج. تساهم هذه الدراسة في تنظيم وتطوير أنظمة نقل الحجاج بفعالية وكفاءة عالية، مما يساعد في تحسين تجربة النقل. كما يمهد الطريق لتطبيقات أوسع نطاقًا وتطوير تطبيق تقنية الرؤية الحاسوبية الحيوية في وسائل التنقلات العامة في بيئة أكثر أمانًا.

الكلمات الدالة: كاميرا عالية الجودة، تقنية التعرف على الوجه، الحجاج.

Abstract

The increasing demand for efficient and safe pilgrim transportation systems requires innovative solutions. This study investigates the modern technology of facial recognition in transportation and buses that transport pilgrims to the holy sites as an advanced method to reduce the use of buses by unauthorized or irregular pilgrims. The study addresses the limitations of traditional facial identification methods such as using RFID or QR technologies and aims to design and develop a system based on facial recognition using a high-resolution smart camera Raspberry Pi High Quality Camera in addition to an open source software library for computer vision and machine learning called OpenCV which is used as an effective tool for automated perception to process and analyze images and videos in real time. FaceNet technology is

also used in this study which enables high-accuracy facial recognition. The system was chosen to work in a simulated environment of pilgrims riding buses to reduce the illegal use of buses, focusing on the accuracy of facial features and processing time under different conditions and times. The results predict that the proposed system is a more efficient solution which in turn greatly enhances the speed and accuracy of passenger verification during bus boarding for more efficient management. The proposed system will require installing cameras at the entrances of buses and the prototype will be tested on a number of passenger images where the system helps detect violators and those not authorized to board the bus while taking into account the privacy of the pilgrim. This study contributes to organizing and developing pilgrim transportation systems with high efficiency and effectiveness, which helps in improving the transportation experience. It also paves the way for broader applications and developing the application of biometric computer vision technology in public transportation in a safer environment.

Keywords: High Quality Camera, Raspberry Pi, FaceNet, Face recognetion, OpenCV, pilgrim.

1. المقدمة

يعد دور وسائل النقل محورا رئيسيا في تنظيم وتسهيل التجمعات الدينية في جميع أنحاء العالم، حيث يسافر ملايين الأفراد إلى الأماكن المقدسة لأداء فريضة الحج في المملكة العربية السعودية، وغالبًا ما تؤدي هذه التجمعات إلى حركة مرورية ضخمة وتتطلب حلول نقل منسقة لضمان سلامة الحجيج وحركتهم في الوقت المناسب. تتطلب عوامل مثل الازدحام المروري والأمن وحالات الطوارئ الصحية أنظمة متقدمة يمكنها مراقبة وإدارة وتبسيط نقل الحجاج بشكل فعال (B. Johnson ، 2023)، لأنه يؤثر بشكل مباشر على التجربة الإجمالية للحجاج وسلامتهم خلال هذه الأحداث عالية الكثافة (C. Lee ، 2023).

تشير تقنية التعرف على الوجه Facial recognition technology (FRT) إلى استخدام الخوارزميات لتحديد هوية الأفراد أو التحقق منها بناءً على ملامح الوجه، وقد تطورت هذه التقنية بشكل كبير منذ أيامها الأولى من مطابقة الصور البسيطة إلى أنظمة متقدمه تساعد فى التحليل والمعالجة في الوقت الفعلي (A. Jain et al.، 2019). تتضمن تقنية التعرف على الوجه عدة خطوات حاسمة، بما في ذلك الحصول على الصور والمعالجة المسبقة واستخراج السمات والتصنيف (B. Phillips et al.، 2020). حيث يبدأ عمل تقنية FRT بمعالجة الصور، حين تلتقط الكاميرا صورة الوجه ومن ثم يتم تحويل هذه الصورة إلى تنسيق رقمي مناسب للتحليل. تتضمن الخطوة التالية استخراج السمات، حيث يتم اكتشاف سمات الوجه الرئيسية وقياسها كميًا. قد يشمل ذلك تحديد المسافات بين النقاط الرئيسية على الوجه، مثل العينين والأنف والفم، والتي تخلق توقيعًا فريدًا للوجه (C. Liu et al.، 2021). أخيرًا، تتم مقارنة هذه البيانات بقاعدة بيانات للوجوه المعروفة، والاستفادة من خوارزميات التعلم الآلي لتحديد أفضل تطابق (D. O. W. E. et al.، 2023).

في السنوات الأخيرة، اكتسبت تقنية التعرف على الوجه أهمية كأداة تحويلية في العديد من القطاعات، بما في ذلك النقل والأمن. تستخدم هذه التقنية خوارزميات متقدمة وتقنيات التعلم الآلي لتحليل هويات الأفراد والتحقق منها بناءً على سمات وجوههم الفريدة (D. Patel و E. Gupta، 2022). من خلال التقاط صور في الوقت الفعلي ومقارنتها بقاعدة بيانات للأفراد المعروفين، فإنها توفر القدرة على تحديد ومراقبة المستخدمين، وبالتالي تعزيز تدابير الأمن في مراكز النقل المزدحمة (F. Ramirez et al.، 2023). يمكن أن يقلل أيضا التعرف على الوجه بشكل كبير من أوقات الانتظار عند نقاط تسجيل الوصول وتبسيط المعالجة أثناء نقل الركاب (G. Thompson، 2022).

يسمح تعدد استخدامات منصة Raspberry Pi بتوظيفها في تطبيقات مختلفة، من أجهزة إنترنت الأشياء إلى أنظمة التشغيل الآلي. إن توافقها مع العديد من مكتبات البرمجة، بما في ذلك OpenCV ، حيث يسهل في تنفيذ أنظمة التعرف على الوجه دون الحاجة إلى تكاليف مالية باهظة (I. Wang، 2023). علاوة على ذلك، يمكن لقوة الحوسبة Raspberry Pi دعم معالجة البيانات والتحليلات في الوقت الفعلي، مما يجعلها مرشحًا مثاليًا للأنظمة المصممة لتعزيز كفاءة مراقبة وتشغيل النقل. الشبكات التلافيفية المتتالية متعددة المهام Multi-task Cascaded Convolutional Networks (MTCNN) هي خوارزمية تعلم عميق تستخدم في المقام الأول للكشف عن سمات

الوجوه في الصور. تتكون MTCNN من سلسلة من الشبكات العصبية التلافيفية (CNNs) التي تعمل معًا للكشف عن سمات الوجه بمقاييس مختلفة، وتحقيق دقة عالية في تحديد هوية الوجوه ونقاطها الرئيسية، مثل العيون والأنف والفم من خلال تحليلات الصورة.

الهدف الجوهري من هذا البحث يكمن في تحقيق معدل دقة وسرعة مرتفعة مع ضمان موثوقية النظام، وبالتالي إظهار إمكانات تقنية التعرف على الوجه للتحقق من الهوية وإدارة حافلات نقل الحجاج بشكل آمن وفعال من خلال معالجة القيود المحددة للطرق التقليدية، حيث يساهم في تطوير أنظمة نقل الحجيج بفعالية، وأكثر أمانًا وكفاءة مما يساعد في تحسين تجربة النقل. كما يهدف هذا البحث في تسليط الضوء على فوائد مثل هذه التقنيات وأهمية الابتكار في تعزيز السلامة والراحة والتجربة الشاملة للحجاج أثناء رحلاتهم من خلال الأهداف التالية:

2. أهداف البحث

- تصميم وتطوير نظامًا قائمًا على التعرف على الوجه باستخدام كاميرا عالية الدقة.
- رصد واكتشاف المخالفين والغير مصرح لهم بصعود الحافلة.
- الحدّ من استخدام الحافلات من قبل حجاج غير المصرح لهم أو غير النظاميين.
- إدارة حافلات نقل الحجاج بشكل آمن وفعال.
- تنظيم وتطوير أنظمة نقل الحجاج بفعالية وكفاءة عالية.
- تحسين تجربة النقل.

ولتحقيق الهدف الجوهري من البحث، يمكن صياغة سؤالين رئيسيين:

1- ما هو النهج الأكثر فعالية لاستخدام تقنية التعرف على الوجه من حيث الدقة وسرعة الحوسبة في سياق حافلات نقل الحجيج؟
2- كيف تعمل المصادقة القائمة على تقنية التعرف على الوجه لتعزيز الأمن والكفاءة التشغيلية مقارنة بأساليب الأمن التقليدية في حافلات نقل الحجيج؟

سيتم تحديد أفضل الحلول التقنية للرد على أسئلة البحث من خلال :

- دراسة مقارنة: تحديد الخوارزميات والبرمجيات الأكثر فعالية لاستخدامها في تطوير تقنية التعرف على الوجه وفهم عيوب طرق الأمان التقليدية في وسائل نقل الحجاج.
- تطوير النموذج الأولي: إنشاء نموذج تجريبي مبدئي آمن وقابل للتطوير باستخدام التقنيات اللازمة لتطوير تقنية التعرف على الوجه المتقدمة.
- التقييم والاختبار: إجراء اختبارات مكثفة لتقييم أداء النموذج الأولي عبر مقاييس مختلفة، بما في ذلك الدقة ورضا المستخدم.

3. المراجع الأدبية

استكشفت الأبحاث السابقة في هذا مجال تقنيات الرؤية الحاسوبية جوانب مختلفة للعديد من أنظمة التعرف على الوجه وتنفيذها والاستفادة منها كوسيلة تقنية لرفع مستوى الامن والتشغيل. يقترح "نظام ضبط الحضور بتقنية التعرف على الوجه" تقنية المعالجة في الوقت الفعلي، ويوصى الباحث ثلاثة مجالات رئيسية قابلة للتحسين والتطوير في أنظمة ضبط الحضور: الدقة والاستقرار وواجهة المستخدم. نجح النظام الذي تم تنفيذه من قبل الباحث بنسبة دقة بحوالي 82٪(Han, 2020) ، وفي نفس العام تم تقديم دراسة استقصائية للمقارنه بين العديد من الطرق، الخوارزميات والبرمجيات ذات العلاقة بتقنية التعرف على الوجه، والتي تقدم نتائج الدقة بالإضافة إلى القيود والمزايا التي تتمتع بها كل خوارزمية عن طريق.) Atri, 2020)

اقترحت دراسة نهج المطابقة والتوثيق الجمع بين انظمة التعرف على سمات الوجه في النقل العام والبيانات المخزنة جزئيًا عن طريق .) Huang, 2018)كما طرح باحث آخر مقترح يدعم نظام مصادقة الطلاب باستخدام تقنية التعرف على الوجه واستخدام تقنيات إنترنت الأشياء في وسائل النقل الخاصة بالطلاب. حيث يتضمن المقترح استخدام كاميرات عالية الجودة، حيث يتم التقاط صور للطلاب في هذا النظام وتحليل السمات اللازمة للكشف عن هوية وجه الطالب أثناء استخدام الحافلة من خلال الاستفادة من خوارزميات Haar Cascadeوتقنيات تستخدم لرفع مستوي الدقة. علاوة على ذلك، فان النظام يتضمن استخدام تقنيات إنترنت الأشياء للتحديثات

الفورية اضافة الى تمكين النظام بخاصية تحديد المواقع العالمي . (GPS) يدعم النظام خاصية إرسال معلومات صعود الطلاب إلى اولياء الأمور من خلال الرسائل القصيرة، وبالتالي تعزيز السلامة والفعالية التشغيلية لنظام حافلات النقل المدرسي. يسلط هذا النموذج الضوء على إمكانية تنفيذ تقنيات مماثلة في أنظمة الحافلات العامة لتعزيز التحقق من الركاب والحد من المتهربين من الأجرة مع تسليط الضوء على ضرورة اتخاذ تدابير قوية لحماية البيانات والمعلومات.(S. et al., 2023)

وقد وجد نظام التعرف على الوجه في العديد من البرامج والتطبيقات، وخاصة في مجال السلامة العامة والنقل. وتستخدمه عدد من الوكالات مثل وكالات إنفاذ القانون للمراقبة وتحديد المشتبه بهم في الوقت الفعلي، وهو ما أثبت فعاليته في منع الجريمة (E. K. K. & B. N. J., 2022). ومثل هذه الأنظمة تدعم متخذي القرار بمعلومات ذات قيمة عالية وأكثر أهمية حيث أنه يساعد في دعم الأمن خلال التجمعات العامة الكبيرة، ويمكن أن يساعد أيضا في التعرف على الوجه في مجالات إدارة الحشود من خلال مراقبة الحضور وتحديد الأشخاص المفقودين بسرعة وكفاءة عالية (F. Wang et al., 2023). علاوة على ذلك، يكثر استخدام مثل هذه الأنظمة الفعالة في مجالات النقل العام مثل المطارات ومحطات القطارات، حيث يتم استخدام نظام التعرف على الوجه لتسجيل الوصول الآلي الأمان، مما يقلل من قابلية حدوث أخطاء بشرية من حيث دقة وسرعة الاستجابة (G. Thompson, 2022).

4. منهجية وطرق البحث

يعتمد البحث على عدة منهجيات تتضمن المنهج الاستقرائي والمنهج التجريبي حيث يبدأ البحث بمراجعة شاملة للأدبيات لضمان فهم شامل لتأثير التقنيات والخوارزميات التي تم تطبيقها بفعالية على أنظمة الأمن والكفاءة التشغيلية للحافلات. يمهد ذلك في تحديد مشكلة الدراسة، جمع البيانات ذات الصلة، واعداد الأهداف التي يرتكز عليها هذا البحث والتي تتطلب أيضا اتباع المنهج التجريبي ودراسة حالات واقعية لتحقيقها. تلي هذه المرحلة دراسة مقارنة لتقييم الحلول التقنية الحديثة وخوارزميات التعرف على سمات الوجه. مما يمهد الطريق لمزيد من العمل التجريبي والتنفيذي لتحقيق أهم أهداف البحث والذي يكمن في التحقق من كفاءة وفعالية أنظمة تقنية التعرف على الوجه والمزايا الايجابية لها مقارنة بالأساليب التقليدية المستخدمة في أنظمة حافلات نقل الحجيج.

يتبع هذا البحث أيضا استخدام منهجية تصميم علوم البحث Design Science Research في اعداد النموذج التجريبي المبدئي حيث تركز المنهجية على إنشاء ودمج التقنيات والخوارزميات لتقييم القطع المصممة والأدوات التقنية والبرمجيات وتطوير النموذج المبدئي التجريبي لحل المشكلات المحددة. عمليات الإنشاء والتقييم متكررة ومتعددة في كل دورة متبعه تصميمات تقنية مثل التصميم المبدئي للنموذج في مرحلة التنفيذ، يليها مراحل الاختبار التجريبي وأخيرا مرحلة التحسين لفعالية النظام (A. Hevner et al., 2004).

شكل 1. منهجية البحث

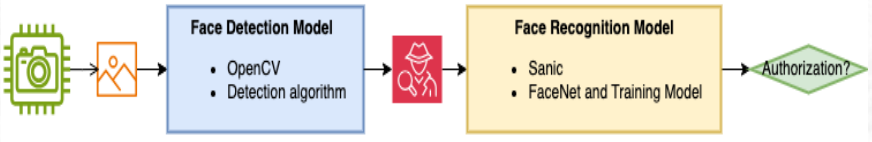
مشكلة الدراسة

تعتمد أنظمة نقل الحجاج تقليديًا على بطاقات أو مسيرات بأسماء الحجاج لتحديد هوية الحاج، وهذه الأساليب على الرغم من فعاليتها، لها قيود كبيرة تحتاج إلى معالجة، حيث يمكن فقدان بطاقات صعود الحافلات أو سرقتها أو مشاركتها. هذه الثغرة قد تمكن من الوصول غير المصرح به إلى خدمات الحافلات مما يؤثر على الكفاءة التشغيلية لأنظمة حافلات نقل الحجاج واستخدامها من قبل حجاج غير المصرح لهم أو غير النظاميين. ولمعالجة هذه التحديات، يرتكز هذا البحث على دمج تقنية التعرف على الوجه في أنظمة الحافلات لنقل الحجاج.

4. النظام المقترح

يرتكز النظام المقترح على عدة تقنيات رئيسية لتكوين نظام التعرف على سمات الوجه. هذه التقنيات تتضمن الأجهزة والأدوات التقنية، البرمجيات والخوارزميات المستخدمة لتمكين النظام من العمل بكفاءة عالية وتوفير الحلول التقنية اللازمة لتنفيذ تقنية التعرف على

الوجه في أنظمة حافلات النقل للحجيج. يوضح الشكل ٢. أساسيات النظام المقترح والذي يحتوي على قسمين رئيسية من النماذج وخوارزميات الكشف والتحقق على سمات الوجه ومطابقتها .



شكل 2. نموذج النظام المقترح

الأجهزة والأدوات التقنية

جهاز تقني يسمى Raspberry Pi موضح بالشكل ٣. هو عبارة عن لوح كمبيوتري منخفض التكلفة بحجم بطاقة الائتمان تم تطويره لتعزيز ودعم التعليم والابتكار لعلوم الحاسب الآلي في جميع أنحاء العالم .(H. Morales, 2023) منذ إصداره في عام 2012، اكتسبت هذه التقنية انتشار واسع بين المبتكرين، هواة التقنية، والمطورين لسهولة استخدامه في اجراء اختبارات تجريبية ولما يتسم به من خصائص تدعم مرونة وسهولة الوصول إليه .(I. King et al., 2021) تتوافق هذه التقنية مع العديد من أنظمة التشغيل المختلفة، بما في ذلك أنظمة تشغيل ماك ولينكس ويدعم عدة لغات برمجية مختلفة مثل Python و++C، .(J. Ramirez, 2022 ,) تمكن هذه التقنية المرونة للمطورين والمستخدمين من إنشاء أنظمة معقدة مصممة خصيصًا لاحتياجاتهم المحددة واجراء الاختبارات اللازمة دون الحاجة إلى أجهزة باهظة الثمن. إضافة إلى ذلك، فإن الحجم الصغير لهذه التقنية يقلل من استهلاك الطاقة ما يجعله مناسبًا للاستخدام في مجالات وبيئات مختلفة مثل مجالات ضبط الفصول الدراسية، مجالات التحقيق، بيئات تجمعات الحشود وإمكانية استخدامه في المواقع النائية .(L. Martin, 2022) علاوة على ذلك، تدعم هذه التقنية العديد من المكتبات، بما في ذلكOpenCV ، والذي يعد ضروريا لتنفيذ تطبيقات الرؤية الحاسوبية مثل تقنية التعرف على الوجه .(M. Scott et al.,2022) من خلال الاستفادة من هذه التقنيات لدعم تقنية التعرف على سمات الوجه، يمكن للمبرمجين والمطورين إنشاء حلول فعالة قابلة للتطوير في مجالات التتبع ومراقبة أمن الحشود في الوقت الفعلي في مثل بيئات وظروف معقدة كإدارة نقل الحجاج بفعالية، وبالتالي تعزيز الأمان والكفاءة.

الشكل ٤. يوضح استخدام كاميرا عالية الجودة والدقة تم تطويرها عن طريق شركة Raspberry Pi Ltd، تمتاز بمستشعر عالي الكفاءة من حيث الدقة من نوع Sony IMX477 بمقدار دقة تصل الى 12.3 ميجابكسل، مما يوفر دقة أداء استثنائية وفعالة تعمل تحت ظروف الإضاءة المنخفضة. صُممت الكاميرا بخصائص وسمات عالية لتكون مرنة، فهي تدعم قابلية تبديل العدسات ذاتية التركيب مما يجعلها مناسبة للاستخدام في مختلف التطبيقات. هذه الكاميرا تختص بدعم التوافق مع جميع طرازات وأجهزة Raspberry Pi، الشكل ٤. مما يضمن إمكانية التنفيذ والتشغيل على نطاق واسع (Abu Ainin et al.,2024).

شكل 3. جهاز تقني RASPBERRY PI

شكل 4. كاميرا عالية الجودة والدقة

البرمجيات المستخدمة في النظام

النظام المقترح هو عبارة عن دمج عدد من البرمجيات والخوارزميات التي تساعد في تكامل النظام مع الأجهزة والأدوات المقدمة. حيث يتضمن تأسيس النظام استخدام لغة البرمجة بايثون وهي لغة مفسرة وعالية المستوى معروفة بقواعدها النحوية الواضحة وقابليتها للقراءة، مما يجعلها مناسبة للمطورين والمبرمجين ذوي الخبرة. تمتاز هذه اللغة بنظام من نوع ديناميكي وإدارة ذاكرة آلية، مما يساهم في

سهولة استخدامها وتطبيقها الواسع في مجالات مختلفة. تدعم لغة بايثون مكتبات قياسية شاملة قابلة للتطوير النشط مما يساعد على تعزيز قدراتها في تطوير الويب، الحوسبة العلمية، تحليل البيانات، وتوظيف الذكاء الاصطناعي (P.S.,2019). يساعد أيضا استخدام تقنية Sanic في توفير إطار عمل ويب غير متزامن مكتوب بلغة بايثون، ومصمم لاستجابات الطلبات السريعة .

على مستوى تحليل المقاطع والصور الملتقطة سيتم استخدام OpenCV، وهي مكتبة خاصة وشاملة لمجالات رؤية الكمبيوتر مفتوحة المصدر مصممة لدعم معالجة وتحليل الصور في الوقت الفعلي مما يجعلها قادرة على اكتشاف وتحليل سمات الوجوه والتحقق منها، وتحديد أصناف وخصائص الأفعال البشرية في مقاطع الفيديو، وتتبع حركات الكاميرا، ومراقبة الكائنات المتحركة، والعثور على صور مماثلة في قاعدة بيانات الصور. مما يتيح استخدامها من قبل الكثير من المطورين لتعزيزها وتوفير فهمًا عميقًا وتطبيقًا واسع النطاق في مشاريع معالجة الصور في الوقت الفعلي (C. Ivan,2012) (G. Bradski and A. Kaehler,2008).

يعتمد النظام المقترح أيضا على استخدام المصنف القائم على ميزات تقنية وخوارزميات "هار" والمستخدمة في التحليل والكشف عن سمات الوجوه، هذه الخوارزمية تدعم التعلم الآلي والتي تعمل من خلال تنفيذ سلسلة من التقييمات على الصورة الملتقطة. تحدد هذه الطريقة الوجوه البشرية داخل الصور من خلال الاستفادة من ميزات وخصائص خوارزمية هار، وهي ميزات صور رقمية بسيطة تستخدم للكشف عن الكائنات.

تركز مرحلة التطبيق على تصميم بنية النظام النموذجي التجريبي باستخدام التقنيات الحديثة والذي يدمج العلاقة بين العميل والخادم حيث تعد ضرورية لمعالجة البيانات في الوقت الفعلي والتعرف على سمات الوجوه في بيئات نقل الحجاج على الحافلات. يقوم جانب العميل، الموجود عند نقاط دخول الحافلات، بالتقاط الصور وإرسال البيانات إلى الخادم.

مراحل عمل النظام المقترح

يعد تطوير جانب العميل للنظام المقترح لتقنية التعرف على الوجه وتحليل سمات الوجوه في الوقت الفعلي والحالي من خلال استخدام أجهزة وتقنية Raspberry Pi المجهزة بكاميرا عالية الدقة والجودة. الغرض الرئيسي من هذه التقنية هو التقاط صور ومقاطع الوجه للمستخدمين عند صعودهم الحافلات ومن ثم نقل الصور إلى الخادم لمعالجة البيانات وتجهيزها لعمليات التحليل التي تساعد في توفير الدقة والاستجابة السريعة على النحو التالي:

1- تشغيل الكاميرا وتحميل نموذج اكتشاف سمات الوجه للتحضير حيال التقاط صورة الوجه في الوقت الفعلي.
2- يلتقط العميل إطارات الفيديو أو الصور بشكل مستمر من خلال كاميرا عالية الجودة.
3- يتم معالجة الصور، تحليل وتحديد سمات وخصائص الوجوه باستخدام الخوارزميات المصنفة.
4- مقارنة كل السمات التي تم اكتشافها بالوجوه مع التي تم اكتشافها وحفظها سابقًا.
5- سيتم الاستفادة من تقنية RGB في التقاط الصورة للاستفادة من ألوان التقنية في اظهار مؤشرات التحقق.
6- يتلقى العميل استجابة الخادم، والتي قد تتضمن تفاصيل التعريف أو نتائج التحقق.
7- يتم عرض نتائج التحقق عن طريق العميل بإظهار اللون المناسب.
8- سيتم استخدام خوارزمية التدابير الأمنية لدعم النظام بعمليات نقل آمن للبيانات.
9- سيتم استخدام وظيفة "IsNewFace" لتجنب المعالجة المتكررة للصور الملتقطة سابقا.
10- يتيح النظام تسجيل المعلومات المكانية والزمانية لجميع الصور.

جانب الخادم للنظام

- يوفر النظام المقترح وجود الخادم في بيئة سحابية آمنة.
- إمكانيات معالجة وتحليل فعالة للصور الملتقطة.
- ضمان موثوقية النظام لتلقي الصورة عبر أنابيب نقل آمنه بمساعدة إطار عمل Sanic وخدمة طلبات متعددة من عملاء متعددين في وقت واحد.
- يتم تمرير الصورة إلى FaceNET لتحليل السمات ومقارنتها بسمات أخرى في قاعدة البيانات.
- ضمان استجابة الخادم بنتائج التحقق.

6. النتائج والمناقشة

الهدف الأساسي لهذه الدراسة التجريبية هو استكشاف سؤالين أساسيين يتعلقان بتنفيذ تقنية التعرف على سمات الوجه في أنظمة حافلات النقل للحجيج. تلعب هذه الاستفسارات دورًا مهمًا في فهم شامل لكفاءة وفعالية النظام وقدرته على تحسين تجربة النقل والكفاءة التشغيلية لحافلات الحجاج مقارنة بالطرق التقليدية. اختبار النظام في ظل ظروف مختلفة، مثل الإضاءة المختلفة وكثافة الحشود تضمن تطوير النموذج الأولي في بيئة المحاكاة.

الأهداف المحددة لتجارب النموذج التجريبي المبدئي هي:

- دقة النظام في الكشف والتعرف على سمات وجوه المستخدمين ومطابقتها حيث يمهد تطبيق النظام في تحديد سمات وجوه الحجاج المسجلين والمصرح لهم لركوب الحافلة مقابل الركاب غير المسجلين أو غير المصرح لهم.
- يضمن وقت الاستجابة السريع والتشغيل الفعال للنظام، منذ مواجهة المستخدم للكاميرا إلى تأكيد هويته أو رفضها.
- يمكن للنظام أن يعمل في ظل ظروف بيئية مختلفة، مثل الإضاءة وزوايا الكاميرا ومعدلات مختلفة لتدفق الحجاج لحافلات النقل.
- تحاكي هذه التجارب السيناريوهات الواقعية التي تواجهها في بيئة نقل الحجاج التشغيلية.
- ضمان تلبية توقعات الأداء الفني للنظام ويتماشى مع قابلية الاستخدام العملي والامتثال لمعايير الخصوصية والأخلاق.

يقوم النظام المقترح باختبار وتقييم كفاءة نظام التعرف على سمات الوجه من حيث السرعة والدقة في سيناريو محاكاة في العالم الحقيقي لالتقاط صور وجوه الأفراد أثناء اقترابهم من باب الحافلة. حيث يهدف هذا الإعداد إلى محاكاة ظروف عملية صعود الحافلة من قبل الحجاج. حيث يوفر النظام تحديد سمات الوجوه باستخدام الخوارزميات المطبقة مثل MTCNN, HAARCASCADE وتوفير ملاحظات فورية من خلال ضبط LED RGB عن حالة التعرف على الوجه. لتحديد خوارزمية اكتشاف الوجه التي تحقق أداءً أفضل من حيث السرعة والدقة، تم تحليل بعض النتائج الخاصة بالخوارزميات السابق ذكرها كما هوا موضح في الجدول ١. يقوم النظام بعد ذلك بمحاولة التعرف على الوجه عن طريق تطبيق إحدى خوارزميات التعرف مثل FaceNet, OpenFace ولتحديد الخوارزمية الأمثل قمنا بتحليل ومقارنة بعض نتائج التقييم الخاصة بخوارزميات التعرف على الوجه الجدول ٢ .

جدول 15. معدل دقة الكشف عن سمات الوجه لعدد 100 صورة للخوارزميتين MTCNN, HAARCASCADE [37],[33]

Run	MTCNN	HAARCASCADE
1	99	59
2	98	71
3	99	63
4	95	70
Average	97.75	65.75

جدول 16. نتائج معدل دقة التعرف على الوجه لبعض خوارزميات التعرف على عدد من الصور [40],[39],[33]

Algorithm	Dataset Size	Result
FaceNet	260M	99.96%
DeepID2	0.2M	99.15%
VGG-DeepFace	2.6M	98.95%
DeepFace	4.4M	97.35%

تخضع البيانات التي يتم جمعها عن طريق عمليات الكشف إلى مرحلة التحقق حيث يقوم المؤشر عند اكتشاف سمات الوجه بالمطابقة وإظهار نتائج التحقق عن طريق تحويل اللون في جهاز LED RGB إلى اللون الأزرق، مما يشير إلى أن الصورة تم التقاطها وإرسالها إلى الخادم للمعالجة. بناءً على استجابة الخادم، يتحول LED بعد ذلك إلى اللون الأخضر إذا تم التعرف على سمات الوجه ومطابقتها (مستخدم معتمد) أو أحمر إذا فشلت عملية المطابقة والتعرف على سمات الوجه (مستخدم غير معتمد). تساعد التجارب على مجموعة من الأجهزة والبرامج التي تم تقديمها كأدوات النظام المقترح لتقييم نظام التعرف على الوجه في سياق صعود الحافلة. توفر

الكاميرا معالجة عالية الدقة تساعد في التعرف على الوجه في الوقت الفوري والتقاط صور عالية الجودة لاختبار دقة واستجابة التعرف على الوجه تحت إضاءة ومسافات متنوعة نموذجية لسيناريو صعود الحافلة.

7. الخلاصة

يستخدم النظام المقترح لتقنية التعرف على الوجه كاميرات عالية الدقة ومعالجة البيانات في الوقت الفوري والفعلي لضمان سرعة التحقق الدقيق وقت صعود الركاب حافلة النقل. يتيح الجمع بين Python وOpenCV للنظام الحفاظ على دقة عالية لمعالجة وتحليل البيانات في ظل ظروف بيئية مختلفة. يوفر دمج آلية المصادقة باستخدام تقنية RGB-LED تأكيدًا بصريًا فوريًا لعملية التحقق. حيث يشير اللون الأزرق إلى المعالجة، ويشير اللون الأخضر إلى التعريف الناجح، ويشير اللون الأحمر إلى محاولة فاشلة أو غير مصرح بها.

يوفر النظام المقترح أيضا احتمالية تحديد الهوية مع الوقت المستغرق في العملية. يعد هذا الناتج بالغ الأهمية لأنه يظهر قدرة النظام على تحديد هوية الركاب من حيث السرعة والدقة. يشير هذا المستوى من الأداء إلى قدرة النظام على التعامل مع تحديد الهوية في الوقت الفوري بكفاءة عالية، وهو أمر ضروري للحفاظ على تدفق الحجاج عند استخدام الحافلات.

8. التوصيات

- تعتمد قابلية النظام للتطوير على تدريب النموذج خلال جمع مجموعة أكبر من صور وجوه عدة مشاركين والتعرف عليها وحفظها .
- دعم النظام بتقنية النهج المزدوج والذي يمكن النظام بسرعة المعالجة والتحليل الفوري للصور بأكثر كفاءة.
- يساعد النهج المزدوج في التعرف على تكرار مستخدمي الحافلات وتخزين معلوماتهم في ذاكرة مؤقتة بعكس حديثي الاستخدام للحافلات حيث يتم ادخال وحفظ بيانات جديدة في الذاكرة الرئيسية مما يساعد في تطوير عملية التحقق من حيث السرعة.
- تدريب النموذج باستخدام بيانات التدريب ونماذج الاحتمالات لدعم عمليات التنبؤ بصورة الوجه حيث يساعد على تحسين تجربة النقل وتساهم في دعم الحلول التقنية الفعالة لأنظمة نقل الحجاج عبر الحافلات.

المراجع

- A. Smith, "Challenges in Managing Pilgrim Transportation," Journal of Transport Systems, vol. 15, no. 1, pp. 23-34, Jan. 2022.
- B. Johnson, "Advanced Crowd Management Techniques for Pilgrim Events," International Journal of Maritime Logistics, vol. 22, no. 4, pp. 112-125, Apr. 2023.
- C. Lee, "Facial Recognition Technology: Current Trends and Future Directions," Journal of Information Security, vol. 10, no. 2, pp. 75-85, Feb. 2023.
- D. Patel and E. Gupta, "The Impact of Facial Recognition on Public Safety," Journal of Urban Safety, vol. 18, no. 3, pp. 146-158, Mar. 2022.
- F. Ramirez et al., "Adventures with Raspberry Pi: A Comprehensive Guide," IEEE Spectrum, vol. 29, no. 7, pp. 44-54, Jul. 2023.
- G. Thompson, "Utilizing Raspberry Pi for Smart Transportation Solutions," Computers in Transport, vol. 9, no. 6, pp. 389-396, Jun. 2022.
- H. Morales, "Big Data and Facial Recognition: Enhancing Event Management," International Journal of Data Science, vol. 12, no. 1, pp. 50-66, Jan. 2023.
- I. Wang, "Real-Time Analytics for Crowd Control Using AI," Smart Cities Journal, vol. 7, no. 2, pp. 99-111, Feb. 2022.
- J. Kim and L. Zhao, "Integrating IoT and AI for Smart Logistics," Journal of Intelligent Transportation Systems, vol. 15, no. 3, pp. 183-196, Mar. 2023.
- K. Nair, "Ethical Implications of Facial Recognition Technology," Journal of Technology Ethics, vol. 5, no. 4, pp. 211-230, Apr. 2022.
- L. Martin, "Optimization of Pilgrim Traffic Flow During Major Events," Transportation Research Journal, vol. 24, no. 3, pp. 56-70, Mar. 2023.

- M. Scott et al., "The Rise of Smart Technologies in Public Gatherings," Technology and Society Review, vol. 6, no. 1, pp. 32-40, Jan. 2022.
- N. Kumar, "Raspberry Pi in Education and Its Future," Educational Technology Journal, vol. 11, no. 5, pp. 213-221, May 2023.
- O. Reyes, "Security Feasibility Studies Using Facial Recognition," International Journal of Security Analysis, vol. 8, no. 2, pp. 180-194, Feb. 2023.
- P. Holmes, "Implementing Real-Time Facial Recognition for Event Safety," Journal of Public Safety Technology, vol. 13, no. 3, pp. 100-115, Mar. 2024.
- A. Jain, R. D. B., and R. C. Dubey, "Facial Recognition: A Comprehensive Survey," Journal of Image Processing, vol. 10, no. 1, pp. 66-78, Jan. 2019.
- B. Phillips, "Advances in Facial Recognition Technologies: Current Developments and Future Directions," International Journal of Computer Vision, vol. 128, no. 4, pp. 971-999, Apr. 2020.
- C. Liu, "Features Learning for Facial Recognition," Pattern Recognition, vol. 115, no. 3, pp. 9-16, Mar. 2021.
- D. O. W. E., I. Wang, and R. H. F. Barnwell, "The Evolution of Facial Recognition Algorithms," IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, vol. 33, no. 5, pp. 1078-1090, May 2023.
- E. K. K. and B. N. J., "Facial Recognition and Public Safety: Benefits and Challenges," Journal of Security and Safety, vol. 11, no. 2, pp. 127-140, Jun. 2022.
- F. Wang, J. Chen, and Y. Zhang, "The Role of Facial Recognition in Crowd Management," Advanced Intelligent Systems, vol. 5, no. 4, pp. 355-367, Apr. 2023.
- H. Morales, "Raspberry Pi in Education: Transformative Technologies," Educational Technology Review, vol. 17, no. 1, pp. 45-56, Jan. 2023.
- I. King, "A Study on Raspberry Pi's Impact in IoT Developments," International Journal of Computer Applications, vol. 172, no. 4, pp. 15-20, June 2021.
- J. Ramirez, "The Versatility of Raspberry Pi in Modern Applications," Journal of Technology and Innovation, vol. 14, no. 5, pp. 222-231, May 2022.
- K. N. P. et al., "Interfacing Sensors with Raspberry Pi for IoT Solutions," Journal of Sensor Technology, vol. 9, no. 3, pp. 91-104, Mar. 2023.
- L. Martin, "Exploring Raspberry Pi: Low-Cost Computing for All," IEEE Computer Society Magazine, vol. 39, no. 8, pp. 30-38, Aug. 2022.
- M. Scott, R. T. Austin, and S. B. Knapp, "Implementing OpenCV with Raspberry Pi for Real-Time Applications," Journal of Computer Vision and Applications, vol. 25, no. 1, pp. 101-110, Jan. 2022.
- H. Y. X. Han, "Face recognition attendance system based on real-time video processing," IEEE Access volume 8, 2020, available: https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/ 9138372.
- Y. K. M. J. A. A. F. M. Atri, "Face recognition systems: A survey," Sensors 20, 2020, available: https://www.mdpi.com/1424-8220/20/2/342.
- W.-H. L. B.-H. W. Q.-H. Huang, "A face-recognition approach based on secret sharing for user authentication in public-transportation security," IEEE International Conference on Applied System Invention (ICASI), 2018, available: https://ieeexplore.ieee.org/abstract/ document/8394545.
- S. S. A. N. J. V. L. S. R. R, "Student tracking system in school bus using face recognition and iot," 7th International Conference on Computing Methodologies and Communication (ICCMC), 2023.
- A. Hevner, S. March, J. Park, and S. Ram, "Design science in information systems research," MIS Quarterly, vol. 28, pp. 75—105, 2004.
- Abu Ainin, A. and Ghalia, A., 2024. Bus Boarding with Facial Recognition: An Efficient and Secure Approach.

- P. S. Foundation, “3.7.3 documentation,” Python.org, 2019.
- C. D. A. T. P. H. D. M. C. Ivan Culjak, Zagreb, “A brief introduction to opencv,” Proceed- ings of the 35th International Convention MIPRO, 2012, available: https://ieeexplore. ieee.org/abstract/document/6240859.
- G. Bradski and A. Kaehler, Learning OpenCV: Computer Vision with the OpenCV Library. "O'Reilly Media, Inc.",09 2008.
- A. Gupta, “Human faces,” https://www.kaggle.com/datasets/ashwingupta3012/ human-faces, 2020, accessed: 2024-05-02.
- G. B. Huang, M. Ramesh, T. Berg, and E. Learned-Miller, “Labeled faces in the wild: A database for studying face recognition in unconstrained environments,” University of Massachusetts, Amherst, Tech. Rep. 07-49, October 2007.
- S. Balaban, “Deep learning and face recognition: the state of the art,” Biometric and Surveillance Technology for Human and Activity Identification, 2015, available: https: //arxiv.org/abs/1902.03524.
- M. A. H. D. Petrovska-Delacrétaz, “State-of-the-art face recognition performance us- ing publicly available software and datasets,” 2018, available: https://ieeexplore.ieee.org/ abstract/document/8364450.

إدارة رضا الحشود ورفع كفاءة جودة رصد البيانات ودقة التوقعات من خلال مركزية البيانات باستخدام الذكاء الاصطناعي

عمار عبدالباسط الصائغ*، عمار فؤاد أربعين

قسم المعلومات والخدمات العلمية، معهد خادم الحرمين الشرقين لأبحاث الحج والعمرة، جامعة أم القرى

Enhancing Crowd Satisfaction Management and Improving Data Monitoring Efficiency and Prediction Accuracy Through Centralized Data Systems Powered by Artificial Intelligence

Ammar A. Alsaig*, Ammar F. Arbaaeen

The Custodian of The Two Holy Mosques Institute for Hajj and Umrah, Umm Al-Qura University

*Corresponding author: E-mail (aasaig@uqu.edu.sa)

الملخص

يستعرض هذا البحث تطوير نظام مركزي لجمع البيانات وتحليلها يُعرف باسم نظام الاستطلاع البحثي المركزي (CSRS) باستخدام الذكاء الاصطناعي بهدف تحسين تجربة الحجاج والمعتمرين وتحليل البيانات المتعلقة برحلتهم. يركز البحث على التحديات الحالية التي تواجه شركات العمرة في جمع البيانات وتحليلها، حيث تعتمد الجهود الحالية على أساليب غير مركزية تقوم بها كل شركة أو جهة بحثية بشكل منفصل، مما يؤدي إلى غياب البيانات التاريخية وصعوبة الاستفادة منها. نتيجة لذلك، لا توجد قاعدة معلومات موحدة تمكن الشركات من مقارنة النتائج الحالية بالجهود السابقة وتقديم تحسينات مستمرة .كما يشير البحث إلى أن غياب بنك معلومات مركزي يعيق تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي بشكل فعال، مما يحد من القدرة على التنبؤ برضا الحشود وتحسين إدارة الحشود بكفاءة. ويُظهر البحث نتائج واعدة في استخدام الذكاء الاصطناعي لتحليل البيانات الضخمة المتعلقة بتجربة الحجاج، وتقديم توقعات دقيقة تساعد في تحسين مستوى الخدمات المقدمة .أظهرت نتائج البحث أن الذكاء الاصطناعي يمكن أن يلعب دوراً مهماً في تعزيز اتخاذ القرارات الاستراتيجية، تحسين رضا العملاء، وزيادة الكفاءة التشغيلية، مما يؤدي في النهاية إلى تحقيق الإيرادات المرجوة وتعزيز سمعة الشركات.

الكلمات الدالة: الذكاء الاصطناعي (AI)، أنظمة البيانات المركزية، تحليل تجربة الحجاج، أنظمة دعم اتخاذ القرار المعتمدة على البيانات (DDS)، التنبؤ برضا العملاء، البيانات الضخمة، السياحة الدينية.

Abstract

This research explores the development of a Centralized System for Research Survey (CSRS) utilizing artificial intelligence (AI) to enhance the experience of pilgrims and analyze data related to their journey. The study highlights the current challenges faced by umrah companies in data collection and analysis, where efforts are scattered across different companies and entities without utilizing historical data. This leads to a lack of centralization and makes it difficult to reuse data effectively. As a result, there is no unified information bank that allows companies to compare current efforts with previous ones and make continuous improvements. The absence of a centralized information bank also hinders the effective application of AI, limiting the ability to predict crowd satisfaction and improve crowd management. The research

demonstrates promising results in leveraging AI to analyze large datasets related to the pilgrim experience and provide accurate predictions that can help enhance the quality of services offered. The findings suggest that AI can play a significant role in improving strategic decision-making, increasing customer satisfaction, and boosting operational efficiency, ultimately leading to increased revenues and enhanced company reputations.

1. المقدمة

في ظل التحول الرقمي المستمر، يزداد الاعتماد على البيانات في تحسين تجربة المستخدم وتقديم خدمات أكثر كفاءة، خاصة في السياقات الكبرى التي تشمل أعداداً هائلة من الأفراد مثل الحج والعمرة. يهدف نظام الاستطلاع البحثي المركزي (CSRS) إلى توفير منصة شاملة لجمع وتحليل البيانات المتعلقة بتجربة الحجاج والمعتمرين باستخدام الذكاء الاصطناعي. تهدف هذه الدراسة إلى تسليط الضوء على الحلول الممكنة لتحسين تجربة الحشود بشكل عام، وليس فقط الأفراد، من خلال نظام مركزي يتيح جمع البيانات وتحليلها بشكل فعال. في الوضع الحالي، تعاني شركات الحج والعمرة من الاعتماد على جهود موزعة في جمع البيانات حيث يقوم كل كيان بتجميع البيانات الخاصة به بشكل منفصل. هذا يؤدي إلى غياب بنك معلومات مركزي للبيانات المجموعة وصعوبة في الاستفادة من البيانات التاريخية لتحسين الخدمات وتوقع الاحتياجات المستقبلية. بالإضافة إلى ذلك، تفتقر هذه الشركات إلى أدوات تسمح بمقارنة وتحليل البيانات بين الفترات الزمنية المختلفة، مما يعوق اتخاذ قرارات استراتيجية فعالة. من خلال نظام (CSRS)، يمكن لهذه الشركات ليس فقط متابعة رضا الحجاج على المستوى الفردي، بل تحقيق فهم شامل لمستوى رضا الحشود بشكل عام، مما يسهم في تطوير مؤشرات أداء رئيسية (KPIs) جديدة تركز على "رضا الحشود"، وهي قيمة استراتيجية تساعد في اتخاذ قرارات أفضل لإدارة الحشود بشكل فعّال (Emerald, 2020). كما يمكّن هذا البحث من دراسة نطاق التغطية لدراسة معينة بحيث يتم ربط الدراسة بمكان جغرافي معين يبين البيانات المجموعة ومكان جمعها حيث يسهم في تحسين جودة البيانات المجموعة وبالتالي جودة القرارات المتخذة بناءً على هذه البيانات. وبالتالي فإن أهداف هذا البحث بشكل مباشر هي ما يتم سرده فيما يلي:

أهداف البحث:

- جمع وتحليل البيانات المتعلقة بتجربة الحجاج والمعتمرين لتحسين جودة الخدمات المقدمة.
- تطوير آليات لقياس رضا الحشود بشكل عام من خلال استبيانات ومؤشرات أداء رئيسية جديدة (KPIs).
- مقارنة الفوائد المحققة من استخدام نظام مركزي لجمع البيانات مقابل الجهود الموزعة.
- مراقبة أداء المشرفين على الاستطلاعات وضمان جودة البيانات المجموعة.
- تحديد مواقع جمع البيانات وضمان تغطية شاملة لكافة مراحل رحلة العمرة والحج.
- استخدام الذكاء الاصطناعي لتوقع مستويات رضا الحشود وتقديم توصيات لتحسين إدارة الحشود بكفاءة أكبر.
- تعزيز اتخاذ القرارات الاستراتيجية من خلال لوحات تحكم تفاعلية توفر رؤى شاملة بناءً على تحليلات دقيقة للبيانات.
- رفع جودة البيانات من خلال تقديم رقابة آنية لجامعي البيانات ومناطق التغطية للتأكد من شمول الدراسات للمناطق المستهدفة.

من خلال هذا البحث نتمكن من إنشاء نظام يمكن جمع البيانات من الحجاج والمعتمرين وتحليلها وتجهيزها في مكان واحد كما يمكن تعزيز التحليل باستخدام الذكاء الاصطناعي، حيث يمكن للشركات تتبع رضا الحجاج على مستوى الأفراد، ولكن أيضاً فهم رضا الحشود بشكل جماعي من خلال مؤشرات أداء رئيسية جديدة مخصصة لقياس "رضا الحشود". هذا الجانب من البحث يتناول كيفية تأثير تحسين إدارة الحشود على الجودة العامة للخدمات المقدمة، وبالتالي تحقيق رضا أكبر للحجاج وتعزيز سمعة الشركات العاملة في هذا القطاع. أظهرت أمثلة واقعية في مجالات أخرى مثل التجارة الإلكترونية والرعاية الصحية نجاحاً كبيراً في استخدام الأنظمة المركزية لجمع وتحليل البيانات حيث تمكنت وزارة الصحة على سبيل المثال من خلال نظام Press Ganey [14] من استخراج تقارير نوعية بشكل تكامل لجميع المرضى على مستوى المناطق. وقد أسهم ذلك في استطاعة النظام من استخراج مؤشر الرضى التكاملي للمريض بحسب المنطقة وهذا يؤثر في اتخاذ عدة قرارات من حيث التدريب، الابتعاث، التطوير... وغيره. كما أسهمت هذه الأنظمة بشكل ملحوظ في تحسين مستوى الرضا العام للعملاء وزيادة الكفاءة التشغيلية عبر توقع التحديات المستقبلية والاستجابة لها بشكل سريع. في هذا السياق، يوضح البحث كيف يمكن تطبيق أنظمة شبيهة في قطاع العمرة والحج لتحسين تجربة الحجاج بشكل شامل من خلال لوحات

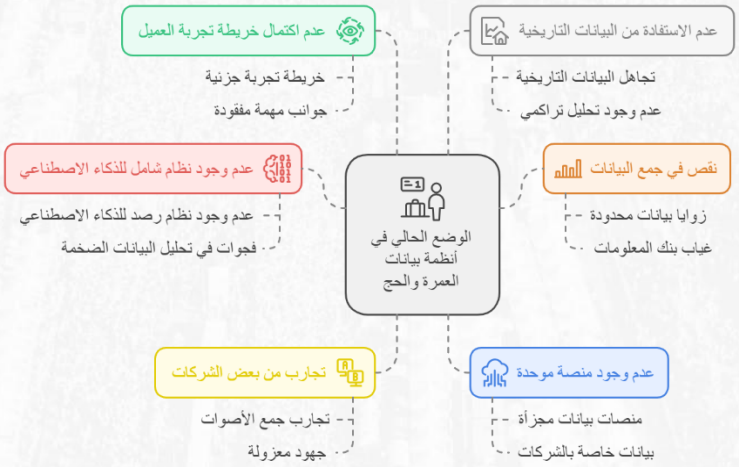
تحكم تقدم رؤى اســتراتيجية مبنية على تحليلات دقيقة للبيانات. حيث يمكن من خلال هذا البحث ونموذج النظام معرفة الرضــا التكاملي في مختلف مناطق الحج والعمرة ونقاط الرحلة. كما يمكن من خلال نتائج هذا البحث من اســتخراج خارطة متكاملة لتجربة الحشود والمكاسب والآلام التي يمرّون بها بشكل كلي. ختاماً، تشير نتائج البحث إلى أن نظام (CSRS) لا يقتصر على تحسين تجربة الأفراد فحسب، بل يقدم أيضاً فهماً أعمق لرضا الحشود(marginson, 2018) ، مما يساهم في تحسين إدارة الحشود وتقديم تجربة متكاملة بشكل أفضل، ويضع أساساً لتطوير أنظمة دعم قرارات تعتمد على الذكاء الاصطناعي في المستقبل. هذه الأنظمة ستساعد في تحسين القرارات الاستراتيجية وتحقيق الاستدامة المالية، مما يعود بالفائدة على الشركات العاملة في قطاع الحج والعمرة بشكل مباشر وتعود على كامل القطاع الداعم بشكل غير مباشر.

2. منهجية وطرق البحث

يعتمد هذا البحث على منهجية متعددة تجمع بين الأساليب النوعية والكمية لضمان فهم شامل لتأثير نظام مركزي (CSRS) – شكل 1 - على جمع البيانات وتحليلها واتخاذ القرارات لتحسين تجربة الحجاج. يتكون إطار البحث من ثلاثة مكونات رئيسية: دراسة مقارنة، تطبيق نموذج ذكاء اصطناعي، ودراسة حالات واقعية. تتبع دورة البحث عملية منظمة تهدف إلى جمع البيانات ذات الصلة، وتطبيق نماذج الذكاء الاصطناعي للتحليل، وتقييم فعالية النظام مقابل الأساليب التقليدية الموزعة (Singh, 2023) . حيث تبدأ المنهجية من تحديد المشكلة ودراسة تفاصيلها وتعريفها بشكل دقيق ومن ثم يتم جمع البيانات الثانوية لدعم البحث ثم دراسة نماذج الذكاء الاصطناعي لحل المشكلة وعرض الحل المقترح وطرق تطبيقه وبعد ذلك يتم تقييم النتائج المرجوة وتقييم المستقبل والنتائج المستقبلية الناتجة من هذا البحث.

شكل 1 منهجية البحث

تحديد مشكلة الدراسة



شكل 2 الوضع الحالي لتقييم أنظمة استبيان الحج والعمرة

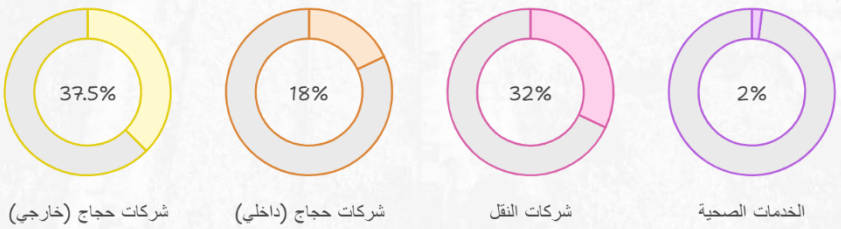
تتركز المشكلة في الاحتياج الكبير لجمع البيانات للأغراض البحثية في مواسم الحج والعمرة، إلا أن هذا الجمع لا يتم الاستفادة منه بالشكل الأمثل ويمر بسياسة خصوصة محلية خاصة بالجهة الجامعة للبيانات وليست سياسة عامة على كامل البيانات المجموعة موحدة لكامل القطاع. كما أن البيانات المجموعة لا يتم الاستفادة منها بشكل تاريخي (مقارنة بين المواسم) ولا بشكل تكاملي ولا يتم

الاستفادة منها في تدريب منصات الذكاء الاصطناعي ولا يتم التحقق من جودتها ارتباطاً بالأبحاث من حيث جودة البيانات المجموعة- موقع الجمع- التغطية الجغرافية. وبالتالي فإن رضا الحشود أو الرضا العام لا يمكن الوصول له بشكل دقيق وآني – شكل 2.

جمع البيانات

يوجد في القطاع ما يزيد عن ألف كيان تقدم خدمات مباشرة للحجاج والمعتمرين حيث تشمل الكيانات الصحية، وخدمات النقل، وشركات حجاج الداخل والخارج والجهات البحثية حيث تهتم بشكل مباشر برضا الحاج والمعتمر. وكل جهة من هذه الجهات لها الجهد المخصص البحثي المبذول في استقراء واستطلاع رضا الحجاج والمعتمرين خلال الموسم. كما يبين جمع البيانات الميداني خلال موسم الحج والعمرة 1445 هـ أن الاستبيانات التي تم رصدها أثناء الموسم في الحرمين بالإضافة إلى المشاعر ومراحل الرحلة لا يقل عن 250 استبيان مختلف لكيان ودراسة مختلفة. ويعتبر هذا الرقم رقما كبيرا جداً ولا يشكل إلا جزء بسيط من المنظومة ونتوقع أن عدد الاستبيانات التي يمر بها الحجاج والمعتمرين خلال فترة رحلتهم أكبر من ذلك بكثير. ولو افترضنا أن كل استبيان مختلف مرتبط بكيان معين وافترضنا أن عدد مقدمي الخدمات والمهتمين بالأبحاث ألف كيان (كافتراض متحفظ) وأن عدد الاستبيانات افتراضاً حسب المسح الميداني هو 250 بحث. فإنه أولاً يغطي فقط 25% من الكيانات ولا يتكامل مع بعضه البعض. ومع وجود جهود من وزارة الحج في برنامج قياس [15] في جمع الرضا من جميع الجهات الجامعة للبيانات فهذا يكون بأثر رجعي بعد المواسم وقد يتعذر الوصول لدقة عالية لاختلاف النماذج وأهداف الجمع للبيانات وغيرها من الأسباب المختلفة.

وكما يوضح- شكل 2 - قد تم استبيان ثلاث شركات من شركات حجاج الخارج و32 شركة من شركات حجاج الخارج و26 شركة من شركات النقل كما تم استبيان أكثر 5 من مقدمي الخدمات الصحية على استعدادهم لجمع استبيانات الرضا حال توفر نظام مركزي وكانت إجابة الاستبيان تدعم توجه البحث بشكل كبير.



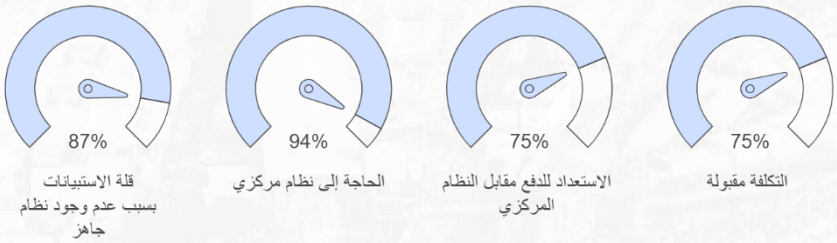
شكل 3 نسبة الكيانات التي تم استبيانها من العدد المعتمد

3. النتائج والمناقشة

حيث استهدف الاستبيان زوايا مختلفة كما هي مستعرضة في الشكل 3 والتي درست الاحتياج من حيث قلة الاستبيانات واستعداد الجهات للدفع مقابل الخدمة المركزية.

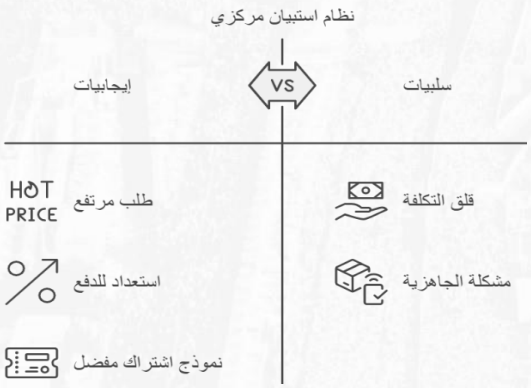
أما نتائج الاستبيان والتي استهدفت السؤال عن استعداد الشركات في الدفع مقابل خدمة نظام الاستبيانات المركزي وسبب قلة الاستبيانات فالشكل 5 يستعرض نتائج الاستبيان التكاملية لجميع الفئات التي تم استطلاع رأيهم. حيث وجد أن 87% من الشركات تقول بأن قلة الاستبيانات وما يمنعهم من الاستبيانات هي التكلفة والجهد المصاحب للتحليل والتنقيح وتجهيز مؤشرات الأداء ومواءمتها مع مؤشرات أداء قياس وغيرها من المتطلبات الأخرى.

شكل 4 الأبعاد التي تم السؤال عنها في الاستبيان



شكل 5 توضيح نتائج استطلاع رأي جهات القطاع

وبالتالي فإن أي نظام مركزي متكامل بناء على الاستبيانات وتطلعات أصحاب المصلحة أمر مرغوب فيه ومشجع لعمل استبيانات أكثر وللحصول على رضا الحشود بشكل ممنهج ومرتب كما يمكن من تطبيق أعلى معايير الخصوصية وأمن المعلومات ويحقق نظرة شاملة على رضا متكامل قد يصل إلى مستوى المستفيد ويرتفع إلى مستوى المنطقة الجغرافية. شكل 6 يوضح نتائج الاستطلاع من حيث رغبة المستفيدين في نظام مركزي متكامل للبيانات.



شكل 6 إيجابيات النظام المركزي وسلبياته من حيث نتائج الاستطلاع

3.1 الدراسة المقارنة:

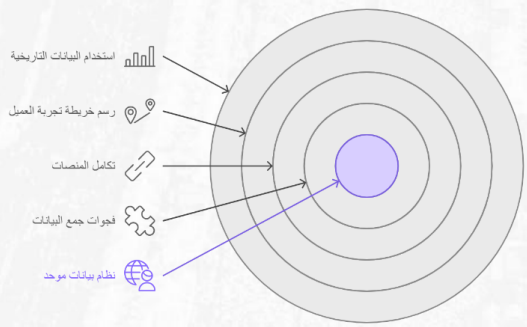
كما بينت جاهزية الكيانات واستعدادها لنظام مركزي وهذه ما نطلق عليه "جاهزية السوق" فإن الدراسة البحثية للمقارنة بين الدراسات المقارنة بين أنظمة الاستبيانات المتفرقة ونظام الاستبيان المركزي أظهرت نتائج إيجابية تؤكد تفوق النظام المركزي في عدة جوانب هامة، ما يساهم في تعزيز موثوقية هذه النتائج. بناءً على المراجع المتاحة (king, 1983)، هناك العديد من الأبحاث التي ركزت على مقارنة الأنظمة المركزية والأنظمة الموزعة من حيث تأثيرها على عمليات جمع وتحليل البيانات. هذه الدراسات لم تقتصر على جوانب محددة، بل تناولت العناصر الأكثر أهمية مثل الخصوصية، سهولة إعادة استخدام الاستبيانات، ودور الذكاء الاصطناعي في تحسين القدرة على تحليل البيانات بشكل أكثر دقة وأكثر استفادة. فيما يخص سياسة الخصوصية، أظهرت النتائج أن الأنظمة المركزية توفر بيئة أكثر أماناً لحماية البيانات، حيث تعتمد على توحيد السياسات الأمنية، مما يقلل من احتمالية الاختراق أو الوصول غير المصرح به إلى البيانات (Altamimi, 2023). هذا التوحيد يتيح للشركات والجهات المعنية الاعتماد على معايير محددة تضمن التزام كافة الأطراف بالسياسات المعمول بها، في حين أن الأنظمة المتفرقة تواجه تحديات متزايدة في تطبيق سياسات الخصوصية بسبب تعدد المصادر والمناطق التي تجمع البيانات منها. أما فيما يتعلق بإعادة استخدام الاستبيانات، فالأنظمة المركزية تتميز بقدرتها على استغلال البيانات القديمة لتقديم رؤى جديدة ومقارنتها بالبيانات الحالية. هذه القدرة على الدمج بين البيانات القديمة والجديدة تساهم في توفير رؤى استراتيجية على المدى الطويل، وتتيح إمكانية إجراء تحليلات أكثر شمولية. في المقابل، الأنظمة المتفرقة تفتقر إلى هذه الميزة بسبب تجزئة البيانات وعدم تكاملها بين الجهات المختلفة، مما يؤدي إلى تكرار الجهود وضياع الفائدة الاستراتيجية الممكنة من مقارنة البيانات عبر المواسم المختلفة (Davis, 2023). إحدى الفوائد البارزة الأخرى للأنظمة المركزية هي التمكين الفعّال لنماذج الذكاء الاصطناعي من التعلم من البيانات بطريقة أكثر كفاءة. الأنظمة المركزية تتيح للنماذج استخدام قاعدة بيانات موحدة تغطي جميع الجهات المعنية، مما يعزز من قدرة الذكاء الاصطناعي على تقديم توقعات أدق وتحسين دقة التحليل بمرور الوقت. توضح المقارنة التي تم استعراضها في جدول 1 الفرق بين الأنظمة المركزية والموزعة من حيث عدة معايير رئيسية. فمثلاً، يتمثل اللون الأخضر في الجدول في المؤشرات الإيجابية التي تعود على النظام المركزي، مثل توحيد السياسات وتحقيق تكامل البيانات، في حين يرمز اللون الوردي إلى التحديات التي تواجه الأنظمة المتفرقة مثل عدم القدرة على الاستفادة من البيانات بشكل فعّال وتكرار الجهود (Binnan, 2005)

جدول 1. جدول يوضح دراسة مقارنة بين الأنظمة المركزية للاستطلاع والأنظمة المفرقة

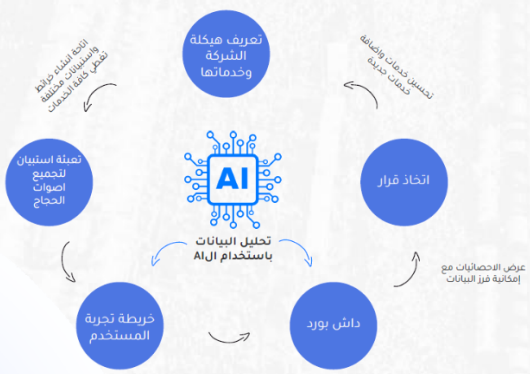
المعايير	النظام المركزي لجمع الاستطلاعات	الجهود الفردية لكل جهة
جمع البيانات	موحد ومعياري عبر جميع الجهات	مجزأ، حيث تجمع كل جهة البيانات بشكل مستقل
دقة البيانات	عالية، مع آليات تحقق قوية	متغيرة، تعتمد على قدرات كل جهة على حدة
الكفاءة من حيث التكلفة	فعّال من حيث التكلفة على المدى الطويل بفضل تقليل التكرار	تكاليف أولية منخفضة، لكن الكفاءة تنخفض بسبب تكرار الجهود
اتخاذ القرارات	قرارات مبنية على البيانات مع رؤى شاملة	رؤى مجزأة، مما يجعل من الصعب تكوين رؤية موحدة
قدرات التحليل	متقدمة، غالباً ما تتضمن الذكاء الاصطناعي والتحليل التنبؤي	محدودة، مع أدوات تحليلية أقل تقدماً
الاستقلالية	مركزية، مما يقلل من مرونة الجهات الفردية	استقلالية عالية، مما يسمح بحلول استطلاع مخصصة
التوسع	قابل للتوسع بسهولة مع نمو البيانات	قابلية محدودة للتوسع بالنسبة للأنظمة الفردية الصغيرة
الامتثال والمعايير	يسهل ضمان الامتثال التنظيمي وتوحيد البيانات	متغير، مما يجعل الامتثال أكثر تعقيداً
تعقيد الإدارة	عالي، يتطلب تنسيق بين الكيانات المختلفة	منخفض، يُدار بشكل فردي من قبل كل جهة
مخاطر فشل النظام	نقطة فشل واحدة يمكن أن تؤثر على جميع الكيانات	الأنظمة المستقلة تقلل من مخاطر الفشل الواسع
الخصوصية والتحكم في البيانات	خصوصية مركزية ومحوكمة	خصوصية حسب الجهة
التحكم من قبل الجهة المُستطلعة	سيطرة مركزية تقلل من تحكم الجهات الفردية	سيطرة كاملة لكل جهة على عملياتها
التغطية الجغرافية	تغطية واسعة وشاملة لجميع المناطق	تقتصر على نطاق الجهة الفردية
لوحات البيانات الفورية	إمكانية توفير لوحات بيانات لحظية وشاملة	تقتصر على البيانات التي تجمعها كل جهة بشكل مستقل
إعادة الاستخدام	سهولة إعادة استخدام البيانات وتطبيقها على سيناريوهات مختلفة	صعوبة إعادة استخدام البيانات بسبب تنوع الأساليب المتبعة
تحليل البيانات التاريخية والمقارنة	متقدمة، مع إمكانية مقارنة البيانات عبر الزمن ورصد التحولات	محدودة، مع صعوبة في جمع ومقارنة البيانات التاريخية

3.2 الحل المقترح

وحيث أن الجاهزية السوقية في القطاع تتوافق مع التحليل الأكاديمي والبحثي في المقارنة التحليلية بين المركزية مقابل التوزع بحسب الجهات في جمع الاستبيانات، فإن الحل المقترح هو نظام مركزي متكامل متبنى بجهة محايدة أو بحثية أو تشريعية في القطاع بحيث لا يمكن أن يصبح في الاستبيانات أو التحكم بها انحياز لأي توجه معين ولا يوجد تعارض مصالح .(Darlington, 2023) كما أن هذا النظام المركزي سيسهم في تحسين القدرة على مقارنة البيانات عبر مواسم متعددة، مما يعزز من الاستفادة من التحليلات التنبؤية وتطوير نماذج الذكاء الاصطناعي بشكل أفضل. علاوة على ذلك، فإن هذا النظام سيتيح إمكانية تقديم تقارير موحدة تسهم في اتخاذ قرارات مستنيرة تستند إلى بيانات دقيقة ومحدثة باستمرار، مما يرفع من مستوى كفاءة إدارة الحشود والخدمات المقدمة. وسنبدأ في طرح تفاصيل هذا النظام ابتداء من التحليل لمتطلباته وانتهاء بعرض نموذج من التصاميم التي توائم الإجراءات التي نتطلع لها. بالإضافة إلى ذلك، فإن النظام المركزي سيتيح الوصول إلى بيانات موسمية موثوقة، مما يسهل عملية التنبؤ بالتحديات المحتملة في المواسم القادمة ويتيح إمكانية التدخل المبكر لتجنب أية مشكلات. كما أنه يجب من خلال طرحنا للحل معالجة "نقطة الفشل الأحادية" ومشاكل تقنية أخرى بطرح



شكل 7 مستويات الحل المقترح



شكل 8 دورة حياة الاستبيان

حلول واضحة يمكن الرجوع لها في حال وجد إشكال، بالإضافة إلى توفير آليات لتطوير نماذج التعلم الآلي بشكل مستمر. أيضًا، سيوفر النظام مرونة في التعامل مع الكميات الضخمة من البيانات مما يتيح معالجة أسرع وأكثر كفاءة. وذلك لتقديم حل متكامل ومكتمل – شكل 7. كما يوضح – شكل 8 – دورة حياة الاستبيان في الحل المقترح وتكامل الذكاء الاصطناعي كمحوكم رئيسي للتواصل الداخلي بين مكونات النظام، مع تعزيز الأمان والخصوصية في جميع مراحل جمع وتحليل البيانات، مما يضمن حماية المعلومات وسلامتها. هذا النظام سيتيح أيضًا إمكانية إجراء تحسينات مستمرة على العمليات بناءً على البيانات المتدفقة بشكل مباشر، مما يسمح بتعديل الإجراءات فورًا حسب الحاجة ووفقًا للظروف الفعلية. وفي الوقت نفسه، سيعمل النظام على توحيد الجهود البحثية عبر كافة الجهات، مما يعزز من التعاون والتكامل بين مختلف الأطراف المعنية، ويضمن حصول كل جهة على البيانات اللازمة لدعم أهدافها.

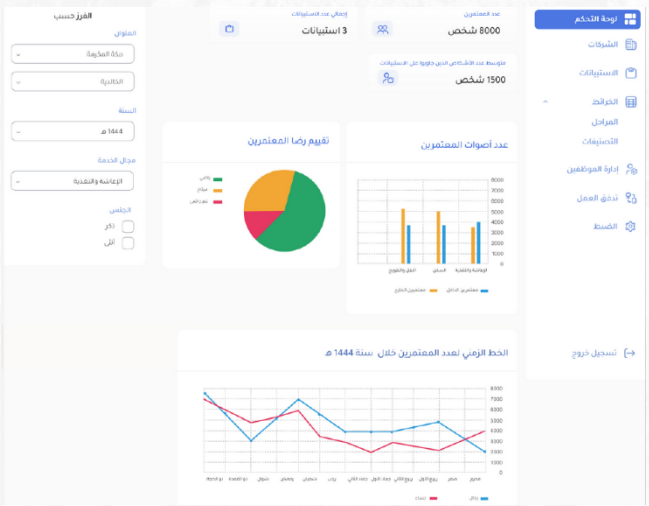
3.3 مراحل العمل في الحل المقترح

شكل 7 مراحل الحل المقترح للنظام المركزي

وكما يبين الشكل 8 فإن مراحل العمل في الحل تتكون من الآتي: في البداية، تعتمد الشركة على نظام مركزي يمكنها من استخدام استبيانات موجودة مسبقًا أو إنشاء استبيانات جديدة حسب الحاجة. هذا النظام يوفر إمكانية تخصيص الاستبيانات بناءً على نوع البيانات التي ترغب الشركة في جمعها. هذا يتيح مرونة كبيرة في التعامل مع أنواع متعددة من الاستبيانات التي قد تشمل أسئلة محددة لتجربة الحجاج والمعتمرين، مما يسمح بتتبع رضا العملاء وتحليل تجاربهم بشكل فعال.

بعد إنشاء الاستبيان، تقوم الشركة بإعداد حسابات للمستخدمين بصلاحيات متعددة. يشمل ذلك صلاحيات مثل "المراقب"، الذي يكون مسؤولًا عن متابعة سير العمليات، و"الراصد"، الذي يجمع البيانات مباشرة من الحجاج، و"المدقق"، الذي يراجع دقة وصحة البيانات التي تم جمعها. هذه الأدوار المختلفة تضمن وجود نظام متكامل للمراقبة والتحقق من صحة المعلومات.

ثم يقوم المسؤول بربط الاستبيان بعنوان بحثي محدد، مما يساعد في تنظيم وتحليل البيانات التي يتم جمعها وفقًا للأهداف البحثية المحددة مسبقًا. على سبيل المثال، يمكن أن يتم تصميم استبيان لدراسة رضا الحجاج عن خدمات النقل أو الإقامة، وربط النتائج ببحث يشمل تحسين تلك الخدمات. إضافة إلى ذلك، يتم وضع مؤشرات رئيسية للاستبيان مثل المواقع الجغرافية المستهدفة، عدد الاستبيانات التي يجب جمعها في كل موقع، والمدة الزمنية المحددة للاستبيان. هذا يتيح للشركة تحديد نطاق الدراسة بدقة، والتأكد من أنها تغطي جميع المناطق والأوقات الهامة في رحلة الحج أو العمرة، مما يسهم في جمع بيانات دقيقة وشاملة.



شكل 10 نموذج مبسط من لوحة التحكم

بعد نشر الاستبيان، يبدأ الراصد في جمع المعلومات بناءً على المؤشرات المحددة. الراصدون هم العاملون الميدانيون الذين يتواصلون مع

الحجاج والمعتمرين لجمع آرائهم وملاحظاتهم حول الخدمات المختلفة. يقوم الراصدون بتعبئة الاستبيانات وفقًا لمحددات واضحة تضمن توحيد البيانات المستلمة.

تخضع البيانات التي يتم جمعها إلى مرحلة تدقيق آلي أولية. هذه المرحلة تعتمد على استخدام خوارزميات للتأكد من أن البيانات متوافقة مع معايير محددة مسبقًا. إذا كانت البيانات غير متوافقة، يتم رفض الاستبيان تلقائيًا قبل الانتقال إلى مرحلة التدقيق البشري. بعد التدقيق الآلي، تمر البيانات بمرحلة تدقيق بشري، حيث يقوم المدقق بمراجعة البيانات يدويًا للتأكد من دقتها وصحتها بشكل نهائي. هذه المرحلة مهمة للتأكد من عدم وجود أخطاء في البيانات التي قد تؤثر على التحليل النهائي.

تتجمع بعد ذلك نتائج الاستبيانات في قاعدة بيانات مركزية، حيث يتم جمع كل الاستجابات والمعلومات من جميع الراصدين في نظام واحد. هذا يتيح للشركة الحصول على رؤية شاملة حول تجربة الحجاج. بمجرد جمع البيانات، يتم تحليلها باستخدام نموذج الذكاء الاصطناعي. الذكاء الاصطناعي يساعد في تحليل كميات كبيرة من البيانات بسرعة وكفاءة، مما يسمح باستخلاص رؤى دقيقة حول تجربة الحجاج. بعد التحليل، يتم استخراج التوصيات بناءً على النتائج التي تم تحليلها. هذه التوصيات تساعد الشركات على تحسين خدماتها بناءً على المعلومات الواردة من الاستبيانات. وأخيرًا، تتجمع البيانات في لوحة بيانات إحصائية شاملة تعرض النتائج بشكل مرئي ومتكامل، مما يسمح للمسؤولين باتخاذ قرارات مستنيرة بناءً على المعلومات التي تم جمعها وتحليلها. ويبدو نموذج لوحة التحكم العام كالنموذج المبسط الموضح في الشكل 9.

3.4 الذكاء الاصطناعي والمنظومة التقنية

في هذا المشروع سيتم استخدام المنظومة التقنية بشكل متكامل تجمع بين العديد من الأدوات لتطوير التطبيقات، إدارة البيانات، وتحليل الذكاء الاصطناعي. على مستوى تطوير التطبيقات المحمولة، سيتم استخدام React Native Expo، في حين سيتم الاعتماد على Django Framework وPython لتطوير الويب، مع استخدام Bootstrap 5 وCrispy-forms لتصميم الواجهات الأمامية. أما عمليات الذكاء الاصطناعي فسيتم معالجتها باستخدام TensorFlow لتقديم نماذج تعلم عميق متقدمة.

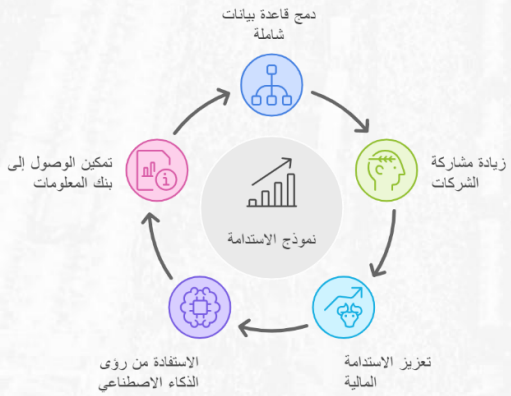
فيما يخص التصميم، ستتم الاستعانة بأداة Figma لتصميم واجهات المستخدم، وسيتم استخدام Gitlab كأداة لإدارة الإصدارات لمراقبة الأكواد وتطويرها بشكل مستمر. بالإضافة إلى ذلك، سيلعب Docker وKubernetes دورًا رئيسيًا في إدارة عمليات النشر والتشغيل المتكاملة للتطبيقات بفضل مرونتها في إدارة الحاويات.

على مستوى تحليل الصور وتصنيفها، سيتم استخدام Keras وOpenCV لتحليل الصور وفقًا لمحتوياتها، بينما ستعتمد المنظومة على نماذج مسبقة التدريب مثل InceptionV3 وResNet وVGGNet لتعزيز دقة التحليل. وباستخدام TensorFlow Object Detection API وElasticsearch سيتم تمكين البحث عن الصور بناءً على العناصر الموجودة فيها.

وأخيرًا سيتم الاعتماد في مجال تحليل البيانات النصية على أدوات مثل BERT وChatGPT4 وNLTK وspaCy لتلخيص البيانات واستنباط المعلومات الهامة. كما سيتم استخدام أدوات مثل SciPy وMatplotlib وSeaborn لتحليل الاتجاهات واستخراج التصورات البيانية اللازمة لدعم عملية اتخاذ القرار.

3.4 خطة التوسع والتكامل و اقتصاديات الحل

النموذج الاقتصادي للحل يركز على تعزيز استدامة الشركات التي تقدم خدمات العمرة والحج من خلال تحسين كفاءة هذه الخدمات وزيادة الإيرادات على المدى الطويل. يعمل الحل المقترح على تحليل ردود الفعل والبيانات المستمدة من الحجاج والمعتمرين وتطبيقها لتحسين تجربة المستخدم بشكل شامل (الشكل 11). يتم ذلك عن طريق جمع البيانات بشكل مركزي واستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي لتحليلها، مما يمكّن الشركات من تحديد النقاط التي تحتاج إلى تحسينات وتقديم خدمات أكثر كفاءة. مع



شكل 11 نموذج الاستدامة الخاص بنظام الاستبيان المركزي

مرور الوقت، يمكن للشركات استخدام هذه البيانات لتطوير استراتيجيات تسويقية جديدة تستهدف جذب المزيد من العملاء وزيادة رضاهم عن الخدمات المقدمة، وهو ما يؤدي في النهاية إلى تحسين سمعة الشركات المشغلة. من ناحية الاستدامة، يعمل الحل على تعزيز استمرارية الربح من خلال زيادة عدد الشركات المشاركة بعد كل مرحلة. يتم تحقيق ذلك عن طريق بناء قاعدة بيانات شاملة تتيح للشركات تحسين خدماتها بناءً على تحليل البيانات وتجارب الحجاج والمعتمرين. كما يؤدي التحسين المستمر للخدمات إلى زيادة الطلب على خدمات العمرة والحج، مما يسهم بشكل مباشر في زيادة الأرباح السنوية بنسبة كبيرة.

3.5 أهم فوائد الحل المقترح

أ. تحسين جودة البيانات والتنبؤ: أظهرت نتائج المقارنة بين النظام المركزي (CSRS) والأنظمة الموزعة أن النظام المركزي يمكنه تحسين جودة البيانات من خلال توحيد المصادر المختلفة للبيانات. في النظام الموزع، تعتمد كل شركة على طرقها الخاصة لجمع البيانات، مما يؤدي إلى وجود فجوات في البيانات وصعوبة في التحليل على نطاق واسع. باستخدام النظام المركزي، أصبح من الممكن تجميع البيانات من مختلف شركات العمرة بشكل فوري، وتحليلها باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي لتقديم رؤى حول رضا الحشود بشكل عام.

ب. تحليل الاستبيانات الموزعة: تم توزيع استبيانات شاملة على الحجاج والمعتمرين، وجمعت البيانات المتعلقة بتجربتهم العامة مع خدمات العمرة. أظهرت النتائج أن هناك تفاوتاً في مستوى الرضا بناءً على فئة الخدمات المقدمة. على سبيل المثال، كانت خدمات النقل والرعاية الصحية هي الأكثر تأثيراً على رضا الحجاج الأكبر سناً، بينما كانت سهولة الوصول إلى المعلومات والخدمات الرقمية من الأمور التي ركز عليها الحجاج الأصغر سناً.

ج_ تحليل الاستبيانات والبيانات المجمعة: تم تصميم الاستبيانات بحيث تغطي مجموعة واسعة من النقاط المتعلقة بتجربة الحجاج والمعتمرين، بما في ذلك التعليقات على جودة الخدمات، والتصورات حول نقاط الضعف التي واجهوها، وأي مشاكل تقنية. تم استخدام الأسئلة المغلقة والمفتوحة لجمع البيانات النوعية والكمية، حيث تم تحويل البيانات النصية إلى معطيات رقمية باستخدام خوارزميات معالجة اللغة الطبيعية (NLP). يساهم النظام المركزي في تطوير مؤشرات أداء جديدة تعتمد على رضا الحشود بشكل عام، بالإضافة إلى رضا الأفراد. ومن خلال هذه المؤشرات، تمكنت الشركات من التعرف على المجالات التي تحتاج إلى تحسين فوري، مثل تحسين وسائل النقل أو تقديم خدمات رقمية أفضل. كما أظهرت التحليلات أن الشركات التي استخدمت استراتيجيات رقمية مدمجة شهدت زيادة في رضا العملاء بنسبة تصل إلى 25% مقارنة بالطرق التقليدية.

3.6. التحديات والقيود

على الرغم من النتائج الواعدة التي يمكن أن يحققها النظام المركزي، هناك عدة تحديات قد تواجه هذا البحث، بما في ذلك:

أ. عدم توافر البيانات التاريخية

أحد أكبر التحديات التي تواجهها الدراسة هو نقص البيانات التاريخية التي يمكن استخدامها في تدريب نماذج الذكاء الاصطناعي. العديد من الشركات لم تقم بتخزين بياناتها بطريقة موحدة عبر السنوات، مما جعل من الصعب توفير سياق زمني كافٍ لتحليل التحسينات بمرور الوقت.

ب. التكيف مع الأنظمة الموزعة

نظرًا لأن شركات الحج والعمرة كانت تعتمد في السابق على أنظمة موزعة ومختلفة لتجميع البيانات، أصبح من الصعب دمج هذه البيانات ضمن النظام المركزي. يتطلب الأمر تعديلات تقنية لتمكين توافق البيانات القديمة مع النظام الجديد، مما يؤثر على السرعة في البداية.

4. المراجعة الأدبية

في سياق البحث، تم إجراء مراجعة لأدبيات الدراسات السابقة المتعلقة بتطبيق الذكاء الاصطناعي في أنظمة دعم القرار وجمع البيانات، بالإضافة إلى مقارنة الأنظمة المركزية والموزعة.

1. أنظمة إدارة تجربة العملاء (CEM) تستند دراسة هذا البحث إلى الأدبيات المتعلقة بأنظمة إدارة تجربة العملاء (CEM) التي تم استخدامها في مجالات مثل التجارة الإلكترونية والضيافة. على سبيل المثال، في دراسة أجرتها (Ebrahimi, 2020)، أظهر الباحث أن

استخدام الأنظمة المركزية في إدارة تجربة العملاء أسهم في تحسين الكفاءة التشغيلية وزيادة رضا العملاء من خلال توحيد البيانات وتحليلها بشكل شامل. وقد استفادت هذه الشركات من دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحديد الاتجاهات وتقديم توصيات لتحسين تجربة العملاء بشكل عام.

2. الذكاء الاصطناعي في تحليل البيانات أظهرت أن الذكاء الاصطناعي يلعب دوراً حاسماً في تحليل البيانات الضخمة وتقديم رؤى تنبؤية تدعم اتخاذ القرارات. في دراسة أجرتها (Zhang et al., 2020)، تم استخدام نماذج التعلم العميق لتحليل البيانات الضخمة من منصات التجارة الإلكترونية. أظهرت هذه الدراسة أهمية استخدام الذكاء الاصطناعي في تحسين التحليلات التنبؤية، وهو ما يشكل قاعدة أساسية لهذا البحث.

3. الأنظمة المركزية مقابل الأنظمة الموزعة تناولت العديد من الدراسات المقارنة بين الأنظمة المركزية والموزعة في جمع وتحليل البيانات. في دراسة أجرتها (De Silava, 2021)، تم تحليل الفروق بين الأداء في الأنظمة المركزية والموزعة في قطاع الرعاية الصحية. أظهرت الدراسة أن الأنظمة المركزية توفر مستوى أعلى من الكفاءة والدقة في تحليل البيانات، التي تعتمد على جمع البيانات بشكل منفصل من مصادر متعددة. تتوافق هذه النتائج مع نتائج البحث الحالي، حيث أظهر النظام المركزي (CSRS) تحسناً ملحوظاً في جمع البيانات وتحليلها.

4.نظام مركزية البيانات العام (Centralised Data Systems) تتناول هذه الدراسة (Kohezion 2019) الحاجة إلى مركزية البيانات، بما في ذلك بيانات الاستبيانات، لتحقيق دقة واتساق أعلى، حيث يُعتمد نموذج مركزي لمعالجة البيانات بشكل متكامل. وقد ناقشت الدراسة أن أحد أهم التحديات هو صعوبة دمج البيانات من مصادر مختلفة وتوحيدها في نظام مركزي، خاصة في حال كانت البيانات تتضمن أنواعًا وامتدادات متنوعة. وشجعت الدراسة بشكل كبير مركزية البيانات وبينت فوائدها المركزية في إدارة البيانات.

5. أنظمة تحليل الاستبيانات المعقدة تقارن الدراسة (ESRI 2021) بين أنظمة مختلفة لتصميم وتحليل بيانات الاستبيانات المعقدة في نظام مركزي، حيث يتم دمج تقنيات التعلم الآلي لتحليل البيانات المعقدة المستمدة من مصادر متعددة. وتشمل التحديات هنا ضرورة التعامل مع البيانات الكبيرة والمعقدة، بالإضافة إلى صعوبة إنشاء نماذج متسقة وموحدة لتحليل هذه البيانات بشكل فعال. وتُمكّن المركزية من إعادة استخدام هذه النماذج وتحليلها بشكل شمولي وسريع يوفر رؤى تحليلية دقيقة تدعم صنع القرارات.

6. إطار عمل مرئي لاستعلام البيانات المجمعة متعددة المصادر عبر الدول (SQRQuerier) يعرض هذا البحث SQRQuerier Framework. (2022) إطار عمل كمنصة مركزية تتيح استعلام البيانات وتحليلها، حيث يستخدم نموذجًا مركزيًا يستند إلى قاعدة بيانات موحدة من بيانات استبيانات من دول متعددة. من التحديات الرئيسية لهذا النظام هو تنسيق البيانات من مصادر مختلفة وتقديمها في منصة واحدة تتيح التحليل المتقدم. كما أن استخدام البيانات المتعددة المصادر قد يؤدي إلى مشاكل في التوافق بين البيانات من حيث الشكل والمحتوى. يساعد إطار العمل هذا في تحسين كفاءة تحليل البيانات والوصول إليها، مما يسهل التفاعل مع البيانات وتوليد تحليلات شاملة، وخصوصًا عندما تكون هناك حاجة لمقارنة بيانات من دول مختلفة.

7. حلول نظم المعلومات الجغرافية للاستبيانات تستعرض هذه الدراسة (Project Euclid. 2017) استخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لإنشاء أنظمة مركزية لإدارة وتحليل بيانات الاستبيانات، لا سيما في مجالات المسح الجغرافي وتطوير البنية التحتية. يعتمد النظام على نموذج مركزي يسمح بتجميع البيانات من مواقع متعددة وتقديمها في شكل خرائط تفاعلية. يتيح استخدام نظم المعلومات الجغرافية في هذه الأنظمة تصور البيانات بشكل مرئي تفاعلي، مما يساعد في اتخاذ قرارات دقيقة بناءً على التحليل الجغرافي للبيانات.

8. التقارير المركزية (Centralized Reports) يركز هذا البحث (Cascade Strategy 2016) على أنظمة التقارير المركزية التي تجمع البيانات من مصادر متعددة إلى نظام مركزي واحد للتخزين والتحليل. يمكن لأنظمة التقارير المركزية أن تساعد في تحسين عملية اتخاذ القرارات التنفيذية، إذ توفر وصولاً سريعًا إلى المعلومات وتحليلًا شاملاً لأداء الأعمال بشكل مستمر ودقيق.

5. العمل المستقبلي والتطور البحثي

الفوائد الاستراتيجية للوحة التحكم ونظام دعم القرارات (DDS): إحدى النتائج الهامة التي أظهرها البحث هي الدور الحيوي الذي تلعبه لوحة التحكم التفاعلية ونظام دعم القرارات (DDS) (Abrardi, 2022) في تحسين تجربة الحجاج وتقديم توصيات استراتيجية

للشركات. من خلال تحليل البيانات في الوقت الفعلي، تمكنت الشركات من اتخاذ قرارات أسرع وأكثر دقة، مما أدى إلى تحسين الخدمات المقدمة وتقليل أوقات الانتظار.

أ. دور لوحة التحكم في مراقبة رضا الحشود

تمثل لوحة التحكم التفاعلية أداة قوية لتحليل البيانات وإظهار النتائج بشكل مرئي لصناع القرار. يمكن للشركات استخدام هذه الأداة لمراقبة رضا الحجاج بشكل فوري، وتحليل البيانات المجمعة على مدار فترة العمرة. على سبيل المثال، أظهرت البيانات أن الحجاج الذين واجهوا تأخيراً في النقل بين المواقع كانوا أقل رضا، مما دفع الشركات إلى اتخاذ إجراءات فورية لتحسين هذه الخدمة.

ب. دعم القرارات الاستراتيجية من خلال الذكاء الاصطناعي

توفر لوحة التحكم للشركات القدرة على تطوير استراتيجيات طويلة الأمد بناءً على تحليلات دقيقة للبيانات. على سبيل المثال، تمكنت الشركات من التعرف على الاتجاهات العامة بين الحجاج وتطوير استراتيجيات لتحسين الخدمات الرقمية والنقل بناءً على التحليلات المتاحة. هذه القدرة على اتخاذ قرارات مبنية على البيانات تمثل ميزة استراتيجية كبرى للنظام المركزي.

6. الخاتمة:

يؤكد هذا البحث على الفوائد الكبيرة لاستخدام نظام الاستطلاع المركزي (CSRS) في تحسين تجربة الحجاج والمعتمرين، حيث يساعد على جمع وتحليل البيانات من مصادر متعددة بشكل موحد. النظام ليس فقط أداة لتحسين دقة البيانات، بل هو وسيلة استراتيجية لتعزيز القرارات المستنيرة وتحسين الخدمات المقدمة. من خلال مقارنة النظام المركزي بالأنظمة الموزعة التقليدية، اتضح أن النظام المركزي يساهم في زيادة كفاءة التحليل من خلال توحيد البيانات، مما يتيح استخدام أدوات الذكاء الاصطناعي لتحليل التجارب والمشاكل بشكل أعمق. هذا يؤدي إلى تقديم توصيات قابلة للتنفيذ لتحسين رضا الحجاج والمعتمرين بشكل مستمر. كما يتيح النظام مراقبة أداء الخدمات في الوقت الفعلي، مما يساعد على إجراء التحسينات الفورية عند الحاجة. وبالإضافة إلى ذلك، يسهم النظام في بناء قاعدة بيانات تاريخية موثوقة يمكن استخدامها لتحليل التوجهات عبر الزمن، مما يسهل على الشركات إجراء مقارنات بين المواسم المختلفة وتحديد أوجه التحسين المطلوبة. النظام أيضًا يعزز من التكامل بين الجهات المختلفة ويتيح لها التعاون لتقديم خدمات شاملة وفعّالة. ومن خلال تحسين رضا العملاء، يؤدي النظام إلى زيادة الطلب على خدمات العمرة والحج، مما يعزز من استدامة العائدات المالية وزيادة الربحية على المدى الطويل.

5. التوصيات

- إنشاء نظام مركزي موحد لجمع وتحليل البيانات لضمان دقة وموثوقية النتائج ولتسهيل عمليات التنبؤ والتخطيط المستقبلي.
- تطوير استراتيجيات متقدمة لتحليل البيانات باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي لتحسين تجربة الحجاج والمعتمرين بشكل مستمر.
- تعزيز التكامل بين مختلف الجهات والشركات لتسهيل مشاركة البيانات وتوفير رؤى شاملة حول رضا الحجاج.
- توفير آليات لحماية الخصوصية وتأمين البيانات، مع ضمان الامتثال للمعايير الدولية والمحلية المتعلقة بحماية البيانات.
- تصميم واجهات سهلة الاستخدام للمنصات الرقمية المخصصة لجمع البيانات وتحليلها، مما يعزز من كفاءة استخدام النظام من قبل مختلف الجهات.
- تطبيق مؤشرات أداء رئيسية (KPIs) لتقييم رضا الحشود وتحسين الخدمات بناءً على البيانات المجمعة في الوقت الفعلي.
- إنشاء تقارير دورية تستند إلى تحليلات البيانات المتدفقة لتقديم توصيات دقيقة للشركات حول كيفية تحسين خدماتها.
- تعزيز قدرات الاستبيانات على التوسع والانتشار لتغطية أكبر عدد ممكن من الحجاج والمعتمرين في مختلف المناطق الجغرافية.
- تدريب الفرق الميدانية على استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي والتحليل التنبؤي للاستفادة القصوى من البيانات المجمعة.
- التركيز على الاستدامة المالية من خلال استغلال البيانات لتحسين كفاءة الخدمات وزيادة رضا العملاء، مما يسهم في زيادة الإيرادات وتحقيق الربحية على المدى الطويل.

المراجع

- Altamimi, H., Liu, Q., & Jimenez, B. (2023). Not too much, not too little: Centralization, decentralization, and organizational change. Journal of Public Administration Research and Theory, 33(1), 170-185.
- King, J. L. (1983). Centralized versus decentralized computing: Organizational considerations and management options. ACM Computing Surveys (CSUR), 15(4), 319-349.
- Davis, H., & Larson, S. (2023). "Scalability and Flexibility in Survey Systems: A Comparative Analysis." Data Analytics and Decision Making Journal, 29(4), 199-214. DOI: 10.2345/dadmj.2023.448.
- Singh, R., & Gill, S. S. (2023). Edge AI: a survey. Internet of Things and Cyber-Physical Systems, 3, 71-92.
- Marginson, S. (2018). Benefits and Limits of the Centralized Approach. Higher education in federal countries: A comparative study, 126.
- Rinnan, R. (2005). Benefits of centralized log file correlation (Master's thesis).
- Darlington, N., & Nwachukwu, O. (2023). Artificial Intelligence Marketing Practices: The Way Forward to Better Customer Experience Management in Africa. Systematic Literature Review. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/369370172_Artificial_Intelligence_Marketing_Practices_The_Way_Forward_to_Better_Customer_Experience_Management_in_Africa_Systematic_Literature_Review
- Emerald, G. (2020). The Role of Artificial Intelligence on Enhancing CRM. Journal of Service Management, 11(2), 341. https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/JOSM-11-2019-0341/full/html
- Ebrahimi, S., & Fanaeepour, M. (2020). The Role of Artificial Intelligence on Enhancing CRM. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 11(6), 100-107.
- Zhang, Z., Lei, Z., Yan, C., & Li, S. Z. (2019). A Fast and Accurate System for Face Tracking in Real-Time Applications. ACM Conference on Human Factors in Computing Systems. https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3306618.3314284
- Zhang, Z., Yan, C., Lei, Z., & Li, S. Z. (2017). Deep Learning and Face Tracking for Real-Time Human-Computer Interaction. AAAI Conference on Artificial Intelligence. https://ojs.aaai.org/index.php/AAAI/article/view/9987
- da Silva, J. M. M. R. (2020). The Impact of Artificial Intelligence on Customer Loyalty and Entrepreneurship (Master's thesis, ISCTE-Instituto Universitario de Lisboa (Portugal)).
- Abrardi, L., Cambini, C., & Rondi, L. (2022). Artificial intelligence, firms and consumer behavior: A survey. Journal of Economic Surveys, 36(4), 969-991.
- Ministry of Health. (2018). Patient experience measurement program (PXM). Ministry of Health, Saudi Arabia. Retrieved from https://www.moh.gov.sa/Ministry/pxmp/Documents/MOH%20PXM-2018-10.pdf
- Al-Riyadh Newspaper. (2023, October 17). The Ministry of Interior initiates training courses for Haj and Umrah security forces. Al Riyadh. Retrieved from https://www.alriyadh.com/2080359
- Kohezion. (n.d.). Data Centralization: Why and How to Centralize Data. Retrieved from https://www.kohezion.com/blog/data-centralization
- This article discusses the importance of data centralization, including survey data, to enhance accuracy and accessibility, highlighting benefits and implementation strategies.
- Project Euclid. (2017). Introduction to the Design and Analysis of Complex Survey Data. Statistical Science, 32(2), 151-167. Retrieved from https://projecteuclid.org/journals/statistical-science/volume-32/issue-2/Introduction-to-the-Design-and-Analysis-of-Complex-Survey-Data/10.1214/17-STS614.pdf
- This study provides insights into methodologies for designing and analyzing complex survey data, emphasizing centralized systems.
- Kohezion. (2019). Data Centralization: Why and How to Centralize Data. Retrieved from https://www.kohezion.com/blog/data-centralization

- Project Euclid. (2017). Introduction to the Design and Analysis of Complex Survey Data. Statistical Science, 32(2), 151-167. Retrieved from https://projecteuclid.org/journals/statistical-science/volume-32/issue-2/Introduction-to-the-Design-and-Analysis-of-Complex-Survey-Data/10.1214/17-STS614.pdf
- SQRQuerier Framework. (2022). SQRQuerier: A Visual Querying Framework for Cross-national Survey Data Recycling. ArXiv Preprint. Retrieved from https://arxiv.org/abs/2201.11125
- ESRI(2021). GIS Solutions for Surveying. Retrieved from https://www.esri.com/~/media/files/pdfs/industries/surveying/gis-solutions-for-surveying.pdf
- Cascade Strategy. (2016). Centralized Reporting: A Faster Way to Execute Strategies. Retrieved from https://www.cascade.app/blog/centralized-reporting.

مختبر الحج: نهج تقني متكامل لتعزيز إدارة الحشود باستخدام المناطيد الطبقية والتحليلات القائمة على الذكاء الاصطناعي

عدنان بن يحي الشهراني

معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة, جامعة أم القرى

The Hajj Lab: A Multi-Layered Technological Approach to Enhancing Crowd Management through Stratospheric Airships and AI Analytics

Adnan Y. Alshahrani

The Custodian of the Two Holy Mosques Institute for Hajj and Umrah Research, Umm Alqura University

*Corresponding author: E-mail (Ayshahrani@uqu.edu.sa)

الملخص

يسعى البحث إلى تقديم تطوير لفكرة "مختبر الحج"، وهي منصة مبتكرة مصممة لإدارة ديناميكيات الحشود المعقدة خلال موسم الحج. يعتمد المختبر على استخدام المناطيد الطبقية، والطائرات بدون طيار، وأجهزة الاستشعار الميدانية، بالإضافة إلى التحليلات المدعومة بالذكاء الاصطناعي، مما يوفر نهجًا متكاملًا لإدارة الحشود ومراقبتها في الوقت الفعلي. تستند الدراسة إلى منهجية بحث استكشافية تتناول مراجعة الأدبيات والتقنيات الحالية، بهدف تصور تكامل هذه الأنظمة لجمع البيانات الحية وتحليلها التنبؤي. من خلال دمج البيانات ثلاثية الأبعاد عالية الدقة مع نماذج الذكاء الاصطناعي، يتيح النظام اتخاذ التدخلات الاستباقية، مما يعزز كفاءة وسلامة إدارة الحشود التي تصل إلى ملايين الحجاج. تكشف النتائج أن "مختبر الحج" يتصدى للتحديات الكبرى التي تواجهها أساليب إدارة الحشود التقليدية، مثل الازدحام والاختناقات، كما يقدم رؤى مهمة للتخطيط الحضري طويل الأجل وتطوير البنية التحتية. تستعرض الدراسة أيضًا إمكانية توسيع نطاق تطبيق "مختبر الحج" ليشمل أحداثًا جماهيرية أخرى على الصعيد العالمي، مما يؤسس معيارًا جديدًا لإدارة الحشود. يساهم دمج هذه التقنيات في تعزيز سلامة وراحة المشاركين في الحج والتجمعات الكبرى. وبفضل الابتكار المستمر والتعاون بين التخصصات، يمتلك "مختبر الحج" القدرة على إحداث تحول جذري في أنظمة إدارة الأحداث الجماهيرية المستقبلية.

انظر البحث الكامل في الجزء الخاص بالأبحاث الإنجليزية صفحة (70)

محور تعزيز الصحة والسلامة في إدارة الحشود

دراسة الإجهاد الحراري للحجيج بمخيمات مشعر منى خلال موسم حج 1445هـ

تركي بن محمد حبيب الله*، عبد الله عبد الرحمن بالغ، سيد منير

الادارة العامة للبحث والتطوير والابتكار، المركز الوطني للأرصاد

The Effect of Heat Stress on Pilgrims in Mina During the Hajj season 1445 AH

Turki M. A. Habeebullah*, Abdullah A. Baligh, Said Munir

General Management for Research, Development and Innovation, National Center for Meteorology (NCM)

*Corresponding author: E-mail (T.habeebullah@ncm.gov.sa)

الملخص

تم حساب الإجهاد الحراري من خلال العلاقة بين عناصر درجات الحرارة والرطوبة النسبية داخل وخارج الخيام بمشعر منى، وايضًا في مقر المركز بمشعر منى خلال موسم حج 1445هـ كما تم إدخال عنصر سرعة الرياح لمعرفة قدرة الهواء على تهوية الأماكن الداخلية في حالة زيادة درجة الحرارة بناء على أنظمة التكييف المستخدمة في المخيمات. وتتلخص الأعمال التشغيلية في الدراسة على توزيع عدد من جامعي البيانات على 6 فترات مقسمة خلال اليوم ابتداءً من تاريخ 12/7-13/12/1445هـ كذلك تم إجراء القياس ساعيًا في الثلاث الأماكن المحددة داخل وخارج الخيام وبمقر المركز بمشعر منى. وأيضًا تم حساب قيم ا الإجهاد الحراري لمعرفة ما يشعر به جسم الإنسان من درجة الحرارة عندما يتم دمج الرطوبة النسبية مع درجة حرارة الهواء.

من خلال البيانات التي تم جمعها اتضح أن الإجهاد الحراري سجل أعلى قيمة له في فترة الظهيرة من اليوم الحادي عشر من ذي الحجة تراوحت بين 50-51°م، وبعدها انخفض الإجهاد الحراري إلى أقل من 48°م بسبب هطول الامطار على مشعر منى عند الساعة الرابعة عصرًا. وفي اليوم الثاني عشر من ذي الحجة سجلت قيم الإجهاد الحراري أعلى ارتفاع لها خلال فترة الحج 1445هـ، حيث تراوحت بين 50-56°م خلال فترة الظهيرة في خارج المخيمات، وبين 51-52°م في داخل المخيمات، وبين 50-51°م في مقر المركز بمشعر منى. وتعد هذه القراءات أكثر من الحد المسموح به والذي قد يتسبب في التأثير سلبًا على صحة الحجاج والعاملين في الحج. كذلك أحد أهم النتائج التي تزيد من تفاقم الوضع سوءاً داخل الخيام هو هبوط سرعة تدفق الهواء الخارج من المكيفات الصحراوية داخل الخيام إلى أقل من 0.5م/ث، وهذا بالتالي يساعد على تناقص تبخير الهواء في محيط الخيمة داخليًا، بالإضافة إلى المساعدة على عدم تبريد أجسام الحجاج وذلك بتبخير العرق الخارج من أجسادهم. لذلك من المهم تهوية المخيمات وزيادة التبريد باستخدام أحدث التقنيات في مجال التبريد بالتبخير لتفادي شعور الحجاج بعدم الراحة.

الكلمات الدالة: مشعر منى، درجة الحرارة، الرطوبة النسبية، الإجهاد الحراري.

Abstract

Heat Stress was calculated through the differences between air temperatures and relative humidity inside and outside tents in Mina, and also at the National Center for Meteorology (NCM), which located in Mina during the Hajj season 1445 AH. Wind speed was also introduced to determine the ability of the air to ventilate indoor spaces in the tenet, in terms of preventing the increase of air temperature, however, the tenets were used air conditioning systems. Therefore,

the aim of this study was to summarize in distribute a number of data collectors over 6 periods divided during the day, starting from 12/7-12/13/1445 AH. Measurements were also carried out in the three specified places inside and outside the tents, and at NCM in Mina. Thermal stress values were also calculated to investigate what the human body feels about the temperature when relative humidity is combined with air temperature.

Through the data collected, it became clear that heat stress recorded its highest value in the afternoon of the eleventh day of Dhu al-Hijjah, ranging between 50-51°C. Then the heat stress decreased to less than 48°C due to rain falling on Mina at 4:00 pm. On the twelfth day of Dhu al-Hijjah, heat stress values recorded their highest increase during the Hajj period 1445 AH. It ranged between 50-56°C during the afternoon outside the camps, between 51-52°C inside the camps, and between 50-51°C at NCM in Mina. These readings are more than the permissible limit, which may negatively affect the health of pilgrims and Hajj workers. Also, one of the most important results that makes the situation worse inside the tents is the decrease in the speed of the air flow coming out of the evaporative cooler inside the tents to less than 0.5 m/s. This therefore helps to reduce the evaporation of the air around the tent internally, in addition to helping to prevent the pilgrims' bodies from cooling by evaporating wets coming out of their bodies. Therefore, it is important to ventilate the camps and increase cooling using the latest technologies in the field of evaporative cooling to avoid pilgrims feeling uncomfortable.

Key Words: Mina, Air Temperature, Relative Humidity, Heat Stress.

1. المقدمة

تعد الأبحاث التي تتناول الآثار الصحية في التعرض للحرارة المرتبطة بالطقس أمرًا بالغ الأهمية للحد من مخاطر درجة الحرارة الحالية، وأيضًا للاستعداد لعوامل الطقس الحرجة في المستقبل. ويمكن أن تنتج عن موجات الحر حصيلة وفيات كارثية، بما في ذلك ما يزيد عن 14000 حالة وفاة خلال موجة الحر في فرنسا لعام 2003م (Hémon et al. 2003,.) في ظل تغير المناخ، من المتوقع أن تكون موجات الحرارة أكثر تواترًا وشدة(Meehl and Tebaldi, 2004) ، وبالتالي احتمالية تعرض الانسان لتبعات سيئة جراء التغيرات المفاجئة خلال سلسلة من السنوات. ولتقدير التعرض للحرارة، تستخدم العديد من دراسات صحة البيئة مؤشرات تهدف إلى التقاط العوامل المشتركة للعديد من عوامل الطقس لإصدار التحذيرات في الوقت المناسب. أحد المؤشرات الأكثر شيوعًا لتلك الأبحاث هو درجة حرارة ستيدمان الظاهرية(Steadman, 1979a ; 1979b ; 1984) ، والتي توفر معلومات لتحذيرات الحرارة في العديد من المجتمعات العالمية. عندما تشتد حرارة الصيف، تتجه كل الأنظار نحو درجة حرارة الهواء المقاس في الظل، ولكن تشير الدراسات أن الإجهاد أو الحمل الحراري هو الذي يجب أن يثير المزيد من القلق، وهو ما يشعر به جسم الإنسان من درجة الحرارة عندما يتم دمج الرطوبة النسبية مع درجة حرارة الهواء (Rothfusz ; 1979a ,Steadman, 1990). وبمعنى آخر، عندما يصبح الجسم ساخنًا للغاية، فإنه يبدأ في التعرق لتبريد نفسه، وإذا كان العرق غير قادر على التبخر، فلن يتمكن الجسم من تنظيم درجة حرارته، لإن التبخر هو عملية تبريد الجسم طبيعيًا (Armstrong et al., 2007; Steadman, 1979a; `1979b; Grundstein et al., 2017). فإذا كانت نسبة الرطوبة في الهواء مرتفعة، فإن معدل التبخر من الجسم ينخفض، وبالتالي زيادة الإجهاد الحراري الذي يتعرض له الانسان عندما لا يتمكن من التبريد بكفاءة، مما قد يؤثر ذلك على صحته البدنية وزيادة تعرضه للضربات الحرارية.

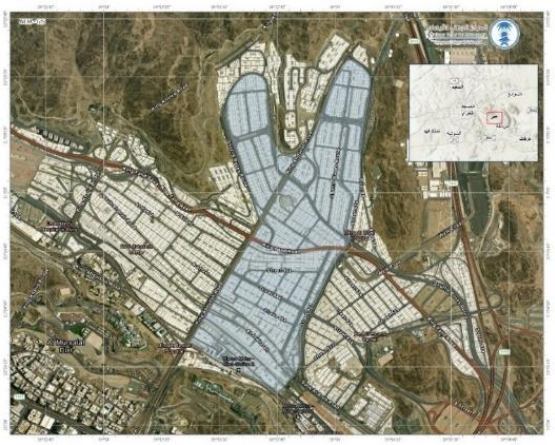
يعتبر مؤشر الإجهاد الحراري أحد المخاوف الرئيسية لمقدمي الخدمة الصحية للحجيج أثناء فترة الحج خاصة في الظروف الجوية الحارة لما يطلبه أداء النسك من جهد بدني في مكة المكرمة والمشاعر المقدسة ذات المناخ الحار جداً في فصل الصيف، ويتم الإبلاغ دائما عن أعداد كبيرة من المصابين بالإجهاد الحراري نتيجةً للتعرض لضربات الشمس أو الضربات الحرارية (Seroji, 2024). وأيضًا تشير العديد من الدراسات بوجود علاقة بين ارتفاع أعداد المصابين بضربات الشمس والظروف البيئية الدافئة ذات درجات الحرارة المرتفعة أثناء ممارسة الجسم للجهد البدني وضعف التبريد داخل الجسم (Bouchama and Knochel, 2002 ; Casa et al., 2012)، كما هو معمول به في الحج عندما يحتاج الحاج إلى قطع مسافات طويلة للتنقل بين المشاعر أو للذهاب إلى جسر الجمرات لرمي الجمار فإنه قد يتعرض لضربة شمس قد تفقده الوعي أو تعيق تحركه لفتره من الزمن.

وفي موسم الحج لهذا العام، فإن المملكة العربية السعودية تستضيف ما يقارب مليون وثمانمائة حاج من أكثر من 180 دولة والعديد منهم لم يعتاد على الأجواء الصحراوية الساخنة، وفي عام 1987م كان الحج يتزامن مع حدوث موجة ساخنة أدت لتعرض 1000 حاج لضربة شمس سببت عدد من الوفيات خلال فترة قصيرة (Ghaznawi, and Ibrahim, 1987). وبحسب دراسة تم اجراؤها في مركز أبحاث الحج بجامعة أم القرى، فإن القياسات التي شملت درجات الحرارة الداخلية للخيام كانت أعلى من الدرجات الخارجية بمقدار 1-5 درجات، مما جعل الحجاج لا يتكيفون بالعيش داخل الخيام بمنى ذات العدد الكبير ويفضلون المناطق المظللة والباردة على طول خط المشاة (Sabbagh and Khalifa, 1983 ; Zaki et al, 1991). لذا من المهم التثقيف الصحي للحجاج قبل السفر لأداء مناسك الحج والذي أثبتته العديد من الدراسات من شأنه تحسين النتائج الصحية للحجاج (Wynberg et al., 2012; Venugopal et al., 2016). يحصل الشعور بعدم الراحة الحرارية عندما لا يتمكن الشخص من التخلص من الطاقة الحرارية الزائدة المتولدة بصورة مستمرة داخل جسمه، والناتجة عن عمليات الأيض الغذائي، بالإضافة إلى الأجواء المحيطة به، وهذا يؤدي الى حصول جسم الانسان على ضغط حراري داخلي يمكن أن يسبب له مشاكل صحية في حالة المكوث في نفس المكان لفترة طويلة، مع العلم أن المحافظة على درجة الحرارة الجسم بـ 37°م، محققة التوازن الحراري، في حين تكون درجة حرارة الجلد 31-34°م. وفي دراسة قام بها (Hadad and Ajian, 1988) من الأرصاد السعودية، أفاد بوجود علاقة بين ارتفاع عدد الوفيات بسبب ارتفاع درجة حرارة الطقس والرطوبة النسبية. خصوصاً عند ارتفاع درجات الحرارة لأكثر من 38°م والرطوبة النسبية اعلى من 50% ومعظم الحالات التي رصدت لتعرضها للإجهاد الحراري وضربات الشمس وبالتالي أدت للوفاة وجميعها كانت خلال فترة موسم الحج. وتعمل المملكة العربية السعودية على تشريعات واسعة تضمن الالتزام بقواعد الصحة والسلامة المهنية ضمن قوانين العمل لضمان سلامة العاملين والتي تتوافق مع قواعد منظمة العمل الدولية (Balkhyour et al., 2019; Ahmad and Balkhyour 2020). ويشارك المركز الوطني للأرصاد من خلال تنبيهات الطقس في إعداد الخطط للسيطرة على الإجهاد الحراري الذي قد يتعرض له جميع العاملين تحت أشعة الشمس والحجاج ومن يخدمهم أثناء فترة أداءهم لمناسك الحج لعدم التعرض لأشعة الشمس دون التعرض لتكييف الهواء. لذا ركزت هذه الدراسة على حساب الراحة الحرارية للحجيج في مشعر منى خلال موسم حج 1445هـ من خلال حساب عدد من العوامل التي لها تأثير مباشر وغير مباشر على صحة الحجيج.

2. منهجية وطرق البحث: اعتمدت منهجية هذه الدراسة على الرصد الميدان والتحليلي والوصفي لعناصر الجو داخل وخارج الخيام بمشعر منى خلال موسم حج 1445هـ وتتكون المنهجية من العوامل التالية:

أ. موقع اجراء الدراسة:

تم اجراء الدراسة في مشعر منى (شكل 1) على بعد 6 كيلومترات تقريبًا إلى الشرق من الحرم المكي الشريف، وهو عبارة عن وادٍ به بعض التلال والشعاب تحاط بها جبال شاهقة شديدة الانحدار من الجهتين الشمالية والجنوبية، حيث يحدها من الشمال الغربي جمرة العقبة، ومن الجنوب الشرقي وادي محسر، ومن الشمال جبل القويس، ومن الجنوب جبل مثير. وتقدر المساحة الشرعية لمنى بنحو 650 هكتارًا (6.500) كم2، منها 380 هكتارًا (3.800) كم2 أراضٍ منبسطة في الوادي، ومن 200 إلى 300 هكتار من سفوح الجبال، وتقسم استخدامات الأراضي إلى مناطق المخيمات.



شكل 1: مواقع إجراء الدراسة في مشعر منى.

وتقدر المساحات المستغلة فعلاً من وادي منى حوالي 4.8 كم2 فقط أي ما يعادل 61% من المساحة الشرعية و39% عبارة عن جبال وعرة ترتفع قممها إلى حوالي 500م فوق مستوى سطح الوادي. وتمثل الأراضي المنبسطة من الوادي أراضي مخصصة لمخيمات الحجيج، حيث تتكون من صفوف منظمة ومتلاحمة من الخيام التي تحيط بفناء متسع تقام فيه خيمة عامة للاستقبال والصلاة وأيضا لتناول

الطعام، في حين يتم تخصيص جزء لإعداد الطعام في مكان آخر من الفناء، الذي يبعد عنه دورات المياه، وتتراوح أحجام المخيمات بين 10 إلى 500 خيمة تبعًا للمطوفين وقدراتهم، وعادة ما تكون الخيمة مربعة الاضلاع 4*4 أمتار مربعة.

ب. مراحل اجراء الدراسة: يتمحور نطاق العمل المطلوب من المركز الوطني للأرصاد من خلال دراسة "الحمل الحراري للحجيج بمشعر منى خلال موسم حج 1445هـ". وتم حساب الفرق في عناصر درجات الحرارة والرطوبة النسبية داخل وخارج الخيام وفي مقر المركز بمشعر منى، كما تم ادخال عنصر سرعة الرياح لمعرفة قدرة الهواء على تهوية الأماكن الداخلية في حالة زيادة درجة الحرارة بناء على أنظمة التكييف المستخدمة في المخيم، وذلك من خلال مرحلتين أساسيتين:

المرحلة الأولى:

جمع البيانات المرتبطة بعوامل الراحة الحرارية للحجاج، وتعتمد على النقاط التالية:

1- جمع المراجع العلمية والأدبية ذات الصلة.
2- تحديد نوعية التبريد بالمخيمات.
3- جمع البيانات المرتبطة بعوامل الراحة الحرارية للحجاج.
4- تقييم كفاءة عملية التبريد على البيئة الداخلية بالمخيمات.
5- تحديد المخيمات بمشعر منى محل الدراسة.
6- تقييم كفاءة عملية التبريد على البيئة الخارجية بالمخيمات.
7- تحديد أعداد الحجاج وكثافة أماكن المبيت بالمخيمات.
8- تحديد نوعية الإحرامات والسلوكيات لكل حاج.

المرحلة الثانية: حساب وتقييم معدل الراحة الحرارية للحجاج بمشعر منى، وتعتمد على النقاط التالية:

1- حساب وتقييم معدل الراحة الحرارية للحجاج بمشعر منى.
2- رصد معدلات الرطوبة النسبية ودرجة الحرارة داخل أماكن المبيت للحجاج بمشعر منى للمخيمات محل الدراسة.
3- رصد معدلات الرطوبة النسبية ودرجة الحرارة بالبيئة الخارجية بمشعر منى للمخيمات محل الدراسة.
4- رصد مستويات الوطأة الحرارية بالبيئة الداخلية والخارجية بالمخيمات.
5- رصد مستويات سرعات الرياح بالبيئة الداخلية والخارجية بالمخيمات.
6- تقييم الحمل الحراري بالمخيمات.
7- تقييم العوامل المؤثرة على الراحة الحرارة للحجاج بالمخيمات.
8- تقييم الراحة الحرارية للحجاج بالمخيمات.

ج. فترات القياس: تم توزيع عدد (11) شخص من جامعي البيانات على (6) فترات مقسمة على أربع مجموعات خلال اليوم ابتداءً من تاريخ 12/7 - 1445/12/13هـ، حيث تم اجراء القياسات لكل ساعة خلال فترة الدراسة. كما تم اخذ القياسات في عدد (20) مخيم من مخيمات مشعر منى والموضحة في (جدول 1).

جدول 1: يوضح تقسيم الخيام على التواريخ بمشعر منى.

م	اليوم - التاريخ	رقم المخيم
1	الخميس – 7 ذي الحجة	16,17,18,27
2	الجمعة – 8 ذي الحجة	16,17,18
3	السبت – 9 ذي الحجة	14,18
4	الاحد – 10 ذي الحجة	12,18,20,31,56
5	الاثنين – 11 ذي الحجة	21,23,24,25,503,508
6	الثلاثاء – 12 ذي الحجة	11,12,15,17,20,21,165
7	الأربعاء – 13 ذي الحجة	14,15,23
المجموع (20 مخيم)		

تم تسليم جامعي البيانات أجهزة القياس المخصصة لداخل وخارج الخيام. كما تم تسجيل كافة المعلومات على نماذج (تحتوي على معلومات عن عناصر القياس، رأي الحجاج عن المخيم، محتويات المخيم الداخلية، أعمار الحجاج وجنسياتهم، حالاتهم المرضية، موقع الخيام بالنسبة لموقع مشعر منى، نوعية الاحرامات، بالإضافة إلى معلومات وصفية أخرى) ليتم ارسالها يوميًا إلى الموظفين المخصصين لحصر وتحليل البيانات لعمل دراسة تفصيلية تشمل مدى الإجهاد الحراري الذي يتعرض له الحاج خلال موسم حج 1445هـ، بالإضافة إلى عرض جداول وأشكال بيانية وخرائط توضح مدى العلاقة بين سكن الحجاج في الخيام والظروف الجوية المختلفة.

د. الاستبيان: إن الاستبيان هو أحد أهم أدوات البحث العلمي التي تُستَخدم بالعديد من الدراسات والأبحاث، والتي تهدف بصورة رئيسية للحصول على المعلومات أو البيانات التي تُظهر أمور الفئة المستهدفة بالاستبيان، وميولهم واتجاهاتهم. وقد قام الباحثون بوضع أسئلة الاستبيان بشكل واضح ومترابط، بالشكل الذي يساعد على الوصول إلى الهدف من قيام الدراسة، والوصول بها إلى النتائج المطلوبة. ويحتوي الاستبيان على معلومات مأخوذة من الحجاج خلال المسح الميداني والتي أجراها جامعو البيانات خلال موسم حج 1445هـ للنقاط التالية:

1- اسم المخيم.
2- الحالة الصحية.
3- الموقع موضح بالإحداثيات وصور فوتوغرافية.
4- نوعية الاحرامات المستخدمة.
5- نوع الخيام التي تم اجراء الدراسة عليها مقارنة بموقع المخيم.
6- نوعية الفرش والأثاث داخل الخيمة.
7- عدد الحجاج في الخيمة.
8- نوعية الأطعمة المقدمة للحجاج.
9- جنسياتهم.
10- عدد ساعات المكوث في الخيمة.
11- أعمارهم.
12- معدل الكفاءة التبريدية للتكييف.
13- سرعة تدفق الهواء الخارج من المكيف.

هـ. أجهزة القياس: هناك أجهزة عديدة تقيس درجات الحرارة والرطوبة النسبية وسرعة الهواء في كل ساعة، ومنها ما يقيس عناصر الجو ويحسب قيم الإجهاد الحراري مباشرة، لذلك تم الاعتماد في هذه الدراسة على قياس كافة العناصر بالأجهزة التالية:

1. تم أخذ القراءات للعناصر الجوية باستخدام جهاز (HWS3000) وهي محطة طقس محمولة جيدة التصميم واحترافية، تدعم قياس درجة الحرارة والرطوبة النسبية والضغط الجوي وسرعة الرياح واتجاهها. بحيث يلبي هذا الجهاز المتطلبات المقصودة في بيئة العمل داخل وخارج الخيام.

2. كما تم مقارنة نتائج الجهاز السابق بجهاز آخر لمعرفة دقة النتائج المقاسة داخل وخارج الخيام، لذا تم استخدام جهاز (Extech HT30 Heat Stress WBGT Meter) الذي يتيح حساب مؤشر الإجهاد الحراري، أو مدى الشعور بالسخونة عندما يتم الجمع بين الرطوبة ودرجة الحرارة وحركة الهواء. ويمكن للمقياس أيضًا إجراء قياسات فردية لدرجة الحرارة والرطوبة والإشعاع الشمسي، بالإضافة إلى مراقبة تأثيرات الإشعاع الشمسي المباشر على الأسطح المكشوفة باستخدام مستشعر درجة حرارة الأجسام المعتمة (Black Globe Temperature). كما تعرض وظيفة الإدخال/الإخراج قيمة WGBT (الترطيب بالتبخير) مع أو بدون التعرض المباشر لأشعة الشمس. وأيضًا تشمل الميزات الإضافية إيقاف التشغيل التلقائي مع تجاوز وقت التشغيل للحد الموصي به، وكذلك تعمل واجهة (RS-232) المدمجة على سهولة التوصيل بالحاسب الآلي لحفظ البيانات.

و. العناصر الجوية المقاسة: تم رصد العناصر الجوية (درجة الحرارة (°م) – الرطوبة النسبية (%) – سرعة الرياح (م/ث)) داخل وخارج الخيمة، بالإضافة إلى رصد العناصر الجوية بمقر المركز بمشعر مني (درجة الحرارة (°م) – الرطوبة النسبية (%) – سرعة الرياح (عقدة - تم تحويل القيم إلى م/ث) – اتجاه الرياح (درجة) – درجة حرارة الترمومتر المبلل (°م) – نقطة الندى (°م)).

ز. معادلة الإجهاد الحراري: هناك عدد كبير من الدراسات التي تطرقت لقياس درجة الحرارة والرطوبة النسبية للحصول على مؤشرات الإجهاد الحراري (Anderson et al. , 2013; Blazejczyk et al., 2012a; Jonson and Long, 2004; Schoen, 2005) ومن خلال تلك الدراسات فقد تم عرض المعادلة على النحو التالي:

$$HI = c_1 + c_2T + c_3R + c_4TR + c_5T^2 + c_6R^2 + c_7T^2R + c_8TR^2 + c_9T^2R^2$$

بحيث،

HI= مؤشر الإجهاد الحراري (درجة مئوية).

T= درجة الحرارة (°م).

R= الرطوبة النسبية (%).

ويمكن عرض قيم الثوابت الموضحة في معادلة مؤشر الإجهاد الحراري على النحو التالي:

c_1= -8.78469475556	c_2= 1.61139411	c_3= 2.33854883889
c_4= -0.14611605	c_5= -0.012308094	c_6= -0.0164248277778
c_7= 2.211732×10^{-3}	c_8= 7.2546×10^{-4}	c_9= -3.852×10^{-6}

ح. مؤشـر الإجهاد الحراري: مؤشـر الإجهاد الحراري هو مقياس لمدى الحرارة التي يشـعر بها الإنسـان عند أخذ الرطوبة النسـبية وعوامل أخرى في الاعتبار إلى جانب درجة الحرارة (جدول 2). وعند ارتفاع نسـبة الرطوبة، يصبح من الصـعب أن يتعرق جسـم الإنسـان، ومن ثم يتبخر هذا العرق، بالإضـافة إلى أن الإجهاد الحراري لدى الشـخص يزداد عندما لا يتمكن من التبريد بكفاءة. ولتحديد مؤشـر الإجهاد الحراري في (جدول 2) فيجب معرفة درجة حرارة الهواء في الظل بالإضـافة إلى الرطوبة النسـبية. وعلى سـبيل المثال إذا سـجلت درجة الحرارة 40°م والرطوبة النسبية 30% فهذا يدل على أن مؤشر الإجهاد الحراري يقدر بقيمة 43°م وهي درجة الحرارة التي يشعر بها جسم الانسان، وهو يدل على إمكانية تعرض الشخص لتشنجات في عضلاته أو ضربة الشمس أو ضربة حرارية عند التعرض لفترة طويلة أو بذل مجهود بدني شاق.

جدول 2: يوضح مؤشر الإجهاد الحراري.

AirTemp (oC) \ RH (%)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
53	51	63	77	94	112	134	157	183	212	242
52	50	61	74	89	107	127	149	174	201	230
51	49	95	71	85	102	120	141	165	190	218
50	48	57	68	81	96	114	134	156	180	207
49	46	55	65	77	91	108	126	147	170	195
48	45	53	62	73	87	102	119	139	160	184
47	44	51	59	70	82	96	113	131	151	173
46	43	49	57	66	78	91	106	123	142	163
45	42	47	54	63	73	86	100	116	133	153
44	41	46	52	60	69	81	94	108	125	143
43	40	44	49	57	65	76	88	102	117	134
42	39	42	47	54	62	72	82	95	109	125
41	38	41	45	51	58	67	77	89	102	116
40	37	39	43	48	55	63	72	83	95	108
39	36	38	41	46	52	59	67	77	88	100
38	35	37	39	43	49	55	63	71	81	92
37	34	35	38	41	46	51	58	66	75	85
36	33	34	36	39	43	48	54	61	69	78
35	32	33	35	37	41	45	50	57	64	72
34	31	32	33	35	38	42	47	52	59	66
33	31	31	32	34	36	40	44	48	54	60
32	30	30	31	32	34	37	40	44	49	54
31	29	29	30	31	33	35	38	41	45	49
30	28	28	29	30	31	33	35	38	41	45
29	27	27	28	29	30	31	33	35	37	41
28	27	27	27	28	28	29	31	32	34	37
27	26	26	26	27	27	28	29	30	31	34
26	25	25	26	26	27	27	27	28	28	26
25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15

ط. تصـنيف مؤشـر الإجهاد الحراري: يتم تصـنيف مؤشـر الاجهاد الحراري على أربعة تصـنيفات مرتبطة بدرجة الخطورة في ارتفاع وانخفاض المؤشر والمصاحبة للأعراض الموضحة في الجدول (3) (Epstein and Moran, 2006) بناءً على التالي:

جدول 17: تصنيف مؤشر الإجهاد الحراري.

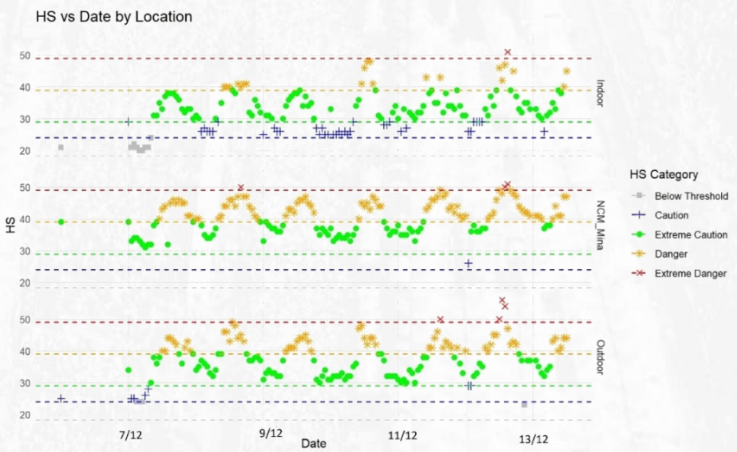
تصنيف مؤشر الإجهاد الحراري	مؤشر الإجهاد الحراري (°C)	مؤشر الخطر	التأثير على الجسم	الاحتياطات
تحذير	29-25	منخفض	التعب نتيجةً إلى التعرض لفترات طويلة للمشي تحت اشعة الشمس المباشرة	إنشاء وتنفيذ والحفاظ على إجراءات للوقاية من أمراض الحرارة. ويجب توفير المياه، وأن تكون متاحة وكافية. وينبغي توفير فترات الراحة.
تحذير شديد	38-30	متوسط	من الممكن حدوث ضربة شمس أو تشنجات حرارية أو إنهاك حراري مع التعرض لفترات طويلة للمشي تحت اشعة الشمس المباشرة	تشجيع الحجاج على شرب كوب واحد من الماء كل 20 دقيقة في مثل هذه الظروف. ويجب المكوث في الظل أثناء المشي وأخذ راحة لا تقل عن 15 دقيقة كل ساعة. يجب أن تكون مناطق الراحة مظللة في الخارج وتبريدها في الداخل.
خطر	49-39	عالٍ	من المحتمل حدوث تشنجات حرارية أو إنهاك حراري، ومن المحتمل حدوث ضربة شمس مع التعرض لفترات طويلة للمشي تحت اشعة الشمس المباشرة	ينبغي جدولة رمي الجمرات أو الخروج من الخيام قبل الساعة 10 صباحًا و/أو بعد الساعة 4 مساءً.
خطر شديد	≤ 50	عالٍ جدا وشديد	احتمال كبير لتعرض الحاج لضربة شمس، وخاصةً عند المشي تحت اشعة الشمس المباشرة	التوقف عن الخروج من المخيمات وشرب كمية كافية من المياه والمكوث في مكان بارد

3. النتائج والمناقشة

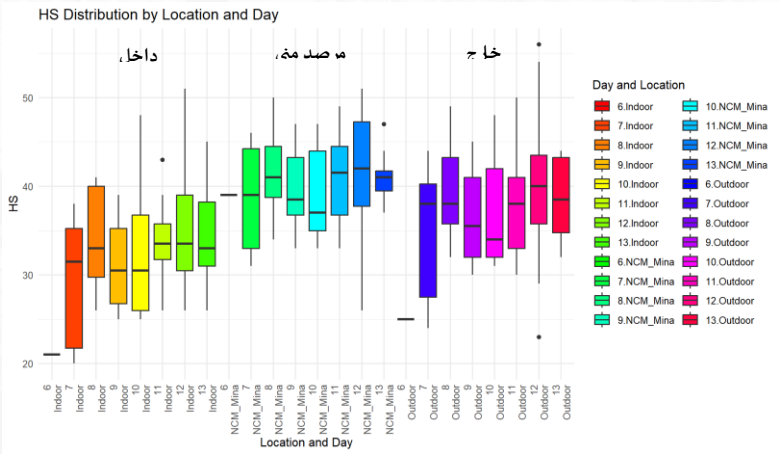
تم عمل مؤشر درجة الحرارة الفعالة (ET) لتوفير طريقة لتحديد التأثيرات في درجة حرارة الهواء والرطوبة النسبية على راحة الجسم. وغطى هذا المؤشر نطاق درجة الحرارة من 1°م إلى 53°م، ولكن واقعياً تم استخدامه لتقييم مستوى الإجهاد الحراري. استبدل (Vernon and Warner, 1932) درجة حرارة الترمومتر الجاف بدرجة حرارة الأرض، (كجسم معتم)، للسماح بأخذ تأثير الإشعاع في الاعتبار. منذ ذلك الحين، تم تنفيذ العديد من التعديلات على هذا المؤشر، وكلها تهدف إلى تصنيف الإجهاد الحراري. وأيضًا تم استخدام هذه المؤشرات حاليًا من قبل مختلف خدمات الطقس الوطنية والمحلية في جميع أنحاء العالم.

وفي هذه الدراسة تم استخدام مؤشر الإجهاد الحراري (HI) وهو مؤشر يجمع بين درجة حرارة الهواء والرطوبة النسبية لتحديد درجة الحرارة الظاهرة ومدى سخونة الشعور بها. فعندما تكون الرطوبة عالية، يقل معدل تبخر الماء. هذا يعني أن الحرارة تتم إزالتها من الجسم بمعدل أقل، مما يجعله يحتفظ بحرارة أكثر مما لو كان في الهواء الجاف. وتم اختيار هذا النموذج لحساب مؤشر الإجهاد الحراري والذي يتناسب مع منطقتنا مناخياً، وأيضا لسهولة توافر البيانات التي يمكن قياسها أثناء موسم الحج، داخل وخارج الخيام. وجدت الدراسة أن الإجهاد الحراري سجل أعلى قيمة له في فترة الظهيرة من اليوم الحادي عشر من ذي الحجة تراوحت بين 50-51°م، وبعدها انخفض الإجهاد الحراري إلى أقل من 48°م بسبب هطول الامطار على مشعر منى عند الساعة الرابعة عصرًا.

وفي اليوم الثاني عشر من ذي الحجة سجلت قيم الإجهاد الحراري أعلى ارتفاع لها خلال فترة الحج 1445هـ، حيث تراوحت بين 50-56°م خلال فترة الظهيرة في خارج المخيمات، وبين 51-52°م في داخل المخيمات، وبين 50-51°م في مقر المركز بمشعر منى. وتعد هذه القراءات أكثر من الحد المسموح به والذي قد يتسبب في تزايد الإجهاد الحراري بين الحجاج، الشكلين (2 & 3).



شكل 2: مؤشرا ت الإجهاد الحراري الساعية خلال الفترة من 12/7 – 12/13 داخل وخارج الخيام وفي مقر المركز بمشعر منى.



شكل 3: توزيع مؤشر الإجهاد الحراري لأيام الدراسة في الأماكن الثلاثة

في اليوم السابع من ذي الحجة 1445هـ اتضح أن مؤشر الإجهاد الحراري داخل الخيام وصل أعلى قيمة له من الساعة 14 – 16 وكانت 38°م، وبدأ ينخفض بدءاً من الساعة 18. بينما خارج الخيام وصل أعلى قيمة له من الساعة 14 – 15 وكانت 44°م، وبدأ ينخفض بدءاً من الساعة 18 في حين حدث زيادة بدأً من الساعة 21 لتصل إلى 43°م ثم تنخفض مرة أخرى. بينما في مقر المركز بمشعر منى فقد وصل أعلى قيمة له من الساعة 12 – 20 وكانت تتراوح بين 44 – 46°م، وبدأ ينخفض بدءاً من الساعة 21. فكانت النسبة المئوية للتكرارات 41.5 % للتصنيفين تحذير شديد وخطر، بينما كان التصنيف تحذير بنسبة 17 % كما هو موضح في (جدول 4).

ويدل انخفاض قيم الإجهاد الحراري داخل وخارج الخيام إلى أن مشعر منى لم يكتظ بالحجاج بعد، وذلك بسبب أن بعض أو معظم الحجاج يبدأ رحلتهم بأداء مناسك الحج خلال اليوم الثامن من ذي الحجة. كما أن تأثير التكييف في داخل المخيمات يزيد من برودة الجو داخليًا. ومن الملاحظ أيضًا بأن درجات الحرارة خارج الخيام تقل عن درجات الحرارة في مقر المركز بمشعر منى وذلك بسبب تأثر الهواء المحيط بالخيام بالهواء البارد الخارج من داخل الخيام. كما أن قياس عناصر الجو في مقر المركز ترتفع عن الخيام بمسافة 20 متر عن سطح الأرض، ويقع المقر فوق مدرج مهبط الطائرات بالقرب من المسجد الكويتي بربوة الجاوة.

جدول 4: عدد التكرارات ونسبتها المئوية للتصنيفات المختلفة لمؤشر الإجهاد الحراري خلال اليوم السابع من ذي الحجة 1445هـ

اليوم	7		8		9		10		11		12		13	
التصنيف	عدد التكرار	نسبة التكرار	عدد التكرار	نسبة التكرار	عدد التكرار	نسبة التكرار	عدد التكرار	نسبة التكرار	عدد التكرار	نسبة التكرار	عدد التكرار	نسبة التكرار	عدد التكرار	نسبة التكرار
تحذير	14	%17	6	%8	9	%12.5	11	%15.3	2	%3	10	%14	1	%2
تحذيرشديد	34	%41.5	30	%42	41	%56	37	%51.4	43	%60	26	%36	21	%44
خطر	34	%41.5	36	%50	22	%30.6	24	%33.3	26	%36	30	%42	25	%52
خطرشديد	0	%0	0	%0	0	%0	0	%0	1	%1	6	%8	1	%2

وفي اليوم الثامن من ذي الحجة 1445هـ بدأ يتوافد بعض الحجاج إلى مشعر منى، في حين أن معظم الخيام التي تم رصد القراءات بها لا يوجد بها حجاج، بسبب أن معظم الحاج من الجنسية الأندونيسية يذهبون إلى مشعر عرفات خلال اليوم التاسع من ذي الحجة، وهذا اليوم يعتبر أول أيام الحج لبعض الحجاج من الجالية الأندونيسية. في حين أن المخيمات تكون فارغة أيضًا من العمالة بسبب أن معظمهم يمكث في مشعر عرفات لتقديم الخدمات للحجاج.

يتضح من الدراسة أن مؤشر الإجهاد الحراري داخل الخيام وصل أعلى قيمة له عند الساعة 15 – 18 وكانت 41°م، وبدأ ينخفض بعد الساعة 18. بينما خارج الخيام وصل أعلى قيمة له بين الساعة 13 – 14 وكانت 49°م، وبدأ ينخفض بدءاً من الساعة 17. بينما في مقر المركز بمشعر منى وصل أعلى قيمة له عند الساعة 16 وكانت تتراوح بين 45-50°م، وبدأ ينخفض بدءاً من الساعة 21. فكانت النسبة المئوية للتكرارات 42% للتصنيف تحذير شديد و50% خطر، بينما كان التصنيف تحذير بنسبة 8% كما هو موضح في (جدول 5).في

اليوم التاسع من ذي الحجة 1445هـ يستقر الحجاج في مشعر عرفات، وبالتالي يخلوا مشعر منى من الحجاج، وهذا بالتأكيد سينعكس ايجابًا على قيم الإجهاد الحراري والتي ستنخفض بسبب عدم زيادة درجات الحرارة داخل الخيام، بينما سيكون مؤشر الإجهاد الحراري خارج الخيام مرتفعًا بسبب الزيادة في درجة حرارة الهواء بالتزامن مع ارتفاع لقيم الرطوبة النسبية. وصل مؤشر الإجهاد الحراري داخل الخيام في اليوم التاسع لأعلى قيمة له عند الساعة 13 وكانت 39°م، وبدأ ينخفض بعد الساعة 16. بينما خارج الخيام وصل أعلى قيمة له عند الساعة 15 وكانت 45°م، وبدأ ينخفض بدءاً من الساعة 17. بينما في مقر المركز بمشعر منى وصل أعلى قيمة له عند الساعة 15 وكانت 47°م وهذا بسبب ارتفاع درجة حرارة الهواء، في حين بدأ ينخفض بدءاً من الساعة 18. فكانت النسبة المئوية للتكرارات 56% للتصنيف تحذير شديد و30.6% خطر، بينما كان التصنيف تحذير بنسبة 12.5%، (جدول 5).

في اليوم العاشر من ذي الحجة 1445هـ بدأ جميع الحجاج بالتوافد على مشعر منى بعد أن أمضوا يومهم التاسع في مشعر عرفات، وبالتالي سيكون معظم الحجاج داخل الخيام أو خارجها للذهاب إلى رمي الجمرات. وتم رصد عدد من حلالات الإجهاد الحراري لدى الحجاج في هذا اليوم بسبب ارتفاع درجة الحرارة وقيم الرطوبة النسبية. لذلك كان هناك اكتظاظ كبير من الحجاج في المخيمات وبالتالي زيادة في الرطوبة النسبية بسبب الترطيب الخارج المكيفات الصحراوي، بالإضافة إلى الترطيب المنبعث من الحجاج.

سجلت الدراسة أن مؤشر الإجهاد الحراري داخل الخيام وصل أعلى قيمة له عند الساعة 14 وكانت 48°م بسبب مبيت الحجاج وتكدسهم داخل الخيام، وبدأ ينخفض بعد الساعة 17. بينما خارج الخيام وصل أعلى قيمة له من الساعة 11 وكانت 48°م، وبدأ ينخفض بدءاً من الساعة 18. بينما في مقر المركز بمشعر مني وصل أعلى قيمة له عند الساعة 14 وكانت تتراوح بين 45-47°م، وبعدها بدأ في الانخفاض عند الساعة 18. وكانت النسبة المئوية للتكرارات 51.4% للتصنيف تحذير شديد و33.3% خطر، بينما كان التصنيف تحذير بنسبة 15.3% كما هو موضح في (جدول 5). وفي اليوم الحادي عشر من ذي الحجة 1445هـ يتضح أن مؤشر الإجهاد الحراري داخل الخيام وصل أعلى قيمة له 43°م مرتين عند الساعة 10 والساعة 15، وبعدها انخفضت قيم الإجهاد الحراري بسبب هطول أمطار خفيفة إلى متوسطة على مشعر منى مع اختلاف في اتجاه الرياح، واستمرت هذه الحالة الجوية تقريبًا 15 دقيقة مع تفاوت في الهطول من السحب الطبقية (St) والركامية الرعدية (CB 9). بينما خارج الخيام وصل أعلى قيمة له عند الساعة 15 وكانت 50°م، وبدأ ينخفض بدءاً من الساعة 16. بينما في مقر المركز بمشعر منى وصل أعلى قيمة للإجهاد الحراري عند الساعة 14 وكانت 49°م، وبدأ ينخفض بدءاً من الساعة 22. وكانت النسبة المئوية للتكرارات 43% للتصنيف تحذير شديد و26% خطر و1% للتصنيف خطر شديد، بينما كان التصنيف تحذير بنسبة 2% كما هو موضح في (جدول 5). ومن الملاحظ أن في هذا اليوم سجل مؤشر الإجهاد الحراري قيم عالية للغاية وصلت 50°م، وحسب التصنيف في (جدول 5) أن هناك احتمال كبير لتعرض الحجاج لضربة شمس، وخاصةً عند المشي تحت اشعة الشمس المباشرة. لذلك كان الارتفاع في قيم الإجهاد الحراري عالية خارج الخيام وفي مقر المركز بمشعر منى. وأيضًا تم رصد عدد كبير من حالات الإغماءات بين الخيام وفي الطرقات، بالإضافة إلى تسجيل عدد من الحالات في بعض المطاعم والمحلات التجارية الملاصقة للخيام.

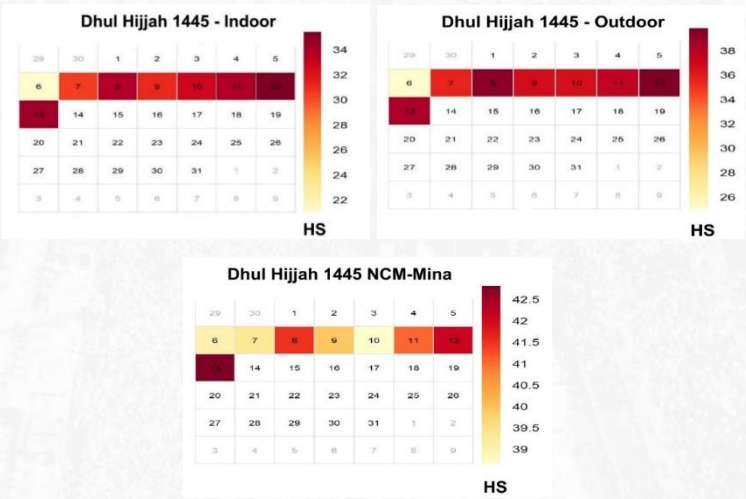
أما في اليوم الثاني عشر من ذي الحجة 1445هـ سجل مؤشر الإجهاد الحراري داخل الخيام أعلى قيمة له عند الساعة 15 وكانت 51°م، وبدأ ينخفض بعد الساعة 18. بينما خارج الخيام وصل أعلى قيمة له عند الساعة 13 وكانت 56°م، وبدأ ينخفض بدءاً من الساعة 18. بينما في مقر المركز بمشعر منى وصل أعلى قيمة له من الساعة 15 وكانت 51°م، ولم ينخفض عن 40°م حتى الساعة 24، فكانت النسبة المئوية للتكرارات 36% للتصنيف تحذير شديد و42% خطر و8% للتصنيف خطر شديد، بينما كان التصنيف تحذير بنسبة 14%، (جدول 5). ومن الملاحظ في هذا اليوم أيضًا ارتفاع قيم الإجهاد الحراري إلى قرابة من 56°م. وهذا يدل على الشعور بعدم الراحة وخصوصًا داخل وخارج الخيام، والذي بالتأكيد ربما زاد من الإصابة بالضربات الحرارية، وأضطر بعض الحجاج من الخروج من الخيام بسبب ارتفاع درجة الحرارة داخل الخيام والإضرار إلى المكوث أسفل الجسور أو في أماكن الظلة خارج الخيام.

وفي اليوم الثالث عشر من ذي الحجة 1445هـ يتضح أن مؤشر الإجهاد الحراري داخل الخيام وصل أعلى قيمة له عند الساعة 12 وكانت 45°م، بينما لم تسجل أي قيم بعد الساعة 12. بينما خارج الخيام وصل أعلى قيمة له عند الساعة 12 وكانت 44°م، وأيضاً لم تسجل أي قيم بعد الساعة 12. بينما داخل مقر المركز بمشعر منى وصل أعلى قيمة له عند الساعة 13 وكانت 50°م، واستمر الارتفاع يهبط ببطء حتى الساعة 21 وهي بداية الانخفاض. وكانت النسبة المئوية للتكرارات 44% للتصنيف تحذير شديد و52% خطر و2% للتصنيف خطر شديد، بينما كان التصنيف تحذير بنسبة 2% حسب ما موضح في (جدول 5). وخلال اليوم الثالث عشر اتضح أن معظم الخيام

خالية من الحجاج بسبب مغادرة الحجاج والتعجل في اليوم الثاني عشر، ولوحظ تكدس كبير في النفايات داخل وخارج الخيام مما زاد من ارتفاع في درجات الحرارة، وأيضًا انبعاث روائح شديدة خلال الممرات وبداخل الخيام.

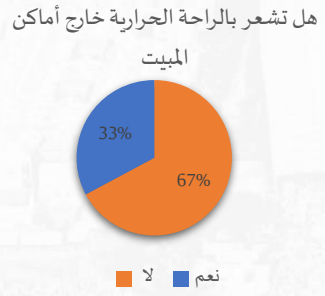
يتضح من الدراسة أن أكثر التكرارات لقيم الإجهاد الحراري داخل الخيام حدثت عند تسجيل الرطوبة النسبية من 70% - 80% والحرارة 25 - 28°م، وكان عددهم 44 مرة. و7 حالات عند الرطوبة النسبية 60% ودرجة الحرارة 32 °م. كذلك وجد أن أكثر التكرارات لقيم الإجهاد الحراري خارج الخيام حدثت عند الرطوبة النسبية من 30% ودرجة الحرارة 38 °م بتكرار 7 مرات وعند درجة الحرارة 40°م تكررت 10 مرات. وأيضاً وجد أن أكثر التكرارات لقيم الإجهاد الحراري في مرصد منى حدثت عند الرطوبة النسبية 40% ودرجة الحرارة من 34 - 36°م، وكان عددهم 27 مرة. بينما تكررت عند درجة الحرارة 41 °م والرطوبة النسبية بين 20- 30%، وكان عددهم 17 مرة. في حين أن 9 حالات تكررت عند درجة حرارة 33 °م ورطوبة نسبية 50%. وعليه فإن نتيجة للدراسات وجد أن معظم قراءات الإجهاد الحراري قد سجلت بين التصنيف (تحذير) وتصنيف (خطر)، ومعنى ذلك أن الحجاج قد يتعرضوا لتشنجات العضلات أو ضربة الشمس أو ضربة حرارية. كما أن هناك حالات سجلت في تصنيف التحذير الشديد وقد تكون أكثر عرضة للإجهاد الحراري. كما إن مؤشرات الحرارة المرتفعة غالبًا ما تكون السبب وراء اضطرار المسؤولين على تغيير خططهم في خروج الحجاج للجمرات خلال الفترة من 11 ظهرا الى الرابعة عصرًا.

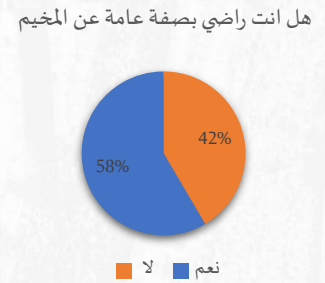
حديثاً، يتم تطوير المخيمات بمشعر منى من خلال الهيئة الملكية لمدينة مكة المكرمة والمشاعر المقدسة، حيث تمت الاستعانة بالمكيفات الاسبليت بدلا من المكيفات الصحراوية بالمخيمات. ومن خلال المسح الميداني تبين أن المكيفات الاسبليت ذات تأثير سلبي على البيئة الخارجية، نظرًا لانبعاث الحرارة من الوحدات الخارجية من هذه المكيفات مما أدى الى استشعار زيادة درجات الحرارة لدى الحجاج بطرقات المخيمات والبيئة الخارجية بالمخيمات، وهو ما تم الانتباه اليه خلال الدراسة المقترحة الحالية.

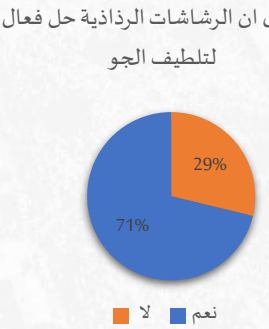


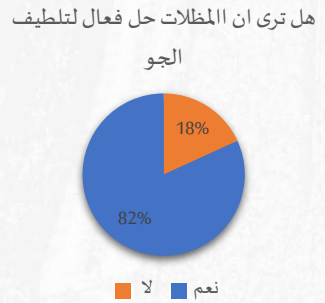
شكل 4: الإجهاد الحراري لأيام الدراسة خلال موسم الحج 1445 داخل وخارج الخيام وفي مرصد منى.

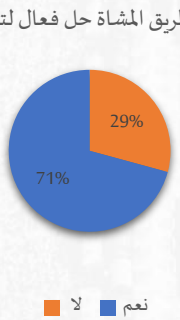
ويمكن تلخيص قراءات الإجهاد الحراري بصورة مبسطة خلال أيام 8، 12، 13 سجلت أعلى قيم خلال فترة القياس. مع العلم أن أعلى قيمة مسجلة لدرجة الحرارة خلال تلك الفترة كانت داخل الخيام 49°م وخارج الخيام 56°م وسجلتا يوم 12 من ذي الحجة 1445هـ بالنسبة لسرعات الرياح خلال موسم الحج 1445 هـ، أكدت الدراسة أن القيم العظمى لمؤشر الإجهاد الحراري كانت متوسط سرعة الرياح في يوم 12 من ذي الحجة خارج الخيام 1م/ث (~ 2عقدة) بينما داخل الخيام كانت 0.27م/ث (~0.52 عقدة)، وهذا يدل على أن انخفاض متوسط سرعة الرياح يلعب دوراً مهماً مع الرطوبة النسبية ودرجات الحرارة في ارتفاع قيم الإجهاد الحراري مما يزيد من عدم الراحة للحجاج سواءً داخل أو خارج الخيام. وكذلك أيضاً بالنظر إلى القيم العظمى والصغرى لسرعات الرياح، فيجب أخذ الحيطة والحذر بالتنبيه على الحجاج بعدم التعرض لأشعة الشمس أو بذل مجهود في أوقات الذروة الحرارية لتجنب التأثر بالإجهاد الحراري العالي أثناء تلك الفترات وخصوصاً في فترات الرياح الساكنة أو الضعيفة مع الرطوبة والحرارة العالية، وتأجيل الخروج من الخيام للفترات التي تكون فيها الرياح نشطة ودرجات حرارة ورطوبة منخفضة (شكل 4).











شكل 5: نتائج الاستبيان يحتوي على معلومات مأخوذة من الحجاج خلال المسح الميداني والتي اجراها جامعي البيانات.

من الشكل (5) يتضح أن نسبة الحجاج الذين يشعرون بعدم الراحة سواءً داخل الخيام أو خارجها كانت متقاربة وهي 69%، 67% على التوالي. في حين وبصفة عامة كان الرضاء في باقي الأسئلة بنسب متفاوتة، فجاء رضاء الحجاج بصفة عامة عن المخيم وأماكن المبيت بنسب

متساوية وهي 58%، أما عن رضائهم عن المظلات كحل فعال لتلطيف الجو فسجلت أعلى نسبة وهي 82%، في حين عند سؤالهم عن الرشاشات الرذاذية وكذلك رؤيتهم ان طريق المشاة حل فعال لتلطيف الجو كان رضاؤهم بنسب متساوية 71%. من هذا الاستبيان يتضح أنه لابد من التركيز على زيادة نسبة الرضاء على وجود المظلات والرشاشات الرذاذية وطريق المشاة، وعلى جانب آخر العمل على إيجاد حل داخل الخيام لزيادة التبريد داخل وخارج الخيام عن طريق استخدام مكيفات تزيد من التبريد داخل الخيام وتقلل من انبعاثاتها الحرارية خارجها.

4. الخلاصة

إن مؤشرات الحرارة المرتفعة غالبًا ما تكون السبب وراء اضطرار المسؤولين على تغيير خططهم في خروج الحجاج للجمرات خلال الفترة من 11 ظهرا الى الرابعة عصرا. وذلك باختيار التوقيتات المناسبة والتي تتماشي مع قيم المؤشرات الحرارية المنخفضة، والهدف هو تأمين أرواح الحجيج نتيجة ارتفاع الحرارة والرطوبة. كما أوضحت الدراسة ارتفاع ملحوظ في قيم الإجهاد الحراري خلال اليوم الثاني عشر من ذي الحجة خلال فترة الظهيرة في خارج المخيمات وفي مقر المركز بمشعر منى. وتعد هذه القراءات أكثر من الحد المسموح به والذي قد يتسبب في التأثير سلبًا على صحة الحجاج والعاملين في الحج. كذلك أحد أهم النتائج التي تزيد من تفاقم الوضع سوءاً داخل الخيام هو تدني سرعة الهواء الخارج من المكيفات الصحراوية داخل الخيام، وهذا بالتالي يساعد على تناقص تبخير الهواء في محيط الخيمة داخليًا، بالإضافة إلى المساعدة على عدم تبريد أجسام الحجاج وذلك بتبخير العرق الخارج من أجسادهم. لذلك من المهم تهوية المخيمات وزيادة التبريد باستخدام أحدث التقنيات في مجال التبريد بالتبخير لتفادي شعور الحجاج بعدم الراحة.

5. التوصيات:

وبناءً على الدراسات التي تمت في قياس أثر الإجهاد الحراري على صحة الإنسان، فقد أوصت جميع المراكز الطبية العالمية بما فيها منظمة الصحة العلمية في حالة ممارسة أي نشاط بدني بالآتي:

- ارتداء الملابس الفضفاضة والخفيفة: يمنع ارتداء قطع كثيرة من الملابس أو الملابس الضيقة ليتمكن الجسم من تبريد نفسه بصورة سليمة.
- حماية الجسم من حروق الشمس: يجب حماية الجسم عند الخروج للشارع بارتداء قبعة واسعة الحواف ونظارة شمسية. واستخدم أيضًا مستحضرًا واقيًا من الشمس واسع الطيف بعامل وقاية من أشعة الشمس (SPF) لا يقل عن 15. ووضع مستحضرًا واقيًا من الشمس بكمية وفيرة وتكرار وضعه كل ساعتين. وإعادة وضعه كثيرًا في حالة التعرق.
- شرب الكثير من السوائل: يساعد ترطيب الجسم بشكل دائم على إفراز العرق والحفاظ على درجة حرارة الجسم الطبيعية.
- الحذر عند استخدام بعض الأدوية: الحرص على متابعة المشكلات المتعلقة بالحرارة إذا كان الحجيج يتناولون أدوية يمكن أن تؤثر في قدرة جسم الإنسان على البقاء رطبًا والاستجابة للحرارة.
- عدم ترك أي شخص داخل سيارة متوقفة مطلقًا: إذ يمكن أن ترتفع درجة حرارة السيارة أثناء إيقافها في الشمس بمقدار 20 درجة فهرنهايت (أي أكثر من 11°م) في غضون 10 دقائق.
- تجنُّب الأنشطة الشاقة خلال أشد ساعات اليوم الأعلى في درجات الحرارة: إذا أُضطررت إلى القيام بعمل شاق أثناء الطقس الحار، فاحرص على شرب السوائل والاستراحة بشكل متكرر في مكان بارد. وحاول تنظيم وقتك بحيث تمارس نشاطك البدني خلال الأوقات الأقل في درجات الحرارة، مثل ساعات الصباح المبكرة أو المساء.
- محاولة التكيف مع الطقس الحار: تقلل وقت التواجد في الجو الحار حتى تتكيف مع هذا الوضع. فالأشخاص غير المعتادين على الطقس الحار معرضون بوجه خاص للأمراض الناتجة عن الحرارة. يمكن أن يستغرق الأمر عدة أسابيع حتى يعتاد جسمك على الطقس الحار.

وبناءً على ما سبق، فإن هذه الدراسة توصي بضرورة أخذ الحيطة والحذر لجميع الحجاج أثناء تنقلهم في المشاعر المقدسة ولاسيما أنه سيكون هناك ارتفاع في درجات الحرارة خلال العامين القادمين والتي من المتوقع أن يسجل فيها ارتفاع في قيم الإجهاد الحراري.

المراجع:

- Abdulaziz R. Seroji, (2024): Variations of heat exhaustion rate of pilgrims with environmental conditions during hajj seasons between 2002 and 2018 in Makkah, Saudi Arabia, Journal of King Saud University - Science 36 (2024) 103173
- Ahmad, I; Balkhyour, M. A.: 2020: Occupational exposure and respiratory health of workers at small scale industries, Saudi Journal of Biological Sciences, Volume 27, Issue 3, Pages 985-990.
- Ahrens CD. (2007): Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate, and the Environment. Belmont, CA: Brooks/Cole.
- Anderson, D. E., Vogel, E. K., & Awh, E. (2013): Selection and storage of perceptual groups is constrained by a discrete resource in working memory. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 39, 824–835.
- Anderson, G. B.; Bell, M. L.; and Peng, R. D.; 2013: Methods to Calculate the Heat Index as an Exposure Metric in Environmental Health Research, Environmental Health Perspectives • volume 121 | number 10 | October 2013
- Anderson G. B., Dominici F., Wang Y., McCormack M.C., Bell M.L., Peng R.D. 2013: Heat-related emergency hospitalizations for respiratory diseases in the Medicare population. AmJ Respir Crit Care Med 187(10):1098–1103; doi: 10.1164/rccm.201211-1969OC
- Andrew Grundstein, J. Luke Pryor, Riana R. Pryor, Douglas J. Casa, 2017: The Heat Strain of Various Athletic Surfaces: A Comparison Between Observed and Modeled Wet-Bulb Globe Temperatures, J Athl Train. 52(11): 1056–1064.
- Armstrong, L. E., Casa, D. J., MIllard-Stafford, M., Moran, D. S., Pyne, S. W., and Roberts, W. O. (2007): Exertional heat illness during training and competition. Med. Sci. Sports Exerc. 39, 556–572. doi: 10.1249/MSS.0b013e31802fa199
- Blazejczyk, K.; Epstein, Y.; Jendritzky, G.; Staiger, H.; Tinz, B.; 2012a: Comparison of UTCI to selected thermal indices, Int J Biometeorol, 56:515–535, DOI 10.1007/s00484-011-0453-2.
- Balkhyour et al., 2019: Assessment of Personal Protective Equipment use and Occupational Exposures in Small Industry in Jeddah: Health Implications for Workers, Saudi Journal of Biological Sciences 26.(4)
- Barber, Gregory, 2022: "The US Is Measuring Extreme Heat Wrong". Wired. Retrieved 2022-09-21.
- Blazejczyk K, Epstein Y, Jendritzky G, Staiger H and Tinz B 2012: Comparison of UTCI to selected thermal indices Int. J. Biometeorol. 56 515–35
- Bouchama A, Knochel JP (2002): Heat stroke. N Engl J Med 346:1978– 1988.
- Casa, Douglas J., Armstrong, Lawrence E; Kenny, Glen P.; O'Connor, Francis G. MD; Huggins, Robert A., 2012: Exertional Heat Stroke: New Concepts Regarding Cause and Care, Current Sports Medicine Reports 11(3):115-23 ,
- DOI:10.1249/JSR.0b013e31825615cc
- Ghaznawi, HI, Ibrahim, MA, 1987: Heat Stroke and Heat Exhaustion in Pilgrims Performing the Haj (Annual Pilgrimage) In Saudi Arabia.; 7(4): 323-326
- Grundstein A, Poore S, Cooper E, Sarnat S (2017): Heat exposure and injuries among high school football players. Conference notebook. Bull Am Meteorol Soc 98(8):1580
- Epstein Y and Moran DS. 2006: Thermal Comfort and the Heat Stress Indices. Industrial Heath. 44(3): 388-398.
- Hadad, A. and Ajian, M. 1988: "Comparative study for air temperature and relative humidity and heat stroke during the period of the Hajj". A report to the Saudi Meteorological and Environmental Protection Agency, Jeddah: Ministry of defense and availiation.
- Hémon D, Jougla E, Clavel J, Laurent F, Bellec S, Pavillon G. 2003: Surmortalité liée a la canicule d'août 2003 en France [in French]. Bull Epidémiol Hebd 45–46:221–225.
- Johnson T, Long T. 2004: Determining the frequency of open windows in residences: a pilot study in Durham, North Carolina during varying temperature conditions. J Expo Sci Env Epid 15:329–349. Meehl GA, Tebaldi C. 2004. More intense, more frequent, and longer lasting heat waves in the 21st century. Science 305:994–997.

- Rothfusz LP. 1990: The Heat Index "Equation" (or, More Than You Ever Wanted to Know About Heat Index). SR 90–23. Fort Worth, TX:National Oceanic and Atmospheric Administration, National Weather Service, Office of Meteorology.
- Sabbagh and khalifa, 1983: "Improving the design of tents for a better thermal comfort." In the First Saudi Engineering Conference, Jeddah, pp. 154-189.
- Safi Ullah, Qinglong You, Guojie Wang, Waheed Ullah, D A Sachindra, Yechao Yan, Asher Samuel Bhatti, Adnan Abbas6 and Mushtaq Ahmad, 2022: Characteristics of human thermal stress in South Asia during 1981–2019. Environ. Res. Lett. 17 (2022) 104018
- Schoen, C.; 2005: A New Empirical Model of the Temperature–Humidity Index, J Appl Meteorol, Volume 44: Issue 9, 1413–1420.
- Steadman RG. 1979a: The assessment of sultriness. Part I: A temperature-humidity index based on human physiology and clothing science. J Appl Meteorol 18:861–873 .
- Steadman RG. 1979b: The assessment of sultriness. Part II: Effects of wind, extra radiation and barometric pressure on apparent temperature. J Appl Meteorol 18:874–885 .
- Steadman RG. 1984: A universal scale of apparent temperature. J Clim Appl Meteorol 23:1674–1687 .
- Venugopal et al., 2016: Heat stress and inadequate sanitary facilities at workplaces - an occupational health concern for women?, Vidhya Venugopal, Department of Environmental Health Engineering, Sri Ramachandra University, No.1, Ramachandra Nagar, Porur, Chennai-600116, India.
- Vernon HM, Warner CG, 1932: The influence of the humidity of the air on capacity for work at high temperatures. J Hyg. 1932;32:431–462. doi: 10.1017/S0022172400018167 .
- Wynberg, R.; Cribbins, J.; Leakey, R.; Lombard, C.; Mander, M.; Shackleton, S. & Sullivan, C.; 2012: Knowledge on Sclerocarya birrea subsp. caffra with emphasis on its importance as a non-timber forest product in South and southern Africa: A Summary. The Southern African Forestry Journal, 196:1, 67-77, DOI: 10.1080/20702620.2002.10434620.
- Wynberg, R., van Niekerk, J., Williams, R., and Mkhaliphi, L., 2012: Policy Brief. Securing Farmers' Rights and Seed Sovereignty in South Africa. Biowatch South Africa and the Environmental Evaluation Unit, University of Cape Town .
- Zaki, G. etal, 1991: "A study of reducing heat loads on tents due to solar insolation". Energy and Buildings, March, 1991, 17(1): 13-19.

الملتقى العلمي الرابع والعشرون
لأبحاث الحج والعمرة والزيارة
التميز في النقل وإدارة الحشود

قياس مدى رضا حجاج الداخل أصحاب الأمراض المزمنة عن الخدمات الغذائية المقدمة لهم خلال موسم الحج 1445هـ

هدى محمد مالا البرناوي*، هند صالح يوسف هوساوي

قسم التغذية الإكلينيكية، كلية العلوم الطبية التطبيقية، جامعة ام القرى

Measuring the Extent of Satisfaction of Domestic Pilgrims with Chronic Diseases with the Food Services Provided to Them During the Hajj Season 1445 AH

Huda M. Mala AL-Barnawi*, Hind S. Y. Hawsawi

Department of Clinical Nutrition, Faculty of Applied Medical Sciences, Umm Al-Qura University

*Corresponding author: E-mail (hmbarnawi@uqu.edu.sa)

الملخص

هدفت الدراسة الحالية إلى قياس مدى رضا حجاج الداخل أصحاب الأمراض المزمنة عن الخدمات الغذائية المقدمة لهم خلال موسم الحج 1445هـ، وذلك للتعرف على جودتها ومدى وملاءمتها مع حالاتهم الصحية، بغرض العمل على تحسينها وتطويرها لتتواكب مع رؤية قيادتنا الرشيدة. اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي للوصول إلى أهدافها عن طريق العينة العشوائية البسيطة، بلغ عدد المشاركين في الدراسة (٣١٥) فرداً من حجاج الداخل واعتمدت الدراسة على الاستبيان كأداة لجمع البيانات من عينة الدراسة. تشير نتائج الدراسة إلى أن نسبة الحجاج الذكور أعلى من الإناث بنسبة 62% و38% على التوالي. وكانت نسبة الحجاج البالغة أعمارهم 40 سنة وأكثر49% وهي النسبة الأعلى بين مختلف أعمار العينة. بناءً على متغير الحالة الاجتماعية أوضحت النتائج أن عدد المشاركين المتزوجين هو الأكبر بنسبة بلغت 79% ونسبة من يحملون الشهادة الثانوية فأقل بلغت 57%.

واوضحت النتائج إلى أن غالبية المشاركين في الدراسة يتمتعون بحالة صحية جيدة حيث أن نسبة من يعانون من أمراض مزمنة بلغت 37% ونسبة رضاهم عن الوجبات الغذائية المقدمة لهم ومدى وملاءمتها لاحتياجاتهم بلغت 94% مما يدل على جودة الوجبات المقدمة. كذلك أوضحت نتائج الدراسة انخفاض عدد كبار السن والنساء الحوامل والأطفال بين المشاركين في الدراسة بنسبة بلغت 22و3و2% على التوالي وأن نسبة رضاهم عن الخدمات الغذائية المقدمة لهم بلغت 20 و67 و25% على التوالي. أيضاً أشارت النتائج على جهود وزارة الصحة في حث وإلزام حملات الحج بتوفير أخصائيين للتغذية يشرفون على الغذاء المقدم للحجاج ومدى ملائمته لحالاتهم الصحية، حيث إن نسبة 64% من المشاركين أفادوا بتوفر أخصائي التغذية في حملاتهم.

الكلمات الدالة: رضا، الحجاج، التغذية.

Abstract

The current study aimed to evaluate the satisfaction of domestic pilgrims with chronic diseases concerning the food services provided to them during the Hajj season of 1445 AH. It aimed to assess the quality and suitability of these services with their health condition to improve and develop these services to align with the vision of our esteemed leadership.

To achieve the above aims and objectives, this study used the descriptive analytical approach. Samples were selected from the population under simple random sampling (SRS). About 315 domestic pilgrims participated in this study. A

questionnaire was primarily used to collect data. The results of the study indicate that the percentage of male and female pilgrims was 62% and 38%, respectively. The percentage of pilgrims aged 40 years and older was 49%, which is the highest percentage among the different ages of the sample. Regarding marital status, the findings revealed that married participants comprised the largest group at 79%, while 19% of the participants were single. The findings showed that the majority of the participants report very good health, with only 37% indicating the presence of chronic diseases. Their satisfaction with the meals provided and their suitability to their needs reached 94%, indicating a high quality of the meals offered. The study also showed that the number of elderly individuals, pregnant women, and children with percentages of 22%, 3%, and 2%, respectively and their satisfaction with the food services provided reached 20%, 67% and 25 %, respectively.

The results also indicated the efforts of the Ministry of Health in encouraging and requiring Hajj campaigns to provide a nutritionist who should be responsible for supervising the food provided to pilgrims and ensuring its suitability for their health conditions. It's worth mentioning that 64% of the participants reported that their campaigns have a nutritionist.

Keywords: Satisfaction, Pilgrims, Nutrition.

1. المقدمة:

حظيت المملكة العربية السعودية بشرف خدمة الحرمين الشريفين وضيوفهما منذ عدة عقود، حيث تستقبل ملايين المسلمين سنوياً لأداء مناسك الحج والعمرة من جميع دول العالم. وتسعى المملكة العربية السعودية إلى زيادة عدد الحجاج والمعتمرين إلى أكثر من 30 مليون نسمة تحقيقاً لرؤية المملكة 2030 ابتداءً بتحسين وتسهيل وصول ضيوف الرحمن لأداء مناسكهم بكل يسر وسهولة معتنية بكل الجوانب المادية والمعنوية ومن تلك الجوانب العناية بالخدمات الصحية والسعي لتقديمها بأعلى المعايير. فمن ضمن الجهود المبذولة لتسهيل الإمكانات وتوفير أفضل الخدمات لضيوف الحرمين الشريفين فقد أعدت الهيئة العامة للغذاء والدواء خطة شاملة لضمان سلامة وجودة غذاء الحجاج وادويتهم ومنتجاتهم الطبية خلال موسم حج عام 1445هـ. ونظراً لأن هؤلاء الحجاج يفدون من بلدان وثقافات مختلفة تتباين وتتنوع فيها عادات الطعام، فإن الأمر لا يقتصر على مجرد توفير كميات كبيرة من الأطعمة لتغذية هذه الأعداد، وإنما لا بد من توفير أنواع مختلفة من الأطعمة ترضي جميع الأذواق والاحتياجات والأعمار المختلفة للحجاج. تُعتبر إعاشة وتغذية الحجاج والمعتمرين من المجالات الواعدة من الناحية الاقتصادية والاستثمارية بعد أن أصبحت الخدمات الغذائية للحجاج والمعتمرين إلزامية ضمن حزم الخدمات بعد صدور الأمر السامي الكريم بهذا الخصوص. وقد قامت وزارة الحج والعمرة من جانبها بتطوير استراتيجية التحول الطموحة والتي أحد أهدافها تحسين خدمات الإعاشة والتغذية للحجاج والمعتمرين (عطا الله ومشاط، ١٤٣٦هـ). وتعد التغذية الصحية المتزنة من اهم المقومات التي يحتاجها الحجاج والمعتمرين للحفاظ على صحتهم مما يعينهم و يساعدهم على أداء المناسك بكل يسر و سهولة ، فتوفير الطعام الصحي المتوازن للحجاج والمعتمرين هو الأساس في الحفاظ على نشاطهم وحيويتهم ، و حمايتهم من الشعور بالإرهاق الجسدي و الضعف ، و من الإصابة ببعض الأمراض نتيجة قلة نومهم ، وارتفاع درجة الحرارة ، ومشقة و طول الرحلة و الازدحام، لذلك يجب أن يحتوى الطعام على العناصر الغذائية الأساسية ، وأن يتناسب مع حالتهم الصحية خصوصاً الفئات الحساسة مثل كبار السن، وذوى الأمراض المزمنة ، فالمصابون بالأمراض المزمنة يواجهون تحديات كبيرة عندما يسافرون ، لذلك يُعد التخطيط و الإعداد الجيد للوجبات الغذائية للمرضى الذين يعانون من أمراض مزمنة من الأمور الهامة و المساعدة لهم لاداء المناسك بشكل جيد و آمن ، وايضا يجب أن يتناسب الطعام مع التفضيلات الغذائية للحجاج والمعتمرين لضمان حصولهم على احتياجاتهم الغذائية (خطاب و آخرون, ٢٠٢٢) و (Post et al ,2010)

مشكلة الدراسة: انطلاقاً من حرص حكومة المملكة العربية السعودية على جودة و مستوى الخدمات المقدمة للحجاج والمعتمرين والزوار و تحقيقاً لأهداف رؤية المملكة ٢٠٣٠ و التي تعتبر تغذية الحجاج و المعتمرين من أولوياتها ،فتغذية الحجاج والمعتمرين والزوار تلعب دورا محوريا و هام للارتقاء بالخدمات الغذائية و تحسين الحالة التغذوية و الصحية لضيوف الرحمن لضمان قدرتهم على أداء مناسكهم بالليقاة البدنية والروحانية المناسبة ، لذلك وضعت الاشتراطات الصحية على أصحاب حملات الحج والمطوفين لتقديم أفضل الوجبات لقاصدي بيت الله الحرام من حجاج و معتمرين ، فخلال موسم الحج يتوافد الحجاج من مختلف بقاع الأرض ملبيين نداء الله ، بفئات

عمرية مختلفة قد يكون منهم المصاب بمرض مزمن كالضغط أو السكري أو ارتفاع الكولسترول وأمراض القلب ، من بينهم أيضا النساء الحوامل, توافدهم بهذه الاختلافات يتطلب من مقدمي الخدمات الغذائية في الحملات العمل على توفير احتياجاتهم الغذائية المختلفة و مراعاة التغيرات الفسيولوجية و التي قد تتطلب طرق تحضير و إعداد أصناف الطعام بطرق تكون مناسبة لحالتهم الصحية ومن هذا المنطلق جاءت هذه الدراسة للتعرف على مدى رضا حجاج الداخل أصحاب الأمراض المزمنة عن الخدمات الغذائية المقدمة لهم خلال موسم الحج 1445هـ وذلك للتعرف على جودة الوجبات الغذائية المقدمة لهم ومدى ملائمتها لحالتهم الصحية **و من هنا تحددت أسئلة الدراسة في الآتي:**

السؤال الرئيس للدراسة: ما مدى رضا حجاج الداخل أصحاب الأمراض المزمنة عن الخدمات الغذائية المقدمة لهم خلال موسم الحج 1445هـ.

الأسئلة الفرعية للدراسة:

- ما مدى جودة الوجبات الغذائية المقدمة للحجاج.
- ما مدى ملائمة الوجبات الغذائية المقدمة للحجاج لحالتهم الصحية.

أهداف الدراسة: تسعى هذه الدراسة الى تحقيق هدف عام يتمثل في: **قياس مدى رضا حجاج الداخل أصحاب الأمراض المزمنة عن الخدمات الغذائية المقدمة لهم خلال موسم الحج 1445هـ .**

الأهداف الفرعية للدراسة:

- التعرف على جودة الوجبات الغذائية المقدمة للحجاج .
- التعرف على مدى ملائمة الوجبات الغذائية المقدمة للحجاج لحالتهم الصحية.

أهمية الدراسة: تتطلب مناسك الحج الاختلاط بأعداد كبيرة من الأشخاص والقيام بمجهود بدني خفيف إلى متوسط تحت درجات حرارة مرتفعة نظراً للأجواء المناخية المعتادة في المملكة العربية السعودية ، كما قد تحدث بعض التغيرات في العادات الغذائية للحجاج مثل إهمال بعض الوجبات الرئيسية، والاعتماد على الوجبات الخفيفة ذات المحتوى العالي من السكريات أو الأملاح، ولهذه الظروف تأثير على احتياج الحاج اليومي من العناصر الغذائية والسوائل و لاسيما إن كان الحاج يعاني من مرض مزمن يتطلب المزيد من العناية و الاهتمام بجودة و نوعية و كمية الغذاء المقدم، لذا فإن اتباع نظام غذائي سليم ومتوازن سيعزز صحة وعمل وظائف الجسم بما فيها صحة الجهاز المناعي ويقلل من حدوث الإجهاد والجفاف للحجاج. من هنا جاءت أهمية الدراسة لقياس مدى رضا حجاج الداخل أصحاب الأمراض المزمنة عن الخدمات الغذائية المقدمة لهم خلال موسم الحج 1445هـ و ذلك تحقيقاً لأهداف برنامج خدمة ضيوف الرحمن المنبثق من رؤية ٢٠٣٠ في مجال تغذية الحجاج وسعياً للمساعدة في رفع مستوى و جودة الغذاء المقدم للحجاج و ملائمته لحالتهم الصحية.

حدود البحث :

الحدود البشرية: حجاج الداخل العرب من حجاج عام (١٤٤٥هـ- ٢٠٢٤م) من عدة دول (السعودية، اليمن، مصر، السودان).

الحدود المكانية: المشاعر المقدسة.

الحدود الزمانية: تم إجراء البحث في عام (١٤٤٥هـ- ٢٠٢٤م).

مجتمع عينة البحث: حجاج الداخل من العرب من حجاج عام (١٤٤٥هـ- ٢٠٢٤م).

عينة البحث: عينة عشوائية من حجاج الداخل العرب يبلغ قوامها (٣١٥ حاج / ة).

مصطلحات الدراسة:

1. الغذاء (Diet): هو كل ما يدخل الجسم عن طريق الحقن أو عن طريق الفم سائل أو صلب أو مزيج منهما محتوياً على مجموعة من العناصر الغذائية لتؤدي وظيفتين أو أكثر من الوظائف التالية:

- إمداد الجسم بالطاقة والنشاط.
- بناء ونمو الجسم وتجديد ما يتلف من الأنسجة.

- تنظيم العمليات الحيوية بالجسم مثل (الهضم - الامتصاص – ضربات القلب وغيرها).
- الوقاية من بعض الأمراض (صالح، ٢٠٠٦).

2. التغذية (Nutrition): التغذية هو العلم الذي يبحث في الطعام والعناصر الغذائية والمواد الأخرى الداخلة في تركيبه وتفاعله وعلاقة ذلك بالصحة والمرض. كذلك العمليات التي تتم أثناء تناول الكائن الحي لطعامه وهضمه وامتصاصه ونقله والاستفادة منه ثم إخراجه. بالإضافة إلى ذلك فإن التغذية لها علاقة وثيقة بالحالة الاجتماعية والاقتصادية والثقافية وأيضاً بالعوامل النفسية التي تؤثر على عملية تناول الطعام (عبد القادر وآخرون، ٢٠٠٥).

3. أنواع المواد الغذائية ومخاطر نقصها في الجسم: المادة الغذائية تعرف على أنها المادة التي يمكن استخدامها في النظام الحيوي للبناء أو إنتاج الطاقة أو المساهمة في النشاطات الحيوية المختلفة ويؤدي غيابها أو نقصها إلى حدوث خللاً بالجسم. وتقسم المادة الغذائية من ناحية كيميائية إلى مواد عضوية رئيسية تشمل الكربوهيدرات أو السكريات والبروتينات والدهون، بالإضافة إلى الفيتامينات التي تعتبر دائماً على أنها مجموعة مستقلة عما سبق، لأنها لا تدخل في البناء ولا تعطي طاقة، بل تدخل في عمليات إنتاج الطعام (حمزاري ،٢٠٠٤).

4. الأمراض المزمنة (Chronic diseases): عرفت منظمة الصحة العالمية الأمراض المزمنة بأنها مجموعة من الأمراض التي لا تنتقل بالعدوى من شخص لآخر، وتأخذ عادة إصابة الشخص بها وتطورها فترة طويلة ضمن عملية بطيئة نسبياً، أيضا الأمراض المزمنة ليست ناجمة عن البكتيريا أو الفيروسات، حدوثها في الغالب يكون صامت وغير متوقع ولا تظهر أعراضها إلا بعد بدء حدوث المضاعفات، كارتفاع ضغط الدم (الشيخ، ٢٠٢٢).

5. الفئات الحساسة (Sensitive categories): هي تلك المجموعات التي تمر بظروف فسيولوجية خاصة وتحتاج إلى عناية ورعاية مناسبتين لتلك الظروف من أجل المحافظة على صحة الجسم وسلامته ومن الفئات الحساسة: الحامل -المرضع – الأطفال – المراهقين – المسنين (صالح، ٢٠٠٦).

6. تغذية الحشود او المجموعات: هو توفير التغذية لمجموعة معينة من البشر خلال فترة زمنية محددة بهدف توفير الغذاء الصحي للمجموعات بحيث يحتوي الغذاء على جميع العناصر الغذائية اللازمة لاحتياجات الانسان إضافة الى تجنب حدوث التسممات الغذائية الناتجة عن تلوث الغذاء بالميكروبات أو المواد السامة أثناء تحضيره او أعداده. وهناك العديد من التجمعات البشرية التي تحتاج إلى تقديم وجبات غذائية في وقت أو متقارب وبكميات كبيرة منها تغذية الطلاب في المدن الجامعية - معسكرات الشباب -رجال الأمن والجيش – دور المسنين – نزلاء الفنادق – عمال المصانع والشركات (حمزاوي ،٢٠٠4).

7. إدارة التغذية (إدارة الخدمات الغذائية): يقصد بهذا المجال إدارة و تشغيل نظم تقديم خدمات التغذية و الاشراف على تخطيط و تأمين الوجبات الغذائية للجماعات في المرافق و المراكز و الشركات التي توفر نظم و خدمة تقديم الوجبات مثل المستشفيات، المدارس و السجون وغيرها (عاطف، ٢٠١٧).

الإطار النظري والدراسات السابقة: الغذاء الصحي المتوازن من أهم العوامل للمحافظة على صحة وحيوية الجسم وسلامته ووقايته من بعض الأمراض، فالتغذية السليمة جزء لا يتجزأ من نمط الحياة الصحي، فجسم الإنسان يحتاج إلى الطعام ليحوله إلى الطاقة اللازمة لقيامه بوظائفه الحيوية المختلفة. هذا وتختلف الاحتياجات الغذائية للأفراد باختلاف العمر والجنس وحالتهم الفسيولوجية والمناخ والمجهود المبذول والحالة الصحية لهم وتفضيلاتهم الغذائية (المدني، ٢٠١٦). هذه العوامل ينبغي أن توضع في الاعتبار عند تغذية الجماعات و الحشود مثل زوار بيت الله الحرام من حجاج و معتمرين أثناء أدائهم لمناسكهم فكلما كانت تغذية الحجاج متوافقة مع احتياجاتهم الغذائية و حالتهم الفسيولوجية و الصحية كلما زادت قدرتهم على أداء مناسكهم بالشكل الأمثل و الأكمل ، ولضمان حصول الحجاج على التغذية المُثلى التي تلبي احتياجاتهم الغذائية ، و نظراً لعدم وفرة الوقت لدى الحجاج خلال موسم الحج و ذلك لتفرغهم لأداء المناسك و العبادات يأتي دور أصحاب الحملات و مقدمي الخدمات الغذائية لوضع خطط تغذوية لتوفير المواد الغذائية اللازمة للحجاج تتناسب مع الحالة الفسيولوجية و الصحية لهم لتجديد نشاطهم و تهيئتهم لأداء مناسكهم بكل يسر و سهولة.

عند تقديم الوجبات الغذائية للحجاج يجب مراعاة اشتراطات الوجبات الغذائية التي وضعتها الهيئة العامة للغذاء والدواء السعودية وذلك ضمن الجهود المبذولة من حكومة المملكة العربية السعودية لتسخير كافة الإمكانات لخدمة ضيوف بيت الله الحرام وذلك لضمان سلامة وجودة غذاء الحجاج. حيث حرصت هيئة الغذاء والدواء السعودية بواسطة اللجنة الوطنية للتغذية على تقديم دليل ارشادي

لتغذية الحجاج بهدف المساهمة في تحسين الحالة التغذوية عن طريق رفع الوعي التغذوي للحجاج بمختلف الفئات العمرية والحالات الصحية المختلفة بالإضافة إلى رفع الوعي لدى صناع القرار بأهمية التوازن الغذائي والتغذية السليمة للحجاج وإرشاد مقدمي الخدمات الغذائية في الحملات لأفضل الممارسات التغذوية خلال موسم الحج.

ووفق الدليل الإرشادي لتغذية الحجاج (٢٠٢٢) يجب على مقدمي الخدمات الغذائية للحجاج في الحملات مراعاة النمط الاستهلاكي الغذائي حسب المناطق الجغرافية المختلفة للحجاج و تخطيط و توفير وجبات صحية متوازنة غنية بالقيم الغذائية التي توفر الاحتياج اليومي من الطاقة و العناصر الغذائية الكبرى (البروتينات -الكربوهيدرات – الدهون) و العناصر الغذائية الصغرى(الفيتامينات و المعادن) و ضرورة وضع أولوية للاختيارات الصحية للأطباق المختلفة و التشجيع على استهلاكها ، توصي اللجنة الوطنية للتغذية وحسب توصيات الطبق الصحي السعودي بأن يكون متوسط الاحتياج اليومي من السعرات الحرارية للبالغين من الإناث ٢٠٠٠ سعرة حرارية يومياً و للذكور ٢٥٠٠ سعرة حرارية يومياً يختلف الاحتياج حسب العمر و الجنس و المجهود البدني و الحالة الصحية ، حيث يتطلب أداء المناسك من الحجاج المصابين بالأمراض المزمنة مثل مرضى السكري أو مرضى ارتفاع ضغط الدم أو الكلى و غيرها من الأمراض المرتبطة بالتغذية و كذلك الفئات الحساسة كالحوامل و المرضعات و كبار السن ، الالتزام بالإرشادات و التعليمات التغذوية التي تساعدهم على تخطي الصعوبات و المشكلات الصحية التي قد تطرأ عليهم ، حيث ينصح الحاج بضرورة استشارة الطبيب المختص وأخصائي التغذية لتعديل نظامه الغذائي بما يتناسب مع ظروف الحج حيث يراعي فيه المجهود البدني في المقام الأول .كذلك وجد أن المريض الذي يقرأ الملصقات الموجودة على عبوات الطعام يستخدم طاقة أقل و دهونًا مشبعة وكربوهيدرات و سكر أقل وأليافًا أكثر من أولئك الذين لم يفعلوا ذلك مما يعكس أهمية و قيمة الاستشارات الغذائية في إدارة الأمراض المزمنة.

يجب آن يشتمل النظام الغذائي الصحي للحاج على مصادر للبروتين عالي القيمة الحيوية كالبيض و البروتينات قليلة الدهن مثل الأسماك و الدواجن و البقوليات و تناول كميات كافية من الفواكه و الخضروات والبقوليات و المكسرات يومياً و استبدال منتجات الألبان كاملة الدسم بقليلة أو خالية الدسم ، و تناول كميات مناسبة من الحبوب على أن يكون نصف الاستهلاك على الأقل من الحبوب الكاملة مثل القمح الكامل ، و تقليل استهلاك الدهون لأقل من ٣٠٪ من اجمالي السعرات المستهلكة في اليوم و أن يكون معظمها من الدهون غير المشبعة و ضرورة التقليل من تناول السكر المضاف بحيث لا يتجاوز ٥٠ جم يومياً و ألا يتجاوز استهلاك الصوديوم عن ٢٠٠٠ ملجم أي ما يعادل أقل من ملعقة شاي يوميا ، مع ضرورة الإكثار من شرب الماء بما لا يقل عن (١٢-١٦) كوب يومياً لتجنب الجفاف و الإجهاد الحراري و تعويض ما يفقده الجسم من السوائل و الأملاح بسبب العرق و المجهود البدني و ارتفاع درجة الحرارة و كذلك يجب الحجاج عدم عن شرب المنبهات لأنها تسبب إدرار البول و عدم القدرة على النوم لساعات طويلة.

تغذية الجماعات و الحشود -حجاج بيت الله الحرام – تحتاج إلى إدارة منظمة و ذلك لضمان نجاح عمليات إمدادهم بالتغذية الصحية المتوازنة على الوجه الأكمل بما يتناسب مع الحالات الحساسة مثل كبار السن و الحوامل و ذوي الأمراض المزمنة و بما يساهم في رفع جودة الأغذية المقدمة لهم مما يتطلب ضرورة الاستعانة بأخصائي التغذية عند تخطيط وجباتهم ، لذلك تعتبر عملية إدارة التغذية (إدارة الخدمات الغذائية) من الأمور الهامة والتي يجب أن تؤخذ في الاعتبار عند تغذية الجماعات – الحجاج- و ذلك من خلال الإشراف على الخدمات الغذائية المقدمة لهم ، فحملات الحج تتجه في الغالب إلى توفير كميات كبيرة من الأطعمة للحجاج تفوق احتياجاتهم الغذائية و ذلك سعياً لإرضائهم دون النظر إلى ما قد ينتج عن ذلك من مشكلات صحية قد تعوق قدرتهم على أداء مناسكهم بالشكل المناسب (عمارة و آخرون ، ٢٠١٣).

كذلك تعتبر المعرفة الغذائية (Nutrition knowledge) أمرا بالغ الأهمية لكل من الحجاج ومقدمي خدمات الحج والعمرة، حيث يمكن أن تساعد هذه المعرفة في اتخاذ خيارات غذائية مستنيرة تدعم ظروف صحية أفضل. وهذا بدوره يمكن أن يساعد في إدارة أي أعراض أو أي مضاعفات صحية أخرى كما يُقترح أن المعرفة الغذائية الكافية التي يقدمها مقدمو خدمات الحج والعمرة قد تؤدي إلى نتائج أفضل للمرضى وتحسين جودة الرعاية المقدمة لهم، وبالتالي يؤدي إلى زيادة مستوى الرضا لدى الحجاج والمعتمرين عن مستوى الخدمات (Al Shammari., et al, 2021) و(Jafari et al., 2016) .

إدارة الخدمات الغذائية للجماعات تمر بعدد من الخطوات والمراحل، حيث تبدأ أولاً: بتحديد الهدف وهو تحقيق التغذية الصحية المتوازنة للحجاج وفقاً لحالتهم الصحية والتي تعينهم على القيام بمناسكهم المختلفة بالنشاط اللازم وتزيد من قدرتهم على مقاومة الأمراض الناتجة عن سوء التغذية ومضاعفاتها المختلفة. **ثانياً:** التخطيط للوجبات الغذائية وذلك عن طريق تحديد الاحتياجات

الغذائية التي تتلائم مع الفئات المختلفة للحجاج من أصحاء أو مصابين بالأمراض المزمنة أو الفئات الحساسة، والتي تضمن حصولهم على احتياجاتهم من العناصر الغذائية مع الاهتمام بتناول الخضروات والفواكه لرفع مناعة الجسم ومقاومته للأمراض ويشمل التخطيط ايضاً وضع الاشتراطات الصحية التي تضمن جودة وسلامة الغذاء، واختيار طرق الطهي الصحية وكذلك مراعاة التفضيلات الغذائية المختلفة للحجاج. **ثالثاً:** التنظيم للوجبات الغذائية ويشمل طرق توجيه وإرشاد الحجاج إلى اختيار الأغذية المناسبة لحالتهم الصحية واحتياجاتهم الغذائية ويساهم التخطيط كذلك في تحديد مسؤوليات القائمين على إدارة الخدمات الغذائية للحجاج. **رابعا:** التنفيذ والرقابة عن طريق تطبيق خطة التغذية الموضوعة والالتزام بالقواعد السليمة والإرشادات الصحية في تغذية الحجاج وذلك بواسطة القائمين على خدمة الحجاج والمشرفين على الحملات وأخصائي التغذية وكذلك الالتزام بالأساليب الصحية في طرق اختيار وشراء ونقل وطهي وتغليف وحفظ وتخزين الأغذية. خامساً: يأتي دور التقييم للتعرف على ما تحقق من الأهداف الموضوعة وذلك وفق النتائج التي تم الوصول لها، والتقييم يكون ملازم لكل مرحلة من المراحل السابقة وذلك للتعرف على مواطن النجاح والفشل في إدارة الوجبات الغذائية (إبراهيم، ٢٠١٠) و (عاطف ،2017).

من الدراسات السابقة التي تناولت توضيح العلاقة بين الأمراض المزمنة والأنظمة الغذائية دراسة (Ahmad et al ; 2019) والتي هدفت إلى دراسة العلاقة بين الأمراض المزمنة والأنظمة الغذائية بين زوار العمرة خلال موسم العمرة الأول عام 1439هـ، حيث تم جمع البيانات باستخدام استبيان مصمم لتسجيل الأمراض الأكثر توقعا بين زوار العمرة. وتم عمل مسح غذائي يشمل (تناول المبحوثين للأرز الأبيض أو البني والخبز ومنتجات الألبان قليلة أو كاملة الدسم واللحوم أو الدجاج قليلة الدسم والمشروبات قليلة السكر أو العادية والأطعمة الطازجة أو المعلبة المالحة والأطعمة المطبوخة جيدًا أو النيئة). وأظهرت النتائج أن من بين (401) معتمراً يعانون من أمراض مزمنة، كان (80.8%) منهم يتناولون الأدوية وكانت أكثر الأمراض هي مرض السكري (41.4%)، يليه ارتفاع ضغط الدم (31.9%)، وأمراض الجهاز التنفسي المزمنة (18.5%)، وأمراض القلب المزمنة (6.5%) و (59.6%) من المرضى لديهم برنامج غذائي خاص، خلصت الدراسة إلى أن الأمراض المزمنة بين المعتمرين متفاوتة. إحصائياً وجدت علاقة معنوية بين العمر ونوع المرض المزمن في حين لم يكن هناك فرق كبير بين المرض المزمن الموجود لدى الذكور والإناث من المعتمرين ونوع الطعام الذي يتناولونه إلا أنها اوصت بضرورة توفير أطعمة صحية في خدمات الطعام الخاصة بالزوار المعتمرين واوصت كذلك بأن يحصل المصابون بالأمراض المزمنة على قدر كبير من المعلومات والنصائح من طبيب متخصص خلال فترة زيارتهم.

و دراسة (خطاب و آخرون ،٢٠٢٢) و التي كانت بعنوان تصور مقترح لإدارة و ترشيد استهلاك الطعام في الحج لحماية صحة الحجاج و تقليل الهدر، حيث هدفت الدراسة إلى قياس متوسط نسبة الاتفاق بين الحجاج من وجهه نظرهم على ملائمة الأغذية المقدمة في الحج من حيث (الحالة الصحية - التفضيلات الغذائية - جودة الأغذية) ، ونسبة الهدر في الوجبات الغذائية المقدمة لهم ، حيث تم جمع البيانات باستخدام الاستبانة, الأولى للتعرف على مدى ملائمة الطعام المقدم للحجاج وهي موجهه للحجاج، والثانية استبانة للتعرف على إدارة الطعام في الحج وترشيد استهلاكه وهي موجهه لأصحاب الحملات والمطوفين ، خلص البحث إلى عدد من النتائج أهمها: أن متوسط نسبة الرضا على مراعاة حملات الحج لتقديم أغذية تتلاءم مع الحالة الصحية من وجهه نظر الحجاج لم يتعدى ٢٥٪، و أن الوجبات الغذائية المقدمة للحجاج لا تناسب مع حالتهم الصحية بناء على تحليل الأطعمة ، أما متوسط نسبة الرضا بين الحجاج من وجهة نظرهم لكل من التفضيلات الغذائية بلغت 26.6% ، و جودة الطعام 43.7% ، و نسبة الهدر في الوجبات الغذائية المقدمة في الحج كان 6، 79%.

2. إجراءات الدراسة:

منهج الدراسة: بناء على طبيعة هذه الدراسة فقد تم اعتماد المنهج الوصفي التحليلي. فهو يعتمد على دراسة وصف الواقع وصفًا دقيقًا (عبيدات، 2013)، وهو يعد من أكثر المناهج البحثية انتشاراً واستخدامًا فهو يحلل ويفسر ويقارن ويقيم بهدف الوصول الى تقييمات ذات معاني للتبصر بظاهرة الدراسة (العزاوي، 2008). وقد تم استخدام المنهج الوصفي لجمع البيانات والمعلومات المتوفرة حول ظاهرة الدراسة ووصفها وصفاً دقيقاً. واستخدام المنهج التحليلي فيما يتعلق بالجزء التحليلي وذلك لاستطلاع وتحليل وتفسير آراء مجتمع الدراسة الحالية بهدف التعرف وقياس مدى رضا الحجاج أصحاب الأمراض المزمنة عن الخدمات الغذائية المقدمة لهم، من وجهة نظر عينة الدراسة حجاج الداخل خلال موسم الحج 1445هـ.

أداة الدراسة: تم استخدام أداة الاستبانة للحصول على النتائج، حيث تم إجراء الاستطلاع في الفترة من 1 الى 14 من شهر ذي الحجة من عام 1445هـ وتم جمع البيانات التي تم طرحها على مجموعة من المشتركين (حجاج الداخل) من مقارهم بالمشاعر المقدسة (حملة دار الهجرة لخدمات الحج والعمرة، حملة الفرقان للحج والعمرة، شركة الأبرار لخدمة حجاج الداخل، حملة الإخلاص المتحدة لحجاج الداخل، حملة رفاق الصفوة لحجاج الداخل، حملة شركة الفارس لحجاج الداخل، حملة شركة السندس المتحدة) عن طريق الاستبانة المغلقة باستخدام نماذج Google. ونظرًا للاستخدام الميسر والمسهل للإنترنت في المملكة العربية السعودية، فقد تم توزيع رابط الاستبيان عبر الإنترنت عبر تطبيق Whats، و "الاستجابة السريعة (QR) "والاستبانة الورقية لإتاحة أكثر من طريقة تمكنهم من الإجابة بكل يسر وسهولة. تم تحليل البيانات التي تم جمعها من المشاركين (315) مشارك مشتملة البيانات الديموغرافية واسئلة الاستبانة، حيث تناولت الأسئلة التالية:

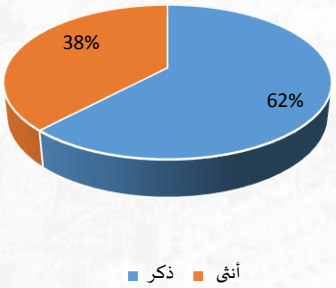
- هل تعاني من أمراض مزمنة؟
- هل الوجبات الغذائية المقدمة متنوعة وملائمة من حيث الكم والنوع والجودة؟ إذا كانت الإجابة نعم الرجاء ذكر المرض؟ وهل الوجبات الغذائية مناسبة للحالة المرضية التي تعاني منها؟
- هل انت حامل؟ إذا كانت الإجابة نعم هل الوجبات الغذائية المقدمة لك مناسبة وكافية؟ إذا كنت تعاني من أمراض مزمنة هل الوجبات الغذائية ملائمة لك كحامل وتعاني من امراض مزمنة؟
- هل الوجبات الغذائية متنوعة وملائمة من حيث الكم والنوع والجودة؟
- هل برفقتكم أطفال؟ إذا كانت الإجابة نعم، هل يعانون من أمراض مزمنة؟ إذا كانت الإجابة نعم هل الوجبات الغذائية مناسبة للحالة المرضية التي يعاني منها الطفل؟
- هل برفقتكم كبار سن؟ إذا كانت الإجابة نعم، هل يعانون من أمراض مزمنة؟ إذا كانت الإجابة نعم هل الوجبات الغذائية مناسبة لهم؟
- ما الذي تعتقد أنه يجب إضافته إلى قائمة الطعام لجعله ملائم لأصحاب الأمراض المزمنة؟
- هل يتوفر أخصائي تغذية يشرف على الغذاء المقدم ومدى ملائمته للحالة الصحية؟

3. النتائج والمناقشة

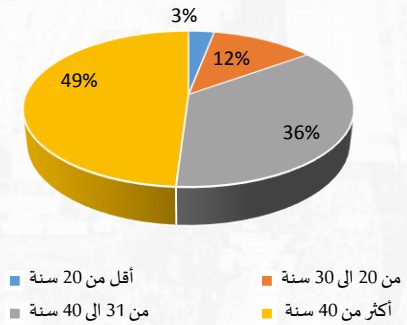
أولاً: وصف خصائص عينة البحث: تم حساب التكرارات والنسب المئوية لأفراد عينة الدراسة تبعاً للجنس، العمر، الحالة الاجتماعية والمؤهل الدراسي كما هو موضح في الجدول التالي:

جدول رقم (1): التكرارات والنسب المئوية لأفراد عينة الدراسة تبعاً للجنس، العمر، الحالة الاجتماعية والمؤهل الدراسي.

البيانات الديموغرافية	التكرار	النسبة المئوية %
الجنس		
ذكر	195	62
أنثى	120	38
العمر		
أقل من 20 سنة	9	3
من 20 الى 30 سنة	39	12
من 31 الى 40 سنة	114	36
أكثر من 40 سنة	153	49
الحالة الاجتماعية		
أعزب	60	19
متزوج	249	79
منفصل	3	1
أرمل	3	1
المؤهل الدراسي		
ثانوي فأقل	180	57
جامعي	93	30
تعليم عالٍ	42	13
العدد الكلي	**315**	**%100**

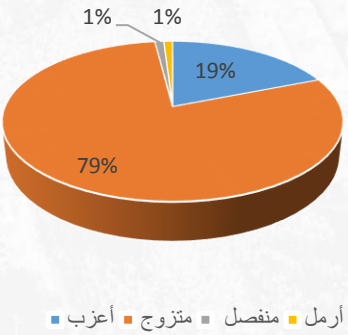


شكل رقم (1): توزيع أفراد عينة البحث حسب الجنس.

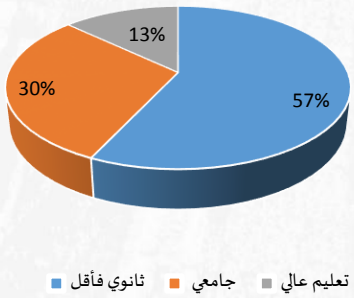


شكل رقم (2): توزيع أفراد عينة البحث حسب العمر.

يتضح من الشكل رقم (1) والجدول رقم (1) أن (195) من أفراد عينة البحث كانت من الذكور بنسبة بلغت 62% مقارنتها بعدد النساء (120) بنسبة 38% مما يؤكد على أن أكثر من نصف عينة الدراسة كانت ذكور . كما يتبين من الشكل رقم (2) والجدول رقم (1) أن (153) من أفراد عينة البحث تجاوزت أعمارهم 40 سنة بنسبة بلغت 49% مما يدل على أن هذه الفئة العمرية كانت الأكثر بينما فئة المشتركين الأقل عدداً (9) بين أفراد عينة البحث كانت أعمارهم أقل من 20 سنة ما نسبته 3% .



شكل رقم (3): توزيع أفراد عينة البحث حسب الحالة الاجتماعية.



شكل رقم (4): توزيع أفراد عينة البحث حسب المؤهل الدراسي.

يتضح من الشكل رقم (3) والجدول رقم (1) أن (249) من أفراد عينة البحث بنسبة بلغت 79% كانت من فئة المتزوجين وهي الفئة الأعلى عند مقارنتها بباقي فئات العينة، بينما (60) من عينة الدراسة كانت غير متزوجين بنسبة 19%، و (3) من أفراد عينة الدراسة لكلا الفئتين الأرامل والمنفصلين بنسبة 1% على التوالي.

كما يتبين من الشكل رقم (4) والجدول رقم (1) أن (180) من أفراد عينة الدراسة مستواهم التعليمي ثانوي فأقل بنسبة 57%, بينما (93) منهم مستواهم التعليمي جامعي بنسبة 30% وكان العدد الأقل بين أفراد عينة البحث (42) ممن مستواهم التعليمي تعليم عالي بنسبة 13%.

ثانياً: توزيع إجابات أفراد عينة البحث بناءً على أسئلة الاستبانة:

جدول رقم (2): توزيع إجابات أفراد عينة البحث بناءً على أسئلة الاستبانة كما هي موضحة في الدول التالي:

م	أسئلة الاستبانة	التكرار	النسبة المئوية %
1	هل تعاني من أمراض مزمنة؟		
	نعم	117	37
	لا	198	63
2	إذا كانت الإجابة نعم، هل الوجبات الغذائية المقدمة متنوعة وملائمة من حيث الكم والنوع والجودة؟		
	نعم	297	94
	لا	18	6
3	هل انت حامل؟		
	نعم	9	3

لا	306	97	
إذا كانت الإجابة نعم، هل الوجبات الغذائية المقدمة لك مناسبة وكافية؟			4
نعم	6	67	
لا	3	33	
هل برفقتكم أطفال؟			5
نعم	6	2	
لا	309	98	
إذا كانت الإجابة، نعم، هل يعانون من أمراض مزمنة؟			6
نعم	4	67	
لا	2	33	
إذا كانت الإجابة نعم، هل الوجبات الغذائية مناسبة للحالة المرضية التي يعاني منها الطفل؟			7
نعم	1	25	
لا	3	75	
هل برفقتكم كبار سن؟			8
نعم	69	22	
لا	246	78	
إذا كانت الإجابة نعم، هل يعانون من أمراض مزمنة؟			9
نعم	45	65	
لا	24	35	
إذا كانت الإجابة نعم، هل الوجبات الغذائية المقدمة مناسبة لهم ككبار سن ويعانون من أمراض مزمنة؟			10
نعم	9	20	
لا	36	80	
هل يتوفر أخصائي تغذية يشرف على الغذاء المقدم ومدى ملائمته للحالة الصحية؟			11
نعم	216	64	
لا	99	31	

تم تصميم اسئلة الاستبيان الواردة في جدول رقم (2) من أجل تقييم خدمات الاعاشة والتموين المقدمة لحجاج بيت الله الحرام ممن يعانون من أمراض مزمنة بهدف التطوير والتحسين من خلال آراء ومقترحات الحجاج عن الخدمات الغذائية المقدمة لهم خلال موسم الحج 1445 هـ وقد تبين أن عدد (117) من أفراد عينة البحث من إجمالي (315) لا يعانون من أمراض مزمنة بنسبة بلغت 63% وذلك من خلال إجاباتهم الواردة في الجدول أعلاه، بينما (198) منهم يعانون من أمراض مزمنة بنسبة 37% مما يدل على أن غالبية المشتركين يتمتعون بصحة جيدة. وكما أشارت اجابات الذين يعانون من أمراض مزمنة من أفراد عينة الدراسة بـ(نعم) وذلك عند سؤالهم عن مدى تنوع وملائمة الوجبات الغذائية المقدمة لهم من حيث الكم والنوع والجودة بنسبة بلغت 94% مما يدل على رضا غالبيتهم عن الوجبات الغذائية وملائمتها لأمراضهم المزمنة وتلبيتها لاحتياجاتهم الغذائية حسب حالاتهم الصحية، بينما كان عدد من أجابوا بـ (لا) مبدين عدم رضاهم عن الوجبات الغذائية وعدم مناسبتها لاحتياجاتهم الغذائية حسب حالاتهم المرضية (18) بنسبة بلغت 6%.

أيضاً أظهرت نتائج البحث كما هو موضح في الجدول رقم (2) أن نسبة فئة النساء الحوامل كانت منخفضة جداً عند مقارنتها بباقي أفراد عينة الدراسة بنسبة بلغت 3% وان 67% منهن عبروا عن رضاهم عن الوجبات الغذائية المقدمة لهم وأبدوا ملاءمتها وكافيتها لحالاتهن من حيث الكم والنوع، بينما نسبة 33% كانوا غير راضين عن الوجبات، هذه النسب تدل على رضا غالبية فئة النساء الحوامل من أفراد العينة عن الوجبات الغذائية. من خلال البيانات الواردة في الجدول رقم (2) وذلك حسب إفادة ذوي الأطفال يتبين أن نسبة الأطفال المرافقين لذويهم بين أفراد العينة كانت منخفضة جداً وكان عددهم (6) من إجمالي (315) بنسبة بلغت 2% فقط وأن عدد من يعاني منهم من أمراض مزمنة هو (4) بنسبة بلغت 67% مما قد يفسر سبب اصطحاب ذويهم لهم لأداء فريضة الحج بسبب حالاتهم الصحية التي تتطلب عناية خاصة ، كما أبدى ذويهم أيضا عن عدم رضاهم عن الوجبات الغذائية المقدمة لأطفالهم بناءً على الحالة المرضية التي تستوجب نظام غذائي معين يتوافق مع احتياجاتهم الصحية وذلك عند إجابتهم على سؤال هل الوجبات الغذائية مناسبة للحالة المرضية التي يعاني منها الطفل وكانت نسبة عدم الرضا 75%. تشير النتائج الموضحة في الجدول أعلاه، جدول رقم (2) أن عدد كبار السن هو (69) من إجمالي العدد الكلي لعينة البحث بنسبة لا تتجاوز 22% و (45) منهم كانوا راضين عن الوجبات الغذائية المقدمة لهم

ما نسـبته 65% مما يدل على أن غالبية كبار السـن المشـاركين في البحث كانوا على رضـا تام بالخدمات الغذائية ويرون أنها تفي باحتياجاتهم الغذائية حسب سنهم وحالتهم الصحية.

ومن خلال البيانات الواردة في جدول رقم (2) والتي تم جمعها من المشـتركين يتضـح أن عدد (216) من أفراد عينة البحث أفادوا بتوفر أخصائي تغذية يشرف على الغذاء المقدم لهم مع مراعاته لمدى ملائمته للحالات الصحية بنسبة بلغت 64% بينما (99) منهم أفادوا بعدم توفر أخصائي تغذية ما نسبته 31%.

4. الخلاصة

خلصـت الدراسـة إلى ضـرورة تقييم خدمات الاعاشـة والتموين المقدمة لحجاج بيت الله الحرام ممن يعانون من أمراض مزمنة بهدف التطوير والتحسـين من خلال التعرف على آراء ومقترحات حجاج الداخل عن الخدمات الغذائية المقدمة لهم خلال موسـم الحج 1445 هـ، غالبية المشاركين في الدراسـة يتمتعون بصحة جيدة ما نسـبته 63% بينما نسـبة من يعانون من أمراض مزمنة بلغت 37% ونسـبة الرضا عن الوجبات الغذائية المقدمة لهم بلغت 94% .

أيضا أظهرت نتائج الدراسة انخفاض فئة النساء الحوامل وكبار السن بين أفراد العينة بنسبة 3% و22% على التوالي وان غالبيتهم أبدو مستوى جيدا من الرضا عن الخدمات الغذائية المقدمة لهم، أيضاً أشارت النتائج إلى انخفاض عدد الأطفال المرافقين لذويهم بين أفراد عينة الدراسة، ورغم انخفاض أعدادهم إلا أن ذويهم كانوا غير راضين عن وجباتهم الغذائية بنسبة 75%, هذه النسبة تستدعي إلى إيجاد قوائم طعام تتناسب مع فئة الأطفال الذين يعانون من أمراض مزمنة خلال مواسم الحج القادمة.

أيضـاً أظهرت النتائج جهود وزارة الصحة في حث وإلزام حملات الحج بتوفير أخصـائي تغذية يشـرف على الغذاء المقدم للحجاج لمعرفة مدى ملائمته لحالاتهم الصحية، حيث أن نسبة 64% من المشاركين أفادوا بتوفر أخصائي التغذية في حملاتهم .

5. التوصيات

1. بناء على ما تم التوصـل اليه من نتائج الدراسـة بأن 37% من المشـتركين يعانون من أمراض مزمنة فيجب إلزام المطوفين ومقدمي الخدمات الغذائية في الحملات، بضـرورة عمل اسـتبيانات يقوم الحجاج بتعبئتها وذلك للتعرف على حالاتهم الصـحية وعاداتهم وتفضيلاتهم الغذائية ليتم تخطيط وجباتهم الغذائية وفقاً لذلك، على أن يتم ذلك قبل بداية موسم الحج بوقت كافٍ.
2. توصـلت الدراسـة إلى أن 6% من المشـتركين أبدوا عدم رضـاهم عن الوجبات الغذائية وعدم مناسـبتها لاحتياجاتهم الغذائية حسـب حالاتهم المرضـية لذلك يجب توفير قائمة طعام موحدة ومدروسـة للحجاج أصـحاب الأمراض المزمنة من قبل وزارة الصـحة تحت إشـراف أخصـائي التغذية حيث يتم توزيعها على موردي المواد الغذائية للالتزام بها وتوفير الأطعمة الموجودة في القائمة للحجاج الذين يعانون من امراض مزمنة.
3. من خلال البيانات الواردة في الدراسـة وحسـب إفادة ذوي الأطفال تبين لنا أن نسـبة الأطفال المرافقين لذويهم بين أفراد العينة كانت منخفضة جداً وبالرغم من انخفاض عددهم مقارنة بعدد باقي أفراد العينة إلا أن 75%. منهم أبدوا عدم رضاهم عن الوجبات المقدمة لهم، الامر الذي يسـتوجب ضـرورة إلزام مقدمي الخدمات الغذائية في الحملات بتوفير الخدمات الغذائية المناسـبة للأطفال أصحاب الأمراض ض المزمنة الصحية ذلك لضـمان سـلامتهم خلال موسـم الحج وذلك عن طريق عمل اسـتبيانات يقوم ذويهم بتعبئتها وذلك للتعرف على حالاتهم الصحية وعاداتهم وتفضيلاتهم الغذائية ليتم تخطيط وجباتهم الغذائية وفقاً لذلك، على أن يتم ذلك قبل بداية موسم الحج بوقت كافٍ.
4. تشير نتائج الدراسة أن نسبة 65% من كبار السن كانوا على رضا تام بالخدمات الغذائية ويرون أنها تفي باحتياجاتهم الغذائية حسب سنهم وحالتهم الصحية، يجب عمل دراسات مستقبلية لمعرفة أسباب عدم رضا بعض كبار السن عن الوجبات المقدمة لهم، هل هي لا تفي باحتياجاتهم؟ أم أنها صعبة التناول بالنسبة لهم فمنهم من فقد أسنانه ولا يستطيع المضغ فالأغذية الصلبة وصعبة المضغ متعبة لهم؟
5. إلزام المنشـآت التي تقوم بتأمين الوجبات الغذائية بضـرورة توفير أخصـائي تغذية للإشـراف على الوجبات الغذائية المقدمة للحجاج وعلى وجه التحديد كبار السـن وأصـحاب الأمراض المزمنة والحوامل والأطفال لتقييم توافر الاشـتراطات الصـحية للغذاء والرفع للجهات المختصة في حال عدم التزام الحملة بالاشتراطات.

6. امتداد دور أخصائي التغذية إلى مراقبة مدى صلاحية وجودة الأغذية المقدمة للحجاج أصحاب الأمراض المزمنة وكبار السن والحوامل.

شكروتقدير: نتقدم بخالص الشكر والتقدير لمعهد خادم الحرمين الشريفين على تعاونهم وتزويدهم لنا بدراسات سابقة ذات علاقة بموضوع دراستنا.

المراجع

- إبراهيم، دعاء عوضين (٢٠١٠) وعي وممارسات طالبات كلية التربية النوعية بإدارة الغذاء، رسالة ماجستير، مجلة بحوث التربية النوعية، جامعة المنصورة، العدد السادس عشر يناير ٢٠١٠.
- إقبال، محمود صالح، (٢٠٠٦)، تغذية الفئات الحساسة، مكتبة الرشد، الرياض، الطبعة الأولى.
- التقرير السنوي لعام ٢٠٢٣، https://www.vision2030.gov.sa/ar/annual-reports
- الدليل الإرشادي لتغذية الحجاج، (٢٠٢٢)، اللجنة الوطنية للتغذية، الهيئة العامة للغذاء والدواء السعودية، https://www.sfda.gov.sa/sites/default/files/2023-02/%D8%AA%D8%BA%D8%B0%D9%8A%D8%A9-%D8%A7%D9%84%D8%AD%D8%AC%D8%A7%D8%AC.pdf
- الشيخ، سكينة، (٢٠٢٢)، الأمراض المزمنة: واقعها وأثرها على الحياة في المملكة، مركز اسبار للدراسات والبحوث والاعلام، تقرير رقم ٩٥، ديسمبر ٢٠٢٢، المملكة العربية السعودية، الرياض.
- العزاوي، رحيم يونس كرو، (2008)، مقدمة في منهج البحث العلمي، دار دجلة، عمان الأردن .
- المدني، خالد علي، (٢٠١٦)، التغذية خلال مراحل الحياة، دار المدني، جدة.
- الهيئة العامة للاحصاء ، https://www.stats.gov.sa/ar/news/532
- حمزاوي، لطفي فهمي، (٢٠٠٤)، سلامة الغذاء الهاسب وتحليل الخاطر، دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع، القاهرة.
- خطاب، هالة عبدالرحمن، حمدان، سماح محمد، علي، ماجدة محمد، البلوي، سجى أحمد، (٢٠٢٢) ،تصور تصور مقترح لإدارة و ترشيد استهلاك الطعام في الحج لحماية صحة الحجاج و تقليل الهدر، مجلة العصر للعلوم الإنسانية و الاجتماع ، العدد (٤) يونيو ٢٠٢٢.
- عاطف، هاني، (٢٠١٧)، تغذية الجماعات، رقم الإيداع ٣٨٩٥/ ٢٠١٧، الترقيم الدولي: ٩٧٨-٩٧٧-٩٠-٤٦٣٧-٢، https://www.slideshare.net/slideshow/ss-78584912/78584912.
- عبدالقادر، منى خليل، عوني، هالة أحمد، إسماعيل، ايمان محمد، (٢٠٠٥)، اساسيات علم التغذية ، مجموعة النيل للنشر ، القاهرة.
- عبيدات، ذوقان، وعدس، عبد الرحمن، وكايد، عبد الحق، (2013)، البحث العلمي مفهومه وأدواته وأساليبه. دار الفكر للطباعة والنشر والتوزيع. عمان الأردن .
- عطا الله، أسامة علي و مشاط، بسام حسين ، (1436هـ) ، التجارب الناجحة لتغذية الأعداد الكبيرة ، معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج و العمرة ، جامعة أم القرى.
- عمارة، عادل عباس، حمدان، سماح محمد ، ملياري ، نجاة ، (٢٠١٣) ، إدارة الغذاء في الحج بما يتلاءم مع ترشيد الاستهلاك و الحفاظ على البيئة في الإسلام ، مجلة عالم التربية ، مصر ، س(١٤): ع(43).

- Ahmed, B. O. B. et al. (2019) 'Nutrition and Chronic Diseases among Makkah Visitors', J. Med. Res, 19(1), pp. 31–36. doi: 10.1016/S0140-6736 (14)60381-0.
- Al Shammari, E. et al. (2021) 'Nutritional knowledge and awareness of primary health care physicians working in hail region, saudi arabia: A cross-sectional study', Current Research in Nutrition and Food Science, 9(2), pp. 402–408. doi: 10.12944/CRNFSJ.9.2.04.
- Jafari, F. et al. (2016) 'Effects of a lifestyle modification program on knowledge, attitude and practice of hypertensive patients with angioplasty: A randomized controlled clinical trial', International Journal of Community Based Nursing and Midwifery, 4(4), pp. 286–296. Available at: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5045973.
- Post R E, Mainous A G, Diaz V A, Matheson E M, Everett C J,(2010),Use of the nutrition facts label in chronic disease management: results from the National Health and Nutrition Examination Survey. J Am Diet Assoc. 2010 Apr; 110(4): 628-32.

أثر استخدام التقنيات الحديثة في التوعية الصحية واستدامتها بين حشود الحج والعمرة والزيارة من وجهة نظر عينة من مقدمي الخدمة بمكة المكرمة

غالية بنت حامد الرفاعي*، سمو بنت مشرف آل عبدالفتاح

إدارة التوعية الفكرية والحوار الحضاري النسائية، الهيئة العامة للعناية بشؤون المسجد الحرام والمسجد النبوي

The Impact of Utilizing Modern Technologies on Health Awareness and its Sustainability Among Pilgrims, Umrah and Visitors: Perspectives from Service Providers in Makkah

Ghalea H. AL-Refai*, Sumou M. ALl abdalfttah

Women's Intellectual Awareness and Civilizational Dialogue Department, The General Authority for the Affairs of the Grand Mosque and the Prophet's Mosque

*Corresponding author: E-mail (Sumou89@outlook.com)

الملخص

يعتبر الحج والعمرة والزيارة أحد أكبر التجمعات البشرية الدورية في العالم، مما يجعلها بيئة خصبة لانتشار الأمراض. لذا، فإن تعزيز التوعية الصحية يعد أمراً مهمًا للحفاظ على صحة وسلامة الحجاج والمعتمرين والزوار. ورغم الجهود المبذولة في مجال التوعية الصحية، إلا أن هناك تحديات تواجه عملية إيصال الرسائل الصحية بشكل مستدام، خاصة في ظل التنوع الثقافي واللغوي لهذه الفئة الكبيرة. ويهدف هذا البحث إلى تقييم أثر استخدام هذه التقنيات على سلوكياتهم الصحية، وذلك من خلال تحديد أبرز التقنيات الحديثة وتقييم مدى ملاءمتها لهم. وتتمثل العينة في مقدمي الخدمة من قسم التوعية التثقيفية بوزارة الصحة، والشركات المساهمة المغلقة (مؤسسات الطوافة). واستخدم البحث المنهج الوصفي المسحي للتعرف على التحديات في مجال التوعية الصحية. وأهم نتائج البحث أن التقنيات الحديثة تؤثر على عملية تواجد مقدمي الرعاية الصحية بشكل كافٍ لتقديم التوعية الصحية المباشرة. كما أن التقنيات الحديثة تؤثر على عملية مراعاة مقدمي الرعاية الصحية في التنوع الثقافي واللغوي أثناء تقديم المعلومات لهم. كما يسهم استخدام التقنيات الحديثة في نشر التوعية الصحية في مواسم الحج والعمرة والزيارة في نشر العادات الصحية لسلامتهم. أوصت الدراسة بتطوير نموذج لرفع مستوى الوعي الصحي والسلوك الوقائي أثناء التجمعات الكبيرة "الرحلة الصحية التفاعلية" الذي يعتمد على تقديم محتوى صحي تفاعلي للحجاج عبر منصة رقمية.

الكلمات الدالة: التوعية الصحية، التقنيات الحديثة، الحج والعمرة والزيارة، وزارة الصحة، مؤسسات الطوافة.

Abstract

"Hajj, Umrah, and the visit are among the largest recurring human gatherings globally, making them fertile ground for the spread of diseases. Therefore, promoting health awareness is crucial to safeguarding the health and safety of pilgrims and visitors. Despite significant efforts in health education, challenges persist in delivering health messages sustainably, particularly considering the cultural and linguistic diversity of this vast group. This research aimed to evaluate the impact of utilizing these technologies on their health behaviours by identifying the most prominent modern technologies and assessing their suitability .The sample includes service providers from the Health Education and Promotion Department

at the Ministry of Health and closed joint-stock companies (hajj groups). The descriptive survey method was employed to identify challenges in health education. Key findings reveal that modern technologies significantly influence healthcare providers' presence to deliver direct health education. Additionally, these technologies impact healthcare providers' consideration of cultural and linguistic diversity when providing information. The use of modern technologies contributes to disseminating health awareness during Hajj, Umrah, and visit seasons, fostering healthy habits for pilgrims' safety. Recommendations include developing a model to enhance health awareness and preventive behaviour during large gatherings—the "Interactive Health Journey"—which relies on delivering interactive health content to pilgrims via a digital platform.

Keywords: Health awareness, modern technologies, Hajj, Umrah, visit, Ministry of Health, Hajj groups.

1. المقدمة

أمر الله تعالى إبراهيم عليه السلام بأن ينادي في الناس بالحج؛ قال تعالى: [وَأَذِّن فِي النَّاسِ بِالْحَجِّ يَأْتُوكَ رِجَالًا وَعَلَىٰ كُلِّ ضَامِرٍ يَأْتِينَ مِن كُلِّ فَجٍّ عَمِيقٍ]، (سورة الحج: 27)، فحج إبراهيم عليه السلام وحجت الأمم من بعده إلى يومنا هذا وقال صلى الله عليه وسلم: [الْعُمْرَةُ إِلَى الْعُمْرَةِ كَفَّارَةٌ لِمَا بَيْنَهُمَا، وَالْحَجُّ الْمَبْرُورُ لَيْسَ لَهُ جَزَاءٌ إِلَّا الْجَنَّةَ]، (البخاري:1773). وقد استجابت المملكة العربية السعودية لهذه الدعوة المباركة وبذلت الجهود كافة؛ لضمان خدمة الحجاج والمعتمرين والزوار وتقديم التسهيلات لهم من عدد من الجهات الحكومية في مجال التعليم، والصحة، والنقل ووسائل المواصلات، حيث بلغ إجمالي عدد الحجاج لموسم الحج 1445هـ (1.833.164) حاجًا وحاجة.(الهيئة العامة للإحصاء، ٢٠٢٤م)، ولتحقيق خدمة ضيوف الرحمن وتنميتها بصورة مستدامة في مجال التوعية الصحية وفرت وزارة الصحة بإدارة التوعية الصحية خدمات مجانية خاصة بالحجاج والمعتمرين والزوار، والتي تهدف إلى ضمان توفير الرعاية الصحية الشاملة المتكاملة لهم في المشاعر المقدسة. فقد باتت التوعية الصحية ضرورة ملحة في عصر التقانة؛ كونها معززة لصحة الأفراد والمجتمعات بصورة متعددة معرفية ومهارية لتمكنهم من القدرة على اتخاذ القرارات الصحية بوعي كاف، وتلعب التقنيات الحديثة دورًا حيويًا في نشر التوعية الصحية خلال المواسم الدينية، وذلك بفضل قدرتها على الوصول إلى أعداد كبيرة من الحجاج والمعتمرين والزوار بطرق فعالة وعالمية.

كما أن رؤية المملكة العربية السعودية 2030 واضحة المعالم في التوجه نحو تقديم الخدمات بصورة إلكترونية؛ لتسهيل وصول الخدمات لكل حاج ومعتمر وزائر. وقد احتلت المملكة العربية السعودية المرتبة الرابعة عالميًا في مجال الاستخدام الإلكتروني لعام (2024)، وشهدت إدارة الحشود في الحج والعمرة تطورًا بفضل استخدام التقنيات الحديثة، والتي أسهمت في تعزيز الصحة والسلامة وتقليل مخاطر الإصابة بالأمراض المعدية. وتنوعت هذه التقنيات في مجالات مختلفة، بدءًا من الرسائل النصية والمقاطع المرئية التوعوية إلى الذكاء الاصطناعي والواقع الافتراضي والمعزز، والمُسيَّرة (Drons)، مما وفّر حلولًا مبتكرة تلبي احتياجات إدارة الحشود. وجاءت أبرز التقنيات المستخدمة كالتالي: **تقنية الواقع الافتراضي والمعزز:** تم استخدامها لتعليم مناسك الحج والعمرة بعدة لغات، مما يمكّن الحجاج من فهم الخطوات لأداء المناسك، مما حسن تجربة الحجاج، **والأساور الذكية:** وقد صممت لتقديم بيانات صحية عن الحجاج وتحديد مواقعهم، مما يسهل تقديم المساعدة الطبية الفورية عند الحاجة. وتتيح متابعة الحالات الصحية بشكل مستمر، ما يعزز سلامة الحجاج، **وبطاقة نسك الرقمية:** وهي متصلة بجميع الجهات المعنية، وتحتوي على معلومات الحاج وتتيح الوصول إلى بياناته عبر رمز رقمي (QR Code). تتميز بسمات أمنية خاصة لتعريف الحاج النظامي وتسهل تقديم المساعدة، مما يسهم في تنظيم الحشود وتعزيز الأمن. **والمُسيَّرة (Drons):** تُستخدم لتغطية المناطق المزدحمة مثل منطقة رمي الجمرات والطواف، مما يتيح رؤية شاملة من الجو، يساعد في مراقبة وتوجيه الحشود وتجنب الازدحام، **والتطبيقات الذكية: مثل (مناسكنا)** توفر إرشادات حول المسارات الآمنة وأماكن التجمعات والخدمات المتاحة، مما يعزز تجربة الحاج ويقلل من كثافة الحشود، **وشبكات الاتصالات المتقدمة (G5):** تسهم الاتصالات السريعة والموثوقة التي توفرها شبكات G5 في تسهيل نقل وتحليل بيانات الحشود في الوقت الفعلي، مما يسمح باتخاذ قرارات سريعة لتحسين إدارة الحشود، **والذكاء الاصطناعي وتحليل البيانات:** تُستخدم الكاميرات الذكية وأنظمة الذكاء الاصطناعي لتحليل تدفق الحشود وتوقع الازدحام، مما يسهم في توزيع الحشود بفعالية أكبر وتجنب النقاط الساخنة. لذا فإن تطوير استخدام

التقنية الحديثة في إدارة الحشود أصبح حاجة ملحة لدعم الاستدامة في تعزيز سلامة وصحة الحجاج والمعتمرين مما سيزيد من قدرة المملكة على استيعاب الحشود بكفاءة عالية وتقديم تجربة متميزة لضيوف الرحمن.

واستجابة لهذه الجهود وتلك التطورات التي تحاول دفع عجلة التقدم الحضاري يأتي البحث بمحاولات للتعرف على أثر استخدام التقنية في خدمة ضيوف الرحمن في مجال التوعية الصحية وربطها بالتوجهات الصحية العالمية وذلك بالتعرف على الممارسات الصحية العالمية مما يعزز من التعاون الدولي في المجالات الصحية، كذلك يعزز استدامة الجهود الصحية من خلال تطوير برامج التوعية الصحية بصورة قابلة للتحديث، مما يسهم في خلق بيئة صحية دائمة حتى بعد انتهاء التجمعات الكبرى. كما أنه قد أتى البحث استجابة لعدد من الدراسات والأبحاث العلمية الي توصي بضرورة دراسة طرق حديثة مرتبطة بالتقنية الحديثة المساهمة في التوعية بطرق صحية لتعزيز السلوك الإيجابي للحجاج والمعتمرين والزوار بصورة صحية موثوقة ومستدامة مثل دراسة الرويثي وآخرون سنة (2024)، ودراسة فيلبس وآخرون سنة (2013)، ودراسة جيمباي وآخرون سنة (2022)، ودراسة رسولي وآخرون سنة (2024)، ودراسة خامت وآخرون سنة (2022)، ودراسة المطيري وآخرون سنة (2022)، ودراسة يامونا وآخرون سنة (2024)، ودراسة برنياك وآخرون سنة (2020).

ومن الملاحظ أن هناك عدد من التحديات التي تواجه هذه الجهود وتحد من النتائج الايجابية المتوقعة وهذه التحديات تأتي بصورة فردية من ضعف الوعي الصحي لدى ضيوف الرحمن، و تحديات بصورة جماعية متمثلة في البيئة المحيطة فقد أشار تقرير منظمة الصحة العالمية عام 2019 أن الآثار المترتبة على تلوث الهواء في البيئة المحيطة وفي وسائل النقل وإدارة النفايات يعد أحد المخاطر البيئية الكبرى على الصحة وأن نسبة 89% من أصل 4.2 ملايين حالة وفاة مبكرة في العالم ، كما وقد أوصت المنظمة بضرورة مواجهة التحديات الصحية لزيادة الاستثمار في التنظيم الصحي وبناء القدرة على التصدي للتهديدات الصحية المستقبلية، (منظمة الصحة العالمية، 2022- 2024)، الأمر الذي استدعى من الباحثتين للإسهام في تقديم البحث الموسوم ب استخدام التقنيات الحديثة لتعزيز التوعية الصحية واستدامتها في حشود الحج والعمرة والزيارة وتتمثل أهداف البحث في الإجابة على السؤال الرئيس والذي ينص على: ما أثر استخدام التقنيات الحديثة في التوعية الصحية واستدامتها بين حشود الحج والعمرة والزيارة من وجهة نظر عينة من مقدمي الخدمة بمكة المكرمة؟

ويتفرع منه عدد من الأسئلة الفرعية منها:

1. ما دور التقنيات الحديثة في نشر التوعية الصحية في مواسم الحج والعمرة والزيارة؟
2. ما أثر استخدام التقنيات الحديثة على دور مقدمي الرعاية الصحية في تقديم التوعية الصحية المباشرة للحجاج والمعتمرين والزوار؟
3. ما أفضل الممارسات العالمية في مجال استدامة التوعية الصحية خلال التجمعات الكبيرة؟

2. منهجية وطرق البحث

ارتبط البحث الحالي بظاهرة التوعية والتثقيف الصحي للحشود أثناء موسم الحج والعمرة والزيارة في المشاعر المقدسة وتنميتها ؛ لذا تم استخدام المنهج الوصفي الذي يهدف إلى دراسة الواقع من خلال جمع البيانات المتعلقة بالظاهرة موضوع البحث، ثم الوصول إلى النتائج المتمثلة في آليات تسهم في الاستخدام الأمثل للتقنيات الحديثة في توعية الحجاج والمعتمرين والزوار بصورة صحية موثوقة وإجراءات تحسن من السلوك الإيجابي لديهم، فقد ذكر العساف(2006) بأن المنهج الوصفي هو: (القدرة على وصف الظاهرة وتوضيح العلاقة ومقدارها، واستنتاج الأسباب الكامنة وراء السلوك، ومعرفة مقدار النمو والتغير الذي يطرأ على استجابة أفراد العينة).

كما تم استخدام المنهج السببي المقارن (والذي يمكن من معرفة العلاقات المتبادلة بين الحقائق مما ييسر فهمها وتفسيرها) (ص ص: 182249)، ويعتبر المنهج الوصفي والسببي المقارن أكثر ملاءمة لطبيعة البحث الحالي؛ للتعرف على استخدام التقنيات الحديثة لتعزيز التوعية الصحية واستدامتها في حشود الحج والعمرة والزيارة. العينة: منسوبي إدارة التوعية الصحية بالمستشفيات بالمشاعر المقدسة، ومنسوبي الشركات المساهمة المغلقة (مؤسسات الطوافة، وحملات الحج والعمرة).

توصيف عينة الدراسة:

1- (توزيع عينة الدراسة وفقاً لمتغيرات الدراسة: النوع، جهة العمل، المستوى التعليمي، الخبرة)

جدول رقم (1): توزيع عينة الدراسة وفقاً لمتغيرات الدراسة

النوع (الجنس)		جهة العمل		المستوى التعليمي		الخبرة	
النسبة المئوية	التكرار	النسبة المئوية	التكرار	النسبة المئوية	التكرار	النسبة المئوية	التكرار
%28.9	22	%61.8	47	%55.3	42	%73.7	56
%71.1	54	%38.2	29	%19.7	15	%11.8	9
				%13.2	10	%7.9	6
				%11.8	9	%6.6	5

النوع (الجنس)		جهة العمل		المستوى التعليمي		الخبرة	
		الشركات المساهمة المغلقة-		بكالوريوس		أكثر من تسع سنوات	
		مؤسسات الطوافة (حملات الحج والعمرة)		دبلوم		أقل من ثلاث سنوات	
		وزارة الصحة - إدارة التوعية الصحية		دكتوراة		أربع سنوات الى ست	
				ماجستير		سبع سنوات الى تسع سنوات	

تشير بيانات الجدول السابق إلى توزيع أفراد عينة الدراسة وفقًا للنوع، حيث بلغ عدد الذكور 71.1% من إجمالي مفردات عينة الدراسة، وبلغ عدد الإناث 28.9% من إجمالي مفردات عينة الدراسة، كما تشير بيانات الجدول السابق إلى توزيع أفراد عينة الدراسة وفقًا لجهة العمل، حيث بلغ نسبة المستجيبين من مؤسسات الطوافة (حملات الحج والعمرة) 61.8 %من إجمالي مفردات عينة الدراسة، وبلغ نسبة المستجيبين من وزارة الصحة - إدارة التوعية الصحية 38.2 %من إجمالي مفردات عينة الدراسة، كما تشير بيانات الجدول السابق إلى توزيع أفراد عينة الدراسة وفقًا المستوى التعليمي، حيث بلغ نسبة البكالوريوس 55.3 % من إجمالي مفردات عينة الدراسة، وبلغ نسبة الدبلوم 19.7 %من إجمالي مفردات عينة الدراسة، وبلغ نسبة الدكتوراه13.2% من إجمالي مفردات عينة الدراسة ، وبلغ نسبة ماجستير 11.8 %من إجمالي مفردات عينة الدراسة . كما تشير بيانات الجدول السابق إلى توزيع أفراد عينة الدراسة وفقًا للخبرة، حيث بلغ نسبة المستجيبين من ذوي الخبرة من أكثر من 9 سنوات 73.7% من إجمالي مفردات عينة الدراسة، وبلغ نسبة المستجيبين من ذوي الخبرة من أقل من 3 سنوات 11.8% من إجمالي مفردات عينة الدراسة، وبلغ نسبة المستجيبين من ذوي الخبرة من 4 سنوات الى أقل من 6 سنوات 7.9% من إجمالي مفردات عينة الدراسة، وبلغ نسبة المستجيبين من ذوي الخبرة من 7 سنوات إلى أكثر من9 سنوات 6.6%. من إجمالي مفردات عينة الدراسة.

المعالجة الإحصائية للبيانات:

لاستخراج نتائج البحث قامت الباحثتان باستخدام البرنامج الإحصائي (spss) حيث استخدم بعض الأساليب الإحصائية التي تتلاءم وطبيعة البيانات المطلوبة مثل

1. حساب اختبار "ت " t-testللمجموعة الواحدة للتأكد من دلالة الفروق الإحصائية بين متوسطات درجات المبحوثين والمتوسط الافتراضي.
2. استخدام معامل ارتباط بيرسون Pearson Correlation للتحقق من صدق الاتساق الداخلي للمقياس.
3. معامل ألفا كرو نباخ للتأكد من ثبات المقياس.
4. تحليل التباين ذي البعد الواحد One Way Analysis of Variance ANOVA لدراسة الفروق الإحصائية بين المتوسطات الحسابية للمجموعات في أحد متغيرات الدراسة وهي: (الجنس، وجهة العمل، والخبرة، والمستوى التعليمي).
5. الاختبارات البعدية Post Hoc Tests بطريقة أقل فرق معنوي Least Significance Difference والمعروف بـــ L.S.D لمعرفة مصدر التباين بين المجموعات التي يؤكد تحليل التباين على وجود فرق بينها (وسيوظف هذا الاختبار في حال وجدت فروق).

خطوات تقنين أداة الدراسة:

صدق الاستبيان:

يقصد بالصدق أن يقيس الاستبيان ما وضع لقياسه، وقد أجرى اختبار الصدق للتأكد من صدق الاستبيان من حيث صدق المحتوى Content validityحيث تم تحديد أهداف الدراسة وتساؤلاتها وترجمة ذلك في شكل فروض، وكذلك مراجعة بعض الدراسات السابقة، ثم وضع الأسئلة التي تغطي أهداف وتساؤلات الدراسة.

الصدق المنطقي (صدق المحتوى): اعتمدت الباحثتان في بناء هذا الاستبيان واختيار العبارات المكونة لأبعاده على الدراسات السابقة. وكذلك اشتقت بعض عبارات المقياس من تقارير الصحة العالمية ومعايشة الواقع في مواسم الحج والعمرة والزيارة، سواء بشكل مباشر أو غير مباشر، ويشير هذا الاعتماد على المصادر السابقة إلى تمتع الاستبيان بقدر مقبول من الصدق المنطقي وأن المقاييس الفرعية صالحة للتطبيق.

3. النتائج والمناقشة

أولاً: نتائج عامة للدراسة

(1) تقييم فعالية استخدام التقنيات الحديثة في نشر التوعية الصحية في مواسم الحج والعمرة والزيارة.

أ تُقَدِّم التقنيات الحديثة الموثوقة معلومات توعوية صحية حول الإجراءات الوقائية خلال مواسم الحج والعمرة والزيارة.

ب تساهم التقنيات الحديثة في تجنب المخاطر الصحية والأمراض المعدية وتحسين السلوك الصحي لدى الحجاج والمعتمرين والزوار.

ج يجعل استخدام التقنيات الحديثة الرسائل الصحية أكثر فعالية من الطرق التقليدية مثل:(المنشورات الورقية).

د تسهم التقنيات الحديثة في تقليل انتشار الشائعات الصحية بين الحجاج والمعتمرين والزوار.

الجدول 2: نسبة موافقة عينة الدراسة للفقرات الاربعة

الفقرة (أ)			الفقرة (ب)			الفقرة (ج)			الفقرة (د)		
	التكرار	النسبة المئوية		التكرار	النسبة المئوية		التكرار	النسبة المئوية		التكرار	النسبة المئوية
غير موافق	2	%2.6	غير موافق	3	% 3.9	غير موافق	3	%3.9	غير موافق	6	%7.9
محايد	8	%10.5	محايد	7	% 9.2	محايد	7	% 9.2	غير موافق بشدة	2	%2.6
موافق	35	%46.1	موافق	40	%52.6	موافق	33	%43.4	محايد	12	%15.8
موافق بشدة	31	%40.8	موافق بشدة	26	%34.2	موافق بشدة	33	%43.4	موافق	29	%38.2
									موافق بشدة	27	%35.5

ويتضح من الجدول إن درجة الموافقة والموافقة بشدة هما الأعلى نسبة.

(2) تقييم أثر استخدام التقنيات الحديثة على فعالية مقدمي الرعاية الصحية في تقديم التوعية الصحية المباشرة للحجاج والمعتمرين والزوار.

أ تؤثر التقنيات الحديثة على عملية طرح مقدمي الرعاية الصحية لمواضيع حديثة ومفيدة حول الوقاية من الأمراض.

ب تؤثر التقنيات الحديثة على عملية تواجد مقدمي الرعاية الصحية بشكل كافٍ لتقديم التوعية الصحية المباشرة للحجاج والمعتمرين والزوار.

ج تؤثر التقنيات الحديثة على عملية مراعاة مقدمي الرعاية الصحية التنوع الثقافي واللغوي أثناء تقديم المعلومات الصحية للحجاج والمعتمرين والزوار.

الجدول 3: نسبة موافقة عينة الدراسة للفقرات الثلاثة

الفقرة (أ)			الفقرة (ب)			الفقرة (ج)		
	التكرار	النسبة المئوية		التكرار	النسبة المئوية		التكرار	النسبة المئوية
غير موافق	5	%6.6	غير موافق	9	%11.8	غير موافق	6	%7.9
غير موافق بشدة	1	%1.3	غير موافق بشدة	2	%2.6	غير موافق بشدة	1	%1.3
محايد	15	%19.7	محايد	16	%21.1	محايد	12	%15.8
موافق	39	%51.3	موافق	32	%42.1	موافق	38	%50.0
موافق بشدة	16	%21.1	موافق بشدة	17	%22.4	موافق بشدة	19	%25.0

ويتضح من الجدول إن درجة الموافقة والموافقة بشدة هما الاعلى نسبة.

(3) تحديد أفضل الممارسات الصحية العالمية في مجال استدامة التوعية الصحية خلال التجمعات الكبيرة.

أ يتوفر لدينا دائما أفضل الممارسات العالمية في استدامة التوعية الصحية خلال التجمعات الكبيرة.

ب يوجد تعاون بين إدارة التوعية الصحية بوزارة الصحة ومؤسسات الطوافة في استخدام أفضل الممارسات الصحية لتعزيز استدامة التوعية الصحية خلال مواسم الحج والعمرة والزيارة.

ج تؤثر برامج التوعية الصحية المستدامة في تقليل انتشار الأمراض خلال مواسم الحج والعمرة والزيارة.

الجدول 4: نسبة موافقة عينة الدراسة للفقرات الثلاثة

الفقرة (أ)			الفقرة (ب)			الفقرة (ج)		
	التكرار	النسبة المئوية		التكرار	النسبة المئوية		التكرار	النسبة المئوية
غير موافق	3	%3.9	غير موافق	7	%9.2	غير موافق	2	%2.6
غير موافق بشدة	1	%1.3	غير موافق بشدة	1	%1.3	غير موافق بشدة	1	%1.3
محايد	12	%15.8	محايد	23	%30.3	محايد	11	%14.5
موافق	41	%53.9	موافق	33	%43.4	موافق	39	%51.3
موافق بشدة	19	%25.0	موافق بشدة	12	%15.8	موافق بشدة	23	%30.3

ويتضح من الجدول أن درجة الموافقة والموافقة بشدة هما الأعلى نسبة.

يتضح من الجداول الثلاثة أن درجة الموافقة هي الأعلى ويليها درجة الموافقة بشدة.

ثانياً: نتائج اختبار الفروض:

الفرض الأول: يختلف دور التقنيات الحديثة في نشر التوعية الصحية في مواسم الحج والعمرة والزيارة باختلاف متغيرات الدراسة.

الفرض الأول الفرعي: توجد فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى دلالة 0.5 بين المبحوثين في اعتقادهم عن اختلاف دور التقنيات الحديثة في نشر التوعية الصحية في مواسم الحج والعمرة والزيارة تبعا لمتغير الجنس.

الجدول 5: اختبار (ت) لاختبار الفرق في اختلاف دور التقنيات الحديثة في نشر التوعية الصحية في مواسم الحج والعمرة والزيارة تبعا لمتغير الجنس

الجنس	حجم العينة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	درجة الحرية	قيمة ت	مستوى الدلالة
أنثى	22	4.1932	.56131	74	0.268	0.790
ذكر	54	4.1481	.70128			

توضح بيانات الجدول السابق عدم وجود فروق دالة إحصائياً في اختلاف دور التقنيات الحديثة في نشر التوعية الصحية في مواسم الحج والعمرة والزيارة تبعا لمتغير الجنس بين المبحوثين تبعا لمتغير الجنس، حيث بلغت قيمة (ت) (0.268)، وهي قيمة غير دالة عند مستوى معنوية (0.790) ودرجة حرية 74 وبذلك يرفض الفرض الأول الفرعي.

الفرض الثاني الفرعي: توجد فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى دلالة 0.5 بين المبحوثين في اعتقادهم في اختلاف دور التقنيات الحديثة في نشر التوعية الصحية في مواسم الحج والعمرة والزيارة تبعا لمتغير جهة العمل.

الجدول 6: اختبار (ت) لاختبار الفرق في اختلاف دور التقنيات الحديثة في نشر التوعية الصحية في مواسم الحج والعمرة والزيارة تبعا لمتغير جهة العمل

جهة العمل	حجم العينة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	درجة الحرية	قيمة ت	مستوى الدلالة
وزارة الصحة - إدارة التوعية الصحية	29	254.	.56131	74	1.059	299.**0**
مؤسسات الطوافة (حملات الحج والعمرة)	47	1064.	422.7			

توضح بيانات الجدول السابق عدم وجود فروق دالة إحصائياً في اختلاف دور التقنيات الحديثة في نشر التوعية الصحية في مواسم الحج والعمرة والزيارة تبعا لمتغير جهة العمل بين المبحوثين تبعا لمتغير الجنس، حيث بلغت قيمة (ت) (0.268)، وهي قيمة غير دالة عند مستوى معنوية (0.790) ودرجة حرية 74 وبذلك يرفض الفرض الثاني الفرعي.

الفرض الثالث الفرعي: توجد فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى دلالة 0.5 بين المبحوثين في اعتقادهم في اختلاف دور التقنيات الحديثة في نشر التوعية الصحية في مواسم الحج والعمرة والزيارة تبعا لمتغير الخبرة.

الجدول 7: اختبار تحليل التباين ANOVA لاختبار الفروق في اختلاف دور التقنيات الحديثة في نشر التوعية الصحية في مواسم الحج والعمرة والزيارة تبعا لمتغير الخبرة

		مجموع المربعات	درجة الحرية	متوسط المربعات	قيمة F	مستوى الدلالة
اقل من ثلاثة سنوات	بين المجموعات	2.524	7	.361	11.540	.223
	داخل المجموعات	.031	1	.031		
	المجموع	2.556	8			
من اربعة الى ستة سنوات	بين المجموعات	.146	4	.036	.130	.950
	داخل المجموعات	.281	1	.281		
	المجموع	.427	5			
من سبعة الى تسعة سنوات	بين المجموعات	3.094	3	1.031	1.320	.552
	داخل المجموعات	.781	1	.781		
	المجموع	3.875	4			
أكثر من تسعة سنوات	بين المجموعات	24.679	10	2.468	.	.
	داخل المجموعات	.000	45	.000		
	المجموع	24.679	55			

توضح بيانات الجدول السابق -عدم وجود فروق دالة إحصائيا بين المبحوثين تبعا لمتغير الخبرة.

الفرض الرابع الفرعي: توجد فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى دلالة 0.5 بين المبحوثين في اعتقادهم في اختلاف دور التقنيات الحديثة في نشر التوعية الصحية في مواسم الحج والعمرة والزيارة تبعا لمتغير المستوى التعليمي.

الجدول 8: اختبار تحليل التباين ANOVA لاختبار الفروق في اختلاف دور التقنيات الحديثة في نشر التوعية الصحية في مواسم الحج والعمرة والزيارة تبعا لمتغير المستوى التعليمي

		مجموع المربعات	درجة الحرية	متوسط المربعات	قيمة F	مستوى الدلالة
دبلوم	بين المجموعات	4.119	8	.515	6.310	.549
	داخل المجموعات	.490	6	.082		
	المجموع	4.608	14			
بكالوريوس	بين المجموعات	19.277	10	1.928	.	.
	داخل المجموعات	.000	33	.000		
	المجموع	19.277	43			
ماجستير	بين المجموعات	1.972	7	.282	.	.
	داخل المجموعات	.000	1	.000		
	المجموع	1.972	8			
دكتوراة	بين المجموعات	4.900	7	.700		
	داخل المجموعات	1.250	2	.625		
	المجموع	6.150	9			

توضح بيانات الجدول السابق -عدم وجود فروق دالة إحصائيا بين المبحوثين من المستويات التعليمية المختلفة، حيث بلغت قيمة (ف) (6.31) عند مستوى الدلالة (0.549).

فتكون نتيجة الفرض الأول عدم وجود فروق دالة إحصائيا عند مستوى دلالة 0.5 بين المبحوثين في اعتقادهم لاختلاف دور التقنيات الحديثة في نشر التوعية الصحية في مواسم الحج والعمرة والزيارة باختلاف متغيرات الدراسة التالية: (الجنس، جهة العمل، الخبرة المستوى التعليمي). حيث تتفق هذه النتيجة مع دراسة جيمياوي (2022) والتي تثبت وجود عوائق وتناقض بين الوعي بتطبيقات الصحة عبر الهاتف المحمول والمواقف الإيجابية تجاهها واستخدامها. كما أوصت دراسة رسولي (2024) بضرورة وضع استراتيجيات للاستفادة من الذكاء الاصطناعي في تحسين نتائج رعاية المرضى.

الفرض الثاني: تقييم أثر استخدام التقنيات الحديثة على فعالية مقدمي الرعاية الصحية في تقديم التوعية الصحية المباشرة للحجاج والمعتمرين والزوار.

الفرض الأول الفرعي: تؤثر التقنيات الحديثة على عملية طرح مقدمي الرعاية الصحية لمواضيع حديثة ومفيدة حول الوقاية من الأمراض.

الجدول 9: اختبار (ت) لاختبار الفرق في اختلاف تأثير التقنيات الحديثة على عملية طرح مقدمي الرعاية الصحية لمواضيع حديثة ومفيدة حول الوقاية من الأمراض تبعا لمتغير الجنس

مستوى الدلالة	قيمة ت	درجة الحرية	الانحراف المعياري	المتوسط الحسابي	حجم العينة	الجنس
99.00	-1.670	74	.65575	4.0606	22	أنثى
			.89031	3.7099	54	ذكر

توضح بيانات الجدول السابق عدم وجود فروق دالة إحصائياً عند مستوى دلالة 0.5 بين المبحوثين في اعتقادهم في اختلاف تأثير التقنيات الحديثة على عملية طرح مقدمي الرعاية الصحية لمواضيع حديثة ومفيدة حول الوقاية من الأمراض تبعا لمتغير الجنس.

الجدول 10: اختبار (ت) لاختبار الفرق في اختلاف تأثير التقنيات الحديثة على عملية طرح مقدمي الرعاية الصحية لمواضيع حديثة ومفيدة حول الوقاية من الأمراض تبعا لمتغير جهة العمل

مستوى الدلالة	قيمة ت	درجة الحرية	الانحراف المعياري	المتوسط الحسابي	حجم العينة	جهة العمل
356.**0**	1.387	74	0.731	3.885	29	وزارة الصحة - إدارة التوعية الصحية
			0.906	3.766	47	مؤسسات الطوافة (حملات الحج والعمرة)

توضح بيانات الجدول السابق عدم وجود فروق دالة إحصائياً عند مستوى دلالة 0.5 بين المبحوثين في اعتقادهم في اختلاف تأثير التقنيات الحديثة على عملية طرح مقدمي الرعاية الصحية لمواضيع حديثة ومفيدة حول الوقاية من الأمراض تبعًا لمتغير جهة العمل.

الجدول 11: اختبار تحليل التباين ANOVA لاختبار الفروق في اختلاف تأثير التقنيات الحديثة على عملية طرح مقدمي الرعاية الصحية لمواضيع حديثة ومفيدة حول الوقاية من الأمراض تبعًا لمتغير الخبرة

مستوى الدلالة	قيمة F	متوسط المربعات	درجة الحرية	مجموع المربعات		
.402	1.066	.596	2	1.191	بين المجموعات	أقل من ثلاث سنوات
		.559	6	3.352	داخل المجموعات	
			8	4.543	المجموع	
.183	3.156	.935	2	1.870	بين المجموعات	من أربع الى ست سنوات
		.296	3	.889	داخل المجموعات	
			5	2.759	المجموع	
.844	.046	.059	1	.059	بين المجموعات	من سبع إلى تسع سنوات
		1.284	3	3.852	داخل المجموعات	
			4	3.911	المجموع	
.	.	4.104	10	41.040	بين المجموعات	أكثر من تسع سنوات
		.000	45	.000	داخل المجموعات	
			55	41.040	المجموع	

الجدول 12: اختبار تحليل التباين ANOVA لاختبار الفروق في اختلاف تأثير التقنيات الحديثة على عملية طرح مقدمي الرعاية الصحية لمواضيع حديثة ومفيدة حول الوقاية من الأمراض تبعا لمتغير المستوى التعليمي

مستوى الدلالة	قيمة F	متوسط المربعات	درجة الحرية	مجموع المربعات		
.001	12.062	4.132	4	16.530	بين المجموعات	دبلوم
		.343	10	3.426	داخل المجموعات	
			14	19.956	المجموع	
.	.	2.700	8	21.601	بين المجموعات	بكالوريوس
		.000	33	.000	داخل المجموعات	
			41	21.601	المجموع	

	بين المجموعات	.926	2	.463	1.154	.377
ماجستير	داخل المجموعات	2.407	6	.401		
	المجموع	3.333	8			
	بين المجموعات	.667	3	.222	.231	.872
دكتوراة	داخل المجموعات	5.778	6	.963		
	المجموع	6.444	9			

وتأتي نتيجة الفرض الثاني عدم وجود فروق دالة إحصائيا عند مستوى دلالة 0.5 بين المبحوثين في اعتقادهم لتقييم أثر استخدام التقنيات الحديثة على فعالية مقدمي الرعاية الصحية في تقديم التوعية الصحية المباشرة في مواسم الحج والعمرة والزيارة باختلاف متغيرات الدراسة التالية: (الجنس، جهة العمل، الخبرة المستوى التعليمي). حيث تتفق هذه النتيجة مع دراسة الرويثي وآخرون (2024) في تقديم خدمات إرشادية مثل: المحاضرات التوعوية، ومشاركة قادة الحملات والخطباء في نشر المعلومات الصحية بين أعضاء الحملات، والتدريب العملي للإسعافات الأولية.

الفرض الثالث: تحديد أفضل الممارسات الصحية العالمية في مجال استدامة التوعية الصحية خلال التجمعات الكبيرة.

الجدول 13: اختبار (ت) لاختبار الفرق في تحديد أفضل الممارسات الصحية العالمية في مجال استدامة التوعية الصحية خلال التجمعات الكبيرة تبعا لمتغير الجنس

مستوى الدلالة	قيمة ت	درجة الحرية	الانحراف المعياري	المتوسط الحسابي	حجم العينة	الجنس
.3020	-.8450	74	.61721	4.0000	22	أنثى
			.75988	3.8457	54	ذكر

توضح بيانات الجدول السابق عدم وجود فروق دالة إحصائياً عند مستوى دلالة 0.5 بين المبحوثين في اعتقادهم في تحديد أفضل الممارسات الصحية العالمية في مجال استدامة التوعية الصحية خلال التجمعات الكبيرة تبعا لمتغير الجنس

الجدول 14: اختبار (ت) لاختبار الفرق في تحديد أفضل الممارسات الصحية العالمية في مجال استدامة التوعية الصحية خلال التجمعات الكبيرة تبعا لمتغير جهة العمل

مستوى الدلالة	قيمة ت	درجة الحرية	الانحراف المعياري	المتوسط الحسابي	حجم العينة	جهة العمل
.2580	1.952	74	.57688	4.0230	29	وزارة الصحة - إدارة التوعية الصحية
			.79984	3.7872	47	مؤسسات الطوافة (حملات الحج والعمرة)

توضح بيانات الجدول السابق عدم وجود فروق دالة إحصائياً عند مستوى دلالة 0.5 بين المبحوثين في اعتقادهم في تحديد أفضل الممارسات الصحية العالمية في مجال استدامة التوعية الصحية خلال التجمعات الكبيرة تبعا لمتغير جهة العمل.

الجدول 15: اختبار تحليل التباين ANOVA لاختبار الفروق في تحديد أفضل الممارسات الصحية العالمية في مجال استدامة التوعية الصحية خلال التجمعات الكبيرة تبعًا لمتغير الخبرة

		مجموع المربعات	درجة الحرية	متوسط المربعات	قيمة F	مستوى الدلالة
	بين المجموعات	.025	4	.006	.010	1.000
أقل من ثلاث سنوات	داخل المجموعات	2.519	4	.630		
	المجموع	2.543	8			
	بين المجموعات	1.148	3	.383	.530	.705
من أربع الى ست سنوات	داخل المجموعات	1.444	2	.722		
	المجموع	2.593	5			
	بين المجموعات	.667	3	.222	1.000	.609
من سبع إلى تسع سنوات	داخل المجموعات	.222	1	.222		
	المجموع	.889	4			
	بين المجموعات	31.270	9	3.474		.000
أكثر من تسع سنوات	داخل المجموعات	.000	46	.000		
	المجموع	31.270	55			

الجدول 16: اختبار تحليل التباين ANOVA لاختبار الفروق في تحديد أفضل الممارسات الصحية العالمية في مجال استدامة التوعية الصحية خلال التجمعات الكبيرة تبعًا لمتغير المستوى التعليمي

		مجموع المربعات	درجة الحرية	متوسط المربعات	قيمة F	مستوى الدلالة
دبلوم	بين المجموعات	10.337	6	1.723	2.932	.081
	داخل المجموعات	4.700	8	.587		
	المجموع	15.037	14			
بكالوريوس	بين المجموعات	15.767	7	2.252		.000
	داخل المجموعات	.000	34	.000		
	المجموع	15.767	41			
ماجستير	بين المجموعات	3.204	4	.801	5.581	.062
	داخل المجموعات	.574	4	.144		
	المجموع	3.778	8			
دكتوراة	بين المجموعات	1.452	4	.363	.942	.509
	داخل المجموعات	1.926	5	.385		
	المجموع	3.378	9			

وتأتي نتيجة الفرض الثالث عدم وجود فروق دالة إحصائيا عند مستوى دلالة 0.5 بين المبحوثين في اعتقادهم في تحديد أفضل الممارسات الصحية العالمية في مجال استدامة التوعية الصحية خلال التجمعات الكبيرة باختلاف متغيرات الدراسة التالية: (الجنس، جهة العمل، الخبرة المستوى التعليمي). حيث أوصت دراسة المطيري وآخرون (2022) في طرح اقتراح لإدارة الحشود الكبيرة واستدامتها.

4. الخلاصة

إن الاهتمام بصحة الحجاج والمعتمرين والزوار من أولويات المملكة العربية السعودية المنصوص علها في أهداف الخطة الاستراتيجية 2030 ضمن مرتكز مجتمع حيوي، وجميع المؤسسات التعليمية والصحية والخدمية تسعى لتمكين ضيوف الرحمن من أداء مناسكهم بيسر وسهولة وصحة جيدة، كما وقد نصت أهداف معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة ضمن الملتقى العلمي الرابع والعشرين لأبحاث الحج والعمرة والزيارة على تطوير الخدمات والمرافق المقدمة في الحج والعمرة والزيارة ورفع كفاءتها التشغيلية، كما قد وضعت وزارة الصحة في خطتها للتحول 2030 الهدف الثالث القائم على تعزيز الوقاية ضد المخاطر الصحية وتشمل عنصر الصحة الوقائية مثل الوعي المجتمعي والتطعيم للحد من التعرض للأمراض، والتعامل مع الأزمات الصحية للأمراض المعدية وغير المعدية بما في ذلك التعامل مع الأوبئة والكوارث الطبيعية.

توصل البحث الحالي إلى مجموعة من النتائج التي يمكن إيجازها في النقاط التالية: -

1. أكدت نتائج البحث على أن التقنيات الحديثة تؤثر على عملية تواجد مقدمي الرعاية الصحية بشكل كافٍ لتقديم التوعية الصحية المباشرة للحجاج والمعتمرين والزوار.
2. أكدت نتائج البحث على أن التقنيات الحديثة تؤثر على عملية مراعاة مقدمي الرعاية الصحية التنوع الثقافي واللغوي أثناء تقديم المعلومات الصحية للحجاج والمعتمرين والزوار.
3. أكدت نتائج البحث على أهمية تقديم التوعية التثقيفية الصحية باستخدام التقنية الحديثة الداعمة لخدمة الحجاج والمعتمرين والزوار وهذا من شأنه يعطي أهمية صحية لسلامة ضيوف الحرمين.
4. أثبت البحث إلى مدى أهمية دور الملتقى العلمي لأبحاث الحج والعمرة في الوقت الحاضر في بناء المعرفة من خلال الاهتمام بالقضايا والأبحاث الإنتاجية وحل المشكلات وربطها بالتقنية الحديثة.
5. أكدت نتائج البحث إلى إدراك تهديد وخطر على سلامة الحجاج النتاج من عدم استدامة التوعية الصحية في الحشود الكبيرة.
6. أكدت نتائج البحث إلى ضرورة تفعيل التقنيات الحديثة في نشر التوعية الصحية في مواسم الحج والعمرة والزيارة في نشر العادات الصحية الإيجابية المطلوبة لسلامة الحجاج والمعتمرين والزوار.

7. أشـارت نتائج البحث إلى عدم وجود فروق ذات دلالة إحصـائية عند مسـتوى دلالة 0.5 بـــين المبحوثين في اعتقادهم في اختلاف دور التقنيات الحديثة في نشـر التوعية الصـحية في مواسـم الحج والعمرة والزيارة باختلاف متغيرات الدراسـة: (الجنس، وجهة العمل، والخبرة، والمستوى التعليمي).
8. أشارت نتائج البحث إلى عدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى دلالة 0.5 بـين المبحوثين في اعتقادهم في اختلاف لتقييم أثر استخدام التقنيات الحديثة على فعالية مقدمي الرعاية الصحية في تقديم التوعية الصحية المباشرة للحجاج والمعتمرين والزوار باختلاف متغيرات الدراسة التالية: (الجنس، جهة العمل، الخبرة المستوى التعليمي).
9. أشـارت نتائج البحث إلى عدم وجود فروق دالة إحصـائيا عند مسـتوى دلالة 0.5 بـــين المبحوثين في اعتقادهم في تحديد أفضـل الممارسـات الصـحية العالمية في مجال اسـتدامة التوعية الصـحية خلال التجمعات الكبيرة باختلاف متغيرات الدراسـة التالية: (الجنس، جهة العمل، الخبرة المستوى التعليمي).

5. التوصيات

1. ضرورة الاستفادة من الخبرات العالمية لتطوير خدمات التوعية والتثقيف الصحي خلال التجمعات الكبيرة.
2. العمل على إنشاء وكالة لخدمة وسلامة ضيوف الرحمن لوضع معايير وآليات ربط المؤسسات التعليمية والصحية والشركات المساهمة المغلقة للطوافة.
3. المساهمة في إيجاد تطبيق خاص بالتوعية الصحية وربطه بضرورة إتمام مسيرة الحج والعمرة والزيارة.
4. عمل الشـراكة بين المؤسـسـات التعليمية ووزارة الصحة والشـركات المسـاهمة المغلقة (مؤسـسـات الطوافة وحملات الحج والعمرة) تحتاج لتفعيل سـياسـة الانفتاح أكثر في مجال تقديم التوعية الصـحية والتثقيف من خلال وحدات وكفاءات بشـرية معدة إعدادًا جيدًا.
5. تصميم وتطوير أدوات توعوية صحية مبتكرة تعتمد على التقنيات الحديثة لتعزيز التوعية الصحية لدى الحجاج والمعتمرين والزوار في المشاعر المقدسة، مما يسهم في تحسين سلامتهم وصحتهم أثناء أداء المناسك.
6. تطوير واختبار نموذج لرفع مسـتوى الوعي الصـحي والسـلوك الوقائي أثناء مناسـك الحج والتجمعات الكبيرة "الرحلة الصـحية التفاعلية" الذي يعتمد على تقديم محتوى صـحي تفاعلي للحجاج عبر منصـة رقمية، وذلك لرفع الوعي الصـحي وضـمان التزامهم بالسلوك الوقائي.
7. إنشـاء مسـاقات تدريبية تعتمد على تقنية الواقع الافتراضي بحيث يتسـنى للحجاج التمرن على المناسـك بشـكل آمن مع تعريفهم على بيئة الحج بالإضـافة إلى محاكاة الظروف المناخية والتحديات البدنية التي قد تواجههم وتقديم الإرشـادات الصحية التفاعلية في ذات الوقت.

المراجع:

- القرآن الكريم.
- البخاري، أبو عبد الله محمد بن إسماعيل. (194-256). (2008). الكتب الستة. ط4، الرياض: مكتبة دار السلام.
- برنياك-ووزني، جوستينا، و كواسيك أرتور، ٢٠٢٠م ممارسات إعداد التقارير المتعلقة بالاستدامة في قطاع منتجات الرعاية الصحية - حالة أوروبا وأمريكا الشمالية، مجلة البحوث الاقتصادية المقارنة. أوروبا الوسطى والشرقية، جامعة فيستولا، وارسو، بولندا، المجلد ٢٣، العدد ٠٢، ٢٠٢٠م.
- جيمباي، جوليان، و وونغ، يي لين، و بختيار، نور علياء، و أم دي لازيم، سـتي نورسـورايا، و لينغ، هوي سـونغ، و كوان، بي، و تشـوا، بين، ٢٠٢٢م تطبيقات الصحة المحمولة: الوعي والمواقف والممارسات بين طلاب الطب في ماليزيا، مجلة BMC التعليم الطبي، كلية الطب، جامعة مالايا، ماليزيا، المجلد ٢٢، العدد ٥٤٤، ديسمبر ٢٠٢٢م.
- خامت، سعدية، والغرياني، فتحي، ٢٠٢٢م أثر المعتقدات الصحية في تشكيل السلوك الصحي باستخدام نمذجة المعادلات الهيكلية بالمربعات الصغرى (PLS-SEM)، مجلة أبحاث اقتصادية معاصرة، جامعة تونس، جامعة البويرة، المجلد ٠٥، العدد ٠٢، ٢٠٢٢م.
- رسـولي، شـيفا، والكردي، ضـحى، وجيا، بوتشـن، ٢٠٢٤م دور الذكاء الاصـطناعي في التعليم والممارسـة الطبية الحديثة: مراجعة منهجية للأدبيات [مخطوطة غير منشورة]، متاحة على أرشيف منصة MedRxiv، قسم هندسة النظم الصناعية والتصنيعية، جامعة ميشيغان، الولايات المتحدة الأمريكية، يوليو ٢٠٢٤م.

- الرويثي، عبد الهادي، والجهني، مؤيد، وإسماعيل، خليل، والمحمادي، عبد الرحمن، 2024م. دمج نموذجي المعتقد الصحي والبيئي والاجتماعي: إطار استراتيجي مقترح لتصميم وتنفيذ برامج التوعية والتثقيف الصحي للحجاج والمعتمرين. الملتقى العلمي الثالث والعشرون لأبحاث الحج والعمرة والزيارة (التميز الصحي في خدمة ضيوف الرحمن، جامعة أم القرى، معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة، ص ص (190- 198).
- العساف، صالح حمد،2006، المدخل إلى البحث في العلوم السلوكية، ط4، الرياض: العبيكان.
- فليبس، جيما، وفري، كارولين، وجالي، ليساندرو، وواتسون، لويز، ولامبرت، فيليكس، و إدواردز، فيل، و باتيل، فيكرام، و هاينز، آندي، ٢٠١٣م فعالية التدخلات القائمة على تكنولوجيا الصحة المحمولة لتغيير سلوك الصحة أو إدارة الأمراض للمستهلكين في الرعاية الصحية: مراجعة منهجية، مجلة بلوس الطبية، كلية لندن للاقتصاد، المملكة المتحدة، المجلد ١٠، العدد ٠٤، يناير ٢٠١٣م.
- المطيري، مشعل محمد، ويمين، محمد، وحليكياس، جورج، وأبي سن، عدنان أحمد، ٢٠٢٢م إطار عمل لإدارة الحشود خلال جائحة كوفيد-19 باستخدام الذكاء الاصطناعي، مجلة الاستدامة، قسم الهندسة الكهربائية والإلكترونية، كلية الرياضيات وعلوم الحاسب والهندسة، لندن، المملكة المتحدة، كلية الاقتصاد والإدارة، جامعة الملك عبد العزيز، جدة، المملكة العربية السعودية، عمادة تقنية المعلومات، الجامعة الإسلامية، المدينة المنورة، المملكة العربية السعودية، المجلد ١٤، العدد ٠١، يناير ٢٠٢٢م.
- منظمة الصحة العالمية، ٢٠٢٢م جودة الهواء في الأماكن الخارجية والصحة، متاح على: https://www.who.int/ar/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health ديسمبر ٢٠٢٢م، (تم الوصول إليه: ٢١ اكتوبر ٢٠٢٤).
- منظمة الصحة العالمية، ٢٠٢٤م محو الأمية الصحية، متاح على: https://www.who.int/ar/news-room/fact-sheets/detail/health-literacy أغسطس ٢٠٢٤م، (تم الوصول إليه: ٢١ أكتوبر ٢٠٢٤).
- الهيئة العامة للإحصاء، ٢٠٢٤م إجمالي أعداد الحجاج لموسم حج ١٤٤٥هـ بلغ 1,833,164، متاح على: https://www.stats.gov.sa/ar/news/532 (تم الوصول إليه: ٢١ أكتوبر ٢٠٢٤).
- يامونا، بيدابوينا، ونيثين، فينكاتا، وراكيش، ثوباري، وساندييب، غانداماالا، وسوهاس، جادام، ٢٠٢٤م إدارة الحشود ومراقبة العمل باستخدام التعلم الآلي، المجلة الدولية للبحوث التقدمية في الإدارة والعلوم الهندسية (IJPREMS)، كلية الهندسة، حيدر أباد، الهند، المجلد ٠٤، العدد ٠٥، مايو ٢٠٢٤م.

تقييم المعرفة عن لقاح الإنفلونزا وتلقي اللقاح من قبل المعتمرين

نورا الشمري*[1]، بيان الشريف[2]، رحاب جعفر[3]، هبه دوش[4]

استراتيجيات الرعاية الصحية، تجمع المدينة الصحي*[1]

بحوث الحج والعمرة، مدينة الملك عبدالله الطبية[2]

الصحة العامة والطب الوقائي، مدينة الملك عبدالله الطبية[3]

كلية الطب والجراحة,جامعة ام القري[4]

Assessment of Influenza Vaccine knowledge and uptake by Umrah Visitors

Noura Alshammary*[1], Bayan Alshareef[2], Rehab Gaafr[3] and Heba Dosh[4]

[1]* health care strategy, Madinah Health Cluster

[2]Hajj and Umrah Research, King Abdullah Medical City

[3]Public Health & Preventive Medicine, King Abdullah Medical City

[4]Umm Al-Qura University, college of Medicine

*Corresponding author: E-mail (dr-noura.saud@hotmail.com)

الملخص

تعتبر العمرة واحدة من أكبر التجمعات السنوية في العالم، مما يسبب تحديات كبيرة في الصحة العامة بسبب الكثافة العالية للمعتمرين في الحرم المكي، مما يزيد من خطر الإصابة بالعدوى التنفسية. هدفت الدراسة إلى تقييم مدى أخذ لقاحات الإنفلونزا ومعرفة اللقاح بين المعتمرين في عام 2024. المنهجية: تم إجراء هذه الدراسة المقطعية على 572 حاجاً في مكة خلال رمضان 2024 باستخدام استبيان إلكتروني منظم. شملت البيانات المجمعة تفاصيل ديموغرافية، تاريخ التطعيم، ومعرفة الإنفلونزا. شملت مواقع الدراسة الفنادق القريبة من المسجد الحرام، وساحة مسجد الراجحي، ومحطة القطار في مكة.

النتائج: أفاد 37.8%من المشاركين بأنهم تلقوا لقاح الإنفلونزا. لوحظ انخفاض ملحوظ في نسبة أخذ اللقاح بين المعتمرين الذين يعانون من أمراض مزمنة (34.3%، p=0.004) مقارنة بالأفراد الأصحاء. بالإضافة إلى ذلك، أظهر الذكور معدل تطعيم أعلى 44.4%، (p=0.005) مقارنة بالإناث. كما أظهرت العلاقة بين معرفة اللقاح وأخذه دلالة إحصائية؛ حيث كان معدل أخذ اللقاح لدى المشاركين الذين لديهم معرفة جيدة 44.7% (p=0.049)، مقارنة بمعدل 31.8% لأولئك الذين لديهم معرفة ضعيفة (p=0.085).

الاستنتاج في ظل ندرة البحوث الصحية التي تسلط الضوء على اهمية اللقاح للمعتمرين تظهر النتائج الحاجة الملحة لتحسين التعليم الصحي واستراتيجيات التدخل لزيادة نسبة أخذ لقاح الإنفلونزا بين المعتمرين في العمرة. ينبغي أن تهدف الأبحاث المستقبلية إلى تقييم فعالية استراتيجيات الوقاية والتواصل الصحي المخصصة لتعزيز السلوكيات الصحية ضد مخاطر العدوى أثناء المناسك.

انظر البحث الكامل في الجزء الخاص بالأبحاث الإنجليزية صفحة (87)

الملتقى العلمي الرابع والعشرون
لأبحاث الحج والعمرة والزيارة
التميز في النقل وإدارة الحشود

دراسة متطلبات ملابس السلامة عالية الرؤية في مناطق الحشود

منى محمد حجي
كلية التصاميم والفنون، جامعة أم القرى

Study Requirements for High-Visibility Safety Clothing in Crowd areas

Muna M. Hijji
College of Designs and Arts - Umm Al-Qura University
*Corresponding author: E-mail (mmhijji@uqu.edu.sa)

الملخص

تأتي هذه الدراسة للكشف عن مدى مطابقة وملاءمة ملابس السلامة عالية الوضوح المتوافرة في الأسواق المحلية لمتطلبات معيار EN ISO 20471 للمواد النسيجية والاشرطة العاكسة، والتي يستخدمها المنظمون ورجال الأمن لتزويدهم بالحماية في البيئات ذات الإضاءة المنخفضة أو حركة المرور الكثيفة، ويمكن ملاحظة هذه الألوان العاكسة لملابس السلامة بسهولة للغاية أثناء الاستخدام في النهار والليل أو كليهما. ونتيجة لذلك، يساعد ذلك على البقاء في مأمن من الحوادث المحتملة والإصابات على جانب الطريق أو مناطق الحشود.

اتبعت الدراسة منهجاً وصفياً تمثل في المراجعات الأدبية، والدراسة التطبيقية من خلال دراسة المتطلبات العامة للأداء والاستخدام في ملابس السلامة المسحوبة من الأسواق المحلية وتقييم الأداء الانعكاسي للخامات الجديدة والانعكاس بعد التعرض للضغوط. ميدانياً، تم جمع (18) عينة عشوائية من ملابس السلامة عالية الوضوح تمثل معظم أنواع ملابس السلامة المتاحة في السوق المحلي، (السترة والجاكيت والافرول والبنطال) بمقاسات مختلفة (M-L-XL-XL2-XL3-XL4)، معملياً، تم إجراء اختبارات معامل الانعكاس (الانعكاس الرجعي) على عدد (9) عينات متباينة في مستوى الجودة وتمثل معظم ملابس السلامة، وجاءت أهم النتائج كالآتي: أكثر من 50٪ من عينات السوق المحلية العشوائية للمشروع لم تستوف متطلبات (ISO - 20471) لأداء اللون والانعكاس الرجعي في الحالة الجديدة وبعد التعرض للضغوط. أظهر المعطف عالي الوضوح أداء جيدا للون والانعكاس الرجعي، أظهر الأفرول عالي الوضوح أداءً سيئا في اللون والانعكاس الرجعي. أظهرت السترة عالية الوضوح أداء متوسط في اللون والانعكاس الرجعي، لا يحتوي البنطال عالي الوضوح على مساحة كافية من شريط الانعكاس المرئي. بعض أنواع ملابس السلامة مصنوعة من مواد خلفية غير فلورية، وجاءت أهم التوصيات: يجب أن تكون جميع ملابس السلامة عالية الوضوح مصنوعة من مواد خلفية فلورية. لا يقل عروض الأشرطة العاكسة عن 5 سم، وأن توزع على مساحة الخلفية توزيع ملائم، زيادة الحد الأدنى من متطلبات التغطية (مساحة المواد العاكسة)، حتى لا تتأثر عند ضبط الملابس.

الكلمات الدالة: ملابس السلامة عالية الوضوح، مادة الفلورسنت، المواد العاكسة.

Abstract

This Study aims to reveal the conformity and suitability of high-visibility safety clothing available in local markets to the requirements of the EN ISO 20471 standard for textile materials and reflective tapes used by organizers and security personnel to provide them with protection in low-light environments or heavy traffic. These reflective colors of safety clothing can be noticed very easily during use during the day, night, or both. As a result, this helps one to stay safe from potential accidents and injuries on the roadside or crowd areas. The study followed a descriptive approach represented

by literature reviews and an applied study by studying the general requirements for performance and use in safety clothing withdrawn from local markets (coverage requirements - studying the optical and physical performance requirements for light-reflecting materials), and evaluating the reflective performance of new materials and reflectivity after exposure for stress. From the field, (30) random samples of high-visibility safety clothing were collected, representing most types of safety clothing available in the local market, (jacket, vest, overalls, and trousers) in different sizes (M-L-XL-XL2-XL3-XL4), to study the extent to which coverage requirements were met. By measuring and calculating the area of reflective strips and fluorescent materials. Laboratory tests of reflection coefficient (retroreflection) tests were performed on (9) samples varying in quality level and representing most of the safety clothing. The most important results were as follows: More than 50% of the project's random domestic market samples did not meet the requirements (ISO - 20471) for color and reflectance performance in new condition and after exposure to stress. The high-visibility jacket showed good color and retroreflection performance, the high-visibility coverall showed poor color and retroreflection performance. The high-visibility vest showed average performance in color and retroreflection, the high-visibility trousers do not have enough area of visible reflection band. Some types of safety clothing are made of non-fluorescent background materials. The most important recommendations were as follows: All high-visibility safety clothing must be made of fluorescent background materials. The width of the reflective tapes should not be less than 5 cm, and they should be properly distributed over the background area, increasing the minimum coverage requirements (area of reflective materials), so that they are not affected when adjusting clothing.

Keywords: High Visibility Safety Apparel (HVSA), Fluorescent Material, Retroreflective Material.

المقدمة:

تستخدم ملابس السلامة العاكسة عالية الرؤية مثل السترات والمعاطف لتزويد العمال بالحماية في البيئات ذات الإضاءة المنخفضة ومن حركة المرور الكثيفة، ويمكن ملاحظة هذه الألوان العاكسة للغاية لملابس السلامة هذه بسهولة. ونتيجة لذلك، يساعد ذلك العمال على البقاء في مأمن من الحوادث المحتملة والإصابات على جانب الطريق.

ستحمل الملابس عالية الوضوح ملصق: EN ISO 20471 وهو المعيار الاوربي لملابس السلامة عالية الوضوح، أو ملصق ANSI / ISEA 107، وهو المعيار الوطني الأمريكي لملابس السلامة وأغطية الرأس عالية الرؤية، يشرح الملصق خصائص الملابس، بما في ذلك الاسم أو العلامة التجارية أو غيرها من الوسائل لتحديد هوية الشركة المصنعة؛ نوع المنتج أو الاسم التجاري؛ رقم المعيار؛ رسم توضيحي يوضح فئة الملابس ومستوى الأداء للمواد العاكسة، ووضع علامات العناية (5) (10). تختلف فئات ملابس السلامة عالية الوضوح بناءً على مستويات إضاءة منطقة العمل وقرب العامل من حركة المرور، وتحتوي جميعها على مساحات عاكسة مختلفة ولها استخدامات مختلفة:

الفئة الأولى ملابس السلامة العاكسة عالية الوضوح: يتم استخدامها في التسوق - مستردو العربات، والعاملين في موقف السيارات والعمال على جانب الطريق لتحويل الانتباه الكامل لحركة المرور التي تقترب منهم.

الفئة الثانية ملابس السلامة العاكسة عالية الوضوح: يتم استخدامها في المواقف التي تتطلب وضوح عالي. وهي مناسبة للعمال مثل مناولي الأمتعة في المطار والمدارس - حراس المعابر وموظفي الشرطة والطوارئ.

الفئة الثالثة ملابس السلامة العاكسة عالية الوضوح: إنه يوفر أعلى مستوى من الرؤية، وبالتالي، فهو مناسب للمهنيين في أعمال بناء الطرق السريعة وموظفي الاستجابة لحالات الطوارئ (25).

ونتيجة لعولمة قطاع النسيج، وتنوع مصادر الطلب على معدات الوقاية الشخصية من الموردين غير المتخصصين أثر ذلك على جودة العرض، حيث تتوفر ملابس السلامة عالية الوضوح في المملكة العربية السعودية من مصادر مختلفة ومع مجموعة متنوعة من الجودة ومعايير الاداء. لذا ستركز هذه الدراسة على مطابقة وملاءمة ملابس السلامة عالية الوضوح لمتطلبات معيار 20471 للمواد النسيجية والخطوط العاكسة والخصائص الفيزيائية وتصميم الملابس.

الأهداف:

1. مراجعة المواصفة القياسية ISO-20471 EN للملابس السلامة عالية الوضوح.
2. اجراء دراسة ميدانية بجمع عينات ملابس السلامة من الأسواق المحلية (جدة - الرياض).
3. تقييم الأداء الانعكاسي للمواد الجديدة (خامات فلورية – اشرطة) والانعكاس بعد التعرض للاختبار.

الدراسة النظرية:

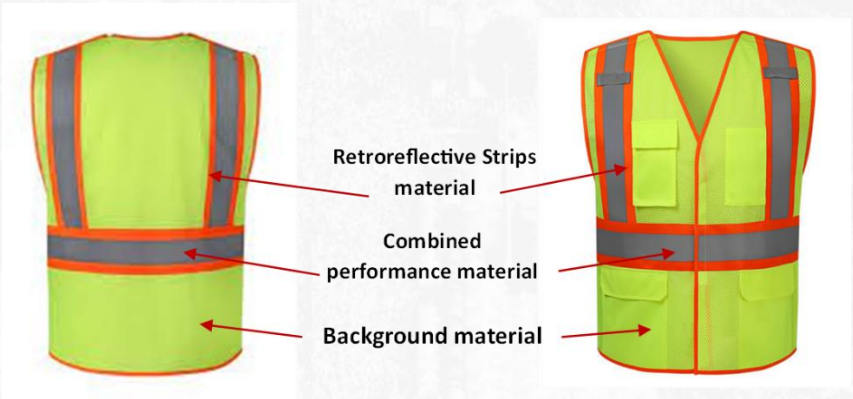
مراجعة المواصفة القياسية EN ISO-20471 للملابس السلامة عالية الوضوح

لحصـر متطلبات الاداء العامة لملابس السـلامة وتحديد الاختبارات المطلوبة لقياس كفاءة الاداء تم مراجعة المعيار الاوربي (BS 2013) EN ISO 20471.هو نسخة منقحة من (EN 20471. (2003 BS ويختص بمعدات الوقاية الشخصية عالية الوضوح، صاغته المنظمة الدولية لجنة التقييس (ISO) والمعتمدة من قبل البريطانيين والجاليات الأوروبية. المعيار يوفر قياس الضـوء والقيم اللونية للمواد التي تعزز الوضوح المناسبة للاستخدام في البيئات عالية الخطورة.

يحدد هذا المعيار الدولي:

1. متطلبات عامة للأداء والاستخدام للمواد العاكسة للضوء
2. متطلبات الاداء الضوئية والفيزيائية للمواد العاكسة للضوء

ملابس السلامة عالية الوضوح: تتكون قطعة الملابس من ثلاثة أجزاء: الخامة الاساسية، والاشرطة العاكسة للضوء، والاشرطة ذات الأداء المدمج (شـريط التقوية للشـريط العاكس). الخامة الاسـاسـية عبارة عن خامة أسـاسـية ملونة فلورية تهدف إلى أن تكون مرئية للغاية. الاشرطة العاكسة للضوء هي أشرطة من المواد الموجودة على الملابس تهدف إلى عكس الضوء مرة أخرى إلى المصدر عندما يسلط الضوء على الملابس. أشـرطة الأداء المدمج هي مزيج من الاشـرطة العاكسـة للضـوء والفلوريسـنت التي يمكن حسـابها ضـمن الحد الأدنى لمتطلبات المسـاحة للخامة الأسـاسـية. يوضـح الشـكل (3-7) مكونات ملابس السـلامة من الخامات عالية الوضـوح. يمكن أن يكون لون الخامة الاساسية والاشرطة ذات الأداء المشترك إما أصفر-أخضر فلوري أو برتقالي-أحمر فلوري (9).



شكل (1) مكونات ملابس السلامة من الخامات عالية الوضوح

معايير الاعتبارات الوظيفية في تصميم ملابس السلامة: ترتبط معايير الاعتبارات الوظيفية في تصميم ملابس السلامة عالية الوضوح بشـكل كبير بالمنفعة التي تنتج عن ارتداء واسـتخدام القطعة الملبسـية وتعد الحماية، الأمان، الراحة، سـهولة العناية والاسـتخدام من امثلة المعايير الوظيفية (25). تعد حماية العامل والمحافظة على صحته اثناء ممارسته لمهنته أحد معايير الاعتبارات الوظيفية المهمة عند التصميم، ويرمز للحماية ايضاً بالأمان خاصة في الاعمال التي تتطلب التعامل مع حركة المرور والمعدات والتي تشكل خطورة على العامل في بيئات عمل تصعب فيها الرؤية7)). اختبرت دراسـة (1994) Owens.et.alالتأثيرات المحتملة لظاهرة الحركة البيولوجية والناتجة عن حركات معينه للإنسان، مثل (المشي، الجري، الخ) ، ودور المفاصل الرئيسية في الجسم على التعرف بسهوله عليه كإنسان متحرك، حيث اختبروا ما إذا كانت تزيد من مسافة التعرف على المشاة عند مقارنة وضع شرائط عاكسة للضوء على أماكن وجود المفاصل وعلى أماكن

أخرى من الجسم مثل الجذع. وفي دراسة ميدانية لـــ Luoma ,et.al (1996) عن تأثير وضع الأشرطة العاكسة عند تصميم ملابس السلامة على وضوح المشاة في ثلاثة المواضع (على الكتفين وحول الجذع وعلى الرسغين والكاحلين، والخطوط الموضوعة حول المفاصل الرئيسية). جاء تأثير وضع الأشرطة العاكسة حول المفاصل الرئيسية أكبر في مسافات التعرف عند الانعكاس الرجعي للضوء. كما يجب أن تكون ملابس السلامة مصنوعة من خامات عالية الوضوح من جميع الجوانب، لضمان الرؤية من جميع الجوانب (رؤية بزاوية 360 درجة)، وقد أظهرت دراسةMary James & (2008) أن استخدام الألوان الفلورسنت المتباينة تزيد بشكل ملحوظ من التقييم الموضوعي لمستوى الوضوح. تشير المراجعات الأدبية إلى أن ألوان الفلورسنت أكثر وضوحًا عند مقارنتها بالألوان غير الفلورية. على الرغم من الألوان الفلورية مثل Fl-orange وFl-yellow متفوقة بشكل واضح ويمكن الاستدلال عليها من مسافة بعيدة، إلا أن إمكانية اكتشاف هذه الألوان ووضوحها تتأثر بالخلفيات التي يتم تقييمهم عليها (Achilleas.et.al,2012). هذه الخاصية تتضاءل بشكل كبير عندما يتحلل لون الملابس بعد التعرض للأشعة فوق البنفسجية (4).

وتعد الراحة أحد أهم معايير التصميم التي تم الاهتمام بتوفيرها في ملابس السلامة، وتعبر الملائمة عن الراحة النفسية وتشمل الملائمة لظروف بيئة العمل، مثل مقاومة اللهب، والأداء الحراري، ومقاومة الماء، والمتانة، ومقاومة التمزق، ونفاذية الهواء، والمرونة. وتعبر سهولة الحركة عن الراحة الفسيولوجية وتشمل ملائمة ملابس السلامة لمقاس الشخص، أي تلبس بشكل صحيح حول الجسم بدون مكونات فضفاضة أو متدلية. كما يجب أن تكون الملابس خفيفة الوزن، وألا تكون أجزاء الملابس التي تلامس العامل بشكل مباشر خشنة أو ذات حواف حادة أو نتوءات يمكن أن تسبب تهيجًا أو إصابات مفرطة.

وتشمل معايير الاعتبارات الوظيفية في التصميم سهولة العناية وعدم مواجهة مشاكل أثناء إزالة البقع أو الغسيل من تغير في الابعاد واللون، وسهولة الاستخدام في عملية الخلع والارتداء بحيث يتناسب مع احتياجات العامل ولا يسبب له إعاقة في تنفيذ مهامه.

متطلبات الاداء الضوئية والفيزيائية للمواد العاكسة للضوء

- يجب أن تتوافق إحداثيات اللونية وعوامل الإنارة للخامة الاساسية والاشرطة العاكسة للضوء واشرطة الأداء المدمجة مع المتطلبات المنصوص عليها في المعيار بعد التعرض لضوء الزينون Xenonوالاشعة الفوق بنفسجية (ضوءUV).
- يجب ان تفي الاشرطة العاكسة للحد الادنى من متطلبات سطوع الاضاءة بعد إجراء اختبارات ثبات اللون عند الاحتكاك - ثبات اللون للعرق - ثبات اللون عند الغسيل والتنظيف الجاف وتبييض الهيبوكلوريت والضغط على الساخن.
- اختبارات الخواص الميكانيكية للخامات الأساسية والخامات غير الفلورية - مقاومة الشد للمواد المنسوجة.
- اختبارات الأداء الفسيولوجي- بخار الماء والمقاومة الحرارية.
- يجب ان تفي الخامات العاكسة للحد الادنى من متطلبات الأداء الضوئي بعد التعرض المادي
- يجب ان تفي الخامات العاكسة للحد الادنى من متطلبات الاداء الضوئي بعد إجراء اختبارات مقاومة التآكل، والثني في درجات الحرارة الباردة، ودرجات الحرارة المختلفة ومع هطول الامطار والغسيل.
- يجب تلبية متطلبات اختبار تحديد العمر الافتراضي للخامات الأساسية والعاكسة بعد الحد الأقصى لعدد دورات التنظيف التي حددتها الشركة المصنعة. إذا لم يتم تحديد عدد دورات التنظيف، يجب إجراء الاختبارات بعد خمس دورات تنظيف.
- العدد الأقصى المعلن لدورات التنظيف ليس هو العامل الوحيد المرتبط بعمر الملابس. سيعتمد العمر أيضًا على الاستخدام وتخزين العناية وما إلى ذلك (10).

المنهجية:

الدراسة الوصفية التي تمثلت في المراجعات الادبية من خلال: مراجعة المواصفة القياسية EN ISO 20471 لملابس السلامة عالية الوضوح.

الدراسة التجريبية التي تمثلت في: تقييم الأداء الانعكاسي للمواد الجديدة والانعكاس بعد التعرض للاختبار (مقاومة التآكل، والثني في درجات الحرارة الباردة، ودرجات الحرارة المختلفة والمطر والغسيل).

عينات الدراسة: ميدانياً، تم جمع (18) عينة عشوائية من ملابس السلامة عالية الوضوح تمثل معظم أنواع ملابس السلامة المتاحة في السوق المحلي، (السترة والجاكيت والافرول والبنطلون).

معملياً، طبقت اختبارات معامل الانعكاس (الانعكاس الرجعي) على عدد (9) عينات متباينة في مســتوى الجودة وتمثل معظم ملابس السلامة، رمز الكود (A-B-C-D-E-F-G-H-I)

أجريت الاختبارات على جميع عينات ملابس السلامة عالية الوضوح وهي في حالتها الجديدة في معمل في مختبر SGS المعتمد في شنغهاي الصين. وجدول (1) صور عينات الدراسة التي أجريت عليها الاختبارات المعملية

جدول 1: عينات الدراسة التي أجريت عليها الاختبارات المعملية

كود العينة	نوع العينة	صورة العينة
A	معطف	
B	افرول	
C	سترة	
D	سترة	
E	سترة	

F	سترة		
G	سترة		
H	سترة		
I	سترة		
J	سترة		
K	بنطلون		

الطرق والأساليب

اخذ العينات وتكييفها:

- تمّ أخذ عينات الاختبار من الملابس الأصلية دون استخدام مسبق. وتم مراعاة أن يكون الحجم والشكل والكمية على النحو المطلوب لكل إجراء اختبار.
- تم تكييف العينات لمدة 24 ساعة على الأقل عند (20 ± 2) درجة مئوية و (65 ± 5) ٪ رطوبة نسبية.

- تم تقييم جميع عينات ملابس السلامة عالية الوضوح بناءً على متطلبات (EN ISO 20471:2013+A1: 2016).

الاختبارات المعملية:

- الأداء الانعكاس الرجعي للمواد الجديدة

جدول 2: متطلبات اختبار الانعكاس الرجعي وفقا لمعيار (ISO 20471)

1-6	الأداء الانعكاس الرجعي للمواد الجديدة	
2-6	الأداء الرجعي للمواد الجديدة، وبعد التعرض للاختبار	(22)ASTM E1809
	التآكل	
	الانثناء	
	اختبار الطي في درجة الحرارة الباردة	
	المطر	
	الغسيل	

- الأداء الانعكاسي الرجعي لملابس الرؤية العالية، ASTM E1809 .(22)
- تغطي طريقة الاختبار هذه قياس الخصائص الانعكاسية لملابس المشاة عالية الوضوح، مثل السترات، باستخدام مقياس انعكاس رجعي (محمول) يمكن استخدامه في الميدان.
- مقياس الانعكاس الرجعي المحمول عبارة عن جهاز يدوي ذو هندسة قياسية محددة يمكن وضعها على اتصال بمواد الشرائط العاكسة لقياس الانعكاس الرجعي.
- يمكن مقارنة القياسات بالحد الأدنى من المتطلبات لتحديد الحاجة إلى استبدال المادة العاكسة.
- تم تصميم طريقة الاختبار هذه لقياس مواد الشرائط العاكسة التي لها مساحة تساوي أو تزيد عن مساحة فتحة مقياس الانعكاس الرجعي، وتهدف طريقة الاختبار هذه للاستخدام في قياس مواد الشرائط العاكسة في الميدان، ولكن يمكن استخدامها أيضا لقياس الاداء قبل وضع الملابس قيد الاستخدام.
- توافق جهاز Easylux MINI Vertical مع معايير E1809 ASTM لاختبار الملابس المرئية عالية الوضوح
- زاوية الإضاءة القابلة للتعديل

شكل 2: صورة مقياس الانعكاس الرجعي لأداة اختبار الملابس عالية الوضوح وفقا لمعايير ASTM E 1809

شكل 3: صورة تظهر زوايا الإضاءة المختلفة القابلة للتعديل

تم اختبار جميع عينات ملابس السلامة عالية الوضوح وهي في حالتها الجديدة في مختبر SGS المعتمد في شنغهاي الصين، وبعد التعرض لعمليات التنظيف، والثني والطي في درجات حرارة منخفضة والمطر والغسيل، مع أربع زوايا دخول مختلفة وزاوية مراقبة، فإن زوايا المراقبة الكبيرة تتسبب في أن تكون الأسطح العاكسة أقل سطوعا للمراقب.

نتائج الانعكاس الرجعي للملابس عالية الوضوح

تقييم اللون: هناك ثلاثة ألوان محددة على أنها مناسبة للاستخدام كملابس عالية الوضوح: الأصفر والبرتقالي الأحمر والأحمر، نتيجة لذلك، يتم تقييم لون الملابس بعد سلسلة من دورات الغسيل لضمان توفير الحماية المناسبة طوال فترة استخدام الملابس.

تم اختبار هذه الألوان في معمل SGS في شنغهاي في الصين، باستخدام مقياس الانعكاس الرجعي للتحقق من أنها تقع ضمن إحداثيات الألوان المخصصة وتلبي لحد الأدنى من متطلبات الإضاءة (السطوع) المحددة في المعيار.

رموز العينات التي طبق عليها اختبار الانعكاس الرجعي لمواد الخلفية

جدول الصور (1) يعرض صور العينة (A , B , C , D , E , F , H , I)

اولاً: متطلبات المواد الأساسية والمواد غير الفلورية والمواد ذات الأداء المشترك.

متطلبات أداء اللون للمواد الجديدة

يوضح الجدول التالي مقياس الإحداثيات اللونية، قيمة x وقيمة y، ومعامل السطوع β :

الجدول 3: يوضح معيار الفلورسنت الأصفر x و y و ß:

Requirements for standard	1	2	3	4
Chromaticity coordinates, x value	0.387	0.356	0.398	0.460
Chromaticity coordinates, y value	0.610	0.494	0.452	0.540
Luminance Factor, ß	Minimum = 0.7			

جدول رقم 4: يوضح معيار الفلورسنت البرتقالي - الأحمر

Requirements for standard	1	2	3	4
Chromaticity coordinates, x value	0.61	0.535	0.57	0.655
Chromaticity coordinates, y value	0.39	0.375	0.34	0.345
Luminance Factor, ß	Minimum = 0.40			

معامل السطوع (β)

هو نسبة السطوع لسطح أو وسط في ظل ظروف محددة في الواقع وتحت المراقبة ووجود مصدر الضوء، إلى نسبة سطوع سطح أو وسط عاكس (ذو انعكاس مثالي) في ظل نفس الظروف.

7-8-1 تحليل إحصائي لتأثير أنواع الملابس عالية الوضوح (السترة - المعطف - الافرول) على أداء اللون، على سبيل المثال معامل السطوع (β)

يمكن أن تؤثر أنواع الملابس عالية الوضـوح مثل (سـترة ومعطف) على متغيرات أداء اللون مثل الإحداثيات اللونية، قيمة X، وقيمة Y، وعامل السطوع β

سيتم تحليل تأثير الملابس عالية الوضوح لتحديد مدى التأثير المهم. تم إجراء تحليل لاختبار التباين (ANOVA)، وسيتم شرح هذا التأثير في الجدول التالي:

جدول 5: أهمية الانحدار لمعامل السطوع β

Analysis of Variance (ANOVA)					
	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	1.00	0.38	0.38	115.62	0.00
Residual	5.00	0.02	0.00		
Total	6.00	0.40			

ويبين جدول (5) أن دلالة الانحدار لها دلالة إحصائية قدرها (0.00)، ويعني أن مستوى الثقة يعادل 95٪، كما يتضح من قيمة الدلالة F ، مما يؤكد أن أنواع الملابس عالية الوضوح كان لها تأثير معنوي على معامل السطوع (β)

جدول (5) يوضح ملخص الانحدار لأنواع الملابس عالية الوضوح على عامل السطوع (β)

جدول 6: ملخص الانحدار لمعامل السطوع β

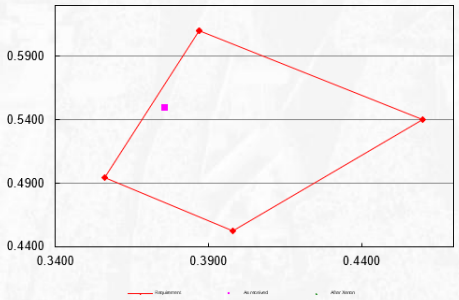
Regression Summary for Dependent Variable (Luminance factor, β)				
R Square	0.98	Adjusted R Square	0.956	P-value
	Coefficients	Standard Error	t Stat	
Intercept	0.21	0.05	4.34	0.01
Types of Hi – Visible Apparel	0.12	0.01	10.75	0.00

يتضح من الجدول السابق (6) أن معامل الارتباط للعامل المستقل = (0.12) بمستوى ثقة 98٪ ، و (0.95) = Adjusted R2 ، فهذا يعني أنه يمكن تفسـير 95٪ من العلاقة بين المتغير المسـتقل والتابع. لتوضـيح وشـرح الاختلافات الهامة بين أنواع الملابس عالية الوضـوح والإحداثيات اللونية، قيمة X وقيمة Y وعامل السطوع (β) تم رسم الأشكال التوضيحية التالية لإظهار العلاقات:

عينة A:

جدول 7: نتائج الفلورسنت الأصفر للعينة (A)

For Sample A	
Measured Value	
Chromaticity coordinates, x value	0.376
Chromaticity coordinates, y value	0.549
Luminance Factor, ß	1.08



الشكل 4: يوضح موقع x و y للعينة A في المنطقة القياسية للفلورسنت الأصفر.

من الجدول (7) والشكل (4) ، تمثل الاحداثيات اللونية (x = 0.376 و y= 0.549) نقطة باللون البنفسجي داخل المنطقة، وعامل السطوع ß = 1.08 يتوافق مع الحد الأدنى المقابل للقيمة المطلوبة ß = 0.7 للفلورسنت الأصفر.

الخلاصة: العينة A: ناجحة

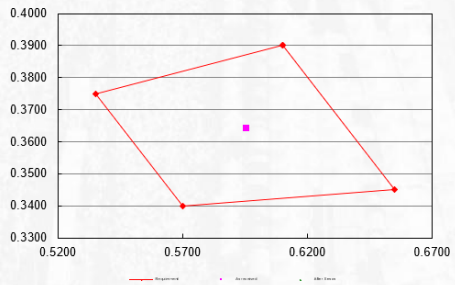
العينة B: العينة B مصنوعة من مواد غير فلورية، لذلك لا ينبغي قياس الإحداثيات اللونية (x وy)، وكذلك عامل السطوع (ß) لا يمكن قياسه.

العينة :B غير ناجحة

عينة C: البرتقالي - الأحمر

جدول 8: يوضح نتائج الفلورسنت البرتقالي - الأحمر للعينة C

For Sample C	
Measured Value	
Chromaticity coordinates, x value	0.595
Chromaticity coordinates, y value	0.364
Luminance Factor, ß	0.41



الشكل 5: يوضح موقع x و y للعينة C في المنطقة القياسية للبرتقالي - الأحمر

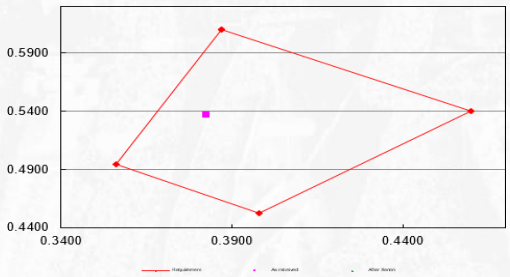
من الجدول (8) والشكل (5)، تمثل الاحداثيات اللونية (x=0.595 وy=0.364) نقطة باللون البنفسجي داخل المنطقة، وعامل السطوع ß=0.41 يتوافق مع الحد الأدنى المقابل للقيمة المطلوبة ß=0.4 للفلورسنت البرتقالي الأحمر.

الخلاصة: العينة C ناجحة

عينة D:

جدول 9: نتائج الفلورسنت الأصفر للعينة D

For Sample D	
Measured Value	
Chromaticity coordinates, x value	0.382
Chromaticity coordinates, y value	0.537
Luminance Factor, ß	0.78



الشكل 6: يوضح موقع x و y للعينة D في المنطقة القياسية للفلورسنت الأصفر.

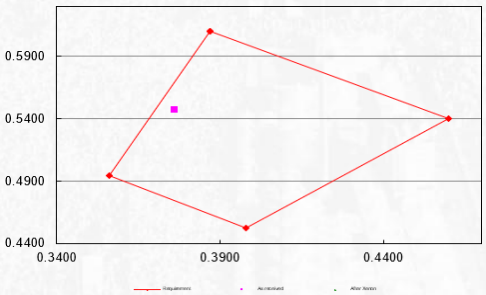
من الجدول (9) والشكل (6)، تمثل الاحداثيات اللونية (x=0.382 و y=0.5437) نقطة باللون البنفسجي داخل المنطقة، وعامل السطوع ß=0.78 يتوافق مع الحد الأدنى المقابل للقيمة المطلوبة ß=0.7 للفلورسنت الأصفر.

الخلاصة: العينة D ناجحة

عينة E:

جدول 10: نتائج اللون الفلورسنت الأصفر للعينة E

For Sample E	
Measured Value	
Chromaticity coordinates, x value	0.376
Chromaticity coordinates, y value	0.548
Luminance Factor, ß	0.82



الشكل 7: يوضح موقع x و y للعينة E في المنطقة القياسية للفلورسنت الأصفر.

من الجدول (10) والشكل (7)، تمثل الاحداثيات اللونية (x=0.376 و y=0.548) نقطة باللون البنفسجي داخل المنطقة، وعامل السطوع ß=0.82 يتوافق مع الحد الأدنى المقابل للقيمة المطلوبة ß=0.7 للفلورسنت الأصفر.

الخلاصة: العينة E ناجحة

العينة G:

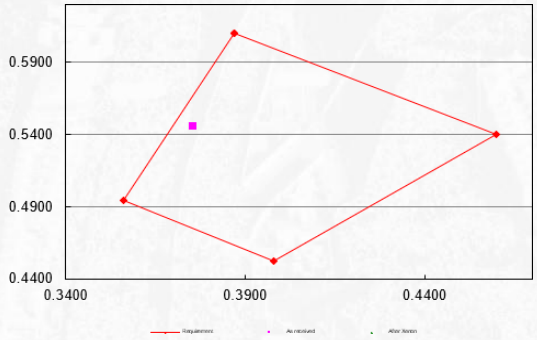
العينة G مصنوعة من مواد غير فلورية، لذلك لا ينبغي قياس الإحداثيات اللونية (x و y)، وكذلك عامل السطوع (ß) لا يمكن قياسه.

العينة G غير ناجحة.

عينة F:

جدول 11: يوضح نتائج الفلورسنت الأصفر للعينة F

For Sample F	
Measured Value	
Chromaticity coordinates, x value	0.375
Chromaticity coordinates, y value	0.546
Luminance Factor, ß	0.74



الشكل 8: يوضح موقع x و yللعينة F في المنطقة القياسية للفلورسنت الأصفر.

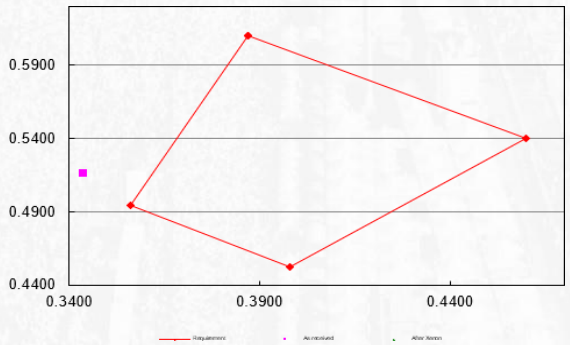
من الجدول (11) والشكل (8)، تمثل الاحداثيات اللونية (x=0.375 وy=0.546) نقطة باللون البنفسجي داخل المنطقة، وعامل السطوع ß=0.74 يتوافق مع الحد الأدنى المقابل للقيمة المطلوبة ß=0.7 للفلورسنت الأصفر.

الخلاصة: العينة F ناجحة

عينة H:

جدول رقم 12: يوضح نتائج الفلورسنت الأصفر للعينة H

For Sample H	
Measured Value	
Chromaticity coordinates, x value	0.344
Chromaticity coordinates, y value	0.516
Luminance Factor, ß	0.34



الشكل 9: يوضح موقع x و y للعينة H في المنطقة القياسية للفلورسنت الأصفر.

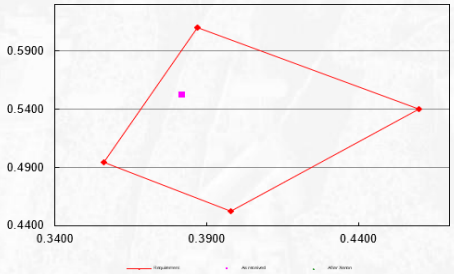
من الجدول (12) والشكل (9)، تمثل الاحداثيات اللونية (x=0.344 وy=0.516) نقطة باللون البنفسجي خارج المنطقة، وعامل السطوع ß=0.34 أقل من الحد الأدنى المقابل للقيمة المطلوبة ß=0.7 للفلورسنت الأصفر.

الخلاصة: العينة H ناجحة.

العينة I:

جدول 13: يوضح نتائج الفلورسنت الأصفر للعينة I

For Sample I	
Measured Value	
Chromaticity coordinates, x value	0.382
Chromaticity coordinates, y value	0.5552
Luminance Factor, ß	0.56



الشكل 10: يوضح موقع x و y للعينة I في المنطقة القياسية للفلورسنت الأصفر.

من الجدول (13) والشكل (10)، تمثل الاحداثيات اللونية (x=0.382 و y=0.552) نقطة باللون البنفسجي خارج المنطقة، وعامل السطوع ß=0.56 أقل الحد الأدنى المقابل للقيمة المطلوبة ß=0.7 للفلورسنت الأصفر.

الخلاصة: العينة I غير ناجحة

الخاتمة

يمكن تلخيص نتائج هذا المشروع على النحو التالي: -

1. توجد فروق ذات دلالة معنوية بين العينات المجتازة وغير المجتازة في تحقيق اختبار الانعكاس الرجعي مما يدل ان بعض ملابس السلامة عالية الوضوح في السوق المحلي غير مطابقة للمواصفات.
2. أكثر من 50٪ من عينات السوق المحلية العشوائية للمشروع لم تستوف متطلبات (ISO - 20471) لأداء اللون والانعكاس الرجعي في الحالة الجديدة وبعد التعرض للضغوط.
3. أظهر المعطف عالي الوضوح أداء جيدا للون والانعكاس الرجعي.
4. يحتوي المعطف عالي الوضوح على مساحة كافية من شريط الانعكاس المرئي.
5. يوفر تصميم المعطف مساحة كافية لشريط الانعكاس المرئي.
6. المعطف عالي الوضوح مصنوع من مواد خلفية فلورية.
7. أظهر الافرول (عالي الوضوح) أداء سيئا في اللون والانعكاس الرجعي.
8. يحتوي الافرول (عالي الوضوح) على مساحة كافية من شريط الانعكاس المرئي، ولكن لم يتم استخدامه بشكل جيد حيث كان عرضه اقل من 5سم.
9. الافرول (عالي الوضوح) مصنوع من مواد خلفية غير فلورية.
10. أظهرت السترة عالية الوضوح أداء متوسط في اللون والانعكاس الرجعي، بعضها جيد والبعض الآخر ليس جيدا.
11. تحتوي السترة عالية الوضوح على مساحة كافية من شريط الانعكاس المرئي.
12. بعض الستر عالية الوضوح مصنوعة من مواد خلفية غير فلورية.
13. بعض الستر عالية الوضوح مصنوعة من مواد خلفية فلورية.
14. أظهر البنطال عالي الوضوح أداء جيدا في اللون والانعكاس الرجعي.
15. لم يحتو البنطال عالي الوضوح على مساحة كافية من شريط الانعكاس المرئي.
16. يجب تعديل تصميم البنطلون لزيادة مساحة شريط الانعكاس المرئي.

17. بعض أنواع البنطال مصنوعة من مواد خلفية غير فلورية.
18. بعض أنواع البنطال مصنوعة من مواد خلفية فلورية.
19. زوايا الدخول في قياسات جميع الملابس عالية الوضوح، لم يكن لها تأثير كبير على الانعكاس الرجعي.
20. زوايا المراقبة في القياسات لجميع الملابس عالية الوضوح، لم يكن لها تأثير على الانعكاس الرجعي.

التوصيات:

التأكيد على ان تتضمن جميع واردات المملكة العربية السعودية من ملابس السلامة عالية الوضوح رقم المواصفة القياسية في تعليمات المنتج - Label وان تحمل شهادة اعتماد من المختبرات المعتمدة.

1- يجب أن تكون جميع ملابس السلامة عالية الوضوح مصنوعة من مواد خلفية فلورية.
2- ان لا تقل عروض الأشرطة العاكسة عن 5 سم، وان توزع على مساحة الخلفية توزيع ملائم
3- اعتماد تحسين المواصفة القياسية (EN ISO 20471:2013+A1:2016) في البند رقم (4-1) متطلبات التصميم على النحو التالي:

1-6 زيادة الحد الأدنى من متطلبات التغطية (مساحة المواد العاكسة)، حتى لا تتأثر عند ضبط الملابس على سبيل المثال، قد يؤدي تقصير البنطال إلى تقليل مساحة المادة الفورية أكثر من اللازم او ارتداء أي ملابس تحجب أو تغطي المواد الفلورية، مثل ارتداء سترة غير عالية الوضوح فوق سترة عالية الوضوح.

4- اعتماد تحسين المواصفة القياسية (EN ISO 20471:2013+A1:2016) في البند رقم (4-2) متطلبات التصميم على النحو التالي:

1-7 تعديل تصميم البنطال لزيادة مساحة شريط الانعكاس.

5- لا ينبغي وضع البنطال عالي الوضوح داخل أحذية الأمان، لأن الملابس قد لا تتوافق مع المعيار.
6- استخدام تقنية إضاءات الليد التي تعمل بالبطارية في تصميم ملابس السلامة عالية الوضوح.

المراجع:

1- الهيئة السعودية للمواصفات والمقاييس والجودة (2021): اللائحة الفنية لمعدات وملابس الوقاية الشخصية، الإصدار الأول.
2- منظمة العمل الدولية (2017): الدليل الفني لتدريب مفتشي السلامة المهنية، الطبعة الأولى، القاهرة.
3- وزارة الموارد البشرية والتنمية الاجتماعية (2022): نظام العمل السعودي، معدل بالمرسوم الملكي رقم (م/5) بتاريخ 7-1-1442هـ

1. Achilleas Mina ,Antreas Lanitis, Pavlos Alexandros Dimitriou, Harris Partaourides, Pericles Pericleous (2012): Selecting effective colors for high-visibility safety apparel, Safety Science ,Volume 133, January 2021, 104978 https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104978
2. American National Standards Institute/International Safety Equipment Association, ANSI/ISEA 107 "American National Standard for High-Visibility Safety Apparel and Head Wear" Arlington, VA 1999 (rev. 2004, 2010)
3. Arun Vijayan, Saniyat Islam, Michael Jones, Rajiv Padhye, Lyndon Arnold ,(2016): Degradation of fluorescent high-visibility colors used in safety garments for the Australian railway industry, Journal of Safety Research 56 (2016) 1–7, https://doi.org/10.1016/j.jsr.2015.11.008
4. Classen, E (2019). Assessment of the comfort of workwear for the food industryThe Effects of Environment on Product Design and Evaluation https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814495-4.00025-8
5. CSA STANDARD, Personal Protective Equipment Code of Practice, HIGH – VISIBILITY APPAREL
6. High Visibility Apparel in Work Zones, Developed by: The American Traffic Safety Services Association (ATSSA) 15 Riverside Parkway, Suite 100 Fredericksburg, VA 22406-1022 800-272-8772
7. ISO 20471: 2013+A1:2016 (E) European Standard for High Visibility clothing – Test methods and Requirements

8. ISO 3175-2: Textiles - Professional care, drycleaning and wet cleaning of fabrics and garments - Part 2: Test method for performance when cleaning and finishing using tetrachloroethene.
9. ISO105-NO1:1993 ,Textiles. Tests for colour fastness - Part N01: Colour fastness to bleaching: Hypochlorite
10. ISO 105 A02:1993, Textile – Test Color fastness- Part A02, Grey Scale for assessing change in color.
11. ISO 105 A03:2019, Textile – Test Color fastness- Part A03, Grey Scale for assessing Staning.
12. ISO 105 -C06:2010, Textile – Test Color fastness, Part C06, color fastness to laundry for color change and staining.
13. ISO 105-X11:1994, Textile – Test Color fastness, Part X11, color fastness to Hot Pressing for color change and staining.
14. ISO 105-X12:2016, Textile – Test Color fastness, Part X12, color fastness to Friction
15. ISO 105-D01:2010, Textile – Test Color fastness, Part D01,color fastness to Dry Cleaning for color change and staining.
16. ISO 105-E04: 2013, Textile – Test Color fastness, Part E04, color fastness to Sweat.
17. ISO 5077: 2007, Textile – Test dimension stability in warp and weft direction.
18. ISO 139341-1, Textile- Tensile Properties of Fabrice, Part 1: Determination of maximum force and elongation at maximum force using strip mothed.
19. ASTM E1809-96,, Standard Test Method for Measurement of High-Visibility Retroreflective-Clothing Marking Material Using a Portable Retroreflectometer
20. James R. Sayer, Mary Lynn Buonarosa (2008): The roles of garment design and scene complexity in the daytime conspicuity of high-visibility safety apparel, Journal of Safety Research 39 , 281–286 https://doi.org/10.1016/j.jsr.2007.12.004
21. Lahrmann, H.; Madsen, T.K.O.; Olesen, A.V.; Madsen, J.C.O.; Hels, T.(2018) The effect of a yellow bicycle jacket on cyclist accidents.
22. Saf. Sci., 108, 209–217.
23. Lamb, J.M. and Kallal, M.J. (1992) A Conceptual Framework for Apparel Design. Clothing and Textiles Research Journal, 10, 42 -47.https://doi.org/10.1177/0887302X9201000207
24. Luoma, J., Schumann, J., & Traube, E. (1996). Effects of retroreflective positioning onrecognition of nighttime pedestrians. Accident Analysis and Prevention, 28 (3),377–383.
25. Monthly Labor Review, (2010): "Fatal Occupational Injuries at Road Construction Sites 2003-2007" Pegula, Stephen • Bureau of Labor Statistics • Washington, DC November.
26. National Law enforcement officers Memorial Fund. (2011). Officer Fatality Data, Cause of Law Enforcement Deaths, Retrieved from http://www.nleomf.org/facts/officer-fatalities-data/causes.html
27. Owens, D., Antonoff, R., & Francis, E. (1994). Biological motion and nighttime pedestrian conspicuity. Human Factors, 36(4), 718–732.
28. Safety Apparel Buying Guide: Under Standing High-Visibility Requirements For Construction And More,https://www.degemmill.com/buying-guide-high-visibility-safety-apparel/
29. Scholarly Commons Citation Song, So Young, "Personal Protective Clothing: Law Enforcement Officers' Attitudes and Safety Behavior Assessments Toward High-Visibility Safety Apparel" (2013). Dissertations and Theses. 358. https://commons.erau.edu/edt/358
30. Safety Apparel Buying Guide: Under Standing High-Visibility Requirements For Construction And More ,https://www.degemmill.com/buying-guide-high-visibility-safety-apparel/
31. Usability gov.(2006). User-Centered Design Basics. Usability gov
32. .http://www. Usability gov/what – and- why/ User-Centered Design.html

33. Yu,S (2013):Design and Evaluation of Workwear for Protection Against Steam and Hot Wear , Master of Science in Textile and Clothing . University of Albera.

34. https://www.bls.gov/opub/mlr/2013/article/an-analysis-of-fatal-occupational-injuries-at-road-construction-sites-2003-2010.htm

تقييم جودة الهواء في مكة المكرمة خلال موسم الحج لعامي 2023 و2024 - تحليل صور القمر الصناعي سنتنيل-5 باستخدام محرك جوجل إيرث انجن

حليمة إبراهيم الزبيدي*، ايمان خالد البلوي، عيده غرم الزهراني

قسم الجغرافيا، جامعة أم القرى

Air Quality Assessment in Makkah during Hajj Seasons 2023 and 2024: Analysis of Sentinel-5 Satellite Imagery Using Google Earth Engine (GEE)

Halima Alzubaidi*, Eman Albalawi, EIda Alzahrani

Geography, Umm Al-Qura University

*Corresponding author: E-mail (Hialzubaidi@uqu.edu.sa)

الملخص

تتناول هذه الدراسة تركيزات ملوثات الغلاف الجوي في مدينة مكة المكرمة وبالتحديد في منطقة المشاعر المقدسة قبل بدء موسم الحج وأثناءه لعامي 2023 و2024، باستخدام تقنيات المعلومات الجغرافية المتقدمة. حيث تم استخدام بيانات صور الأقمار الصناعية Sentinel-5وبالاستفادة من إمكانيات Google Earth Engine (GEE) وبرنامج ArcGIS 10.8 لتحليل التغيرات الزمانية والتوزيعات المكانية لأول أكسيد الكربون(CO) ، وثاني أكسيد النيتروجين(NO2) ، وثاني أكسيد الكبريت(SO2) ، والفورمالديهايد(HCHO) ، ومؤشر الهباء الجوي .Aerosol)) وكشفت الدراسة عن ارتفاع في مستويات تلوث الهواء خلال مواسم الحج مقارنة بالفترة التي تسبق موسم الحج، وارتفاع النسب عام 2024م مقارنة بعام 2023م. كما تبين من خلال الدراسة الارتباط المكاني بين ارتفاع التركيز للغازات وبين بؤر الازدحام والانشطة البشرية خاصة الطرق والممرات التي تستقلها وسائل النقل المختلفة إلى جانب مواقف السيارات. وتسعى هذه الدراسة في تقديم بيانات مكانية وزمانية تخدم الجهات المعنية وصانعي القرار في وضع رؤى قيمة تسهم في تطوير استراتيجيات أكثر فعالية للحدّ من تلوث الهواء خلال مواسم الحج .

الكلمات الدالة: الحج، مكة المكرمة، تلوث الهواء، Sentinel-5، صور الأقمار الصناعية، جودة الهواء.

Abstract

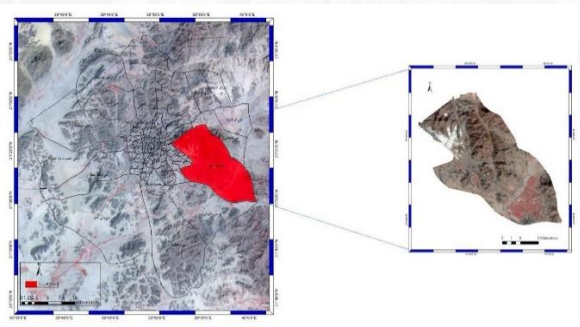
This study evaluates air quality at the Holy Sites in Makkah before and during the Hajj seasons of 2023 and 2024. Sentinel-5 satellite imagery, along with Google Earth Engine (GEE) and ArcGIS 10.8 software, were utilized to analyze the spatial distributions of atmospheric pollutants, including carbon monoxide (CO), nitrogen dioxide (NO2), sulphur dioxide (SO2), aerosol index, and formaldehyde (HCHO).The results indicate a significant increase in air pollution levels during the Hajj seasons compared to the pre-Hajj periods, with 2024 exhibiting higher concentrations than 2023, largely due to the rising number of pilgrims. Spatial analyses revealed a strong correlation between elevated pollutant levels and areas of high congestion, particularly along major roads, pedestrian pathways, and parking areas. This study offers relevant authorities and decision-makers valuable spatial and temporal data to inform more effective strategies for reducing air pollution during the Hajj season. Its significance lies in the innovative use of Sentinel-5 satellite imagery to assess air quality in areas where traditional ground-based monitoring stations are absent.

Keywords: Hajj, Mecca, air pollution, Sentinel-5, satellite imagery, air quality.

1. المقدمة

تعد عملية تقييم وتحليل مكونات الهواء لتحديد مدى جودته ذو أهمية عالية على مستوى العالم اجمع لتأثيراته على البيئة وصحة الانسان بشكل مباشر، الى جانب الدور الذي تلعبه زيادة انبعاثات الغازات الدفيئة على المدى البعيد في التغير المناخي عن طريق ظاهرة الاحتباس الحراري. وقد تعددت طرق القياس والمنهجيات المستخدمة في تقييم جودة الهواء، كاستخدام محطات رصد جودة الهواء، او استخدام أجهزة قياس محمولة. وفي حين توفر أنظمة المراقبة الأرضية بيانات أساسية عن تركيزات الملوثات ومصادرها، فإنها غالبًا ما تقدم ملاحظات مكانية زمنية منفصلة يمكن أن تحد من الفهم الشامل لديناميكيات جودة الهواء في البيئات المتغيرة بسرعة (تشو وآخرون، 2020). واعتمدت الدراسات في السنوات الأخيرة على استخدام عدد من الأقمار الصناعية الفضائية لرصد حالة الغلاف الجوي ومن اهم هذه الأقمار والذي يتميز بدقة مكانية وزمانية هو القمر الصناعي للبيانات الزمانية Sentinel-5 وهو قمر أطلق في 13 أكتوبر عام 2017م كجزء من برنامج كوبرنيكوس التابع للاتحاد الأوربي والذي يهدف الى مراقبة جودة الهواء والمناخ من خلال قياس تركيز الغازات الدفيئة في الغلاف الجوي مثل O3 و NO2 و SO2 و HCHO و CHOCHO والهباء الجوي (Landgraf et al., 2016)، وكذلك قياس الأوزون والاشعة فوق البنفسجية. وبفضل جهاز مراقبة التروبوسفير المتقدم (Tropomi)، يمكن للقمر الصناعي Sentinel-5 قياس تركيزات الغازات المختلفة في الغلاف الجوي للأرض بدقة، مما يجعله موردًا لا يقدر بثمن لمراقبة جودة الهواء على نطاق عالمي (Hu et al., 2020). يوفر دمج بيانات Sentinel-5 مع محرك Google Earth (GEE) منصة سحابية قوية لمعالجة وتحليل مجموعات بيانات الأقمار الصناعية واسعة النطاق، مما يتيح للباحثين الحصول على رؤى في الوقت الفعلي حول جودة الهواء على مناطق واسعة (Gorelick et al.، 2017م).

يعد بدء موسم الحج في مكة المكرمة وقدوم أفواج الحجيج من المسلمين في جميع أنحاء العالم الى البقاع الطاهرة حدث ديني هام يحظى بمتابعة العالم أجمع. وباهتمام بالغ ورعاية من الحكومة السعودية التي لا تألو جهدا في توفير جميع الخدمات بطرق مبتكرة وحديثة لإدارة الحشود والذي يتزامن هذا الازدحام الكبير من الحجاج خلال فترة قصيرة في منطقة محدودة (شكل رقم 1) وما يتبعه من زيادة الحركة المرورية والضغط على الطرق الرئيسة وعلى الأنشطة البشرية والخدمات المختلفة، والذي يشكل تحديات كبيرة لجودة الهواء في المنطقة. حيث إن فهم ديناميكيات تلوث الهواء أثناء الحج أمر بالغ الأهمية للصحة العامة وإدارة البيئة (Bashir et al., 2020: Maqbool., et al. 2021). والذي بدوره ممكن أن يوثر على صحة الحجاج خاصة ممن يعانون من مشاكل مزمنة أو كبار السن. أشارت دراسة (Ahmed and Turki, 2024) إلى تأثير تلوث الهواء، وخاصة الجسيمات العالقة، على صحة الحجيج وحدوث الوفيات. ووجدت الدراسة أن أبرز مسببات وفاة الحجيج هو ارتفاع مستويات غاز ثاني أكسيد النيتروجين. ذكرت دراسة(Simpson et al. 2018) أن جودة الهواء في مكة والأماكن المقدسة المحيطة بها خلال موسم الحج لعام 2012 شهدت ارتفاعًا كبيرًا في مستويات أول أكسيد الكربون والمركبات العضوية المتطايرة، خصوصًا على طول طريق الحج وفي أنفاق مكة.



شكل رقم (1): حدود منطقة الدراسة باللون الاحمر

ومن هنا تنبثق مشكلة الدراسة من ارتفاع مستويات الملوثات مثل الجسيمات الدقيقة، وأكسيد النيتروجين، وثاني أكسيد الكبريت، والمواد المتطايرة في الهواء أثناء موسم الحج، وما يترتب عليه من تأثير على الصحة العامة والبيئة مما يؤدي إلى زيادة حالات الأمراض التنفسية، وأمراض القلب، وارتفاع معدلات الوفيات. ومعه تأتي الحاجة الماسة في تقييم مستمر لجودة الهواء باتباع استراتيجيات أكثر فعالية ودقة في تقييم جودة الهواء. لذا تهدف هذه الدراسة الى تقييم جودة الهواء في مكة المكرمة خلال موسم الحج لعامي 2023 و2024م من خلال تحليل صور القمر الصناعي Sentinel-5 باستخدام (GEE) لتقييم وتحليل التوزيعات المكانية لأول أكسيد الكربون (CO)، وثاني أكسيد النيتروجين (NO2)، وثاني أكسيد الكبريت (SO2)، والفورمالديهايد (HCHO)، ومؤشر الهباء الجوي (Aerosol). وهو أمر ذو قيمة خاصة للمناطق التي قد تكون فيها طرق الرصد التقليدية محدودة. يوفر

هذا النهج المبتكر رؤية أعمق للظروف البيئية المحلية خلال موسم الحج، مما يزود صناع السياسات والسلطات البيئية باستراتيجيات للتخفيف من تلوث الهواء بشكل فعال.

2. منهجية وطرق البحث

تعتمد هذه الدراسة على المنهج التحليلي الوصفي اذ تم استخراج نسب التركيز لغاز أول أكسيد الكربون (CO)، وثاني أكسيد النيتروجين (NO2)، وثاني أكسيد الكبريت (SO2)، والفورمالديهايد (HCHO)، ومؤشر الهباء الجوي (Aerosol) من خلال القمر الصناعي Sentinel-5 الذي يعمل بنظام أطياف عبر سبعة نطاقات طيفية (UV-1، وUV-2، وVIS، وNIR-1، وNIR-2، وSWIR-1، وSWIR-3)، مما يمكنه من التقاط معلومات جوية مفصلة عبر أطوال موجية مختلفة، وهو أمر بالغ الأهمية لتقييم جودة الهواء (Landgraf et al., 2016). وقد تم استخدام محرك Google Earth (GEE)، الذي يتميز بقدراته المستندة إلى السحابة وأدواته القوية للتعامل بكفاءة مع مجموعة بيانات Sentinel-5 واسعة النطاق. كما يسهل GEE حساب متوسط التركيزات اليومية للملوثات المستهدفة، مما يسمح بإجراء تحليل زمني شامل.

وقد تم الحصول على صور لمنطقة الدراسة لفترتين لعامي 2023 و2024م. الفترة الأولى كانت قبل بدء موسم الحج بثلاثة أشهر وذلك للحصول على تركيزات المركبات وجودة الهواء قبل وصول الحجاج بفترة كافية، في حين كانت الفترة الثانية اثناء موسم الحج. مما يوفر مجموعة بيانات قوية لتقييم التغيرات في جودة الهواء المتعلقة بالحج. يتيح هذا النهج فحصًا تفصيليًا لمستويات الملوثات وتوزيعاتها المكانية، مما يساهم في تقديم رؤى قيمة لإدارة جودة الهواء في مكة المكرمة خلال هذه الفترة الحرجة (جوريليك وآخرون، 2017؛ هو وآخرون، 2020).

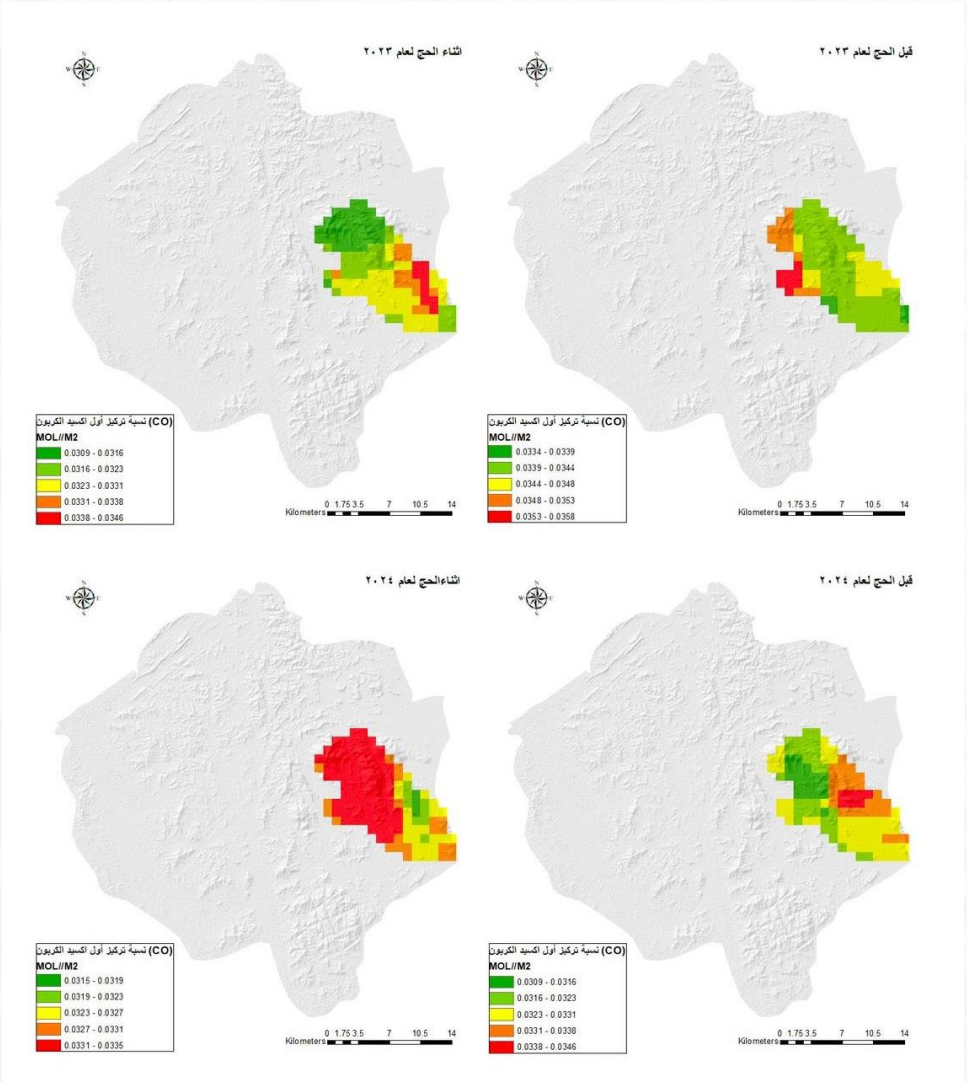
وقد خضعت البيانات المعالجة لتحليلات مكانية وزمنية لتحديد الاتجاهات والشذوذ في تركيزات الملوثات خلال مواسم الحج لعامي 2023 و2024م. كذلك تم تحويل قياسات تركيز الغازات المختلفة إلى وحدات قياس موحدة (مثل جزء في المليون أو ميكروغرام لكل متر مكعب) حتى يمكن مقارنتها بشكل دقيق بمعايير جودة الهواء التي حددتها منظمة الصحة العالمية، وتم تصنيف البيانات إلى فئات باستخدام فاصل زمني متساوي الفاصل الزمني equal interval وحساب المساحات لكل فئة بالاعتماد على برنامج ArcGIS 10.8، كما شمل رسم خرائط لتوزيعات الملوثات عبر منطقة الدراسة وتحليل الاختلافات وحساب نسبة التغير بمرور الوقت، مما يتيح إجراء تقييم مفصل لتقلبات جودة الهواء استجابة للنشاط البشري المتزايد أثناء الحج.

3. النتائج والمناقشة

<u>أولاً: أول أكسيد الكربون CO</u>

من خلال الشكل رقم (2) نلاحظ أن قبل بدء موسم الحج 2023م تركز غاز أول أكسيد الكربون CO بنسب مرتفعة غرب منطقة الدراسة بما يعادل 16% من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، بينما غطت أغلب مساحة المنطقة التركيز المتوسط والخفيف بما يقدر ب 84% من اجمالي المساحة المدروسة. أما أثناء موسم الحج لنفس العام فنلاحظ أن النسب تركزت شرق مشعر عرفة بنسبة 17% من اجمالي المساحة في حين غلب على مشعر مزدلفة النسب المتوسطة بنحو 35%، وغطت شمال المنطقة التركيز الخفيف للغاز فوق مشعر منى بما يقدر 48% من أجمالي منطقة الدراسة. وبحساب نسبة التغير لمتوسط قيم التركز قبل موسم حج 2023م وأثناءه نجد التغير بلغ نحو 6%. وفي عام 2024م قبل بدء موسم الحج نلاحظ سيطرة النسب المتوسطة من الغاز بنحو 37% من إجمالي مساحة المنطقة، بينما انحصرت النسب المرتفعة فوق مزدلفة بمساحة قدرت نحو 25%، وغطى مشعر منى تركيز خفيف إلى خفيف جدا من غاز CO بمساحة بلغت نحو 37%.

أما أثناء موسم الحج لنفس العام كان التركيز المرتفع في منطقة منى ومزدلفة والذي امتد وسط وشمال غرب منطقة الدراسة حيث غطى مساحة بلغت نحو59% من اجمالي المنطقة. وانتشر الغاز بنسب متوسطة على مساحة قدرت نحو 33% ومن ضمنها مشعر عرفة أما الغاز الخفيف فقد كان يغطي مساحة صغيره والتي تمثل وادي عرنة. وبحساب نسبة التغير لمتوسط القيم قبل موسم حج عام 2024م وأثناءه نجد أن النسبة بلغت نحو 8% الشكل (2).

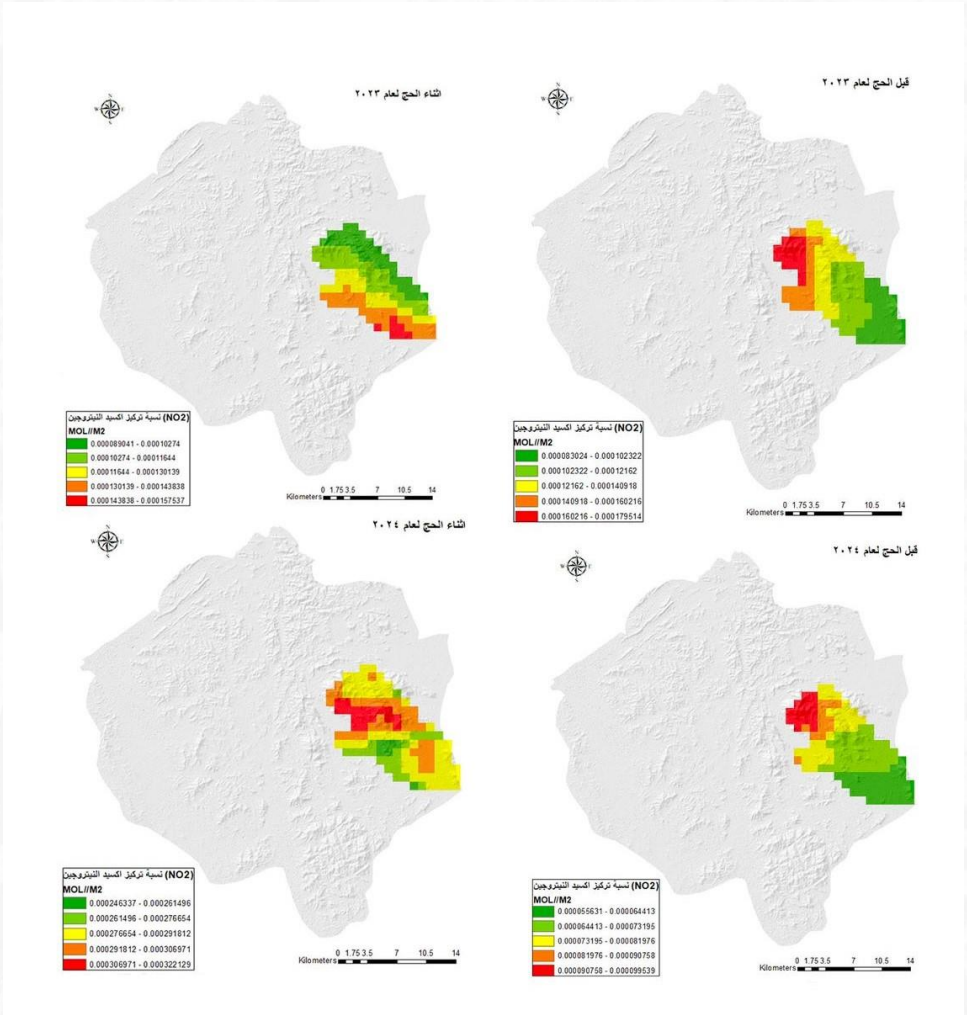


شكل رقم (2): نسبة التركيز لغاز أول أكسيد الكربون CO.

ثانياً: ثاني أكسيد النيتروجين NO2

قبل بدء موسم الحج لعام 2023م غطت النسب المتوسطة والخفيفة الى الخفيفة جدا نحو 73% من مساحة منطقة الدراسة (شكل رقم 3)، بينما كان التركيزات المرتفعة محدودة لم تتجاوز 30% والتي غطت شمال غرب المشاعر. أما أثناء الحج فقد تركزت النسب المنخفضة في شمال وشمال شرق المنطقة وعلى مشعر منى وغرب مزدلفة وشمال عرفة بمساحة قدرت بنحو 54% من اجمالي المنطقة المدروسة، بينما تركزت النسب المرتفعة جدا بمساحة قدرت بنحو 23% حول مواقف الباصات في مشعر عرفة وغطت النسب المتوسطة والخفيفة بقية المنطقة. ونجد أن نسبة التغير لمتوسط القيم قبل وأثناء موسم الحج بلغ نحو 8%.

أما في عام 2024م فقد تبين أن التركيز الخفيف والمتوسط غطى نحو 80% من منطقة الدراسة قبل بدء موسم الحج بينما اثناء الموسم ارتفعت النسب في مشعر منى وأجزاء من مشعر مزلفة بما يقدر بنحو 40 % من مساحة منطقة الدراسة. وتبين من خلال حساب نسبة التغير 76%.

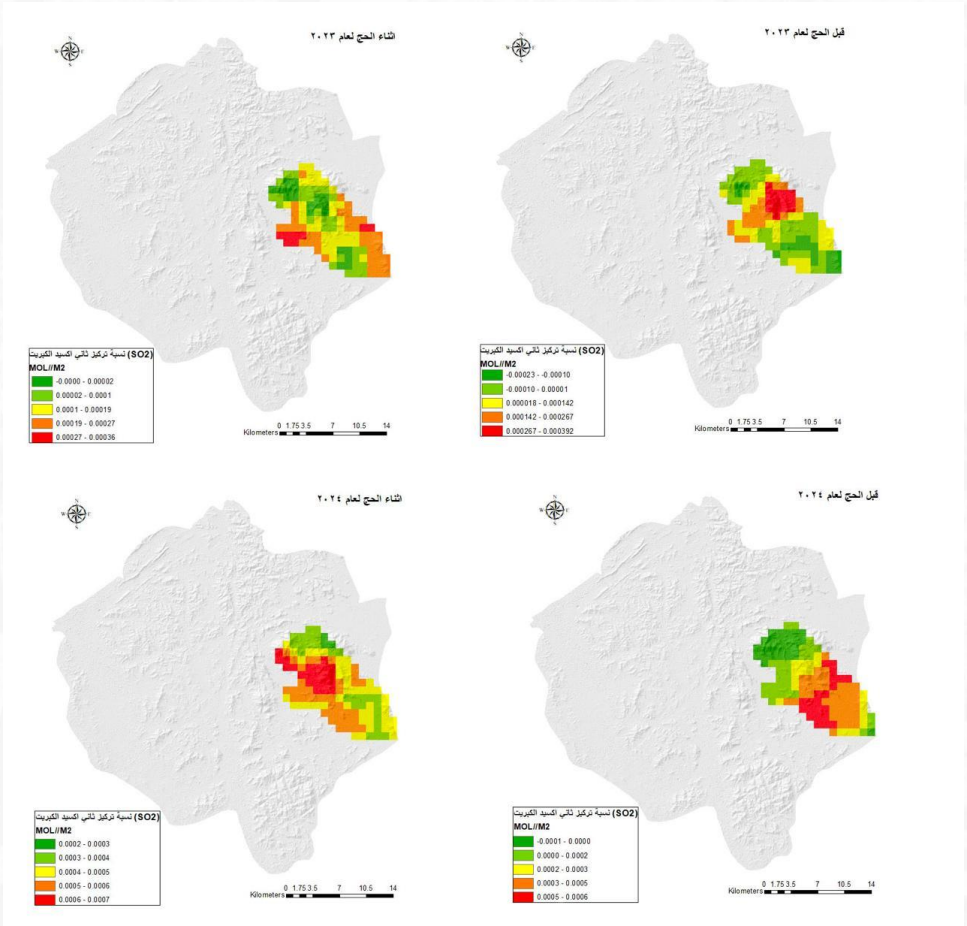


شكل رقم (3): نسبة تركيز غاز ثاني أكسيد النيتروجين NO2

ثالثاً: ثاني أكسيد الكبريت SO2

وتبين من خلال الشكل رقم (4) أن النسب المنخفضة هي المسيطرة على أغلب منطقة الدراسة بنسبة قدرت نحو 75% من إجمالي منطقة الدراسة وذلك قبل بدء موسم حج 2023م بينما أثناء الموسم فقط سيطرت النسب المرتفعة بنحو 37% من اجمالي المساحة وذلك في جنوب شرق المنطقة، في حين كان التركيز متوسط لنسب غاز ثاني أكسيد الكبريت على مشعر مزدلفة (27% من إجمالي منطقة الدراسة) والتي أخذت بالانخفاض باتجاه شمال منطقة الدراسة بمساحة قدرت نحو 36% من الإجمالي ككل. أما قبل بدء موسم حج عام 2024م فقد كان التركيز المرتفع في مشعر عرفة ومشعر مزدلفة بنسبة 46% من إجمالي منطقة الدراسة.

وفي أثناء الموسم غطت النسب المرتفعة مشعر مزدلفة توسعت لتشمل أجزاء من مشعر منى وكذلك مواقف باصات عرفة بينما كانت النسب متوسط على مشعر عرفة وقد بلغت نحو 78% من إجمالي مساحة منطقة الدراسة. وبحساب نسبة التغير لمتوسط القيم نجد أن التغير بلغ 96% بين تركز ثاني أكسيد الكبريت قبل موسم الحج واثناءه عام 2024م.

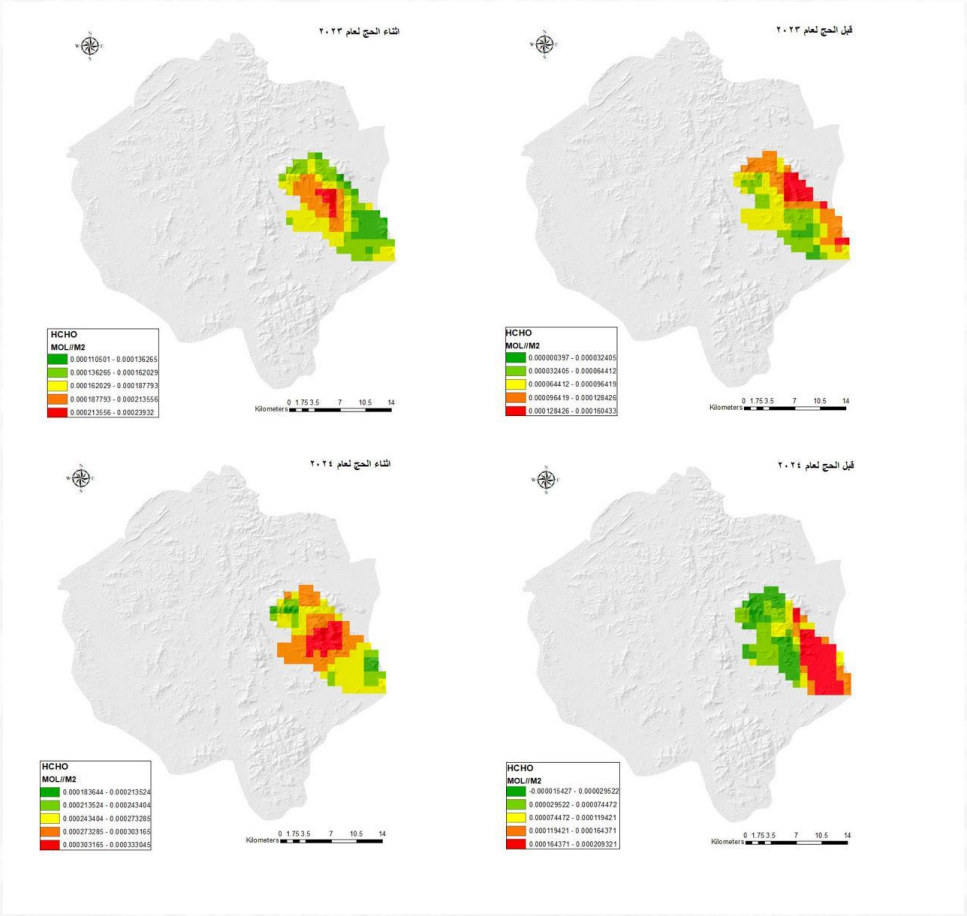


شكل رقم (4): نسبة تركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت SO2

رابعاً: الفورمالديهايد HCHO

من خلال الشكل رقم (5)، يتضح أن النسب كانت منخفضة قبل بدء موسم حج عام 2023، حيث غطت مساحة تقدر بنحو 63% من منطقة الدراسة. في المقابل، كان التركيز مرتفعًا في الجهة الغربية والشمالية من منطقة الدراسة، حيث شملت مساحة تقدر بنحو 37% من منطقة المشاعر. وفي أثناء الحج استمر الغاز في الانخفاض في منطقة الدراسة، في حين كانت النسب مرتفعة على مشعري منى ومزلفة بمساحة بلغت 24% من إجمالي المشاعر. وقد بلغ التغير بينهما نحو 86%. أما في عام 2024م فقبل بدء موسم الحج كان التركيز حول مشعر منى والطرق الرابطة بين مشعر عرفة ومزدلفة بمساحة بلغت نحو 38% من إجمالي منطقة الدراسة.

أما أثناء موسم الحج من نفس العام فقد انتشر الغاز المرتفع والمتوسط بنحو 74% من إجمالي المساحة في مشعر مزدلفة وأجزاء من مشعر منى وحول مشعر عرفة، في حين كانت النسب المنخفضة محدودة (16% من اجمالي منطقة الدراسة) وكان التغير نحو الانخفاض في قيم المتوسط بين قبل وأثناء موسم حج 2024م.

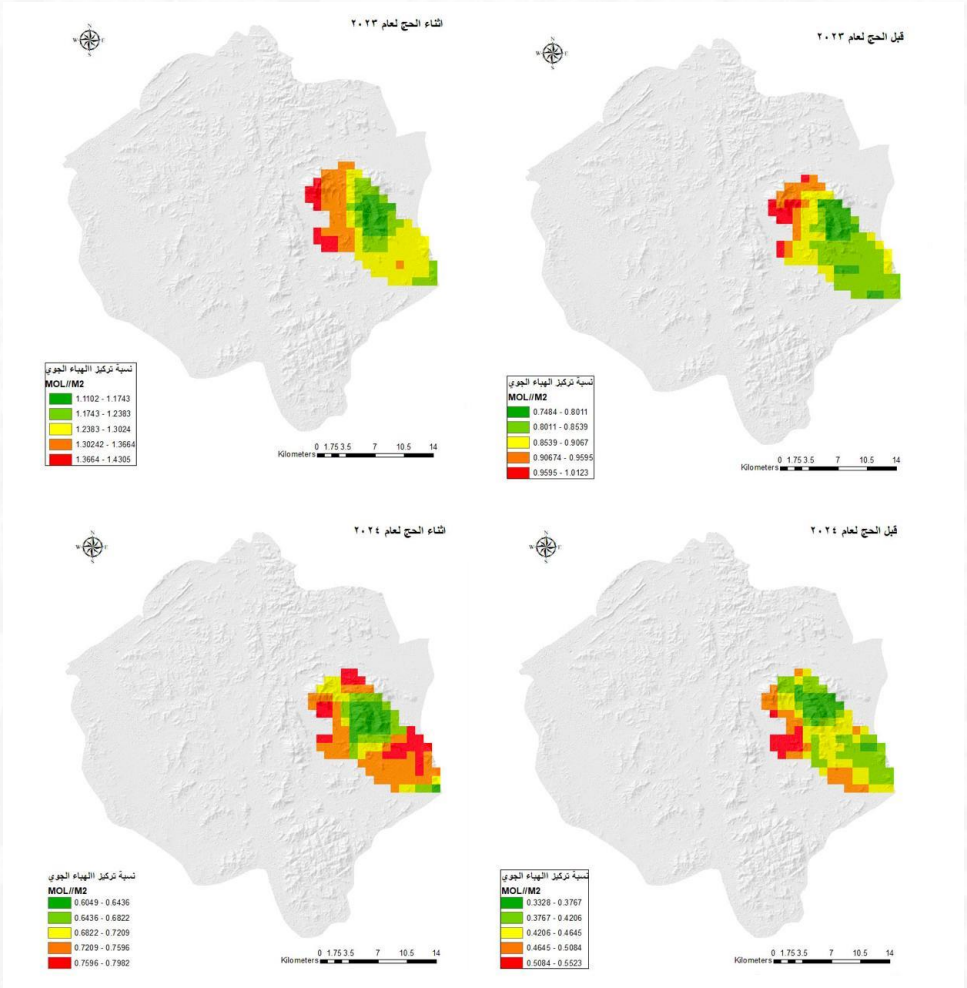


شكل رقم (5): نسبة تركيز غاز الفورمالديهايد HCHO

خامساً: الهباء الجوي Aerosol

قبل بدء موسم حج 2023م كانت نسب التركيز للهباء الجوي منخفضة على جميع أجزاء المشاعر عدا أجزاء من شمال شرق المنطقة بماسحة لا تتجاوز 21% من المنطقة. في حين كانت النسب أثناء الموسم مرتفعة خاصة في منى وأجزاء من مزدلفة بنسبة 32% من مساحة المنطقة وشملت 38% من المنطقة تركز للنسب المتوسطة في مشعر عرفة كما هو ملاحظ في شكل رقم (6). اما في عام 2024م فقبل بدء موسم الحج كان الهباء الجوي بنسب منخفضة على مساحة قدرت بنحو 75% من إجمالي منطقة الدراسة.

أما أثناء الموسم تبين أن 59% من إجمالي منطقة الدراسة تعرضت إلى ارتفاع في الهباء الجوي والذي تركزت في مشعر عرفة ومسلخ المعيصم وكذلك مواقف السيارات في مزدلفة والجمرات الى جانب حجز الدرجات النارية في المعيصم وضبط الدرجات في النسيم وحجز العابدية. وغطت نسب التركيز المتوسطة والخفيفة نحو 41% من إجمالي مساحة منطقة الدراسة.



شكل رقم (6): نسبة تركيز الهباء الجوي Aerosol

وكشفت نتائج تحليل جودة الهواء خلال موسم الحج 2023 م عن ارتفاع ملحوظ في تركيزات بعض الملوثات الرئيسية عن معايير المنظمة الصحة العالمية، مثل ثاني أكسيد النيتروجين وثاني أكسيد الكبريت والجسيمات الدقيقة(PM2.5) مما يشير إلى تدهور جودة الهواء وزيادة المخاطر الصحية على الحجاج. على الرغم من أن تركيزات بعض الملوثات الأخرى، مثل أول أكسيد الكربون والفورمالديهايد، كانت ضمن الحدود المقبولة. وقد أظهرت نتائج رصد جودة الهواء أثناء موسم الحج لعام 2024 تجاوزاً لمعايير منظمة الصحة العالمية في العديد من القياسات، لاسيما تركيزات الجسيمات الدقيقة (PM2.5) وثاني أكسيد النيتروجين .(NO2) تشير هذه الزيادة الملحوظة في تركيزات الملوثات إلى ارتفاع خطر الإصابة بالأمراض التنفسية والقلبية الوعائية.

وعند مقارنة بيانات جودة الهواء لعامي 2023 و2024 أثناء موسم الحج مع معايير المنظمة الصحة العالمية لوحظ أن هناك تدهوراً ملحوظاً في جودة الهواء، خاصة فيما يتعلق بتركيزات ثاني أكسيد النيتروجين والفورمالديهايد والجسيمات الدقيقة .(PM2.5) على الرغم من أن تركيزات أول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكبريت ظلت ضمن الحدود المسموح بها بشكل عام، إلا أن هناك زيادة في النطاقات التي تشير إلى مخاطر صحية محتملة جدول (١).

الجدول (١): معايير منظمة الصحة العالمية

الملوث	معيار منظمة الصحة العالمية (ميكروغرام/م³)	الآثار الصحية
CO	10 (متوسط 8 ساعات)	خطر على الفئات الحساسة؛ مستويات أعلى يمكن أن تؤثر على نقل الأكسجين
NO2	40 (متوسط ساعة واحدة)	مشاكل تنفسية محتملة؛ مستويات أعلى يمكن أن تزيد من تفاقم الربو
SO2	500 (متوسط ساعة واحدة)	مشاكل في الجهاز التنفسي؛ مستويات أعلى تشكل مخاطر صحية خطيرة
HCHO	0.1 (متوسط 8 ساعات)	مادة مسرطنة؛ التعرض المطول قد يزيد من خطر الإصابة بالسرطان
PM2.5	25 (متوسط 24 ساعة)	آثار صحية خطيرة؛ مرتبطة بأمراض القلب والأوعية الدموية والجهاز التنفسي

4. الخلاصة

قدمت هذه الورقة تقييما لجودة الهواء في المشاعر المقدسة بمكة المكرمة من خلال الاستفادة من بيانات القمر الصناعي Sentinel-5 باستخدام قوقل ايرث انجن (GEE)، وقياس تركيز غاز أول أكسيد الكربون (CO)، وثاني أكسيد النيتروجين (NO2)، وثاني أكسيد الكبريت (SO2)، والفورمالديهايد (HCHO)، ومؤشر الهباء الجوي (Aerosol) قبل بدء موسم الحج وخلاله لعامي 2023 و2024م.

وتوصلت الدراسة إلى أن مستويات تلك الغازات ترتفع بشكل ملحوظ خلال موسم الحج، كما كشفت الدراسة عن الارتباط المكاني بين ارتفاع التركيز للغازات وبين بؤر الازدحام والأنشطة البشرية خاصة الطرق والممرات التي تستقلها وسائل النقل المختلفة إلى جانب مواقف السيارات. وتسعى هذه الدراسة في تقديم بيانات مكانية وزمانية تخدم الجهات المعنية وتسهم في اتخاذ تدابير أكثر فعالية للحد من مصادر تلك الانبعاثات. يشير التدهور الملحوظ في جودة الهواء خلال موسم الحج 2024 إلى ضرورة اتخاذ إجراءات عاجلة للحدّ من الانبعاثات الملوثة وتحسين جودة الهواء في المناطق المقدسة.

5. التوصيات

توصي هذه الدراسة بتوظيف التقنيات المبتكرة والحديثة في عمليات الرصد الفوري لمؤشر جودة الهواء، كاستخدام القمر الصناعي Sentinel-5 والذي يسهم في قياس نسب التركيز لمتوسطات الغازات وعرض التنبؤات لحالة جودة الهواء. كما توصي الدراسة بضرورة تحديد مصادر التلوث الرئيسية وتطوير استراتيجيات فعالة للحدّ منها وتحقيق تحسن مستدام في جودة الهواء. إلى جانب الحث على توعية الحجاج بأهمية اتخاذ الاحتياطات اللازمة لحماية صحتهم، مثل ارتداء الكمامات وتجنب الأنشطة البدنية الشاقة في الأوقات التي تكون فيها مستويات التلوث مرتفعة.

المراجع

- Alharbi, F., et al. (2021). Air Quality Monitoring during Hajj: Challenges and Solutions. Environmental Science and Pollution Research, 28(9), 11234-11245.
- Bashir, M. F., et al. (2020). Air Quality and Health Impacts During Hajj Pilgrimage: A Review. Environmental Monitoring and Assessment, 192(5), 1-17.
- Landgraf, J., et al. (2016). Sentinel-5 Precursor: The Tropomi Satellite Instrument. Remote Sensing of Environment, 203, 213-225.
- Maqbool, A., et al. (2021). Impact of the Hajj Pilgrimage on Air Quality in Makkah: A Review. Atmospheric Pollution Research, 12(4), 101-109.
- Nasrallah, A., et al. (2022). Monitoring Air Pollution in Makkah during Hajj Season Using Remote Sensing Data. Journal of Environmental Management, 302, 113933.
- Zhou, Y., et al. (2020). Utilizing Google Earth Engine for Environmental Research: A Review. Remote Sensing Applications: Society and Environment, 18, 100343.
- Gorelick, N., et al. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. Remote Sensing of Environment, 202, 18-27.
- Hu, J., et al. (2020). Tropospheric Monitoring Instrument: A new satellite instrument for measuring atmospheric composition. Remote Sensing of Environment, 241, 111726.
- Landgraf, J., et al. (2016). Sentinel-5 Precursor: The Tropomi Satellite Instrument. Remote Sensing of Environment, 203,

213-225.

- Simpson, I., et al. (2018). Air quality in Mecca and surrounding holy places in Saudi Arabia during Hajj: initial survey, https://pubmed-ncbi-nlm-nih-gov.translate.goog/24983190/
- Ahmed, Bashir and Turki M.(2024) Health Impacts of Air Pollution during a short-term event (Hajj):https://www.researchgate.net/publication/378714432_Health_Impacts_of_Air_Pollution_during_a_short-term_event_Hajj.
- World Health Organization. (2021). "Air Quality Guidelines: Global Update 2021." WHO.
- World Health Organization. (2006). "Air Quality Guidelines: Global Update 2005." WHO.

قياس العوامل البيئية للحدّ من المخاطر في مواقف حافلات النقل العام للحجاج والمعتمرين بمكة المكرمة

فتحي فوزي شعبان*، ماجد بامقا، عبد الرحمن الحضرمي، ابراهيم فلاتة

قسم البحوث البيئية والصحية، معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة، جامعة أم القرى

Measuring Environmental Factors for Hazard Reduction in Public Transport Bus stations for Pilgrims and Umrah Performers in Makkah Al-Mukarramah 1445 AH

Fathy Shaaban*, Majid Bamaga, Abd Alrahman Al Hadramy and Ebrahim Fallatah

The Custodian of the Two Holy Mosques Institute for Hajj and Umrah Research, Umm Al-Qura University

*Corresponding author: E-mail (ffshaaban@uqu.edu.sa)

الملخص

مع زيادة اعداد المعتمرين والحجاج خاصة في شهري رمضان والحج، تزداد اعداد الباصات والحافلات المتوجهة من والى الحرم المكي والمواقف الرئيسية بمكة المكرمة. هدفت الدراسة إلى قياس وتقييم العوامل البيئة بمواقف الحافلات الرئيسية بكلّ من كدي وجرول وغزة والشيشة والتي تقوم بنقل الحجاج والمعتمرين من وإلى الحرم المكي، والحدّ من الأثر البيئي لتلك العوامل على البيئة وصحة الحجاج والمعتمرين. أظهرت القياسات الميدانية أن قيم أول أكسيد الكربون والجسيمات العالقة (PM2.5, PM10) والمركبات الكلية العضوية والفورمالدهيد كانت جميعها في المعدلات العالمية الطبيعية، بينما اظهرت قيم غاز ثاني أكسيد الكربون معدلات مرتفعة جدا مقارنة بالنسب العالمية المسموح بها (400 300) –ppm حسب منظمة الصحة العالمي (WHO)وصلت إلى 5000 ppm، تراوح مستوى الضوضاء خلال أوقات النهار بين 76 -79 ديسيبل بمتوسط 77.5 ديسبل بينما خلال اوقات الليل تراوح بين 84-87 ديسيبل بمتوسط 85.5 ديسيبل وهي تتعدى الحدود المسموح بها دوليا. وقد أظهرت الدراسة العديد من الظواهر السلبية مثل: التزاحم الشديد على الحافلات بالمحطات وعدم وجود آلية تنظيمية واضحة ، تداخل مسار الحافلات عند الدخول والخروج من المحطات مع مسار سير المشاة من المعتمرين والحجاج ، عدم تفريغ وتنظيف حاويات تجميع القمامة وانتشار النفايات على الأرض والأرصفة، ضيق المساحة المخصصة لتنزيل المعتمرين على الطريق الرئيسي أمام مسجد السيدة عائشة، وجود العديد من العوائق الحديدية الصلبة داخل موقف السيدة عائشة بطريق تحميل وتنزل المعتمرين مما قد يتسبب في إصابات وأضرارا بصحتهم وسلامتهم.

تم قياس رضا عينة من الحجاج بلغت 320 حاجا لتحديد مدى رضاهم عن العوامل البيئية بمواقف الحافلات المختلفة ، أظهرت الغالبية عدم الرضا عن درجات الحرارة بنسبة 51% بينما المرتبة الثانية راضي نوعا ما بنسبة 23%، عدم الرضا عن التكدس والازدحام بنسبة 61% بينما المرتبة الثانية راضٍ لحدّ ما بنسبة 28%، الرضا التام عن الرطوبة النسبية بنسبة 41% بينما المرتبة الثانية راضي نوعا ما بنسبة 26%،عدم الرضا عن مستويات الضوضاء بنسبة 41% بينما المرتبة الثانية راضي تماما بنسبة 28%، عدم الرضا عن مستويات غازات العوادم بنسبة 51% بينما المرتبة الثانية راضي نوعا ما بنسبة 29%، عدم الرضا عن تكدس النفايات بنسبة 41% بينما المرتبة الثانية راضٍ نوعا ما بنسبة 35%، الرضا التام عن شدة الإضاءة بنسبة 36% بينما المرتبة الثانية غير راضي بنسبة 24%، عدم الرضا عن وجود عوائق للحركة بنسبة 41% بينما المرتبة الثانية راضي لحد ما بنسبة 30%، عدم الرضا عن وجود خطة إرشاد بنسبة 50% بينما المرتبة الثانية راضٍ نوعا ما بنسبة 2%.

الكلمات الدالة: مواقف الحافلات، مكة المكرمة، العوامل البيئية، مخاطر التلوث.

Abstract

As the number of pilgrims and Umrah performers grows, especially during Ramadan and Hajj, so does the number of buses and coaches that travel to and from the Grand Mosque and the main bus stops in Makkah. The study's goal is to measure and evaluate the environmental factors at the main bus stops in each of Kudi, Jarwal, Gaza, and Shisha that transport pilgrims and Umrah performers to and from the Grand Mosque, as well as to reduce their environmental impact on the environment and pilgrims' and Umrah performers' health. The measuring and analysis approach were utilized to measure the primary environmental components, Field measurements revealed that the concentrations of carbon monoxide, suspended particles (PM2.5, PM10), total organic compounds, and formaldehyde were all within typical worldwide rates, while carbon dioxide levels were extremely high when compared to the World Health Organization's (WHO) acceptable worldwide levels (400 ppm-300). The noise level was between 76 and 79 decibels during the day, with an average of 77.5 decibels, and 84 to 87 decibels at night, with an average of 85.5 dB, above the internationally permissible limits. The study revealed numerous negative phenomena, including severe crowding on buses at stations and the lack of a clear regulatory mechanism, the bus route overlapping with the path of pedestrians of pilgrims and Umrah performers when entering and exiting stations, failure to empty and clean garbage collection containers, and the spread of waste on the ground and sidewalks, The limited space available for discharging pilgrims on the main road in front of Aisha Mosque, as well as the existence of numerous solid iron obstacles inside the Aisha parking lot on the approach to load and unload pilgrims, may result in injuries and harm to their health and safety.

The satisfaction of a sample of 320 pilgrims was measured to determine their level of satisfaction with the environmental factors at different bus stops. The majority (51%) showed dissatisfaction with the high level of temperatures, while the second rank was somewhat satisfied at a rate of 23%. Dissatisfaction with crowding and congestion was found at a rate of 61%, while the second rank was somewhat satisfied at a rate of 28%. Complete satisfaction with the relative humidity at a rate of 41%, while the second rank was somewhat satisfied at a rate of 26%. Dissatisfaction with noise levels at a rate of 41%, while the second rank was completely satisfied at a rate of 28%. Dissatisfaction with exhaust gas levels at a rate of 51%, while the second rank was somewhat satisfied at a rate of 29%. Dissatisfaction with waste accumulation at a rate of 41%, while the second rank was somewhat satisfied at a rate of 35%. Complete satisfaction with the intensity of lighting was at a rate of 36%, while the second rank was dissatisfied at a rate of 24%, dissatisfaction with the presence of obstacles to movement by 41% while the second rank is somewhat satisfied by 30%, dissatisfaction with the presence of a guidance plan by 50% while the second rank is somewhat satisfied by 2%.

1. المقدمة

يتوق الملايين إلى مكة المكرمة، مدينة المسلمين الأولى وقبلتهم، لأداء فريضة الحج أو العمرة أو زيارة بيت الله الحرام، ويجتمع هنا كل عام عدد كبير من المسلمين من جميع أنحاء العالم، مما يجعلها الوجهة الأكثر أهمية للمسلمين. ونظراً للتطور السريع والمتغيرات الحديثة، فإننا نشهد تزايد هذه الأعداد عاماً بعد عام، وبالتالي تزايد وسائل المواصلات والنقل العام داخل العاصمة المقدسة. تمثل محطات ومواقف النقل العام بمكة المكرمة مصدرا رئيسيا للتلوث البيئي وما له من تأثير على صحة وسلامة الحجاج والمعتمرين، حيث تتسبب ملوثات الباصات والحافلات في آثار مباشرة وطويلة المدى على البيئة، حيث تطلق عوادم الحافلات مجموعة واسعة من الغازات والمواد الصلبة مما يتسبب في الاحترار العالمي والأمطار الحمضية والإضرار بالبيئة وصحة الإنسان، تتسبب ضوضاء المحرك وانسكابات الوقود أيضًا في التلوث، تعد السيارات والشاحنات وغيرها من وسائل النقل أكبر مساهم منفرد في تلوث الهواء في بعض الدول العالم، كذلك يعتبر حجم النفايات المتولدة في تلك المواقف وكيفية إدارتها مصدراً رئيسياً للتلوث البيئي.

من أهم تأثيرات ملوثات السيارات على البيئة، هو الاحتباس الحراري، حيث تنبعث السيارات والشاحنات من غاز ثاني أكسيد الكربون وغازات الدفيئة الأخرى التي تساهم بخمس إجمالي تلوث الاحباس الحراري في دول العالم، كذلك تحجز غازات الاحتباس الحراري الحرارة في الغلاف الجوي مما يؤدي إلى ارتفاع درجات الحرارة في جميع أنحاء العالم (حبيب الله، 2010، البياتي، 1994). كذلك تنتشر آثار تلوث السيارات على نطاق واسع وتؤثر على نوعية الهواء والتربة والمياه، حيث يساهم أكسيد النيتروز في استنفاد طبقة الأوزون التي تحمي الأرض من الأشعة فوق البنفسجية الضارة من الشمس، كما يمتزج ثاني أكسيد الكبريت وثاني أكسيد النيتروجين مع مياه الأمطار لتنتج الأمطار الحمضية التي تضر بالمحاصيل والغابات وغيرها من النباتات والمباني، تسرب النفط والوقود من السيارات والشاحنات يتسرب إلى التربة بالقرب من الطرق السريعة والوقود المتخلص منه والجسيمات من انبعاثات المركبات تلوث البحيرات والأنهار والأراضي الرطبة (بارود،2006، العودات، 1988).

تعتبر السيارات والشاحنات والحافلات التي تعمل بالوقود الأحفوري من العوامل الرئيسية التي تساهم في تلوث الهواء، في الواقع ينقل النقل أكثر من نصف أكاسيد النيتروجين في الهواء وهو مصدر رئيسي لانبعاثات الاحتباس الحراري في بعض دول العالم، ربطت الدراسات الملوثات من عوادم المركبات بالتأثيرات الضارة على كل جهاز عضو في الجسم تقريبًا، في حين أنّ تلوث الهواء هذا ينطوي على مخاطر كبيرة على صحة الإنسان والبيئة من خلال تقنيات المركبات والوقود النظيفة، حيث يمكن للناس تقليل الانبعاثات من سياراتهم وشاحناتهم بشكل كبير والمساعدة في تحويل النقل (العقيلي & جرار، 1990). هدفت الدراسة إلى تقييم العوامل البيئية في محطات ومواقف باصات النقل العام بمكة المكرمة ومقارنتها بمعايير منظمة الصحة العالمية (WHO) وقياس مدى تأثيرها على صحة الحجاج والمعتمرين وكذلك قياس مستوى رضا الحجاج والمعتمرين عن الجودة البيئية في تلك المواقع بما في ذلك تقييم العوامل البيئة بمواقف الباصات الرئيسية بكدي وجرول وغزة والشيشة والزاهر والتي تقوم بنقل الحجاج والمعتمرين من والى الحرم المكي ومنها:

1- معايير العوامل البيئية

- تركيز غازات الاحتباس الحراري (تركيز ثاني أكسيد الكربون (CO2) ،تركيز ثاني أكسيد الكبريت (SO2) ،متوسط تركيز ثاني أكسيد النيتروجين (NO2).
- تركيز الغبار والجسيمات ومنها تركيز الجسيمات الدقيقة (PM 2.5)، تركيز الجسيمات الدقيقة (PM 10) .
- قياس متوسط درجة الحرارة والرطوبة النسبية.
- تركيز المركبات العضوية المتطايرة، (الألدهيدات والكيتونات والهيدروكربونات.) ومنها الفورمالدهيد.
- تحديد مستويات الضوضاء ومدي تأثيرها على الحجاج والمعتمرين.
- قياس الملوثات البصرية.
- قياس شدة الإضاءة المناسبة.
- تقيم الكثافة العددية للحجاج بالنسبة لعدد الباصات.

2- معايير السلامة المهنية

- وجود خطة واضحة لإرشاد الحجاج إلى مخارج ومداخل المواقف وأماكن الباصات.
- وجود تكدس وازدحام على الحافلات في أوقات الذروة.
- عدم وجود عوائق تعيق حركة الحجاج والمعتمرين.
- قرب محطات الباصات من الحرم الشريف.

3- معايير النظافة العامة

- وجود تكدس للنفايات الصلبة المتولدة بمحيط وداخل مواقف الباصات.
- انتشار الروائح الكريهه بالمواقف وداخل الباصات.

2. الدراسات السابقة والمسح الأدبي:

صادق وآخرون 1989: (التقييم الأولي للتلوث المعدني الناتج عن تآكل إطارات السيارات)، توضح هذه الدراسة إن تأثير حركة المرور يتضح بصورة جلية في المناطق الحضرية من خلال انبعاثات السيارات وما يرتبط بها من مخاطر على صحة الإنسان والبيئة المحيطة. كما

أظهرت الدراسة أن انبعاثات السيارات ليست المصدر الوحيد لتلوث الهواء بل إن لإطارات السيارات دور أيضاً. فوجدت أن هذا يتمثل في أنواع المعادن المختلفة كالزنك, الالمنيوم والكوبالت, فهي تتركز في مختلف العلامات التجارية لإطارات السيارات وهي موزعة بطريقة غير متجانسة. كما وجدوا أن مركبات الزنك تحتل الجزء الأكبر منها، فيما يتوقف تركيز معدن الألمنيوم على حسب نوع حركة المرور ونوع الإطارات .

مطهر الدين وآخرون 1989: (التلوث بالرصاص لدى الأطفال في المناطق الحضرية والريفية في المملكة العربية السعودية)، في دراسة تناولت أثر ازدياد حركة مرور المركبات في العقدين الماضيين في المملكة العربية السعودية. أظهرت الدراسة أن عدد السيارات في الوقت الحاضر إلى أكثر من 5 ملايين سيارة. كما أوضحت الدراسة أن تلك المركبات تستخدم البنزين المحتوي على الرصاص وهو يعد واحد من المصادر الرئيسية لتلوث الهواء في مدن المملكة، كما أشارت الدراسة إلى أنه على الرغم من أن محتوى الرصاص في البنزين المنتج في المملكة العربية السعودية قد خفض، إلا أن التركيز لا يزال أعلى من الحدّ الأعلى المسموح به في العديد من المدن الصناعية.

حبيب الله (1430 هـ): (دراسة وتقييم المركبات المتطايرة في هواء مكة المكرمة والمشاعر المقدسة). وتناولت هذه الدراسة تحليل الوضع الحالي لتلوث الهواء وخاصة لأول مرة خصائص المركبات العضوية من حيث المحتويات. كما هدفت الدراسة إلى التركيز على فهم الوضع الحالي للتلوث بالمركبات المتطايرة وتطوير التكنولوجيا الملائمة لرصد تلك المركبات. كما أشارت إلى أن هناك العديد من الأمراض التي لحقت بالإنسان جراء تلوث الهواء منها الأمراض الجلدية وأمراض العيون واللوزتين وأمراض الجهاز التنفسي.

المعتاز وآخرون (1995) : (دراسة لمشكلة التلوث في مدينة الرياض)، أوضحت أن أهم مصادر التلوث تشمل انبعاث عوادم السيارات، محطات القوى الكهربائية، مصفاة تكرير البترول، مصانع الأسمنت والصناعات المختلفة في المناطق الصناعية. أما أبرز ملوثات الهواء الرئيسة في مدينة الرياض التي ذكرها الباحث فهي الغبار والاتربة فهي غاز أول اكسيد الكربون، غاز ثاني أكسيد الكبريت، أكاسيد النتروجين ومركبات الرصاص .

الدسوقي وآخرون (2013): (التركيزات الفصلية لعنصر الرصاص للغبار الداخلي والخارجي وتركزه في دم الأطفال في مدينة الرياض) ، أظهرت الدراسة أن هناك علاقة قوية بين تركز الغبار في المناطق الخارجية والداخلية. كما أوضحت أنه لا توجد علاقة بين تركز الغبار (المحمل بعنصر الرصاص) ودماء الأطفال في المناطق المنغلقة، بينما وجدت علاقة ضعيفة بين تركز الغبار ودماء الأطفال في المناطق المفتوحة. كما أظهرت الدراسة أن ترسب الغبار المحمل بعنصر الرصاص يتباين بين فصول السنة.

الدمنهوري (1989): (تقييم بعض الآثار البيئية الناجمة عن التلوث الجوي بغبار الأسمنت في مدينة الفحيص في مجالات صحة الإنسان وراحته وبعض ممتلكاته وأوراق بعض الأشجار المثمرة)، وكانت أهم النتائج التي توصل إليها الباحث أن الهواء في مدينة الفحيص يعتبر هواءً ملوثاً يهدد صحة الإنسان، ويلحق أضراراً ببعض النباتات والممتلكات، وأن تركيز الغبار في جو المنطقة يصل في بعض الأحيان إلى 164 ميكرو جرام/م3.

الشافعي (1989): (التلوث الهوائي لبعض الصناعات في مدينة جدة) , أظهرت هذه الدراسة مصفاة بترول جدة من أكثر مصادر انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون (22730 طن/السنة). كما تأتي أيضاً مصفاة بترول جدة في المرتبة الأولى بالنسبة لانبعاث غاز أول الكبريت (21414 طن/السنة) ويليها محطة توليد الطاقة الكهربائية (1669 طن/السنة). كما أظهرت الدراسة أن كل من الكسارات والمحاجر ومصانع مواد البناء أكبر مصادر انبعاث الدقائقيات (57009 طن/السنة). كما أشارت الدراسة إلى أنه على الرغم من عدم وجود إحصائيات عن كميات الملوثات من عوادم السيارات والمركبات، إلا أن هذه المشكلة تظهر بجلاء في ساعات الذروة المرورية (رحلة الذهاب والعودة من العمل والمدارس).

Mikalai & Michael. (2024) (تحليل تلوث الهواء الناجم عن انبعاثات المركبات للولايات المتحدة) ، تستكشف هذه الدراسة التوزيع المكاني لانبعاثات أكاسيد النيتروجين المرتبطة بنظام الطرق السريعة بين الولايات في الولايات المتحدة. ووجدت الدراسة أن أعلى مستويات NO2 VCD تم تسجيلها على السواحل الغربية والشرقية للبلاد حيث تقع أكبر المناطق الحضرية، والتي تراوحت قراءاتها من 100 إلى 300 ميكرومول/م^2. وتشير النتائج إلى وجود علاقة قوية بين حجم حركة المرور وانبعاثات أكاسيد النيتروجين، مع تركز مستويات أعلى من ثاني أكسيد النيتروجين على طول هذه السواحل.

(Ashish et. al. (2023): (تلوث هواء المركبات وتنبيه الرسائل القصيرة.) طور الباحثون استراتيجيات مختلفة للحد من تلوث الهواء الناتج عن المركبات، مثل إدخال السيارات الكهربائية، واستخدام السيارات المشتركة، وتحسين وسائل النقل العام. ومع ذلك، فإن فعالية هذه الاستراتيجيات محدودة بسبب عدة عوامل، بما في ذلك نقص الوعي وتغيير السلوك بين السائقين. وأظهرت نتائج الدراسة أن نظام التنبيه عبر الرسائل النصية القصيرة له تأثير كبير في تقليل تلوث الهواء في المركبات. أظهرت مجموعة التدخل انخفاضًا بنسبة 30% في انبعاثات المركبات مقارنة بالمجموعة الضابطة.

(Umar et. al. (2023): (تقييم سياسة النقل في مدينة ماكسار على أساس التلوث الناتج عن انبعاثات المركبات من أجل التخطيط المستدام للمناطق)، هدفت الدراسة إلى (1) تحديد غازات انبعاث المركبات باستخدام التحليل الوصفي، (2) تقييم جودة الهواء المحيط في عدة مواقع داخل مدينة ماكاسار بناءً على القياس الميداني، و (3) صياغة خطة المنطقة مع التلوث العالي المحتمل الناتج عن المركبات. يمكن أن نستنتج من هذه الدراسة أن 99٪ من التلوث في مدينة ماكاسار ناتج عن انبعاثات المركبات مع الإشارة على وجه التحديد إلى أعمار المركبات وأنواع محركات السيارات وقلة الصيانة.

(2024) .Caroline (التنبؤ بتلوث الهواء الناجم عن المركبات بناءً على نماذج التعلم الآلي المتقدمة) ، استخدمت هذه الدراسة نماذج متقدمة للتعلم الآلي القائم على الأشجار للتنبؤ بمستويات ملوثات الهواء الناجمة عن المركبات، مع التركيز بشكل خاص على الجسيمات الدقيقة (PM2.5). بالإضافة إلى النموذج الإحصائي القياسي، كانت النماذج المستخدمة هي GB) Gradient Boosting)، و Light Gradient Boosting Machine (LGBM)، وXGBoost) Extreme Gradient Boosting)، وET) Extra Tree)، والغابة العشوائية (RF). وفيما يتعلق بتقييم تنبؤات PM2.5، تفوق نموذج ET على النماذج الأخرى، كما هو موضح بواسطة MAE بقيمة 1.69، وMSE بقيمة 5.91، وRMSE بقيمة 2.43، وR2 بقيمة 0.71.

(2023).Srinivasan & Koteeswaran (المراقبة والتقييم البيئي من خلال تطبيق إنترنت الأشياء للحد من التلوث الناجم عن المركبات)، ترتبط متغيرات تصميم المركبات وتؤثر بشكل جماعي على انبعاثات المركبات. يتضمن التصميم التقليدي للمركبة المتغيرات التالية: 1) مضخة وقود 2) خزان الوقود 3) أبخرة الوقود يمكن امتصاصها بواسطة علبة الكربون المنشط 4) محرك الاحتراق الداخلي للمركبات التي تعمل بالبنزين والتي لديها شرارة - المحرك المشتعل والمركبة التي تعمل بالديزل والتي تحتوي على محرك الإشعال بالضغط 5) نظام نقل الطاقة الذي ينقل الطاقة إلى العجلات من المحرك 6) عادم لتقليل الانبعاثات الصادرة عن السيارة.

(2023) .Shunyang et. al: (تقييم تأثير مسارات كهربة المركبات على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وتلوث الهواء في مدينة شيآن، الصين.)، باستخدام نماذج معامل الانبعاثات لمركبات الوقود وتوليد الكهرباء اللازمة لتشغيل المركبات الكهربائية، قدرت هذه الدراسة مخزونات انبعاثات الملوثات ذات الصلة بـ 81 سيناريو مطابق، حيث اقترنت مسارات كهربة المركبات المختلفة بمزيج توليد الطاقة. علاوة على ذلك، تم أيضًا تقييم مدى تأثير مسارات كهربة المركبات المختلفة على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وملوثات الهواء. تظهر النتائج أنه لتحقيق هدف ذروة انبعاثات الكربون في قطاع النقل البري في شيان بحلول عام 2030، يجب أن يصل معدل انتشار السيارات الكهربائية إلى 40٪ على الأقل في عام 2035، ويجب أن يلبي معدل توليد الطاقة الحرارية المتطلبات اللازمة.

) :(2021) Bhavesh Singhتقييم التلوث الضوضائي في محطات الحافلات المختلفة في مدينة لكناو بولاية أوتار براديش، الهند.)، تتناول هذه الدراسة تقييم التلوث الضوضائي في محطة الحافلات في لكناو. تم رصد مستوى الضوضاء في شارباغ وعوض ونهاريا لمدة يومين لكل منهما بمساعدة مستوى ضغط الصوت .(SPL 1352) نظرًا لأن محطات الحافلات الثلاث هذه هي محطة حافلات مشتركة وداخلية أيضًا حيث إنها تربط لكناو بالعديد من المناطق المجاورة، فإن مستوى الضوضاء الناتج هنا مرتفع جدًا. يتم تشغيل الحد الأقصى لعدد الحافلات من محطات الحافلات الثلاث هذه لتلبية طلب الناس. بمساعدة مستوى الضوضاء تم حساب معلمات الضوضاء المختلفة مثلL10 ، L90، L50، Leq، NC، LNPو .TNIلغرض الدراسة السليمة وتمثيل الضوضاء الموجودة في محطة الحافلات. تتراوح قيمة الليك في شرباغ من 73.5-82.3 ديسيبل وفي عوض تتراوح من 74.6-82.7 ديسيبل وفي نهاريا تتراوح من 77.8-84.4 ديسيبل. وقد لوحظ في جميع المواقع المختارة أن مستوى الضوضاء أعلى من المستوى القياسي للضوضاء الموصوف لـ .CPCB مثل حقيقة أن ارتفاع مستوى الضوضاء في محطة الحافلات يسبب انزعاجًا عقليًا للركاب.

3. منهجية وطرق البحث

يتم استخدام منهج القياس والتحليل لتقييم الاشتراطات البيئية بقياس المعايير التالية:

- معايير العوامل البيئية باستخدام اجهزة الرصد والقياس.
- معايير السلامة المهنية بالمسح الميداني واستخدام قائمة الرصد.
- معايير النظافة العامة بالمسح الميداني واستخدام قائمة الرصد.
- استبانة لقياس رضا الحجاج عن العوامل البيئية في مواقف الحافلات.

استخدام اجهزة الرصد المحمولة الموضحة بالشكل (1&2)، لقياس تراكيز بعض الغازات والجسيمات الدقيقة بمواقف الحافلات وكذلك درجات الحرارة الرطوبة النسبية وشدة الضوضاء.

شكل (1): أجهزة محمولة لقياس بعض العوامل البيئية ومعامل جودة الهواء.

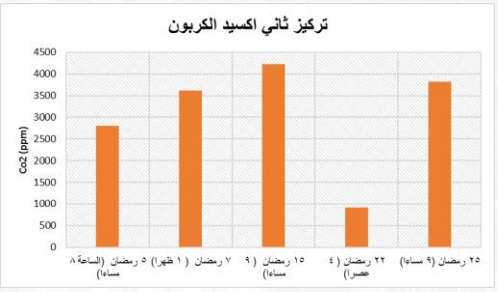
شكل (2): جهاز رصد مستويات شدة الضوضاء موديل (testo 816-1).

4. النتائج والمناقشة

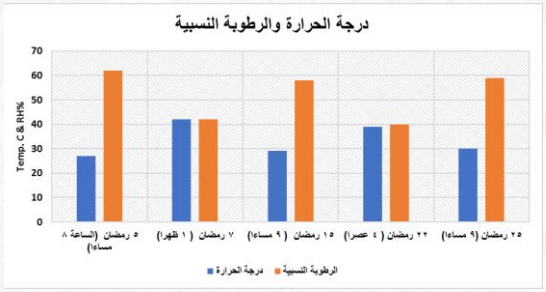
4.1 موقف جرول والسيدة عائشة (التنعيم)

أ) تقييم العوامل البيئية بمحطة جرول والسيدة عائشة (التنعيم)

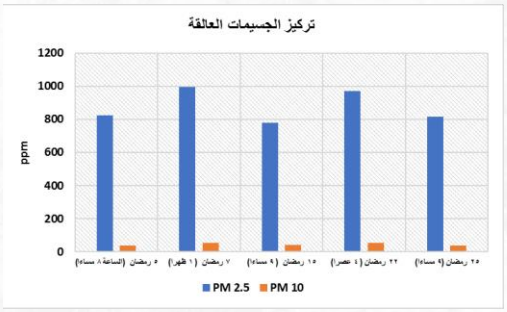
أظهرت القياسات الميدانية أن قيم أول أكسيد الكربون والجسيمات العالقة (PM2.5, PM10) (شكل 5)، والمركبات الكلية العضوية والفورمالدهيد كانت جميعها في المعدلات العالمية الطبيعية، بينما أظهرت قيم غاز ثاني اكسيد الكربون معدلات مرتفعة جدا مقارنة بالنسب العالمية المسموح بها (400 300)–ppm حسب منظمة الصحة العالمي(WHO) بلغت بلغت 4200 ppm (شكل 3). بينما أوضحت درجات الحرارة والرطوبة النسبية تباينا نسبيا حسب أوقات القياس حيث تراوحت مابين المعتدلة (27 درجة مئوية) مساءا والمرتفعة نسبيا في أوقات الظهيرة (42 درجة مئوية)، بينما بلغ متوسط الرطوبة النبية مابين (40%، 62%) (شكل 4). تم رصد الضوضاء في عدد 12 موقعا موزعين على منطقة المحطة بالكامل بالكامل للتعرف على مستويات الضوضاء، وتبين أن مستوى الضوضاء المكافئ: خلال اوقات النهار تراوح بين 76 -79 ديسيبل بمتوسط 77.5 ديسبل بينما خلال أوقات الليل تراوح بين 84-87 ديسيبل بمتوسط 85.5 ديسيبل. وهي تتعدى القراءات الحدود المسموح بها (شكل 6) .



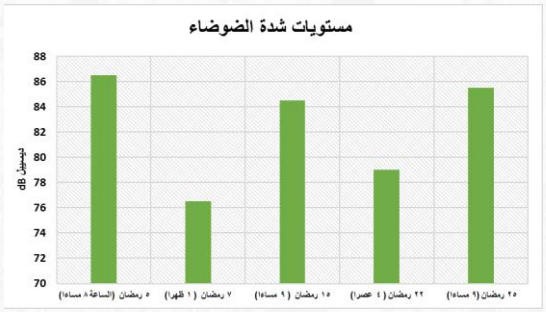
شكل (3): مستويات غاز ثاني أكسيد الكربون خلال فترات القياس بمحطة جرول للحافلات خلال شهر رمضان 1445.



شكل (4): مستويات درجة الحرارة والرطوبة النسبية خلال فترات القياس بمحطة جرول للحافلات خلال شهر رمضان 1445.



شكل (5): مستويات الأتربة (الجسيمات العالقة) خلال فترات القياس بمحطة جرول للحافلات خلال شهر رمضان 1445.



شكل (7): مستويات شدة الضوضاء خلال فترات القياس بمحطة جرول للحافلات خلال شهر رمضان 1445.

ب) رصد عوامل السلامة البيئية بمحطة جرول والسيدة عائشة

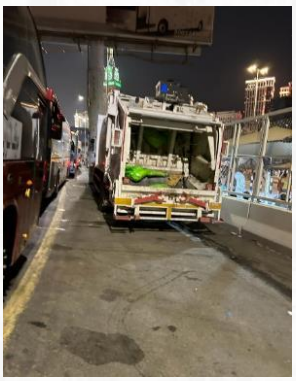
تم رصد بعض المخاطر البيئية والتنظيمية التي تهدد السلامة البيئية وصحة المعتمرين والحجاج في محطة جرول والسيدة عائشة (أشكال 8-14)، ومنها:

1. التزاحم الشديد على الحافلات بمحطة جرول خاصة بعد صلاة القيام وعدم وجود آلية تنظيمية واضحة.
2. عدم وجود مسارات محددة للحافلات بمحطة جرول وتلاصقها الشديد أثناء الحركة وركوب المعتمرين مما يؤثر على سلامتهم.
3. تداخل مسار الحافلات عند الدخول والخروج من المحطة مع مسار سير المشاه من المعتمرين والحجاج والسيارات الخاصة بمحطة جرول.
4. عدم تفريغ وتنظيف حاويات تجميع القمامة وانتشار النفايات على الأرض والأرصفة في بعض أماكن بمحطة جرول.
5. وقوف سيارة جمع النفايات بداخل موقف الحافلات بمحطة جرول مما يسبب في انتشار الروائح الكريهة وكذلك إعاقة حركة الحافلات والمعتمرين.
6. ضيق المساحة المخصصة لتنزيل المعتمرين على الطريق الرئيسي امام مسجد السيدة عائشة.
7. وجود العديد من العوائق الحديدية الصلبة داخل موقف السيدة عائشة بطريق تحميل وتنزل المعتمرين مما قد يتسبب في إصابات واضرار بصحتهم وسلامتهم.
8. وجود زحام على نقاط بيع التذاكر للمعتمرين بمحطة السيدة عائشة.

شكل(8): التزاحم الشديد على الحافلات بمحطة جرول خاصة بعد صلاة القيام وعدم وجود آلية تنظيمية واضحة.

شكل(9): عدم وجود مسارات محددة للحافلات بمحطة جرول وتلاصقها اثناء الحركة وركوب المعتمرين مما يؤثر على سلامتهم.

شكل (10): تداخل مسار الحافلات عند الدخول والخروج من المحطة مع مسار سير المشاة والسيارات الخاصة بمحطة جرول.



شكل (12): وقوف سيارات النفايات بداخل موقف الحافلات بمحطة جرول مسببة انتشار الروائح الكريهة وإعاقة حركة الحافلات.

شكل (13): ضيق المساحة المخصصة لتنزيل المعتمرين على الطريق الرئيسي أمام مسجد السيدة عائشة.

شكل (14): وجود العديد من العوائق الحديدية الصلبة داخل موقف السيدة عائشة بطريق تحميل وتنزيل المعتمرين مما قد يتسبب في أصابات وأضرار بصحتهم وسلامتهم.

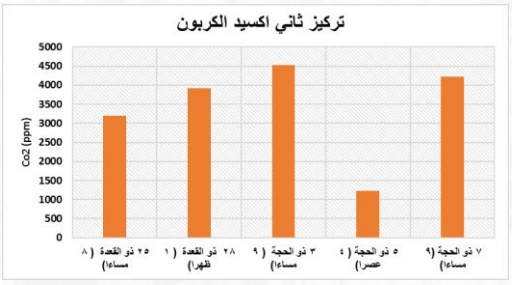
4.2 موقف شعب عامر (الغزة):

أ) تقييم العوامل البيئية بمحطة شعب عامر للحافلات

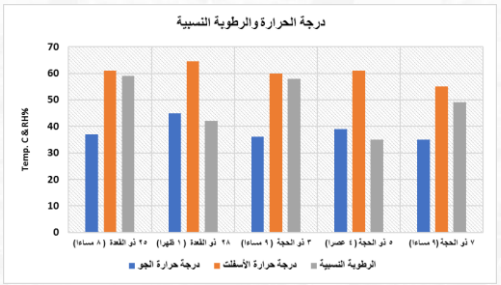
أظهرت القياسات الميدانية لجودة الهواء بمحطة شعب عامر (الغزة)، قيم غاز ثاني أكسيد الكربون معدلات مرتفعة جدا وصلت الى 4500 جزء في المليون مقارنة بالنسب العالمية المسموح بها (400 300) –ppm حسب منظمة الصحة العالمي(WHO) (شكل15).

بينما أوضحت درجات الحرارة والرطوبة النسبية تباينا نسبيا حسب أوقات القياس خلال أيام الحج حيث تراوحت ما بين المعتدلة (37 درجة مئوية) مساءا والمرتفعة نسبيا في أوقات الظهيرة (45 درجة مئوية)، بينما بلغ متوسط الرطوبة النسبية ما بين 40% ل 62% (شكل16).

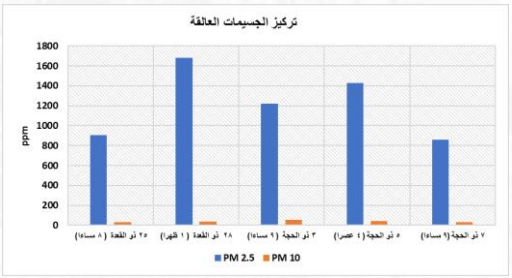
أن قيم أول اكسيد الكربون والجسيمات العالقة (PM2.5, PM10) (شكل 17)، كانت جميعها في المعدلات العالمية الطبيعية، تم رصد الضوضاء في عدد 9 مواقع موزعين على منطقة المحطة بالكامل خلال 5 ايام بالكامل للتعرف على مستويات الضوضاء، وتبين أن مستوى الضوضاء المكافئ: خلال أوقات النهار تراوح بين 77 -81 ديسيبل بمتوسط 79.5 ديسبل بينما خلال أوقات الليل تراوح بين 81-86 ديسيبل بمتوسط 83 ديسيبل. وهي تتعدى القراءات الحدود المسموح بها (شكل 18).



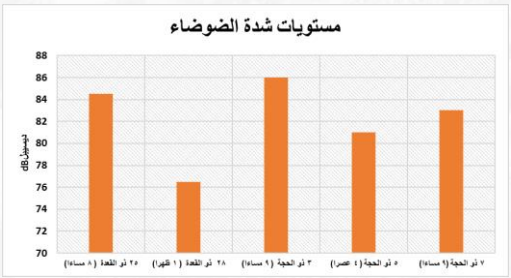
شكل (15): مستويات غاز ثاني أكسيد الكربون خلال فترات القياس بمحطة شعب عامر للحافلات خلال موسم الحج 1445.



شكل (16): مستويات درجة الحرارة والرطوبة النسبية خلال فترات القياس بمحطة شعب عامر للحافلات خلال موسم الحج 1445.



شكل (17): تراكيز الجسيمات العالقة خلال فترات القياس بمحطة شعب عامر للحافلات خلال موسم الحج 1445.



شكل (18): مستويات شدة الضوضاء خلال فترات القياس بمحطة شعب عامر للحافلات خلال موسم الحج 1445.

ب) رصد عوامل السلامة البيئية بمحطة شعب عامر:

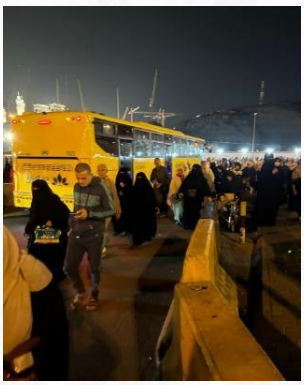
تم رصد بعض المخاطر البيئية والتنظيمية التي تهدد السلامة البيئية وصحة المعتمرين والحجاج في محطة شعب عامر (شكل 19-24) ، ومنها:

- التزاحم الشديد على الحافلات بمحطة شعب عامر خاصة بعد صلاة القيام في رمضان وعدم وجود آلية تنظيمية واضحة.
- عدم وجود أماكن ركوب مخصصة لذوي الاحتياجات الخاصة.
- وجود حفريات خطرة داخل موقف الحافلات.
- تداخل مسارات الحافلات مع طرق المشاة وضعف الاضاءة ليلا.
- غلق موقف حافلات مكة خلال شهر رمضان ونقله مقابل مسجد الجن.
- تراكم اكياس النفايات بشكل كبير في معظم اماكن محطة شعب عامر.

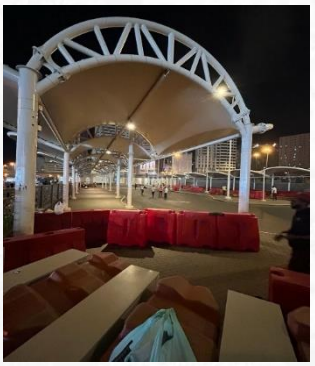
شكل (19): معاناة ذوي الاحتياجات الخاصة في التنقل من الحرم لعدم وجود أماكن ركوب مخصصة لهم.

شكل (20): التزاحم الشديد على الحافلات بمحطة شعب عامر خاصة بعد صلاة القيام في رمضان وعدم وجود آلية تنظيمية .

شكل (21): وجود حفريات خطرة داخل موقف الحافلات مما يؤدي إلى احتمالية إصابة الحجاج خاصة خلال أوقات الليل.



شكل (22): تداخل مسارات الحافلات مع طرق المشاة وضعف الاضاءة ليلا في نطاق الموقف.



شكل (23): غلق موقف حافلات مكة خلال شهر رمضان ونقله مقابل مسجد الجن مما يزيد المشي لمسافات طويلة وضيق مكان الانتظار والتحميل.

شكل (24): تراكم أكياس النفايات بشكل كبير في معظم أماكن محطة شعب عامر .

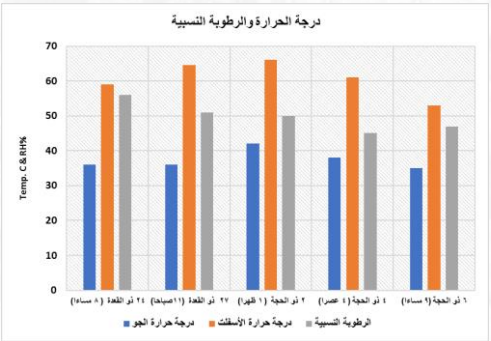
4.3 موقف الجمرات (الششة):

أ) تقييم العوامل البيئية بمحطة الجمرات (الششة)

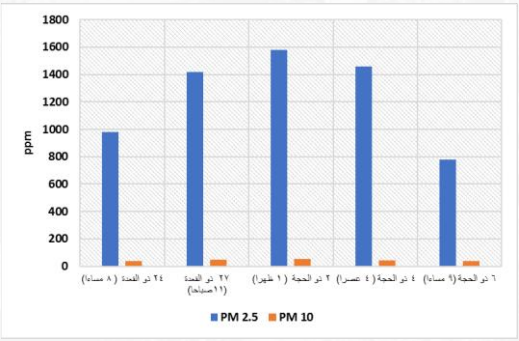
أظهرت القياسات الميدانية للعوامل البيئية وجودة الهواء بمحطة الجمرات (الشيشة)، أن درجات الحرارة والرطوبة النسبية تباينا نسبيا حسب أوقات القياس خلال أيام الحج حيث تراوحت ما بين المعتدلة (37 درجة مئوية) مساءا والمرتفعة نسبيا في أوقات الظهيرة (43 درجة مئوية)، بينما بلغ متوسط الرطوبة النسبية ما بين45%) ، 57%) (شكل 25). بينما قيم أول اكسيد الكربون والجسيمات العالقة

(PM2.5, PM10) (شكل 26) ، كانت جميعها في المعدلات العالمية الطبيعية، بينما أظهرت قيم غاز ثاني أكسيد الكربون معدلات مرتفعة جدا وصلت إلى 5000 جزء في المليون مقارنة بالنسب العالمية المسموح بها (400 300)–ppm حسب منظمة الصحة العالمي(WHO) ، شكل (27).

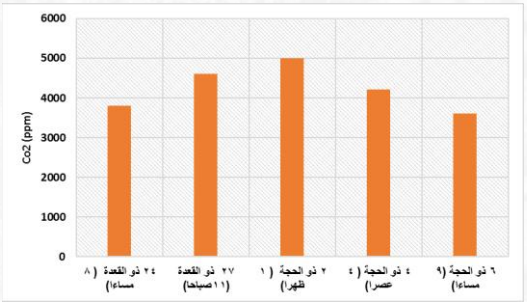
كذلك تم رصد الضوضاء في عدد 10 مواقع موزعين على منطقة المحطة بالكامل خلال 5 ايام بالكامل للتعرف على مستويات الضوضاء، وتبين أن مستوى الضوضاء المكافئ: خلال اوقات النهار تراوح بين 79 -84 ديسيبل بمتوسط 81.5 ديسبل بينما خلال أوقات الليل تراوح بين 82-86 ديسيبل بمتوسط 85 ديسيبل. وهي تتعدى القراءات الحدود المسموح بها دوليا حسب منظمة الصحة العالمية (شكل 28.(



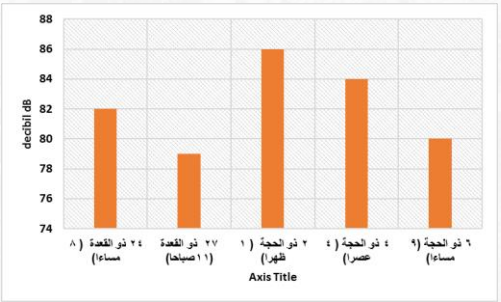
شكل (25): مستويات درجة الحرارة والرطوبة النسبية خلال فترات القياس بمحطة الجمرات (الشيشة) للحافلات خلال موسم الحج 1445.



شكل (26): تراكيز الجسيمات العالقة خلال فترات القياس بمحطة الجمرات (الشيشة) للحافلات خلال موسم الحج 1445.



شكل (27): مستويات غاز ثاني أكسيد الكربون خلال فترات القياس بمحطة الجمرات (الشيشة) خلال موسم الحج 1445.



شكل (29): مستويات شدة الضوضاء خلال فترات القياس بمحطة الجمرات (الشيشة) للحافلات خلال موسم الحج 1445.

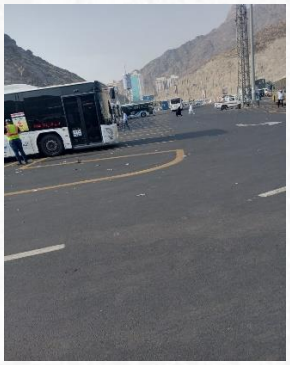
ب) رصد عوامل السلامة البيئية بمحطة الجمرات (الشيشة) وموقف سلم الجمرات:

تم رصد بعض المخاطر البيئية والتنظيمية التي تهدد السلامة البيئية وصحة المعتمرين والحجاج في محطة الجمرات (الشيشة) ، ومنها:

- تراكم النفايات بشكل كبير في معظم اماكن محطة الجمرات (الشيشة)
- عدم وجود دورات مياه مجهزة ونظيفة بداخل محطة الجمرات (الشيشة).
- عدم وجود مظلات بالموقف لوقاية الحجاج من حرارة الشمس بمحطة الجمرات (الشيشة).
- تعطل الحافلات الصاعدة للجمرات ايام التشريق وازدحام شديد في موقف جسر الجمرات مما اضطر الحجاج وذوي الاحتياجات الخاصة للصعود مشيا على الأقدام في الطريق الصاعد لمسافات طويلة.

شكل (30): تراكم النفايات بشكل كبير في معظم أماكن محطة الجمرات (الشيشة)، مما يؤدي إلى انتشار الروائح الكريهه داخل الموقف بالإضافة إلى التلوث البصري والميكروبي.

شكل (31): تعطل الباصات الصاعدة للجمرات أيام التشريق وازدحام شديد في الموقف مما اضطر الحجاج وذوو الاحتياجات الخاصة للصعود مشيا على الأقدام في الطريق الصاعد لمسافات طويلة.



شكل (32): عدم وجود دورات مياه مجهزة ونظيفة، عدم وجود مظلات بالموقف لوقاية الحجاج من حرارة الشمس بمحطة الجمرات (الشيشة.(

4.4 موقف كدي

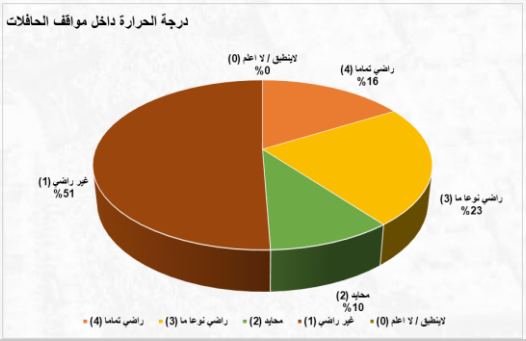
أ) رصد عوامل السلامة البيئية بمحطة كدي: أظهر الرصد الميداني لموقف حافلات كدي:

- التنظيم الواضح وعدم التكدس والإزدحام على الحافلات.
- كذلك ارتفاع مستوى النظافة وعدم تراكم النفايات بشكل عشوائي وملوث للبيئة.

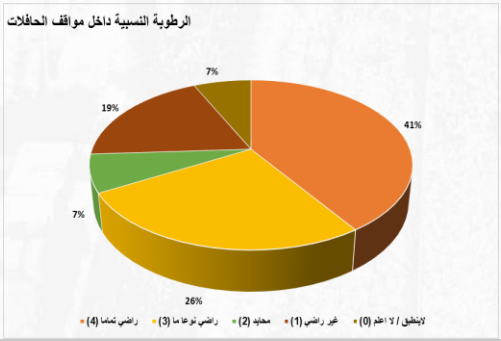
- فعالية الموقف في نقل المعتمرين خاصة القادمين من خارج مكة خلال شهر رمضان من والى الحرم.

5. قياس رضا الحجاج عن العوامل البيئية في مو اقف الحافلات

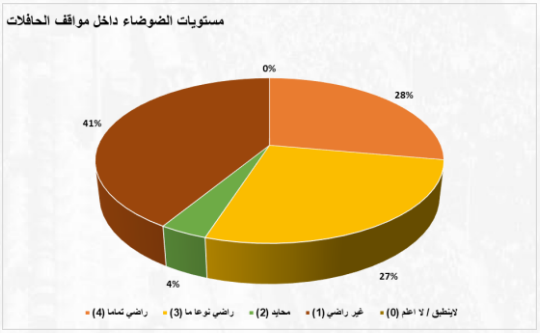
تم قياس رضـا عينة من الحجاج بلغت 320 حاجا لتحديد مدى رضـاهم عن العوامل البيئية بمواقف الحافلات المختلفة وقد شـملت الاسـتبيانة 14 عنصـرا بيئيا، وقد تنوعت العينة بين نوعي الحجاج من الذكور والإناث وكذلك اشـتملت على عدد من الدول العربية والأجنبية. اظهرت الغالبية عدم الرضـا عن درجات الحرارة بنسـبة 51% بينما المرتبة الثانية راضٍ نوعا ما بنسـبة 23%، عدم الرضـا عن التكدس والازدحام بنسـبة 61% بينما المرتبة الثانية راضي لحد ما بنسـبة 28%، الرضـا التام عن الرطوبة النسـبية بنسـبة 41% بينما المرتبة الثانية راضي نوعا ما بنسبة 26%،عدم الرضا عن مستويات الضوضاء بنسبة 41% بينما المرتبة الثانية راضٍ تماما بنسبة 28%، عدم الرضا عن مستويات غازات العوادم بنسبة 51% بينما المرتبة الثانية راضي نوعا ما بنسبة 29%، عدم الرضا عن تكدس النفايات بنسـبة 41% بينما المرتبة الثانية راضٍ نوعا ما بنسـبة 35%، الرضـا التام عن شـدة الاضـاءة بنسـبة 36% بينما المرتبة الثانية غير راضٍ بنسـبة 24%، عدم الرضـا عن وجود عوائق للحركة بنسـبة 41% بينما المرتبة الثانية راضٍ لحد ما بنسـبة 30%، عدم الرضـا عن وجود خطة إرشاد بنسبة 50% بينما المرتبة الثانية راضٍ نوعا ما بنسبة 2%. (أشكال 38-40.)



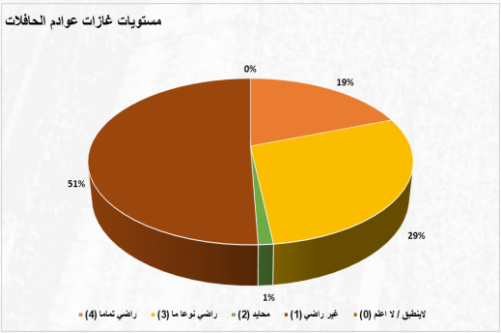
شكل (33): مدى رضا الحجاج عن درجات الحرارة داخل مواقف الحافلات، أظهرت الغالبية عدم الرضا عن درجات الحرارة بنسبة 51% بينما المرتبة الثانية راضٍ نوعا ما بنسبة 23%.



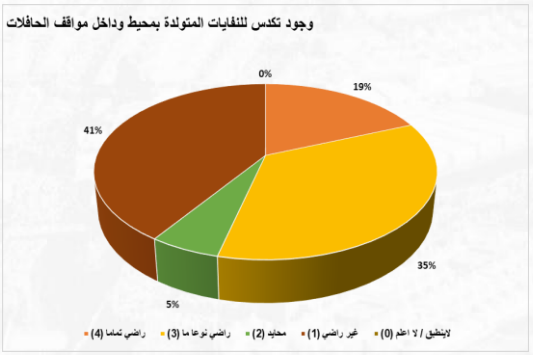
شكل (34): مدى رضا الحجاج عن الرطوبة النسبية داخل مواقف الحافلات، أظهرت الغالبية الرضا التام عن الرطوبة النسبية بنسبة 41% بينما المرتبة الثانية راضٍ نوعا ما بنسبة 26%.



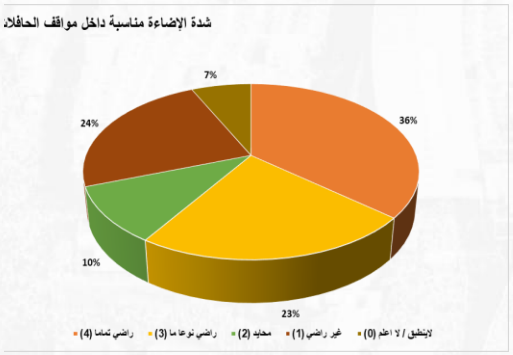
شكل (35): مدى رضا الحجاج عن مستويات الضوضاء داخل مواقف الحافلات، أظهرت الغالبية عدم الرضا عن مستويات الضوضاء بنسبة 41% بينما المرتبة الثانية راضٍ تماما بنسبة 28%.



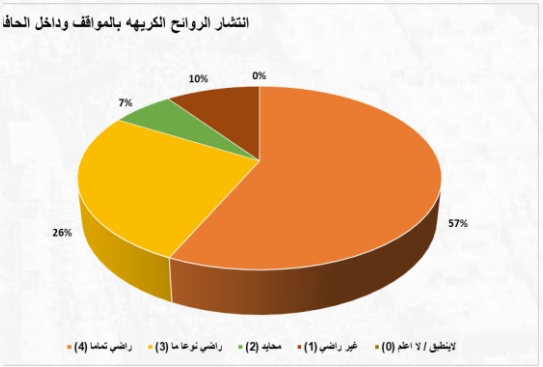
شكل (36): مدى رضا الحجاج عن مستويات غازات العوادم داخل مواقف الحافلات، أظهرت الغالبية عدم الرضا عن مستويات غازات العوادم بنسبة 51% بينما المرتبة الثانية راضٍ نوعا ما بنسبة 29%.



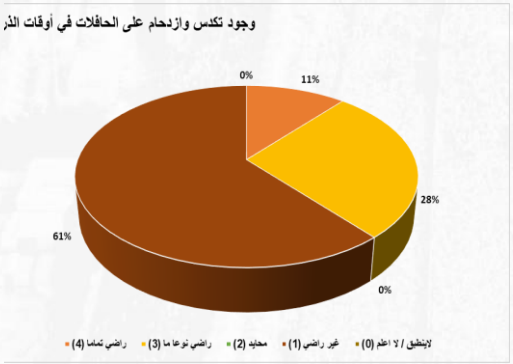
شكل (37): مدى رضا الحجاج عن تكدس النفايات داخل مواقف الحافلات، أظهرت الغالبية عدم الرضا عن تكدس النفايات بنسبة 41% بينما المرتبة الثانية راضٍ نوعا ما بنسبة 35%.



شكل (38): مدى رضا الحجاج عن شدة الاضاءة داخل مواقف الحافلات، أظهرت الغالبية الرضا التام عن شدة الاضاءة بنسبة 36% بينما المرتبة الثانية غير راضٍ بنسبة 24%.



شكل (39): مدى رضا الحجاج عن الروائح الكريهه داخل مواقف الحافلات، أظهرت الغالبية الرضا التام عن الروائح الكريهه بنسبة 57% بينما المرتبة الثانية راضٍ لحد ما بنسبة 26%.



شكل (40): مدى رضا الحجاج عن التكدس والازدحام داخل مواقف الحافلات، أظهرت الغالبية عدم الرضا عن التكدس والازدحام بنسبة 61% بينما المرتبة الثانية راضٍ لحد ما بنسبة 28%.

6. الخلاصة

أظهرت القياسات الميدانية في مواقف الباصات التي تم دراستها، أن قيم أول أكسيد الكربون والجسيمات العالقة (PM2.5, PM10) ، والمركبات الكلية العضوية والفورمالدهيد كانت جميعها في المعدلات العالمية الطبيعية، بينما أظهرت قيم غاز ثاني اكسيد الكربون معدلات مرتفعة جدا مقارنة تعدت 5000 ppm حيث النسب العالمية المسموح بها (400 300)–ppm حسب منظمة الصحة العالمي (WHO)بينما أوضحت درجات الحرارة والرطوبة النسبية تباينا نسبيا حسب أوقات القياس حيث تراوحت ما بين المعتدلة (27 درجة مئوية) مساءا والمرتفعة نسبيا في أوقات الظهيرة (45 درجة مئوية)، بينما بلغ متوسط الرطوبة النسبية ما بين40%) ، 62.(%

وتبين أن مستوى الضوضاء المكافئ: خلال أوقات النهار تراوح بين 76 -84 ديسيبل بمتوسط 80 ديسبل بينما خلال اوقات الليل تراوح بين 84-87 ديسيبل بمتوسط 85.5 ديسيبل. وهي تتعدى القراءات الحدود المسموح بها.

كذلك تم رصد العديد من المخاطر البيئية والتنظيمية التي تهدد سلامة وصحة المعتمرين والحجاج ومنها:

- التزاحم الشديد على الحافلات بمحطة جرول خاصة بعد صلاة القيام وعدم وجود آلية تنظيمية واضحة.
- عدم وجود مسارات محددة للحافلات بمحطة جرول وتلاصقها الشديد أثناء الحركة وركوب المعتمرين مما يؤثر على سلامتهم.
- تداخل مسار الحافلات عند الدخول والخروج من المحطة مع مسار سير المشاة من المعتمرين والحجاج والسيارات الخاصة بمحطة جرول.
- عدم تفريغ وتنظيف حاويات تجميع القمامة وانتشار النفايات على الأرض والأرصفة في بعض أماكن بمحطة جرول.

- وقوف سيارات جمع النفايات بداخل موقف الحافلات بمحطة جرول مما يسبب في انتشار الروائح الكريهة وكذلك إعاقة حركة الحافلات والمعتمرين.
- ضيق المساحة المخصصة لتنزيل المعتمرين على الطريق الرئيسي أمام مسجد السيدة عائشة.
- وجود العديد من العوائق الحديدية الصلبة داخل موقف السيدة عائشة بطريق تحميل وتنزل المعتمرين مما قد يتسبب في اصابات واضرار بصحتهم وسلامتهم.
- التزاحم الشديد على الحافلات بمحطة شعب عامر خاصة بعد صلاة القيام في رمضان وعدم وجود آلية تنظيمية واضحة.
- عدم وجود أماكن ركوب مخصصة لذوي الاحتياجات الخاصة.
- وجود حفريات خطرة داخل موقف الحافلات بمحطة شعب عامر.
- تداخل مسارات الحافلات مع طرق المشاة وضعف الإضاءة ليلا بمحطة جرول وشعب عامر.
- غلق موقف حافلات مكة خلال شهر رمضان ونقله مقابل مسجد الجن.
- تراكم أكياس النفايات بشكل كبير في معظم أماكن محطة شعب عامر، محطة الجمرات (الششة)
- عدم وجود دورات مياه مجهزة ونظيفة بداخل مواقف الباصات.
- عدم وجود مظلات بالموقف لوقاية الحجاج من حرارة الشمس بمحطة الجمرات (الششة).
- تعطل الباصات الصاعدة للجمرات أيام التشريق وازدحام شديد في موقف جسر الجمرات مما اضطر الحجاج وذوو الاحتياجات الخاصة للصعود مشيا على الأقدام في الطريق الصاعد لمسافات طويلة.

تم قياس رضا عينة من الحجاج بلغت 320 حاجا لتحديد مدى رضاهم عن العوامل البيئية بمواقف الحافلات المختلفة وقد شملت الاستبيان 14 عنصرا بيئيا ، وقد تنوعت العينة بين نوعي الحجاج من الذكور والإناث وكذلك اشتملت على عدد من الدول العربية والأجنبية ، أظهرت الغالبية عدم الرضا عن درجات الحرارة بنسبة 51% بينما المرتبة الثانية راضٍ نوعا ما بنسبة 23%، عدم الرضا عن التكدس والازدحام بنسبة 61% بينما المرتبة الثانية راضٍ لحد ما بنسبة 28%، الرضا التام عن الرطوبة النسبية بنسبة 41% بينما المرتبة الثانية راضٍ نوعا ما بنسبة 26%،عدم الرضا عن مستويات الضوضاء بنسبة 41% بينما المرتبة الثانية راضي تماما بنسبة 28%، عدم الرضا عن مستويات غازات العوادم بنسبة 51% بينما المرتبة الثانية راضٍ نوعا ما بنسبة 29%، عدم الرضا عن تكدس النفايات بنسبة 41% بينما المرتبة الثانية راضٍ نوعا ما بنسبة 35%، الرضا التام عن شدة الاضاءة بنسبة 36% بينما المرتبة الثانية غير راضي بنسبة 24%، عدم الرضا عن وجود عوائق للحركة بنسبة 41% بينما المرتبة الثانية راضٍ لحد ما بنسبة 30%، عدم الرضا عن وجود خطة إرشاد بنسبة 50% بينما المرتبة الثانية راضٍ نوعا ما بنسبة 2%.

6. التوصيات

- وضع لوحة واضحة باسم المحطة متوافقة مع الهوية المعتمدة.
- توفير وسائل الأمن والسلامة كطفايات الحريق وأنظمة المراقبة.
- وضع لوحة خطة الاخلاء (توضح مسالك الهروب، ومخارج الطوارئ، ونقاط التجمع الآمن، الخ) مع تدريب وتأهيل الفريق.
- توفير منطقة للاستعلام داخل المحطات.
- توفير أماكن الانتظار مظللة مع مراعاة أماكن لوضع الأمتعة، ومع توفير شاشة الكترونية توضح كافة معلومات الرحلات كأماكن توقف الحافلات، ومواعيد الرحلات، ووجهتها، الخ.
- فصل مسار المشاة عن مسار الحافلات، ومنع التداخل بينهما (موقف جرول، موقف شعب عامر.(
- توفير منصة للصعود والنزول متوافقة مع المعايير التصميمية المعتمدة لذوي الاحتياجات الخاصة.
- توفير حافلات تعمل بالطاقة النظيفة كالغاز أو الكهرباء لتقليل حجم الانبعاثات من العوادم.
- وضع استراتيجيات لإنتظار الحافلات داخل المواقف كعدم تشغيل المحرك واستعمال آلات التنبيه لتقليل معدلات الضوضاء المرتفعة.
- إنشاء نظام للرشاشات الرذاذية لتقليل درجات الحرارة خلال فترات النهار (الششة وشعب عامر).
- الاهتمام بمستوى النظافة وجمع النفايات وعدم تراكمها داخل المواقف خاصة موقف الجمرات (الششة).

- زيادة مستوى الإضاءة ليلا داخل المواقف وفي الطرق المجاورة له خاصة موقف حافلات جرول وشعب عامر.

المراجع

- عدنان البياتي ، تلوث الهواء في الوطن العربي بين ضرورات التنمية وسلامة البيئة ، مجلة شئون عربية ، العدد 79 ، 1994 ، ص160-172 .
- محمد العودات ، التلوث وحماية البيئة ، الطبعة الأولى ، الأهالي للنشر والتوزيع ، دمشق ، 1988 ، ص 43 .
- سليمان العقيلي ، بشير جرار ، تلوث الهواء ، مكتب التربية العربي لدول الخليج ، الرياض ، 1990 ، ص 31, 32 .
- بارود, نعيم سليمان, (2006م). تلوث الهواء مصادره وأضراره, مجلد 9 , العدد2 , مجلة ومنشور جامعة الأزهر.
- حبيب الله, تركي محمد,(1430هـ). بحث ودراسة وتقييم المركبات المتطايرة في هواء مكة المكرمة, جامعة أم القرى.
- المعتاز, محمد, سيف, شاهين, عبد المقصود, يسري، عبد العزيز, (بدون تاريخ). مشكلة تلوث الهواء في مدينة الرياض. ادارة الوقاية الصحية, الإدارة العامة لصحة البيئة, أمانة الرياض.
- El-Dessoky, G.E.; Aboul, M.A.M.; Al-Othman; Habila, M. and Giesy, J.P., (2014). Seasonal of lead in outdoor and indoor dust and blood of children in Riayadh, Saudi Arabia. Envion. Geochem. Health, 36: p. 583-593.
- Motaheruddin, A.; Parve,z A. and Kutbi I., (1989). Lead Pollution in Urban and Rural Saudi Arabian Children, Nuclear Engineering Department, King Abdul-Aziz University, Jeddah, Saudi Arabia.
- Sadiq, M; Alam, I., El-Mubarek, A. and Al-Mohdhar, H.M., (1989). Preliminary Evaluation of Metal Pollution from Wear of Auto Tires, Water Resources and Environment Division, Research Institute, King Fahd University of Petroleum and Minerals, Dhahran , Saudi Arabia.
- Salim, M. and l Madany, I.,(1991). Heavy metals in street and house dust in Bahrain, university of Bahrain.
- Filonchyk, Mikalai & Peterson, Michael. (2024). Analysis of Air Pollution from Vehicle Emissions for the Contiguous United States. Journal of Geovisualization and Spatial Analysis. 8. 10.1007/s41651-024-00180-6 .
-
- Mall, Ashish & Satyam, Kumar & Mittal, Raghav & Verma, Madhu. (2023). Vehicle Air Pollution and SMS Alert. International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology. 293-295. 10.48175/IJARSCT-10677 .
- Mansyur, Umar & Sitorus, Santun & Marimin, Marimin & Prasetyo, Lilik. (2023). VALUATION OF TRANSPORTATION POLICY IN MAKASSAR CITY BASED ON VEHICLE EMISSION POLLUTION FOR SUSTAINABLE ZONE PLANNING. PLANNING MALAYSIA. 21. 10.21837/pm.v21i28.1313 .
- Matara, Caroline. (2024). Prediction of Vehicle-induced Air Pollution based on Advanced Machine Learning Models. Engineering, Technology & Applied Science Research. 14. 10.48084/etasr.6678 .
- Meganathan, Srinivasan & Seerangan, Koteeswaran. (2023). Environmental Monitoring and Assessment by Applying IoT for Reducing Pollution Caused by Vehicles. 8. 420-429 .
- Duan, Shunyang & Qiu, Zhaowen & Liu, Zhen & Liu, Ling. (2023). Impact assessment of vehicle electrification pathways on emissions of CO2 and air pollution in Xi'an, China. Science of The Total Environment. 893. 164856. 10.1016/j.scitotenv.2023.164856 .
- Singh, Bhavesh. (2021). Assessment of Noise Pollution at Different Bus Stations in Lucknow City of Uttar Pradesh, India. International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology. 9. 2387-2393. 10.22214/ijraset.2021.36885.

الصحة النفسية للأطفال في ظل إدارة الحشود خلال مواسم الحج والعمرة نموذج مقترح لمرافق الرعاية وتدريب المنظمين والمتطوعين

سميرة يعقوب أحمد قشقري

كلية التربية قسم الطفولة المبكرة، جامعة أم القرى

Children's Mental Health in the Context of Crowd Management During Hajj and Umrah Seasons: A Proposed Model for Care Facilities and Training of Organizers and Volunteers

Samera Y. A. Kashkary

College of Education, Early Childhood Department, Umm Al-Qura University

*Corresponding author: E-mail (Sykashkary@uqu.edu.sa)

الملخص

تتناول هذه الدراسة بشكل منهجي ومتعمق التأثيرات المعقدة لإدارة الحشود خلال مواسم الحج والعمرة على الصحة النفسية للأطفال، مستهدفةً تطوير استراتيجيات فعالة ومبتكرة لحماية ودعم رفاهيتهم في هذه البيئات المكثفة روحانياً والمزدحمة جسدياً. اعتمدت الدراسة منهجية متعددة الأبعاد، تضمنت مراجعة منهجية شاملة للأدبيات ذات الصلة، تحليلاً دقيقاً للممارسات الحالية في إدارة الحشود، وتطوير برامج مقترحة متكاملة لدعم الصحة النفسية للأطفال وتأهيل المنظمين والمتطوعين، حيث أظهرت نتائج الدراسة وجود تأثيرات متعددة الأوجه للحشود على الصحة النفسية للأطفال، تتجلى في ارتفاع ملحوظ لمستويات القلق والتوتر، وظهور صعوبات جمة في التركيز والانتباه. كما أوضحت النتائج عن حاجة ملحة لتطوير برامج متخصصة ومصممة خصيصاً لدعم الأطفال، إلى جانب ضرورة تأهيل وتدريب العاملين في مجال إدارة الحشود بشكل احترافي. استناداً إلى هذه النتائج، تؤكد الدراسة على ضرورة اتخاذ إجراءات شاملة ومتكاملة لحماية وتعزيز الصحة النفسية للأطفال في سياق المناسك الدينية الكبرى، مع التركيز بشكل خاص على توفير بيئات داعمة ومراعية لاحتياجاتهم الفريدة. وعليه، تقترح الدراسة مجموعة من التوصيات الاستراتيجية، تشمل إنشاء مرافق رعاية متخصصة للأطفال، تنفيذ برامج مبتكرة لدعم الصحة النفسية، تطوير برامج تدريبية متقدمة للمنظمين والمتطوعين، فضلاً عن تحسين وتطوير استراتيجيات إدارة الحشود بما يتوافق مع الاحتياجات الخاصة للأطفال، وذلك بهدف الارتقاء بتجربتهم الروحية وضمان سلامتهم النفسية في ظل هذه الظروف الاستثنائية.

الكلمات الدالة: الصحة النفسية للأطفال، إدارة الحشود، الحج والعمرة، التدخل النفسي، المرونة النفسية.

Abstract

This study systematically and comprehensively examines the complex effects of crowd management during Hajj and Umrah seasons on children's mental health, aiming to develop effective and innovative strategies to protect and support their well-being in these spiritually intense and physically crowded environments. The study employed a multi-dimensional methodology, encompassing a comprehensive systematic review of relevant literature, a detailed analysis of current crowd management practices, and the development of integrated proposed programs to support children's mental health and train organizers and volunteers. The results of the study revealed multifaceted impacts of crowds on

children's mental health, manifested in a notable increase in anxiety and stress levels, and the emergence of significant difficulties in concentration and attention. The findings also highlighted an urgent need for developing specialized programs specifically designed to support children, alongside the necessity for professional qualification and training of crowd management personnel. Based on these results, the study emphasizes the need for comprehensive and integrated measures to protect and enhance children's mental health in the context of major religious rituals, with a particular focus on providing supportive environments that cater to their unique needs. Consequently, the study proposes a set of strategic recommendations, including the establishment of specialized childcare facilities, implementation of innovative mental health support programs, development of advanced training programs for organizers and volunteers, as well as improving and developing crowd management strategies in alignment with children's special needs. These recommendations tend to elevate their spiritual experience and ensure their psychological safety under these exceptional circumstances.

Keywords: Children's mental health, crowd management, Hajj and Umrah, psychological intervention, psychological resilience.

1. مقدمة

في رحاب المدينتين المقدستين، مكة المكرمة والمدينة المنورة، وفي ظلال الحرمين الشريفين ومحيطهما، تتجلى ظاهرة الازدحام والحشود كسمة بارزة، لا سيما في مواسم رمضان والحج في المنطقة المركزية (ادريس، وآخرون 1440ه) وفي المسجد الحرام والمسجد النبوي (Hamdaoui, 2021)، لتمتد هذه الظاهر إلى المشاعر المقدسة في عرفات ومزدلفة ومنى (ادريس، 1423ه – أ: 1423ه – ب)، مشكلةً تحديًا جوهريًا يستنفر همم القائمين على إدارة هذه المواقع المقدسة. وقد أدركت المملكة العربية السعودية أهمية هذا التحدي، إذ طورت على مدى العقود الماضية منظومة متكاملة لإدارة الحشود تعتمد على أحدث التقنيات والممارسات العالمية (الهوساوي، 1443ه). وتشمل هذه الجهود تطوير البنية التحتية بشكل مستمر، وتنفيذ أنظمة متطورة لمراقبة وتوجيه الحشود، مع التركيز بشكل خاص على الفئات الأكثر حساسية كالأطفال وكبار السن (عبد الرحمن وآخرون، 1437ه)، حيث يُعرَّف الازدحام بأنه تجمع كثيف للأفراد في مكان محدد ذي طابع ديني وثقافي، بينما تشير الحشود إلى التجمع الكبير للأشخاص في وقت ومكان محددين، مما يشكل تحديًا جوهريًا في إدارة هذه التجمعات وضمان سلامة الحجاج (اليوسف، 2016)، خاصةً الفئات الأكثر ضعفًا كالأطفال.

لوقد أظهرت الدراسات الحديثة في مجال إدارة الحشود خلال مواسم الحج والعمرة تطوراً ملحوظاً في الأساليب والتقنيات المستخدمة، حيث تم توظيف تقنيات المحاكاة في إدارة الحشود، خاصة في المشاعر المقدسة ومنشأة الجمرات (الرشيدى، 2024)، وتجدر الإشارة إلى أن تنظيم الحشود يمثل ظاهرة اجتماعية معقدة تتميز بتفاعلات اجتماعية وتبادل للمشاعر بين الأفراد، مما قد يؤثر جوهريًا على الحالة النفسية والعاطفية للمشاركين (الصبيح، 1419ه)، لا سيما الأطفال منهم. كما أكدت الدراسات النفسية الحديثة أن التعرض المستمر للازدحام يمكن أن يؤدي إلى آثار نفسية متعددة على الأطفال، تشمل ارتفاع مستويات القلق والتوتر، وصعوبات في التركيز والانتباه، وظهور سلوكيات عدوانية (Martella *et al.*, 2017). كما أشارت دراسات أخرى إلى أهمية توفير بيئات داعمة ومراعية للاحتياجات النفسية للأطفال في التجمعات الكبيرة (Rosan *et al.*, 2024).

وانطلاقاً من التطورات المتسارعة في مجال إدارة الحشود وتنظيم المناسك، أشارت الدراسات الحديثة إلى أهمية توظيف التقنيات المتقدمة في إدارة الأزمات. فقد أكد الرشيدى (2024) على دور التخطيط الاستراتيجي وتطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود والأزمات بالحرمين الشريفين، مما يسهم في تعزيز كفاءة العمليات التنظيمية وتحسين مستوى السلامة. كما بينت دراسة الحناوي وآخرون (2022) أهمية تكامل الخدمات الصحية مع إدارة الحشود في موسمي الحج والعمرة، وضرورة تطوير استراتيجيات شاملة تجمع بين الجوانب التنظيمية والصحية. وفي السياق ذاته، أكدت دراسة الفهمي وزويد (2026) على ضرورة تطوير استراتيجيات مبتكرة لإدارة الأزمات وحماية الحجاج والمعتمرين في بيئات الحشود المكثفة روحانياً والمزدحمة جسدياً، مع التركيز على أهمية التدريب المستمر للعاملين في مجال إدارة الأزمات.

وفي ضـوء هذه التداعيات، تبرز أهمية دراسـة التأثيرات النفسـية المحتملة للحشـود والازدحام، والتي تتجلى في مجموعة واسـعة من الظواهر والسـلوكيات كالقلق والتوتر وعدم الراحة النفسـية، الأمر الذي يسـتدعي إجراء دراسـات متعمقة وتوفير دعم نفسـي مسـتمر، وفي هذا السياق، تم تطوير عدد من المبادرات المبتكرة، مثل إنشاء دور حضانة مؤقتة قريبة من المسجد الحرام والمسجد النبوي (الألفي، 1436هـ)، وتدريب المتطوعين على التعامل مع الاحتياجات النفسـية الخاصـة للأطفال (شـلبي وقنديل، 1434هـ). وعليه، تسـعى هذه الدراسة إلى تحليل تأثير تنظيم الحشود على الصحة النفسية للأطفال خلال أداء مناسك الحج والعمرة، مع مراعاة خصوصية الأماكن المقدسة وما يرتبط به من أبعاد روحية وممارسات تعبدية، ساعيةً إلى تقديم توصيات وحلول مبتكرة لتخفيف الآثار السلبية المحتملة على المدى الطويل، كما تهدف الدراسة إلى المساهمة في تطوير نموذج متكامل للرعاية النفسية للأطفال يجمع بين التقنيات الحديثة في إدارة الحشـود والمفاهيم المتقدمة في علم النفس التنموي (Marcus-Newhall et al., 2000)، وذلك بهدف تحسـين التجربة الروحية للأطفال وضمان سلامتهم النفسية والجسدية في إطار هذه التجربة الإيمانية الاستثنائية، وبما يتماشى مع تحقيق أهداف رؤية المملكة 2030 في تطوير وتحسين تجربة ضيوف الرحمن.

1.1. مشكلة الدراسة

تتمحور مشكلة الدراسة حول التحديات النفسية التي يواجهها الأطفال في سياق إدارة الحشود الكثيفة خلال مواسم الحج والعمرة. على الرغم من الأهمية الروحية والثقافية لهذه المناسك الدينية، فإن البيئة المزدحمة والضغوط المرتبطة بها قد تؤثر سلبًا على الصحة النفسية للأطفال المشاركين، حيث تتجلى هذه التأثيرات في صور متعددة، تشمل ارتفاع مستويات القلق والتوتر، وصعوبات في التركيز والانتباه، وظهور أعراض الاكتئاب، فضلاً عن تزايد السلوكيات العدوانية، لذلك تكمن إشكالية الدراسة في الحاجة الملحة لفهم وتحليل الديناميكيات المعقدة بين إدارة الحشـود في سـياق أداء مناسـك الحج والعمرة والصـحة النفسـية للأطفال، مع الأخذ في الاعتبار الخصائص الفريدة لبيئة الحج والعمرة، إذ أن هذا الفهم ضروري لتطوير استراتيجيات فعالة لحماية وتعزيز الرفاهية النفسية للأطفال في هذه الظروف الاستثنائية، مع الحفاظ على القيمة الروحية والاجتماعية لتجربتهم الدينية.

2.1. أهمية الدراسة

تكتسـب هذه الدراسـة أهمية بالغة من منظور متعدد الأبعاد، إذ تتناول بتحليل دقيق ومنهجي تأثير الازدحام والحشـود الكثيفة على الصحة النفسية للأطفال أثناء أدائهم لمناسك الحج والعمرة، حيث تبرز الأهمية العلمية والتطبيقية لهذه الدراسة من خلال مجموعة من الاعتبارات المترابطة والمتكاملة، والتي تشمل:

1. **سد فجوة معرفية:** تسعى الدراسة إلى معالجة نقص الأبحاث المتخصصة في مجال الصحة النفسية للأطفال في سياق التجمعات الكبرى في مواسم الحج والعمرة، وهذا ما أكده الفهمي وزويد (2026) في دراستهم حول ضرورة تطوير استراتيجيات مبتكرة وشاملة لإدارة الأزمات تراعي احتياجات الفئات الخاصة في مواسم الحج والعمرة.
2. **تطوير سياسات وممارسات مستنيرة:** توفر الدراسة أساسًا علميًا لصناع القرار والمنظمين لتطوير سياسات وإجراءات تحمي الصحة النفسية للأطفال خلال تنظيم الحشود في مواسم الحج والعمرة، وقد أشار الرشيدى (2024) إلى أهمية توظيف التقنيات الحديثة والذكاء الاصطناعي في تطوير هذه السياسات والإجراءات، بما يضمن فعالية إدارة الحشود والأزمات في الحرمين الشريفين. هذا يشمل تصميم بيئات مراعية للاحتياجات النفسية للأطفال وتطوير برامج دعم متخصصة.
3. **تحسين جودة التجربة الدينية:** من خلال فهم وتحسين الجوانب النفسية لتجربة الأطفال، تسهم الدراسة في تعزيز الجانب الروحي والاجتماعي لمناسك الحج والعمرة للعائلات المشاركة، وتتوافق هذه الأهمية مع ما أكده الحناوي وآخرون (2022) حول ضرورة التكامل بين الخدمات الصحية والنفسية والتنظيمية لتحسين تجربة الحجاج والمعتمرين.
4. دعم التنمية المستدامة: تتماشى الدراسة مع أهداف رؤية المملكة 2030 في تطوير وتحسين تجربة ضيوف الرحمن، مع التركيز على الجوانب النفسية والاجتماعية للتنمية المستدامة.

3.1. أهداف الدراسة

تسعى هذه الدراسة إلى تحقيق مجموعة من الأهداف المحورية والمترابطة، تتمحور حول فهم وتحليل تأثير الازدحام والحشود على الصحة النفسية للأطفال خلال أداء مناسك الحج والعمرة، حيث تم تحديد مجموعة من الأهداف الاستراتيجية المترابطة والمتكاملة، والتي تتمثل في:

1. تحديد وتحليل التحديات النفسية الرئيسية التي تواجه الأطفال في بيئة الحشود خلال مواسم الحج والعمرة، مع التركيز على مظاهر القلق، والتوتر، وصعوبات التركيز، والسلوكيات العدوانية.
2. تطوير نموذج نظري متكامل لفهم العلاقة بين إدارة الحشود والصحة النفسية للأطفال في سياق أداء مناسك الحج والعمرة.
3. تصميم نموذج مقترح لتعزيز الصحة النفسية للأطفال، يشمل:
4. مرافق الرعاية المتخصصة للأطفال في مناطق المناسك، يهدف إلى توفير بيئة داعمة نفسيًا وعاطفيًا.
5. برنامج تدريبي شامل للمنظمين والمتطوعين لتعزيز قدراتهم في التعامل مع الاحتياجات النفسية للأطفال في بيئات الحشود.
6. صياغة توصيات مبنية على الأدلة لصانعي السياسات والجهات المعنية لتحسين إدارة الحشود مع مراعاة الاحتياجات النفسية للأطفال، بما يتماشى مع أهداف رؤية المملكة 2030.

4.1. منهجية الدراسة

تستند هذه الدراسة إلى منهجية بحثية متعددة الأبعاد، تجمع بين التحليل النظري الشامل والتطبيق الميداني العملي، وتتألف من أربع مراحل رئيسية متكاملة ومترابطة، حيث تهدف في مجملها إلى تقديم إطار شامل ومستند إلى الأدلة العلمية لفهم وتحسين الصحة النفسية للأطفال في سياق إدارة الحشود خلال مواسم الحج والعمرة.

1.4.1. المراجعة المنهجية للأدبيات

إجراء مراجعة منهجية شاملة للأدبيات ذات الصلة، حيث تم تحليل الدراسات السابقة المتعلقة بتأثير الحشود على الصحة النفسية للأطفال، مع التركيز بشكل خاص على بيئة الحج والعمرة، إضافة إلى تحليل معمق للنظريات والمفاهيم المرتبطة بالصحة النفسية للأطفال في بيئات الحشود، مع الاستعانة بقواعد البيانات الأكاديمية المعتمدة لضمان شمولية وحداثة المصادر المستخدمة، مع تصنيف وتحليل الدراسات المجمعة وفقًا لمعايير جودة وملاءمة محددة مسبقًا، مما يضمن الدقة والموضوعية في عملية المراجعة.

2.4.1. تحليل الممارسات الحالية في إدارة الحشود

تقييم منهجي للاستراتيجيات الراهنة في تنظيم الحشود أثناء مواسم الحج والعمرة، مع التركيز على الآثار النفسية على الأطفال المشاركين، حيث يهدف هذا التحليل إلى تقديم رؤية متعمقة حول فعالية الإجراءات الحالية وتحديد مجالات التحسين المحتملة لضمان سلامة ورفاهية الأطفال في سياق هذه التجمعات.

3.4.1. تصميم برنامج شامل لتعزيز الصحة النفسية للأطفال وبناء قدرات المنظمين والمتطوعين

استنادًا إلى النتائج المستخلصة من المراجعة المنهجية للأدبيات العلمية وتحليل الممارسات الراهنة في إدارة الحشود، تم اقتراح برنامجين متكاملين لتعزيز الصحة النفسية للأطفال، حيث يهدف كلا البرنامجين إلى تكوين منظومة متكاملة تعزز الرعاية النفسية للأطفال في سياق التجمعات الدينية الكبيرة، مع ضمان تأهيل الكوادر المسؤولة بشكل فعال.

برنامج الدعم النفسي للأطفال في مرافق الرعاية المؤقتة المجاورة للحرمين الشريفين :تم تصميم هذا البرنامج استنادًا إلى الأدلة العلمية المستنبطة من المراجعة المنهجية، مع تحديد أهداف ومحاور رئيسية تستجيب للاحتياجات المرصودة. يتضمن تطوير البرنامج إعداد محتوى تعليمي متخصص وأنشطة تطبيقية مصممة خصيصًا لتعزيز الصحة النفسية للأطفال في سياق التجمعات خلال مواسم الحج والعمرة.

برنامج تدريبي شامل للكوادر التنظيمية والتطوعية المشاركة في إدارة الحشود :يغطي هذا البرنامج التدريبي الجوانب النظرية والتطبيقية اللازمة لدعم الصحة النفسية للأطفال في بيئات الحشود، مع التركيز على تنمية المهارات العملية والكفاءات الأساسية، حيث تم اقتراح

تصـميم المحتوى التدريبي حتى يلبي الاحتياجات المحددة في المراحل السـابقة من الدراسـة، مع ضـمان تغطية شـاملة للموضـوعات ذات الصلة.

2. الدراسات السابقة:

1.2. تعريف الازدحام والحشود

يُعرَّف الازدحام والحشـود في السـياق الأكاديمي بأنهما ظاهرة اجتماعية-مكانية تتميز بتجمع كثيف وملحوظ للأفراد ضـمن حيز جغرافي محدود، مما يؤدي إلى ارتفاع الكثافة السـكانية بشـكل اسـتثنائي وزيادة مسـتويات الضـغط النفسـي والإدراكي على المشـاركين، ووفقًا لدراسـة إدارة الحشـود خلال الفعاليات الجماهيرية (Struniawski, 2024)، تتسـم هذه الظاهرة بخصـائص فريدة ومتنوعة، ويمكن تصنيفها إلى نوعين رئيسيين:

1. الحشود المؤقتة: وهي تجمعات عابرة تحدث في سياقات محددة زمنيًا، كما هو الحال في الفعاليات الرياضية أو فترات الذروة في وسائل النقل العام.
2. الحشود الدائمة: وهي تجمعات مستمرة تتميز بها بعض الأماكن العامة التي تشهد ازدحامًا مستمرًا على مدار فترات طويلة.
3. ولتحليل ظاهرة الازدحام بشـكل أكثر دقة وشـمولية، من الأهمية النظر إلى أبعادها المكانية المختلفة، حيث أن هذا التصـنيف المكاني يسـاعد في فهم الديناميكيات الخاصـة بكل نوع من أنواع الازدحام وتأثيراتها المتباينة على الأفراد والمجتمع، كما أشـارت دراسـة إدارة الحشود في الفعاليات الجماهيرية الكبرى (Struniawski, 2024)، فمن الناحية المكانية، يمكن تقسيم ظاهرة الازدحام إلى:
4. الازدحام في الأماكن المغلقة: يحدث في بيئات محصورة مثل المراكز التجارية والأسواق الكبيرة.
5. الازدحام في الأماكن المفتوحة: يظهر في الفضاءات العامة كالشوارع والأحياء السكنية ذات الكثافة العالية.

تجدر الإشـارة إلى أن هذه الظاهرة تنتج عن تفاعل معقد بين عوامل متعددة، بما في ذلك العوامل الاجتماعية، والاقتصـادية، والثقافية، والتنظيمية. وعليه، فإن فهم الأنماط والاتجاهات المرتبطة بالازدحام والحشـود يتطلب تحليلًا متعدد الأبعاد يأخذ في الاعتبار هذه العوامل المتشـابكة وتأثيراتها المتبادلة على السـلوك البشـري والبيئة المحيطة، كما أكدت عليه دراسـة (Ayyad , 2022) في تحليلها لديناميكيات الحشود في الفعاليات الجماهيرية الكبرى.

2.2. أسباب الازدحام و أنواعه

تُعد ظاهرة الازدحام في المراكز الحضرية والفضاءات العامة من أبرز التحديات التي تواجه المجتمعات المعاصرة، حيث تنبع جذورها من تضافر مجموعة معقدة من العوامل، كالنمو السكاني المتسارع والتوسع الحضري غير المنظم وزيادة معدلات ملكية المركبات، إضافة إلى قصور أنظمة النقل العام، وتتجلى هذه الظاهرة في عدة أشكال، أبرزها الازدحام المروري والتكدس في الأماكن العامة والازدحام في وسائل النقل الجماعي. وتتعدى تداعيات هذه المشـكلة مجرد الإزعاج اليومي لتشـمل آثارًا سـلبية عميقة على الصـحة النفسـية والجسـدية للسكان، خاصةً الأطفال والشباب، حيث تسهم زيادة مستويات الضوضاء والتلوث البيئي الناجمة عن الازدحام في رفع معدلات التوتر والقلق، مما يسـتدعي نهجًا متكاملًا في البحث والتحليل يأخذ في الاعتبار التفاعلات المتشـابكة بين العوامل الاجتماعية والاقتصـادية والبيئية، بهدف تطوير استراتيجيات فعالة للتخفيف من حدة الازدحام وآثاره السلبية على المجتمع.

في سـياق مواسـم الحج والعمرة، تكتسـب ظاهرة الازدحام أبعادًا فريدة ومعقدة، نظرًا للطبيعة الخاصـة لهذه المناسـبات الدينية وما تتطلبه من تنقلات جماعية مكثفة في أماكن محددة وأوقات معينة. تتفاقم هذه الظاهرة بشـكل ملحوظ نتيجة لتدفق أعداد هائلة من الحجاج والمعتمرين من مختلف أنحاء العالم إلى المواقع المقدسـة في مكة المكرمة والمدينة المنورة، مما يخلق تحديات فريدة في إدارة الحشـود وتنظيم حركة الزوار (أبو رزيزة، 1417هـ) وتتنوع أسـباب الازدحام في هذا السـياق ما بين عوامل موسـمية، كتزامن وصـول الحجاج، وعوامل مكانية، كمحدودية المسـاحات المتاحة لأداء المناسـك في بعض المواقع .(El-Said, 2023) كما تتعدد أشـكال الازدحام لتشـمل الاكتظاظ في المسـجد الحرام والمسـجد النبوي، والتكدس في المشـاعر المقدسـة كعرفات ومزدلفة ومنى، إضـافة إلى الازدحام المروري في الطرق المؤدية إلى هذه المواقع (الرشـيدى، 2024;ا ;Hamdaoui, 2021 اليوسـف، 2016; حلبي، 1433هـ ;ادريس، 1423هـ - أ ; لحبايب، 1422هـ).

3.2. الآثار النفسية للازدحام على الأطفال

تشير الدراسات الحديثة في مجالي علم النفس التنموي والبيئي إلى وجود علاقة وثيقة بين التعرض المستمر للازدحام والتأثيرات السلبية على الصحة النفسية للأطفال ، حيث تتجلى هذه الآثار بوضوح في مجموعة متنوعة من البيئات كالمؤسسات التعليمية والمساحات العامة والمراكز التجارية والحدائق العامة ذات الكثافة السكانية العالية، وتتمثل أبرز هذه الآثار في ارتفاع مستويات القلق والتوتر، وضعف القدرة على التركيز والانتباه، وزيادة معدلات الاكتئاب، إضافة إلى ظهور سلوكيات عدوانية وسلبية نتيجة مباشرة للشعور بالتوتر والضغط النفسي الناجم عن الازدحام المستمر (Reicher, 2001)، وعليه فإن هذه الظواهر تشكل تحديًا كبيرًا يستدعي اهتمامًا فوريًا من قبل الأهل والمربين والمختصين في مجال الصحة النفسية للأطفال، مما يتطلب تضافر الجهود لتطوير استراتيجيات فعالة للتخفيف من حدة هذه الآثار، وتوفير بيئات أكثر هدوءًا وتوازنًا تدعم الصحة النفسية والعاطفية للأطفال، الأمر الذي يجعل فهم هذه الديناميكيات المعقدة بين الازدحام والصحة النفسية للأطفال خطوة أساسية نحو تطوير تدخلات مستهدفة وفعالة، والتي تهدف إلى حماية وتعزيز الرفاهية النفسية للأجيال الناشئة في مواجهة تحديات البيئات الحضرية المعاصرة.

1.3.2. القلق والتوتر

يُعد الازدحام السكاني، باعتباره ظاهرة متأصلة في النسيج الحضري المعاصر، عاملاً محورياً في تصاعد مستويات القلق والتوتر لدى الفئات العمرية الصغرى، حيث يؤدي التعرض المستمر للبيئات المكتظة إلى زيادة احتمالية الشعور بالاضطراب النفسي لدى الأطفال نتيجة التأثير التراكمي للضوضاء المفرطة والضغوط النفسية الناجمة عن الكثافة السكانية العالية، الأمر الذي ينعكس سلباً على سلوكياتهم النفسية والاجتماعية(Reicher, 2001)، حيث أن هذا الوضع يثير قلقا متزايدا في أوساط أولياء الأمور والمختصين التربويين، مما يستدعي بالتالي اتخاذ تدابير وقائية وعلاجية مدروسة لتعزيز الوعي لدى القائمين على رعاية الأطفال حول التأثيرات البيئية على النمو النفسي، فضلاً عن تطوير استراتيجيات مبتكرة للتكيف مع هذه الظروف (Lepore, 2012)، وعليه، فإن هذه الإجراءات تهدف في المحصلة إلى تمكين الأطفال من التعامل بكفاءة أعلى مع الضغوط النفسية الناجمة عن الازدحام الشديد في حياتهم اليومية، وبالتالي الارتقاء بجودة حياتهم النفسية والاجتماعية في إطار المجتمعات الحضرية المعاصرة.

2.3.2. ضعف التركيز والانتباه

يواجه الأطفال الذي يتعرضون للازدحام تحديات إدراكية وتركيزية جوهرية، ناجمة عن التشتت الذهني المتفاقم بفعل الضوضاء المفرطة والضغوط النفسية المتزايدة في البيئات المكتظة، مما يلقي بظلاله على أدائهم الأكاديمي ويعيق قدرتهم على الحفاظ على مستويات مرضية من التحصيل الدراسي، وعلاوة على ذلك، فإن هذه التأثيرات السلبية تتجاوز النطاق الأكاديمي لتشمل قدرتهم على المشاركة الفعالة في الأنشطة التعليمية والترفيهية، مما ينعكس سلباً على تجاربهم الاجتماعية والنفسية، ويؤدي إلى تفاقم مشكلات التركيز والانتباه بشكل يثير قلق الآباء والمربين (Martellq, et al., 2017)، وفي سياق متصل، يترافق هذا الوضع مع تدني ملحوظ في الثقة بالنفس وصعوبات جمة في بناء علاقات إيجابية مع الأقران، الأمر الذي يؤثر سلباً على النمو العاطفي والنفسي للأطفال، ويفضي إلى انسحاب اجتماعي متزايد يفاقم من المشكلات النفسية ويزيد من الحاجة الملحة إلى دعم متخصص في مجالات الصحة النفسية (Martellq, *et al.,* 2017) وبناءً على ما سبق، يبدو من الضرورة بإمكان توفير بيئة داعمة لهؤلاء الأطفال، مع التركيز على تقديم الرعاية المتكاملة اللازمة لمساعدتهم على تجاوز هذه التحديات المتعددة الأبعاد، وذلك بهدف تمكينهم من تحقيق التطور الشخصي والاجتماعي الفعال، والوصول في نهاية المطاف إلى حالة من الاستقرار النفسي والاجتماعي التي من شأنها تعزيز قدرتهم على التكيف والتفاعل الإيجابي مع محيطهم في شتى مناحي حياتهم.

3.3.2. الاكتئاب

يتعرض الأطفال الذين يواجهون الازدحام المستمر والمتواصل في حياتهم اليومية لمخاطر متزايدة من الاضطرابات النفسية، كالاكتئاب والحزن المستديم، حيث تمتد آثار هذه الضغوطات النفسية لتشمل صحتهم العاطفية والنفسية على المديين القريب والبعيد، وفي ظل غياب الإدراك الكافي من قبل البالغين المحيطين سواء كانوا آباء أو معلمين أو أقارب لعمق هذه التأثيرات، حيث تتفاقم المشكلة وتزداد صعوبة معالجتها، مما يجعل هؤلاء الأطفال أكثر عرضة لاضطرابات القلق والاكتئاب، الأمر الذي ينعكس سلباً على أدائهم اليومي وتفاعلاتهم الاجتماعية (Solari, and Mare, 2012)، ويؤدي الاكتئاب إلى انخفاض حادٍ في مستويات الثقة بالنفس نتيجة شعورهم بالعجز أمام التحديات اليومية، وعليه فإن الحاجة تبرز إلى توفير دعم مكثف وفهم عميق من المحيطين، وقد يستلزم الأمر في بعض

الحالات تدخلاً علاجياً متخصصاً لمساعدة هؤلاء الأطفال في تجاوز هذه الصعوبات، مع الأخذ بعين الاعتبار أن تقديم الدعم المناسب في هذه الظروف الحرجة يمكن أن يحدث تأثيراً إيجابياً جوهرياً، ليس فقط على تجربتهم الراهنة، بل أيضـاً على مسـار نموهم وتطورهم المستقبلي بشكل متوازن وصحي، مما يمهد الطريق نحو آفاق أكثر إشراقاً وإيجابية في حياتهم المستقبلية (Rosan, *et al.*, 2024).

4.3.2. العدوانية والسلوكيات السلبية

يُعد التعرض المسـتمر للازدحام في البيئة اليومية عاملاً محورياً في تفاقم السـلوكيات العدوانية والنزعات السـلبية لدى الأطفال، حيث تشـير الدراسـات التجريبية إلى وجود ارتباط إيجابي بين مسـتويات الازدحام المرتفعة وزيادة السـلوكيات العدوانية، فضـلاً عن انخفاض ملحوظ في قدرة الأطفال على ضبط النفس وإدارة الاستجابات السلوكية والانفعالية(Marcus-Newhall, *et al.*, 2000 ;Matthews, *et al.*, 1979)، ونظراً لهذه التأثيرات السلبية الملموسة، يصبح من الضروري تبني نهج وقائي وتربوي شامل من قبل الجهات المعنية، يتضمن تطبيق استراتيجيات متعددة الأبعاد كتصميم برامج تعليمية فعالة، وتوفير الدعم النفسي الكافي، وتعزيز التعاون بين الأسر والمؤسسات التعليمية، وعليه فإن الجهود المبذولة لتحسـين الظروف البيئية المحيطة بالأطفال من شـأنها أن تسـهم في تعزيز صـحتهم النفسـية والسـلوكية بشـكل شـمولي، مما قد يؤدي إلى نشـوء جيل يتمتع بقدرة أكبر على التكيف الإيجابي مع تحديات الحياة المختلفة، وبالتالي المسـاهمة في بناء مجتمع أكثر مرونة وكفاءة في التعامل مع الصـعوبات والتفاعلات الاجتماعية، الأمر الذي يسـتدعي تضـافر الجهود المجتمعية لخلق بيئة محفزة للأطفال، تضـمن لهم مسـتقبلاً واعداً ومليئاً بالفرص التنموية (Byun and ;Freedman, *et al.*, 1972; Geetu and Tripathi ,2019 Mann, 2011).

5.3.2. القلق والضغط النفسي

تشكل الحشـود والازدحام عاملاً محفزاً لتصـاعد مسـتويات القلق والضـغط النفسـي لدى الأطفال بصـورة ملحوظة، حيث تمثل البيئات المكتظة تحدياً جوهرياً يواجه فيه الأطفال صعوبة في التكيف مع الضوضاء المستمرة والاضطرابات المحيطة، مما قد يؤدي إلى حالات من الارتباك والخوف، وبالتالي تدهور حالتهم النفسية وانخفاض مؤشرات الرفاهية العاطفية لديهم (Rosan, ; Geetu and Tripathi ,2019 et al., 2024)، ونظراً لخطورة هذه الآثار السلبية، يصبح من الضروري توجيه اهتمام خاص لهذه الظاهرة من خلال تقديم دعم شامل ورعاية نفسية متخصصة للأطفال المتأثرين، مع التركيز على تعزيز الوعي بالتحديات المتعددة التي تواجههم والسعي الحثيث لمساعدتهم في تطوير اسـتراتيجيات تكيف فعالة. لذلك فإن تمكين الأطفال من التعامل بكفاءة مع هذه المواقف الضـاغطة يسـهم في تعزيز مرونتهم النفسـية وقدرتهم على مواجهة الصـعوبات، مما يسـاعد في ضـمان شـعورهم بالأمان والراحة في البيئات المزدحمة(Marcus-Newhall, *et al.*, 2000)، مما يؤدي في النهاية إلى تحسـين جودة تجاربهم الحياتية وتعزيز رفاهيتهم النفسـية في مواجهة تحديات الازدحام المتزايدة في المجتمعات الحضرية المعاصرة.

4.2. إدارة وتنظيم الحشود في الحج والعمرة

تشير الدراسات الحديثة في مجال إدارة الحشود خلال مواسم الحج والعمرة إلى تطور ملحوظ في الأساليب والتقنيات المستخدمة، حيث أبرزت إحدى الدراسـات الرائدة أهمية اسـتخدام تقنيات المحاكاة في إدارة الحشـود، خاصـة في المشـاعر المقدسـة ومنشـأة الجمرات، مما يسهم في التنبؤ بالمشكلات المحتملة وتحسين الخطط التنفيذية (الهوساوي، 1443هـ)، وفي سياق متصل، ركزت دراسة أخرى على تحليل حركة الحشـود في المنطقة المركزية بمكة المكرمة خلال شـهر رمضـان، مع التركيز على رصـد معدلات التدفق ومسـتويات الكثافة، الأمر الذي يسهم في تطوير استراتيجيات فعالة لإدارة الازدحام (ادريس، وآخرون،1440هـ)، وعلاوة على ذلك، تناولت إحدى الدراسات الأبعاد الاجتماعية والثقافية والسـلوكية لإدارة الحشـود، مسـلطة الضـوء على أهمية فهم السـلوك البشـري في سـياق التجمعات الدينية الكبيرة(عبد الرحمن ، وآخرون، 1437هـ)، وفي إطار التطور التكنولوجي، قدمت دراسـة حديثة عملية تصـميم وتطوير وتنفيذ أنظمة ذاتية العمل لتقدير كثافة الحشـود وأعداد المشـاة في المسـجد الحرام والمسـجد النبوي، باسـتخدام تقنيات متطورة كالكاميرات والأشـعة تحت الحمراء(الحبايب، 1422هـ)، والإدارة الرقمية، وجميع جوانب تطوير الأداء في إدارة الحشـود (Ayyad, 2022)، وفي سـياق التحليل الكمي، قدمت دراسـة أخرى منهجية تحليلية لدراسـة الأنشـطة في الفراغات الكبيرة، مقترحة أسـلوباً لتحويل البيانات النوعية إلى كمية لتسـهيل المقارنات وعملية اتخاذ القرار (حلبي، 1433هـ)، وتطبيق أبعاد التخطيط الاسـتراتيجي في إدارة الحشـود والأزمات باسـتخدام الذكاء الاصـطناعي بالحرمين الشـريفين (الرشـيدى، 2024)، وبناءً على ما سـبق، فإن هذه الدراسـات مجتمعة تشـكل إطاراً شـاملاً لفهم

وإدارة الحشـــود في ســـياق الحج والعمرة، مؤكدة على أهمية النهج المتكامل الـذي يجمع بين التخطيط الـدقيق، والتحليل العلمي، والاســـتفادة من التكنولوجيا المتقدمة لضـــمان ســـلامة وراحة الحجاج والمعتمرين في ظل التحديات المتزايدة التي تفرضـــها التجمعات البشرية الكبيرة في مثل مواسم الحج والعمرة.

5.2. خلاصة الدراسات السابقة

استناداً إلى التحليل الشامل والمنهجي لتأثير الازدحام على الصحة النفسية للأطفال، يتجلى بوضوح الأثر الجوهري والمتعدد الأبعاد لهذه الظاهرة، حيث تشـــير الأدلة البحثية إلى أن الازدحام قد يفضـــي إلى مجموعة معقدة من الاضـــطرابات النفســـية، بما في ذلك ارتفاع مستويات القلق، وتراجع القدرة على التركيز، وظهور أعراض الاكتئاب، فضلاً عن تزايد السـلوكيات العدوانية؛ وفي ضـوء هذه النتائج، يصبح من الضروري تبني نهج شامل ومتكامل يشمل مشاركة فعالة من قبل المجتمع بكافة أطيافه والجهات الحكومية المعنية، مع تطبيق تدابير وقائية فعالة تتضـــمن توفير بيئات هادئة وآمنة تلبي احتياجات الأطفال التنموية، إلى جانب تنفيذ حملات توعية شـــاملة موجهة للأسـر، أما على الصـعيد البحثي، بالرغم من وفرة الدراسـات التي تناولت تأثير الازدحام بشـكل عام، إلا أن هناك فجوة بحثية ملحوظة فيما يتعلق بدراسـة العلاقة المحددة بين الحشـود في مواسـم العبادة مثل الحج والعمرة والصـحة النفسـية للأطفال، مما يشـكل مجالاً خصـباً للبحث المسـتقبلي، وفي هذا السـياق، تتميز الدراسـة الحالية بتركيزها الخاص على جانب الحج والعمرة، باعتبارهما كمناسـبتين فريدتين تشـهدان تجمعات بشـرية كثيفة ذات طابع روحي وثقافي متميز، لذلك تسـعى هذه الدراسـة إلى سـد الفجوة المعرفية القائمة من خلال تحليل الديناميكيات الخاصـة للحشـود في سـياق الحج والعمرة، وتأثيرها على الصـحة النفسـية للأطفال، مع الأخذ في الاعتبار الخصـائص الثقافية والدينية الفريدة لهاتين المناسـبتين، ومن المتوقع أن تسـهم نتائج هذه الدراسـة في توفير أسـاس علمي متين لتطوير استراتيجيات مخصصة للتخفيف من الآثار السلبية المحتملة للازدحام على الأطفال خلال موسمي الحج والعمرة، مع الحفاظ على القيم الروحية والاجتماعية الإيجابية لهاتين الشـعيرتين الدينيتين، وبالتالي المسـاهمة في ضـمان تجربة أكثر إيجابية وصـحية للأطفال المشـاركين في هذه المناسك.

3. تحليلي لتأثير إدارة الحشود في مناسك الحج والعمرة على الصحة النفسية للأطفال

1.3. تنظيم الحشود في الحج والعمرة

تمثل إدارة الحشـــود في ســـياق الحج والعمرة، تحدياً لوجســـتياً وإنســـانياً فريداً يســـتدعي دراســـة متعمقة نظراً لتأثيراته المتعددة على المشـاركين، لا سـيما الفئات الأكثر حسـاسـية كالأطفال. في هذا الإطار، تبرز أهمية فهم الآليات المتبعة في تنظيم الحشـود وتأثيراتها على الصـحة النفسـية للأطفال، مع التركيز على النموذج المتطور الذي تتبناه المملكة العربية السـعودية، كما تجدر الإشـارة إلى الجهود الاسـتثنائية التي تبذلها المملكة العربية السـعودية في مجال إدارة الحشـود خلال موسـمي الحج والعمرة. فقد طورت المملكة على مدى العقود الماضـية منظومة متكاملة لإدارة الحشـود تعتمد على أحدث التقنيات والممارسـات العالمية. تشـمل هذه الجهود تطوير البنية التحتية بشـكل مسـتمر، وتنفيذ أنظمة متطورة لمراقبة وتوجيه الحشـود، وتدريب كوادر متخصـصـة في إدارة الأزمات والطوارئ. كما تولي المملكة اهتماماً خاصـاً بالجوانب الصـحية والنفسـية للحجاج والمعتمرين، مع تركيز متزايد على احتياجات الفئات الخاصـة، بما فيها الأطفال.

2.3. مفهوم إدارة الحشود وأهميتها في الحج والعمرة

تُعرّف إدارة الحشـــود بأنها عملية منهجية لتنظيم وتوجيه الحركة الجماعية للأفراد في فضـــاءات محددة زمانياً ومكانياً، مع الأخذ بعين الاعتبار الآثار المترتبة على السـلامة العامة والصـحة النفسـية والجسـدية للمشـاركين (Struniawski, 2024)، وفي سـياق الحج والعمرة، تتجلى أهمية هذه العملية في قدرتها على تحســين التجربة الروحية للحجاج والمعتمرين من خلال تقليل الاحتكاك وتســهيل الحركة، مما ينعكس إيجاباً على الصحة النفسية للمشاركين (أبو رزيزة، 1417هـ).

3.3. خصوصية إدارة الحشود في مناسك الحج والعمرة

تتميز إدارة الحشـود في مناسـك الحج والعمرة بخصـوصـية ناتجة عن طبيعة هذه الشـعائر الدينية وحجم المشـاركة فيها. تشـمل هذه الخصـوصـية تحديد المواقع الاسـتراتيجية للتجمعات، وتطوير آليات فعالة لتوجيه الحشـود، وتوفير بيئة آمنة ومنظمة داخل الحرم المكي

وخارجه (ادريس، وآخرون 1440هـ؛ ادريس، 1423هـ – أ؛ 1423هـ – ب)، حيث أن الهدف الأساسي من هذه الإجراءات هو ضمان أداء المناسك بسلاسة وأمان، مع الحفاظ على القيمة الروحية والنفسية للتجربة. في هذا السياق، تبرز جهود المملكة العربية السعودية في تطوير استراتيجيات مبتكرة لإدارة الحشود. فقد استثمرت المملكة بشكل كبير في تطوير أنظمة ذكية لمراقبة حركة الحجاج والمعتمرين، واستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي للتنبؤ بحركة الحشود وتوجيهها بشكل فعال. هذه الجهود لا تهدف فقط إلى ضمان سلامة المشاركين، بل تسعى أيضاً إلى تحسين التجربة الروحية والنفسية لهم، مع اهتمام خاص بالفئات الأكثر حساسية مثل الأطفال وكبار السن (عبد الرحمن وآخرون، 1437هـ).

4.3. الصحة النفسية للأطفال في سياق الحج والعمرة

1.4.3. التحديات النفسية التي تواجه الأطفال

يواجه الأطفال خلال مشاركتهم في مناسك الحج والعمرة مجموعة من التحديات النفسية المعقدة. تتراوح هذه التحديات بين القلق من فقدان الوالدين في الحشود الكثيفة، والشعور بالارتباك والضياع في بيئة غير مألوفة، إلى جانب التوتر الناجم عن اختلال الروتين اليومي المعتاد. هذه العوامل مجتمعة تشكل ضغطاً نفسياً كبيراً على الأطفال، مما قد يؤثر سلباً على تجربتهم الروحية وصحتهم النفسية على المدى الطويل.

2.4.3. تأثير البيئة المحيطة على الحالة النفسية للأطفال

تلعب البيئة المحيطة دوراً محورياً في تشكيل التجربة النفسية للأطفال خلال الحج والعمرة. فالازدحام الشديد، وصعوبة الحركة، وانعدام الخصوصية في الأماكن العامة، كلها عوامل تسهم في زيادة مستويات التوتر والقلق لدى الأطفال. إضافة إلى ذلك، فإن الضغوط الاجتماعية الناتجة عن التفاعل مع أعداد كبيرة من الغرباء قد تؤدي إلى شعور الأطفال بالإرهاق النفسي والعاطفي.

3.4.3. الآثار النفسية للحشود على الأطفال

1. **مظاهر القلق والتوتر:** تتجلى الآثار النفسية للحشود على الأطفال في صور متعددة من القلق والتوتر. يمكن ملاحظة تغيرات سلوكية ملحوظة لدى الأطفال، كزيادة الحساسية تجاه المثيرات البيئية والشعور بفقدان السيطرة على الأحداث المحيطة. هذه التغيرات قد تؤدي إلى استجابات غير متوقعة للبيئة المحيطة، مما يزيد من صعوبة التكيف مع ظروف الحج والعمرة.
2. **التأثيرات النفسية طويلة المدى:** إن التعرض المستمر للازدحام والضغوط النفسية خلال مناسك الحج والعمرة قد يؤدي إلى آثار نفسية طويلة المدى على الأطفال. تشمل هذه الآثار زيادة معدلات الاكتئاب والقلق، وصعوبات في التركيز، وظهور اضطرابات نفسية أخرى. هذه التأثيرات تستدعي اهتماماً خاصاً من قبل المختصين والقائمين على تنظيم هذه المناسك.

5.3. استراتيجيات تخفيف تأثير الحشود

1.5.3. تنظيم الجدول الزمني

تعتبر عملية تنظيم الجدول الزمني من الاستراتيجيات الفعالة في إدارة الحشود وتخفيف آثارها على الحجاج، يتضمن ذلك تخصيص أوقات محددة لأداء المناسك المختلفة (كسناوي، 1427هـ). ، مع مراعاة خاصة لاحتياجات الأطفال والأسر، حيث أن هذا التنظيم يساهم في خلق بيئة أكثر انتظاماً وقابلية للتنبؤ، مما يقلل من مستويات التوتر والقلق لدى الأطفال.

2.5.3. التدابير الوقائية والعلاجية

تشمل التدابير الوقائية لحماية الصحة النفسية للأطفال مجموعة من الإجراءات المتكاملة. تتضمن هذه الإجراءات توفير إرشادات شاملة للآباء والمرافقين حول كيفية التعامل مع الضغوط النفسية التي قد يتعرض لها الأطفال، وتوفير أدوات وقائية شخصية مناسبة للأطفال. بالإضافة إلى ذلك، يعد إجراء فحوصات صحية دورية (الحناوي، 2022) وتوفير خدمات الرعاية النفسية المتخصصة من الأمور الحيوية لضمان سلامة الأطفال النفسية خلال هذه التجربة الروحية الفريدة (ناصر، 1419هـ).

3.5.3. توفير دور حضانة للأطفال

من الاستراتيجيات الفعالة لتخفيف تأثير الحشود على الصحة النفسية للأطفال هي توفير دور حضانة متخصصة، حيث تتميز هذه المبادرة بتأمين دور حضانة قريبة من المسجد الحرام، والمسجد النبوي، والأماكن المقدسة الأخرى. تهدف هذه الخدمة إلى:

1. **توفير بيئة آمنة ومريحة للأطفال بعيداً عن ضغط الحشود:** تسمح هذه الدور للأطفال بالتواجد في مكان هادئ ومنظم، مما يقلل من تعرضهم للضغوط النفسية الناتجة عن الازدحام الشديد.
2. **تمكين الوالدين من أداء المناسك بطمأنينة:** مع وجود أطفالهم في مكان آمن ومخصص لرعايتهم، يستطيع الوالدان التركيز على أداء مناسكهم دون قلق إضافي.
3. **تقديم أنشطة تعليمية وترفيهية مناسبة للأطفال:** تُصمم هذه الأنشطة لتعزيز فهم الأطفال للمناسك الدينية بطريقة ملائمة لأعمارهم، مما يجعل تجربتهم أكثر إيجابية وإثراءً.
4. **توفير رعاية متخصصة:** يشرف على هذه الدور كوادر مؤهلة في مجال رعاية الطفولة، مما يضمن تلبية الاحتياجات النفسية والعاطفية للأطفال بشكل احترافي.
5. **الحد من مخاطر ضياع الأطفال:** من خلال توفير مكان محدد ومنظم لتواجد الأطفال، تقل احتمالية فقدانهم وسط الحشود الكبيرة.

إن توفير هذه الخدمة يعكس الوعي المتزايد بأهمية مراعاة الاحتياجات الخاصة للأطفال في سياق المناسك الدينية الكبرى. كما أنه يمثل نموذجاً متقدماً في إدارة الحشود، يأخذ بعين الاعتبار الجوانب النفسية والاجتماعية إلى جانب الجوانب اللوجستية والأمنية (شلبي، وقنديل، نجلاء1434هـ).

4.5.3. تعزيز المشاركة الفعالة للمتطوعين في إدارة الحشود

من الاستراتيجيات الفعالة لتحسين إدارة الحشود وتخفيف تأثيرها على الصحة النفسية للأطفال هي تطوير وتنفيذ استراتيجية شاملة لتعزيز المشاركة الفعالة للمتطوعين، تتميز هذه المبادرة بتركيزها على تنظيم وإدارة حركة الحشود في المواقع المقدسة، مع اهتمام خاص بساحات المسجد الحرام والمسجد النبوي. تهدف هذه الاستراتيجية إلى:

1. **تحسين كفاءة إدارة الحشود:** يساهم المتطوعون المدربون في توجيه حركة الزوار بشكل أكثر فعالية، مما يقلل من الازدحام ويحسن انسيابية الحركة في المواقع المقدسة.
2. **توفير دعم نفسي واجتماعي للأطفال والعائلات:** يتم تدريب المتطوعين على تقديم الدعم النفسي الأولي وتوجيه العائلات، مما يساعد في تخفيف التوتر والقلق لدى الأطفال في البيئات المزدحمة.
3. **تعزيز الأمن والسلامة:** يساهم وجود المتطوعين في زيادة الشعور بالأمان، وسرعة الاستجابة للحالات الطارئة، مما يقلل من المخاطر المحتملة على الأطفال.
4. **تقديم معلومات وإرشادات:** يقوم المتطوعون بتوفير معلومات دقيقة وإرشادات واضحة للزوار، مما يساعد في تقليل حالات الضياع أو الارتباك، خاصة بين العائلات والأطفال.
5. **المساهمة في خلق تجربة إيجابية:** من خلال التفاعل الإيجابي والمساعدة المقدمة، يساهم المتطوعون في جعل تجربة الزيارة أكثر إيجابية وإثراءً للأطفال والعائلات.

إن تنفيذ استراتيجية المشاركة الفعالة للمتطوعين يعكس الوعي المتزايد بأهمية الدور الإنساني في إدارة الحشود، وتأثيره على الصحة النفسية للمشاركين، كما أنها تمثل نموذجًا متقدمًا في إدارة المناسك الدينية الكبرى، يجمع بين الكفاءة التنظيمية والاهتمام بالجوانب النفسية والاجتماعية للزوار (عبد الرحمن، وآخرون، 1440هـ).

4. برنامج مقترح لدعم الصحة النفسية للأطفال في مرافق الرعاية المؤقتة خلال مواسم الحج والعمرة

تشكل مناسك الحج والعمرة، تحديات فريدة في مجال إدارة الحشود وتوفير الرعاية الملائمة لمختلف الفئات المشاركة، لا سيما الأطفال، في هذا السياق، برز دور الحضانة (مرافق الرعاية المؤقتة) كعنصر حيوي في تيسير أداء المناسك لعائلات الحجاج والمعتمرين، مع ضمان رفاهية الأطفال وسلامتهم النفسية (الألفي، 1436هـ.)، حيث تكمن أهمية هذا البرنامج في كونه يعالج فجوة حرجة في خدمات الرعاية

المقدمة خلال أداء المناسك، فبينما تركز معظم الجهود التنظيمية على الجوانب اللوجستية والأمنية، يأتي هذا البرنامج ليسلط الضوء على الاحتياجات النفسية والعاطفية للأطفال في بيئة غير مألوفة ومكثفة اجتماعياً. يستند البرنامج إلى نظريات التكيف النفسي ونموذج المرونة النفسية لتعزيز قدرة الأطفال على التعامل مع الضغوط المحتملة الناتجة عن البيئة المزدحمة((Brooks, 1999 ، والانفصال المؤقت عن الوالدين، حيث يهدف البرنامج إلى تحقيق مجموعة من الأهداف الاستراتيجية المترابطة، تشمل:

1. تعزيز المرونة النفسية للأطفال في مواجهة التحديات البيئية والاجتماعية الفريدة لمواسم الحج والعمرة.
2. توفير بيئة داعمة وآمنة نفسياً تسهل على الأطفال التكيف مع الانفصال المؤقت عن الوالدين.
3. تقديم تجربة إيجابية وثرية للأطفال تعزز فهمهم وتقديرهم للمناسك الدينية بطريقة تتناسب مع مراحل نموهم المعرفي والعاطفي.
4. دعم الأسر من خلال توفير رعاية نوعية لأطفالهم، مما يسمح لهم بالتركيز على أداء المناسك بطمأنينة.
5. المساهمة في تطوير نموذج قابل للتكرار والتوسع لرعاية الأطفال في سياقات المناسبات الكبرى.

1.5. المحاور الرئيسية للبرنامج

1.1.5. محور التوعية والتثقيف

يهدف هذا المحور إلى تعزيز الفهم الإيجابي لمناسك الحج والعمرة لدى الأطفال، مع مراعاة مستويات إدراكهم المختلفة. يتضمن هذا المحور تقديم معلومات مبسطة عن مناسك الحج والعمرة من خلال وسائل تعليمية تفاعلية، إلى جانب شرح أهمية التجمعات الدينية وقيمتها الروحية بأسلوب يتناسب مع الفئات العمرية المختلفة للأطفال. يستند هذا النهج إلى نظرية التعلم الاجتماعي لباندورا (Koutroubas, 2022)، حيث يتم تقديم المفاهيم من خلال النمذجة والتعلم بالملاحظة، مما يسهل استيعاب الأطفال للمعلومات وربطها بتجاربهم الشخصية.

2.1.5. محور المهارات الاجتماعية والعاطفية

يركز هذا المحور على تنمية المهارات الضرورية للتكيف مع البيئة الاجتماعية المكثفة خلال مواسم الحج والعمرة. يشمل ذلك تدريب الأطفال على مهارات التواصل الفعال في البيئات المزدحمة، وتعليمهم تقنيات التنفس والاسترخاء البسيطة للتعامل مع مشاعر القلق. يستند هذا المحور إلى نظرية الذكاء العاطفي (Mayer,*et al.*, 2009)، مع التركيز على تطوير مهارات الوعي الذاتي، وإدارة المشاعر، والتعاطف مع الآخرين في سياق المناسك الدينية.

3.1.5. محور الأنشطة الإبداعية والترفيهية

يهدف هذا المحور إلى توفير وسائل تعبير إبداعية وفرص للترفيه الهادف، مما يساعد الأطفال على التنفيس عن مشاعرهم وتجاربهم بطرق بناءة. يتضمن ذلك تنظيم ورش فنية تتيح للأطفال التعبير عن انطباعاتهم حول تجربة الحج أو العمرة، إلى جانب تنظيم ألعاب جماعية تعزز روح التعاون والتآزر. يستند هذا المحور إلى نظرية التعبير الإبداعي التي تؤكد على دور الفن واللعب في تعزيز الصحة النفسية والتكيف العاطفي(Epstein and Phan, 2012) .

4.1.5. محور الدعم النفسي

يركز هذا المحور على توفير الدعم النفسي المباشر للأطفال الذين قد يواجهون صعوبات في التكيف مع البيئة الجديدة. يشمل ذلك تنظيم جلسات فردية وجماعية لمناقشة المخاوف والتحديات التي قد يواجهها الأطفال، مع تقديم الدعم العاطفي المناسب. يستند هذا المحور إلى نموذج التدخل في الأزمات(James, 2016) ، مع تكييفه ليناسب السياق الثقافي والديني للحج والعمرة.

2.5. الأساليب والتقنيات المستخدمة في البرنامج

في سياق تقديم الدعم النفسي للأطفال في بيئة المناسك الدينية الكثيفة، يعتمد البرنامج على مجموعة متنوعة من الأساليب والتقنيات العلاجية والتربوية. تستند هذه المنهجيات إلى أحدث الأبحاث في مجالات علم النفس التنموي، والعلاج النفسي للأطفال، والتربية في السياقات متعددة الثقافات. تهدف هذه الأساليب والتقنيات إلى تعزيز المرونة النفسية للأطفال، وتطوير مهاراتهم الاجتماعية والعاطفية، وتسهيل تكيفهم مع البيئة الجديدة والمؤقتة.

تكمن الأهمية الاستراتيجية لهذه الأساليب والتقنيات في قدرتها على توفير تدخلات فعالة وسريعة في إطار زمني محدود. نظراً للطبيعة المؤقتة لإقامة الأطفال في مرافق الرعاية خلال مواسم الحج والعمرة، فإن هذه الأساليب تم اختيارها بعناية لتحقيق أقصى تأثير إيجابي في فترة زمنية قصيرة نسبياً. علاوة على ذلك، تراعي هذه التقنيات الخصوصية الثقافية والدينية للسياق، مما يضمن ملاءمتها وفعاليتها في هذه البيئة الفريدة. حيث يتبنى البرنامج مجموعة متكاملة من الأساليب والتقنيات التي تشمل اللعب العلاجي، والعلاج المعرفي السلوكي المكيف للأطفال، وتوظيف القصص والحكايات التفاعلية، بالإضافة إلى تمارين اليقظة الذهنية المبسطة. تم اختيار هذه الأساليب لقدرتها على التعامل مع مجموعة واسعة من الاحتياجات النفسية والعاطفية للأطفال في بيئة المناسك الدينية.

1.2.5. اللعب العلاجي

يعد اللعب العلاجي أسلوباً نفسياً يستخدم اللعب كوسيلة للتواصل مع الأطفال ومساعدتهم على التعبير عن مشاعرهم وتجاربهم. في سياق البرنامج، يتم توظيف هذا الأسلوب لمساعدة الأطفال على التكيف مع البيئة الجديدة والتعبير عن أي مخاوف أو توترات قد يشعرون بها نتيجة الانفصال المؤقت عن والديهم أو التواجد في بيئة مزدحمة. يتم تصميم جلسات اللعب العلاجي بحيث تتضمن أنشطة تعكس مواضيع المناسك الدينية، مما يساعد الأطفال على فهم وتقدير تجربتهم بشكل أفضل (Landreth,1991).

2.2.5. العلاج المعرفي السلوكي المكيف للأطفال

يعتبر العلاج المعرفي السلوكي نهجاً علاجياً يركز على تعديل الأفكار والسلوكيات غير المفيدة (Lim ,*et al.*, 2014)، في نسخته المكيفة للأطفال، يتم تبسيط المفاهيم وتقديمها بطرق ملائمة لمستوى فهمهم وإدراكهم. في إطار البرنامج، يتم استخدام تقنيات العلاج المعرفي السلوكي لمساعدة الأطفال على التعامل مع الأفكار السلبية أو المخاوف التي قد تنشأ خلال تواجدهم في بيئة المناسك الدينية. يتم تدريب الأطفال على تحديد الأفكار غير المفيدة واستبدالها بأفكار أكثر إيجابية وواقعية، مما يعزز قدرتهم على التكيف مع المواقف الجديدة.

3.2.5. توظيف القصص والحكايات التفاعلية

تعد القصص والحكايات أدوات قوية للتعليم والتطوير العاطفي لدى الأطفال (رفاعي، 2013)، في البرنامج، يتم استخدام القصص التفاعلية التي تدور أحداثها حول مواضيع الحج والعمرة لتعزيز فهم الأطفال للمناسك الدينية وأهميتها. تُصمم هذه القصص بحيث تشجع مشاركة الأطفال وتفاعلهم، مما يساعد على تعميق فهمهم وارتباطهم العاطفي بالتجربة. من خلال هذه القصص، يتم أيضاً تقديم نماذج إيجابية للتعامل مع التحديات التي قد يواجها الأطفال خلال فترة أداء المناسك.

4.2.5. تمارين اليقظة الذهنية المبسطة

تشير اليقظة الذهنية إلى حالة من الوعي المتزايد باللحظة الحاضرة والتركيز عليها (Jayawardene,*et al.*, 2017)، في سياق العمل مع الأطفال، يتم تبسيط تمارين اليقظة الذهنية لتناسب قدراتهم وفهمهم. في البرنامج، تُستخدم تمارين اليقظة الذهنية المبسطة لمساعدة الأطفال على التعامل مع مشاعر القلق أو التوتر التي قد تنشأ في البيئة المزدحمة للمناسك الدينية. تشمل هذه التمارين أنشطة مثل التنفس الموجه، وتمارين الاسترخاء العضلي البسيطة، والتأمل القصير المناسب للأطفال. تهدف هذه التقنيات إلى تعزيز قدرة الأطفال على الهدوء والتركيز، مما يساعدهم على التعامل بشكل أفضل مع الضغوط المحتملة في بيئتهم المؤقتة.

5. برنامج مقترح لتدريب المنظمين والمتطوعين في إدارة الحشود لدعم الصحة النفسية للأطفال

يُعد العمل التطوعي في سياق الحج والعمرة عنصرًا محوريًا في منظومة الخدمات المقدمة لضيوف الرحمن، إذ يتجاوز كونه مجرد نشاط خدمي ليصبح تجسيدًا عمليًا لقيم التكافل الإسلامي وآلية فعالة لتعزيز جودة التجربة الروحية للحجاج والمعتمرين. في إطار رؤية المملكة العربية السعودية 2030، يبرز التطوع كأحد الركائز الأساسية التي تدعم استراتيجية التنمية الشاملة، حيث يُنظر إليه كوسيلة لتفعيل المسؤولية الفردية والمجتمعية في عملية تطوير وتحسين منظومة الخدمات المقدمة لضيوف الرحمن (عبد الرحمن، 1440هـ)، في هذا السياق، يقدم هذا البرنامج الأكاديمي المقترح إطارًا متكاملًا لتدريب المنظمين والمتطوعين على دعم الرفاهية النفسية للأطفال في ظروف التجمعات الكبيرة، حيث يعالج هذا البرنامج الفجوة البحثية والعملية في مجال التقاطع بين علم نفس الطفل وإدارة الحشود .يستند البرنامج إلى نظريات علم النفس التنموي، ونماذج التدخل في الأزمات، ومفاهيم الإسعافات النفسية الأولية المكيفة لسياق التجمعات الدينية الكبرى، كما يهدف البرنامج إلى تحقيق مجموعة من الأهداف الاستراتيجية المترابطة، تشمل:

1. تطوير الكفاءات المعرفية والعملية للمتدربين في مجال تقييم وإدارة الصحة النفسية للأطفال في بيئات الحشود.
2. تعزيز القدرات التحليلية للمشاركين في تصميم وتنفيذ استراتيجيات التدخل النفسي السريع للأطفال أثناء مواسم الحج والعمرة ذات الكثافة البشرية العالية.
3. تطوير قدرات المتدربين على تصميم وتنفيذ بروتوكولات الاستجابة للطوارئ النفسية الخاصة بالأطفال.
4. تعزيز الوعي بالاعتبارات الأخلاقية والثقافية في التعامل مع الصحة النفسية للأطفال أثناء مواسم الحج والعمرة.

1.5. المحاور الرئيسية للبرنامج

1. **الأسس النظرية للصحة النفسية للأطفال في سياق الحشود:** يتناول هذا المحور الأطر النظرية الحديثة في فهم تأثير البيئات المزدحمة على الصحة النفسية للأطفال. يشمل ذلك دراسة نظريات التعلق، ونموذج الضغط النفسي والتكيف لدى الأطفال، ونظريات التنظيم العاطفي في سياق الحشود.
2. **منهجيات التقييم النفسي السريع للأطفال في البيئات المزدحمة:** يركز هذا المحور على تطوير مهارات المتدربين في إجراء التقييمات النفسية السريعة Rapid Psychological Assessments للأطفال في بيئات الحشود، كما يتضمن التدريب على استخدام أدوات القياس النفسي المعتمدة المناسبة للتطبيق السريع في الميدان.
3. **استراتيجيات التدخل النفسي في حالات الطوارئ والأزمات:** يهدف هذا المحور إلى تزويد المتدربين بمهارات متقدمة في تصميم وتنفيذ استراتيجيات التدخل النفسي السريع للأطفال في حالات الطوارئ. يتضمن ذلك دراسة نماذج الإسعافات النفسية الأولية المكيفة للأطفال، وتقنيات إدارة الصدمات النفسية الحادة.
4. **التواصل العلاجي مع الأطفال في بيئات الحشود:** يركز هذا المحور على تطوير مهارات التواصل العلاجي المتخصصة للتعامل مع الأطفال وأسرهم في بيئات الحشود. يتضمن التدريب على تقنيات التواصل غير اللفظي، ومهارات الاستماع الفعال ، وأساليب التهدئة اللفظة المناسبة للأطفال في مختلف المراحل العمرية .
5. **تصميم بيئات الحشود المراعية للصحة النفسية للأطفال:** يهدف هذا المحور إلى دمج مبادئ الصحة النفسية للأطفال في تصميم وإدارة بيئات الحشود. يتضمن دراسة مفاهيم التصميم البيئي الداعم نفسيًا وتطوير استراتيجيات لإنشاء "مساحات آمنة" نفسيًا ضمن التجمعات الكبيرة.

2.5. المنهجيات والتقنيات التعليمية

1. **ورش العمل التطبيقية المتخصصة:** تنظيم ورش عمل مكثفة تركز على تطوير المهارات العملية في التعامل مع الحالات النفسية المختلفة للأطفال. تتضمن هذه الورش تدريبات على تقنيات التهدئة السريعة والتدخل النفسي الفوري.
2. **تحليل دراسات الحالة المتعمقة:** دراسة وتحليل حالات واقعية موثقة من مواسم الحج والعمرة السابقة، مع التركيز على التحديات النفسية التي واجهها الأطفال. يهدف هذا الأسلوب إلى تطوير مهارات التفكير النقدي والتحليل السياقي لدى المتدربين.
3. **التدريب على أدوات القياس النفسي السريع:** تدريب المشاركين على استخدام وتفسير نتائج أدوات القياس النفسي السريع المعتمدة للأطفال. يشمل ذلك التعرف على مؤشرات الضغط النفسي الحاد وكيفية إجراء تقييمات سريعة للحالة العاطفية والمعرفية للطفل.
4. **ورش عمل في تقنيات الاسترخاء والتنظيم العاطفي:** تدريب المشاركين على مجموعة من تقنيات الاسترخاء والتنظيم العاطفي المناسبة للأطفال، والتي يمكن تطبيقها بسرعة وفعالية في بيئات الحشود. يشمل ذلك تمارين التنفس الموجه وتقنيات التصور الذهني الإيجابي المكيفة للأطفال.

6. الخلاصة: تمثل هذه الدراسة خطوة هامة نحو فهم أعمق وأكثر شمولية لتأثير إدارة الحشود خلال مواسم الحج والعمرة على الصحة النفسية للأطفال. من خلال التحليل المتعمق للتحديات النفسية التي يواجهها الأطفال في هذه البيئات المزدحمة والفريدة، والاستراتيجيات المقترحة لتخفيف هذه التأثيرات، تقدم الدراسة رؤى قيمة للمختصين والقائمين على تنظيم أداء مناسك الحج والعمرة، حيث تتوافق هذه النتائج مع ما توصل إليه الرشيدى (2024) حول أهمية توظيف التقنيات الحديثة والذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود والأزمات بالحرمين الشريفين، وضرورة تطوير الأنظمة الذكية لرصد وتحليل حركة الحشود بما يضمن سلامة جميع الفئات، خاصة الأطفال.

فقد سلطت الدراسة الضوء على أهمية تطوير برامج متخصصة لدعم الصحة النفسية للأطفال في مرافق الرعاية المؤقتة، مع التركيز على محاور رئيسية تشمل التوعية والتثقيف، وتنمية المهارات الاجتماعية والعاطفية، وتوفير أنشطة إبداعية وترفيهية، وتقديم الدعم النفسي المباشر، كما وتتفق هذه النتائج مع دراسة الحناوي وآخرون (2022) التي أكدت على أهمية التكامل بين القطاعات المختلفة، وخاصة قطاع الرعاية الصحية والنفسية، في تحقيق إدارة فعالة للحشود.

إن النموذج المقترح في هذه الدراسة، والذي يجمع بين الأساليب العلاجية المتقدمة والتقنيات التربوية الحديثة، يمثل إطاراً متكاملاً قابلاً للتطبيق والتكيف مع الظروف الخاصة لمواسم الحج والعمرة، وهذا ما أكدته دراسة الفهمي وزويد (2026) من حيث ضرورة تطوير استراتيجيات مبتكرة وشاملة لإدارة الأزمات تراعي الطبيعة الخاصة للحشود في مواسم الحج والعمرة.

هذا النموذج لا يهدف فقط إلى التخفيف من الآثار السلبية المحتملة للحشود على الأطفال، بل يسعى أيضاً إلى تحويل تجربة الحج والعمرة إلى فرصة للنمو النفسي والروحي الإيجابي. لذا تؤكد هذه الدراسة على ضرورة التكامل بين الجهود الأكاديمية والتطبيقية في مجال إدارة الحشود ودعم الصحة النفسية للأطفال. كما تدعو إلى مزيد من البحث والتطوير في هذا المجال الحيوي، بما يتماشى مع رؤية المملكة 2030 في تحسين تجربة ضيوف الرحمن وضمان سلامتهم ورفاهيتهم، كما أن تنفيذ التوصيات والبرامج المقترحة في هذه الدراسة من شأنه أن يسهم بشكل كبير في تعزيز جودة الخدمات المقدمة للحجاج والمعتمرين، مع إيلاء اهتمام خاص لرفاهية الأطفال، مما يعزز المكانة الرائدة للمملكة في مجال تسهيل أداء مناسك الحج والعمرة على ضيوف الرحمن.

7. التوصيات: في ضوء نتائج الدراسة حول تأثير إدارة الحشود في مواسم الحج والعمرة على الصحة النفسية للأطفال، وسعياً لتحسين تجربتهم وضمان سلامتهم، تقترح الدراسة التوصيات التالية:

1. تطوير مرافق رعاية متخصصة للأطفال:
   - إنشاء دور حضانة مؤقتة قريبة من المسجد الحرام والمسجد النبوي والأماكن المقدسة الأخرى.
   - تجهيز هذه المرافق بأحدث الوسائل التربوية والترفيهية المناسبة للأطفال.
   - توظيف كوادر متخصصة في رعاية الطفولة والصحة النفسية للإشراف على هذه المرافق.
2. تنفيذ برنامج شامل لدعم الصحة النفسية للأطفال:
   - تطبيق البرنامج المقترح في الدراسة، والذي يشمل محاور التوعية والتثقيف، تنمية المهارات الاجتماعية والعاطفية، الأنشطة الإبداعية والترفيهية، والدعم النفسي المباشر.
   - استخدام الأساليب والتقنيات المتنوعة مثل اللعب العلاجي، العلاج المعرفي السلوكي المكيف للأطفال، والقصص التفاعلية.
3. تدريب المنظمين والمتطوعين في إدارة الحشود:
   - تنفيذ البرنامج التدريبي المقترح للمنظمين والمتطوعين، مع التركيز على فهم الاحتياجات النفسية للأطفال في بيئات الحشود.
   - إجراء ورش عمل تطبيقية وتدريبات على التدخل النفسي السريع وتقنيات التهدئة.
4. تعزيز التعاون بين الجهات المعنية:
   - تشجيع التعاون بين الأمن العام، وزارة الحج والعمرة، وزارة الصحة، والجامعات السعودية لتطوير برامج بحثية متخصصة في مجال الصحة النفسية للأطفال خلال المناسك.
5. تطوير مواد توعوية:
   - إعداد كتيبات إرشادية للأهالي حول كيفية دعم الصحة النفسية لأطفالهم خلال مواسم الحج والعمرة.
   - إنتاج مواد تعليمية مناسبة للأطفال لتعريفهم بمناسك الحج والعمرة بطريقة ملائمة لأعمارهم.
6. تعزيز التوعية المجتمعية:
   - إطلاق حملات توعية لزيادة الوعي العام بأهمية الصحة النفسية للأطفال خلال مواسم الحج والعمرة.
   - تشجيع المشاركة المجتمعية في دعم الأطفال وأسرهم خلال مواسم الحج والعمرة.

هذه التوصيات تهدف إلى تحسين تجربة الأطفال خلال مواسم الحج والعمرة، وضمان صحتهم النفسية والعاطفية، مع المساهمة في تحقيق أهداف رؤية المملكة 2030 في تطوير وتحسين تجربة ضيوف الرحمن.

المراجع

- أبو رزيزة، عمر سراج (1417هـ). حلول مقترحة لتخفيف مشكلة الزحام في مناسك الحج. معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمر، جامعة أم القرى.
- ادريس، محمد عبد الله.، فلمبان، رعد صالح.، اليماني، معاذ عمر(1440هـ). متابعة حركة الحشود في المنطقة المركزية. معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمر، جامعة أم القرى.
- ادريس، محمد عبدالله (1423هـ - أ). دراسة تحليلية لمواقع الزحام في مشعر عرفات. معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمر، جامعة أم القرى.
- ادريس، محمد عبدالله (1423هـ - ب). دراسة تحليلية للحيز الفراغي والزحام في منى وعند الجمرات. معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمر، جامعة أم القرى.
- الألفي، علاء الدين عادل.(1436هـ). إمكانية انشاء حضانة للأطفال بمحيط المسجد النبوي الشريف. معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمر، جامعة أم القرى.
- الحبايب، أمين حافظ (1422هـ). تطوير أنظمة لتقدير كثافة الحشود وأعداد المشاة في مواقع مختارة بالمسجد الحرام والمسجد النبوي باستخدام كاميرات الفيديو وكاميرات الأشعة تحت الحمراء ومجسات مساندة. معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمر، جامعة أم القرى.
- حلبي، وائل صالح (1433هـ). تحليل الأنشطة وحركة الحشود في الساحة الغربية للمسجد الحرام. معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمر، جامعة أم القرى.
- الحناوي، محمد خالد.، شحاته، طلعت الدمرداش.، الشرق، عمر زيدان (2022). دور قطاع الرعاية الصحية في إدارة الحشود في الحج والعمرة. مجلة جامعة ام القرى للعلوم الاجتماعية . المجلد 14 ، العدد (2) الصفحة: 1 – 17.
- الحناوي، محمد خالد، شحاته، طلعت الدمرداش، الشرق، عمر زيدان (2022). دور قطاع الرعاية الصحية في إدارة الحشود في الحج والعمرة. مجلة جامعة أم القرى للعلوم الاجتماعية، 14(2)، 1-17.
- الرشيدى، عمر عبد الله (2024). التخطيط الاستراتيجي لإدارة الحشود والأزمات باستخدام الذكاء الاصطناعي بالحرمين الشريفين. المجلة الدولية للعلوم التربوية والنفسية، 76(1)، 11-55.
- الرشيدى، عمر عبد الله (2024). التخطيط الاستراتيجي لإدارة الحشود والازمات باستخدام الذكاء الاصطناعي بالحرمين الشريفين. المجلة الدولية للعلوم التربوية والنفسية. المجلد 76، العدد (1) الصفحة 11-55.
- رفاعي، ناريمان محمد . (2013). الإرشاد و العلاج النفسي في بعض قصص الأطفال : دراسة تحليلية. مجلة الارشاد النفسى، العدد: 35 ،الصفحات: 39 – 73.
- شلبي، عماد الدين عبدالحي، وقنديل، نجلاء يوسف. (1434هـ). دراسة مشتركة بين المعهد وجمعية المرشدات السعوديات لمعرفة أسباب انحصار ضياع الأطفال من هذه الجنسيات المحددة والحلول التي يمكن تلافي هذه الظاهرة. معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمر، جامعة أم القرى.
- الصبيح، عبد الله ناصر (1419هـ). الزحام عند الجمرات دراسة نفسية اجتماعية. معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمر، جامعة أم القرى.
- عبد الرحمن، عبد الله محمد.، الخادم، محمد عبدالقادر.، مسعود، بندر محمد.(1440هـ). واقع التطوع ومجالاته لخدمة الحجاج. معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمر، جامعة أم القرى.
- عبد الرحمن، عبد الله محمد.، عثمان، فاضل محمد.، هلالي، احمد محمد.، قاضي، أحمد حاتم (1437هـ). الأبعاد الاجتماعية النفسية لإدارة وتنظيم الحشود. معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمر، جامعة أم القرى.
- الفهمي، ربا صالح؛ وزويد، فوزي محمد. (2026). دور إدارة الأزمات في تحقيق أمن وسلامة الحجاج والمعتمرين في المملكة العربية السعودية. المجلة العربية للإدارة، 46(4)، 1-18.
- كسناوي، محمود محمد. (1427هـ). مدى توعية الحجاج في بلادهم للاستجابة لتعليمات التفويج والرمي. معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمر، جامعة أم القرى.
- ناصر، مسلم محمد. (1419هـ). الأطفال والحج. معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمر، جامعة أم القرى.
- الهوساوي، عبد الله نور (1443هـ). محاكاة حركة الحشود في منى والجمرات. معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمر، جامعة أم القرى.
- اليوسف، عبد الله (2016). إدارة الحشود. جامعة نايف العربية للعلوم الأمنية، مجلة الامن والحياة . العدد 412 الصفحة : 88 – 93.

- Ayyad , D. (2022). The Role of E-Management in Improving the Crowd Management from the Perspective of the Employees in the Hajj and Umrah System. Journal of Engineering Sciences and Information Technology. 6 (6) : 116 - 148.
- Brooks, J.(1999). Personality style, psychological adaptation and expectations of psychologists in clinical training. PhD thesis The Open University.
- Byun, S and Mann, M .(2011).The Influence of Others: The Impact of Perceived Human Crowding on Perceived Competition, Emotions, and Hedonic Shopping Value. Clothing and Textiles Research Journal 29(4):284-297
- El-Said, H. M (2023).Analytical Study for Crowd Control in Hajj and Umrah: Interaction Design Approach. Journal of Architecture, Arts and Humanistic Science.8, (39),719 – 730.
- Epstein, R , and Phan,V.(2012).Which Competencies Are Most Important for Creative Expression?. Creativity Research Journal. : 16 ; 278-282
- Francis.
- Freedman, J., Levy, A., Buchanan ,R., and Price, J. (1972). Crowding and human aggressiveness. Journal of Experimental Social Psychology. 8 (6); 528-548.
- Geetu, P and Tripathi, S. (2019). Experiential Crowding and Mental Health: A Critical Review. International Journal of Education and Psychological Research. 8(2); 11 - 118
- Hamdaoui, Rim Dhaou (2021). Study and design of an electronic access control to "Al Raudah al Sharifah" via smart card in order to manage the crowds. Journal of Engineering Sciences and Information Technology. 5 (1) : 96 - 107.
- James, R.(2016). Crisis intervention. In J. C. Norcross, G. R. VandenBos, D. K. Freedheim, & R. Krishnamurthy (Eds.), APA handbook of clinical psychology: Applications and methods (pp. 387–407). American Psychological Association.
- Jayawardene, W,. Lohrmann, D,. Erbe, R, and Torabi,M .(2017). Effects of preventive online mindfulness interventions on stress and mindfulness: A meta-analysis of randomized controlled trials. Preventive Medicine Reports, 5;150-159.
- Koutroubas, V and Galanakis, M.(2022). Bandura's Social Learning Theory and Its Importance in the Organizational Psychology Context. Psychology Research,12 (6); 315-322.
- Landreth, G. (1991). Play Therapy: The Art of the Relationship. Levittown, PA: AD Taylor
- Lepore S.J. (2012). Crowding: Effects on Health and Behavior. In: V.S. Ramachandran (ed.) The Encyclopedia of Human Behavior, vol. 1, pp. 638-643. Academic Press.
- Lim,C,. Sim,K,. Renjan,V,. Sam ,H,. and Quah, S .(2014). Adapted cognitive-behavioral therapy for religious individuals with mental disorder: A systematic review, Asian Journal of Psychiatry, 9; 3-12.
- Marcus-Newhall, A., Pedersen, W. C., Carlson, M., & Miller, N. (2000). Displaced aggression is alive and well: A meta-analytic review. Journal of Personality and Social Psychology, 78(4), 670–689
- Martella, C., Li, J., Conrado, C., and Vermeeren, A.(2017). On current crowd management practices and the need for increased situation awareness, prediction, and intervention. Safety Science, 91: 381-393.
- Matthews, R,. Paulus, P., and Baron, R. (1979). Physical aggression after being crowded. Journal of Nonverbal Behavior .4; 5–17.
- Mayer,j ,. Salovey, P and avid Caruso, R. (2009). TARGET ARTICLES: Emotional Intelligence: Theory, Findings, and Implications. An International Journal for the Advancement of Psychological Theory. 19; 197-215 .
- Reicher, S.(2001). The Psychology of Crowd Dynamics. In: M.A. Hogg and R.S. Tindale, eds. Blackwell Handbook of Social Psychology: Group Processes. Oxford: Blackwell Publishers Ltd.
- Rosan, R,. Maureen, S., Charlene, C,. and Sydonnie, P. (2024).Does household size matter? Crowding and its effects on child development. Psychology, Health & Medicine, 29 (6):1165-1178 .
- Solari, C., & Mare, R. (2012). Housing crowding effects on children's wellbeing. Social Science Research, 41(2), 464–476.
- Struniawski, J. (2024). Crowd management during mass events. Zeszyty Naukowe SGSP. 89(2):27 – 38.

نظام التدخلات الصحية الاستباقية لحجاج بيت الله الحرام باستخدام إنترنت الأشياء والذكاء الاصطناعي

محمد شرف جساس، غادة الفتني*، أثير الهذلي، سارة القرشي، منار الجهني، ريم الخزاعي، ود الحربي

قسم علوم الحاسب، الكلية الجامعية بالجموم، جامعة ام القري

Proactive Health Interventions for Hajj Pilgrims Using IoT and AI

Mohammad Jassas, Ghada Alfattni*, Atheer Alhozali, Sara Alqurashi, Manar Aljohani, Mariam Khuzaie, Wed Alharbi

Computer Science Department, Jamum University College, Umm Alqura University

*Corresponding author: E-mail (gafattni@uqu.edu.sa)

الملخص

يقدم هذا البحث نظامًا مبتكرًا لمراقبة الصحة، وهو مصمم لتحسين سلامة ورفاهية الحجاج أثناء رحلة الحج. يعتمد النظام على أجهزة إنترنت الأشياء (IoT) والذكاء الاصطناعي (AI) والحوسبة الطرفية لجمع البيانات الصحية وتحليلها والتنبؤ بها في الوقت الفعلي. تقوم أجهزة الاستشعار القابلة للارتداء، مثل أجهزة بلوتوث منخفضة الطاقة (BLE)، بمراقبة العلامات الحيوية مثل درجة حرارة الجسم ومستويات الأكسجين في الدم باستمرار. يتم إرسال هذه البيانات إلى تطبيق جوال ومعالجتها على خادم حوسبة طرفي، حيث تقوم خوارزميات التعلم الآلي المتقدمة، بما في ذلك الغابات العشوائية والشبكات العصبية الاصطناعية (ANNs)، بالتنبؤ بالمخاطر الصحية المحتملة. يتم تحسين تخصيص الموارد من خلال آلية جدولة المهام الديناميكية، مما يقلل من التأخيرات. يضمن توزيع المهام الحسابية بشكل ذكي بين بيئات السحابة والطرفية معالجة فعالة وتنبيهات في الوقت المناسب. أظهرت النتائج أن الشبكات العصبية الاصطناعية والغابات العشوائية هما الأكثر أداءً من حيث دقة التنبؤ، حيث حققت الشبكات العصبية الاصطناعية دقة 72% والغابات العشوائية تميزت بتوازن الأداء عبر المقاييس المختلفة. أوصت الدراسة بتحسين نماذج التعلم الآلي من خلال استخدام مجموعات بيانات أوسع وأكثر تنوعًا واستكشاف تقنيات ذكاء اصطناعي متقدمة لتعزيز قدرات النظام التنبؤية. يوفر النظام المقترح نهجًا استباقيًا للرعاية الصحية أثناء الحج، حيث يقدم تحذيرات مبكرة من المشاكل الصحية ويتيح التدخلات في الوقت المناسب، مما يحسن من تجربة الحج بشكل عام ويخفف العبء على العاملين في المجال الطبي.

الكلمات الدالة: تعلم الآلة، نظام الصحة الإلكترونية، إنترنت الأشياء، الحج، الحجاج، مراقبة الصحة.

انظر البحث الكامل في الجزء الخاص بالأبحاث الإنجليزية صفحة (94)

النمذجة الهيدرولوجية والهيدروليكية لحركة المياه السطحية بأحياء المنطقة المركزية لمكة المكرمة

وليد السيد أبوالسعود خميس*، مُحَمَّد بن عبد القادر الخادم، عبد الرحمن محمد بشاوري، فتحي شعبان

معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة، جامعة أم القرى

Hydrological and Hydraulic Modelling for Surface Water Runoff in The Central Region of Makkah Al-Mukaramah

Waleed A. El-Saoud*, Mohamed A. Al-Khadim, Abdulrahman M. Bashawri and Fathy F. Shaaban

The Custodian of the Two Holy Mosques Institute for Hajj and Umrah Research, Umm Al-Qura University

*Corresponding author: E-mail (wekhamis@uqu.edu.sa)

الملخص

تعد السيول الفجائية من بين أكثر الكوارث الطبيعية تدميراً لأثارها السلبية على المجتمع والبيئة، وتهدف الدراسة الحالية إلى تقييم حجم ومخاطر السيول بالمنطقة المركزية لمدينة مكة المكرمة والتي تقع ضمن حوض وادي إبراهيم وتشمل معظم الأحياء الحضرية، تلك المنطقة تكون معرضة بشكل كبير لسيول فجائية خاصة عند هطول الأمطار بكثافة عالية وعلى فترات قصيرة. وتتمثل المشكلات المرتبطة بالسيول الفجائية في عدم القدرة على التنبؤ بحجم وسرعة تدفق الجريان السطحي، ويرجع ذلك إلى تغير مظاهر السطح الطبيعية المصاحب لعمليات التنمية الحضرية وخاصة في ظل غياب المحطات الهيدروميترية لقياس الجريان السطحي.

واعتمدت الدراسة على تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد وبرنامج نمذجة الاحواض المائية للتعرف على خصائص الجيومورفولوجيا الحضرية لمنطقة الدراسة، وإعداد مدخلات النمذجة من طبقات الجيولوجيا، الأغطية الأرضية، المناخية والمجموعات الهيدرولوجية للتربة بحوض التصريف، واستخلاص قيم منحنى الجريان المائي(CN) ، وتصميم عواصف مطرية لفترات تكرار (5، 10، 20، 25، 50، 100) سنة اعتمادا على محطات الرصد الجوي بمحيط منطقة الدراسة. علاوة على ذلك، تم تطبيق النموذج الهيدرولوجي (HEC- 1)للحصول على منحنيات الهيدروجراف لحوض وادي إبراهيم، بإتباع منهجية مصلحة صيانة التربة الأمريكية منهجية خدمة الحفاظ على التربة الأمريكية .(SCS-CN) كما تم استخدام برنامج النمذجة الهيدروليكية ثنائية الأبعاد (HEC-RAS) لحساب عمق وسرعة التدفق ومحاكاة حركة انتشاره للحصول على خريطة تصنيف مخاطر السيل. وحددت نتائج النموذج أن ما يقارب 49.54% من إجمالي مساحة منطقة الدراسة مُعرضة للغمر بالسيول الفجائية، منها حوالي 5.3% تصنف ضمن فئة متوسطة المخاطر، والاجزاء المتبقية تصنف ضمن فئة المخاطر المنخفضة .

الكلمات الدالة: الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، النمذجة الهيدرولوجية والهيدروليكية، مخاطر السيول، المناطق الجافة وشبه الجافة، مكة المكرمة.

Abstract

Flash floods are among the most destructive natural disasters with associated adverse impacts on society and the environment. The present study aims to assess the size and risks of flash floods for the central area of the city of Makkah Al-Mukaramah, which located within the Wadi Ibrahim Basin and includes most urban neighborhoods, which are highly vulnerable to flash floods especially during short duration high intensity rainfall. The difficulty associated with the flash

flood hazards is the inability to predict the volume of flood flow and speed of the flow, attributed to the rapid alterations in topography with accelerated urban development, especially with the lack of hydrometric stations to gauge the surface runoff .

Thus, in order to achieve the goals of the study, The ArcGIS 10.8, ERDAS Imagine 2015, and the Watershed Modelling System WMS 11.4 were used to identify the characteristics of urban geomorphology for the study basin and prepare the modelling inputs such as geological, land covers, metrological and the hydrological groups of the soil of the drainage basin under examination, and extracting the values of the water flow curve (CN), and rainstorms designed for return periods of (5, 10, 20, 25, 50, 100) years were prepared based on the surrounded meteorological stations for the study area .Moreover, a mathematical hydrologic model (HEC- 1), was applied to produce the hydrograph curves of the Wadi Ibrahiem basin, using the American Soil Conservation Service (SCS-CN) methodology. The two-dimensional hydraulic modelling (HEC-RAS 5.0.7) software was employed, to calculate and simulate the flow depths, flow velocities and spread of the flash flood, in order to develop the hazard rating map of flash flood inundation. The model results identified 49.45% of total area as liable to flash floods, and out of which 5.3% indicated medium risk, and the remaining 94.6% area fell under low risk of flash flooding.

Keywords: Remote sensing, GIS; Hydrological and Hydraulic Modelling; Flood Hazard; arid and semiarid regions; Makkah.

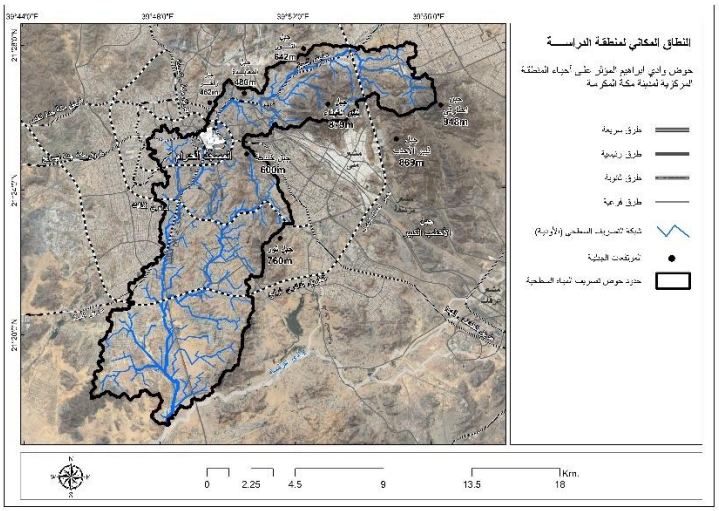
1. المقدمة

يُعد تقيم مخاطر السيول في المناطق الحضرية ومواصلة تحديث استراتيجيات إدارة السيول بصفة دورية أحد المتطلبات الرئيسية للتخطيط والتنمية الحضرية المستدامة في أي منطقة، لاسيما بمدينة مكة المكرمة والتي شهدت نهضة تنموية كبيرة على مدار السنوات القليلة الماضية، رافقها توسع في مساحة المناطق الحضرية وإقامة المخططات الجديدة ومشروعات البنية التحتية والمرافق العامة، وما صاحبها من تغيير ملحوظ في الملامح الطبوغرافية والمظاهر السطحية وأغطية الأرض الطبيعية وإستعمالات الأراضي، والتي أثرت بشكل كبير في السلوك الهيدرولوجي للأحواض المائية وقد تُعزز في كثير من الأحيان إلى زيادة حجم الجريان السطحي لمياه الأمطار ومعدلات تدفقها وزيادة أثارها التدميرية. وقد شهدت مدينة مكة المكرمة عدداً من السيول الفجائية خلال السنوات القليلة الماضية نتج عنها العديد من الخسائر بالممتلكات ومنشآت البنية التحتية، فقد أدت العواصف الرعدية الغزيرة التي تعرضت لها مدينة مكة المكرمة يوم 15 أبريل 2020م (وزارة المياه والكهرباء، 2020) إلى هطول أمطار غزيرة خلال فترة زمنية قصيرة مما تسبب في تولد جريان سيلي شديد، وصل إلى مستويات مرتفعة مصحوبة بسرعات عالية تحمل الكثير من السيارات والأنقاض، مما تسبب في حدوث أضرار جسيمة للمباني والممتلكات وتعطل حركة السير بعدد من المناطق.

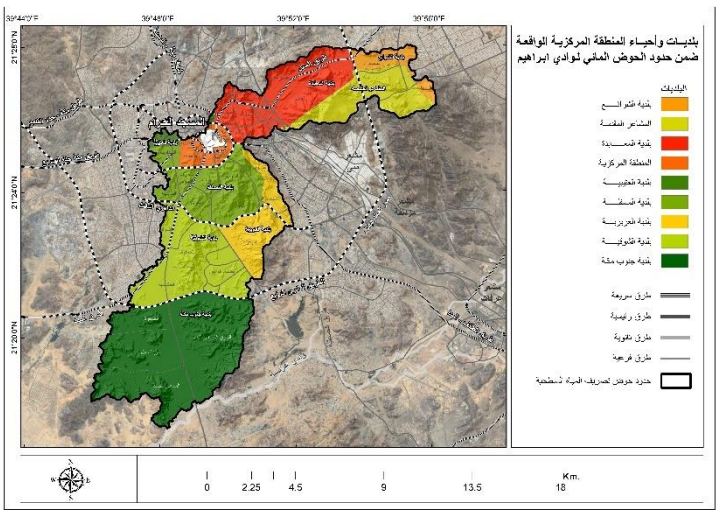
ويُعد رسم خريطة تقييم مخاطر السيول بالمناطق الحضرية المستندة على تقنيات الاستشعار عن بُعد، ونماذج التحليل الهيدرولوجي والمحاكاة الهيدروليكية لخصائص الجريان السطحي، أمراً مهماً لإدارة أحواض تصريف المياه السطحية وفهم سلوك الجريان السطحي لمياه الأمطار وتحديد مناطق الخطورة المحتملة بكفاءة عالية .(Wang et al., 2013) لذا فقد تبلورت فكرة الدراسة حول توظيف تلك التقنيات لدمج المعلومات ومعالجتها وتحليلها بغرض تقييم الوضع الهيدرولوجي بأحياء المنطقة المركزية لمدينة مكة المكرمة ومدى تأثر تلك المناطق الحضرية بالتغيير شبه الكامل لأغطية الأرض الطبيعية وتأثير ذلك على العمليات الهيدرولوجية والهيدروليكية. وذلك من خلال تطبيق نموذج منحنى الأرقام (SCS-CN) لنمذجة حجم وسرعة تدفق ونمط انتشار الجريان السطحي للسيول، وتحديد المواقع الحرجة وتصنيفها تبعاً لدرجة خطورتها ومن ثم تزويد الجهات ذات العلاقة بالنتائج بغرض توفير حماية قاطني وحجاج ومعتمري بيت الله الحرام .

ويشمل النطاق المكاني للدراسة حدود الحوض المائي لوادي إبراهيم، والذي يُعد أحد أهم الأحواض المائية المؤثرة بصورة مباشرة على أحياء المنطقة المركزية لمكة المكرمة، ويقع بين دائرتي عرض 48′′ 18′ 21° و 2′′ 28′ 21 °شمالاً، وبين خطي طول 18′′ 47′ 39° و 12′′ 56′ 39°شرقاً، ليمتد من الشمال الشرقي إلى الجنوب الغربي بمساحة تُقدر بنحو 115.12كم^2 تقريباً (شكل 1). ويعتبر أحد الأحواض

الفرعية العليا والرافده لحوض وادي عرنة حيث يصب مياهه بمجراه الأدنى جنوباً، ويستمد مياهه من عدة مرتفعات جبلية تحيط به كالسفوح الغربية لجبل الطارق (987م) والسفوح الشمالية والشمالية الغربية لكلاً من جبل ثبير الأحدب (869م) وجبل ثبير الغبناء (879م) بالجهة الشمالية الشرقية للحوض، وكلاً من جبل النور (642م) والمعابدة (480م) وذاخر (462م) بالجهة الشمالية الغربية للحوض، ومن الجهة الشرقية مرتفعات جبال خندمة (600م) وثور (760م)، حيث يأخذ المجرى المائي شكل القوس ليصرف أودية الغسالة والخنساء والمعابدة مروراً بالحرم المكي الشريف ليصل إلى المسفلة والنكاسة حتى يلتقى بالحوض الرئيسي لوادي عرنة جنوباً. ويضم البلديات المركزية لمدينة مكة المكرمة (الشرائع، المشاعر المقدسة، المعابدة، المسفلة، العتيبية، العزيزية، الشوقية وجنوب مكة) (شكل 2).



شكل رقم 1: خريطة توضح النطاق المكاني لحوض وادي ابراهيم والمؤثر بصورة مباشرة على أحياء المنطقة المركزية لمدينة مكة المكرمة.



شكل رقم 2: خريطة توضح بلديات وأحياء المنطقة المركزية لمدينة مكة المكرمة الواقعة ضمن حدود الحوض المائي لوادي ابراهيم.

ويمكن إيجاز أهداف الدراسة كالتالي:

1. دراسة الملامح التي تتحكم في مظاهر السطح وحركة المياه السطحية بأحياء المنطقة المركزية لمدينة مكة المكرمة.
2. تحديد الأغطية الأرضية وقيم المجموعات الهيدرولوجية للتربة بأحياء المنطقة المركزية لمدينة مكة المكرمة.

3. التحليل الإحصائي لسجلات البيانات المطرية التاريخية للمحطات المؤثرة على مدينة مكة المكرمة بهدف تقدير كميات الأمطار المتوقعة خلال فترات الرجوع المختلفة.
4. إجراء النمذجة الهيدرولوجية والتنبؤ بكميات تصريف المياه السطحية المتوقعة وأزمنة تدفقها.
5. محاكاة حركة المياه السطحية بأحياء المنطقة المركزية لمدينة مكة المكرمة وتحديد عمق وسرعة تدفق الجريان السطحي لمياه الأمطار، ومحاكاة نمط وحركة انتشاره بالمناطق الواقعة ضمن الكتلة العمرانية.
6. تحديد مواقع النقاط الحرجة وتقييم وسائل الحماية المتبعة لمواجهة مخاطر السيول المحتملة بأحياء المنطقة المركزية لمدينة مكة المكرمة.

2. منهجية وطرق الدراسة:

إعتمدت الدراسة على منهج التحليل المكاني بإستخدام تطبيقات الذكاء الجيومكاني القائم على تقنيتي الإستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية وتطبيقات النمذجة الهيدرولوجية والهيدروليكية، وذلك بغرض التعرف على الخصائص السطحية والهيدرولوجية وتحليل العلاقة بين المتغيرات المختلفة وتحديد المؤثرات التي تساهم بصورة مباشرة في تشكيل الجريان السطحي بالمنطقة، تمهيداً لإجراء القياسات وتطبيق المعادلات لتقدير السيول ونمذجتها بمحيط منطقة الدراسة. وقد استلزم ذلك بناء قاعدة بيانات تفصيلية لشبكة المجاري المائية بالحوض التصريفي وأغطية واستعمالات الأراضي والمجموعات الهيدرولوجية للتربة فضلاً عن مواقع وبيانات المحطات المطرية المؤثرة على المنطقة والعديد من المعلومات الوصفية القادرة على فهم المؤثرات التي تتحكم في خصائص المظاهر السطحية واستنباط حلول تقنية كأحد المتطلبات الرئيسية للتخطيط المستدام في أي منطقة. لذا فقد اعتمدت الدراسة الحالية على العديد من البيانات المكانية الخاصة بمنطقة البحث، والتي تم جمعها ومعالجتها وتحليلها داخل بيئة نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد تمهيداً لإجراء عمليات النمذجة الهيدرولوجية والهيدروليكية عليها، ونمذجة حجم وسرعة تدفق الجريان السطحي للسيول ومحاكاة حركة انتشارها بالمناطق الواقعة ضمن الكتلة العمرانية، وتحديد المواقع الحرجة وتصنيفها تبعاً لدرجة خطورتها بحوض وادي ابراهيم. ويوضح (شكل 3) المنهجية المتبعة بالدراسة لمراحل عمليات المحاكاة الهيدرولوجية والهيدروليكية وتقدير حجم الجريان السطحي ومعدلات التصريف القصوى وتقدير زمن الوصول لأقصى تدفق محتمل للسيول بالمنطقة.

شكل رقم 3: الخطوات التفصيلية للمنهجية المتبعة بالدراسة.

3. النتائج والمناقشة

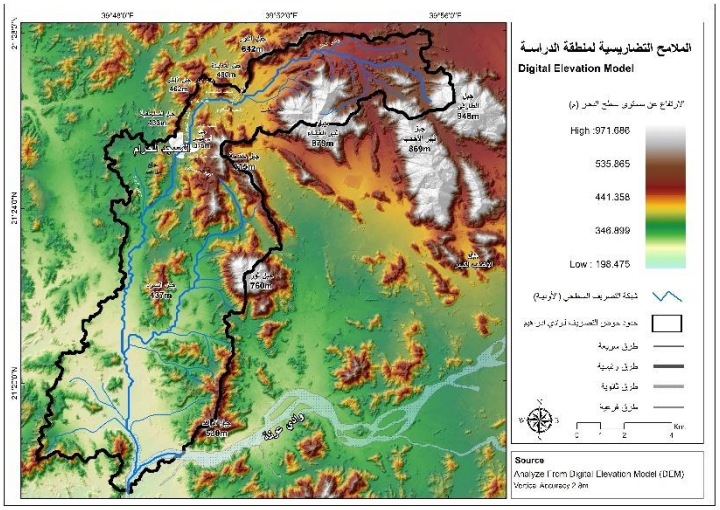
1.3. الملامح التضاريسية (Topographic Features): تتصف تضاريس المنطقة المركزية لمدينة مكة المكرمة بالتنوع بين المرتفعات الجبلية والهضاب والأراضي المنبسطة، حيث يتراوح ارتفاعها بين 198 – 972م تقريباً عن مستوى سطح البحر. وتتحكم الملامح التضاريسية بشكل مباشر في قدرة الأحواض المائية على تحويل مياه الأمطار إلى جريان سطحي وسيول غزيرة، كما تتباين الخصائص الهيدرولوجية وكميات التصريف السطحي من حوض لأخر بتباين الملامح التضاريسية. ويحيط بحوض وادي ابراهيم سلسلتين جبليتين الأولى في الشرق والثانية في الغرب وكل من هذه السلاسل له خصائصه وتأثيره على اتجاهات الجريان السطحي وتباين كميات تدفق مياه الأمطار بالمنطقة. حيث تظهر السلسلة الجبلية الشرقية على شكل كتلة جبلية ضخمة تتسم بارتفاعها وشدة انحدارها مقارنة بالسلسلة الغربية، وتضم كلاً من جبل الطارق (948م)، جبل ثبير الأحدب (869م)، جبل ثبير الغبناء (879م)، جبل خندمة (615م)، جبل ثور (760م) ثم جبل الراقد (530م) بأقصى الجنوب الشرقي للحوض قبل التقاءه مباشرة بمسار بوادي عرنة الرئيسي. وتنحدر السفوح الغربية والشمالية الغربية

والجنوبية الغربية لتلك السلسة نحو وادي إبراهيم لتصرف مياه الأمطار من أعالي تلك السفوح عبر مجموعة من الروافد (الشعاب)، منها: شعب المعيصم، شعب الغسالة، الفيصلية، الملاوي، أجياد السد، أجياد المصافي، شعب عامر وثنية كدى بالمسفلة.

شكل رقم 4: يوضح صور فوتوغرافية لسلاسل الجبال المحيطة بحوض وادي ابراهيم من الجهة الشمالية والشرقية والتي تنحدر سفوحها نحو الوادي لتصريف مياه الأمطار عبر الروافد والشعاب، (أ). شعب جبل الغسالة ويصرف مياهه شمال شرق الوادي بحي العدل، (ب). روافد جبل ثبير الغبناء وتصرف مياهها باتجاه طريق عثمان بن عفان وحي العدل، (ج). روفد جبل النور ويصرف مياهه بإتجاه الشرق نحو حي جبل النور، (د). روافد جبل ثور ويصرف مياهه باتجاه الطريق الدائري الثالث وطريق ذات النطاقين وحي بطحاء قريش شرق الوادي.

في حين تضم السلسة الجبلية الغربية كلاً من جبال النور (642م)، المعابدة (480م)، أذاخر (462م)، السليمانية (433م) وجبل السرد (437م) بأقصى جنوب الحوض. حيث تتخذ تلك الجبال شكل القوس بداية من جبل النور في الشمال الشرقي حتى الجزء الجنوبي من موقع جبل عمر غرب الحوض، كما تتميز أسطح هذه السلسلة الجبلية بتقطيعها بعدد من الثنيات والشعاب المنحدرة إلى وادي إبراهيم، منها: ثنية الخنساء التي تفصل بين جبل عيرة الشامية وبين جبل أذاخر، وثنية أذاخر التي تقطع سطح الجبل، وثنية الحجون التي تفصل جبل أذاخر عن جبل قيقعان، وثنية كداء التي تفصل بين موقعي كلاً من جبل قيقعان وجبل عمر والذي يستمر بإمتداد طولي لينتهي في جنوب مكة المكرمة. وتتسم جبال السلسلة الغربية بقلة ارتفاعها نسبياً مقارنة بالسلسة الشرقية.

وقد ساعد الانخاض النسبي لارتفاعات هذه السلسة الغربية وتقطعها بالشعاب على التوسع العمراني على امتداد سفوحها (شكل 4). ومن خلال تحليل الخريطة الطبوغرافية وبيانات نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) لمنطقة الدراسة، أمكن تصنيف تضاريس المنطقة إلى ثلاثة فئات رئيسية: فئة المناطق الجبلية التي يتجاوز ارتفاعها عن 600م فوق مستوى سطح البحر، وتشغل الأجزاء الشرقية والشمالية الشرقية من المنطقة، بمساحة تبلغ 2.64 كم^2 تقريباً أي بنسبة 2.3% من مساحة الحوض، وفئة المناطق التي يتراوح ارتفاعها بين 400 – 600م وتشغل الأجزاء الشمالية والأجزاء الغربية من المنطقة بمساحة تبلغ 19.73كم^2 بنسبة 17.14%، في حين تضم الفئة الثالثة المناطق التي يقل ارتفاعها عن 400م وتشغل الأجزاء الوسطى والأجزاء الجنوبية بمساحة تبلغ 92.75كم^2 بنسبة 80.46% من إجمالي مساحة الحوض (شكل 5.)



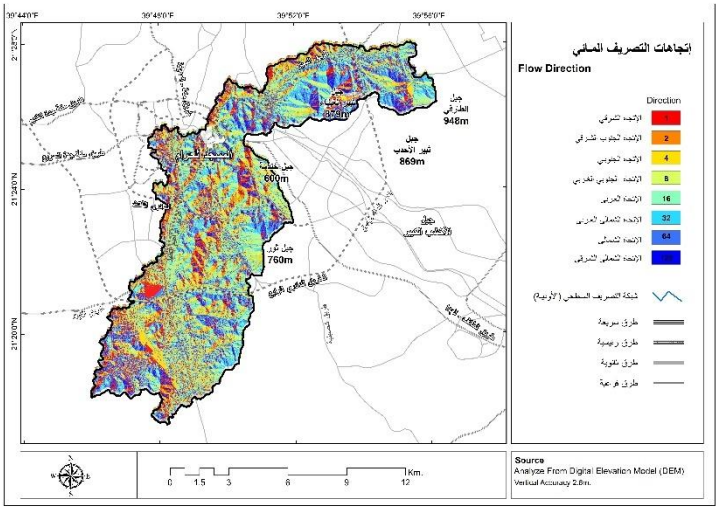
شكل رقم 5: الملامح التضاريسية بمحيط منطقة الدراسة وشبكة الروافد الفرعية بحوض وادي ابراهيم.

.2.3مستويات الانحدار:

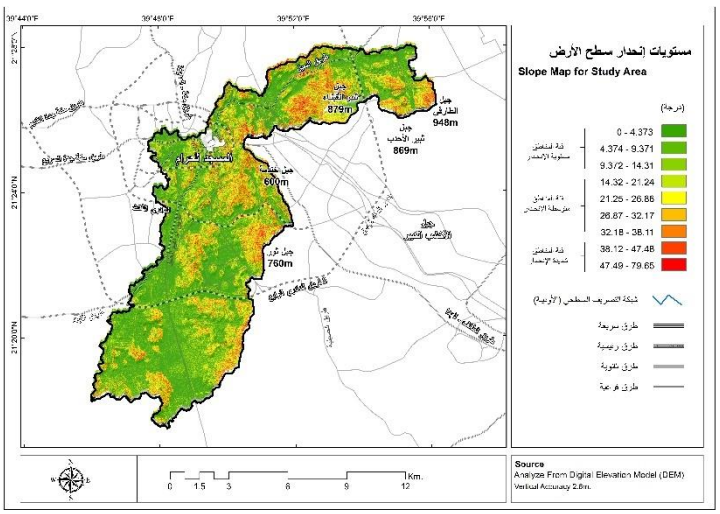
أمكن الإعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي المستخدم في الدراسة للتعرف على معدل التغير في مناسيب سطح الأرض وتأثيرها على اتجاهات حركة تصريف المياه السطحية ومساراتها. ويوضح شكل (6) اتجاهات التصريف السطحي السائد بمحيط حوض وادي إبراهيم، حيث يأتي الاتجاه الغربي في المرتبة الأولي وبنسبة تصل إلى 19.20% من إجمالي مساحة الحوض، ويرجع ذلك نتيجة لتضاريس الجانب الشمالي الشرقي والشرقي مما تسبب في انحدار سطح الأرض وتوجيه أغلب الروافد العليا لحوض وادي ابراهيم نحو الجهة الغربية والجنوبية الغربية من منطقة الدراسة.

ويأتي في المرتبة الثانية الاتجاه الجنوبي بنسبة تصل إلى 14.66%من إجمالي مساحة الحوض، وتسود بشكل عام في الأجزاء الشمالية والأجزاء الجنوبية من الحوض، ويأتي في المرتبة الثالثة الاتجاهات الشمالية والاتجاهات الشرقية بنسب تتراوح ما بين 12.80% للاتجاه الشمالي و 12.26% للاتجاه الشرقي من إجمالي مساحة الحوض، ويأتي في المرتبة الرابعة كلاً من الاتجاه الجنوبي الغربي بنسبة تصل إلى 11.97% والاتجاه الشمالي الغربي بنسبة تصل إلى 11.88% من إجمالي مساحة الحوض، ثم يأتي في المرتبة الخامسة الاتجاهات الشمالية الشرقية بنسبة 6.68% والاتجاهات الجنوبية الشرقية بنسبة تصل إلى 8.51% من إجمالي مساحة الحوض المائي لودي إبراهيم.

كما أمكن استنباط خريطة مستويات الانحدار السائدة بمنطقة الدراسة، وتصنيفها إلى ثلاث فئات رئيسية (شكل 7)، هم كالتالي: أولاً: فئة المناطق شديدة الانحدار: والتي تتجاوز درجات انحدارها 40° وتتمركز في الأجزاء الشمالية والشمالية الشرقية والشرقية بمساحة 3.87كم^2، بنسبة 3.36 % من إجمالي مساحة الحوض، ثانياً: فئة المناطق متوسطة الانحدار: والتي تتراوح درجات الانحدار بها بين 14 - 39° وتشغل الأجزاء الشمالية الغربية والتلال الموجودة بالأجزاء الغربية إضافة إلى الأجزاء الجنوبية الشرقية بمساحات تبلغ 37.66كم^2 بنسبة 32.71% من مساحة الحوض، ثالثاً: فئة المناطق مستوية الانحدار: تشغل مناطق السهول التحاتية خفيفة التموج بالأجزاء الغربية ووسط وجنوب منطقة الدراسة، حيث تقل بها درجات الانحدار عن 14° بمساحة تبلغ 73.58كم^2 بنسبة 63.91% من إجمالي مساحة الحوض.



شكل رقم 6: الاتجاهات السائدة للتصريف السطحي لمياه الأمطار بمحيط حوض وادي إبراهيم.



شكل رقم 7: مستويات انحدار سطح الأرض بمحيط حوض وادي إبراهيم.

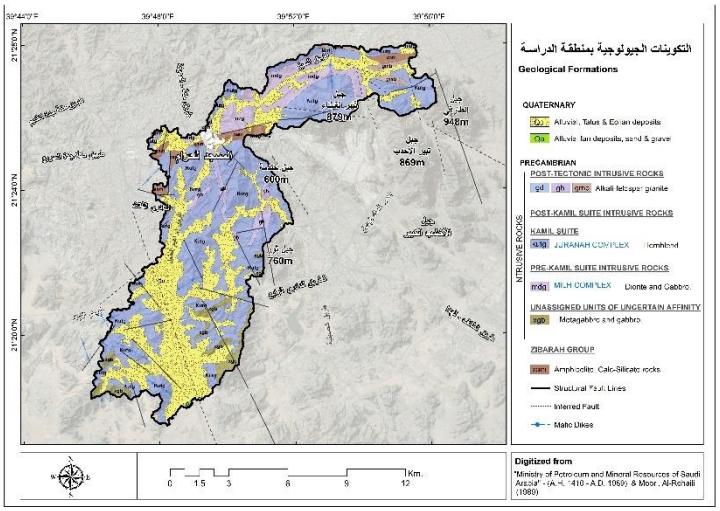
3.3. الخصائص الجيولوجية:

أمكن الاعتماد على الخريطة الجيولوجية الخاصة بهيئة المساحة الجيولوجية السعودية عام 1989 بمقياس رسم 250000:1 ، إضافة إلى العديد من المراجع والخرائط التفصيلية للوحدات الصخرية لجبال مكة المكرمة مثل دراسة (Sahl, 1987; Moor & Al-Rehaili, 1989) للتعرف على تصنيف الوحدات الصخرية والتراكيب الجيولوجية بمحيط منطقة الدراسة، والتي أظهرت تميز المنطقة بوحدتين رئيسيتين هما من الأقدم للأحدث، وحدة صخور ماقبل الكامبري ووحدة رواسب الزمن الرابع الفتاتية (شكل 8)، ويمكن إستعراضهما كما يلي:

3-3-1. وحدة صخور ما قبل الكامبري (Precambrian Rock Units): تظهر بصورة رئيسية على هيئة كتل جبلية تشكل الهيكل العام لتضاريس المنطقة، حيث يصل مجموع ما تشكله من مساحة حوض وادي إبراهيم حوالي 72.61كم^2 أي مانسبته 63.10%من مساحة الحوض، وهو مايعكس الدور الذي تلعبه تلك الصخور الغير المنفذة عقب تساقط الأمطار وحدوث الجريان السطحي. وتصنف إلى نوعين رئيسيين، هما من الأقدم إلى الأحدث، كالتالي:

1. صخور ماقبل الكامبري الطباقية: تتكون في معظمها من صخور نارية وفتاتية متحولة من الشست والنيس والامفيبوليت في تتابعات من طيات متماثلة الميل من الكوارتز شيست والكوارتز-فلسبار شيست، بالإضافة إلى البيوتيت نيس (Smith, 1980)، كما يتخلل تلك الصخور العديد من قواطع الميتاجبرو بالإضافة إلى بعض القواطع الجرانيتية التي تداخلت معها بعد انتهاء الحركات التكتونية البنائية والتي كونت العديد من الصدوع والأسطح الإجهادية الأخرى بتلك الصخور (Moor & Al-Rehaili, 1989). وتمثل مجموعة زبارة (Zibarah Group) أحد الوحدات الصخرية المميزة لصخور ماقبل الكامبري الطباقية بحوض وادي إبراهيم، حيث تتواجد إلى الشرق من شارع الحج وشمال طريق السيل وإلى الشمال والشرق من المسجد الحرام وغرب الطريق الدائري الثالث لتظهر بلون داكن أسود أو رمادي غامق يميل للخضرة.

.2صخور ماقبل الكامبري الاندفاعية: تتكون من الصخور النارية الجوفية المتبلورة مثل (الكوارتزديوريت والتونالايت إلى جرانوديوريت، الجابرو والمونزوجرانيت وصخور قاعدية وحامضية)، وتسود منطقة الدراسة عدد من الوحدات الصخرية المميزة لتلك الصخور النارية الجوفية المتبلورة التابعة لوحدة صخور ما قبل الكامبري، من أهمها معقد ملح (Milh Complex) والذي يشغل مساحة تبلغ 8.10 كم^2 أي بنسبة 7.04% من مساحة الحوض، وينتشر بالبروزات الصخرية منخفضة الارتفاع بالشمال والشمال الغربي لحوض وادي إبراهيم على كلا جابني طريق السيل باتجاه الشرائع ليمتد على شكل قوس باتجاه الشمال الشرقي ماراً بشارع المعيصم. ويتكون معقد ملح بشكل عام من الوحدات الصخرية التالية، (وحدة الديوريت والجابرو) - (وحدة الديوريت والكوارتزديوريت)،(Moor & Al-Rehaili, 1989) ، وقد أظهرت المشاهدات الميدانية تعرض أسطح الوحدات الصخرية المميزة لمعقد ملح بعدد من المواقع وخاصة على امتداد طريق السيل باتجاه الشرائع للتجوية والتفكك لمكوناتها لتتخذ سحنة رسوبية تعتلي مرتفعات شديدة الانحدار وذات قابلية للانجراف بفعل مياه الأمطار محمله بالفتات مما يزيد من القوة التدميرية لمياه السيول على المناطق الواقعة أسفل تلك المنحدرات.



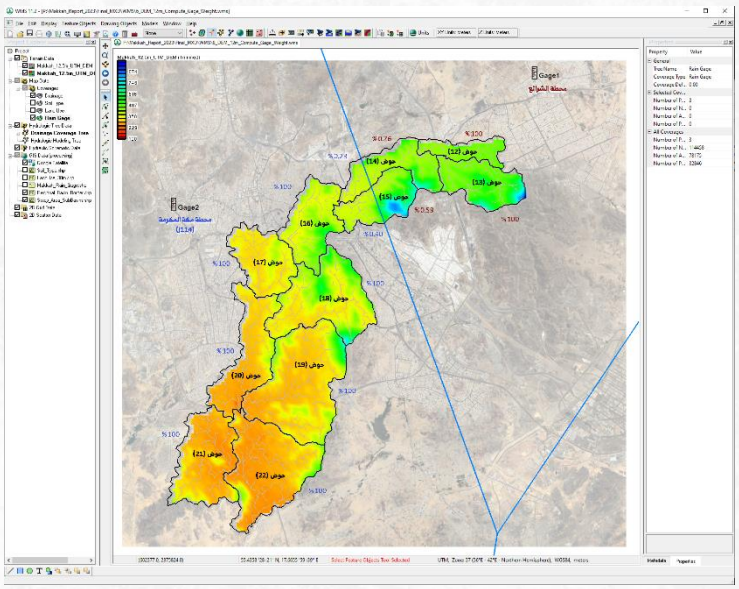
شكل رقم 8: التكوينات السطحية والتراكيب الجيولوجية بمنطقة الدراسة.

معقد جعرانة (Juranah Complex) يشغل مساحات واسعة بمحيط منطقة الدراسة، ليشكل قمم الجبال المرتفعة والأكثر صلابة بكل من جبل ثبير الأحدب وجبل ثبير الغبناء بأقصى الشمال والشمال الشرقي وجبل خندمة جهة الشرق وعلى أطراف جبل النور بالجهة الشمالية الغربية من الحوض، حيث تغطي صخوره مساحة تبلغ 52.66كم^2 بنسبة 45.75% من مساحة منطقة الدراسة، ويتكون أساساً من البيوتايت تونالايت - التونالايت جرانوديوريت - البايوتيت هورنبلند تونالايت .(Sahl, 1987) وقد أظهرت المشاهدة الميدانية تعرض الوحدات الصخرية التابعة لمعقد جعرانة تشوهاً واضحاً بالرغم من صلابتها إما بفعل التصدع أو اختراق أجزاء منها بعدد من المواقع بانبثاقات الصخور الباطنية (Dikes & Sills) سواء الفلسية أو المافية والمتباينة في اتجاهاتها وأطوالها من منطقة لأخرى، إضافة إلى تأثرها بعوامل التجوية بعدد من المواقع لتظهر على شكل جلاميد متقشر .

2-3-3. وحدة رواسب الزمن الرابع الفتاتية (Quaternary Deposits Units): تنتشر تكوينات الزمن الجيولوجي الرابع (Quaternary) والممثلة بالمواد الفتاتية والرواسب الرملية والحصوية والتكوينات الهوائية على طول المجرى المائي لوادي إبراهيم وروافده من المنبع وحتى المصب، وأعلى منحدرات التلال المواجهة لهبوب الرياح السائدة والتي تغطي صخور الأساس التابعة لفترة ماقبل الكامبري، والتي تكونت بفعل تراكم نواتج التعرية وتأكل الجبال والتلال المحيطة بمنطقة الدراسة تحت تأثير الأمطار والسيول والرياح وإستقرارها في بطن الوادي. وتشكل مساحات رسوبيات الزمن الرابع حوالي 42.48كم^2 أي ما نسبته 36.9% من مساحة حوض وادي إبراهيم، إلا أن التغيرات الحضرية التي تشهدها مدينة مكة المكرمة وبصفة خاصة المنطقة المركزية على مدار السنوات الماضية أدت إلى تغطية مساحات كبيرة منها من خلال عمليات التنمية المستمرة بالمنطقة وهو ما انعكس على الخصائص الهيدرولوجية وحجم الجريان السطحي وتُعزز بشكل كبير من أحجام ومخاطر السيول.

4.3. تحليل كميات الأمطار لفترات رجوع مختلفة:

عمدت الدراسة إلى إجراء التحليل الإحصائي لسجلات البيانات المطرية التاريخية للمحطات المطرية المؤثرة بصورة مباشرة على الحوض المائي لوادي إبراهيم والمنطقة المركزية لمكة المكرمة، بغرض تقدير عمق الأمطار وشدة التساقط المطري المتوقع خلال الفترات التكرارية المحتملة للعواصف التصميمية (5، 10، 20، 25، 50، 100) سنة لاستخدامهم في عمليات النمذجة الهيدرولوجية وحساب منحنيات الهيدروجراف. كما أمكن تطبيق طريقة مضلعات ثايسن Thiessen Polygons Method لتحديد المحطات المطرية المؤثرة على المنطقة، والتي تقوم على مبدأ ربط مدى تأثير كل محطة مطرية مع مساحة أرض حوض التجميع التي تؤثر عليه (خطاب وآخرون،2021)، وذلك من خلال تقسيم منطقة الحوض إلى شبكة من المضلعات كل منها يقع تحت التأثير المباشر لمحطة رصد مطرية واحده وإعطاء وزن لكل محطة يتناسب مع المساحة التي تمثلها (شكل 9). وقد أظهرت النتائج تأثر الحوض المائي لوادي إبراهيم والمنطقة المركزية لمدينة مكة المكرمة بمحطتين مطريتين ذات أوزان نسبية متباينة تبعاً لدرجة تأثير كل منهما على الحوض، هم: محطة مكة المكرمة (J114) بالجهة الغربية لمنطقة الدراسة ومحطة الشرائع بالجهة الشمالية الشرقية لمنطقة الدراسة ويغطوا فترات تتراوح بين 29 سنة و48 سنة على التوالي، (شكل 9) (جدول 1). وتوضح الجداول (2) و(3) بيانات المحطات المطرية المؤثرة على منطقة الدراسة ومنحنيات تساقط أقصى كمية مطر يومي.

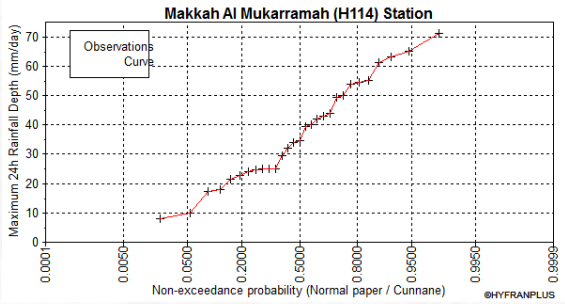


شكل رقم 9: تطبيق نموذج مضلعات ثايسن لمواقع المحطات المطرية المؤثرة على الحوض المائي لوادي إبراهيم والمنطقة المركزية لمدينة مكة المكرمة ونسبة تأثيرها على الأحواض الفرعية.

جدول رقم 1: يوضح بيانات المحطات المطرية المؤثرة على منطقة الدراسة.

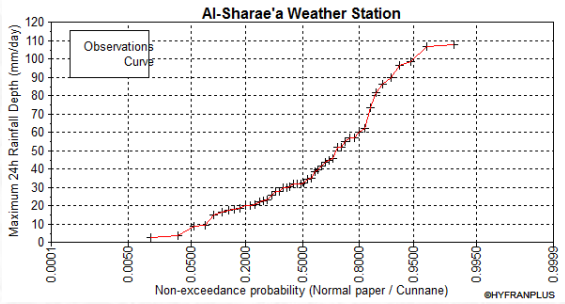
اسم المحطة	عدد القراءات	خط الطول	خط العرض	المصدر
محطة مكة المكرمة (J114)	29	39°46'0"E	21°26'0"N	الهيئة العامة للأرصاد وحماية البيئة
محطة الشرائع	48	39°56'25"E	21°29'42"N	وزارة البيئة والمياه والزراعة

جدول2: يوضح منحنى تساقط أقصى كمية مطر يومي على محطة مكة المكرمة خلال الفترة من العام 1985 إلى 2013م وملخص بيانات المحطة.



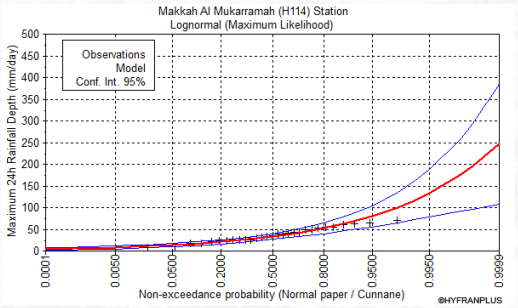
عدد السنوات	Number of data (n)	29
الحد الأدنى	Minimum	8.00
الحدالأقصى	Maximum	71.1
الحد المتوسط	Average	37.3
الإنحراف المعياري	Standard deviation	17.1
متوسط	Median	34.6
معامل الإختلاف	Coefficient of variation (Cv)	0.45
معامل الانحراف	Skewness coefficient (Cs)	0.23
معامل التفرطح	Kurtosis coefficient (Ck)	1.94

جدول3: يوضح منحنى تساقط أقصى كمية مطر يومي على محطة الشرائع خلال الفترة من العام 1964 إلى 2018م وملخص بيانات المحطة.

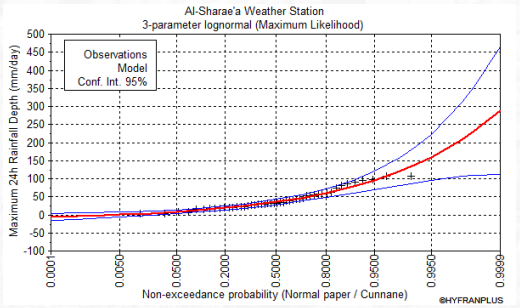


عدد السنوات	Number of data (n)	48
الحد الأدنى	Minimum	2.5
الحدالأقصى	Maximum	108
الحد المتوسط	Average	41.5
الإنحراف المعياري	Standard deviation	27.5
متوسط	Median	32.2
معامل الإختلاف	Coefficient of variation (Cv)	0.66
معامل الانحراف	Skewness coefficient (Cs)	0.97
معامل التفرطح	Kurtosis coefficient (Ck)	2.91

وحيث أن التساقطات المطرية المتطرفة تكون أكثر فعالية عند تقدير حجم الجريان السطحي إذا ما قورنت بمعدلات الأمطار السنوية لمحطات الرصد، فغالباً ما تجاوزت كمية الأمطار المتساقطة من إحدى العواصف المطرية على منطقة ما مجموع الأمطار المتساقطة على نفس المنطقة خلال العام. فعلى سبيل المثال فإن العاصفة المطرية التي تعرضت لها المنطقة المركزية لمدينة مكة المكرمة يوم الأربعاء الموافق 22يناير لعام 1969م والتي سجلتها محطة أم الجود بلغت قوتها 107.5ملم في الدقائق العشرة الأولى منها لتصل إلى 240ملم بعد إنقضاء الثلاث ساعات الأولى فقط، على الرغم من أن كمية الأمطار السنوية المسجلة والتى سقطت على تلك المحطة خلال العام بأكمله بلغ إجمالها 318ملم، وقد نتج عن تلك العاصفة القوية حجم جريان سطحي بلغ أكثر من 41 مليون م^3 مما أدى إلى إحداث خسائر بشرية واقتصادية بالغة (مرزا وأخرون، 2005). ونظراً للموقع الجغرافي لمكة المكرمة ووجودها ضمن المناطق الجافة والقاحلة بمنطقة الدرع العربي والتي تتميّز بعدم انتظام سقوط الأمطار بها إضافة إلى التباين المكاني للعواصف الممطرة من حيث الشدّة ومجموع التساقط الكلي، لذا عمدت الدراسة إلى إجراء التحليل التكراري الدقيق لبيانات الأمطار اليومية القصوى والتي تمثل أعلى كميات للأمطار التاريخية التي هطلت بمحيط الحوض خلال يوم واحد والمسجلة خلال الفترة بين عامي (1985 - 2013) بمحطة مكة المكرمة وبين عامي (1964 - 2018) بمحطة الشرائع، بغرض الحصول على قيم عمق الأمطار المتوقع (كميات الأمطار اليومية القصوى المحتملة) خلال الأزمنة التكرارية (5، 10، 20، 25، 50، 100) سنة وذلك باستخدام برنامج التحليل الإحصائي .HYFRAN (Hyfran, 1988) وقد تم التوصل إلى ان نماذج التوزيعات الاحتمالية لكلاً من طريقةExponential) ، وطريقةLognormal (Lognormal–3 parameter هي الطرق الأمثل والأنسب لتقارب بياناتها بمنحنيات العواصف المطيرة التى تأثرت بها محطات منطقة الدراسة خلال الفترات السابقة (شكل 10 و11). ويوضح (جدول 4) كميات الأمطار اليومية القصوى المتوقع تكرارها لفترات رجوع من 2 إلى 100 سنة من خلال تطبيق نماذج التوزيعات الاحتمالية للطرق المختلفة للمحطات المطرية.



شكل رقم 10: منحنى التوزيع الاحتمالي لبيانات محطة مكة المكرمة (J114) باستخدام نموذج Lognormal لتقدير عمق الأمطار المتوقع للعواصف التصميمية التكرارية



شكل رقم 11: منحنى التوزيع الاحتمالي لبيانات محطة الشرائع باستخدام نموذج Lognormal 3- Parameter لتقدير عمق الأمطار المتوقع للعواصف التصميمية التكرارية

جدول 4: يوضح القيم الخاصة بكميات الأمطار اليومية القصوى المحتملة (XT) للمحطات المطرية المؤثرة على منطقة الدراسة للازمنة التكرارية.

المحطات المؤثرة	كميات الأمطار اليومية القصوى المحتملة خلال الأزمنة التكرارية المختلفة (X_T)					
	5	10	20	25	50	100
محطة مكة المكرمة (J114)	52.0	66.0	80.4	85.1	100	116
محطة الشرائع	60.3	78.0	95.8	102	120	139

وقد أمكن حساب شدة هطول الأمطار من خلال قسمة القيم الخاصة بكميات الأمطار اليومية القصوى على أساس فترات العودة المحتملة للأزمنة التكرارية على مدار 24 ساعة، وفقاً للمعادلة التالية:(Ramaseshan, 1996)

حيث: $$I = \frac{X_T}{(D_i/60)} \quad \text{..... (1)}$$

I= شدة التساقط المطري (ملم/ساعة). X_T= كمية الأمطار اليومية القصوى للعواصف المطرية التصميمية.

D_i = المدة الزمنية التي يحتسب عندها شدة التساقط المطري (دقيقة).

حيث أمكن تقدير القيم الخاصة بأقصى عمق لتساقط الأمطار المتوقع (Rainfall Depth) بعد إحتساب شدة التساقط المطري للعواصف التصميمية للأزمنة التكرارية (5، 10، 20، 25، 50، 100) سنة خلال مدة 24 ساعة، وذلك من خلال المعادلة التالية:

حيث: $$D = (I*T)/60 \quad \text{..... (2)}$$

D= أقصى عمق للتساقط المطري (ملم). I= شدة التساقط المطري (ملم/ساعة) T= المدة الزمنية (دقيقة).

ويوضح (جدول 5) و (جدول 6) نتائج القيم الخاصة بعمق هطول الأمطار للعواصف التصميمية للأزمنة التكرارية (5، 10، 20، 25، 50، 100) سنة والتي تتراوح مدتها الزمنية بين 24 ساعة 12 و 6 و 3 و 2 و 1 ساعة و 30 و 20 و 10 دقيقة بالمحطات المطرية المؤثرة على منطقة الدراسة.

جدول رقم 5: يوضح عمق الأمطار للعواصف التصميمة للأزمنة التكرارية والتي تتراوح مدتها الزمنية بين 24 ساعة 12 و 6 و 3 و 2 و 1 ساعة و 30 و 20 و 10 دقيقة بمحطة مكة المكرمة.

فترات التكرار	المدة (دقيقة)								
	10	20	30	60	120	180	360	720	1440
100	26.45	36.89	45.36	57.52	74.72	82.77	99.18	115.92	132.24
50	22.80	31.81	39.10	49.59	64.42	71.37	85.50	99.96	114.00
25	19.40	27.07	33.28	42.20	54.82	60.72	72.78	85.08	96.96
20	18.33	25.57	31.44	39.87	51.78	57.39	68.76	80.40	91.68
10	15.05	20.99	25.81	32.73	42.52	47.10	56.46	66.00	75.36
5	11.86	16.54	20.34	25.79	33.50	37.11	44.46	51.96	59.28

جدول رقم 6: يوضح عمق الأمطار للعواصف التصميمة للأزمنة التكرارية والتي تتراوح مدتها الزمنية بين 24 ساعة 12 و 6 و 3 و 2 و 1 ساعة و 30 و 20 و 10 دقيقة بمحطة الشرائع.

فترات التكرار	المدة (دقيقة)								
	10	20	30	60	120	180	360	720	1440
100	31.69	44.21	54.35	68.93	89.52	99.21	118.86	138.96	158.40
50	27.36	38.17	46.92	59.51	77.30	85.65	102.60	120.00	136.80
25	23.26	32.44	39.89	50.58	65.70	72.78	87.24	102.00	116.40
20	21.84	30.47	37.46	47.51	61.70	68.37	81.90	95.76	109.20
10	17.78	24.81	30.50	38.68	50.24	55.65	66.72	78.00	89.04
5	13.75	19.18	23.58	29.90	38.84	43.02	51.54	60.24	68.64

5.3. النمذجة الهيدرولوجية لتقدير حجم الجريان السطحي (م^3) و أقصى معدل تصريف (م^3/ثانية) وزمن التدفق (دقيقة) للعواصف التصميمية باستخدام نموذج (HEC-1):

أمكن الاعتماد على النموذج الهيدرولوجي (HEC-1) داخل بيئة برنامج نظام نمذجة الأحواض المائية (Watershed Modelling System - WMS) أحد البرامج الهيدرولوجية المتطورة في محاكاة النظم الهيدرولوجية ابتداءً من هطول الأمطار وحتى تدفقها عبر المجاري المائية والتابع لجامعة (Brigham Young) الأمريكية لاستنتاج منحنيات هيدروجراف السيول لأحواض التصريف المؤثرة على منطقة الدراسة، وذلك اعتماداً على طريقة مصلحة صيانة التربة الأمريكية (Soil Conservation Services Method-SCS-CN) أحد أكثر الطرق شيوعاً واستخداما في تقدير كميات المياه المفقودة بالتسرب لباطن الأرض وتقدير حجم الجريان السطحي الناتج عن العواصف المطرية المؤثرة على الأحواض المائية وخاصة التي لا تتوفر بها محطات هيدرومترية على غرار أحواض التصريف المؤثرة على مكة المكرمة، حيث تتعامل هذه الطريقة مع العديد من المتغيرات يستلزم الحصول على بياناتها، والتي تتضمن كل من المجموعات الهيدرولوجية للتربة وحالة استعمالات الأراضي ونوعية وأغطية الأرض والحالة المسبقة لرطوبة التربة (العكام، 2014.)

حيث تعتمد هذه الفرضية على أن تولد الجريان السطحي لا يعتمد فقط على كمية الأمطار المتساقطة من العاصفة المطرية بمقدار ما يرتبط بنوع استعمالات الأراضي (LU/LC) والتي تختلف عن بعضها من حيث الفاقد بالتبخر والتسرب والتخزين والاستجابة للجريان، إضافة إلى نوعية التربة (HSG) والتي تعبر عن مدى إمكانيتها في الاحتفاظ بالماء وتفاعلها مع الأمطار الناتجة عن تلك العواصف المطرية بأحواض التصريف (درويش، 2017)، فضلاً عن حالة الرطوبة المسبقة للتربة (AMC) والتي لها دور مباشر في تحديد خصائص الجريان السطحي لاسيما فيما يختص بسرعة نشأة أو تأخر تولد الجريان .(Mishra and Vijay, 2004) وقد طور هذا النموذج من قبل الهيئة الأمريكية للحفاظ على الموارد الطبيعية (NECS) والمعروفة سابقاً باسم إدارة الحفاظ على التربة (Soil Conservation Services-SCS) والتابع لإدارة الزراعة بالولايات المتحدة الأمريكية عام 1970م(Chow, et al., 1988)، وفيما يلي الصيغ الرياضية المستخدمة في النموذج (USDA-TR55, 1986)، بهدف تقدير كميات المياه المفترض استيعابها ومعدلات تصريفها وزمن تدفقها بأحواض التصريف للعواصف التصميمية ذات التكرارية (5، 10، 20، 25، 50، و100 سنة) اعتمادا على بيانات أقصى عمق للتساقط المطري المحتمل والتي تم استنباطها من التحليل الإحصائي لسجلات البيانات التاريخية لكميات الأمطار اليومية القصوى المُسجلة بالمحطات المطرية المؤثرة على المنطقة:

حيث: $$Q = \frac{(P-I_a)^2}{(P-I_a)+S} \quad \text{..... (3) (Mishra and Vijay, 2004)}$$

Q = عمق الجريان السطحي (ملم). P= أقصى كمية يومية لتساقط الأمطار (ملم/يوم). S = معامل الاحتفاظ بالماء بعد بدء الجريان (ملم)

Ia = معامل الإستخلاص الأولي "كمية الفواقد الإبتدائية عن طريق التبخر والتسرب داخل التربة والأمطار العالقة على النباتات" قبل بدء الجريان السطحي (ملم).

وحيث أن معامل الإستخلاص الأولي (Ia) يعادل خمس إمكانية التربة على الإحتفاظ بالماء (S) فإن (Ia) تصبح كالأتي (Gitika, et al., 2014):

$$I_a = 0.2 \times S \quad \text{..... (4)}$$

ووفق ذلك تكون المعادلة:

$$Q = \frac{(P-0.2S)^2}{P+0.8S} \quad \text{..... ('3)}$$

أما حساب قيمة (S) فيكون على أساس العلاقة الرياضية التالية (Soulis and Valiantzas, 2012):

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \quad \text{..... (5)}$$

وبما أن مدخلات النموذج الذي جاءت به إدارة الحفاظ على التربة الأمريكية بالبوصة فقد تم إعادة صياغة المعادلة السابقة لتتوافق مع المقاييس المترية من خلال ضرب الأرقام الثابتة للمعادلة السابقة في 25.4 لتحويلها من البوصة إلى ملم، لتأخذ الشكل التالي (Mishra, et al., 2006):

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad \text{..... ('5)}$$

حيث يمثل CN رقم منحنى التربة Curve Number ويتم استخراجه من جداول خاصة طورتها إدارة صيانة التربة الأمريكية حسب نوعية الغطاء الأرضي والمجموعات الهيدرولوجية للتربة بالمنطقة (USDA-SCS, 1985) و (USDA-TR55, 1986).

ويتم إحتساب زمن التركيز(Tc) والذي يعبر عن المدة الزمنية اللازمة لتجمع مياه الأمطار المتساقطة على سطح الحوض من وقت سقوط المطر على أبعد نقطة بالحوض وحتى خروجه على هيئة سيل عند مخرج الحوض أو النقطة المطلوب حساب التدفق عندها من خلال تطبيق معادلة (Kirpich's) (Ponce and Hawkins, 1996):

$$T_c = 0.06628\left(\frac{60 * L^{0.77}}{S_B^{0.385}}\right) \quad \text{..... (6)}$$

حيث:

T_c= زمن التركيز (hr) L= طول المسار الحرج للمياه (ft) S_B= إنحدار سطح الحوض (m/m)

ويتم إحتساب زمن التأخير (T_{Lag}) والذي يعبر عن الزمن الذي ينقضي بين حدوث وحدة من المطر وحدوث وحدة من الجريان، باستخدام معادلة (SCS Method):

$$T_{lag} = L^{0.8} * ((((1000/CN) - 10) + 1)^{0.7}) / (1900 * \text{sqrt}(Y)) \quad \text{..... (7)}$$

حيث:

CN= رقم المنحنى L= طول المسار الحرج للمياه (ft) Y= إنحدار سطح الحوض (%)

ويتم حساب أقصى معدل للتصريف (م^3/ثانية) بأحواض التصريف وذلك للأزمنة التكرارية المختلفة بإستخدام المعادلة:

$$qp = 0.208AQ/(Tp) \quad \text{..... (8)}$$

حيث:

qp = أقصى معدل تصريف (م^3/ثانية) A= المساحة (كم^2) Tp = الزمن إلى التصريف الأعظم (م^3/ثانية) Q= مقدار الجريان السطحي (ملم)

كما يتم حساب زمن أقصى تصريف (دقيقة) بأحواض التصريف وذلك بإستخدام المعادلة:

$$Tp = \Delta t/2 + T_{lag} \quad \text{..... (9)}$$

حيث:

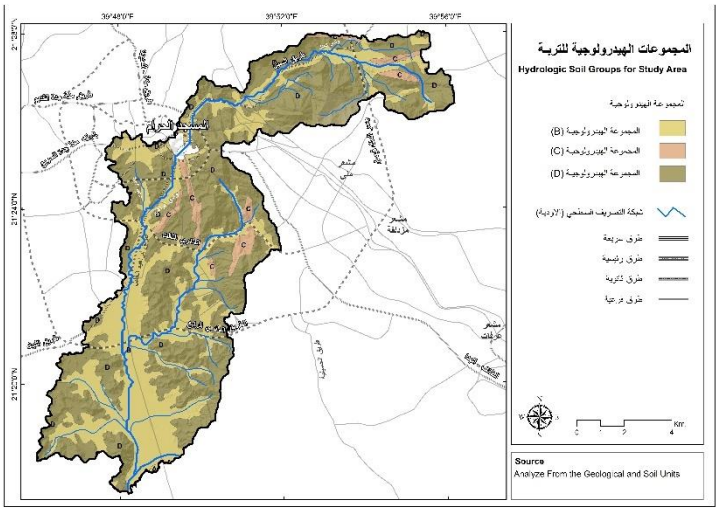
Tp= زمن أقصى تصريف (دقيقة) Δt = مدة العاصفة التصميمية T_{lag} = زمن التأخير (ساعة)

1.5.3. تحديد المجموعات الهيدرولوجية للتربة بمنطقة الدراسة (Hydrologic Soil Groups):

حددت مصلحة صيانة التربة الأمريكية SCS عام 1986م أربع فئات رئيسية للمجموعات الهيدرولوجية للتربة (HSG) وفقاً لمعدل سرعة انتقال الماء من خلالها ومدى قدرتها على تولد الجريان السطحي الذي يرتبط بنسيج التربة، حيث تتأثر معدلات التسرب على نحو واسع جداً بنفاذية التربة السطحية وتحت السطحية (USDA-TR55,1986). وقد أمكن إعداد خريطة المجموعات الهيدرولوجية للتربة بحوض وادي إبراهيم والمؤثر بصورة مباشرة على المنطقة المركزية لمكة المكرمة تمهيداً لاستنباط قيم الأرقام المنحنية وتقدير الجريان السطحي. وقد أوضحت النتائج سيادة كلاً من الفئاتB) ، C، (Dمن فئات المجموعات الهيدرولوجية للتربة بمحيط حوض وادي إبراهيم، حيث تمثل فئة المجموعة (D) الفئة السائدة وتأتي في المرتبة الأولى بمساحة بلغت 68.03 كم^2، بنسبة 59.10% من إجمالي مساحة الحوض، وتظهر ضمن صخور الأمفيبولايت والكوارتز والشست واندفاعات ما بعد الحركة التكتونية ومعقدي جعرانة وملح، والتي تتصف بمعدلات نفاذية ضعيفة جداً بما يسمح بنشوء معظم الجريان السطحي في المنطقة .

وتأتي فئة المجموعة الهيدرولوجية للتربة (B) في المرتبة الثانية والتي تتكون من نسيج خشن إلى متوسط الخشونة ذات اعماق متوسطة وتتسم بمعدلات نفاذية تتراوح ما بين المتوسطة والمرتفعة عندما تكون رطبة تماماً، وقدرة منخفضة نسبياً على تولد الجريان السطحي. وتقدر مساحتها بالمنطقة بنحو 42.41 كم^2، بنسبة 36.84% من إجمالي مساحة الحوض. وتتوزع بمناطق انتشار الرواسب المختلطة في

المناطق السـهلية بين المرتفعات الجبلية، في حين تأتي فئة المجموعة الهيدرولوجية (C) في المرتبة الثالثة بمسـاحة تقدر بنحو 4.66كم^2 وبنسبة 4.05% من إجمالي مساحة الحوض المائي (شكل 12).

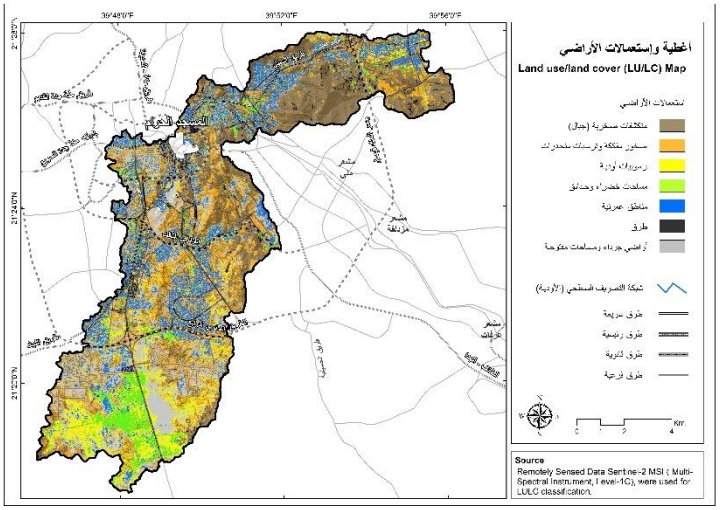


شكل رقم 12: المجموعات الهيدرولوجية للتربة بمحيط منطقة الدراسة.

2.5.3. تحديد أغطية وإستعمالات الأراضي بمنطقة الدراسة (Land Use / Land Cover):

أمكن الإعتماد على بيانات المرئية الفضـائية للقمر الصـناعي الأوربي (Sentinel-2)) ذات الدقة 10م والملتقطة بتاريخ 26 مايو 2023م بهدف الكشـف عن أغطية واسـتخدامات الأراضي بحوض وادي إبراهيم والمؤثر بصـورة مباشـرة على المنطقة المركزة لمكة المكرمة. وذلك من خلال زيادة حدة التباين الطيفي للفصـل بين الأنماط الطيفية للفئات السـطحية المختلفة بالمرئية وإجراء عملية التصـنيف الغير موجه (Unsupervised Classification) داخل حزمة برمجيات الاسـتشـعار عن بعد (ERDAS) لتصنيف الأنماط الطيفية المختلفة والتى تمثل إنعكاسية الغطاء الأرضي ضمن الحزم الطيفية للمرئية المستخدمة.(Jensen, 2007) (Sabins, 1997)

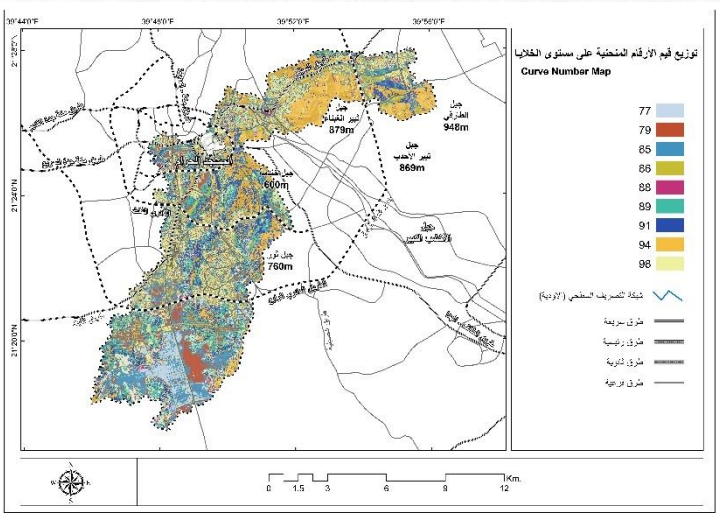
وقد أمكن تحديد الأنماط الطيفية للوحدات المكونة للمرئية الفضائية وتصنيف المتشابه منها إلى عدد من الوحدات تم دمجها في 7 فئات رئيسـية تعبر كل منها عن نوع من أنواع الغطاء الأرضي واسـتخدامات سـطح الأرض بمحيط حوض وادي إبراهيم (شـكل 13)، وهم كالأتي: المنكشـفات الصـخرية: وتأتي في المرتبة الأولى بمسـاحة 35.08 كم^2 بنسـبة 30.47% من مسـاحة الحوض، ثم الصـخور المفككة وترسـبات المنحدرات وتاتي في المرتبة الثانية بمسـاحة بلغت 22.78 كم^2 وبنسـبة 19.78% من مسـاحة الحوض، ثم مناطق الأراضـي الجرداء والمسـاحات المفتوحة في المرتبة الثالثة بمسـاحة بلغت 19.8كم^2 وبنسـبة 17.20% من مسـاحة الحوض، يليها المناطق العمرانية في المرتبة الرابعة بمسـاحة بلغت 14.09كم^2 بنسـبة 12.24% من مسـاحة الحوض وجاءت رسـوبيات الأودية في المرتبة الخامسـة بمسـاحة بلغت 11.42كم^2 وبنسبة 9.92% من مساحة الحوض، ثم شبكة الطرق والمواقف في المرتبة السادسة بمساحة بلغت 6.21كم^2 بنسبة 5.39% من مسـاحة الحوض، يليها المسـاحات الخضـراء والحدائق في المرتبة الاخيرة من حيث المسـاحة 5.73كم^2 بنسـبة 5% من إجمالي مسـاحة الحوض المائي. وتؤكد نتائج تصـنيف المرئية اتسـاع مسـاحة المناطق المصـمتة بحوض وادي ابراهيم والتي تتصـف بسـرعة الاسـتجابة للجريان كالمنشـآت العمرانية والطرق والصخور المصـمتة لتشـغل مسـاحة تُقدر بنحو 78.16كم^2 أي ما نسـبته حوالي 68% من إجمالي مسـاحة الحوض، وذلك بالمقارنة بمسـاحة المناطق التي تتصـف بتأخر الاسـتجابة للجريان كرسـوبيات الأودية والمسـاحات الخضـراء والتي تُقدر مساحتها بنحو 36.95كم^2 وبنسبة 32.12% من إجمالي مساحة الحوض المائي، مما يزيد من سرعة تولد الجريان السطحي بالمنطقة.



شكل 13: أغطية واستعمالات الأراضي بمحيط منطقة الدراسة.

3.5.3.استخلاص قيم الأرقام المنحنية للتربة بمنطقة الدراسة :(Curve Number - CN)

يتطلب حساب الجريان السطحي تحديد قيم الأرقام المنحنية التي تتراوح بين 0 - 100من جداول تم إعدادها من واقع آلاف القياسات للبيئات المختلفة على مستوى العالم اعتماداً على الرطوبة المسبقة والمجموعات الهيدرولوجية للتربة. حيث تعد قيم الأرقام المنحنية مؤشراً على مدى الاستجابة للجريان، فالقيم المرتفعة تدل على الأسطح شديدة الصماتة (غير منفذة) للمياه Impervious surfaces والأكثر قدرة على توليد الجريان، وتدل القيم المنخفضة على الأسطح غير المصمتة (المنفذة) للمياهPervious Surfaces ، حيث تنخفض مقدرتها على توليد الجريان. وقد أمكن تعريف طبقة أغطية واستعمالات الأراضي وطبقة المجموعات الهيدرولوجية داخل برنامج النمذجة الهيدرولوجية (WMS) ودمجهما لاستخلاص قيم الأرقام المنحنية(CN) على مستوى الخلايا بمحيط حوض وادي إبراهيم والمؤثر بصورة مباشرة على المنطقة المركزية لمدينة مكة المكرمة باستخدام الجداول الخاصة بمصلحة صيانة التربة الأمريكية ,SCS) (1983والتي تم إعدادها من واقع آلاف القياسات للبيئات المختلفة على مستوى العالم.

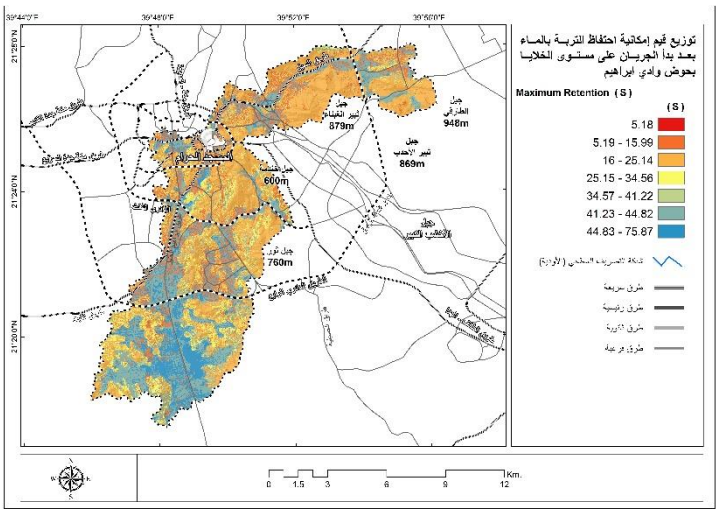


شكل 14: توزيع قيم الأرقام المنحنية على مستوى الخلايا بمحيط منطقة الدراسة.

ويوضح (شكل 14) (جدول 7) قيم الأرقام المنحنية التي تم استخلاصها بحوض وادي إبراهيم، والتي تراوحت قيمها ما بين (77) للمناطق الأكثر نفاذية لمياه الأمطار إلى (98) للمناطق الأقل نفاذية للمياه والأسرع توليداً للجريان السطحي، حيث بلغت أعداد قيم الأرقام المنحنية التي تعبر عن الإصمات في الحوض 4 قيم تعبر عن أغطية وسمات هيدرولوجية مختلفة، أما بالنسبة لتوزيع قيم الأرقام المنحنية بمحيط حوض وادي إبراهيم، فقد استحوذت القيم الأكثر استجابة لتوليد الجريان السطحي والممثلة في رقم المنحنى (94) على المرتبة الأولى من حيث المساحة 25.1كم^2 بنسبة 22.9% من إجمالي مساحة الحوض، يليها رقم المنحنى (98) في المرتبة الثانية بنحو 20.12كم^2 بنسبة 18.4% من إجمالي مساحة الحوض، ثم تأتي قيمة رقم المنحنى (91) في المرتبة الثالثة من حيث المساحة بنحو 17.16كم^2 بنسبة 15.7%، يليها رقم المنحنى (89) في المرتبة الرابعة بنحو 12.48كم^2 بنسبة 11.4% من إجمالي مساحة الحوض. لتصل قيم الأرقام المنحنية المرتفعة والتى تتجاوز القيمة 89 بحوض وادي إبراهيم حوالي 74.86كم^2 بنسبة 68.42% مما يعني أن أكثر من ثلثي مساحة الحوض تقريباً يعبر عن مساحات مصمتة لا تسمح بتسرب المياه إلى داخل التربة وتعتبر المسؤولة عن تولد وسرعة الجريان السطحي بأجزاء الحوض الكلي (الكناني وآخرون، 2020). أما باقي القيم التي تقل عن القيمة 89 والتي تتأثر بمعدل ترشح مرتفع لمياه الأمطار إلى داخل التربة، فقد شغلت أجزاء متباينة بحوض وادي إبراهيم بنحو 34.55كم^2 بنسبة 31.57% فقط من إجمالي مساحة الحوض، مما يعني قلة الفاقد بالتسرب نسبياً أثناء هطول الأمطار مما يعزز من مخاطر السيول بمحيط حوض وادي إبراهيم .

.4.5.3معامل احتفاظ التربة بالماء بعد بدء الجريان:(Maximum Retention - S)

تختلف الإمكانية القصوى للتربة للاحتفاظ بالمياه تبعا لنوعية التربة ومدى قدرتها على امتصاص كميات أكبر من المياه أثناء حدوث العاصفة المطرية، وبذلك ترتبط قيم هذا المعامل بنوعية التربة والغطاءات الأرضية بالمنطقة وهو ما ينعكس من خلال قيم الأرقام المنحنية (CN) حيث ترتفع إمكانية التربة على الاحتفاظ بالمياه كلما قلت قيم رقم المنحنى والعكس .(USDA,1986:1-2) ويُعتبر هذا المعامل أحد أهم مدخلات تقدير أحجام وأخطار السيول حسب طريقة مصلحة صيانة التربة الامريكية(SCS) ، حيث يصف التربة المشبعة بالماء تماما بعد بدء الجريان السطحي أي بعد توقف عملية التسرب. وقد أمكن حساب معامل احتفاظ التربة بالماء بمحيط الحوض والتي تراوحت بين (75.87) ملم للمناطق الأكثر قدرة على الاحتفاظ بالمياه على السطح وزيادة معدلات التسريب وبالتالي ضعف نشأة الجريان السطحي إلى (5.18) ملم بالمناطق الأقل قدرة على الاحتفاظ بالمياه على السطح وزيادة الإصمات وبالتالي زيادة قدرة التربة على توليد الجريان السطحي. وتدل قيم معامل الإمكانية القصوى للتربة على الاحتفاظ بالماء ومتوسط قيمة المعامل على مستوى الخلايا بحوض وادي ابراهيم (38.01) ملم على ابتعادها عن قيمة وسيط معامل الامكانية القصوى للتربة على الاحتفاظ بالماء والذي حددته مصلحة صيانة التربة (254) ملم، مما يعكس مدى ضعف الإمكانية القصوى للتربة على الاحتفاظ بالماء بعد بدء الجريان، وسرعة استجابة سطح الحوض للجريان مهما كانت كمية الأمطار الناتجة عن العاصفة المطرية .



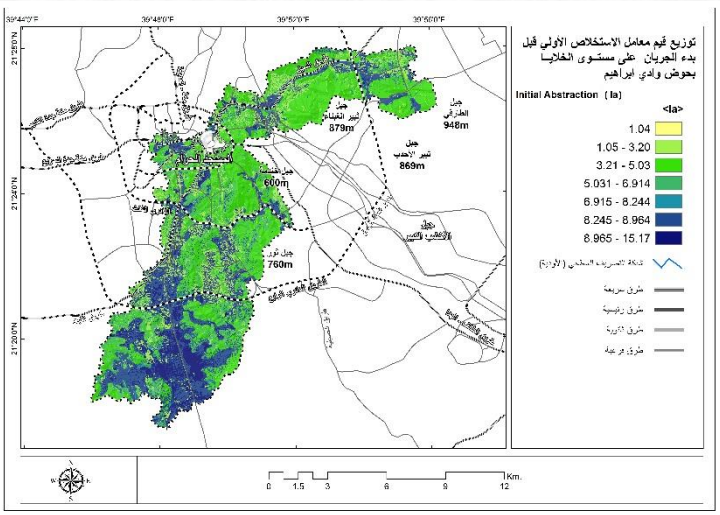
شكل 15: توزيع قيم الإمكانية القصوى للتربة على الاحتفاظ بالماء بعد بدأ الجريان على مستوى الخلايا.

ويوضح شكل (15) (جدول 7) تباين توزيع قيم إمكانية احتفاظ التربة القصوى بالماء على مستوى الخلايا بمحيط حوض وادي ابراهيم، حيث تبرز القيم المرتفعة والتي تعبر عن المناطق الأكثر قدرة على الاحتفاظ بالمياه على السطح وزيادة معدلات التسرب وبالتالي ضعف نشأة الجريان السطحي بالأجزاء الأكثر مسامية جنوب الحوض، كما تظهر القيم المنخفضة لإمكانية احتفاظ التربة القصوى بالمياه والتي تعبر عن المناطق الأقل قدرة على الاحتفاظ بالمياه في السطح وزيادة الصماتة وبالتالي زيادة قدرة التربة على توليد الجريان السطحي والتعرض لمخاطر السيول بالمناطق الشمالية والمناطق الوسطى من الحوض حيث المناطق العمرانية.

.5.5.3معامل الاستخلاص الأولي قبل بدء الجريان السطحي:(Initial Abstraction - Ia)

يعكس معامل الاستخلاص الأولي مقدار الفاقد من مياه الأمطار قبل بدء الجريان السطحي عن طريق التبخر أو التسرب داخل التربة وما تعترضه النباتات من مياه الأمطار أو المياه المتجمعة في المنخفضات السطحية، حيث يرتبط معامل الاستخلاص الأولي بشكل كلي بقيم معامل الإمكانية القصوى للتربة على الاحتفاظ بالماء وتمثل 5/1 قيمته حسب مصلحة صيانة التربة الأمريكية (النفيعي، 2012). وتحسب من خلال المعادلة رقم (4 .(Chow, 1988) (ويستدل من قيم معاملات الاستخلاص الأولي المنخفضة والتي تقترب قيمتها من الصفر على قلة الفاقد من مياه الأمطار قبل بدء الجريان السطحي مما يساعد على التسريع في عملية الجريان السطحي، بينما تصبح معاملات الاستخلاص الأولي مساوية لمعدل المياه الجارية على السطح إذا بلغت قيمة الوسيط لمعامل الاستخلاص الأولي 50.8ملم، أما إذا ما ارتفعت قيمة معامل الاستخلاص الأولي عن قيمة معامل الوسيط فإن ذلك يدل على فقدان كميات أعلى من الأمطار وبالتالي انخفاض في كميات المياه الجارية على السطح.(USDA-TR55, 1986)

وقد تراوحت قيم الفاقد المائي بحوض وادي ابراهيم بين (1.04) ملم لأقل فاقد أولي لمياه الأمطار إلى (15.17)ملم كأعلى فاقد أولي لمياه العواصف المطرية، كما بلغ متوسط المُعامل حوالي (7.6) ملم وبذلك تعد جميع القيم المحسوبة أقل من قيمة الوسيط لمعامل الاستخلاص الأولي والبالغ (50.8)ملم حسب مصلحة صيانة التربة الامريكية. ويتوافق توزيع الخلايا التي ترتفع فيها قيم المستخلصات الأولية مع انتشار أغطية الأرض الطبيعية بالأجزاء الجنوبية من الحوض، والعكس حيث تنخفض قيم معامل الاستخلاص الأولي بمناطق المنشآت العمرانية والطرق. وبالتالي يشير وضع الحوض عموماً إلى ضعف إمكانيته على استيعاب كمية كبيرة من مياه الأمطار فضلاً عن انخفاض نسبة الفواقد وسرعة تولد كميات المياه التي قد ينجم عنها أخطار السيول (شكل 16) (جدول 7.(



شكل 16: توزيع قيم معامل الاستخلاص الأولي قبل بدء الجريان على مستوى الخلايا بمحيط منطقة الدراسة.

جدول رقم 7: خصائص قيم الأرقام المنحنية على مستوى الخلايا بحوض وادي إبراهيم

م	رقم المنحنى	المساحة (كم^2)	النسبة (%)	معامل الاحتفاظ بالماء (S) ملم	معامل الاستخلاص الأولي (Ia) ملم
1	98	20.12	18.4	5.18	1.04
2	94	25.1	22.9	16.21	3.24

3	91	17.16	15.7	25.12	5.02
4	89	12.48	11.4	31.39	6.28
5	88	1.407	1.3	34.64	6.93
6	86	8.454	7.7	41.35	8.27
7	85	12.49	11.4	44.82	8.96
8	79	7.949	7.3	67.52	13.5
9	77	4.252	3.9	75.87	15.17
الاجمالي		115	%100	المتوسط 38.01	المتوسط 7.60

6.5.3. تقدير زمن التركيز بمنطقة الدراسة: (Time of Concentration-T_c)

يعرف زمن التركيز (Tc) بأنه المدة الزمنية من وقت سقوط المطر على أبعد نقطة بالحوض وحتى خروجه على هيئة سيل عند مخرج الحوض أو النقطة المطلوب حساب التدفق عندها، ويرتبط زمن التركيز بعدة متغيرات مكانية كانحدار سطح الأرض، وتعرج طول المجرى، وطول المجرى، وكثافة التصريف وغيرها، ويعد أحد المؤشرات الهامة في تحديد أماكن الخطر السيلي، فالأحواض ذات زمن التركيز القصير تمثل مناطق ذات خطورة مرتفعة وقادرة على تشكيل جريانات سطحية داخل الأحواض قد تصل إلى حد التدمير (Wheater., et al. 2002). وقد عمدت الدراسة إلى تقدير زمن التركيز عند مخارج أحواض التصريف الفرعية لحوض وادي ابراهيم بناء على الخصائص الهيدرولوجية لها، وذلك بغرض التعرف على الزمن الذي تستغرقه عملية تجميع مياه الأمطار المتساقطة بأعالي الحوض وصولاً إلى مخارج تلك الأحواض الفرعية وتحديد درجات الخطورة لها. وذلك اعتمادا على معادلة (Kirpich's) داخل بيئة برنامج نمذجة الأحواض المائية (WMS)، والتي تستخدم بشكل كبير وشائع في وديان المناطق القاحلة حيث تندر النباتات في أحواض التصريف (Wheater., et al. 2002)، كما تم استخدامها بالعديد من الدراسات الهيدرولوجية لحساب تصريفات الاودية بالمملكة العربية السعودية (AlSaleem, et al., 2018 ؛El-Hames, et al., 2012 ؛Hagras, et al., 2013 ؛Hadadin, et al., 2013). وتمثل هذه الطريقة أحد الطرق المستخدمة في الكود السعودي لوزارة النقل وضمن الادلة الهندسية لمعايير درء أخطار السيول بمدينة الرياض والهيئة السعودية للمدن الصناعية ومناطق التقنية (مدن) والهيئة العامة للمساحة الجيولوجية، ويتم احتسابها من خلال المعادلة رقم (6). ويوضح (جدول 7) تباين القيم الخاصة بزمن التركيز على مستوى الأحواض الفرعية، حيث تراوح الوقت الزمني اللازم لانتقال مياه الأمطار من أبعد نقطة على محيط الحوض المائي لوادي ابراهيم إلى مخارج الأحواض الفرعية ما بين 0.39 ساعة بالحوض الفرعي رقم 15 والذي يمثل أقصر زمن تركيز لانحدار سطح الحوض و2.25 ساعة بالحوض الفرعي رقم (B22) والذي يمثل أطول زمن تركيز.

7.5.3. تقدير زمن التأخير "الاستجابة" بمنطقة الدراسة: (Lag Time -T_{Lag})

يُعرف زمن التأخير بأنه الزمن الذي ينقضي بين حدوث وحدة من المطر وحدوث وحدة من الجريان، حيث يمثل الفترة الزمنية الفاصلة بين ذروة سقوط الأمطار وذروة التصريف (التدفق)، ويطلق عليه زمن الاستجابة أو زمن التباطؤ. وقد أمكن تقدير زمن التأخير للأحواض الفرعية بحوض وادي ابراهيم المائي باستخدام معادلة (SCS Method) أحد أشهر المعادلات لاستخراجها والتي تتناسب مع أودية المناطق الجافة، وذلك ضمن بيئة برنامج نمذجة الأحواض المائية، من خلال تطبيق المعادلة رقم (7). وتظهر نتائج تطبيق معادلة (SCS Method) بغرض تقدير زمن التأخير للأحواض الفرعية بالجدول (7)، حيث تراوح الوقت الزمني الذي تحتاجه الأحواض الفرعية حتى ينشأ جريان سطحي فعلي على مجاريها ما بين 0.43 ساعة بالحوض الفرعي رقم (B15) (يمثل أقصر فترة زمنية)، ثم 1.80 ساعة بالحوض الفرعي رقم (B22) (يمثل أطول فترة زمنية). زمنية).

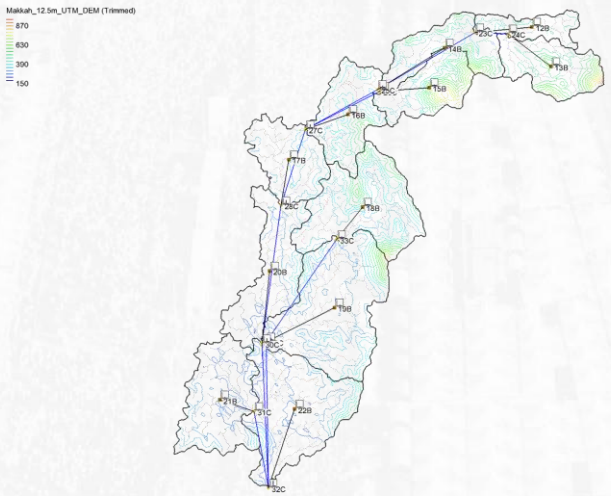
جدول رقم 8: قيم زمن التركيز والتأخير للفترة من بداية سقوط الأمطار على حوض وادي ابراهيم المائي وصولاً إلى ذروة الجريان السطحي عند مخارج الأحواض الفرعية.

م	الحوض الفرعي	رقم المنحنى CN	طول المسار الحرج للمياه L (ft)	انحدار سطح الحوض S_B (m/m)	انحدار سطح الحوض Y (%)	زمن التركيز T_c (hr)	زمن التأخير T_{Lag} (hr)
1	حوض (12)	85.348	20462.242	0.011	13.047	1.23	0.82
2	حوض (13)	88.628	20768.480	0.084	25.133	0.47	0.53
3	حوض (14)	90.239	30232.844	0.043	23.773	0.72	0.69
4	حوض (15)	90.750	20075.381	0.088	31.406	0.39	0.43

5	حوض (16)	89.885	21380.841	0.043	23.671	0.57	0.53
6	حوض (17)	86.247	18200.235	0.014	15.523	0.97	0.67
7	حوض (18)	89.176	21346.060	0.043	27.165	0.60	0.51
8	حوض (19)	79.508	30982.977	0.055	19.542	1.17	1.14
9	حوض (20)	83.233	30367.385	0.009	12.460	1.96	1.24
10	حوض (21)	76.760	20448.699	0.035	16.294	1.11	0.97
11	حوض (22)	71.181	35678.431	0.027	15.872	2.25	1.80

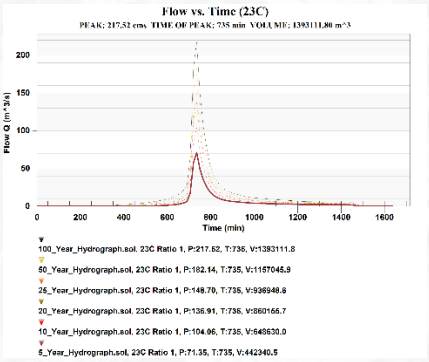
ويوضح شكل (17) مخارج أحواض التصريف الفرعية لحوض وادي إبراهيم والمؤثرة على حركة المياه السطحية بالمنطقة المركزية لمكة المكرمة، حيث أظهرت نتائج النمذجة الهيدرولوجية وتحليل هيدروجرافات الجريان السطحي لمياه العواصف التصميمية تباين أحجام السيول عند مخارج أحواض التصريف الفرعية للحوض المائي الرئيسي، حيث جاء الحوض الفرعي رقم (20B) في المرتبة الأولى بمتوسط حجم سيول بلغ 5.737.013.1م^3 لعاصفة ذات تكرارية 100 سنة تقل تلك المعدلات إلى حوالي 1.839.352.1م^3 لعاصفة تصميمية ذات تكرارية 5 سنوات، في حين اعتبر الحوض الفرعي رقم (21B) أقل أحواض التصريف المائية من حيث حجم السيول بنحو 830.242.8م^3 لعاصفة 100 سنة لتقل إلى 187.928.5م^3 لعاصفة 5 سنوات. كما بلغ إجمالي كميات السيول المتصرفة من مخرج حوض وادي ابراهيم الرئيسي عند النقطة (32C) لعاصفة ذات تكرارية 100 سنة حوالي 10.453.914.5م^3 لتقل تلك المعدلات إلى حوالي 3.051.481.5م^3 لعاصفة ذات تكرارية 5 سنوات (الأشكال من 18 حتى 29). كما أظهرت النتائج تباين القيم الخاصة بأقصى معدلات التصريف لمياه السيول عند مخارج أحواض التصريف الفرعية المؤثرة على منطقة الدراسة، حيث بلغت أقصى معدلات التصريف لعاصفة ذات تكرارية 100 سنة عند مخرج الحوض الفرعي رقم (20B) حوالي (811.59)متر^3/ثانية، مخرج الحوض الفرعي رقم (17B) (776.78)متر^3/ثانية، مخرج الحوض الفرعي رقم (16B) (683.22)متر^3/ثانية، مخرج الحوض الفرعي رقم (19B) (403.64)متر^3/ثانية، مخرج الحوض الفرعي رقم (14B) (366.79)متر^3/ثانية، مخرج الحوض الفرعي رقم (18B) (263.31)متر^3/ثانية، مخرج الحوض الفرعي رقم (12B) (217.52)متر^3/ثانية، مخرج الحوض الفرعي رقم (15B) (169.10)متر^3/ثانية، مخرج الحوض الفرعي رقم (21B) (106.06)متر^3/ثانية، مخرج الحوض الفرعي رقم (22B) (72.52)متر^3/ثانية على التوالي.

ويتضح مدي التقارب بين القيم الخاصة بأقصى معدلات التصريف لمياه السيول عند مخارج الأحواض الفرعية (16B، 17B، 20B) بالرغم من صغر مساحتهم مقارنة بالأحواض الفرعية الأخرى، مما يوضح مدى الخطورة الداهمة لتلك الأحواض المائية وقدرتها على تصريف تلك المعدلات المرتفعة من مياه السيول بالأحياء التالية (المعابدة –ربع زاخر –الجميزة –السليمانية –الروضة –رؤي الحرم – أجياد –جرول –التيسير –الزهراء –جرهم –الهنداوية –حي الخالدية –المسفلة –التقوى - الشوقية وحي العكيشية). كما بلغت محصلة أقصى معدلات التصريف للعواصف ذات التكرارية 5، 10، 20، 25، 50، 100 سنة عند مخرج الحوض الرئيسي لوادي ابراهيم (32C) (402.50، 595.71، 798.53، 867.54، 1083.97، 1318.09)متر^3/ثانية (الأشكال من 18 حتى 29).



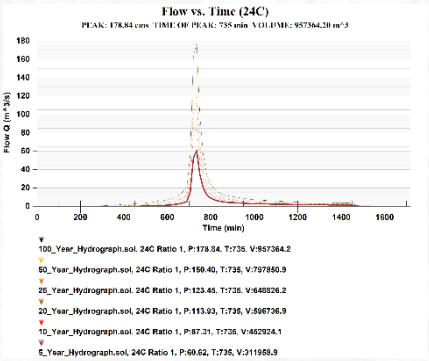
شكل 17: مخارج أحواض التصريف الفرعية لحوض وادي إبراهيم المؤثر على المنطقة المركزية لمكة المكرمة، والتي تم إجراء عمليات النمذجة الهيدرولوجية عندها (23C, 24C, 25C, 26C, 27C, 28C, 33C, 29C, 30C, 31C, 22B, 32C).

الحوض	العواصف التصميمية التكرارية	أقصى معدل تصريف (م^3/ثانية)	زمن أقصى تصريف (دقيقة)	إجمالي المياه المتصرفة (م^3)
الحوض الفرعي رقم (B12) عند المخرج (C23)	100 عام	217.52	735	1.393.111.8
	50 عـام	182.14	735	1.157.045.9
	25 عـام	148.70	735	936.948.6
	20 عـام	136.91	735	860.155.7
	10 أعوام	104.06	735	648.630.0
	5 أعـوام	71.35	735	442.340.5



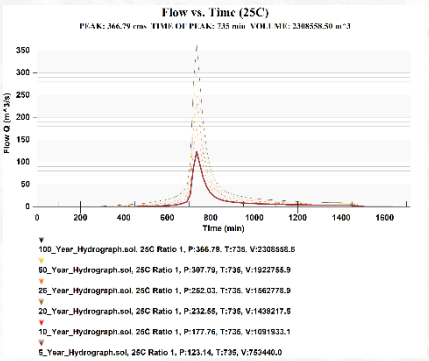
شكل رقم 18: الهيدروجراف الخاص بمعدلات وأزمنة التصريف عند عند المخرج (23C) الخاص بالحوض الفرعي رقم (12B) ونتائج النمذجة الهيدرولوجية.

الحوض	العواصف التصميمية التكرارية	أقصى معدل تصريف (م^3/ثانية)	زمن أقصى تصريف (دقيقة)	إجمالي المياه المتصرفة (م^3)
الحوض الفرعي رقم (B13) عند المخرج (C24)	100 عام	178.84	735	957.364.2
	50 عـام	150.40	735	797.850.9
	25 عـام	123.45	735	648.826.2
	20 عـام	113.93	735	596.736.9
	10 أعوام	87.31	735	452.924.1
	5 أعـوام	60.62	735	311.958.9



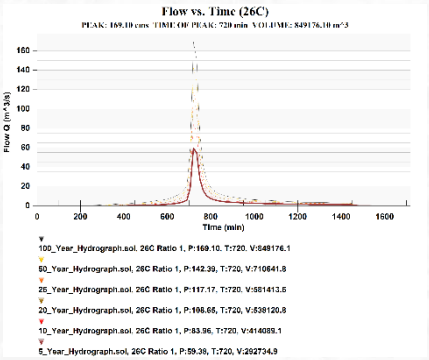
شكل رقم 19: الهيدروجراف الخاص بمعدلات وأزمنة التصريف عند المخرج (24C) الخاص بالحوض الفرعي رقم (13B) ونتائج النمذجة الهيدرولوجية.

الحوض	العواصف التصميمية التكرارية	أقصى معدل تصريف (م^3/ثانية)	زمن أقصى تصريف (دقيقة)	إجمالي المياه المتصرفة (م^3)
الحوض الفرعي رقم (B14) عند المخرج (C25)	100 عام	366.79	735	2.308.558.5
	50 عـام	307.79	735	1.922.755.9
	25 عـام	252.03	735	1.562.778.9
	20 عـام	232.55	735	1.438.217.5
	10 أعوام	177.76	735	1.091.933.1
	5 أعـوام	123.14	735	753.440.0



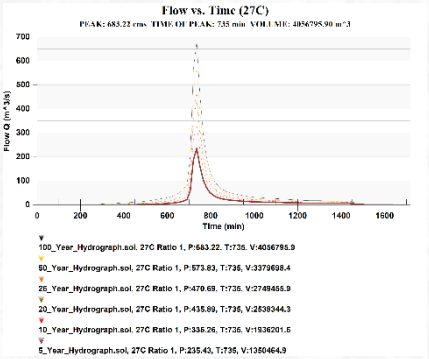
شكل رقم 20: الهيدروجراف الخاص بمعدلات وأزمنة التصريف عند المخرج (25C) الخاص بالحوض الفرعي رقم (14B) ونتائج النمذجة الهيدرولوجية.

الحوض	العواصف التصميمية التكرارية	أقصى معدل تصريف (م^3/ثانية)	زمن أقصى تصريف (دقيقة)	إجمالي المياه المتصرفة (م^3)
الحوض الفرعي رقم (B15) عند المخرج (C26)	100 عام	169.10	720	849.176.1
	50 عـام	142.39	720	710.641.8
	25 عـام	117.17	720	581.413.5
	20 عـام	108.65	720	538.120.8
	10 أعوام	83.96	720	414.089.1
	5 أعـوام	59.38	720	292.734.9



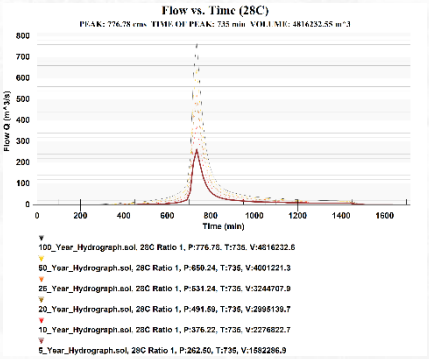
شكل رقم 21: الهيدروجراف الخاص بمعدلات وأزمنة التصريف عند المخرج (26C) الخاص بالحوض الفرعي رقم (15B) ونتائج النمذجة الهيدرولوجية.

الحوض	العواصف التصميمية التكرارية	أقصى معدل تصريف (م^3/ثانية)	زمن أقصى تصريف (دقيقة)	إجمالي المياه المتصرفة (م^3)
الحوض الفرعي رقم (B16) عند المخرج (C27)	100 عام	683.22	735	4.056.795.9.
	50 عـام	573.83	735	3.379.698.4
	25 عـام	470.69	735	2.749.455.9
	20 عـام	435.89	735	2.538.344.3
	10 أعوام	335.26	735	1.936.201.5
	5 أعـوام	235.43	735	1.350.464.9



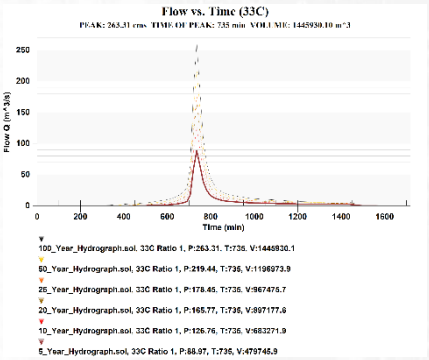
شكل رقم 22: الهيدروجراف الخاص بمعدلات وأزمنة التصريف عند المخرج (27C) الخاص بالحوض الفرعي رقم (16B) ونتائج النمذجة الهيدرولوجية.

الحوض	العواصف التصميمية التكرارية	أقصى معدل تصريف (م^3/ثانية)	زمن أقصى تصريف (دقيقة)	إجمالي المياه المتصرفة (م^3)
الحوض الفرعي رقم (17B) عند المخرج (28C)	100 عام	776.78	735	4.816.232.6
	50 عـام	650.24	735	4.001.221.3
	25 عـام	531.24	735	3.244.707.9
	20 عـام	491.59	735	2.995.139.7
	10 أعوام	376.22	735	2.276.822.7
	5 أعـوام	262.50	735	1.582.286.9



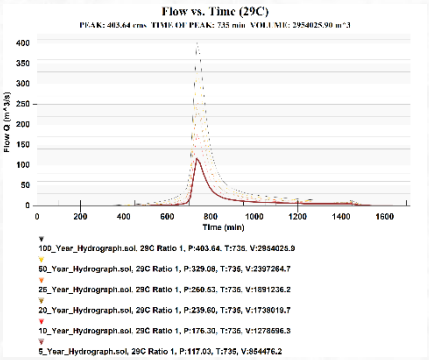
شكل رقم 23: الهيدروجراف الخاص بمعدلات وأزمنة التصريف عند المخرج (28C) الخاص بالحوض الفرعي رقم (17B) ونتائج النمذجة الهيدرولوجية.

الحوض	العواصف التصميمية التكرارية	أقصى معدل تصريف (م^3/ثانية)	زمن أقصى تصريف (دقيقة)	إجمالي المياه المتصرفة (م^3)
الحوض الفرعي رقم (18B) عند المخرج (33C)	100 عام	263.31	735	1.445.930.1
	50 عـام	219.44	735	1.196.973.9
	25 عـام	178.45	735	967.475.7
	20 عـام	165.77	735	897.177.6
	10 أعوام	126.76	735	683.271.9
	5 أعـوام	88.97	735	479.745.9



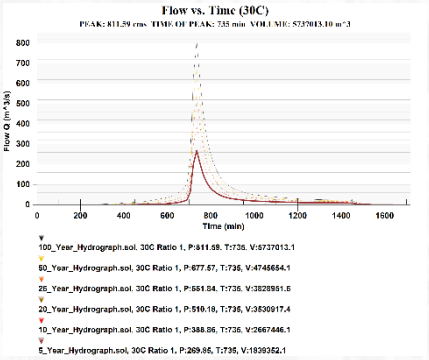
شكل رقم 24: الهيدروجراف الخاص بمعدلات وأزمنة التصريف عند المخرج (33C) الخاص بالحوض الفرعي رقم (18B) ونتائج النمذجة الهيدرولوجية.

الحوض	العواصف التصميمية التكرارية	أقصى معدل تصريف (م^3/ثانية)	زمن أقصى تصريف (دقيقة)	إجمالي المياه المتصرفة (م^3)
الحوض الفرعي رقم (19B) عند المخرج (29C)	100 عام	403.64	735	2.954.025.9
	50 عـام	329.08	735	2.397.264.7
	25 عـام	260.53	735	1.891.236.2
	20 عـام	239.60	735	1.738.019.7
	10 أعوام	176.30	735	1.278.596.3
	5 أعـوام	117.03	735	854.476.2



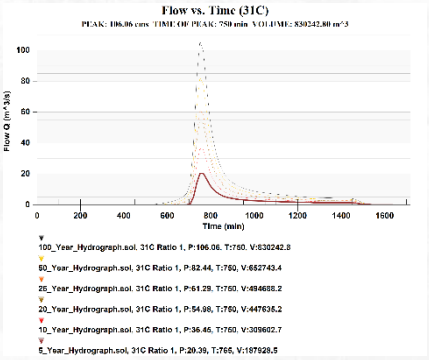
شكل رقم 25: الهيدروجراف الخاص بمعدلات وأزمنة التصريف عند المخرج (29C) الخاص بالحوض الفرعي رقم (19B) ونتائج النمذجة الهيدرولوجية.

الحوض	العواصف التصميمية التكرارية	أقصى معدل تصريف (م^3/ثانية)	زمن أقصى تصريف (دقيقة)	إجمالي المياه المتصرفة (م^3)
الحوض الفرعي رقم (20B) عند المخرج (30C)	100 عام	811.59	735	5.737.013.1
	50 عـام	677.57	735	4.745.654.1
	25 عـام	551.84	735	3.828.951.5
	20 عـام	510.18	735	3.530.917.4
	10 أعوام	388.86	735	2.667.446.1
	5 أعـوام	269.85	735	1.839.352.1



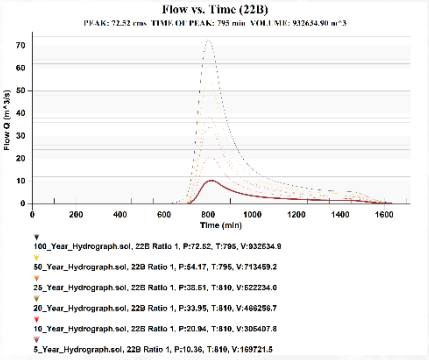
شكل رقم 26: الهيدروجراف الخاص بمعدلات وأزمنة التصريف عند المخرج (30C) الخاص بالحوض الفرعي رقم (20B) ونتائج النمذجة الهيدرولوجية.

الحوض	العواصف التصميمية التكرارية	أقصى معدل تصريف (م^3/ثانية)	زمن أقصى تصريف (دقيقة)	إجمالي المياه المتصرفة (م^3)
الحوض الفرعي رقم (21B) عند المخرج (31C)	100 عام	106.06	750	830.242.8
	50 عـام	82.44	750	652.743.4
	25 عـام	61.29	750	494.688.2
	20 عـام	54.98	750	447.635.2
	10 أعوام	36.45	750	309.602.7
	5 أعـوام	20.39	765	187.928.5



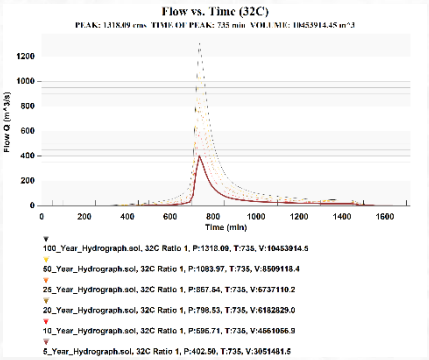
شكل رقم 27: الهيدروجراف الخاص بمعدلات وأزمنة التصريف عند المخرج (31C) الخاص بالحوض الفرعي رقم (21B) ونتائج النمذجة الهيدرولوجية.

الحوض	العواصف التصميمية التكرارية	أقصى معدل تصريف (م^3/ثانية)	زمن أقصى تصريف (دقيقة)	إجمالي المياه المتصرفة (م^3)
الحوض الفرعي رقم (22B) عند المخرج (22B)	100 عام	72.52	795	932.634.9
	50 عـام	54.17	795	713.459.2
	25 عـام	38.51	810	522.234.0
	20 عـام	33.95	810	466.256.7
	10 أعوام	20.94	810	305.407.8
	5 أعـوام	10.36	810	169.721.5



شكل رقم 28: الهيدروجراف الخاص بمعدلات وأزمنة التصريف عند المخرج (22B) الخاص بالحوض الفرعي رقم (22B) ونتائج النمذجة الهيدرولوجية.

الحوض	العواصف التصميمية التكرارية	أقصى معدل تصريف (م^3/ثانية)	زمن أقصى تصريف (دقيقة)	إجمالي المياه المتصرفة (م^3)
حوض وادي إبراهيم الرئيسي عند المخرج (32C)	100 عام	1318.09	735	10.453.914.5
	50 عـام	1083.97	735	8.509.118.4
	25 عـام	867.54	735	6.737.110.2
	20 عـام	798.53	735	6.182.829.0
	10 أعوام	595.71	735	4.561.056.9
	5 أعـوام	402.50	735	3.051.481.5



شكل رقم 29: الهيدروجراف الخاص بمعدلات وأزمنة التصريف عند المخرج الرئيسي لحوض وادي إبراهيم (32C) ونتائج النمذجة الهيدرولوجية.

(P) تعني أقصى معدل تصريف للعاصفة التصميمية م^3/ثانية، (T) زمن أقصى معدل تصريف بالدقيقة، (V) إجمالي حجم المياه المتصرفة من العاصفة التصميمية م^3

6.3. النمذجة الهيدروليكية ومحاكاة حركة المياه السطحية باستخدام نموذج (HEC-RAS):

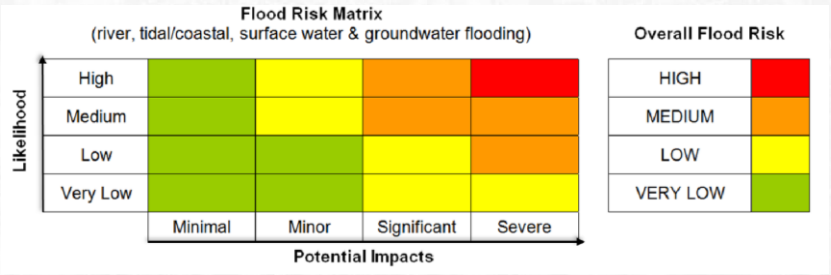
نظراً لتواجد منطقة الدراسة ضمن الكتلة العمرانية للمنطقة المركزية لمدينة مكة المكرمة، لذا تحتم إنشاء نموذج ثنائي الأبعاد باستخدام برنامج النمذجة الهيدروليكية (HEC-RAS) والذي يُعرف بنظام تحليل الأنهار التابع لمركز المهندسين الهيدرولوجين بالولايات المتحدة، أحد أفضل وأشهر البرامج المتخصصة في بناء نموذج هيدروليكي ثنائي الأبعاد (2D-Dimensional)، يمكن من خلاله تحديد منسوب (عمق) وسرعة الجريان السطحي لمياه الأمطار ونمذجة ومحاكاة حركة إنتشاره بالمناطق الواقعة ضمن الكتلة العمرانية (Meghan, et al., 2011) (Anderson, et all 2002) (Siddiqui, et all 2001) (Ramsbottom et al., 2006) (Fan, et al; 2009). ومن ثم التنبؤ باحتمالية حدوث مستويات مختلفة من التأثير على الأفراد والمنشآت وتصنيف مخاطر السيول بالمنطقة من خلال تطبيق طريقة مصفوفة مخاطر الفيضانات على الأفراد باستخدام تصنيف تقييم المخاطر (Hazard Assessment-HR) والذي يعتمد على سرعة المياه وعمقها (شكل 30) (جدول 9)، حيث تُقاس معادلة المخاطر بالمعادلة التالية،: (Ramsbottom et al. 2006) (CVFED, 2009)

$$HR=d(v+0.5)+DF \quad \text{..... (10) (Ramsbottom et al. 2006)}$$

حيث:

HR= معدل خطر الفيضان (m^2/s). d= عمق مياه السيل (m). v= سرعة مياه السيل (m/s).

DF= معامل (Debris Factor) وتفترض قيمته بـ (0.5 للأعماق أقل من 0.25m) و (1.0 للأعماق أكبر من أو تساوى 0.25m).



شكل رقم 30: يوضح مصفوفة مخاطر الفيضانات على الافراد باستخدام تقييم المخاطر (HAZARD ASSESSMENT-HR).

Source: Central Valley Floodplain Evaluation and Delineation Program (CVFED), (Ashraf, et al., 2019).

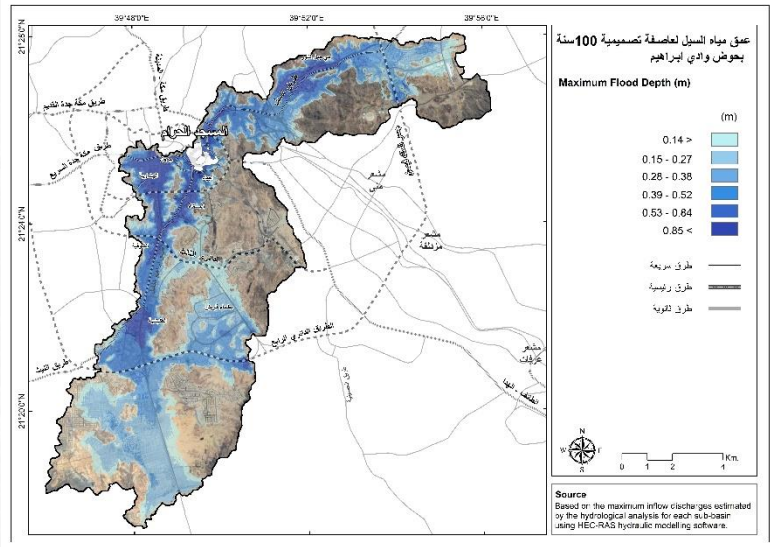
جدول رقم 9: يوضح تصنيف خريطة المخاطر على الافراد استنادا إلى تقييم المخاطر (HR) والذي يعتمد على سرعة المياه وعمقها.

معدل الخطورة (m^3/s)	درجة خطورة السيل	تصيف المخاطر على الافراد
أقل من 0.75	خطر منخفض (Low)	يتطلب الحذر
من 0.75 إلى 1.25	خطر متوسط (Moderate)	خطر بالنسبة للبعض (الأطفال - كبار السن)

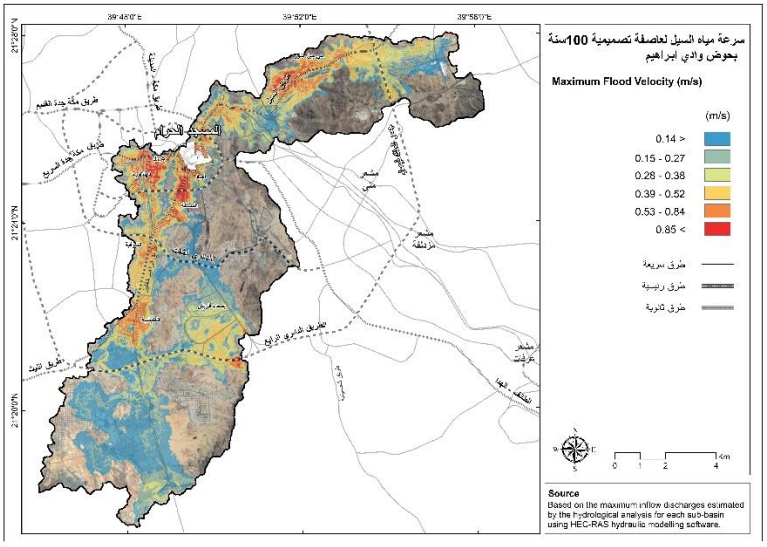
من 1.25 إلى 2.0	خطر بالغ (Significant)	خطر بالنسبة لمعظم الناس
أكثر من 2.0	شديد الخطورة (Extreme)	خطر على المنشآت

Source: Central Valley Floodplain Evaluation and Delineation Program (CVFED), (Ramsbottom et al. 2006)

وقد أوضحت نتائج النمذجة الهيدروليكية ثنائية الأبعاد على حوض وادي ابراهيم، تعرض مساحة تُقدر بنحو 56.97 كم^2 بنسبة 49.45% من منطقة الدراسة للغمر بمياه السيل لعاصفة تصميمية 100 سنة، كما أظهرت التحليلات أن عتبة عمق السيل من المُحتمل وصولها إلى0.85م بعدد من المناطق موزعة بالأحياء المركزية لمدينة مكة المكرمة داخل نطاق الحوض، حيث تمثل فئة العمق الأقصى 0.84م فأكثر حوالي 6.91% من مساحة منطقة الغمر وتشكل نحو 3.94 كم^2 (شكل 31). علاوة على ذلك، تمثل سرعة مياه السيل خطرًا كبيرًا آخر على حياة الأفراد والبنية التحتية، لذا أمكن محاكاة سرعة الجريان السطحي بمحيط منطقة الدراسة لتسليط الضوء على المناطق الأكثر عرضة للسرعات العالية، حيث تمثل فئة السرعة القصوى لمياه السيل 0.84م/ث حوالي 3.35% من إجمالي مساحة المناطق المعرضة للغمر وتغطي حوالي 1.91كم^2 (شكل 32).

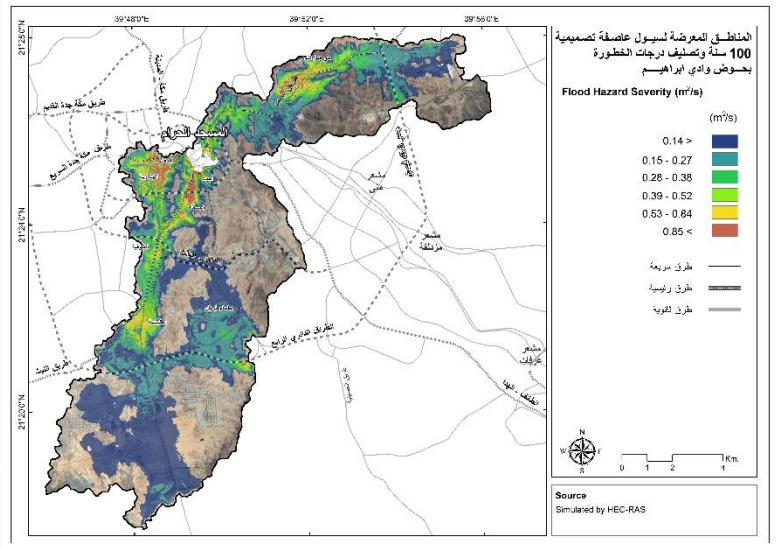


شكل رقم 31: يوضح نموذج ثنائي الأبعاد لعمق مياه سيل لعاصفة تصميمية 100سنة والمؤثر على حوض وادي إبراهيم.

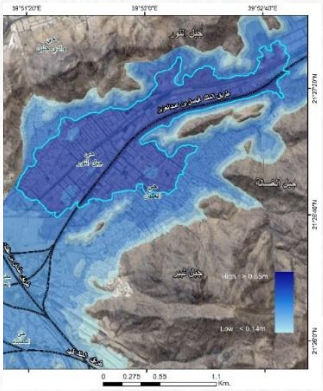


شكل رقم 32: يوضح نموذج ثنائي الأبعاد لسرعة مياه سيل لعاصفة تصميمية 100سنة والمؤثر على حوض وادي إبراهيم.

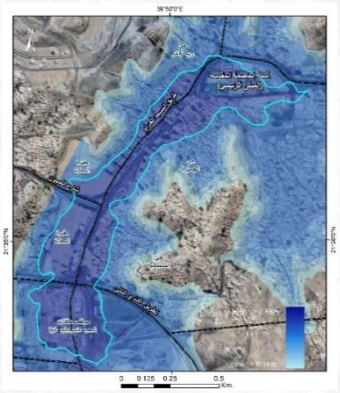
ويوضح شكل (33) خريطة تصنيف مخاطر السيول على الافراد استنادا إلى عمق وسرعة الجريان السطحي لمياه الأمطار بمحيط منطقة الدراسة، حيث تشير البيانات إلى أن مخاطر السيول بالمنطقة تقع ضمن نطاقين "مناطق منخفضة الخطورة" و"مناطق متوسطة الخطورة "،حيث تشغل فئة المناطق منخفضة الخطورة (الأقل من 0.75م^3/ ثانية) مساحة تُقدر بنحو 53.92كم^2 تقريباً ما نسبته 94.64% من إجمالي المناطق المعرضة للسيل، في حين تشغل فئة المناطق متوسطة الخطورة والتي تتراوح ما بين (0.75 إلى 1.25 م^3/ ثانية) مساحة تُقدر بنحو 3.04كم^2 لتشكل ما نسبته 5.33% من إجمالي المناطق المهددة بمخاطر الجريان السطحي لمياه الأمطار بمحيط منطقة الدراسة، وتتركز تلك المناطق في الأجزاء الشمالية الشرقية لمنطقة الدراسة بحي جبل النور والعدل، كما تتركز بالأحياء جنوب الحرم المكي على امتداد طريق ابراهيم الخليل بأحياء أجياد، جرهم والمسفلة وعلى امتداد شارع منصور بأحياء جرول، التيسير، جرهم الشمالي والهنداوية، إضافة إلى حى العكيشية جنوباً الأشكال (34، 35، 36، 37، 38).



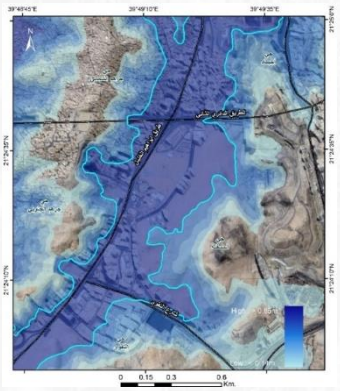
شكل رقم 33: يوضح نموذج ثنائي الأبعاد للمناطق المعرضة للغمر ومخاطر السيول لعاصفة تصميمية 100سنة والمؤثر على حوض وادي إبراهيم.



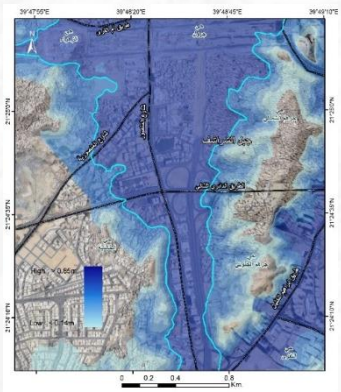
شكل رقم 34: نتائج المحاكاة الهيدروليكية لتدفق مياه السيول بمنطقة جبل النور وحدود المنطقة ذات الخطورة.



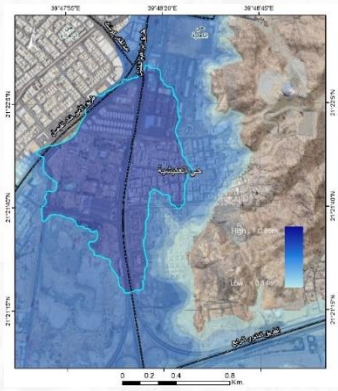
شكل رقم 35: نتائج المحاكاة الهيدروليكية بمنطقة طريق المسجد الحرام بالجهة الشمالية للحرم المكي الشريف وحدود المنطقة ذات الخطورة.



شكل رقم 36: نتائج المحاكاة الهيدروليكية بالمنطقة المحصورة بين الدائري الأول شمالاً والدائري الثالث جنوباً على امتداد طريق ابراهيم الخليل.



شكل رقم 37: نتائج المحاكاة الهيدروليكية بالمنطقة المحصورة بين طريق أم القرى شمالاً والطريق الدائري الثالث جنوباً على إمتداد شارع المنصور.



شكل رقم 38: نتائج المحاكاة الهيدروليكية لتدفق مياه السيول بمنطقة العكيشية وحدود المنطقة ذات الخطورة.

4. الخلاصة

بلغت قيم الأرقام المنحنية المرتفعة والتى تتجاوز القيمة 89 كدلالة على شدة الصماتة بحوض وادي ابراهيم حوالي 74.86كم^2 بنسبة 68.42% مما يعني أن أكثر من ثلثي مساحة الحوض تقريباً يُعبر عن مساحات مصمتة لا تسمح بتسرب المياه إلى داخل التربة وتعتبر المسؤولة عن تولد وسرعة الجريان السطحي بالحوض المائي لوادي ابراهيم. كما أظهرت حسابات معامل احتفاظ التربة بالماء على مستوى الخلايا بمحيط حوض وادي ابراهيم قيماً تراوحت مابين (5.18 - 75.87) ملم، حيث تشير هذه القيم المنخفضة والتي تقل عن 254 ملم تبعاً لما حددته مصلحة صيانة التربة الأمريكية إلى تدني إمكانية سطح التربة بالمنطقة في الاحتفاظ بالماء بالتسرب بعد بدء عملية الجريان السطحي مما يؤدي إلى زيادة قدرة التربة على توليد الجريان السطحي والتعرض لمخاطر السيول. كما أوضحت الحسابات الخاصة بمعامل الاستخلاص الأولي ومقدار الفاقد من مياه الأمطار عن طريق التبخر أو التسرب داخل التربة على مستوى الخلايا بحوض وادي ابراهيم قيماً تراوحت ما بين (1.04 - 15.17) ملم والتي تشير إلى ضعف إمكانية أجزاء الحوض على استيعاب كميات كبيرة من مياه الأمطار وانخفاض نسبة الفواقد مما ينتج عنها سرعة تولد الجريان السطحي التي قد ينجم عنها أخطار السيول.

كما أوضحت النتائج الخاصة بحساب قيم زمن التركيز والمُعبر عن الوقت الزمني اللازم لانتقال مياه الأمطار من أبعد نقطة على محيط الحوض المائي إلى مخارج الأحواض الفرعية، قيماً تراوحت بين 0.39 ساعة بالحوض الفرعي (15 (Bوالذي يشمل أحياء كلاً من "حي جبل النور، حي العدل وحي المعابدة" ليُعبروا عن الأحياء شديدة الخطورة من حيث قصر الوقت الزمني الذي يستغرقه تدفق الجريان السطحي للوصول إليها، و 2.25 ساعة بالحوض الفرعي (22 (Bوالذي يشمل أحياء كلاً من " حي السوق الصغير الجديد، حي الصفوة، حي دار السلام وحي المدعي الجديد" بالجهة الجنوبية للوادي ليعبروا عن الأحواض التي تتطلب وقت زمني طويل لانتقال الجريان السطحي إليها. كما أوضحت القيم الخاصة بحسابات زمن التأخير عند مخارج أحواض التصريف الفرعية بمحيط حوض وادي ابراهيم، تراوح الوقت الزمني الذي تحتاجه تلك الأحواض الفرعية حتى ينشأ جريان سطحي فعلي على مجاريها ما بين 0.43 ساعة بالحوض الفرعي رقم (B15))يمثل أقصر فترة زمنية)، ثم 1.80ساعة بالحوض الفرعي رقم) (B22 يمثل أطول فترة زمنية .(

كما أظهرت نتائج الحسابات الخاصة بالنمذجة الهيدرولوجية وتحليل هيدروجرافات الجريان السطحي لمياه العواصف التصميمية ذات التكرارية 5، 10، 20، 25، 50، 100 سنة تباين أحجام السيول ومعدلات التصريف القصوى عند مخارج أحواض التصريف الفرعية بمحيط منطقة الدراسة، حيث جاء الحوض الفرعي رقم (20 (Bفي المرتبة الأولي بمتوسط حجم سيول بلغ 5.737.013.1 م^3 لعاصفة ذات تكرارية 100 سنة تقل تلك المعدلات إلى حوالي 1.839.352.1م^3 لعاصفة تصميمية ذات تكرارية 5 سنوات، كما بلغت أقصى معدلات التصريف للعواصف ذات التكرارية 5، 10، 20، 25، 50، 100 سنة حوالي (269.85، 388.86، 510.18، 551.84، 677.57، 811.59) متر3/ثانية على التوالي. في حين أعتبر الحوض الفرعي رقم (21 (Bأقل أحواض التصريف المائية من حيث حجم السيول بنحو 830.242.8م^3 لعاصفة 100 سنة لتقل إلى 187.928.5م^3 لعاصفة 5 سنوات. بمعدلات تصريف حوالي (20.39، 36.45، 54.98، 61.29، 82.44، 106.06)متر^3/ثانية على التوالي. كما بلغ إجمالي كميات السيول المتصرفة من مخرج حوض وادي ابراهيم الرئيسي عند النقطة (32 (Cلعاصفة ذات تكرارية 100 سنة حوالي 10.453.914.5م^3 لتقل تلك المعدلات إلى حوالي 3.051.481.5م^3 لعاصفة ذات تكرارية 5

سـنوات، بمعدلات تصـريف قصـوى بلغت حوالي (402.50، 595.71، 798.53، 867.54، 1083.97، 1318.09)متر^3/ثانية على التوالي. كما اتضح مدي التقارب بين القيم الخاصة بأقصى معدلات التصريف لمياه السيول عند مخارج الأحواض الفرعية (B16، 17B، 20B) بالرغم من صـغر مسـاحتهم مقارنة بالأحواض الفرعية الأخرى، مما يوضـح مدى الخطورة الداهمة لتلك الأحواض المائية وقدرتها على تصريف تلك المعدلات المرتفعة من مياه السيول بالأحياء التالية (المعابدة –ربع زاخر –الجميزة –السليمانية –الروضة –رؤي الحرم – أجياد –جرول –التيسير –الزهراء –جرهم –الهنداوية –حي الخالدية –المسفلة –التقوى - الشوقية وحي العكيشية.(

وقد أوضـحت نتائج النمذجة الهيدروليكية ثنائية الأبعاد على حوض وادي ابراهيم، تعرض مسـاحة تُقدر بنحو 56.97 كم^2 بنسـبة 49.45% من منطقة الدراسة للغمر بمياه السيل لعاصفة تصميمة 100 سنة، كما أظهرت التحليلات أن عتبة عمق السيل من المحُتمل وصـولها إلى0.85م بعدد من المناطق موزعة بالأحياء المركزية لمدينة مكة المكرمة داخل نطاق الحوض، حيث تمثل فئة العمق الأقصـى 0.84م فأكثر أي حوالي 6.91% من مساحة منطقة الغمر وتشكل نحو 3.94 كم^2، كما تمثل فئة السرعة القصوى لمياه السيل 0.84م/ث حوالي 3.35% من إجمالي مسـاحة المناطق المعرضـة للغمر وتغطي حوالي 1.91كم^2. وقد أمكن تصـنيف مخاطر السـيول على الافراد بمحيط منطقة الدراسة استنادا لخريطة المخاطر، إلى مناطق منخفضة الخطورة (الأقل من 0.75م^3/ ثانية) وتشغل مساحة تُقدر بنحو 53.92 كم^2 تقريباً وتشكل مانسبته 94.64% من إجمالي المناطق المعرضة للسيل، ومناطق متوسطة الخطورة والتي تتراوح ما بين (0.75 إلى 1.25 م^3/ ثانية) لتشـغل مسـاحة تُقدر بنحو 3.04كم^2 وتشـكل ما نسـبته 5.33% من إجمالي المناطق المعرضـة للسـيل بحوض وادي ابراهيم، وقد تركزت تلك المناطق في الأجزاء الشمالية الشرقية لمنطقة الدراسة بحي جبل النور والعدل، كما تتركز بالأحياء جنوب الحرم المكي على امتداد طريق ابراهيم الخليل بأحياء أجياد، جرهم والمسفلة وعلى امتداد شارع منصور بأحياء جرول، التيسير، جرهم الشمالي والهنداوية، إضافة إلى حى العكيشية جنوباً .

5. التوصيات

1. حصـر المسـاحات المُعرضـة لمخاطر السـيول بأحياء مدينة مكة المكرمة ووضـع منهجية لتطويرها لتكون قادرة على اسـتيعاب تدفقات الجريان السطحي بها وقت الذروة.
2. الحاجة إلى اتخاذ بدائل عاجلة للحد من اندفاع مياه الأمطار المتدفقة من أعلى قمم جبل النور، جبل ثبير الغبناء وجبل الغسـالة بالجزء العلوي من حوض وادي إبراهيم باتجاه الأحياء السـكنية، سـواء من خلال إقامة سـدود احترازية أو قنوات للتصريف قادرة على تجميع وتوجيه المياه خارج حدود تلك المناطق.
3. توفير شـبكة تصـريف تحت سـطحية لمياه الأمطار على امتداد شـارع الحجون باتجاه طريق المسجد الحرام، للحد من كميات المياه المتدفقة وتخفيف الضغط على قنوات التصريف التحت سطحية بطريق المسجد الحرام.
4. مراعاة اتجاهات ومسـتويات الانحدار باتجاه فتحات تصـريف مياه السـيول أثناء مراحل تصـميم وتنفيذ الطرق بالمناطق الخاضـعة للتطوير، حيث تم ملاحظة وتسـجيل العديد من الأجزاء المنخفضـة بالطرق التي تعمل على تجميع كميات كبيرة من مياه الأمطار ولا يوجد بها فتحات تصريف للسيول برغم وجود شبكة تصريف تحت سطحية بالمنطقة.
5. إعادة تأهيل الطرق والشـوارع الرئيسـية والفرعية وتطبيق فتحات التصـريف الأفقية "ذات التصـريف الجانبي" عن نظيرتها الرأسـية لملائمتها لطبوغرافية السـطح بأحياء مدينة مكة المكرمة وفق المعايير الفنية العالمية لفاعليتها على سحب كميات أكبر من مياه السيول وخاصة مع معدلات التدفق السريع .
6. ضـرورة العمل على وضـع وتنفيذ خطط للإدارة المسـتدامة لمسـتجمع مياه حوض وادي إبراهيم، يتضـمن تطبيق منظومة إدارة الأحواض المائية وحصـاد المياه على امتداد الروافد والشـعاب المنحدرة من الجبال، لاسـتيعاب تدفق السـيول وإيقاف جريانها في الطرق وشـوارع الأحياء، وتجميعها والاسـتفادة القصـوى منها سـواءً في تغذية المياه الجوفية التحت سـطحية أوفي تشجير وزيادة المسطحات الخضراء بالمنطقة.
7. إعادة توجيه التخطيط العمراني للوضـع الراهن لأحياء المنطقة المركزية لمدينة مكة المكرمة ودمجها مع الخطة الاسـتراتيجية الشاملة لإقامة المخططات والمشروعات التنموية الجديدة، وذلك وفقاً لمحددات وأسس التخطيط البيئي والعمراني ومعاييره.

المراجع

المراجع العربية:

- خطاب، محمد إبراهيم، سليم، مها كمال (2021) "النمذجة الهيدرولوجية للسيول في حوض وادي القرن شرق قفط بالصحراء الشرقية بإستخدام الإستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية"، المجلة الجغرافية العربية، المجلد (52)، العدد (77)، ص 1-59.
- الكناني، حيدر محمد، الأسدي، صفاء، عبدالأمير (2020) "تقدير عمق الجريان السطحي لحوض وادي ابو غار بإستخدام تقنيات الإستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، مجلة كلية التربية، جامعة واسط، العدد (41)، الجزء الرابع، ص 305-330.
- عبدالكريم، اشرف احمد على، الدوسرس، علي عبدالله (2019) "التكامل بين نظم المعلومات الجغرافية والنمذجة الهيدروليجية والهيدروليكية (HEC-HMS & GEC-RAS) عند تقدير مخاطر الفيضان المحتملة بالمناطق العمرانية: مخاطر سيول وادي سمين المؤثر على مدينة أإملج بمنطقة تبوك- أنموذجاً"، المؤتمر الجغرافي الدولي الثاني لمركز البحوث الكارتوجلافية بكلية الأداب، جامعة المنوفية، التنمية المستدامة في الوطن العربي بين الامكانيات وطموحات الشعوب، 1-22.
- درويش، ابراهيم عبدالله، (2017): تقدير أحجام وأخطار السيول في حوض وادي المورد (الجمهورية اليمنية) باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، أطروحة دكتوراه غير منشوره، كلية العلوم الاجتماعية، جامعة أم القرى.
- العكام، اسحق صالح (2014):، العلاقة بين الجريان السطحي والمتغيرات الجيومورفولوجية لوديان شرق العراق، مجلة الأداب، جامعة بغداد، العدد 108، صفحة (235 – 236).
- النفيعي، هيفاء محمد، (2012): تقدير الجريان السطحي ومخاطره في الحوض الاعلى لوادي عرنة شرق مكة المكرمة - بوسائل الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، رسالة ماجستير غير منشورة، وزارة التعليم العالي، جامعة أم القرى، كلية العلوم الاجتماعية، قسم الجغرافيا، المملكة العربية السعودية.
- مرزا، معراج و محمد سعيد البارودي (2005). السمات المورفولوجية والخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لأودية الحرم المكي، مجلة جامعة أم القرى للعلوم التربوية والاجتماعية والإنسانية. جامعة ام القرى، مكة المكرمة.

المراجع الإنجليزية:

- Waleed A. El-Saoud, Abdullah Othman, An integrated hydrological and hydraulic modelling approach for flash flood hazard assessment in eastern Makkah city, Saudi Arabia, Journal of King Saud University - Science, Volume 34, Issue 4, 2022, 102045, ISSN 1018-3647.
- Naeem M. Azmat H. Tao S.2021, Ahmad M. Khattak S. Haider S. Ahmad Z. Khero C. Goodell Flood Hazard Assessment for the Tori Levee Breach of the Indus River Basin, Pakistan Water 13 5 604.
- Ashraf. A., Ahmed F., Flood Risk Assessment of the Wadi Nu'man Basin, Mecca, Saudi Arabia (During the Period, 1988 - 2019 Based on the Integration of Geomatics and Hydraulic Modeling: A Case Study, MDPI, September 2019.
- Norhan, A., Saud, T., Fahad, A., Kamarul, A., (2016), "Arid hydrological modeling at wadi Alaqiq, Madinah, Saudi Arabis". Journal Teknologi, vol. 78, issue 7.
- Gitika, Thakuriah, and Saikia Ranjan. "Estimation of Surface Runoff using NRCS Curve number procedure in Buriganga Watershed, Assam, India-A Geospatial Approach." International Research Journal of Earth Sciences 2.5 (2014): pp 1-7.
- USGS, (2012),"Estimating Basin Lag time and Hydrograph-Timing Indexes Used to Characterize Stormflows for Runoff-Quality Analysis", U.S. Geological Survey, Reston, Virginia.
- El-Hames, A. S. and Richards, K. S., (2012), "An integrated, physically based model for arid region flash flood prediction capable of simulating dynamic transmission loss", in Bates, P. D., and Lane, S. N., (eds), "Advances in hydrological processes, High resolution flow modeling in hydrology and geomorphology", John Wily & SonsChichster, UK, pp. 225-238.
- Soulis, K. X., and J. D. Valiantzas. "SCS-CN parameter determination using rainfall-runoff data in heterogeneous watersheds—the two-CN system approach." Hydrology and Earth System Sciences 16.3 (2012): pp 1001-1015.
- Meghan V. Christophe hazel, F., and Sally, P., Flood Hazard Research Center, Flood Risk Management Consortium Methods for Creating a Flood Risk Assessment Tool 2011 Middlesex University; London, United Kingdom.
- Fan, C., Ko, C-H., Wang, W-S., (2009), An innovative modeling approach using Qual2k and HEC-RAS integration to assess the impact of tidal effect on River Water quality simulation", J Environ Manag, 90, vol. 5, pp. 1824-1832.

- The Central Valley Floodplain Evaluation Delineation Program (CVFED), (2009), "Guideline for Applying the FLO-2D Model to The central Valley floodplain Evaluation Delineation Program", pp. 1-61.
- Jensen, R. J., (2007): Remote Sensing of the Environment: An earth Resource Perspective, 2nd Edition, Prentice-Hall, Upper Saddle River., pp.1- 15.
- Mishra, S. K., et al. "SCS-CN-based modeling of sediment yield." Journal of Hydrology 324.1-4 (2006): pp 301-322.
- Nhat, L., Tachikawa, Y. and Takara, K. 2006. Establishment of IDF curves for precipitation in the Monsoon area of Vietnam, Annuals of Desis, Prev. Res. Inst., Kyoto University., No. 49 B.
- Ramsbottom, D., Wade, S., Bain, V., Hassan, M., Penning-Rowsell, E., Wilson, T., Fernandez, A., House, M., and Floyd, P., 2006. Flood Risks to People: Phase 2. R&D Technical Report FD2321/IR2, Department for the Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA), UK Environment Agency.
- Mishra, Surendra Kumar, and Vijay P. Singh. "Validity and extension of the SCS-CN method for computing infiltration and rainfall-excess rates." Hydrological processes 18.17 (2004): pp 3323-3345.
- Anderson, M., Chen, Z-Q., Kavvas, M., Feldman, A., (2002), "Coupling HEC-HMS with atmospheric models for prediction of watershed runoff", J Hydrol Eng, vol. 7, No. 4, pp. 312-318.
- Sabins, F. F., (1997): Remote Sensing, Principles and Interpretation. Freeman., New York.512p.
- Ramaseshan, S., 1996: "Urban Hydrology in Different Climatic Conditions", Lecture notes of the International Course on Urban Drainage in Developing Countries", Regional Engineering College, Warangal, India.
- Chow, V.T., Maidment, D.R., and Mays, L.W. Applied hydrology; Mc-Graw-Hill Book Company: New York, NY, USA, 1988.
- USDA-TR55, (1986), United States Department of Agriculture "Urban hydrology for small watersheds, Technical Release 55 (TR-55) (Second ed.)". Natural Resources Conservation Service, Conservation Engineering Division, Washington DC, USA .
- Soil Conservation Service, Urban Hydrology For small watershed, Technical releases 55, and Ed, U. S. Dept. of Agriculture, Washington D.C (1986).
- USDA-SCS, (1985): National Engineering Handbook section 4 , Hydrology , Washington , DC , USA , 1985.

تعزيز أنظمة الارشاد المكاني لتحقيق صحة وسلامة الحشود: تقييم حي العزيزية والزاهر بمكة المكرمة

عبدالله بن سعيد عيظة كربان

استاذ العمارة و التخطيط الحضري المساعد، جامعة ام القري

Enhancing Wayfinding Systems for Crowd Health and Safety in Makkah: Assessing Al-Aziziya and Al-Zahir Neighborhoods

Abdullah Saeed Karban

Department of Architecture, Umm Alqura University

*Corresponding author: E-mail (askarban@uqu.edu.sa)

الملخص

تتناول هذه الدراسة دور أنظمة الإرشاد المكاني، بما في ذلك اللوحات الإرشادية والهوية الحضرية، على صحة وسلامة الحشود في الأحياء السكنية بمكة المكرمة خلال موسمي الحج والعمرة. حيث يعتمد ملايين الزوار على هذه الأنظمة للتنقل في مناطق غير مألوفة ومكتظة بالمستخدمين. ومع ذلك، فإن عدم اكتمال البنية التحتية، وضعف تواجد اللوحات الإرشادية، ومحدودية الدعم متعدد اللغات، والافتقار إلى علامات حضرية، قد يؤدي إلى عدم الوصول إلى الوجهات النهائية للمستخدمين أو الازدحام وازدياد المخاطر المتعلقة بالسلامة والأمان. حددت الدراسة وجود فجوة كبيرة في الدراسات التي تركز على أنظمة الإرشاد المكاني والوصولية على مستوى الأحياء في المدن ذات الكثافة السكانية العالية والتي تشهد ارتفاع في أعداد المستخدمين في المناطق غير المألوفة لديهم. ولذلك، تم استخدام نهج مختلط، يجمع بين المسح الميداني وتقييم الوضع الراهن في كل من أحياء العزيزية والزاهر، بالإضافة إلى جمع البيانات الكمية من خلال الاستبانات الرقمية التي تجاوب معها 179 فردا. أظهرت النتائج أن أنظمة الإرشاد المكاني في مكة المكرمة غير الكافي قد أثر سلبًا على تدفق الحشود وسلامتها. خلصت الدراسة إلى أن تحسين رؤية اللوحات الإرشادية، وتعزيز الهوية الحضرية أمرا بالغ الأهمية للحد من التيه، وتخفيف الازدحام، وتحسين السلامة العامة في المناطق السكنية في مكة المكرمة خلال موسمي الحج والعمرة.

الكلمات الدالة: الإرشاد المكاني، مكة المكرمة، الأحياء، سلامة الحشود، ضيوف الرحمن، الحج والعمرة.

انظر البحث الكامل في الجزء الخاص بالأبحاث الإنجليزية صفحة (102)

أنماط زيارات قسم الطوارئ خلال فترة الحج بمستشفى النور التخصصي بمكة المكرمة، المملكة العربية السعودية 2024: نحو تحسين الرعاية الصحية في ضوء رؤية المملكة العربية السعودية 2030

غانم حميد الخطابي*[1]، حاتم أحمد العمري[1]، بسمة أمين رفيع[1]، ملهم عبد الفتاح فدا[1]، خلود خالد الحربي[2]، أسيد أيمن حلواني[1]

تجمع مكة المكرمة الصحي، وزارة الصحة

Patterns of emergency department visits during Hajj period in Al-Noor Specialist Hospital, Makkah, Saudi Arabia, 2024: Towards healthcare optimization in view of Saudi Arabia's vision 2030

Ghanim. H. Al-Khattabi[1]*, Hatim. A. Al-Omari[1], Basmah. A. Rafea[1], Molham. A. Feda[1], Khulood K Al-Harbi[2], Osaid. A. Halwani[1]

Makkah Healthcare Cluster, Ministry of Health

*Corresponding author: E-mail (drghanimm@gmail.com)

الملخص

أصبحت زيارات المستشفيات غير المقننة والتي يمكن تجنبها مصدر قلق متزايد في دول الشرق الأوسط. ومع ذلك، هناك ندرة ملحوظة في الدراسات التي أوضحت نمط الحالات الحادة التي عولجت في المراكز الطبية خلال فترة الحج، بما في ذلك تلك التي وصفت زيارات الطوارئ العاجلة خلال هذه الفترة الحيوية. تهدف هذه الدراسة إلى فحص أنماط زيارات قسم الطوارئ من قبل المرضى خلال فترة الحج وتحديد مدى أهمية وإلحاح تلك الزيارات. تم إجراء مراجعة بأثر رجعي للسجلات الطبية للمرضى الذين يزورون قسم الطوارئ في مستشفى النور التخصصي في مدينة مكة المكرمة من تاريخ 1-12-1445هـ وحتى تاريخ 30-12-1445هـ تم تضمين ما مجموعه 14842 سجلا للمرضى في التحليل، ما يقرب من ثلثانهم 61.34٪ كانوا من الذكور. كان التشخيص المرضي الأكثر شيوعا هو الألم غير المحدد لمزيد من التحقيق بنسبة 13.61٪. وجد أن نسبة الخروج الطبي لمعظم المرضى الذين زاروا قسم الطوارئ كان بنسبة 90.89٪ (زيارات يمكن تجنبها) و4٪ فقط من زيارات الطوارئ تم تنومها داخل المستشفى. بالإضافة إلى ذلك، أظهرت الدراسة الحالية اختلاف مدة الإقامة في قسم الطوارئ/ ساعة لكلا النوعين من المرضى (أي أولئك الذين تم تنويمهم داخل أقسام المشفى وأولئك الذين تم خروجهم طبيا). كشفت نتائج مقياس الفرز والحدة الكندي (مقياس CTAS) أن أكثر من الثلثين 69.82٪ من المرضى كان مقياسهم من الدرجة الثالثة (III). ومع ذلك، تتغير درجات حدة وفرز المرضى تغيير ذو علاقة دالة إحصائيا (مقياس CTAS) بشكل كبير طوال أيام الحج وخلال الفترات المختلفة خلال تلك الأيام (P = 0.00). حوالي نصف الزوار لقسم الطوارئ 57.54% كان لديهم تأمين صحي ومعظم الزوار 98.92% يمكثون أقل من ساعة في ذات القسم وأغلبهم98.96% لا يتم متابعة حالتهم الصحية بعد خروجهم منه. وخلصت الدراسة بانه قد يكون فرز المرضى أثناء الحج أمرًا صعبًا نظرًا لارتفاع عدد المرضى مقارنة بالموارد المتاحة. خلال فترة الحج، خرجت طبيا نسبة كبيرة من المرضى الزائرين لقسم الطوارئ من المستشفى في غضون 24 ساعة، مع معدل خروج عالي كان في الصباح وبعد الظهر وقبل فترة منتصف الليل. تلقت كل من الحالات المقبولة التي تم تنويمها والخارجة طبيا من الطوارئ (الحالات التي يمكن تجنب دخولها لقسم الطوارئ) مستويات متساوية من الرعاية مما أدى إلى الاستخدام غير المناسب لمرافق قسم الطوارئ، والمساهمة في ارتفاع تكاليف الرعاية الصحية مما أدى إلى ضعف كفاءة التكلفة المالية في تقديم الرعاية الصحية. لذلك، هناك ما يبرر حاليا ضرورة تفعيل مبادي الرعاية الصحية القائمة على القيمة (Value-Based-Healthcare) والنموذج الجديد لمبادئ الرعاية (New-Model of Care) بما في ذلك مسار الرعاية العاجلة Urgent Care Pathway) . وأوصت الدراسة بأنه يجب التعاون الوثيق بين أطباء قسم الطوارئ والأطباء الآخرين لاستخدام الموارد بكفاءة. كما يجب إعطاء الأولوية لتنويم الحالات داخل المستشفى اعتمادًا على الفوائد المحتملة للمرضى. بالإضافة إلى ضرورة تمديد أيام العمل في مراكز الرعاية الصحية الأولية وتحسين مرافق الرعاية الصحية المتقدمة خلال فترة الحج.

انظر البحث الكامل في الجزء الخاص بالأبحاث الإنجليزية صفحة (121)

تعزيز السلامة النفسية للأطفال أثناء تنظيم وإدارة الحشود في الحج والعمرة بالمملكة العربية السعودية

أمل بنت محمد عبد العزيز بنونه

قسم الطفولة المبكرة، كلية التربية، جامعة أم القرى

Enhancing Childrens Psychological Safety while Organizing and Managing Crowds during Hajj and Umrah in the Kingdom of Saudi Arabia

Amal M Banunnah

Early Childhood, Education Faculity, Umm Al-Qura University

*Corresponding author: E-mail (ambanunnah@uqu.edu.sa)

الملخص

سعت وزارة الحج والعمرة بتقديم الخدمات اللازمة لرعاية ضيوف الرحمن وذويهم سواء من داخل المملكة العربية السعودية أو خارجها من جميع الجنسيات، حيث إنها تسمح باصطحاب اطفالهم الصغار لزيارة المشاعر المقدسة. ولكن، خلال الحشود الكبيرة قد يتأثر بعض الأطفال نفسياً بسبب عدة عوامل منها الازدحام، اختلاف الثقافة واللغة، تغيير البيئة المحيطة، التزام الوالدين بقوانين وخطوات معينة لأداء الشعائر الدينية التي تكون مرهقة على الأطفال الصغار. في عام 2023م وفرت وزارة الموارد البشرية والتنمية الاجتماعية السعودية (22) مركزا في مدينة مكة المكرمة تحت إشراف كادر مؤهل لضيافة ابناء ضيوف الرحمن والعاملين والعاملات في الحج والتي تهدف إلى توفير بيئة أمنة للأطفال خلال تنظيم وإدارة حشود الحج والعمرة حماية لهم من أخطار الازدحام والعدوى، او التعرض للحوادث أو الفقدان والضياع في المشاعر المقدسة، وليؤدي الحجاج مناسك عبادتهم في سكينة وخشوع. تهدف هذه الدراسة إلى التحقق من جودة الخدمات المقدمة للصغار في مراكز ضيافة الأطفال لتعزيز سلامتهم النفسية اثناء إدارة الحشود في فترة الحج والعمرة تحقيقاً لنظام حماية الطفل المقر في المملكة العربية السعودية. استخدم في هذا البحث المنهج الوصفي لملائمته لطبيعة الدراسة، وتم جمع البيانات عن طريق الاستبانة من عينة هذه الدراسة، تم استخدام العينة العشوائية البسيطة من مراكز الضيافة بمركز التنمية الاجتماعية بمكة المكرمة.

ومن أهم النتائج التي توصلت إليها الدراسة: وجود علاقة قوية بين التأهيل والتدريب لدى العاملين في مراكز الضيافة وتوفير بيئة أمنة للأطفال من مختلف الثقافات وتعزيز السلامة النفسية للطفل المواطن، المقيم، الزائر. وفي ضوء النتائج أوصت هذه الدراسة: بتقديم الدورات والندوات وورش العمل اللازمة لمعرفة احتياجات نمو الأطفال والتعامل معهم لمواجهة التحديات بسبب الازدحام أو الاختلاف الثقافي والذي يسهم بشكل كبير في ترقية خدمة ضيوف الرحمن بقطاع الحج والعمرة. والتوصية على اجراء المزيد من الدراسات البحثية في مجال حماية الطفل أثناء تنظيم وإدارة الحشود في منظومة الحج والعمرة، ليعكس الوجه المشرق لحماية المملكة للأطفال عالمياً اثناء إدارة الحشود الكبيرة.

الكلمات الدالة: حماية الأطفال - السلامة النفسية - التدريب - إدارة الحشود - منظومة الحج والعمرة.

Abstract

The Ministry of Hajj and Umrah sought to provide the necessary services to care for the guests of Al-Rahman and their families, whether from inside or outside the Kingdom of Saudi Arabia, of all nationalities, as it allows them to accompany their young children to visit the Holy Sites. However, during large crowds, some children may be affected psychologically

due to several factors, including crowding, differences in culture and language, change in the surrounding environment, and parents' adherence to certain laws and steps for performing religious rituals that are stressful for young children. In 2023, the Saudi Ministry of Human Resources and Social Development provided 22 centers under the supervision of a qualified staff to host children of the guests and Hajj workers, which aims to provide a safe environment for children during the organization and management of Hajj and Umrah crowds, protecting them from the danger of crowding and infection, or exposure to accidents, loss in the holy sites, and for the pilgrims to perform their rituals of worship in peace and reverence. This study aims to verify the quality of services provided to young people in children's hospitality centers to enhance their psychological well-being while managing crowds during the Hajj and Umrah period, in implementation of the child protection system established in the Kingdom of Saudi Arabia. The descriptive approach was used in this research to suit the nature of the study, and data was collected through questionnaires from the sample of this study. A simple random sample was used from the hospitality centers at the Social Development Center in Makkah Al-Mukarramah.

Among the most important findings of the study: There is a strong relationship between qualification and training among workers in hospitality centers, providing a safe environment for children from different cultures, and enhancing the psychological safety of the citizen, resident, and visitor child. Considering the results, this study recommended: Providing the necessary courses, seminars, and workshops to know the needs of children's development and deal with them to meet challenges due to crowding or cultural differences, which contribute significantly to improving the services given to the guests of Al-Rahman in the Hajj and Umrah sector. Recommending that more research studies be conducted in the field of child protection during the organization and management of crowds in the Hajj and Umrah system, to reflect the bright side of the Kingdom's protection of children globally while managing large crowds.

Keywords: Child Protection - Psychological Safety - Training - Crowd Management - System of Hajj and Umrah.

1. المقدمة

تعتبر قضية تعزيز السلامة النفسية للأطفال جزءاً أساسياً من الرعاية الشاملة التي يجب تقديمها للأطفال أثناء تنظيم وإدارة الحشود في الحج والعمرة، وذلك لضمان الحصول على تجربة إيجابية ومريحة تنعكس إيجابياً على الحجاج والمعتمرين والزائرين ونمو أطفالهم وتطورهم النفسي.

قد استقبلت المملكة نحو 100 مليون حاج منذ عام 1390هـ، ويمثل هذا الرقم دليلاً على الحضور الدائم للزوار من مختلف بقاع العالم. وفقاً لرؤية المملكة الطموحة، يتوقع أن تستقبل المملكة أكثر من 30 مليون معتمر سنوياً بحلول عام 2030، مما يتطلب تطوير خدمات متقدمة وتقنيات حديثة لضمان تقديم تجربة مريحة وآمنة للحجاج. في هذا السياق، يعتبر تعزيز السلامة النفسية للأطفال الذين يرافقون أسرهم أثناء الحج والعمرة أمراً بالغ الأهمية، حيث يعاني هؤلاء الأطفال من تحديات عدة نتيجة للازدحام والتغيرات البيئية والثقافية (حمدي، 2021).

وتعتبر سلامة الحشود خلال مناسك الحج تحدياً كبيراً يتطلب فهمًا عميقًا للديناميات النفسية والاجتماعية التي تؤثر على تجربة الحجاج. تظهر الأبحاث أن كثافة الحشود قد تؤثر سلباً على الشعور بالسلامة، إلا أن دراسة Alnabulsi and Drury (2014) تشير إلى أن الهوية الاجتماعية للحجاج تلعب دوراً مهماً في هذه الديناميات. حيث أظهر الحجاج الذين يتمتعون بإحساس قوي بالانتماء الجماعي زيادة في شعورهم بالسلامة حتى في ظل كثافة حشد عالية، مما يعكس أهمية تعزيز الروابط الاجتماعية في تحسين تجربة الحجاج.

ومع أن الهوية المشتركة بين الحجاج تساهم في تسهيل إدارة الزحام، إلا أن هناك تحديات متعلقة بتنوع الجنسيات والثقافات المختلفة التي قد تؤدي إلى احتكاكات نتيجة اختلاف العادات وأحيانًا الحواجز اللغوية. هنا يظهر دور المشرفين والمنظمين الذين يعملون على توجيه الحجاج وتوفير المعلومات اللازمة لضمان سلاسة الحركة وتجنب الاصطدامات غير الضرورية. يعتمد المنظمون على إرشادات

وتعاليم دينية تساعد في تهدئة الحشود وتوجيههم لكيفية التعامل مع بعضهم البعض في المساحات المزدحمة، مما يسهم في تعزيز التآلف والسلامة في هذا السياق.(Enes & Hopkins, 2023)

ويعتبر الأمن والسلامة للأطفال خلال مناسك الحج والعمرة من القضايا الأساسية التي تتطلب اهتماماً خاصاً، حيث يتعرض الأطفال للعديد من التحديات النفسية والجسدية نتيجة الازدحام الكبير والتغيرات البيئية. في ظل توافد الملايين من الحجاج والمعتمرين، يصبح الأطفال عرضة لمخاطر مثل الفقدان، والضياع، والإرهاق النفسي (حمدي، 2021). لذا، يتوجب على الجهات المعنية اتخاذ تدابير فعّالة لضمان توفير بيئة آمنة ومريحة للأطفال، تشمل توفير مراكز ضيافة مجهزة، وتقديم الدعم النفسي، والتأكد من تدريب الكوادر على التعامل مع احتياجات الأطفال. من خلال تعزيز الأمن والسلامة، بشكل يمكن الأطفال من الاستمتاع ببيئة آمنة بإدارة مهنية تسهم في تعزيز سلامتهم النفسية ويحقق تجربة إيجابية لهم ولعائلاتهم.

وتُعَدّ معايير الأمن والسلامة للأطفال أحد العناصر الأساسية في تعزيز الثقافة التنظيمية المتعلقة بحمايتهم. وتهدف هذه المعايير إلى منع إساءة معاملتهم في جميع مجالات العمل، وضمان أن جميع المعنيين بالعملية التعليمية يكونون على دراية بمسؤولياتهم تجاه تحديد المناسبات والأحداث والمواقف التي قد تفضي إلى إساءة معاملة الأطفال. كما تسعى هذه المعايير إلى وضع ضوابط وإجراءات فعّالة لمنع هذه الإساءات، واكتشافها عند حدوثها، واتخاذ إجراءات سريعة للتصدي لها بفعالية وكفاءة (إبراهيم، المرزوقي، والريامي، 2024).

كما أشار أميليا وآخرون (Amelia, et al 2023) أن الجانب النفسي في إدارة الحشود يمثل تحديًا كبيرًا في موسم الحج، حيث أن الازدحام الشديد يمكن أن يؤدي إلى مشاعر الخوف والقلق. لكن مع توفير تقنيات حديثة للمراقبة والاتصال، يمكن السيطرة على الحشود بشكل فعال. على سبيل المثال، يمكن للأنظمة المتطورة أن تقدم تحذيرات للحجاج بخصوص الأماكن المزدحمة وتوجيههم إلى المسارات الأقل ازدحامًا، مما يساهم في توفير بيئة نفسية مستقرة وآمنة. هذه الإجراءات لا تقتصر فقط على تحسين التجربة البدنية للحجاج وذويهم، بل تعزز من صحتهم النفسية وتساعدهم في قضاء مناسكهم في بيئة أكثر هدوءً وأمانًا.

وفي هذا الصدد، هدفت دراسة Bhuiyan et al., (2022) إلى تعزيز سلامة الأطفال خلال تنظيم وإدارة الحشود في الحج والعمرة من خلال تحسين مراقبة كثافة الحشود باستخدام تقنيات التحليل المرئي والتعلم العميق. استخدم الباحثون منهجية تحليل بيانات الفيديو لمراقبة كثافة الحشود أثناء مناسك الحج، حيث تم جمع البيانات من مجموعة خاصة تُعرف بـ "Hajj-Crowd dataset". وقد أظهرت النتائج تحقيق دقة تصل إلى 100% في تحليل الحشود، مما يبرز أهمية التقنية في ضمان سلامة الأطفال. من خلال تعزيز المراقبة التلقائية للحشود، يمكن تحسين بيئة آمنة للأطفال وتعزيز تجربتهم الروحية. لذلك، أكدت نتائج دراسة Muhammadong (2022) على أهمية تصميم برامج تدريبية متخصصة في علم نفس الحج لتحسين السلامة النفسية للأطفال، حيث أظهرت النتائج أن هذه البرامج تعزز من مشاعر الطمأنينة والثقة بالنفس لدى الأطفال المشاركين في مواسم الحج.

ولتطبيق معايير الأمن والسلامة للأطفال وتعزيز السلامة النفسية لهم أثناء تنظيم وإدارة الحشود في الحج والعمرة بالمملكة العربية السعودية، يجب وضع استراتيجيات فعّالة لترسيخ الثقافة التنظيمية لسلامة الطفل. يتضمن ذلك اتخاذ ترتيبات وإجراءات قيادية واضحة، وإنشاء ميثاق أخلاقي يحدد السلوكيات المناسبة في التعامل مع الأطفال. علاوة على ذلك، يجب الاهتمام بالمتابعة والإشراف والتدريب، إضافة إلى ممارسات الموارد البشرية التي تسهم في تقليل مخاطر إساءة المعاملة من قبل الموظفين، سواء الجدد أو الحاليين. كما يتعين إشراك الأطفال في اتخاذ القرارات المتعلقة بالبيئة المحيطة بهم، وتعزيز مشاركة الأسرة واندماجها في كافة المجالات المرتبطة بحماية الأطفال وتعليمهم (إبراهيم، المرزوقي، والريامي، 2024).

ومن جانب آخر، يُعتبر الازدحام أحد العوامل المؤثرة سلبًا على التطور الاجتماعي والعاطفي وسلوك الأطفال، حيث تبرز هذه التأثيرات بشكل خاص في السياقات التي تتطلب تنظيم وإدارة الحشود مثل الحج والعمرة في المملكة العربية السعودية. تشير الدراسات إلى أن الازدحام قد يساهم في زيادة مستويات القلق والتوتر لدى الأطفال، مما يؤثر على تجربتهم العامة خلال هذه الفعاليات. وفقًا لبحث أجرته Fouts et al. (2023) ، فإن الازدحام يُسهم في تدهور السلوكيات الاجتماعية والعاطفية للأطفال، وهو ما يمكن أن ينعكس سلبًا على قدرتهم على التكيف مع البيئات المزدحمة. كما يرتبط الازدحام في البيئات المنزلية بارتفاع احتمالات التأديب العنيف وانخفاض المشاركة في الأنشطة التحفيزية، وهو ما يؤثر على نمو الأطفال في البلدان ذات الدخل المنخفض والمتوسط ، (Gao et al., 2021)في سياق إدارة الحشود خلال الحج والعمرة، يجب أن تكون هناك استراتيجيات واضحة لتعزيز السلامة النفسية للأطفال، من خلال توفير بيئات آمنة تدعم التجربة الروحية والاجتماعية للأطفال، مما يساعد على تقليل التأثيرات السلبية الناتجة عن الازدحام.

كما أشار دراسة (Amelia, et al 2023)إلى أن إدارة الحشود في موسم الحج تعتبر من العناصر الأساسية لضمان سلامة الحجاج وراحة نفسيتهم، خاصة بالنسبة للأسر التي ترافق أطفالها. تزداد أهمية هذه الإدارة مع ازدياد عدد الحجاج في الأماكن المقدسة، مما يؤدي إلى زيادة الضغط النفسي على الأفراد، ولا سيما الأمهات اللواتي يشعرن بقلق كبير على أطفالهن في بيئات مكتظة. يتطلب الوضع تدابير وقائية تهدف إلى تقليل الازدحام وضمان سلامة الأفراد. أحد الحلول الحديثة التي تم تطويرها هو استخدام أنظمة مراقبة ذكية تعتمد على تقنيات الذكاء الصناعي لمراقبة حركة الحشود وتحديد مناطق الازدحام الحاد، مما يسمح بتوجيه الحجاج إلى المسارات الأقل ازدحامًا. هذا النظام ليس فقط يحسن من السلامة البدنية، ولكن يساهم أيضًا في تقليل القلق النفسي للأسر وخصوصًا تلك التي لديها أطفال.

تتطلب إدارة الحشود الفعالة فهم التحديات التي قد تؤثر على تجربة الحجاج وسلامتهم، خاصة وأن الحجاج يختلفون من حيث الفئة العمرية والصحة الجسدية؛ مما يزيد من احتمالية تعرض البعض للإصابات أو التوتر أثناء تأدية المناسك .(Afnan & Bassam, 2019) يُعد استخدام المحاكاة المستندة إلى النماذج وكذا محاكاة حركة الحشود أداةً فعالة لتحليل حركة الحشود وتقدير التدابير المثلى لتقليل مخاطر الحوادث، وذلك عبر تحديد النقاط الأكثر ازدحامًا واختناقًا. ومن خلال تحسين إدارة الحشود، يمكن تعزيز الطمأنينة لدى أبناء الحجاج، حيث تتيح هذه الإجراءات بيئةً أكثر أمانًا لأفراد أسرهم.

وذكرت دراسة (شرف، 2017) أن إحدى الاستراتيجيات الرئيسية في إدارة الحشود هي استخدام الأنظمة الذكية والمراقبة التكنولوجية التي تساعد في مراقبة حركة الحجاج وتوجيههم إلى مسارات أقل ازدحامًا. هذه الأنظمة تساعد في تقليل الضغط النفسي على الحجاج وتوفر بيئة نفسية آمنة للأسر، خصوصًا تلك التي لديها أطفال. من خلال هذه الإجراءات، يمكن تقليل المخاوف والقلق النفسي، مما يعزز الشعور بالأمان والراحة. تدابير مثل هذه لا تقتصر على تحسين السلامة البدنية فحسب، بل تساهم أيضًا في تحسين الصحة النفسية، وهو ما يعتبر أمرًا بالغ الأهمية في بيئات كهذه، حيث يزداد تأثير الازدحام على الصحة النفسية للأطفال (شرف, 2017).

وتعتمد استراتيجيات إدارة الحشود على فهم الديناميات الاجتماعية والتقنية المتعلقة بكثافة الحشود. كما أوضحت دراسة Bhuiyan et al. (2022) ، فإن استخدام الشبكات العصبية التلافيفية (FCNN) لتحليل الحشود يمثل خطوة مهمة نحو تحسين سلامة الأطفال. من خلال دمج المراقبة التلقائية مع استراتيجيات التعلم العميق، يمكن تقديم استجابة سريعة لمواقف الازدحام، مما يسهم في تعزيز السلامة النفسية للأطفال خلال أداء مناسك الحج والعمرة. وفي هذا الصدد، ركزت دراسة Alnabulsi and Drury (2014) على أن كثافة الحشود يمكن أن تؤثر سلبًا على سلامة الأطفال، لكن الانتماء الاجتماعي قد يخفف من هذه الآثار. وتهدف الدراسة إلى تعزيز السلامة النفسية للأطفال من خلال فهم دور الهوية الاجتماعية في تحسين شعورهم بالأمان. استخدم الباحثون المنهج الوصفي، حيث تم استبيان 1,194 حاجًا في المسجد الحرام خلال الحج. أظهرت النتائج أن تعزيز الهوية الاجتماعية بين الأطفال يمكن أن يزيد من شعورهم بالسلامة النفسية، مما يسهم في تحسين تجربتهم خلال المناسك. وأوضح Young-Jin and Juraev (2023) أن الاستراتيجيات المبتكرة في إدارة الحشود تمتد لتشمل توفير مسارات بديلة وتطبيقات إرشادية لمساعدة الحجاج في التحرك بانسيابية. تتيح هذه الأدوات الوصول السريع إلى المسارات الآمنة وتوجه الحجاج بعيدًا عن المناطق المزدحمة، مما يقلل من التوتر والقلق الذي قد يشعر به أفراد عائلاتهم خلال فترة أداء الشعائر.

وتعتبر الهوية الاجتماعية أحد العوامل الرئيسية التي تؤثر على سلوك الأفراد في الحشود، حيث يسهم الانتماء إلى مجموعة معينة في تعزيز شعور الأمان لدى الأطفال، حتى في ظروف الازدحام الشديد (Alnabulsi & Drury, 2014) .من خلال تعزيز الهوية الاجتماعية بين الحجاج، يمكن تحسين السلامة النفسية للأطفال أثناء أداء المناسك، مما يقلل من الشعور بالقلق والخوف الناتج عن الازدحام. تشير الأبحاث إلى أن إدراك الدعم من أعضاء الحشد الآخرين يمكن أن يساهم في تعزيز تجربة الحج الإيجابية للأطفال (Alnabulsi & Drury, 2014).لذا، من الضروري تبني استراتيجيات فعالة لتعزيز الروابط الاجتماعية بين الحجاج، بالإضافة إلى تطوير برامج مخصصة لتعزيز الهوية الاجتماعية لدى الأطفال. هذا سيساعد في خلق بيئة آمنة ومستقرة لهم خلال مناسك الحج والعمرة في المملكة العربية السعودية، مما يسهم في تعزيز سلامتهم النفسية وتجربتهم الروحية.

وأشارت دراسة Yakubu (2023) إلى أن إدارة وتنظيم الحشود تلعب دورًا أساسيًا في تحقيق السلامة النفسية للأطفال خلال موسم الحج، حيث يساهم التنظيم الجيد في تقليل التوتر والقلق الناتج عن الازدحام والضغوط المرتبطة بتلك الفترة. وتؤكد الدراسة على أهمية التوعية والدعم النفسي والاجتماعي في تعزيز الأمان النفسي للأطفال في هذه البيئات المكثفة. وأشارت دراسة Abd Rahman et

(2022) .alإلى أن إدارة الحشود تلعب دورًا حاسمًا في تعزيز السلامة النفسية للحجاج وأطفالهم خلال موسم الحج، مما يسهم في تحقيق تجربة إيجابية أثناء أداء المناسك. كما تؤكد الدراسة على أهمية التحضير الذهني للتعامل مع الحجاج من خلفيات ثقافية مختلفة، مما يعزز الشعور بالأمان والطمأنينة.

ولأهمية العلاقة بين إدارة الحشود أثناء الحج والعمرة، والسلامة النفسية للأطفال، أكدت العديد من الدراسات على ذلك، ومنها، هدفت دراسة Rizk (2024) إلى التعرف على كفاءة إدارة الحشود أثناء الحج في تعزيز السلامة النفسية للأطفال، وفحص التحديات والمبتكرات والتوجهات المستقبلية في هذا المجال. استخدمت الدراسة المنهج الوصفي مع تصميمين كمي ونوعي، وشملت عينة مكونة من 1243 حاجًا بالإضافة إلى 5 إداريين من وزارة الحج والعمرة. أظهرت النتائج نجاح إدارة الحشود في تعزيز السلامة النفسية للأطفال، مع الإشارة إلى وجود معوقات تتعلق بالحساسية الثقافية والتعقيدات اللوجستية.

وحاولت دراسة Almehmadi (2023) إلى استقصاء دور إدارة الحشود بالمملكة العربية السعودية في دعم السلامة النفسية للأطفال أثناء موسم الحج. استخدمت الدراسة مناهج متعددة، منها دراسة الحالة والمنهج الوصفي، وشملت عينة تتكون من 280 مفحوصًا من مناصب إدارية مختلفة بوزارة الحج والعمرة. أظهرت النتائج تأثيرًا مرتفعًا جدًا لإدارة الحشود على تعزيز السلامة النفسية للأطفال، مما يستدعي مزيدًا من البحث في الحاجات النفسية للحجاج وأطفالهم. وتناولت دراسة Yakubu (2023) الدور الذي تلعبه إدارة وتنظيم الحشود في تعزيز السلامة النفسية للأطفال أثناء موسم الحج في المملكة العربية السعودية. استخدمت الدراسة المنهج الوصفي ذو التصميم النوعي والكمي، وتم تطبيق الأداة على عينة عشوائية مكونة من 167 موظفاً في وزارة الحج والعمرة، حيث تم جمع البيانات باستخدام استطلاع رأي حول تأثير تنظيم الحشود على الأطفال. توصلت الدراسة إلى أن إدارة الحشود لها دور محوري في تعزيز السلامة النفسية للأطفال، وأوصت بزيادة الاهتمام بجودة الخدمات المقدمة لهم. وحاولت دراسة Hassan et al., (2022) استكشاف المؤشرات المحتملة لجودة الخدمات التي تؤثر على مستوى الرضا الروحي بين الحجاج المسلمين. استخدم الباحثون منهجًا وصفيًا، وشملت العينة الحجاج الذين أدوا مناسك الحج خلال فترة ما بعد جائحة كوفيد-19. تم استخدام استبيانات لجمع البيانات حول رضا الحجاج عن الخدمات الطبية والإرشادية وتجربتهم العامة. أظهرت النتائج أن ارتفاع مستوى الرضا الروحي يرتبط بشكل مستقل بزيادة الرضا عن الخدمات الطبية والإرشادية، ولم يكن هناك تأثير ديموغرافي على هذه العلاقات. كما أظهرت التجربة العامة للحج تأثيرًا ملحوظًا في تعديل العلاقة بين الرضا عن الإرشاد الديني والروحانية. وهدفت دراسة Abd Rahman et al., (2022) إلى التعرف على خبرات الحجاج وأطفالهم حول الدور الذي تلعبه إدارة الحشود في تعزيز السلامة النفسية أثناء موسم الحج. استخدمت الدراسة المنهج الوصفي ذو التصميم النوعي، وشملت عينة مكونة من 11 حاجًا باكستانيًا وأطفالهم (13 طفلًا) تم اختيارهم بشكل عمدي. أظهرت النتائج أن إدارة الحشود تسهم في تحقيق مشاعر السلامة النفسية للحجاج وأطفالهم، مع ضرورة التحضير الذهني للتعامل مع ثقافات متنوعة.

في ضوء ما سبق، تتميز الدراسة الحالية بتركيزها على تأثير جودة الخدمات المقدمة في مراكز ضيافة الأطفال على تعزيز السلامة النفسية لهم أثناء إدارة الحشود، مما يسلط الضوء على العلاقة بين بيئة مراكز الضيافة وتجربة الأطفال خلال موسم الحج، وهو ما لم يتم تناوله في الدراسات العربية بالرغم من الحاجة الية في المملكة العربية السعودية. وبالتالي، تتضح أهمية تقييم جودة الخدمات المقدمة للأطفال في مراكز ضيافة الأطفال خلال فترات الحج والعمرة، بهدف تحسين البيئة النفسية لهم وتعزيز شعورهم بالأمان والراحة. فالاستثمار في سلامة الأطفال النفسية لا يضمن فقط راحتهم، بل يسهم أيضاً في تحسين تجربة ذويهم خلال أداء الشعائر الدينية بسلام، مما يعكس التزام المملكة العميق بخدمة ضيوف الرحمن، ويساهم في تحقيق أهداف رؤية 2030 بشكل شامل.

مشكلة الدراسة

تسعى المملكة العربية السعودية، من خلال رؤية 2030، إلى تعزيز مكانتها كوجهة رئيسية للحج والعمرة، مع التركيز على تقديم خدمات متميزة لضيوف الرحمن. وقد تم تدشين برنامج خدمة ضيوف الرحمن برعاية خادم الحرمين الشريفين وسمو ولي العهد، حفظهما الله، ليعكس هذا الاهتمام العميق بالعناية بالحجاج والمعتمرين. يتضمن البرنامج أكثر من 130 مبادرة تتعاون فيها أكثر من 32 جهة حكومية، ويهدف إلى تحقيق أهداف استراتيجية تتعلق بتيسير استضافة مزيد من المعتمرين، وتسهيل الوصول إلى الحرمين الشريفين، وتحسين جودة الخدمات المقدمة، بالإضافة إلى إثراء التجربة الدينية والثقافية للزوار. حيث تُعقد العديد من الفعاليات الضخمة حول العالم والتي تتطلب تجمعات هائلة من الناس، بما في ذلك الحج الذي يشهد توافد أعداد كبيرة من المسلمين من مختلف الدول والثقافات إلى مكة المكرمة، مما يثير قضايا تتعلق بإدارة الحشود وضمان سلامة الحجاج وأمنهم أثناء تأدية المناسك .(Afnan & Bassam, 2019) في

هذا السياق، تمثل إدارة الحشود في الحج تحدياً حيوياً يتطلب استخدام تقنيات متقدمة لتحسين تدفق الحجاج وتقليل الازدحام، الأمر الذي يسهم في الحفاظ على سلامة الحجاج ويخفف من الضغط على الجهات الأمنية المسؤولة عن تنظيم الحشود وتوجيهها، لا سيما خلال المناسك التي تشهد كثافة عالية مثل رمي الجمرات. حيث أشارت الدراسات السابقة إلى أن إدارة الحشود في موسم الحج من العوامل الحاسمة في ضمان السلامة النفسية والصحية للحجاج، خاصة الأسر التي ترافق أطفالها. ففي بيئات مكتظة، مثل الأماكن المقدسة، تتزايد مستويات التوتر والضغط النفسي، لا سيما عند الأمهات اللاتي يشعرن بالقلق حيال سلامة أطفالهن. وفقًا لـ (شرف, 2017)، كشفت بعض الإحصائيات عن مغادرة بعض الحجاج لموسم الحج بسبب معاناتهم من أعراض نفسية حالت دون قدرتهم على أداء المناسك. تشير هذه الإحصائيات إلى ضرورة تحسين إدارة الحشود لتقليل مستويات القلق النفسي وتحسين بيئة الحج النفسية. وبالتالي، أن إدارة الحشود أثناء موسم الحج تلعب دورًا هامًا في الحفاظ على السلامة النفسية لأبناء الحجاج، الذين يشعرون بالقلق حول سلامة ذويهم أثناء أدائهم لمناسك الحج. إن توفير بيئة آمنة ومنظمة بشكل جيد، تساعد على تقليل المخاوف لدى أبناء الحجاج، حيث تتيح لهم الاطمئنان إلى أن ذويهم بأمان وبعيدين عن المخاطر المحتملة في مثل هذه التجمعات الضخمة (Afnan & Bassam, 2019).

ومن جانب آخر، تشكل سلامة الأطفال خلال الحج والعمرة تحديًا مزدوجًا، حيث يتعرضون لضغوط نفسية وجسدية نتيجة الازدحام والتغيرات البيئية. وتواجه إدارة الحشود خلال الحج والعمرة تحديات كبيرة تتعلق بالازدحام، مما قد يؤثر سلبًا على سلامة الأطفال. وتشير نتائج دراسة Bhuiyan et al, (2022) إلى أن المراقبة الفعالة للحشود يمكن أن تساهم في تقليل المخاطر المرتبطة بالازدحام، مثل الفقدان والضياع. لذلك، تعتبر الحاجة إلى تقنيات مراقبة دقيقة أمرًا ملحًا لضمان سلامة الأطفال وتحسين تجربتهم أثناء أداء المناسك.

لذا، يعد تعزيز السلامة النفسية للأطفال أثناء الحج والعمرة أحد القضايا الهامة، حيث تزداد التحديات بسبب الأعداد الكبيرة للحجاج وتنوع خلفياتهم الثقافية. وفقًا لدراسة(2024) Rizk ، تلعب كفاءة إدارة الحشود دورًا رئيسيًا في تعزيز مشاعر الاطمئنان والسعادة، مما يستدعي تطوير استراتيجيات فعالة للتغلب على العقبات مثل الحساسية الثقافية والتعقيدات اللوجستية. كذلك، تؤكد دراسة Almehmadi (2023)على أن إدارة الحشود تعد من العوامل الأساسية التي تعزز السلامة النفسية للأطفال خلال موسم الحج وسعت وزارة الحج والعمرة إلى تقديم الخدمات اللازمة لرعاية ضيوف الرحمن وذويهم، بما في ذلك السماح لهم باصطحاب أطفالهم لزيارة المشاعر المقدسة. ومع ذلك، قد يتأثر بعض الأطفال نفسيًا وجسديًا وصحيًا واجتماعيًا خلال الحشود الكبيرة، مما يؤثر على سلامتهم النفسية بسبب عدة عوامل، منها الازدحام، اختلاف الثقافة واللغة، وتغير البيئة المحيطة.

وبالتالي، يتطلب تنظيم الحشود في مناسك الحج اهتمامًا كبيرًا بتأثير الهوية المشتركة على إدارة الزحام والتحديات المرافقة له، لا سيما في ظل الأعداد الكبيرة للحجاج وأسرهم من مختلف الثقافات والخلفيات. يتميز الحجاج الذين يؤدون المناسك بهوية دينية مشتركة تعزز من روح الانتماء والتعاون بينهم؛ حيث يُساعد ذلك في تقليل الإحساس بالتوتر الناجم عن الزحام، ويزيد من استعدادهم للتعاون وتقديم الدعم للآخرين. هذا الشعور بالانتماء الجماعي يوفر أيضًا مرونة في التعامل مع المساحات المكتظة، ويشجع الأفراد على التنقل بحذر وتفهم، مما يُسهم في تحقيق التنظيم الداخلي للحشد ويعزز من السلامة العامة للحجاج وذويهم.(Enes & Hopkins, 2023)

تأسيسا على ما سبق تتبلور مشكلة الدراسة في أنه بالرغم من جهود إدارة الحشود للتعامل مع الاعداد الكبيرة أثناء الحج والعمرة، واصطحاب الأسر لأطفالهم والأثار السلبية المترتبة على الازدحام الشديد على نفسية الاطفال، وبالرغم من توافر مراكز متخصصة لضيافة الأطفال ورعايتهم في مدينة مكة المكرمة خلال فترة الحج والعمرة، حيث أنها المراكز المتخصصة التي تقدم الرعاية والخدمات للأطفال أثناء فترات الحج والعمرة، تم تخصيصها لتوفير بيئة آمنة وملائمة لهم. حيث تتضمن المراكز برامج وأنشطة تهدف إلى تعزيز السلامة النفسية والراحة للأطفال، وتوفير الدعم النفسي والاجتماعي لهم الا أنه كثيراً من الحجاج والمعتمرين ليس لديهم وعي بهذه المراكز والخدمات المتوفرة لأطفالهم، وفقًا لتقرير الموارد البشرية والتنمية الاجتماعية، تم رعاية 177 طفلًا في 22 مركزًا متخصصًا خلال موسم حج عام 1445هـ (مركز التنمية الاجتماعية بمكة، (2024. وبالتالي تبدو الحاجة ضرورية لمعرفة مدى فعالية خدمات مراكز ضيافة الأطفال في تعزيز السلامة النفسية لهم أثناء تنظيم وإدارة الحشود خلال الحج والعمرة، وسبل تحسين جودة الخدمات المقدمة في هذه المراكز من وجهة نظر الكوادر المشرفة، لأنهم الأكثر دراية بالاحتياجات والمتطلبات النفسية للأطفال في هذا السياق. وعليه، تبرز الحاجة إلى إجراء دراسة تتناول هذه الفجوة البحثية، مما يسهم في تحسين واقع السلامة النفسية للأطفال أثناء الحج والعمرة.

وبالتالي، تتضمن صياغة أسئلة الدراسة الحالية كالتالي :

- ما مدى تأثير جودة الخدمات المقدمة في مراكز ضيافة الأطفال على تعزيز السلامة النفسية لهم أثناء إدارة الحشود في الحج والعمرة؟"
- هل توجد فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى دلالة ($\alpha \leq 0.05$) في مستوى السلامة النفسية للأطفال في مراكز الضيافة تعزى لمتغيرات (المؤهل العلمي، المسمى الوظيفي، سنوات الخبرة في المجال) من وجهة نظر المعلمات والمديرات في مراكز الضيافة؟

أهداف الدراسة:

تهدف الدراسة إلى تحقيق الأهداف التالية:

- تحديد مدى تأثير جودة الخدمات المقدمة في مراكز ضيافة الأطفال على تعزيز السلامة النفسية لهم أثناء إدارة الحشود.
- التعرف على الفروق في مستوى السلامة النفسية للأطفال في مراكز الضيافة تعزى لمتغيرات المؤهل العلمي، المسمى الوظيفي، وسنوات الخبرة في المجال.

أهمية الدراسة:

1. تأتي هذه الدراسة استجابة للاحتياجات المتزايدة لتعزيز السلامة النفسية للأطفال أثناء تنظيم وإدارة الحشود في الحج والعمرة بالمملكة العربية السعودية، وتتماشى الدراسة مع الجهود الوطنية لتحسين تجربة الحج والعمرة للأطفال، مما يسهم في تحقيق رؤية المملكة العربية السعودية 2030. وتظهر أهمية الدراسة الحالية فيما يلي:
2. تُعد هذه الدراسة من الدراسات الرائدة في مجال إدارة الحشود في السياقات الدينية، وتعتبر الدراسة إثراءً للمكتبة العربية، حيث تتناول موضوعًا حديثًا وهو تعزيز السلامة النفسية للأطفال في مراكز ضيوف الرحمن، وتعد الدراسة مرجعًا علميًا للباحثين في هذا المجال، وخاصةً أولئك الذين يركزون على أثر تنظيم الحشود على الصحة النفسية للأطفال.
3. يستفيد من نتائج هذه الدراسة القائمون على تنظيم وإدارة خدمات ضيوف الرحمن ومراكز ضيافة الأطفال، والبحث عن كيفية تعزيز السلامة النفسية للأطفال أثناء فترات الحج والعمرة، مما يسهل عملية الرعاية والدعم النفسي لهم، وبالتالي تسهم نتائج هذه الدراسة في بناء استراتيجيات مستقبلية تتعلق بكيفية التعامل مع الأطفال في الحشود، وتعزيز الأمان والراحة النفسية لهم.

مصطلحات الدراسة:

السلامة النفسية :يُشير مفهوم السلامة النفسية إلى الشعور بالأمان والراحة النفسية الذي يتمتع به الأفراد في بيئات معينة، مما يُسهم في تعزيز تجاربهم الإيجابية. وقد أشار ياكوبو (2023) إلى أن "تنظيم الحشود وإدارتها يلعبان دورًا رئيسيًا في تعزيز السلامة النفسية للأطفال خلال زيارة الأماكن المقدسة في الحج.(Yakubu, 2023, p. 145) "

وتعرف السلامة النفسية في هذه الدراسة بأنها الحالة النفسية التي يشعر بها الأطفال أثناء وجودهم في مراكز ضيافة الاطفال، حيث تتوافر بيئة آمنة وداعمة تقلل من مشاعر القلق والتوتر، مما يُساعدهم على التكيف بشكل أفضل مع فترات الحج والعمرة.

إدارة الحشود :تُشير إدارة الحشود إلى مجموعة من الإجراءات والتقنيات التي تهدف إلى تنظيم وتوجيه الحشود أثناء الفعاليات الكبيرة، وذلك لضمان سلامة الأفراد وتقديم الدعم النفسي لهم. وقد أكد عبد الرحمن وآخرون (2022) أن "إدارة الحشود تلعب دورًا حيويًا في تعزيز السلامة النفسية للحجاج وأطفالهم من خلال تنظيم الفعاليات وتوفير بيئات آمنة.(Abd Rahman et al., 2022)

مراكز ضيافة الأطفال: هي مراكز الاطفال التي تُقدِّم خدمات الرعاية الكاملة للأطفال (من الميلاد وحتى 12 سنة) والمبيت خلال فترات الحج، ويوجد بها برامج وأنشطة تهدف إلى تعزيز السلامة النفسية والراحة للأطفال، وتوفير الدعم النفسي والاجتماعي لهم، ويتوافر فيها فريق عمل مؤهل للتعامل مع الأطفال من جنسيات وثقافات مختلفة.

2. منهجية وطرق البحث

منهج الدراسة: استخدمت الدراسة المنهج الوصفي المسحي، وهو "المنهج الذي يدرس ظاهرة أو حدثاً، أو قضية موجودة حالياً، ويمكن الحصول من خلالها على معلومات تجيب عن أسئلة الدراسة دون تدخل الباحث فيها" (الأغا والأستاذ، 2000: 83).

عينة الدراسة :تكونت عينة الدراسة في صورتها النهائية من (80) من مديرات ومعلمات المراكز التي تعمل في مراكز ضيوف الرحمن، وعددها (22) مركزاً.

أداة الدراسة: (إعداد الباحثة): تهدف الاستبانة إلى التعرف على مستوى السلامة النفسية للأطفال في مراكز الضيافة أثناء فترة الحج والعمرة بمنطقة مكه المكرمة، وتحديد الأنشطة والبرامج التي تعزز هذه السلامة. تم تصميمها من قبل الباحثة لتقييم فعالية الإجراءات المتبعة في المراكز، مستندة إلى دراسات سابقة مثل دراسة Yakubu (2023) ودراسة Muhammadong (2022) ودراسة Almehmadi (2023).تتكون الاستبانة من (45) عبارة موزعة على ستة محاور رئيسية: المحور الأول: البعد النفسي (7 عبارات)، المحور الثاني: البعد الاجتماعي (8 عبارات)، المحور الثالث: البعد التنظيمي والإداري (7 عبارات)، المحور الرابع: البعد الأسري (8 عبارات)، والمحور الخامس: البعد التوعوي والتعليمي (8 عبارات). والمحور السادس : الأمن والسلامة (7) عبارات كما تضمنت معلومات أولية عن المركز، المؤهل العلمي، المسمى الوظيفي، وسنوات الخبرة في المجال، وبعد إجراءات صدق المحكمين تم تعديل بعض العبارات ليظهر الاستبانة في شكلها النهائي حيث تم الاعتماد .وفقًا لمعايير التقييم المحددة، تُصنَّف مستويات الموافقة على الفقرات بناءً على المتوسطات الفقرات ذات المتوسطات من (1) إلى أقل من (1.8) تُعتبر ذات مستوى موافقة ضعيف جدًا، من (1.8) إلى أقل من (2.6) تُعتبر ذات مستوى موافقة ضعيف، من (2.6) إلى أقل من (3.4) تُعتبر ذات مستوى موافقة متوسط، من (3.4) إلى أقل من (4.2) تُعتبر ذات مستوى موافقة مرتفع، وأخيرًا، الفقرات ذات المتوسطات التي تساوي (4.2) فأعلى تُعتبر ذات مستوى موافقة مرتفع جدًا.

صدق الأداة وثباتها: تم تقييم صدق الأداة من خلال الاعتماد على آراء المحكمين، حيث تم عرض الاستبانة في صورتهما الأولية على (8) من الخبراء والمتخصصين لإبداء آرائهم حولها. وبعد إجراء التعديلات التي أوصى بها المحكمون، تم تعديل بعض الفقرات. وقد تم وضع معيار للحكم على الفقرات، حيث إذا قلت نسبة الاتفاق بين المحكمين عن (80%)، يتم حذف العبارة المعنية لضمان جودة وموثوقية الأداة.

صدق الاتساق الداخلي: تم حساب معامل الارتباط لكل محور من محاور الاستبانة مع الدرجة الكلية للاستبانة، وجاءت قيم معاملات الارتباط بين المحاور والأداة ككل تتراوح بين (0.728) و(0.857)، وجميعها دالة عند مستوى دلالة (0.00) وهي معاملات ذات ارتباطات إيجابية وقوية. كما تم حساب معاملات الارتباط بين كل فقرة من فقرات الاستبانة والمحور الذي تنتمي إليه، والجدول التالي يوضح ذلك:

جدول (1): معاملات الارتباط لكل فقرة من فقرات الاستبانة والدرجة الكلية للمحور الذي تنتمي إليه

البعد النفسي		البعد الاجتماعي		البعد التنظيمي والإداري		البعد الأسري		البعد التوعوي والتعليمي		بعد السلامة والأمان	
م	معامل الارتباط	م	معامل الارتباط	م	معامل الارتباط	م	معامل الارتباط	م	معامل الارتباط	م	معامل الارتباط
1	**0.894	8	**0.878	16	**0.894	23	**0.894	31	**0.870	39	**0.680
2	**0.870	9	**0.850	17	**0.870	24	**0.870	32	**0.850	40	**0.720
3	**0.850	10	**0.840	18	**0.850	25	**0.850	33	**0.835	41	**0.690
4	**0.845	11	**0.820	19	**0.835	26	**0.835	34	**0.820	42	**0.730
5	**0.835	12	**0.780	20	**0.800	27	**0.820	35	**0.780	43	**0.600
6	**0.780	13	**0.760	21	**0.780	28	**0.780	36	**0.654	44	**0.720
7	**0.654	14	**0.654	22	**0.654	29	**0.654	37	**0.700	45	**0.800
		15	**0.890			30	**0.750	38	**0.754		

الأساليب الإحصائية:

تم استخدام معامل ألفا كرونباخ "Cronbach's Alpha Coefficient" ، وتم استخدام النسب المئوية والمتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية والأوزان النسبية وتحليل التباين المتعدد للإجابة على تساؤلات الدراسة.

3. النتائج والمناقشة

عرض نتائج السؤال الأول: للإجابة عن السؤال الأول الذي ينص على: **"ما مدى تأثير جودة الخدمات المقدمة في مراكز ضيافة الأطفال على تعزيز السلامة النفسية لهم أثناء إدارة الحشود في الحج والعمرة؟"**، قامت الباحثة بحساب المتوسطات الحسابية، والانحرافات المعيارية، والنسب المئوية، والرتب لاستجابات المديرات والمعلمات على محاور استبانة جودة الخدمات وتأثيرها على تعزيز السلامة النفسية للأطفال.

جدول (2) يعرض نتائج المتوسط الحسابي والانحراف المعياري لمحاور جودة الخدمات المقدمة في مراكز ضيافة الأطفال وتأثيرها على تعزيز السلامة النفسية للأطفال أثناء إدارة الحشود في الحج والعمرة

المحاور	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الوزن النسبي	المستوى	الترتيب
البعد النفسي	4.039	0.187	0.808	عالية	1
البعد الأسري	3.613	0.169	0.723	عالية	2
البعد التوعوي والتعليمي	3.611	0.189	0.722	عالية	3
بعد السلامة والأمان	3.604	0.187	0.721	عالية	4
البعد التنظيمي والإداري	2.650	0.180	0.530	متوسطة	5
البعد الاجتماعي	2.627	0.174	0.525	متوسطة	6
المتوسط الحسابي العام	3.357	0.072	0.671	متوسطة	

يظهر من جدول (2) أن جودة الخدمات المقدمة في مراكز ضيافة الأطفال لتعزيز السلامة النفسية للأطفال أثناء إدارة الحشود في الحج والعمرة جاءت بدرجة عالية، حيث بلغ المتوسط الحسابي العام (3.357) ووزن نسبي (67.1%). في المرتبة الأولى جاء البعد النفسي بمتوسط حسابي (4.039) ووزن نسبي (80.8%)، مما يشير إلى أن هذا البعد هو الأكثر تأثيراً. تلاه البعد الأسري بمتوسط حسابي (3.613) ووزن نسبي (72.3%)، مما يعكس أهمية الدعم الأسري في تعزيز السلامة النفسية. بينما جاء البعد التوعوي والتعليمي في المرتبة الثالثة بمتوسط حسابي (3.611) ووزن نسبي (72.2%)، مما يدل على دور التوعية في هذا السياق. في المقابل، كانت الأبعاد التنظيمية والاجتماعية ذات تأثير متوسط، مما يشير إلى الحاجة لتحسين هذه الجوانب لتعزيز جودة الخدمات بشكل أكبر.

وتفسر الباحثة هذه النتيجة إلى أن الأبعاد النفسية والأسريّة تلعبان دورًا حاسمًا في توفير بيئة آمنة ومستقرة للأطفال أثناء إدارة الحشود في الحج والعمرة، حيث يعزز الدعم النفسي والعاطفي من شعور الأطفال بالأمان والراحة. كما تشير إلى أن التوعية والتعليم يمكن أن يسهم في رفع مستوى الوعي لدى الأطفال حول كيفية التعامل مع المواقف المزدحمة، مما يعزز من قدرتهم على التكيف. أما بالنسبة للأبعاد التنظيمية والاجتماعية، فتوضح الباحثة أنه قد يكون هناك نقص في التركيز على تحسين هذه الجوانب، مما يتطلب مزيدًا من الجهود لتطوير الأنظمة والإجراءات التي تدعم السلامة النفسية للأطفال في مراكز الضيافة. هذه النتائج تسلط الضوء على أهمية تكامل الجوانب المختلفة لتحقيق جودة عالية في الخدمات المقدمة.

تشير النتائج إلى أن جودة الخدمات المقدمة في مراكز ضيافة الأطفال تتضمن أبعادًا نفسية وأسرية وتعليمية، مما يتماشى مع دراسة Yakubu (2023) التي أكدت أهمية إدارة الحشود في تعزيز السلامة النفسية للأطفال من خلال الدعم النفسي والتوعية. كما تدعم هذه النتائج أيضًا دراسة Almehmadi (2023) التي أشارت إلى أهمية التواصل الجيد بين الأسر وإدارة الحشود لتعزيز الشعور بالأمان والاطمئنان للأطفال.

وفيما يلي شرح تفصيلي لأبعاد الاستبانة:

البعد الاول: البعد النفسي

جدول (3) يعرض نتائج المتوسط الحسابي والانحراف المعياري لفقرات البعد النفسي وتأثيره على تعزيز السلامة النفسية للأطفال في مراكز ضيافة الأطفال أثناء إدارة الحشود في الحج والعمرة

م	العبارات	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الوزن النسبي	المستوى	الترتيب
7	يُقدم دعم نفسي مستمر لتحسين مزاج الأطفال.	4.475	0.503	%89.5	عالية جدا	1
1	توفر المركز بيئة هادئة لتعزيز استقرار الأطفال النفسي.	4.464	0.502	%89.3	عالية جدا	2
6	تُقدم القواعد للأطفال بأسلوب تفاعلي لتقليل القلق.	4.463	0.502	%89.3	عالية جدا	2
2	تنظم ورش فنية يومية لتشجيع الأطفال على التعبير عن مشاعرهم.	4.463	0.502	%89.3	عالية جدا	3
3	تُقدم تدريبات رياضية دورية لتخفيف التوتر.	3.550	0.501	%71.0	عالية	5
4	يشعر الأطفال بالراحة بوجود مشرفين مدربين نفسياً.	3.475	0.503	%69.5	عالية	6
5	يعزز التفاعل اليومي مع المشرفين ثقة الأطفال بأنفسهم.	3.388	0.490	%67.8	متوسطة	7
	المتوسط الحسابي العام	4.039	0.187	%80.8	عالية	

يوضح الجدول (3) أن البعد النفسي وتأثيره على تعزيز السلامة النفسية للأطفال في مراكز ضيافة الأطفال أثناء إدارة الحشود في الحج والعمرة جاء بدرجة عالية، حيث بلغ المتوسط الحسابي العام (4.039) وانحراف معياري قدره (0.187) وبوزن نسبي (80.8%). يشير هذا إلى أن الفقرات تعكس تأثيرات إيجابية ملحوظة على الحالة النفسية للأطفال.

ويظهر الجدول أن أعلى المتوسطات تمثلت في الفقرة (7) التي تنص على "يُقدم دعم نفسي مستمر لتحسين مزاج الأطفال" حيث بلغ (متوسط = 4.475، انحراف معياري = 0.503) وبوزن نسبي (89.5%)، مما يدل على أهمية الدعم النفسي المستمر. يليها الفقرة (1) التي تشير إلى "توفر المركز بيئة هادئة لتعزيز استقرار الأطفال النفسي" حيث بلغ (متوسط = 4.464، انحراف معياري = 0.502) وبوزن نسبي (89.3%)، مما يعكس دور البيئة الهادئة في تعزيز الاستقرار النفسي .أما الفقرة (5) التي تتعلق بـ"يعزز التفاعل اليومي مع المشرفين ثقة الأطفال بأنفسهم" فقد حصلت على أدنى متوسط (3.388، انحراف معياري = 0.490) وبوزن نسبي (67.8%)، مما يشير إلى ضرورة تحسين مستوى التفاعل بين الأطفال والمشرفين لتعزيز ثقتهم بأنفسهم.

تشير النتائج إلى تأثير إيجابي ملحوظ للبعد النفسي على السلامة النفسية للأطفال، وهو ما يتماشى مع دراسة Yakubu (2023) التي أكدت دور إدارة الحشود في تعزيز السلامة النفسية للأطفال من خلال تقديم الدعم النفسي المستمر. كما تدعم دراسة Muhammadong (2022)هذه النتائج، حيث أظهرت أهمية التفاعل الإيجابي مع المشرفين في تعزيز ثقة الأطفال بأنفسهم، مما يتطلب تحسين هذا الجانب لتعزيز الدعم النفسي في البيئات المزدحمة.

لذلك، أكدت دراسة (Amelia, et al 2023) على ضرورة كبيرة لتحسين إجراءات الطوارئ والمساعدة النفسية في الأماكن المقدسة، خاصة للأطفال الذين يعانون من التوتر والقلق بسبب الازدحام. خلال موسم الحج، لا تقتصر إدارة الحشود على تسهيل الحركة فحسب، بل تشمل أيضًا توفير بيئة نفسية آمنة ومريحة للزوار. تساهم أنظمة الإرشاد والتوجيه الإلكترونية في تقديم معلومات فورية للحجاج، مما يساعدهم في تحديد أماكن تجمعات الحشود وتجنب المواقع المزدحمة، الأمر الذي يسهم في تخفيف التوتر النفسي، لا سيما للأطفال. الدراسات تشير إلى أن تقليل التعرض للضغط النفسي في هذه الأوقات يزيد من رضا الحجاج بشكل عام ويؤثر إيجابًا على تجربتهم الدينية.

البعد الثاني: البعد الاجتماعي

جدول (4) يقدم نتائج المتوسط الحسابي والانحراف المعياري لفقرات البعد الاجتماعي ودوره في تعزيز السلامة النفسية للأطفال

م	العبارات	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الوزن النسبي	المستوى	الترتيب
8	توفر المركز أنشطة جماعية لتعزيز تفاعل الأطفال مع أقرانهم.	3.500	0.503	%70.0	عالية	3
9	تُقدم ألعاب جماعية تساعد على التواصل والراحة.	3.525	0.503	%70.5	عالية	2
10	تنظم فعاليات اجتماعية لتقليل شعور الوحدة.	1.475	0.503	%29.5	منخفضة جدا	8
11	تشجع الورش التفاعلية الأطفال على تكوين صداقات جديدة.	3.538	0.502	%70.8	عالية	1
12	تعزز الأنشطة التعاونية روح الفريق بين الأطفال.	2.500	0.503	%50.0	منخفضة	5
13	يشعر الأطفال بالأمان عند المشاركة مع أصدقائهم.	1.488	0.503	%29.8	منخفضة جدا	7
14	تُستخدم الألعاب الجماعية لبناء الثقة والتعاون.	2.525	0.503	%50.5	منخفضة	4
15	تنظم المركز فعاليات ثقافية لتعزيز فهم الأطفال للاختلافات الثقافية وتقبل الاخر	2.463	0.502	%49.3	منخفضة	6
	المتوسط الحسابي العام	2.627	0.174	%52.5	متوسطة	

يظهر الجدول (4) أن البعد الاجتماعي وتأثيره على السلامة النفسية للأطفال في مراكز ضيافة الأطفال أثناء إدارة الحشود في الحج والعمرة جاء بمستوى متوسط، حيث بلغ المتوسط الحسابي العام (2.627) وانحراف معياري قدره (0.174) وبوزن نسبي (52.5%). تشير هذه النتائج إلى أن الجوانب الاجتماعية بحاجة إلى تحسين لتلبية احتياجات الأطفال في التفاعل الاجتماعي.

ويظهر الجدول أن أعلى المتوسطات تمثلت في الفقرة (11) التي تنص على "تشجع الورش التفاعلية الأطفال على تكوين صداقات جديدة"، حيث بلغ متوسطها (3.538، انحراف معياري = 0.502) وبوزن نسبي (70.8%)، مما يعكس أهمية الأنشطة التفاعلية في تعزيز العلاقات بين الأطفال. تليها الفقرة (9) التي تشير إلى "تُقدم ألعاب جماعية تساعد على التواصل والراحة" بمتوسط (3.525، انحراف معياري = 0.503) وبوزن نسبي (70.5%).

في المقابل، كانت أدنى المتوسطات في الفقرة (10) التي تشير إلى "تنظم فعاليات اجتماعية لتقليل شعور الوحدة" حيث بلغ متوسطها (1.475، انحراف معياري = 0.503) وبوزن نسبي (29.5%)، مما يدل على عدم كفاية الأنشطة الاجتماعية للحد من شعور الوحدة لدى الأطفال. هذه النتائج تدعو إلى تطوير الأنشطة الاجتماعية لتعزيز التفاعل والشعور بالأمان بين الأطفال في بيئات مزدحمة. تشير هذه النتائج إلى ضرورة تحسين الجوانب الاجتماعية لتعزيز السلامة النفسية للأطفال، وهو ما يتماشى مع دراسة Abd Rahman et al. (2022)التي أظهرت أهمية إدارة الحشود في تعزيز التفاعل الاجتماعي وتقليل شعور الوحدة بين الأطفال خلال موسم الحج. كما تؤكد دراسة Almehmadi (2023) على ضرورة تعزيز الأنشطة الاجتماعية لتحسين شعور الأطفال بالأمان والراحة في البيئات المزدحمة، مما يعكس أهمية تطوير هذه الأنشطة في مراكز ضيافة الأطفال.

البعد الثالث: البعد التنظيمي والإداري

جدول (5) يعرض نتائج المتوسط الحسابي والانحراف المعياري لفقرات البعد التنظيمي والإداري والإجراءات المتبعة لضمان تعزيز السلامة النفسية للأطفال.

م	العبارات	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الوزن النسبي	المستوى	الترتيب
16	تُطبق إجراءات واضحة لضمان سلامة الأطفال	2.500	0.503	%50.0	منخفضة	4
17	يُوفر إشراف مستمر لضمان راحة الأطفال	2.525	0.503	%50.5	منخفضة	3
18	تُقسم الأطفال لمجموعات صغيرة لتجنب الازدحام	2.500	0.503	%50.0	منخفضة	4
19	توجد مناطق استراحة هادئة للأطفال	2.575	0.497	%51.5	منخفضة	2
20	يُوظف عدد كافٍ من المشرفين لكل طفل	2.488	0.503	%49.8	منخفضة	6
21	تُنظم الأنشطة وفقًا لاحتياجات الأطفال النفسية	2.488	0.503	%49.8	منخفضة	6
22	تُستخدم لافتات واضحة لتوجيه الأطفال	3.475	0.503	%69.5	عالية	1
	المتوسط الحسابي العام	2.650	0.180	%53.0	متوسطة	

يظهر الجدول (5) أن البعد التنظيمي والإداري وتأثيره على تعزيز السلامة النفسية للأطفال في مراكز ضيافة الأطفال جاء بمستوى متوسط، حيث بلغ المتوسط الحسابي العام (2.650) وانحراف معياري قدره (0.180) وبوزن نسبي (53.0%). تشير هذه النتائج إلى أن الإجراءات المتبعة في هذا البعد بحاجة إلى تحسين لضمان سلامة الأطفال. ويظهر الجدول أن أعلى المتوسطات تمثلت في الفقرة (22) التي تنص على "تُستخدم لافتات واضحة لتوجيه الأطفال"، حيث بلغ متوسطها (3.475، انحراف معياري = 0.503) وبوزن نسبي (69.5%)، مما يعكس أهمية التوجيه الواضح في تعزيز سلامة الأطفال. في المقابل، جاءت الفقرات الأخرى بمستويات منخفضة، مثل الفقرة (16) التي تنص على "تُطبق إجراءات واضحة لضمان سلامة الأطفال" وبلغ متوسطها (2.500، انحراف معياري = 0.503) وبوزن نسبي (50.0%). هذه النتائج تشير إلى ضرورة تطوير الإجراءات التنظيمية والإدارية لتوفير بيئة أكثر أمانًا للأطفال، وتعزيز الإشراف والراحة لهم خلال تواجدهم في مراكز الضيافة.

تتوافق هذه النتائج مع دراسة Yakubu (2023) التي أكدت على أهمية إدارة وتنظيم الحشود في تعزيز السلامة النفسية للأطفال، مشددةً على ضرورة وجود إجراءات واضحة وفعالة لتحقيق هذا الهدف. كما تدعم دراسة Almehmadi (2023) التي أوضحت أن تحسين التواصل مع الأسر وتطبيق إجراءات تنظيمية فعالة يمكن أن يعزز من شعور الأطفال بالأمان، مما يؤكد الحاجة لتطوير هذا البعد في مراكز ضيافة الأطفال.

ومن هنا، تتضح أهمية التنظيم الفعّال للحشود عند الحج أيضًا في التقليل من خطر الإصابات الناجمة عن التزاحم، حيث تُظهر الأبحاث أن التزاحم قد يؤدي في بعض الحالات إلى حوادث تسبب إصابات أو وفيات. تُقدم النصائح والتعليمات للحجاج وأسرهم حول كيفية التحرك بانسيابية وعدم التزاحم، ويُنصح بالتزام الصبر وتجنب التدافع، مما يُعزز من الاستجابة الجماعية المنظمة. بالتالي، تساهم هذه التدابير الوقائية المدعومة بالهوية المشتركة في تحسين تجارب الحجاج، وتخفيف الضغوط الناجمة عن التزاحم، وتحقيق أقصى درجات السلامة أثناء أداء المناسك.(Enes & Hopkins, 2023)

البعد الرابع: البعد الأسري

جدول (6) يتناول نتائج المتوسط الحسابي والانحراف المعياري لفقرات البعد الأسري وتأثير الدعم الأسري على تعزيز السلامة النفسية للأطفال

م	العبارات	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الوزن النسبي	المستوى	الترتيب
23	يتلقى الآباء معلومات عن الأنشطة في المركز	1.525	0.503	%30.5	منخفضة جدا	8
24	يتم جمع معلومات عن تاريخ التطعيمات الخاصة بالطفل من الأسرة	2.550	0.501	%51.0	منخفضة	6
25	يوجد نظام رسائل نصية للتواصل الفوري بين الأسرة والمركز	4.463	0.502	%89.3	عالية جدا	3
26	يتم الحصول على عدة وسائل اتصال متنوعة للأسرة	4.425	0.497	%88.5	عالية جدا	4
27	يتم استبيان الأنشطة المفضلة للطفل من الأسرة	4.475	0.503	%89.5	عالية جدا	2
28	يتم التعرف على الهوايات المفضلة للطفل من الأسرة	4.500	0.503	%90.0	عالية جدا	1
29	يتم التعرف على أي حالات صحية خاصة بالطفل من الأسرة	2.538	0.502	%50.8	منخفضة	7
30	توجد قنوات اتصال فعّالة بين المركز والأسر	4.425	0.497	%88.5	عالية جدا	4
	المتوسط الحسابي العام	3.613	0.169	%72.3	عالية	

يظهر الجدول (6) أن البعد الأسري وتأثيره على تعزيز السلامة النفسية للأطفال في مراكز ضيافة الأطفال جاء بمستوى عالٍ، حيث بلغ المتوسط الحسابي العام (3.613) وانحراف معياري قدره (0.169) وبوزن نسبي (72.3%). تشير هذه النتائج إلى أن الدعم الأسري يلعب دورًا مهمًا في تعزيز السلامة النفسية للأطفال.

ويظهر الجدول أن أعلى المتوسطات تمثلت في الفقرة (28) التي تنص على "يتم التعرف على الهوايات المفضلة للطفل من الأسرة"، حيث بلغ متوسطها (4.500، انحراف معياري = 0.503) وبوزن نسبي (90.0%)، مما يعكس أهمية التواصل مع الأسر لفهم اهتمامات الأطفال. تليها الفقرة (27) التي تشير إلى "يتم استبيان الأنشطة المفضلة للطفل من الأسرة"، بمتوسط (4.475، انحراف معياري = 0.503) وبوزن نسبي.(89.5%)

من جهة أخرى، كانت أدنى المتوسطات في الفقرة (23) التي تشير إلى "يتلقى الآباء معلومات عن الأنشطة في المركز"، حيث بلغ متوسطها (1.525، انحراف معياري = 0.503) وبوزن نسبي (30.5%)، مما يدل على ضعف التواصل مع الأسر بشأن الأنشطة. هذه النتائج تؤكد على ضرورة تحسين قنوات الاتصال بين المركز والأسر لتعزيز التعاون ودعم سلامة الأطفال النفسية.

تتوافق هذه النتائج مع دراسة Abd Rahman et al. (2022) التي أكدت على أهمية التواصل بين إدارة الحشود والأسر لتعزيز السلامة النفسية للأطفال، مما يعكس الحاجة لتحسين قنوات الاتصال. كما تدعم دراسة Almehmadi (2023) التي أوضحت أن جودة التواصل مع الأسر تؤثر بشكل كبير على شعور الأطفال بالأمان والاطمئنان، مما يؤكد أهمية تفعيل هذه العلاقة في مراكز ضيافة الأطفال.

البعد الخامس: البعد التوعوي والتعليمي

جدول (7) يعرض نتائج المتوسط الحسابي والانحراف المعياري لفقرات البعد التوعوي والتعليمي وأهميته في تعزيز السلامة النفسية للأطفال

م	العبارات	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الوزن النسبي	المستوى	الترتيب
31	يُعلم الأطفال التصرف بأمان أثناء الأنشطة	3.475	0.503	%69.5	عالية	5
32	تُعرف الأطفال على الموارد المتاحة لتعزيز الأمان	3.500	0.503	%70.0	عالية	4
33	يُعزز التدريب وعي الأطفال بأهمية القواعد	3.425	0.497	%68.5	عالية	6
34	تُقدم برامج توعوية لتعزيز السلامة النفسية	2.438	0.499	%48.8	منخفضة	8
35	يشعر الأطفال بالثقة في البحث عن المساعدة	4.550	0.501	%91.0	عالية جدا	1
36	تُنظم دورات تعليمية حول التعامل مع المشاعر	4.500	0.503	%90.0	عالية جدا	2
37	يُقدم معلومات للأطفال حول التصرف في المواقف غير المألوفة	2.513	0.503	%50.3	منخفضة	7
38	تُقدم ورش عمل لتعريف الأطفال بالعادات والتقاليد المختلفة	4.488	0.503	%89.8	عالية جدا	3
	المتوسط الحسابي العام	3.611	0.189	%72.2	عالية	

يظهر الجدول (7) أن البعد التوعوي والتعليمي وتأثيره على تعزيز السلامة النفسية للأطفال في مراكز ضيافة الأطفال جاء بمستوى عالٍ، حيث بلغ المتوسط الحسابي العام (3.611) وانحراف معياري قدره (0.189) وبوزن نسبي (72.2%). تشير هذه النتائج إلى أن التوعية تلعب دورًا أساسيًا في تعزيز الأمان النفسي للأطفال أثناء التعامل مع الحشود.

ويظهر الجدول أن أعلى المتوسطات تمثلت في الفقرة (35) التي تنص على "يشعر الأطفال بالثقة في البحث عن المساعدة"، حيث بلغ متوسطها (4.550، انحراف معياري = 0.501) وبوزن نسبي (91.0%)، مما يعكس نجاح البرامج التوعوية في تعزيز الثقة لدى الأطفال. تليها الفقرة (36) التي تشير إلى "تُنظم دورات تعليمية حول التعامل مع المشاعر"، بمتوسط (4.500، انحراف معياري = 0.503) وبوزن نسبي.(90.0%)

على الجانب الآخر، كانت أدنى المتوسطات في الفقرة (34) التي تشير إلى "تُقدم برامج توعوية لتعزيز السلامة النفسية"، حيث بلغ متوسطها (2.438، انحراف معياري = 0.499) وبوزن نسبي (48.8%)، مما يدل على الحاجة إلى تحسين البرامج التوعوية المتعلقة بالسلامة النفسية. هذه النتائج تشير إلى ضرورة تعزيز الأنشطة التوعوية لتلبية احتياجات الأطفال في التعامل مع الحشود بشكل أفضل.

تتوافق هذه النتائج مع دراسة Yakubu (2023) التي أكدت على دور التوعية في تعزيز الأمان النفسي للأطفال أثناء التعامل مع الحشود، حيث أشارت إلى أهمية البرامج التوعوية في هذا السياق. كما تدعم دراسة Muhammadong (2022) التي أوضحت كيف تسهم الدورات التعليمية في تعزيز ثقة الأطفال وقدرتهم على التعامل مع المشاعر، مما يعكس الحاجة إلى تحسين البرامج التوعوية.

في السياق نفسه، تؤكد (شرف, 2017) على ضرورة توفير برامج إرشادية وعلاجية متكاملة لدعم الحجاج نفسيًا، خاصة الأطفال الذين قد يعانون من القلق نتيجة الازدحام. هذه البرامج تهدف إلى تقديم الدعم النفسي للأسر في موسم الحج، مما يساعد في تخفيف القلق ويسهم في تحسين تجربتهم الدينية والنفسية.

البعد السادس: بعد السلامة والأمان

جدول (8) يقدم نتائج المتوسط الحسابي والانحراف المعياري لفقرات بعد السلامة والأمان والإجراءات المتخذة لتعزيز السلامة النفسية للأطفال

م	العبارات	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الوزن النسبي	المستوى	الترتيب
39	وجود أجهزة إنذار وإخطار في حالات الطوارئ لضمان سلامة الأطفال	2.550	0.501	%51.0	منخفضة	5
40	تأمين البيئة لمنع الحوادث مثل الزوايا الحادة والمواد الخطرة	2.425	0.497	%48.5	منخفضة	6
41	الحفاظ على نظافة المركز بشكل دوري لضمان بيئة صحية للأطفال	2.425	0.497	%48.5	منخفضة	6
42	تقديم وجبات صحية ومتوازنة للأطفال وفقًا لاحتياجاتهم الغذائية	4.450	0.501	%89.0	عالية جدا	3
43	وجود مساحات داخلية وخارجية آمنة ومناسبة للأطفال للعب والاستكشاف	4.400	0.493	%88.0	عالية جدا	4
44	توفير برامج تعليمية وترفيهية مناسبة لأعمار الأطفال لتشجيع الإبداع	4.500	0.503	%90.0	عالية جدا	1
45	وجود كفاءات في مجالات الرعاية الصحية والتربية المبكرة ضمن طاقم العمل	4.475	0.503	%89.5	عالية جدا	2
	المتوسط الحسابي العام	3.604	0.187	%72.1	عالية	

يظهر الجدول (8) أن بعد السلامة والأمان والإجراءات المتخذة لضمان لتعزيز السلامة النفسية للأطفال في مراكز ضيافة الأطفال جاء بمستوى عالٍ، حيث بلغ المتوسط الحسابي العام (3.604) وانحراف معياري قدره (0.187) وبوزن نسبي (72.1%). تشير هذه النتائج إلى أن هناك اهتمامًا واضحًا بسلامة الأطفال وضرورة توفير بيئة آمنة لهم.

ويظهر الجدول أن أعلى المتوسطات تمثلت في الفقرة (44) التي تنص على "توفير برامج تعليمية وترفيهية مناسبة لأعمار الأطفال لتشجيع الإبداع"، حيث بلغ متوسطها (4.500، انحراف معياري = 0.503) وبوزن نسبي (90.0%)، مما يعكس أهمية البرامج الترفيهية والتعليمية في تعزيز سلامة الأطفال ورفاههم. تليها الفقرة (45) التي تشير إلى "وجود كفاءات في مجالات الرعاية الصحية والتربية المبكرة ضمن طاقم العمل"، بمتوسط (4.475، انحراف معياري = 0.503) وبوزن نسبي (89.5%).

على الجانب الآخر، كانت أدنى المتوسطات في الفقرة (40) التي تشير إلى "تأمين البيئة لمنع الحوادث مثل الزوايا الحادة والمواد الخطرة"، حيث بلغ متوسطها (2.425، انحراف معياري = 0.497) وبوزن نسبي (48.5%)، مما يدل على الحاجة الملحة لتحسين تدابير السلامة في بيئة المركز. هذه النتائج تدعو إلى تعزيز الإجراءات المتخذة لضمان بيئة أكثر أمانًا للأطفال .تتوافق هذه النتائج مع دراسة Yakubu

(2023)التي أكدت على أهمية توفير بيئة آمنة للأطفال لتعزيز سلامتهم النفسية، كما تدعم دراسة (2024) Rizk التي أشارت إلى كفاءة إدارة الحشود في هذا السياق. وتبرز دراسة (2022) Muhammadong أهمية تصميم وحدات تدريبية لتعزيز السلامة النفسية، مما يعكس ضرورة تحسين تدابير السلامة.

أيضاً ، تشير النتائج إلى دور مراكز ضيافة الأطفال في تعزيز الصحة النفسية للأطفال وما يتوافر في هذه المراكز من مديرات ومعلمات ذو وعي بأساليب التعامل مع الأطفال رغم اختلاف المراحل العمرية لهم والتي تمتد من الولادة وحتي 12 عاماً ، ويتفق ذلك مع نتائج دراسة (2022) Muhammadongحيث أظهرت أهمية التفاعل الإيجابي مع المعلمات في تعزيز ثقة الأطفال بأنفسهم، ومن جانب آخر جاء البعد الثاني " الأسري" في المرتبة الثانية إلى تفاهم كثير من الاسر للدور الايجابي لهذه المراكز والحفاظ علي أطفالهم من الازدحام أثناء الحج والعمرة ، وتتوافق هذه النتائج مع دراسة Abd Rahman et al. (2022) التي أكدت على أهمية التواصل بين إدارة الحشود والأسر لتعزيز السلامة النفسية للأطفال، مما يعكس الحاجة لتحسين قنوات الاتصال. كما تدعم دراسة Almehmadi (2023) التي أوضحت أن جودة التواصل مع الأسر تؤثر بشكل كبير على شعور الأطفال بالأمان والاطمئنان في مراكز الضيافة. وفيما يتعلق بأن البعد التوعوي والتعليمي جاء في المرتبة الثالثة، يؤكد أنة بالرغم من الآثار الإيجابية لهذه المراكز والخدمات التي تقدمها، الا أن كثيراً من الحجاج والمعتمرين ليس لديهم وعي بأهميتها أو عدم معرفة إمكاناتها، وبالتالي دور الجهات ذات العلاقة في التوعية بمراكز الضيافة وخدماتها ومواقعها، حيث أوضحت دراسة Yakubu (2023) دور التوعية في تعزيز الأمان النفسي للأطفال أثناء التعامل مع الحشود. وأضافت دراسة (Young-Jin & Juraev, (2023 أن الأنظمة الحديثة تستخدم أدوات الاستشعار عن بعد ونماذج التحليل بالذكاء الاصطناعي لتوفير بيانات فورية عن كثافة الحشود في مختلف المواقع الحساسة. يساعد هذا النظام على تنبيه الحجاج مسبقًا إلى مناطق الازدحام الشديد، مما يسمح باتخاذ تدابير احترازية لتنظيم الحركة وتجنب التصادم أو التدافع. وبهذا، تُعزز إدارة الحشود الجيدة من تجربة الحجاج وتبعث بالطمأنينة في نفوس أبنائهم الذين يتابعون أخبارهم عن بعد، مطمئنين إلى أن سلامتهم مضمونة.

عرض النتائج المتعلقة بالسؤال الثاني: للإجابة عن سؤال الدراسة الثاني الذي ينص **على " هل توجد فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى دلالة ($\alpha \leq 0.05$) في مستوى السلامة النفسية للأطفال في مراكز الضيافة تعزى لمتغيرات (المؤهل العلمي، المسمى الوظيفي، سنوات الخبرة في المجال) من وجهة نظر المعلمات والمديرات في مراكز الضيافة؟**، للإجابة عن السؤال استخدمت الباحثة تحليل التباين المتعدد وتم توضيح اختبارات الدلالة الإحصائية في جدول (9) كما تم توضيح الفروق داخل المجموعات الجنس والمؤهل والخبرة وجدول (3) يوضح ذلك:

جدول (9) اختبارات الدلالة الإحصائية لتحليل التباين المتعدد بين المجموعات

المتغير	الاختبار الاحصائي	القيمة	ف	درجات الحرية الافتراضية	خطأ درجات الحرية	مستوي الدلالة	مربع إيتاء
الثابت	Pillai's Trace	1.000	25447.246b	7.000	68.000	0.000	1.000
	Wilks' Lambda	0.000	25447.246b	7.000	68.000	0.000	1.000
	Hotelling's Trace	2619.569	25447.246b	7.000	68.000	0.000	1.000
	Roy's Largest Root	2619.569	25447.246b	7.000	68.000	0.000	1.000
المؤهل	Pillai's Trace	0.548	3.717	14.000	138.000	0.000	0.274
	Wilks' Lambda	0.486	4.227b	14.000	136.000	0.000	0.303
	Hotelling's Trace	0.991	4.745	14.000	134.000	0.000	0.331
	Roy's Largest Root	0.917	9.039c	7.000	69.000	0.000	0.478
المسمى الوظيفي	Pillai's Trace	0.312	4.411b	7.000	68.000	0.000	0.312
	Wilks' Lambda	0.688	4.411b	7.000	68.000	0.000	0.312
	Hotelling's Trace	0.454	4.411b	7.000	68.000	0.000	0.312
	Roy's Largest Root	0.454	4.411b	7.000	68.000	0.000	0.312
خبرة	Pillai's Trace	0.282	1.617	14.000	138.000	0.082	0.141
	Wilks' Lambda	0.735	1.616b	14.000	136.000	0.082	0.143
	Hotelling's Trace	0.337	1.614	14.000	134.000	0.083	0.144
	Roy's Largest Root	0.242	2.381c	7.000	69.000	0.031	0.195

يتضح من جدول (9) أن هناك فروقًا ذات دلالة إحصائية عند مستوى دلالة ($\alpha \leq 0.05$) في مستوى السلامة النفسية للأطفال في مراكز الضيافة، تعزى إلى المتغيرات المؤهل العلمي، المسمى الوظيفي، وسنوات الخبرة، من وجهة نظر المعلمات والمديرات. حيث أظهرت النتائج تأثيرًا ملحوظًا لمتغير المؤهل العلمي بقيمة (0.548) Pillai's Trace ودلالة إحصائية($p < 0.001$) ، مما يشير إلى وجود فروق بين المجموعات. كما أظهر متغير المسمى الوظيفي دلالة إحصائية واضحة بقيمة (0.312) Pillai's Trace ودلالة إحصائية($p < 0.001$) ، مما يدل على تأثيره على مستوى السلامة النفسية. بينما كان لمتغير سنوات الخبرة تأثير أقل وضوحًا، حيث بلغت قيمة Pillai's Trace (0.282)ودلالة إحصائية($p = 0.031$) ، مما يشير إلى فروق أقل قوة. هذه النتائج تسلط الضوء على أهمية المؤهل العلمي والمسمى الوظيفي في تعزيز السلامة النفسية للأطفال، مما يستدعي تحسين برامج التدريب في مراكز الضيافة.

جدول (10) نتيجة تحليل التباين المتعدد داخل المجموعات

مصدر التباين	المتغير التابع	مجموع المربعات	درجات الحرية	متوسط المربعات	قيمة (ف)	الدلالة	مربع إيتا
مؤهل	البعد النفسي	0.125	2	0.063	5.141	0.008	0.122
	البعد الاجتماعي	0.013	2	0.006	0.210	0.811	0.006
	البعد التنظيمي والإداري	0.153	2	0.076	11.724	0.000	0.241
	البعد الأسري	0.076	2	0.038	4.220	0.018	0.102
	البعد التوعوي والتعليمي	0.219	2	0.109	27.807	0.000	0.429
	بعد السلامة والأمان	0.101	2	0.051	4.698	0.012	0.113
	المتوسط الحسابي العام	0.001	2	0.000	0.058	0.943	0.002
مسمى	البعد النفسي	0.144	1	0.144	11.796	0.001	0.137
	البعد الاجتماعي	0.001	1	0.001	0.046	0.831	0.001
	البعد التنظيمي والإداري	0.074	1	0.074	11.293	0.001	0.132
	البعد الأسري	0.026	1	0.026	2.950	0.090	0.038
	البعد التوعوي والتعليمي	0.076	1	0.076	19.222	0.000	0.206
	بعد السلامة والأمان	0.108	1	0.108	10.010	0.002	0.119
	المتوسط الحسابي العام	0.017	1	0.017	3.259	0.075	0.042
خبرة	البعد النفسي	0.005	2	0.002	0.203	0.817	0.005
	البعد الاجتماعي	0.002	2	0.001	0.037	0.964	0.001
	البعد التنظيمي والإداري	0.075	2	0.038	5.786	0.005	0.135
	البعد الأسري	0.046	2	0.023	2.566	0.084	0.065
	البعد التوعوي والتعليمي	0.017	2	0.009	2.186	0.120	0.056
	بعد السلامة والأمان	0.015	2	0.007	0.673	0.513	0.018
	المتوسط الحسابي العام	0.017	2	0.009	1.663	0.196	0.043

يتضح من جدول (10) أنه توجد فروق ذات دلالة إحصائية في مستوى السلامة النفسية للأطفال في مراكز الضيافة بناءً على المتغيرات المؤهل العلمي لصالح المؤهل الأعلى، والمسمى الوظيفي لصالح المعلمات، وسنوات الخبرة لصالح الخبرة الأعلى في بعد الأمن والسلامة والدرجة الكلية. بينما في باقي الأبعاد لم تُظهر نتائج متغير الخبرة فروقًا دالة إحصائيًا، حيث تراوحت قيمة (ف) F-test بين (4.220، 27.807) وهي دالة إحصائيًا عند مستوى الدلالة (0.000، 0.008)، مما يشير إلى تأثير ملحوظ لهذه المتغيرات على الأبعاد النفسية، التنظيمية، والأسريّة.

تفسر الباحثة هذه النتيجة بأن المؤهلات العلمية الأعلى تعزز من قدرة الأفراد على تطبيق استراتيجيات فعالة في تعزيز السلامة النفسية للأطفال، بينما يسهم المسمى الوظيفي للمعلمات في تحسين التواصل والدعم النفسي وأن المعلمات أكثر قرباً في التعامل مع الاطفال ويلعبون دور الام في عملية التربية داخل المركز. كما أن الخبرة العالية في المجال تؤدي إلى اكتساب مهارات وممارسات أفضل في التعامل مع الأطفال، مما ينعكس إيجابًا على تعزيز مستوى الأمن والسلامة للأطفال. ومع ذلك، قد تشير عدم وجود فروق دالة في باقي الأبعاد المتعلقة بالخبرة إلى أن العوامل الأخرى مثل التدريب والتوجيه قد تلعب دورًا أكبر في هذه المجالات.اتفقت هذه النتيجة مع دراسة Yakubu (2023)التي أكدت على أن إدارة وتنظيم الحشود تلعب دورًا محوريًا في تعزيز السلامة النفسية للأطفال، مما يبرز أهمية المؤهل العلمي. كما تتوافق مع دراسة Rizk (2024) التي أشارت إلى كفاءة إدارة الحشود في تعزيز السلامة النفسية للأطفال، مما يعزز تأثير

المؤهل العلمي في هذا المجال. فيما يتعلق بالمسمى الوظيفي، تتفق النتائج مع دراسة Abd Rahman et al. (2022) التي أكدت على دور إدارة الحشود في تحقيق السلامة النفسية للحجاج وأطفالهم، مما يعكس أهمية دور المعلمات. كما تدعم دراسة Almehmadi (2023) التي أظهرت تأثير إدارة الحشود على تعزيز السلامة النفسية، مما يدل على أهمية المسمى الوظيفي في هذا السياق. أما بالنسبة لسنة الخبرة، تتماشى النتائج مع دراسة Muhammadong (2022) التي أظهرت أن التدريب في علم نفس الحج يسهم في تعزيز السلامة النفسية، مما يعكس أهمية الخبرة. كما تتوافق مع دراسة Hendricks (2011) التي تناولت دور الخبرة في تطبيق استراتيجيات فعالة، مما يؤكد على تأثير سنوات الخبرة في تعزيز السلامة النفسية للأطفال.

4. الخلاصة

خلصت الدراسة إلى أن جودة الخدمات المقدمة في مراكز ضيافة الأطفال بمكة المكرمة خلال فترة الحج والعمرة جاءت بدرجة عالية، حيث بلغ المتوسط الحسابي العام (3.357) ووزن نسبي (67.1%). تميز البعد النفسي كأكثر الأبعاد تأثيرًا بمتوسط حسابي (4.039) ووزن نسبي (80.8%). كما أشارت النتائج إلى وجود فروق ذات دلالة إحصائية في مستوى السلامة النفسية بناءً على المتغيرات المؤهل العلمي لصالح المؤهل الأعلى، والمسمى الوظيفي لصالح المعلمات، وسنوات الخبرة لصالح الخبرة الأعلى، وتم مناقشة هذه النتائج في ضوء الإطار النظري والدراسات السابقة التي أكدت على أهمية توافر الأبعاد النفسية والأسريّة في مراكز الاطفال حيث تسهم في توفير بيئة آمنة ومستقرة للأطفال أثناء إدارة الحشود في الحج والعمرة، حيث يعزز الدعم النفسي والعاطفي من شعور الأطفال بالأمان والراحة. في حين كشفت النتائج أن الأبعاد التنظيمية والاجتماعية تحتاج مزيداً من الجهد، وذلك لعدة عوامل منها اختلاف عامل الثقافة واللغة مما يتطلب مزيدًا من الجهود لتطوير الأنظمة والإجراءات التي تدعم السلامة النفسية للأطفال في مراكز الضيافة، بالإضافة إلى وجود الحاجة إلى مزيد من الدورات وورش العمل للمعلمات الأقل خبرة في مجال التخصص لتنمية مهاراتهم في التعامل مع الأطفال بشكل عام والأطفال من ثقافات متعددة على وجه الخصوص والذي تساهم بشكل كبير في تعزيز السلامة النفسية للأطفال خلال إدارة وتنظيم الحشود في الحج والعمرة.

5. توصيات الدراسة

في ضوء نتائج الدراسة، يمكن التوصل إلى التوصيات التالية:

1. تطوير برامج تدريبية مخصصة للعاملين في مراكز ضيافة الأطفال لرفع مستوى الوعي والكفاءة في تقديم الدعم النفسي للأطفال أثناء إدارة الحشود.
2. توفير بيئة تعليمية آمنة وملائمة للأطفال، تتضمن موارد تعليمية تدعم السلامة النفسية وتعزز من شعور الاطمئنان.
3. تعزيز دور الأسر من خلال برامج توعوية تساهم في دعم الأطفال نفسيًا أثناء تواجدهم في مراكز ضيافة الأطفال.
4. تعزيز التعاون بين الجهات الحكومية وغير الحكومية لتحسين جودة الخدمات المقدمة للأطفال في مراكز الضيافة.
5. تبني تقنيات حديثة في إدارة الحشود لتحسين مستوى الأمان والسلامة النفسية للأطفال.

المراجع

- إبراهيم، حسام الدين السيد محمد، المرزوقي، أحمد بن سعيد بن عبدالله، والريامي، محمد بن ناصر بن سالم. (2024). معايير الأمن والسلامة للأطفال في المدارس الأسترالية وإمكانية الإفادة منها بسلطنة عمان. صحيفة التربية، 76(2)، 31 - 73. مسترجع من http://search.mandumah.com/Record/1475223
- برنامج خدمة ضيوف الرحمن-Vision2030.Gov.sa. https://www.vision2030.gov.sa/ar/explore/programs/pilgrim-experience-program . (2023).
- حمدي، محمد حسن مشهور. (2021). أثر التطبيقات الإلكترونية في تنظيم العمرة والزيارة في ظل وباء كوفيد - 19: تطبيق اعتمرنا أنموذجا. الملتقى العلمي الـ 21 لأبحاث الحج والعمرة والزيارة، كلية العلوم والدراسات النظرية، قسم العلوم الإنسانية - الجامعة السعودية الإلكترونية.
- شرف، سمية. (2017). الاضطرابات النفسية الشائعة لدى الحجاج والبرامج الإرشادية والعلاجية المصاحبة (دراسة وصفية تشخيصية). دراسات عربية في التربية وعلم النفس, 91(91), 457–474. https://doi.org/10.21608/saep.2017.24602474 .
- Abd Rahman, S., Sulong, J., Saad, Z. M., Mahudin, N. D. M., Hatta, Z. A., Hashim, I. H. M., & Ghani, N. A. (2022). Identifying the role of crowd management in supporting psychological safety of pilgrims and their children: A description of the

experiences of a group of Hajj pilgrims in KSA. Journal of Islam in Asia (E-ISSN 2289-8077), 16(3), 416-435.

- Afnan, Alazbah., Bassam, Zafar. (2019). Pilgrimage (HAJJ) Crowd Management Using Agent-Based Method. 09(01):01-17. doi: 10.5121/IJFCST.2019.9101
- Almehmadi, M. M. (2023). A mixed-methods study to investigate the role of KSA's crowd management in supporting psychological safety of children during the Hajj pilgrimage (Doctoral dissertation, UCL (University College London)).
- Amelia, Tri, Puspita., Muhammad, Taufiq. (2023). Biblioshiny-R Application to Map Hajj Management Research. doi: 10.58968/iem.v2i2.320
- Bhuiyan, M. R., Abdullah, J., Hashim, N., & Farid, F. A. (2022). Crowd Monitoring of Hajj Pilgrimage using Video Analytics and Deep Learning. In 2022 International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems (ISPACS) (pp. 1-4). Penang, Malaysia. doi: 10.1109/ISPACS57703.2022.10082848.
- Enes, Yalçin., Nick, Hopkins. (2023). The role of identity-related beliefs in the appraisal and management of crowding: Insights from the Hajj.. British Journal of Social Psychology, doi: 10.1111/bjso.12682.
- Fouts, H., McAteer, C., Neitzel, C., & Bates-Fredi, D. (2023). Residential Crowding and Young Children's Social and Emotional Behaviors in a Burundian Refugee Community. Children, Youth and Environments, 27, 34 - 55. https://doi.org/10.7721/CHILYOUTENVI.27.3.0034
- Gao, Y., Mi, X., Wang, Y., Zou, S., & Zhou, H. (2021). Association between Household Crowding and Violent Discipline and Neglect of Children: Analysis of Multiple Indicator Cluster Surveys in 26 Low- and Middle-Income Countries. International Journal of Environmental Research and Public Health, 18. https://doi.org/10.3390/ijerph18041685
- Hani, Alnabulsi., & John, Drury. (2014). Social identification moderates the effect of crowd density on safety at the Hajj. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 111(25), 9091-9096. doi: 10.1073/PNAS.1404953111
- Hassan, T., Abdou, A., Taha, S., Abdelmoaty, M., & Salem, A. (2022). Religious Tourists' Satisfaction with Services and Their Impacts on Spirituality in the Post-COVID-19 Era. Sustainability. https://doi.org/10.3390/su142013335.
- Muhammadong, M. (2022). A training module in Hajj psychology to enhance psychological safety of children during Hajj season. Jurnal Adabiyah, 22(1), 113-126.
- Rizk, L. (2024). Efficient crowd management during Hajj in supporting children psychological safety: Challenges, innovations, and future directions (Doctoral thesis, Effat University).
- Yakubu, D. (2023). The role of crowd organization and management in psychological safety of children during visiting holy places at Hajj. In E-Proceedings of 6th International Conference on Mosque, Zakat and Waqf Management (IMAF-2019) (pp. 145-172).
- Young-Jin, Ahn., Zuhriddin, Juraev. (2023). Place and Behavior: Unveiling the Behavioral Dynamics of the Hajj Pilgrimage. doi: 10.22541/essoar.169111714.41220541/v1

دور الذكاء الاصطناعي والأبحاث الجزيئية في إحداث ثورة في دراسات عدوى الفيروسات وتدابير الصحة العالمية

إلهام بنت طلعت بن محمود قطان

جامعة طيبة

The Role of Artificial Intelligence and Molecular Research in Revolutionizing Virus Infection Studies and Global Health Measures

Ilham T Qattan

Taibah University

*Corresponding author: E-mail (iqattan@taibahu.edu.sa)

الملخص

إن الأمراض المعدية التي تسببها الكائنات الدقيقة المسببة للأمراض، تكون بأعراض أو بدون أعراض. وتشمل التدابير الوقائية الكشف المبكر ومنع انتقال العدوى وتطوير اللقاحات. ويعد الذكاء الاصطناعي (AI) أداة قوية وواعدة للبشرية، فهو ناتج عن البيانات الهيكلية والتكاملية. ولقد تم إستخدام الذكاء الاصطناعي كتقنية متقدمة لمنع العدوى الفيروسية أو الكشف عنها مبكرًا في أنظمة الرعاية الصحية. وعلى الرغم من التقدم الكبير في البحوث الجزيئية والصحة العالمية لا تزال هناك فجوة في الاستفادة الكاملة من الذكاء الاصطناعي لتعزيز دراسة العدوى الفيروسية وتحسين استجابات الصحة العامة. إن الهدف من هذه الدراسة المرجعية هو دراسة الدور التحويلي للذكاء الاصطناعي في هذه المجالات من خلال استكشاف تطبيقاته في مجال الأدوية، والتسلسل الجيني، والتنبؤ ببنية البروتين، والنمذجة الوبائية، وأدوات التشخيص، والطب الشخصي. ولقد قيمت المراجعة مساهمات الذكاء الاصطناعي في التدابير الصحية العالمية مثل المراقبة، واتخاذ القرارات في مجال الصحة العامة، وتطوير اللقاحات وتوزيعها. ومن خلال تقديم دراسات الحالة ذات الصلة، بما في ذلك جائحة كوفيد-19 وتفشي الأنفلونزا، سلطت المراجعة الحالية الضوء على كيفية إحداث الذكاء الاصطناعي ثورة في دراسات عدوى الفيروسات واستراتيجيات الصحة العالمية. علاوة على ذلك، حددت التحديات والاعتبارات الأخلاقية، بما في ذلك خصوصية البيانات، والمخاوف الأمنية، والتحيز في خوارزميات الذكاء الاصطناعي، كما اقترحت اتجاهات وتوصيات بحثية مستقبلية. يؤكد هذا التحليل الشامل على قدرة الذكاء الاصطناعي على سد الفجوات الحالية وتعزيز التقدم في أبحاث الفيروسات والصحة العامة، مما يمهد الطريق لاستجابات أكثر فعالية وفي الوقت المناسب لتفشي المرض في المستقبل.

انظر البحث الكامل في الجزء الخاص بالأبحاث الإنجليزية صفحة (132)

محور الممارسات المستدامة في النقل وإدارة الحشود

دور الممارسات الفضلى لإدارة الحشود في تحقيق الأمن الاجتماعي "دراسة تحليلية لموسم الحج"

معلوي بن عبدالله الشهراني

أستاذ علم الجريمة المشارك، جامعة نايف العربية للعلوم الأمنية

The Role of Best Practices in Crowd Management in Achieving Social Security "An Analytical Study of Hajj Season"

Malawi A Alshahrani

Associate Professor of Criminology

Naif Arab University for Security Sciences

*Corresponding author: E-mail (malshahrani@nauss.edu.sa)

الملخص

يُعد الأمن الاجتماعي مقصداً شرعياً وضرورة اجتماعية، ومقوماً أصيلاً من مقومات الأمن الوطني الشامل، وهدفاً مؤسسياً للهيئات والمصالح المسؤولة عن تحقيقه. ويكتسب الأمن الاجتماعي أهميته من خلال علاقته اللصيقة بالإنسان والمجتمع والدولة على حد سواء، وتزداد أهمية الأمن الاجتماعي في موسم الحج لأمر الله في تعظيم شعائره، والحج من أعظمها. حيث يتشكل في موسم الحج سنوياً مجتمع إسلامي خاص يفوق تعداد أفراده مليونين ونصف، ومن جنسيات مختلفة ودول شتّى، ولغرض واحد، وفي مكان واحد هو مكة المكرمة، وتحت إدارة رشيدة واحدة، هي حكومة المملكة العربية السعودية. وضمن خصوصية هذا الحشد الإسلامي تأتي ضرورة تحقيق الأمن الاجتماعي لعموم أفراده، وتبرز التساؤلات الخاصة بالبحث عن الإدارة الرشيدة لهذا الحشد، وتكتسب في الوقت ذاته الممارسات الفضلى والمعيارية أهمية خاصة لتحقيق هذه الإدارة.

وأتى هذا البحث ليكشف عن الدور الذي يمكن أن تؤديه الممارسات المتميزة الخاصة بإدارة الحشود في تحقيق الأمن الاجتماعي في الحج. معبراً عن الفكرة الأساسية للبحث في التساؤل الرئيس الآتي: ما دور الممارسات الفضلى لإدارة الحشود في تحقيق الأمن الاجتماعي للحجاج؟ وتفصيلاً لهذا التساؤل فرّعه الباحث إلى مجموعة من التساؤلات والأهداف التي تجيب في مجملها عن التساؤل الرئيس للبحث.

وتحقيقاً لمتطلبات الفكرة البحثية الرئيسة يقدم الباحث تنويراً خاصاً بالأهميتين العلمية والعملية لدور الممارسات الفضلى الخاصة بإدارة الحشود في تحقيق الأمن الاجتماعي لهذا الحشد الإسلامي الخاص. وانتقل الباحث بعد تقديم المدخل التمهيدي الخاص بعرض أبعاد الفكرة الرئيسة إلى التراث الأدبي الخاص بموضوع البحث، ليستعرض عدداً من النظريات الحاكمة لموضوع البحث. واتساقاً مع الأطر التمهيدية والنظرية للبحث، قدم الباحث تطبيقاً عملياً لموضوع دور الممارسات الفضلى الخاصة بإدارة الحشود في تحقيق الأمن الاجتماعي في الحج، معتمداً على المنهج الوصفي التحليلي الذي يعتمد على دراسة الظاهرة كما هي في الواقع ويصفها وصفاً دقيقاً ويعبر عنها كيفياً أو كمياً، بالإضافة إلى المنهج الاستقرائي (الاستدلالي) الذي يُعنى بجمع الأدلة للوصول إلى قانون أو قاعدة عامة. واستخدم الباحث للإجابة عن تساؤلاته طريقة المقابلة كأداة بحثية مناسبة لموضوع البحث ومنهجه العلمي.

وبعد استعراض الباحث للأطر النظرية لموضوعه وتطبيقاته العملية، واستخدام المنهج والأداة البحثية المناسبة خلص إلى عدد من النتائج العلمية، ومن أهمها:

- يتمثل الأمن الاجتماعي في موسم الحج في منظومة من المقومات الدينية والأمنية والتنظيمية والتفاعلية والثقافية والخدمية التي تحرص حكومة المملكة على تعزيزها وحمايتها من المخاطر.
- تنطوي برامج رؤية المملكة 2030(برنامج ضيوف الرحمن، وبرنامج جودة الحياة) على ممارسات عملية فضلى تسهم في إدارة وتنظيم حشود الحجاج.
- تنطوي تجربة المملكة العربية السعودية على ممارسات فضلى في إدارة حشود الحجاج، ما يجعلها تجربة رائدة في هذا المجال.
- وبناء على نتائج البحث قدم الباحث عدداً من التوصيات العلمية، ومن أهمها:
- التطبيق الأمثل لبرامج رؤية المملكة 2030 "برنامج ضيوف الرحمن، وبرنامج جودة الحياة)، في موسم الحج، مما يسهم بشكل فعال في تحقيق الأمن الاجتماعي للحجاج ونجاح موسم الحج.
- رصد تجربة المملكة في إدارة وتنظيم حشود الحجاج بكل أبعادها وخططها ومحاورها وإجراءاتها في وثيقة تحمل اسم "تجربة المملكة العربية السعودية في إدارة وتنظيم الحشود في موسم الحج"، على أن تُحدث دورياً بشكل سنوي.
- تشكيل إدارة أو هيئة عليا متخصصة بالأمن الاجتماعي في موسم الحج، وتكون مسؤولة عن (قياس مستوى الأمن الاجتماعي، مهدداته، معززاته، سبل معالجة المخاطر والتهديدات، آليات تحقيقه، الخطط الخاصة به).

Abstract

Social security is both a legitimate objective and a social necessity, constituting a fundamental pillar of comprehensive national security. As well as being an institutional goal for the agencies and organizations responsible for its realization.

Social security gains its importance through its close relationship with individuals, society, and the state. Its significance increases during the Hajj season due to the religious significance of this ritual, as Hajj is one of the greatest religious acts.

During the Hajj season, an Islamic community is formed annually, exceeding 2.5 million individuals from various nationalities and countries, all gathered for one purpose in one place—Mecca—under the wise administration of the Kingdom of Saudi Arabia.

Within the uniqueness of this Islamic gathering comes the necessity in order to ensure the social security of its members. This leads to questions regarding the effective management of the crowd, and the significance of best practices and standards for achieving such management.

This research aims to highlight the role that excellent crowd management practices can play in ensuring social security during Hajj. The main question of the research is: What is the role of best practices in crowd management in ensuring social security for the pilgrims?

To address this question, the researcher has subdivided it into several specific questions and objectives that collectively respond to the main research question.

To meet the central research idea, the researcher provides special insights into the scientific and practical importance of best practices in crowd management to achieve social security for this unique Islamic gathering.

After presenting the introductory framework for outlining the main concept, the researcher reviewed the literary heritage related to the topic of the research, examining several theories governing the subject.

In alignment with the theoretical and preliminary frameworks of the research, the researcher provided a practical application of the role of best practices in crowd management to achieve social security during Hajj.

Relying on the descriptive-analytical approach, which focuses on studying the phenomenon as it exists in reality, describing it in detail, and expressing it either qualitatively or quantitatively, in addition to the inductive (inferential) approach, which is concerned with gathering evidence to reach a law or general rule. The researcher used interviews as an appropriate research tool to answer his questions, in line with the research topic and its scientific methodology.

After reviewing the theoretical frameworks of the topic and practical applications, the researcher employed the appropriate methodology and research tools and reached several scientific conclusions. The most important of these include:

- Social security during Hajj consists of a system of religious, security, organizational, interactive, cultural, and service-related components that the Kingdom of Saudi Arabia is committed to enhancing and protecting from risks.
- The programs within the Kingdom of Saudi Arabia Vision 2030 (such as the "Guests of Allah Program" and the "Quality of Life Program") include best practices that contribute to the management and organization of Hajj crowds.
- Saudi Arabia's experience in crowd management during Hajj includes best practices, making it a pioneering experience in this field.
- Based on the research findings, the researcher presents several scientific recommendations, including:
- The optimal implementation of Vision 2030 programs ("Guests of Allah Program" and "Quality of Life Program") during the Hajj season, which effectively contributes to ensuring social security for the pilgrims and the success of the Hajj season.
- Documenting Saudi Arabia's experience in managing and organizing Hajj crowds, with all its dimensions, plans, strategies, and procedures, in a report titled "Saudi Arabia's Experience in Managing and Organizing Crowds During the Hajj Season," to be updated annually.
- Establishing a higher authority or specialized body dedicated to social security during Hajj, responsible for) assessing social security levels, identifying threats and enhancements, addressing risks, and implementing necessary plans and strategies) .

المقدمة

تشكل مسألة إدارة وتنظيم الحشود تحدياً كبيراً يواجه الجهات المتخصصة في المملكة العربية السعودية أثناء موسم الحج، ويعد الأمن والسلامة لما يزيد على مليونين ونصف حاج مطلباً ملحاً وضرورياً، وبخاصة وهم يؤدون مشاعر الحج المتسلسلة التي لكل منها شروطه وواجباته وأركانه وأوقات محددة لأدائها وتُلزم كل حاج أن يتقيد بها. ويزداد تعرض الحجاج للمخاطر أثناء تأدية المشاعر بسبب زيادة كثافة الحشود، وبخاصة أثناء الطواف والسعي ورمي الجمار، إذ تزيد في أحيان كثيرة على أربعة أشخاص في المتر الواحد.

وتتكون نتيجة لتنقلهم لأداء مشاعر الحج، وتزيد هذه المخاطر أيضاً عند ازدياد هذه الكثافة عند تجمعهم عند المحلات التجارية والمطاعم ومواقع النقل العام، وأماكن تجمع المركبات وحركتها التي تؤدي إلى مخاطر على سلامتهم وتأخر وصول الإسعاف والدفاع المدني والخدمات العامة. وتُعنى إدارة الحشود وتنظيمها أثناء موسم الحج بضبط حجم الحشود من خلال تفويج الحجاج إلى أداء المشاعر، ومنها إلى أماكن إقامتهم أو إلى مشاعر أخرى، وكذلك ضبطها في مواقع محددة، وتحويلها ونقلها من منسك إلى آخر. والغرض من ذلك هو ضرورة تنظيم الحشود وإدارتها حتى تنتظم حركة المشاة والمركبات والطرق وسلوكيات الفئات المختلفة من الحجاج (الدبل، وآخرون، 2018م، ص11).

وتولي المملكة أمن حشـود الحجاج في موسـم الحج أهمية خاصـة، فتأخذ على عاتقها أمانة خدمتهم وتحقيق أمنهم من لحظة وصـولهم أراضـيها وطيلة وجودهم فيها وحتى لحظة مغادرتهم، سـعياً منها لتحقيق أمنهم الشـامل من خلال توفير أمنهم الاجتماعي والاقتصـادي والغذائي والصحي والثقافي والشخصي والمادي والمعنوي، بحيث يؤدون شعائرهم الدينية باطمئنان ويسر وسهولة.

مشكلة البحث

يتشـكل في موسـم الحج مجتمع إسـلامي خاص بأعداد كبيرة، ومن جنسـيات مختلفة ودول شـتى، ولغرض واحد، وفي مكان واحد هو مكة المكرمة، وانطلاقاً من خصـوصـية هذا الحشـد الإسـلامي تأتي ضـرورة تحقيق الأمن الاجتماعي لعموم أفراده عن طريق الإدارة الرشـيدة والممارسات الفضلى والمثالية الخاصة بإدارة وتنظيم هذا الحشد الإسلامي الخاص.

وضمن هذا السياق تعد جميع الجهات المختصة في المملكة قبل كل موسم الخطط التشغيلية لتقديم أفضل الخدمات لحجاج بيت الله الحرام. وتبرز ضرورة التخطيط المستقبلي والمحكم للتعامل مع أعداد الحجاج المتزايدة وتمكينهم من أداء الفريضة على أتم وجه، وحسب متطلبات أصـول الشـريعة الإسـلامية وبما يحقق أمنهم الاجتماعي، نظراً لازدياد أعداد المسـلمين في العالم، وما يتبعه من ازدياد في أعداد الحجاج في ظل محدودية النطاق المكاني للشعائر (الخليوي، 1433هـ).

فقد بلغ عدد الحجاج لموسم حج 1445 هـ المسجلين وفق الأصول والأنظمة (1833164) حاجاً وحاجة ومن مختلف قارات العالم، كما هو موضح في الشكل الآتي (الهيئة العامة للإحصاء، 2024م):

وبناء على ما سبق فإن مشكلة البحث تتمثل في التساؤل الرئيس الآتي: **ما دور الممارسات الفضلى لإدارة حشود الحجاج في تحقيق أمنهم الاجتماعي؟**

تساؤلات البحث

يتفرع عن التساؤل الرئيس للبحث التساؤلات الفرعية الآتية:

- ما أبرز مقومات الأمن الاجتماعي للحجاج؟
- ما أبرز الممارسات الفضلى لإدارة حشود الحجاج؟
- كيف يمكن لتلك الممارسات أن تحقق الأمن الاجتماعي للحجاج؟

أهداف البحث

يرمي البحث إلى تحقيق الأهداف الآتية:

- تحديد مقومات الأمن الاجتماعي للحجاج.
- التعرف إلى أبرز الممارسات الفضلى لإدارة حشود الحجاج.
- الكشف عن دور تلك الممارسات في تحقق الأمن الاجتماعي للحجاج.

أهمية البحث

أ) الأهمية العلمية: أتت الأهمية العلمية للبحث من خلال ما يأتي:

- ندرة الأدبيات العربية التي تناولت دور الممارسات الفضلى لإدارة الحشود في تحقيق الأمن الاجتماعي للحجاج، على الرغم من كثرة الأدبيات العربية والأجنبية التي تناولت موضوع إدارة الحشود.
- إثراء التراكم المعرفي في مجال الممارسات الفضلى لإدارة الحشود ودورها في تحقيق أمن تلك الحشود.
- الحيوية التي يتمتع بها موضوع دور الممارسات الفضلى لإدارة الحشود في تحقيق الأمن الاجتماعي، لكونه مخرجاً نهائياً يهم الأفراد كما يهم الجهات الحكومية ذات العلاقة بإدارة الحشود.
- تبيان الدور العملي للممارسات الفضلى لإدارة الحشود في تحقيق الأمن الاجتماعي في موسم الحج.

ب) الأهمية العملية: أتت الأهمية العملية للبحث من خلال الآتي:

- تكشف عن دور الممارسات الفضلى لإدارة الحشود في تحقيق الأمن الاجتماعي في موسم الحج، من خلال الاستقراء العلمي للعلاقة بين تلك الممارسات والأمن الاجتماعي.
- يمكن أن تستفيد من نتائج البحث الجهات الحكومية والخاصة ذات العلاقة بإدارة وتنظيم حشود الحجاج والمعتمرين إذا ما أرادت أن تقدم برامج وخططاً مستقبلية لتحسين وضبط إدارة وتنظيم حشود الحجاج وتحقيق أمنهم الشامل.

حدود البحث:

1. الحدود الموضوعية: انحصرت الحدود الموضوعية للبحث في دور الممارسات الفضلى لإدارة الحشود في تحقيق الأمن الاجتماعي للحجاج.
2. الحدود الزمانية: وهي الفترة الزمنية التي استغرقها الجانب التطبيقي من البحث والذي تمثل بمقابلة (20) خبيراً من المتخصصين بالعلوم الأمنية والاجتماعية والإدارية والقانونية، فقد امتد لما يزيد على شهر من تاريخ 2024/09/10م حتى تاريخ 2024/10/15م، الموافق من تاريخ 1446/03/07هـ حتى تاريخ 1446/04/12هـ.
3. الحدود المكانية: تمثلت الحدود المكانية للبحث بمدينة مكة المكرمة في المملكة العربية السعودية.
4. الحدود البشرية: تمثلت الحدود البشرية للبحث بحشود الحجاج في موسم الحج بمكة المكرمة.

الإطار النظري للبحث

عرّف "ركر" الحشود الفيزيائية بأنها "مجموعة من الناس الذين يشتركون في الحضور في الفضاء نفسه وفي الوقت نفسه"، ويعرف الحشود السيكولوجية بأنها "مجموعة من الناس الذين يرون بعضهم أنهم منتمين إلى فئة اجتماعية واحدة" (Reicher.2015)، ورأى "ركر" أن ما يميز الحشد السيكولوجي هو الإبداع، إذ يكون لدى الحشد قدرة على القيام بسلوك اجتماعي مترابط من غير إطلاع مسبق، أو تواصل أو تبادل للمعايير والقيم لتوجيه السلوك (Turner, 1982). أما إدارة الحشود، فقد عُرّفت بأنها "عملية تنظيمية تهدف إلى التحكم في الحشود والسيطرة عليها من خلال التخطيط التنظيمي والإشراف والتوجيه والرقابة والتقييم" (زويد، والكباوي، 2024م، ص2). وضمن هذا السياق عرّف الباحث الممارسات الفضلى لإدارة الحشود بأنها مجموعة متكاملة ومتفاعلة من الإجراءات التنظيمية والأمنية والصحية والتقنية والثقافية التي تطبقها عملياً الأجهزة الحكومية المتخصصة في المملكة من لحظة وصول الحجاج أرض المملكة وطيلة وجودهم فيها وحتى لحظة مغادرتهم أراضيها.

أنواع الحشود

لم يتفق العلماء على أنواع الحشود، فقد قسم عالم الاجتماع "هيربرت بلمر" الحشود طبقاً للهدف والديناميات إلى: حشد تلقائي وتقليدي وتعبيري وفاعل.

وبيّن أن التلقائية هي تلك الحشـود غير المنظمة أو المتحدة التي يكونها أفراد اجتمعوا في المكان نفسـه وفي الوقت ذاته. أما التقليدية، فهي حشـود يكونها أفراد لهم هدف محدد واهتمامات مشـتركة ليشـهدوا حدثاً محدداً. أما التعبيرية، فيكون للأفراد سـلوك تعبيري مسـتحب (كما في أداء شـعائر الحج). والحشـود العدائية هي التي يكون أفرادها غير منظمين وغير متحدين، ولدى أفرادها ميل للفوضى والسـلوك غير القانوني .(Momboisse, R. 1967) ووفق هذه الرؤية يمكن تصنيف حشـود الحجاج ضمن الحشـود التعبيرية التي هي مجموعة من الأفراد يجتمعون للتعبير عن واحدة أو أكثر من العواطف.(Goode, 1992)

تجربة المملكة العربية السعودية في إدارة وتنظيم الحشود في موسم الحج

تتمثل تجربة المملكة في إدارة وتنظيم حشـود الحجاج في سـلوك عدة مسـارات متكاملة ومترابطة للتحكم في الحشـود، ومنها (الدبل، وآخرون 2018م، ص80).

- تحديد عدد الحجاج لكل دولة، بحيث لا يتجاوز العدد إمكانية المساحة المتاحة للتنقل والسكن وممارسة الشعائر.
- وضع الضوابط لحجاج الداخل من السعوديين والمقيمين ليتاح لهم الحج مرة واحدة فقط كل خمسة أعوام.
- بناء وتنفيذ مشروعات عملاقة للطرق والجسور والأنفاق بالمشاعر المقدسة والجمرات والمسجد الحرام والمسجد النبوي.
- إطلاق قطار المشاعر لتنظيم ومنع التزاحم وتقليل فرص حوادث الازدحام التي تعرض سلامة الحجاج للخطر.
- التخطيط والتشغيل لبرامج تسيير وتنظيم الحشود بصورة متناسقة بكل مواقع المشاعر المقدسة والمسجد الحرام والمسجد النبوي، وفق برامج تنفيذية تفصيلية حسب الأيام وساعات الليل والنهار.

وتعد الجهات المعنية في المملكة خططاً إجرائية لضـبط الحشـود في المشـاعر المقدسـة والمسـجد الحرام والمسـجد النبوي، وتقوم هذه الجهات تحت إشراف جهة مركزية بتنفيذ خطة إدارة وتنظيم الحشود، على النحو الآتي (الدبل، وآخرون 2018م، ص81:(

- التحكم في حشود المشاعر المقدسة، في منى وعرفات ومزدلفة تصعيداً ونفرة وتيسيراً للحشود أثناء الانتقال لأداء المناسك في المشاعر المقدسة والانتقال إلى المسجد الحرام.
- التحكم في حشود الجمرات: إذ يُفوج الحجاج للرمي في أوقات واتجاهات محددة ومتوافقة مع التوجيه الشرعي لأداء المناسك.
- التحكم في حشـود المسـجد الحرام والسـاحات المحيطة به، وفق جداول وخطط زمنية محددة تتوافق مع أوقات أداء المناسـك وأوقات الصلوات والمطاف والمسعى والمقام وحجر إسماعيل والحجر الأسود والركن اليماني.
- التحكم في حشـود المدينة المنورة والمسجد النبوي وساحاته، وما يشمله من صلاة في الروضة الشريفة والسلام على النبي محمد صلى الله عليه وسلم وصاحبيه أبي بكر وعمر رضي الله عنهما، بالإضافة إلى ضبط زوار البقيع وحشود ساحات الحرم وأروقته.

الأمن الاجتماعي للحجاج

يحتل الأمن الاجتماعي مكاناً بارزاً بين اهتمامات المسؤولين والمواطنين في المجتمع المعاصر لاتصاله المباشر بالحياة اليومية بما يوفره من طمأنينة في النفوس وسـلامةً في السـلوك والتعامل. وإذا كانت التسـمية تبدو مسـتحدثة إلا أن مضـمونها قديم قدم المجتمع الإنسـاني، فلكل عصـر همومه وتطلعاته، ولكل جيل مشـاكله واهتماماته، فالعالم مجموعة متغيرات تتحكم به بصـورة دائمة، فتجعله دائم التغير والتطور. وتوفير الأمن الاجتماعي عامل أساس في حفظ الإنسان ومجتمعه، ولا يمكن أن يبقى مجتمع متين البنية ومزدهر النمو ومستقر الأوضاع إذا لم تتحقق له سبل الطمأنينة والتغلب على العوز والمرض والجهل والاعتداء على النفس والأملاك، ولكي يحقق هذه الأهداف لا بد من الإحاطة بحاجاته الأسـاسـية وبسـبل تأمينها والتغلب على موانعها ومعوقاتها، فتحقيق الأمن الاجتماعي يفترض الوقوف على مقوماته وسـبل الوصـول إلى أهدافه، وهذا يتطلب اقتراب علمي وواقعي من مقومات حياة الفرد والجماعة والإحاطة بدواخلها وقواها وتفاعلها للخروج بتصـور علمي حول كيفية تصـحيحها أو دعمها أو إعادة بنيتها بصـورة سـليمة ومتينة. وفي هذا الإطار رأى العوجي أن الأمن الاجتماعي يشمل الاكتفاء المعيشي والاقتصادي والاستقرار الحياتي للمواطن بحيث يشعر بأن له ركائز ثابتة في مجتمعه تحفظ له وجوده وكيانه وتعلقه بأرضـه ووطنه ودولته (1983م، ص71)، في حين رأى أبو دوح أن الأمن الاجتماعي هو حماية المجتمع من كافة التهديدات التي تَمَسُّ الهُوِيَّة والقيم الأسـاسـية المشـتركة، والدين، واللغة، والثقافة، والعادات (2022م، ص1) وعرّف الباحث الأمن الاجتماعي للحجاج بأنه منظومة من المقومات الدينية والأمنية والتنظيمية والتفاعلية والثقافية والخدمية التي تحرص حكومة المملكة على تعزيزها وحمايتها من المخاطر..

وقد حظي أمن الحجاج باهتمام حكومة المملكة العربية السعودية منذ عهد مؤسسها المغفور له الملك عبد العزيز آل سعود، مروراً بأبنائه الذين تولوا مقاليد الحكم في المملكة حتى هذا العهد الزاهر الميمون، عهد خادم الحرمين الشريفين الملك سلمان بن عبد العزيز. وتجلى هذا الاهتمام بمشاريع تطوير وتنظيم الحرمين الشريفين في مكة المكرمة والمدينة المنورة، إذ تقوم رئاسة شؤون الحرمين بدورها الفعال والكبير لتمكين القاصدين من أداء العبادة والمناسك على بصيرة وفي بيئة آمنة مُثرية، وتحقيق رسالة الحرمين الشريفين العلمية والدعوية على أسس مهنية واحترافية وكفاءات بشرية مؤهلة وتقنيات متجددة وشراكات فاعلة (المالكي، 2022م، ص207).

ويُعد تحقيق أمن وسلامة الحجاج والمعتمرين من أسمى الأهداف التي تعتز المملكة بتقديمها، وتبذل كافة الجهود لضمان تغطية احتياجات الحجاج وتقديم التسهيلات لهم. لذلك أنشأت الدولة وزارة تُعنى بشؤون الحج والعمرة، وتنظيم القطاعات والإدارات العاملة في هذا المجال ومن أجل تأهيل وتدريب العاملين للتعامل مع الأزمات التي تواجه الحجاج والمعتمرين (زويد، والفهمي، 2024م، ص1.(

النظريات الحاكمة لموضوع البحث

نظرية الحشود أو الضمير الجمعي:

أظهرت إسهامات عالم الاجتماع الفرنسي "إميل دوركايم" بشأن نظرية الضمير الجمعي تجاه السلوكيات والمواقف المشتركة ما يمكن الاستفادة منه في دراسة ظاهرة الحشود. حيث ركز على تصور المجتمع بوصفه ضميراً جمعياً أو نوع من الشعور الجمعي الذي له وجود مستقل، ويمارس نوعاً من القهر والإجبار على الأفراد باعتبارهم أعضاء في هذا المجتمع، وينتمون إليه، وإذا كان تصور "دوركايم" يقوم على أن الحشد نوع من الشعور الجمعي ينطبق عليه ما ينطبق على المجتمع العضوي، فإنه ينبغي التفكير في احتياجات هذا الحشد والسعي لتلبيتها مثل الكائن العضوي أو المجتمع ككل. ومن ثم برزت فكرت خدمة الحشود وتلبية احتياجاتها (عبدالرحمن، 2016م)، كما عرفها آل سعود بأنها الإجراءات والسياسات والخطط الموضوعة للتنفيذ أثناء وبعد انتهاء حدث معين بشكل يضمن سلامة الحشود والحفاظ على حالة من الاستقرار والأمن في مكان الحدث، والحد من وقوع إصابات أو ظهور ما قد يهدد أمن وسلامة الحشود والدولة (آل سعود، 2016م.(

نظرية المعايير الطارئة

وردت هذه النظرية في تحليلات "رالف تيرنر" و"لويس كيلايون" في كتاب السلوك الجماعي، حيث إن الحشود في بداية نشأتها أو انحلالها لديها روابط اجتماعية ونفسية قليلة، ولكن سرعان ما أن تلبث وتتكون تلك الحشود، وتظهر مجموعة من الأفراد القياديين فيها الذين يهتمون بأدوارهم بالحشود واقتراح مجموعة من الأعمال الملائمة والمنظمة لسلوك جميع الأفراد الآخرين الذين ما يلبثون أن يتبعوا هذه الأفعال أو الأوامر أو الاقتراحات، كما يتبع هذه القيادات حسب النظرية مجموعة من الجزاءات التي تعد بمثابة القواعد المعيارية الجديدة لسلوك الحشد (Forsyth, 2012).

نظرية الدور

تستند نظرية الدور إلى فكرة أن سلوك الفرد وعلاقته بالآخرين تعتمد بشكل كبير على الدور الذي يؤديه في المجتمع. فكل فرد يشغل عدة أدوار اجتماعية، وهذه الأدوار تحدد واجباته وحقوقه، وتختلف الأدوار من مؤسسة لأخرى، وتساعد نظرية الدور على فهم كيفية تفاعل الأفراد مع بيئتهم الاجتماعية وكيف تؤثر هذه التفاعلات على سلوكياتهم وتفاعلاتهم. وتقوم نظرية الدور على عدة مبادئ رئيسة، كتعددية الأدوار الاجتماعية، وتحديد الواجبات والحقوق، والتوقعات المسبقة لأدوار الأفراد، وإدراك الأدوار. وتُصنف الأدوار إلى أدوار اجتماعية تتعلق بالمعايير والقيم المرتبطة بموقع معين في المجتمع، وأدوار جندرية (نوعية حسب الجنس) تشير إلى السلوكيات المتوقعة من الذكور والإناث بناءً على التصنيفات الاجتماعية، وأدوار سياسية لفهم سلوك الدول في العلاقات الدولية، حيث يتم تحليل دور الدولة كفاعل سياسي (مخلوف، 2022م، ص10)

الدراسات السابقة

دراسة القرني (2020م)، بعنوان "منظور مستقبلي لتحقيق أمن الحجاج والمعتمرين وفقاً لرؤية (2030) بالمملكة العربية السعودية" والتي هدفت إلى تقديم منظور مستقبلي لتحقيق أمن الحجاج والمعتمرين انطلاقاً من رؤية المملكة (2030)، وخلصت الدراسة إلى أن هناك حاجة إلى استكمال التقنيات المتاحة وتصميمها بما يتناسب مع حاجة ضيوف الرحمن وتحقيق رؤية (2030)، وأن هناك حاجة إلى

وجود تخطيط شامل يحدد المخاطر المحتملة، ويراعي أعلى معايير الأمن والسلامة وإعادة تأهيل البنية التحتية بالمشاعر المقدسة، كما خلصت الدراسة إلى أن هناك أهمية كبيرة للتنظيم الجيد والإحصائيات الدقيقة للحجاج والمعتمرين وقياس أداء الخدمات المقدمة، وأن جهود التوعية المبذولة حتى تأتي نتائج جيدة ينبغي أن يصاحبها عمل تثقيفي للحجاج والمعتمرين في بلدانهم قبل وصولهم للمملكة.

دراسة السلمي (2017م). بعنوان "دور القوة الخاصة لأمن المسجد الحرام في حفظ أمن الحجاج والمعتمرين"، وهدفت إلى التعرف على دور القوة الخاصة لأمن المسجد الحرام من النواحي التنظيمية والأمنية والإنسانية في تحقيق أمن الحجاج والمعتمرين. وذلك باستخدام المنهج الوصفي التحليلي كمنهج علمي ملائم لطبيعة الدراسة، وبالاعتماد على الاستبانة في جمع البيانات الميدانية. وخلصت الدراسة إلى أن من أهم أدوار القوة الخاصة لأمن المسجد الحرام هو الاستفادة من غرفة المراقبة التلفزيونية في متابعة كثافة الحجاج والمعتمرين والعمل على إزالة العوائق التي تؤثر على سلامة الزوار، وكذلك حراسة الأئمة وضيوف الدولة أثناء دخول الحرم والتفاعل السريع مع البلاغات الأمنية، بالإضافة إلى تهيئة المكان المناسب لاستقبال التائهين وإرشادهم، والإشراف على المكتب الخاص بالمفقودات.

دراسة القحطاني (2018م). وعنوانها "دور خطب المساجد في تعزيز الأمن الاجتماعي"، وهدفت إلى بيان مقومات الأمن الاجتماعي التي تتناولها خطب المسجد، ومعرفة المظاهر السلبية التي تضر بالأمن الاجتماعي، وتقديم تصور استراتيجي لتفعيل دور خطب المساجد في تحقيق الأمن الاجتماعي في المملكة العربية السعودية. مستخدمة لتحقيق هذه الأهداف المنهج الوصفي التحليلي كمنهج علمي ملائم لطبيعة الدراسة، وبالاعتماد على الاستبانة في جمع البيانات. وخلصت الدراسة إلى أن خطب المساجد في المملكة تتناول مقومات الأمن الاجتماعي بكافة مؤشراتها، بالإضافة إلى تبيان المظاهر السلبية التي تضر بالأمن الاجتماعي.

دراسة الدبل، وآخرون (2018م). بعنوان "الإدارة التنظيمية والأمنية للحشود في مواسم الحج والعمرة." والتي هدفت إلى توثيق ما تقوم به المملكة العربية السعودية من أعمال جليلة في خدمة ضيوف الرحمن في مجال إدارة وتنظيم الحشود بمواسم الحج والعمرة بمكة المكرمة والمدينة المنورة، وتقديم رؤية تطويرية لرفع مستوى الخدمات في هذا المجال، وتحقيق السلامة الكاملة للحجاج والمعتمرين لتأدية مناسكهم بكل يسر وسهولة. وخلصت الدراسة إلى أن طبيعة الحشود في مواسم الحج والعمرة مختلفة عن طبيعة الحشود الأخرى في العالم، نتيجة طبيعتها الخاصة وارتباطها بالبعد المكاني والزماني بشكل كبير، وأن هناك رضا نسبياً معقولاً من الحجاج عن مستوى إدارة وتنظيم الحشود في موسم الحج، وأن عمليات إدارة الحشود مازالت متواضعة في مجال استثمار التقنية، وأن قطار المشاعر المقدسة يُعد من العناصر المفيدة في إدارة الحشود في مواسم الحج، مع ملاحظة وجود تكرار وتداخل بين عدد من الجهات في إدارة وتنظيم الحشود.

دراسة البصيلي (2014م) بعنوان "فعالية إدارة الكوارث في منشأة الجمرات: دراسة تحليلية لإجراءات المديرية العامة للدفاع المدني أثناء موسم الحج"، وهدفت إلى معرفة فاعلية إجراءات المديرية العامة للدفاع المدني في إدارة الكوارث في منشأة الجمرات، وذلك باستخدام المنهج الوصفي التحليلي للحصول على البيانات المتاحة لدى المديرية العامة للدفاع المدني. وخلصت الدراسة إلى ضرورة وجود مرونة نقل بعض قوة الجمرات بين الأدوار الأقل كثافة إلى الأدوار الأكثر كثافة من الحجاج.

منهج البحث وأداته

المنهج الوصفي: يعد المنهج الوصفي من المناهج العلمية الشائعة التطبيق في الدراسات والأبحاث العلمية، وتتمثل المهمة الرئيسة لهذا المنهج في الوصول إلى فهم أوضح وأكثر عمقاً للظاهرة موضع البحث (أبو حطب، وصادق، 1991م، ص102)، وهو يقوم على تفسير حالة الظاهرة من خلال تحديد خصائصها وأبعادها بهدف الانتهاء إلى وصف عملي ودقيق للظاهرة محل الدراسة (أبو بكر، واللحلح، ص51). وقد اتبع الباحث هذا المنهج لتحليل دور الممارسات الفضلى لإدارة الحشود في تحقيق الأمن الاجتماعي للحجاج.

المقابلة: تعد مقابلة الخبراء من أهم الأدوات العلمية المتبعة للحصول على البيانات الخاصة بالظواهر الاجتماعية والأمنية، ولاسيما في حال تعذر الوصول إليها باستخدام طرق أخرى، وهي تتصف بالمرونة، وإمكانية تكييفها مع المجموعة المستجيبة للأسئلة المثارة. وقد عرفها العكش بأنها محادثة موجهة نحو هدف محدد، وليس الرغبة في المحادثة لذاتها (العكش، 1995م، ص187).

وقد اعتمد البحث على مجموعة من الخبراء الذين أجرى الباحث مقابلة معهم بهدف الحصول على إجابات عن مجموعة الأسئلة المتضمنة في محاور تمثل متغيرات البحث، وبلغ عددهم (20) خبيراً ، وهم من ذوي الاختصاص بموضوع البحث الحالي.

مجتمع البحث

اعتمد الباحث على آراء مجموعة من المتخصصين والخبراء المهتمين بقضايا الأمن الاجتماعي وإدارة الحشود، على أن يدعم اهتمامهم أحد المعيارين الآتيين أو كلاهما:

1_ التخصص العلمي: حيث لجأ الباحث إلى المتخصصين في الحقول المعرفية ذات الصلة بموضوع الأمن الاجتماعي، وإدارة الحشود كالعلوم الاجتماعية والإدارية والأمنية، ولهم منتجات علمية تتعلق بالأمن الاجتماعي وإدارة الحشود، فأهل هذه التخصصات العلمية وجد فيهم الباحث ما يغني بحثه ويدعم نتائجه.

_2الخبرة العملية: إلى جانب أهل التخصصات العلمية النظرية لجأ الباحث أيضاً إلى الخبراء الذين صقلوا معارفهم النظرية بتجارب عملية جعلتها أكثر دقة وموضوعية، وذلك ممن له عدد من سنوات الخبرة في المجالات الاجتماعية والإدارية والأمنية والشرعية.

عينة البحث

جاءت عينة البحث من المتخصصين والخبراء الذين قابلهم الباحث عينة قصدية، لأن الباحث رأى أن هؤلاء الخبراء الذين قابلهم هم أقدر من غيرهم على تقديم رؤى ومقترحات علمية وعملية تدعم نتائج بحثه وتجعلها تتمتع بدرجة عالية من الصدق والموضوعية وفقاً للمعايير التي اعتمدها الباحث في انتقاء الخبراء، وأن هؤلاء الخبراء بوسعهم أن يقدموا معلومات عن موضوع البحث لا يستطيع الباحث أن يصل إليها إلا من خلالهم، وقد بلغت عينة البحث (20) خبيراً.

خصائص عينة البحث:

كشفت مقابلة الباحث في شقها الأول عن مجموعة الخصائص التي اتصفت بها عينة الخبراء والتي تعطي الملامح الأساسية للعينة وتجعلها على درجة من الوضوح تنعكس على دقة أداة المقابلة وصدقها في تقديم المعلومات التي تخدم البحث، وتأطرت خصائص عينة الخبراء على النحو الآتي:

1_ تصنيف الخبراء بحسب الجنس: يعد متغير الجنس مؤشراً مهماً في اعتماد الخبراء لموضوع دور الممارسات الفضلى لإدارة الحشود في تحقيق الأمن الاجتماعي للحجاج، لجهة تعزيز تنوع الرؤى والمعالجات لموضوع البحث ما بين الذكور والإناث، فتحقيق الأمن الاجتماعي ينصرف إلى الحجاج الإناث كما ينصرف إلى الحجاج الذكور، ويمكن توضيح فئتي الخبراء من الذكور والإناث على النحو المبين في الجدول الآتي:

الجدول رقم (1): يبين توزع أفراد عينة الخبراء بحسب الجنس

الجنس	العدد	النسبة
ذكر	17	%85
أنثى	3	%15
المجموع	20	100

أظهر الجدول رقم (1) أن نسبة الخبراء من الذكور بلغت (85%)، بينما بلغت نسبة الخبيرات (15%)، وكما هو واضح أن الغالبية العظمى من عينة البحث هي من الخبراء الذكور، وهذا يتناسب مع طبيعة موضوعي إدارة الحشود والأمن، إذ إن أغلب من يتخصص بهما ويمارسهما هم الذكور.

2- الفئات العمرية للخبراء: يُعد متغير العمر مؤشراً مهماً في اعتماد الخبير، فهو يعكس عمق التجربة التي أمضاها الخبير في تعامله مع إدارة حشود الحجاج وتحقيق أمنهم الاجتماعي، كما يعكس مدة الخبرة الوظيفية التي قضاها في تتبع التطورات الحاصلة في موضوع إدارة الحشود ودورها في تحقيق الأمن الاجتماعي، ثم امتلاك القدرة على إصدار الأحكام الخاصة بها وتقديم الحلول العملية في التعامل مع الحشود، واستناداً إلى أهمية هذا المعيار، فقد بيّن الباحث الفئات العمرية التي ينتمي إليها الخبراء، كما هو موضح في الجدول الآتي:

الجدول رقم (2): يبين توزع أفراد عينة الخبراء بحسب فئات العمر

فئات العمر	العدد	النسبة
أقل من 40 عاماً	2	%10
من 40 وأقل من 50عاماً	3	%15
من 50 عاماً وأكثر	15	%75
المجموع	20	100

بيّن الجدول رقم (2) أن الفئة العمرية لعينة الخبراء من 50 عاماً فأكثر هي الفئة الأعلى بين الفئات العمرية للخبراء، إذ بلغت نسبتها 75% من مجموع أفراد العينة، ما يدل على أن غالبية الخبراء من ذوي الخبرة العلمية والمهنية التي تتيح لهم إمكانية الحكم على أهم الممارسات الفضلى في إدارة حشود الحجاج وتبيان دور هذه الممارسات في تحقيق الأمن الاجتماعي للحجاج بحكم عمق التجربة العلمية والمهنية. وجاءت الفئة العمرية من 40 وأقل من 50عاماً في المرتبة الثانية بنسبة 15% لتدعم الفئة الأعلى وتعطيها قوة ومصداقية من حيث عمق التجربة وحجم الخبرة في إصدار الأحكام العلمية على مسألة دور الممارسات الفضلى في تحقيق الأمن الاجتماعي للحجاج، في حين أتت الفئة العمرية أقل من 40 عاماً في المرتبة الثالثة والأخيرة بين الفئات العمرية للخبراء، وهي أيضاً تضم خبيرين اثنين ممن لهم خبرة واسعة في إدارة حشود الحجاج. وينطوي ارتفاع معدل أعمار عينة الخبراء على أهمية علمية كبيرة، فهو يعكس مقدار الخبرة الوظيفية التي أمضوها في تتبعهم لمسارات مسألة إدارة الحشود في موسم الحج وأهم الممارسات الفضلى في هذا المجال، الأمر الذي يضفي على أفراد عينة البحث من الخبراء درجة أعلى من المصداقية وإمكانية أوسع في الاعتماد على آرائهم وخبراتهم المفيدة في تحديد أفضل الممارسات في إدارة الحشود في موسم الحج ودورها في تحقيق الأمن الاجتماعي للحجاج.

3- التحصيل العلمي للخبراء: يُعد التحصيل العلمي للخبير من أهم المعايير التي تؤخذ في الاعتبار عند اعتماد الخبير، فالتحصيل العلمي العالي للخبير يبعث على الاطمئنان فيما انتهت إليه آراء الخبراء من نتائج، ويرفع مصداقيتها، ويعزز موضوعيتها، كونه يدل على أن الخبير ذو اطلاع واسع في موضوع إدارة الحشود من خلال قراءاته العلمية وأبحاثه ودراساته التي أعدها حول الموضوع، ثم تكون آراؤه وتحليلاته مبنية على أسس علمية. وبناءً على هذه الدلالة أوضح الباحث مستويات التحصيل العلمي للخبراء حسب ما هو مدرج في الجدول الآتي:

الجدول رقم (3): يبين توزع أفراد عينة الخبراء بحسب مستويات التحصيل العلمي

مستوى التعليم	العدد	النسبة
دكتوراه	7	%35
ماجستير	10	%50
بكالوريوس	3	%15
المجموع	20	100

يشير توزع أفراد عينة الخبراء وفقاً لمستوى التحصيل العلمي في الجدول رقم (3) إلى أن جميعهم من ذوي المستوى العلمي العالي الذي تراوح ما بين البكالوريوس والماجستير والدكتوراه، بحكم طبيعة الوظائف التي يؤدونها في قطاعات عملهم المتنوعة ما يجعل مصداقية الاعتماد عليهم بوصفهم خبراء أكبر، ورؤاهم حول قراءة الممارسات الفضلى في إدارة الحشود ودورها في تحقيق الأمن الاجتماعي للحجاج أكثر موضوعية حيث أن (7) خبراء من حملة شهادة الدكتوراه، و(10) خبراء من حملة شهادة الماجستير ، و(3) خبراء من حملة شهادة البكالوريوس فإذا أضيف ارتفاع معدل مستوياتهم العلمية إلى ارتفاع معدل فئات العمر تجلت أهمية الخبرة التي يتمتعون بها في تقييمهم لدور الممارسات الفضلى لإدارة الحشود في تحقيق الأمن الاجتماعي للحجاج.

4- التخصص العلمي للخبراء: يشير التخصص العلمي إلى مدى اقتراب الخبير من موضوع دور الممارسات الفضلى لإدارة الحشود في تحقيق الأمن الاجتماعي للحجاج الذي هو محل البحث، وهو من غير شك معيار مهم في اعتماد الخبير. وقد كشف الباحث عن التخصصات العلمية لأفراد عينة الخبراء حسب الجدول الآتي:

جدول رقم (4): يبين توزع أفراد عينة الخبراء بحسب التخصص العلمي

التخصص العلمي	العدد	النسبة
علوم أمنية	9	%45
علم الاجتماع	4	%20
إدارة	3	%15
قانون	2	%10
علم النفس الإرشادي	1	%5
هندسة تقنية	1	%5
المجموع	20	100

تُعد الاختصاصات العلمية لأفراد عينة الخبراء ذات صلة بموضوع إدارة الحشود والأمن الاجتماعي للحجاج. ومن خلال الجدول رقم (4) يظهر أن اختصاص العلوم الأمنية قد حاز على النسبة الأعلى بين اختصاصات عينة الخبراء بنسبة بلغت 45%، إذ إن المتخصصين

بالعلوم الأمنية هم الأكثر التصـــاقاً وتعاطياً مع موضـــوعات إدارة حشـــود الحجاج وتأمين ســـلامتهم والمحافظة على أمنهم. ثم أتى المتخصصون بعلم الاجتماع بالمرتبة الثانية بنسبة 20%، من مجموع الاختصاصات العلمية، بينما حاز المتخصصون بالإدارة على نسبة 15% ، وكان هناك خبير متخصص بعلم النفس وآخر بالهندسة التقنية بنسبة 5% لكل منهما من مجموع التخصصات العلمية.

ومناسـبة الاختصـاصـات العلمية للخبراء في مسـألة إدارة حشـود الحجاج وأمنهم الاجتماعي تجعل تفسـيرات هؤلاء الخبراء للممارسـات الفضـلى لإدارة الحشـود ودورها في تحقيق الأمن الاجتماعي للحجاج تحظى بمصـداقية مهنية وعلمية تتفوق على تلك الحالات التي يبدو فيها المسـتوى التعليمي والمعرفي منخفضـاً مثلاً، أو الحالات التي يظهر فيها أن هناك عدم وجود صلة أو ارتباط ما بين الاختصـاص العلمي والعمل الوظيفي.

5- مجالات عمل الخبراء: يُعد مجال العمل أو المجال الوظيفي للخبير الذي صقل من خلاله شخصيته العلمية مصدراً رئيساً من مصادر الخبرة المهنية والعملية التي تمنح صـــاحبها أو ممارســـها القدرة على فهم واســـتيعاب الظواهر التي يتعامل معها والقضـــايا التي يعالجها بأساليب وأدوات مختلفة عن تلك التي يتصف بها المشتغلون في قطاعات عملية وحقول معرفية أخرى. واستناداً إلى هذه الدلالة فقد بين الباحث الحقل الميداني الذي انتمى إليه أفراد عينة الخبراء، وذلك من خلال الجدول الآتي:

الجدول رقم (5): يبين توزع أفراد عينة الخبراء بحسب العمل أو مجال الخبرة

العمل/مجال الخبرة	العدد	النسبة
الدفاع المدني	7	%35
عضو هيئة علمية	5	%25
ضابط متقاعد	4	%20
مستشار	3	%15
اخصائي اجتماعي	1	%5
المجموع	20	100

من خلال تحليل الباحث لبنية العمل الذي مارســـه أفراد عينة الخبراء المشـــار إليهم في الجدول رقم (5) تبين أن اختصـــاصـــاتهم المهنية لصـــيقة بموضـــوع إدارة حشـــود الحجاج وأمنهم الاجتماعي، حيث إن 35% من الخبراء يعملون في مجال الدفاع المدني، وهو من أكثر التخصـصـات المهنية ذات العلاقة بموضـوع إدارة حشـود الحجاج والمحافظة على أمنهم وسـلامتهم، وإن 25% منهم أعضـاء هيئة علمية، وهؤلاء هم أكثر الخبراء مناقشـةً لموضوع إدارة الحشـود والامن الاجتماعي من الناحية العلمية، وتقديم أبحاث ودراسـات علمية على درجة عالية من الأهمية بالنســـبة لأصـــحاب القرار في الدولة، فيحيطونهم بآراء ومقترحات مســـتندة إلى أســـس علمية موثوق بها، وبعيدة عن الارتجالية والانطباعية. أما المســـتشـــار فإنه لا يحوز هذه الصـــفة ما لم يكن يتمتع بخبرة عملية وعلمية تعطيه القدرة على تقديم الاستشارات والخبرات لصناع القرار فيما يتعلق بموضوع إدارة الحشود والأمن الاجتماعي للحجاج، وبالنسبة للمتخصص المهني في المجال الاجتماعي فإن خبرته المهنية في التعامل مع القضـــايا الاجتماعية في موســـم الحج تكون محل اعتبار واهتمام للاســـتفادة منها في مجال تحقيق الأمن الاجتماعي للحجاج.

6-ســـنوات خبرة عينة الخبراء: يُعد المجال الزمني عاملاً مهماً في اختيار الخبراء والاعتماد عليهم في معالجة موضـــوعات إدارة وتنظيم الحشـــود وتحقيق أمنهم، بحكم أن طول الفترة الزمنية التي أمضـــاها الخبير في الحقل العلمي أو الوظيفي تضـــفي مزيداً من الأهمية في الاحتكام إلى رأيه وتحليلاته في موضوعات الحشود والأمن الاجتماعي. وبناءً على هذه الدلالة كشف الباحث عن معدلات سنين الخبرة التي أمضاها أفراد عينة الخبراء في مجالات عملهم، وذلك من خلال الجدول الآتي:

الجدول رقم (6): يبين توزع أفراد عينة الخبراء بحسب سنوات الخبرة

سنوات الخبرة	العدد	النسبة
أقل من 10 أعوام	6	%30
من 10 أعوام وأقل من 15عاماً	4	%20
من 15 عاماً فأكثر	10	%50
المجموع	20	100
متوسط فئات سنوات الخبرة	16.5 سنة	

أظهر الجدول رقم (6) عدد سنين الخبرة التي أمضاها الخبير في الحقل المهني الذي اختص به، حيث بلغ متوسط فئات سنوات الخبرة لأفراد عينة الخبراء (16.5) سنة، وهو يعد متوسطاً عالياً ويزيد من قوة عناصر اختيار الخبراء الذين قابلهم الباحث، ويسوغ الاعتماد عليهم في إصدار أحكام علمية على الظاهرة محل البحث، فمعظمهم من ذوي الخبرة الزمنية الطويلة التي أمضوها في معايشة إدارة الحشود والأمن الاجتماعي للحجاج ما جعل من السهولة بالنسبة للخبراء تقديم قراءات موضوعية ودقيقة للممارسات الفضلى في إدارة الحشود ودورها في تحقيق الأمن الاجتماعي للحجاج. فالفئة الأعلى بين فئات سنوات خبرة عينة الخبراء كانت للفئة من 15 سنة فأكثر، إذ حازت نسبة 50% من مجموع أفراد عينة الخبراء، بينما جاءت الفئة الثانية أقل من 10 أعوام بواقع 30%، والفئة الثالثة من 10 أعوام وأقل من 15 عاماً بنسبة 20% ومن هذه الدلالات الإحصائية يتضح أن هناك خبرة طويلة يتمتع بها أفراد عينة الخبراء وأكسبتهم قدرة لا يستهان بها في معرفة أفضل الممارسات لإدارة حشود الحجاج والتي تسهم في تحقيق أمنهم الاجتماعي.

7-ارتباط عمل الخبراء بقضايا الأمن الاجتماعي وإدارة الحشود: يُعد ارتباط عمل الخبراء بقضايا الأمن الاجتماعي وإدارة الحشود من أهم المعايير التي اعتمدها الباحث في اختيار الخبراء، نظراً لأهمية هذا المعيار في الحصول على معلومات دقيقة وموثوقة حول دور الممارسات الفضلى لإدارة الحشود في تحقيق الأمن الاجتماعي للحجاج. واستناداً إلى هذا المعيار جاء اختيار الباحث لأفراد عينة الخبراء، كما هو موضح في الجدول الآتي:

الجدول رقم (7): يبين توزع أفراد عينة الخبراء بحسب ارتباط عملهم بموضوع الأمن الاجتماعي وإدارة الحشود

ارتباط العمل بموضوع البحث	العدد	النسبة
مباشر	17	%85
غير مباشر	3	%15
المجموع	20	100

توزع أفراد عينة الخبراء بحسب ارتباطهم بمسألة الأمن الاجتماعي وإدارة الحشود، كما هو مبين في الجدول رقم (7) إلى 17 خبيراً من ذوي الارتباط المباشر بحكم طبيعة عملهم الذي يمارسونه، إلى جانب 3 خبراء كانت ارتباطاتهم غير مباشرة. فالفئة الأولى من الخبراء ذوي الارتباط المباشر تضم المتخصصين بالعلوم الأمنية وعلم الاجتماع والعلوم الإدارية وعلم النفس الإرشادي والقانون والهندسة التقنية، وهم من فئة الذكور. بينما جاء الارتباط غير المباشر من فئة الإناث المتخصصات بعلم الاجتماع والإدارة، ويأتي ارتباطهن بموضوع البحث من خلال أبحاثهن العلمية المتعلقة به، لكنه وبحكم نوعية موضوع البحث وحداثته وأهميته العلمية والعملية.

وجد الباحث أنه من الأهمية بمكان أن تشمل عينة الخبراء من لهم ارتباطات مباشرة بموضوع البحث (إدارة الحشود والأمن الاجتماعي للحجاج)، ومن لهم ارتباطات غير مباشرة بحكم تعدد الزوايا التي يمكن النظر من خلالها إلى موضوع دور الممارسات الفضلى لإدارة الحشود في تحقيق الأمن الاجتماعي للحجاج.

محاور الدراسة الميدانية:

اشتمل البحث الميداني على ثلاثة محاور بغية الإجابة عن تساؤلات البحث، وشملت هذه المحاور الأمن الاجتماعي للحجاج، والممارسات الفضلى لإدارة حشود الحجاج، ودور هذه الممارسات في تحقيق الأمن الاجتماعي للحجاج، ويمكن تفصيل هذه المحاور على النحو الآتي:

المحور الأول: الأمن الاجتماعي للحجاج.

باستقراء الباحث لآراء الخبراء وتحليلها عند سؤالهم عن منظومة المقومات التي تشكل في مجموعها الأمن الاجتماعي للحجاج في موسم الحج من وجهة نظرهم، فقد أفاد الخبراء بأن الأمن الاجتماعي للحجاج تمثله مجموعة من العناصر أو المقومات التي تشكل في مجملها الأمن الاجتماعي والتي تعمل الأجهزة الحكومية في المملكة على تأمينها والمحافظة على سلامتها، وهي على النحو الآتي:

الجدول رقم (8): يبين مقومات الأمن الاجتماعي للحجاج بحسب رأي الخبراء

رقم	مقومات الأمن الاجتماعي للحجاج
1	الوصول الآمن والمغادرة الآمنة.
2	الأداء الآمن لمناسك الحج.
3	توفر الخدمات المتكاملة (الصحية والغذائية والاتصالية).
4	التنقل الآمن بين المشاعر، وداخل مكة المكرمة والمدينة المنورة وبينهما.

5	توفر الإرشاد والتوجيه.
6	الأمن الشخصي والمعنوي.
7	الأمن المادي.
8	تطبيق الأنظمة واللوائح.
9	مكافحة الجريمة.
10	التعاون بين الحجاج ورجال الأمن.
11	التعاون بين الحجاج والمواطنين.
12	التعاون الاجتماعي بين الحجاج.

يظهر الجدول رقم (8) مقومات الأمن الاجتماعي للحجاج وفقاً لما ذهب إليه الخبراء، وهي تظهر من لحظة وصـولهم أرض المملكة بشـكل آمن، وتتجلى هذه المقومات بشكل أوضح وأوسع خلال وجودهم في مدينة مكة المكرمة، وبخاصة أثناء تأدية مناسك الحج وانتقالهم بين المشـاعر، وتوفير الخدمات الصحية والغذائية والاتصـالية لهم، وتعليمات الإرشـاد والتوجيه التوعوي والتثقيفي لهم، وتطبيق الأنظمة واللوائح بشـكل واضـح وعادل، ومكافحة كافة أنواع الجرائم التي يمكن أن يتعرضـوا لها، والعمل على حمايتهم ووقايتهم منها، وكذلك التعاون الإيجابي بينهم وبين رجال الأمن والمواطنين. ويدعم تلك المقومات تحقيق الأجهزة المتخصـصـة لأمن الحجاج الشـخصـي والمعنوي والمـادي وحمـايتهم من أي نوع من أنواع الأذى أو الاعتـداء الـذي يمكن ينـال أرواحهم أو أموالهم، وتتفق نتـائج محور مقومـات الأمن الاجتماعي لحشـود الحجاج مع دراسـة السـلمي (2017م). التي تناولت دور القوة الخاصـة لأمن المسـجد الحرام في حفظ أمن الحجاج والمعتمرين"، من حيث اسـتخدام المنهج الوصـفي التحليلي ، ومن حيث النتائج التي أكدت على أهمية تحقيق الأداء الآمن لمناسـك الحج ، والعمل على إزالة العوائق التي تؤثر على سـلامة الحجاج، وكذلك حراسـة الأئمة وضـيوف الدولة أثناء دخول الحرم والتفاعل السـريع مع البلاغات الأمنية، بالإضـافة إلى تهيئة المكان المناسـب لاسـتقبال التائهين وإرشـادهم، والإشـراف على المكتب الخاص بالمفقودات، وهذا كله داخل في إطار مقومات الأمن الاجتماعي المادية والمعنوية والشخصية.

وكذلك تلتقي نتائج هذا المحور مع دراسـة القرني (2020م) التي حاولت تقديم منظور مسـتقبلي لتحقيق أمن الحجاج والمعتمرين وفقاً لرؤية (2030) بالمملكة العربية السـعودية" من حيث ضـرورة مراعاة أعلى معايير الأمن والسـلامة وإعادة تأهيل البنية التحتية بالمشـاعر المقدسة، ومن حيث أهمية قياس أداء الخدمات المقدمة وهذا يأتي ضمن سياقات ومقومات الأمن الاجتماعي للحجاج.

المحور الثاني: الممارسات الفضلى لإدارة الحشود

باسـتقراء الباحث لآراء الخبراء وتحليلها عند سـؤالهم عن الممارسـات الفضـلى التي تُمارس من قبل الأجهزة المتخصـصـة في المملكة أثناء موسـم الحج لإدارة حشـود الحجاج من وجهة نظرهم، فقد أفاد الخبراء بأن الممارسـات الفضلى التي يرونها مثالية في إدارة وتنظيم حشـود الحجاج أثناء موسـم الحج، عبارة عن مجموعة متكاملة ومتفاعلة من الإجراءات التنظيمية والأمنية والصـحية والتقنية والثقافية التي تُنفذ عملياً من لحظة وصـول الحجاج أرض المملكة وطيلة وجودهم فيها وحتى لحظة مغادرتهم أراضـيها، وتقوم بها مختلف الأجهزة الحكومية في المملكة كل حسب اختصاصه، وهي على النحو الآتي:

الجدول رقم (9): يبين الممارسات الفضلى لإدارة الحشود بحسب رأي الخبراء

رقم	الممارسات الفضلى لإدارة الحشود
1	اهتمام قيادة الدولة بخدمة الحجاج
2	تطبيق برامج رؤية المملكة 2030(برنامج ضيوف الرحمن، وبرنامج جودة الحياة)
3	الإدارة الأمنية المحترفة
4	الرعاية الصحية النوعية والمحترفة
5	توفير الخدمات الأساسية
6	الإدارة المدروسة للشؤون الدينية بالحرمين الشريفين
7	التخطيط المسبق
8	استخدام التكنولوجيا
9	التحديد الدقيق لطرق الوصول والمغادرة
10	التنسيق المستمر والمتكامل بين الجهات المختلفة
11	التدريب والتوعية
12	التقييم المستمر

يظهر الجدول رقم (9) منظومة الممارسات الفضلى لإدارة وتنظيم الحشود في موسم الحج وفقاً لما ذهب إليه الخبراء، وهي تبدوا متناسقة ومتوافقة إلى حد كبير مع مقومات الأمن الاجتماعي للحجاج، وتتجلى هذه الممارسات وتظهر جلياً من خلال الاهتمام الكبير الذي توليه قيادة المملكة الرشيدة لخدمة ضيوف الرحمن، وقد تعززت هذه الممارسات الفضلى بدعم من برامج رؤية المملكة 2030(برنامج ضيوف الرحمن، وبرنامج جودة الحياة). وتتوزع هذه الممارسات في مجالات تنفيذية متعددة، وتقوم على الاحترافية والمهنية العالية في الممارسة والتطبيق، كما هو واضح في الإدارة الأمنية المحترفة والتي يتولاها عدد من الأجهزة الأمنية المتخصصة، وكذلك الإدارة المدروسة للشؤون الدينية بالحرمين الشريفين، والرعاية الصحية النوعية التي يتلقاها الحجاج خلال موسم الحج.

كما يعد التخطيط المسبق والتنسيق المستمر والمتكامل والتوعية والتدريب من أبرز الممارسات الفضلى التي تسهم بشكل فاعل في إدارة وتنظيم حشود الحجاج، ويدعم هذه الممارسات استخدام التقنية الحديثة وتوظيفها في مواطن ومجالات عملية متنوعة ومتعددة أثناء موسم الحج تسهيلاً وتيسيراً على الحجاج لتأدية مناسكهم بكل أمن وطمأنينة. وتلتقي هذه الممارسات وتتفاعل مع نظرية الحشود أو الضمير الجمعي التي ترى أن الحشد نوع من الشعور الجمعي ينطبق عليه ما ينطبق على المجتمع العضوي، فإنه ينبغي التفكير في احتياجات هذا الحشد والسعي لتلبيتها مثل الكائن العضوي أو المجتمع ككل. ومن ثم برزت فكرة خدمة الحشود وتلبية احتياجاتها، وهذا ما تؤكده التطبيقات العملية للممارسات الفضلى لمختلف الأجهزة المختصة بإدارة وتنظيم حشود الحجاج وتأمين سلامتهم. كما تلتقي مع نظرية المعايير الطارئة التي ترى أنه تتشكل قواعد معيارية جديدة لسلوك حشد الحجاج والتي تعمل الممارسات الفضلى على مراعاتها وضبطها.

كما تتفق نتائج محور الممارسات الفضلى لإدارة الحشود مع دراسة القرني (2020م) التي تناولت دور رؤية المملكة 2030 في تحقيق أمن الحجاج والمعتمرين، باعتبار أن برامج الرؤية ومشاريعها تمثل ممارسات فضلى في إطار إدارة وتنظيم حشود الحجاج، وكذلك دراسة السلمي (2017م). التي تناولت دور القوة الخاصة لأمن المسجد الحرام في حفظ أمن الحجاج والمعتمرين، محاولة تقديم تصور علمي وعملي لدور هذه القوة من النواحي التنظيمية والأمنية والإنسانية في تحقيق أمن الحجاج والمعتمرين. كما تلتقي نتائج هذا المحور مع نتائج دراسة الدبل، وآخرون (2018م) التي حاولت تشخيص الإدارة التنظيمية والأمنية للحشود في مواسم الحج والعمرة مع تبيان الممارسات الفضلى في هذا المجال.

المحور الثالث: دور الممارسات الفضلى لإدارة الحشود في تحقيق الأمن الاجتماعي للحجاج

من خلال استقراء الباحث لآراء الخبراء وتحليلها عند سؤالهم عن دور الممارسات الفضلى التي تُمارس من قبل الأجهزة المتخصصة في المملكة أثناء موسم الحج لإدارة وتنظيم الحشود في تحقيق الأمن الاجتماعي للحجاج من وجهة نظرهم، فقد أفاد الخبراء بأن دور تلك الممارسات الفضلى في تحقيق الأمن الاجتماعي يظهر من خلال مجموعة التفاعلات والتغذيات الراجعة الناجمة عن تطبيق تلك الممارسات على حشود الحجاج أثناء موسم الحج. وقد تجلى دور تلك الممارسات الفضلى لإدارة الحشود في تحقيق الأمن الاجتماعي أثناء موسم الحج بحسب رأي الخبراء، على النحو المبين في الجدول الآتي:

الجدول رقم (10): يبين دور الممارسات الفضلى في تحقيق الأمن الاجتماعي بحسب رأي الخبراء

رقم	دور الممارسات الفضلى لإدارة حشود الحجاج في تحقيق أمنهم الاجتماعي
1	سهولة الوصول والمغادرة
2	سهولة أداء المناسك
3	سهولة الحصول على الخدمات المتكاملة
4	سهولة التنقل (بين المشاعر، وداخل مكة المكرمة والمدينة المنورة وبينهما)
5	الحصول على الإرشاد والتوجيه
6	الحفاظ على الأرواح
7	الحفاظ على الممتلكات
8	التطبيق الفعال للأنظمة واللوائح
9	تطبيق إجراءات مكافحة الجريمة والوقاية منها
10	انطباع صورة ذهنية إيجابية عن رجال الأمن
11	انطباع صورة ذهنية إيجابية عن المجتمع السعودي
12	انطباع صورة ذهنية إيجابية بين الحجاج

يظهر الجدول رقم (10) بحسب رأي الخبراء أن نتائج تطبيق الممارسات الفضلى لإدارة الحشود تنصب بشكل توافقي على مقومات الأمن الاجتماعي للحجاج، فعلى سبيل المثال: يعد الوصول الآمن والمغادرة الآمنة من مقومات الأمن الاجتماعي للحجاج، وأن دور الممارسات الفضلى لإدارة حشود الحجاج في تحقيق أمنهم الاجتماعي يظهر في مثل هذه الحالة من خلال تحقيق الوصول الآمن والمغادرة الآمنة، وكذلك الأمر بالنسبة لمقوم الأداء الآمن لمناسك الحج، فإن الممارسات الفضلى لإدارة حشود الحجاج تسهم بشكل فاعل في جعل عملية تأدية المناسك تجري بيسر وسهولة بالنسبة للحجاج، وهكذا يظهر دور تلك الممارسات الفضلى في تحقيق الأمن الاجتماعي للحجاج بالنسبة لبقية المقومات.

وبحسب ما ذهب إليه الخبراء فإن تطبيق الممارسات الفضلى لإدارة حشود الحجاج يؤدي إلى التيسير والسهولة في عمليات (الوصول والمغادرة، وتأدية المناسك، والحصول على الخدمات، والتنقل بين المشاعر، وداخل مكة المكرمة والمدينة المنورة وبينهما، والحصول على الإرشاد والتوجيه)

كما تسهم الممارسات الفضلى لإدارة الحشود حسب آراء الخبراء في الحفاظ على أرواح الحجاج وممتلكاتهم، والتطبيق الفعال للأنظمة واللوائح المعمول بها في مكة المكرمة والمدينة المنورة أثناء أداء مناسك الحج والتنقل بين المشاعر، وكذلك تطبيق إجراءات مكافحة الجريمة والوقاية منها بالنسبة للحجاج.

ومن الأدوار المهمة التي تسهم فيها الممارسات الفضلى لتحقيق الأمن الاجتماعي أثناء موسم الحج هو توليد انطباع صور إيجابية في أذهان الحجاج عن المملكة العربية السعودية وشعبها ورجالات أمنها والخدمة ذات الجودة العالية والتيسير المستمر والتعاون الكبير مع الحجاج ذوي الجنسيات المختلفة.

كما تولد تلك الممارسات الفضلى صوراً ذهنية إيجابية متبادلة بين الحجاج أنفسهم، ويكون مصدرها الممارسات والإجراءات المثالية التي تؤديها الأجهزة المتخصصة في المملكة أثناء موسم الحج مما يسهم بشكل آخر في انطباع صورة ذهنية إيجابية عن المملكة لدى ضيوف الرحمن.

وتلتقي آراء الخبراء المرتبطة بدور الممارسات الفضلى لإدارة الحشود في تحقيق الأمن الاجتماعي أثناء موسم الحج مع نظرية الدور التي تساعد على فهم كيفية تفاعل تطبيقات الممارسات الفضلى مع متطلبات تحقيق الأمن الاجتماعي للحجاج، كما تلتقي آراء الخبراء مع هذه النظرية من حيث الدور الذي تؤديه أجهزة الدولة أثناء موسم الحج، وبما ينطوي عليه من عديد الممارسات الفضلى التي تسهم بشكل فعّال في تحقيق الأمن الاجتماعي للحجاج، كما تلتقي أراءهم مع دراسة القرني (2020م)، من حيث التأكيد على ضرورة وجود تخطيط شامل يحدد المخاطر المحتملة ومراعاة أعلى معايير الأمن والسلامة وإعادة تأهيل البنية التحتية بالمشاعر المقدسة، والأهمية الكبيرة للتنظيم الجيد والإحصائيات الدقيقة للحجاج والمعتمرين وقياس أداء الخدمات المقدمة في تحقيق الأمن الاجتماعي.

وتتفق نتائج آراء الخبراء ضمن هذا المحور مع دراسة السلمي (2017م) التي قدمت تصوراً علمياً لتطوير دور القوة الخاصة لأمن المسجد الحرام من النواحي التنظيمية والأمنية والإنسانية في تحقيق أمن الحجاج والمعتمرين، و مع دراسة القحطاني (2018م) التي كشفت عن الدور المهم لخطب المساجد في تعزيز الأمن الاجتماعي بما في ذلك المسجد الحرام والمسجد النبوي من خلال التأكيد على حماية مقومات الأمن الاجتماعي بكافة مؤشراتها في المملكة وتبيان المظاهر السلبية التي تضر به، ومع دراسة الدبل، وآخرون (2018م) التي أوضحت أهمية الإدارة التنظيمية والأمنية للحشود في مواسم الحج والعمرة وإسهامها الفعال في تحقيق أمن الحجاج والمعتمرين. كما التقت نتائج هذا المحور مع دراسة البصيلي (2014م) التي ركّزت دور الإجراءات الفعالة التي تتخذها المديرية العامة للدفاع في إدارة وتنظيم حشود الحجاج في منشأة الجمرات أثناء مواسم الحج تحقيقاً بما يسهم في تحقيق الأمن الاجتماعي للحجاج.

النتائج

أظهر البحث عدداً من النتائج العلمية المبنية على أطر نظرية وجوانب تطبيقية، جاءت على النحو الآتي:

- هناك طبيعة خاصة لحشود الحجاج في مواسم الحج مرتبطة بالتنوع البشري لأفراد تلك الحشود والغاية الواحدة والمكان الواحد والزمان المحدد، ما يجعلها مختلفة عن الحشود الأخرى في العالم.
- إن الطبيعة الخاصة لحشود الحجاج تستلزم ممارسات على درجة من التميز التنظيمي والمؤسسي في الإدارة والتنظيم لتأمين وسلامة تلك الحشود.

- يحظى موضوع الأمن الاجتماعي لضيوف الرحمن باهتمام خاص لدى قيادة المملكة العربية السعودية وعموم المجتمع السعودي.
- يتمثل الأمن الاجتماعي في موسم الحج في منظومة من المقومات الدينية والأمنية والتنظيمية والتفاعلية والثقافية والخدمية التي تحرص حكومة المملكة على تعزيزها وحمايتها من المخاطر.
- تتمثل الممارسات الفضلى لإدارة حشود الحجاج في مجموعة من الإجراءات التنظيمية والأمنية والصحية والتقنية والثقافية التي تُنفذ عملياً من لحظة وصول الحجاج أرض المملكة وطيلة وجودهم فيها وحتى لحظة مغادرتهم أراضيها.
- تنطوي برامج رؤية المملكة 2030 (برنامج ضيوف الرحمن، وبرنامج جودة الحياة) على ممارسات عملية فضلى تسهم في إدارة وتنظيم حشود الحجاج.
- تؤدي الممارسات الفضلى لإدارة الحشود دوراً مهماً في تحقيق الأمن الاجتماعي في موسم الحج.
- تنطوي تجربة المملكة العربية السعودية على ممارسات فضلى في إدارة حشود الحجاج، ما يجعلها تجربة رائدة في هذا المجال.
- تسهم هذه الممارسات الفضلى بشكل واضح في نجاح مواسم الحج الذي يشكل هدفاً موسمياً أسمى للمملكة العربية السعودية.
- يظهر دور الممارسات الفضلى لإدارة الحشود في تحقيق الأمن الاجتماعي للحجاج بشكل واضح من خلال التيسير والسهولة في عمليات الوصول والمغادرة، وتأدية المناسك، والحصول على الخدمات، والتنقل بين المشاعر، وفي الحفاظ على أرواح الحجاج وممتلكاتهم، والتطبيق الفعال للأنظمة واللوائح، وفي انطباع صورة ذهنية إيجابية عن المملكة وشعبها ورجالات أمنها.

التوصيات والمقترحات

خلص الباحث إلى عدد من التوصيات والمقترحات العلمية والعملية المبنية على نتائج البحث، وقد جاءت على النحو الآتي:

- التطبيق الأمثل لبرامج رؤية المملكة 2030 "برنامج ضيوف الرحمن، وبرنامج جودة الحياة)، في موسم الحج، مما يسهم بشكل فعال في تحقيق الأمن الاجتماعي للحجاج ونجاح موسم الحج.
- رصد تجربة المملكة في إدارة وتنظيم حشود الحجاج بكل أبعادها وخططها ومحاورها وإجراءاتها في وثيقة تحمل اسم "تجربة المملكة العربية السعودية في إدارة وتنظيم الحشود في موسم الحج"، على أن تُحدث دورياً بشكل سنوي.
- تشكيل إدارة أو هيئة عليا متخصصة بالأمن الاجتماعي في موسم الحج، وتكون مسؤولة عن (قياس مستوى الأمن الاجتماعي، مهدداته، معززاته، سبل معالجة المخاطر والتهديدات، آليات تحقيقه، الخطط الخاصة به).
- إجراء مزيد من الدراسات الراصدة للعلاقة بين الممارسات الفضلى لإدارة حشود الحجاج والأمن النفسي لهم، وبين الممارسات الفضلى وتعزيز الصورة الذهنية للمملكة لدى الحجاج.

المراجع

- أبو بكر، مصطفى، واللحلح، أحمد (2009م). مناهج البحث العلمي، الاسكندرية: الدار الجامعية.
- البصيلي، محمد (2014م). فعالية إدارة الكوارث في منشأة الجمرات: دراسة تحليلية لإجراءات المديرية العامة للدفاع المدني أثناء موسم الحج. رسالة ماجستير غير منشورة. الرياض: جامعة نايف العربية للعلوم الأمنية.
- الدبل، صالح، وآخرون (2018م). الإدارة التنظيمية والأمنية للحشود في مواسم الحج والعمرة: دراسة توثيقية وتطبيقية بمكة المكرمة والمدينة المنورة. الرياض: كلية الملك فهد الأمنية.
- أبو دوح، خالد (2022م). الأمن المجتمعي. أوراق السياسات الأمنية. جامعة نايف العربية للعلوم الأمنية.
- زويد، فوزي، والكباوي، سوزان (2024م). أثر إدارة الحشود على إدراك المخاطر والسلوكيات الوقائية بين مشجعي الملاعب الرياضية أثناء جائحة كوفيد_19. المجلة العربية للإدارة، العدد، 3 سبتمبر. المنظمة العربية للتنمية الإدارية.
- زويد، فوزي، والفهمي، ريا (2024م). دور الأزمات في تحقيق أمن وسلامة الحجاج والمعتمرين في المملكة العربية السعودية. المجلة العربية للإدارة، العدد، 4 سبتمبر. المنظمة العربية للتنمية الإدارية.
- أبو حطب، فؤاد، وصادق، آمال (1991م). مناهج البحث وطرق التحليل الإحصائي في العلوم النفسية والتربوية والاجتماعية، القاهرة:
- مكتبة الأنجلو المصرية.
- السلمي، سلطان (2017م). دور القوة الخاصة لأمن المسجد الحرام في حفظ أمن الحجاج والمعتمرين. رسالة ماجستير غير منشورة. الرياض: جامعة نايف العربية للعلوم الأمنية.
- آل سعود، عبد العزيز (2016م). إدارة الحشود والتجمعات البشرية ودورها التنظيمي في مواسم الحج والعمرة في المملكة العربية السعودية.

الملتقى العلمي (16) لأبحاث الحج والعمرة والزيارة. جامعة أم القرى: معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة.
- العكش، فوزي (1995م). البحث العلمي: المناهج والإجراءات، عمان:دائرة المكتبة الوطنية.
- عبدالرحمن، عبدالله (2016م). نظرية علم الاجتماع. دار المتنبي للنشر: الرياض.
- القحطاني، عبيد (2018م). دور خطب المساجد في تعزيز الأمن الاجتماعي. رسالة ماجستير غير منشورة. الرياض: جامعة نايف العربية للعلوم الأمنية.
- العوجي، مصطفى (1983م). الأمن الاجتماعي _ مقوماته وتقنياته وارتباطه بالتربية المدنية_، بيروت: مؤسسة نوفل.
- القرني، شائح (2020م). منظور مستقبلي لتحقيق أمن الحجاج والمعتمرين وفقاً لرؤية 2030 بالمملكة العربية السعودية. رسالة ماجستير غير منشورة. الرياض: جامعة نايف العربية للعلوم الأمنية.
- المالكي، سارة (2022م). دور رئاسة شؤون الحرمين في إدارة الأزمات وتنظيم الحشود بالمسجد الحرام، المجلة الدولية لنشر البحوث والدراسات، العدد 34، أغسطس.
- مخلوف، مريم (2022م). نظرية الدور في العلاقات الدولية. الموسوعة السياسية.
- الهيئة العامة للإحصاء (2024م). إحصاءات عامة لموسم حج 1445هـ، متاح عبر: https://www.stats.gov.sa/ar/news/532
- Forsyth, R(2012). Handbook of Psychology. USA: Wiley Library
- Stphen, Reicher (2015). Mass action and mundane reality: An argument for putting crowd analysis at the center of the social sciences.
- Turner, J.C.(1982). Towards a cognitive redefinition of the social group. In H.Tajfel(Ed), social identity and intergroup relations. Cambridge; Cambridge university press.
- Momboisse, R. (1967). Riots. Revolts and insurrections. Springfield, IL: Charles C. Thomas Publisher.
- Good, E. (1992). Collective behavior. For Worth. TX.: Harcourt Brace Jovanovich.

الاستفادة من أنظمة النقل السريع الترددي ذاتي القيادة لتوفير حلول التنقل الذكية والتحكم الفعال في الحشود في المدينة المنورة

حسن علي*[1]، عمر الدخيل[2]

قسم الهندسة المدنية، جامعة الامير مقرن بن عبدالعزيز*[1]

قسم الهندسة المعمارية، جامعة الامير مقرن بن عبدالعزيز[2]

Leveraging Autonomous-Rail Rapid Transit for Smart Mobility Solutions and Efficient Crowd Control in Almadinah Almunawarah

Hassan. A. Abas*[1], Omar Dakhil[2]

[1]*Civil Engineering Department, Prince Mugrin University

[2]Architecture Engineering Department, Prince Mugrin University

*Corresponding author: E-mail (h.abbas@upm.edu.sa)

الملخص

تواجه المدينة المنورة تحديات كبيرة في مجال التنقل الحضري وإدارة الحشود، لا سيما خلال الفترات الذروة مثل الحج والعمرة، حيث تؤدي الأعداد الهائلة من الزوار إلى ضغط شديد على البنية التحتية للنقل. تعاني أنظمة النقل التقليدية من صعوبة في تلبية الطلب المتزايد، مما يتسبب في الازدحام والتأخير ويثير مخاوف بيئية. تقترح هذه الدراسة تطبيق نظام النقل السريع بالسكك المستقلة (ART) كحل مستدام. يجمع هذا النظام بين تقنية القيادة الذاتية والكفاءة مقدماً بذلك خياراً مرناً وقابلاً للتوسع مع الحد الأدنى من الاستثمارات في البنية التحتية. بخلاف أنظمة السكك الحديد التقليدية، يعتمد نظام ART على مسارات افتراضية، مما يسمح بنشره بسرعة والتكيف مع تغيرات الطلب على الركاب. بالإضافة إلى ذلك، يعتمد النظام على الطاقة الكهربائية وتقنيات ذكية مثل الذكاء الاصطناعي وتحليلات البيانات في الوقت الفعلي، مما يعزز كفاءة العمليات ويدعم الإدارة الفعالة للحشود. تتضمن هذه الدراسة مراجعة لأنظمة ART، ودراسات حالات عالمية، وتحليلاً لمشهد النقل الحالي في المدينة المنورة، مما يُظهر إمكانات النظام المقترح في تقليل الازدحام وتحسين أداء النقل. وعلى الرغم من التحديات المرتبطة بالتنفيذ، تستنتج الدراسة أن نظام ART يتماشى مع أهداف التنمية المستدامة طويلة الأجل للمدينة. وتشمل التوصيات التنفيذ المرحلي، والتعاون بين أصحاب المصلحة، واستراتيجيات الاستثمار لضمان تبني النظام بنجاح ودمجه بسلاسة مع البنية التحتية القائمة.

انظر البحث الكامل في الجزء الخاص بالأبحاث الإنجليزية صفحة (158)

تطوير نظام ذكي يتعمد على الذكاء الاصطناعي لتحسين وإدارة قسم الطوارئ بكفاءة خلال موسم الحج

حسن هجري*[1]، فارس صالح المحمادي[2]

قسم الهندسة الصناعية، جامعة تبوك*[1]

قسم الهندسة الكهربائية، جامعة تبوك[2]

Implementing an AI-driven ED System for Efficient Emergency Management during Hajj

Hassan Hijry*[1], Fares S. Almehmadi[2]

[1]*Department of Indusrtial Engineering, University of Tabuk

[2]Department of Electrical Engineering, University of Tabuk

*Corresponding author: E-mail (hhegri@ut.edu.sa)

الملخص

يعد تحويل أقسام الطوارئ إلى أنظمة ذكية أمرًا أساسيًا لتعزيز الرعاية الصحية الحديثة، خاصة في إدارة اكتظاظ المرضى. حيث إن أكثر من 50% من حالات الدخول إلى المستشفيات تأتي من أقسام الطوارئ، وتتفاقم هذه المشكلة خلال الفعاليات الكبيرة مثل موسم الحج في مكة المكرمة وزيارة المسجد النبوي بالمدينة المنورة. إن إدارة الزيادة الكبيرة في طلبات المرضى خلال هذه الفعاليات أمر حيوي لضمان سلاسة تدفق المرضى والحفاظ على كفاءة العمليات. استجابةً لهذه التحديات الحرجة المتعلقة باكتظاظ المرضى، يقدم هذا البحث نظام طوارئ ذكي متكامل يعتمد على تقنيات الذكاء الاصطناعي، بما في ذلك التعلم الآلي وتحليل البيانات، للتنبؤ بإدارة الحشود في المستشفيات خلال موسم الحج. يعتمد النظام على بيانات السجلات الصحية الإلكترونية (مثل وقت الوصول/وقت التسجيل، وقت الفحص ووقت الخروج) للتنبؤ بأوقات انتظار المرضى باستخدام خوارزميات التعلم العميق. أظهرت نتائج النموذج التقليدي للشبكة العصبية طويلة وقصيرة المدى (LSTM) أداءً متميزًا، حيث حقق خطأً مطلقًا متوسطًا (MAE) قدره 2.09 ومعامل تحديد (R^2) بلغ 0.98، مما يبرز قدرته العالية على التعلم والتنبؤ بأنماط الحشود الدورية، خاصة خلال فترات الذروة المسائية. يُظهر هذا النموذج فعاليته في التقاط التبعية الزمنية في بيانات المرضى، مما يجعله مناسبًا لتحسين ازدحام المرضى خلال أوقات الذروة. أيضا، تم تصميم النظام ليكون سهل الاستخدام ويعمل عبر منصة Streamlit للمستخدمين غير المتخصصين في التكنولوجيا، ويمكن تطبيقه بسلاسة على أنظمة الطوابير في مرافق الرعاية الصحية خلال موسم الحج. تشمل النتائج المتوقعة تحسين كفاءة قسم الطوارئ، تقليل أوقات انتظار المرضى، وتحسين تخصيص الموارد خلال فترات الإقبال العالية. ستُمكن هذا البحث المستند على الذكاء الاصطناعي صانعي القرار والسلطات الصحية من تعزيز إدارة الطوارئ ليس فقط في مكة المكرمة والمدينة المنورة، ولكن أيضًا في جميع أقسام الطوارئ حول العالم، خاصةً خلال التجمعات الجماهيرية أو الفعاليات الكبرى.

انظر البحث الكامل في الجزء الخاص بالأبحاث الإنجليزية صفحة (167)

مؤشرات الاستدامة كأداة لتحسين كفاءة النقل في إطار منظومة الحج الأخضر

ايمن محمد مصطفى*[1]، عدنان يحي الشهراني[2]

البحوث العمرانية والهندسية، جامعة ام القرى*[1]

قسم العمارة الاسلامية، جامعة ام القرى[2]

Sustainability Indicators as a Tool for Enhancing Transportation Efficiency within the Green Hajj Framework

Ayman M Mostafa*[1], Adnan Y Alshahrani[2]

[1]* Department of Urban and Engineering Research, Umm Al-Qura University

[2]Department of Architecture, Umm Al-Qura University

*Corresponding author: E-mail (amyossef@uqu.edu.sa)

الملخص

يهدف هذا البحث إلى تحليل دور مؤشرات الاستدامة في تعزيز كفاءة واستدامة أنظمة النقل ضمن منظومة الحج والعمرة، مع التركيز على تطبيق "النقل الذكي" في إطار مفهوم "الحج الأخضر". تم دراسة تجارب خمس مدن عالمية رائدة تشمل فانكوفر، دبي، سنغافورة، كوبنهاغن، وهونغ كونغ، حيث تم اختيار هذه المدن بناءً على معايير محددة تتضمن الكثافة السكانية العالية، كما هو الحال في هونغ كونغ وسنغافورة، والظروف المناخية القاسية، كما في دبي، بالإضافة إلى النجاح في تطبيق أنظمة نقل مستدامة، كما في فانكوفر وكوبنهاغن.

أظهرت الدراسة مجموعة من المؤشرات البيئية، الاجتماعية، والاقتصادية التي يمكن أن تساهم في تحسين منظومة النقل في مكة والمدينة، مثل تقليل الانبعاثات الكربونية من خلال استخدام الحافلات الكهربائية، وتعزيز النقل الجماعي، وتخفيض التكاليف التشغيلية عبر الأنظمة الذكية. كما تبيّن أن تطبيق هذه المؤشرات يُمكن أن يسهم في تحقيق استدامة طويلة الأمد ويُحسن من تجربة الحجاج عبر تقديم وسائل نقل أكثر كفاءة وراحة.

رغم هذه الفوائد، يواجه تطبيق هذه الحلول تحديات كبيرة، أبرزها تكاليف البنية التحتية اللازمة، والظروف المناخية القاسية في مكة والمدينة. إلا أن الاستثمار في هذه التغييرات يُعد خطوة مهمة وضرورية لتحقيق أهداف "الحج الأخضر"، مما سيؤدي إلى تجربة حج أكثر استدامة واقتصادية على المدى الطويل.

الكلمات الدالة: مؤشرات الاستدامة – منظومة النقل – كفاءة النقل- الحج الاخضر.

Abstract

This research aimed to analyze the role of sustainability indicators in enhancing the efficiency and sustainability of transportation systems within the Hajj and Umrah framework, focusing on implementing "smart transportation" within the concept of a "Green Hajj." The study investigated the experiences of five leading global cities, including Vancouver, Dubai, Singapore, Copenhagen, and Hong Kong. These cities were selected based on specific criteria such as high population density, as in Hong Kong and Singapore; challenging climate conditions, as in Dubai; and successful implementation of sustainable transportation systems, as observed in Vancouver and Copenhagen.

The study identified a set of environmental, social, and economic indicators that could improve the transportation system in Makkah Al-Mukarramah and Al-Madina El Monawara. These include reducing carbon emissions with electric buses, enhancing public transportation, and lowering operational costs through smart systems. Findings suggest that applying these indicators could lead to long-term sustainability, improving pilgrims' experience by providing more efficient and comfortable transportation options.

Despite these benefits, implementing these solutions faces significant challenges, particularly the infrastructure costs and the harsh climate conditions in Makkah Al-Mukarramah and Al-Madina El Monawara. Nevertheless, investing in these changes is considered as an essential step toward achieving the "Green Hajj" goals, ultimately resulting in a more sustainable and economically viable pilgrimage experience in the long run.

1. المقدمة

مع تزايد الاهتمام العالمي بالاستدامة، أصبح تطوير أنظمة نقل مستدامة في المدن الكبرى جزءًا أساسيًا من الجهود المبذولة للحد من الانبعاثات الكربونية وتحسين جودة الحياة. وفي هذا السياق، تُعد مكة المكرمة والمدينة المنورة من بين أكثر المدن التي تواجه تحديات كبيرة في مجال النقل، نظرًا لاستضافتهما ملايين الحجاج والمعتمرين سنويًا. هذه التدفقات الكبيرة للحشود تزيد الضغط على البنية التحتية للنقل، مما يتطلب حلولًا مبتكرة لتحقيق نقل أكثر استدامة وكفاءة (International Energy Agency, 2022).

تتجلى هذه التحديات بوضوح في ارتفاع الانبعاثات الكربونية الناتجة عن الحافلات التقليدية، مما يزيد من تلوث الهواء ويؤثر سلبًا على البيئة. ولذا، تظهر أهمية تطبيق أنظمة النقل الذكية التي تعتمد على الطاقة المتجددة والحافلات الكهربائية كحلول فعالة لتقليل الأثر البيئي. علاوة على ذلك، فإن تحسين إدارة الحشود من خلال أنظمة النقل الذكية يُعد من بين الحلول الضرورية لتقليل الازدحام وتحسين تجربة الحجاج والمعتمرين خلال مواسم الذروة.

على الصعيد الاقتصادي، فإن اعتماد تقنيات النقل المستدامة يُسهم في تقليل التكاليف التشغيلية على المدى الطويل. أظهرت دراسة حديثة أن استخدام أنظمة النقل الذكية، مثل تلك المعتمدة على الطاقة المتجددة وإدارة الحشود الذكية، يمكن أن يسهم بشكل ملحوظ في تحسين كفاءة استهلاك الطاقة وتقليل التكاليف التشغيلية، وهي نتائج لوحظت في مدن مثل دبي وسنغافورة (United Nations Environment Programme, 2022) (McKinsey & Company, 2022).

من خلال استعراض تجارب مدن عالمية مثل دبي وسنغافورة وهونغ كونغ التي اعتمدت حلول نقل مستدامة، يمكن استخلاص العديد من الدروس التي يمكن تطبيقها في منظومة النقل الخاصة بالحج والعمرة. التحول نحو الطاقة المتجددة، تحسين كفاءة النقل الجماعي، وتعزيز استخدام التكنولوجيا الذكية في إدارة التدفقات البشرية جميعها استراتيجيات قادرة على تحقيق استدامة بيئية واقتصادية على المدى الطويل.

الهدف من هذا البحث هو استعراض تجارب ناجحة من مدن عالمية مثل فانكوفر، دبي، سنغافورة، كوبنهاغن، وهونغ كونغ، لاستخلاص الدروس التي يمكن تطبيقها في منظومة النقل الخاصة بالحج والعمرة. من خلال تحليل المؤشرات البيئية، الاجتماعية، والاقتصادية، يسعى البحث إلى تقديم توصيات لتحسين كفاءة النقل في مكة والمدينة بما يتوافق مع معايير الاستدامة الحديثة.

الإطار النظري: يستند هذا البحث إلى تحليل لثلاثة محاور رئيسية في الاستدامة في النقل: الاستدامة البيئية، الاستدامة الاجتماعية، والاستدامة الاقتصادية. وفقًا لدراسة McKinsey & Company (2022)، فإن التركيز على هذه المحاور يساعد على تحسين جودة الحياة في المدن من خلال تقليل الانبعاثات، تحسين وسائل النقل الجماعي، وتقليل التكاليف التشغيلية.

الاستدامة البيئية: تشير الاستدامة البيئية إلى تقليل الانبعاثات الضارة الناتجة عن وسائل النقل، وتحسين كفاءة استهلاك الطاقة. تقارير حديثة تؤكد أن التحول نحو الحافلات الكهربائية والطاقة الشمسية يُعد جزءًا حاسمًا في تحقيق أهداف الاستدامة البيئية وتقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري (International Energy Agency, 2022). هذه التحولات يمكن أن تُسهم بشكل مباشر في تقليل البصمة الكربونية لأنظمة النقل.

الاستدامة الاجتماعية: تسعى الاستدامة الاجتماعية إلى تحقيق العدالة في النقل، وذلك من خلال توفير وسائل نقل مريحة وآمنة تلبي احتياجات جميع أفراد المجتمع، بما في ذلك الفئات الضعيفة مثل كبار السن وذوي الاحتياجات الخاصة. في ضوء التحولات الأخيرة في المدن الكبرى، يُظهر الاعتماد المتزايد على النقل الجماعي والبنية التحتية المتطورة للمشاة والدراجات أثرًا إيجابيًا على تقليل الازدحام وتحسين الراحة الاجتماعية (OECD, 2021).

الاستدامة الاقتصادية: تهدف الاستدامة الاقتصادية إلى تحقيق كفاءة مالية في أنظمة النقل، وتقليل تكاليف التشغيل مع زيادة الاعتماد على أنظمة ذكية لتحليل تدفق الحشود وإدارة الموارد بشكل أكثر فعالية. التحليلات الأخيرة تؤكد أن التحول إلى أنظمة النقل الذكية يمكن أن يقلل من التكاليف التشغيلية بنسبة تصل إلى 20% في بعض المدن العالمية (World Bank, 2022).

2. منهجية وطرق البحث

اعتمدت هذه الدراسة منهجية تحليلية مقارنة كما في شكل (1) لتقييم تأثير مؤشرات الاستدامة على كفاءة وفعالية أنظمة النقل المستدامة في خمس مدن عالمية رئيسية: فانكوفر، دبي، سنغافورة، كوبنهاغن، وهونغ كونغ. وقد تم اختيار هذه المدن بناءً على معايير محددة تتناسب مع السياق الخاص لموسم الحج في مكة المكرمة والمدينة المنورة، وتشمل:

- الكثافة السكانية العالية: تم اختيار هونغ كونغ وسنغافورة نظرًا لتشابه كثافة السكان العالية فيها مع الوضع في مكة خلال موسم الحج. تركز التحليل على استراتيجيات إدارة الحشود الكبيرة وتحسين تدفق النقل الجماعي في بيئة مكتظة بالسكان.
- الظروف المناخية القاسية: تم تضمين دبي كنموذج لدراسة تأثير الظروف المناخية القاسية، حيث تطبق دبي أنظمة نقل مصممة لتحمل درجات الحرارة العالية وتلبية احتياجات الطاقة المرتفعة. دراسة تجربة دبي تساعد في تطوير حلول مناسبة لمدينتي مكة المكرمة والمدينة المنورة اللتين تشهدان درجات حرارة مرتفعة خلال مواسم الحج.
- النجاح في تطبيق أنظمة النقل المستدام: تم اختيار فانكوفر وكوبنهاغن كأمثلة على المدن التي حققت نجاحًا في تطبيق حلول نقل مستدامة. كلا المدينتين نجحتا في تقليل الانبعاثات الكربونية وتعزيز الاعتماد على الطاقة المتجددة من خلال استخدام الحافلات الكهربائية وتوسيع البنية التحتية الصديقة للبيئة.

شكل 8 المنهجية

أهداف التحليل: تم تقسيم التحليل إلى ثلاث محاور رئيسية وفقًا لمؤشرات الاستدامة، وتشمل:

- الاستدامة البيئية: تحليل المؤشرات البيئية مثل انبعاثات الكربون ومدى استخدام الطاقة المتجددة في أنظمة النقل.
- الاستدامة الاجتماعية: التركيز على مستوى راحة المستخدمين، وتوفر وسائل النقل العام، والبنية التحتية للمشاة وراكبي الدراجات.
- الاستدامة الاقتصادية: تقييم كفاءة استهلاك الطاقة، وتكلفة النقل للفرد، وتأثير الأنظمة الذكية على تقليل التكاليف التشغيلية.

خطوات جمع البيانات والتحليل

تم جمع البيانات من تقارير رسمية ودراسات متاحة لكل مدينة، كما تم الاعتماد على المقارنات النوعية لاستنباط المؤشرات الرئيسية لتطبيقها في مكة المكرمة والمدينة المنورة. تضمنت عملية التحليل مقارنة التحديات والحلول المستخدمة في كل مدينة بما يتناسب مع سياق الحج، مع الاستفادة من التجارب الناجحة وأفضل الممارسات.

3. النتائج والمناقشة:

نستعرض في هذا الجزء تحليل شامل لتجارب النقل المستدام في مجموعة من المدن العالمية التي واجهت تحديات مشابهة لتلك التي تشهدها منظومة النقل في مكة والمدينة خلال موسم الحج والعمرة. من خلال استعراض مؤشرات الاستدامة البيئية، الاجتماعية، والاقتصادية، يتم تسليط الضوء على التحديات والحلول التي تم تطبيقها في هذه المدن لتحسين كفاءة أنظمة النقل وتعزيز استدامتها.

كما تستعرض النتائج الدروس المستفادة التي يمكن الاستفادة منها في تطوير وتحسين منظومة النقل في الحج والعمرة لتكون أكثر كفاءة واستدامة على المدى الطويل.

مؤشرات الاستدامة البيئية:

مدينة فانكوفر (كندا): تقع في غرب كندا وتُعتبر واحدة من أكثر المدن ملاءمة للعيش في العالم. تبلغ مساحتها حوالي 115 كيلومتر مربع، ويبلغ عدد سكانها حوالي 675,000 نسمة، بينما يبلغ عدد سكان منطقة مترو فانكوفر الكبرى حوالي 2.5 مليون نسمة (City of Vancouver, 2021). تُعرف المدينة بتنوعها الثقافي وبيئتها الطبيعية الخلابة، كما أنها تُعتبر رائدة في مجال الاستدامة.

التحديات: كانت المدينة تعتمد بشكل كبير على السيارات الخاصة، مما أدى إلى ارتفاع مستويات الانبعاثات الكربونية.

الحلول: التحول إلى الحافلات الكهربائية وتوسيع شبكة الممرات الخضراء للمشاة وراكبي الدراجات. هذه الخطوة قللت من الاعتماد على السيارات الخاصة، مما أسهم في تقليل الانبعاثات الكربونية.

الإحصاءات: فانكوفر نجحت في تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بنسبة 33% منذ عام 2007 نتيجة لهذه الاستراتيجيات (Geels, 2018).

المؤشرات المستخدمة:

انبعاثات ثاني أكسيد الكربون: تقليل الانبعاثات من خلال استخدام الحافلات الكهربائية.

نسبة الاعتماد على الطاقة المتجددة: استخدام الطاقة الكهربائية بدلاً من الوقود الأحفوري.

أوجه الاستفادة: يمكن لمكة والمدينة الاستفادة من تجربة فانكوفر من خلال تطبيق الحافلات الكهربائية، مما سيؤدي إلى تقليل انبعاثات النقل وتحسين جودة الهواء.

مدينة دبي (الإمارات العربية المتحدة): هي إحدى الإمارات السبع التي تشكل دولة الإمارات العربية المتحدة وتقع على الساحل الجنوبي الشرقي لشبه الجزيرة العربية. تبلغ مساحتها حوالي 4,114 كيلومتر مربع، ويبلغ عدد سكانها حوالي 3.3 مليون نسمة (Dubai Statistics Center, 2022). تعتبر دبي مركزًا تجاريًا وسياحيًا عالميًا، وتشتهر ببنيتها التحتية المتقدمة.

التحديات: كانت الظروف المناخية القاسية تمثل تحديًا أساسيًا، حيث كانت تؤدي إلى زيادة استهلاك الطاقة في أنظمة النقل.

الحلول: تبنت دبي حلولًا تعتمد على الطاقة الشمسية لتشغيل بعض مرافق النقل، كما قامت بتطبيق أنظمة تبريد متقدمة في الحافلات والمحطات لتقليل استهلاك الطاقة.

الإحصاءات: نجحت دبي في تقليل استهلاك الطاقة بنسبة 10% بعد تطبيق الطاقة الشمسية في بعض المرافق (United Nations Environment Programme, 2022).

المؤشرات المستخدمة:

- نسبة الاعتماد على الطاقة المتجددة: استخدام الطاقة الشمسية لتشغيل الحافلات والمرافق.

كفاءة استهلاك الطاقة: تحسين استهلاك الطاقة باستخدام تقنيات التبريد المتقدمة.

أوجه الاستفادة: يمكن لمدينتي مكة المكرمة والمدينة المنورة تبني استخدام الطاقة الشمسية لتشغيل محطات النقل والحافلات الكهربائية، مما يقلل من استهلاك الطاقة ويحسن من كفاءة النقل خلال مواسم الحج.

مؤشرات الاستدامة الاجتماعية: مدينة كوبنهاغن (الدنمارك): هي عاصمة الدنمارك وأكبر مدنها، وتقع في شمال أوروبا. تبلغ مساحتها حوالي 88 كيلومتر مربع، ويبلغ عدد سكانها حوالي 800,000 نسمة (Statistics Denmark, 2021). تُعرف كوبنهاغن بتطورها في مجال النقل المستدام، حيث تُعتبر واحدة من أكثر المدن ملاءمة لاستخدام الدراجات الهوائية.

التحديات: تعاني المدينة من ازدحام مروري وضغط على شبكات النقل التقليدية.

الحلول: تم تطوير ممرات مخصصة للمشاة وراكبي الدراجات لتشجيع التنقل النظيف والمستدام. كما تم تعزيز النقل الجماعي لتخفيف الضغط على الطرق.

الإحصاءات: ارتفع معدل استخدام الدراجات في كوبنهاغن بنسبة 40% منذ عام 2010، حيث يستخدم 62% من السكان الدراجات بشكل يومي (Pucher & Buehler, 2008).

المؤشرات المستخدمة:

مستوى راحة المستخدمين: تحسين تجربة النقل من خلال توفير بنية تحتية أفضل للمشاة وراكبي الدراجات.

نسبة الاعتماد على النقل الجماعي: تعزيز استخدام وسائل النقل الجماعي.

أوجه الاستفادة: يمكن تطوير ممرات مخصصة للمشاة في مكة المكرمة لتحسين تجربة الحجاج وتقليل الازدحام، مع توفير مناطق مظللة ومسارات مخصصة.

مدينة هونغ كونغ (الصين): تقع في جنوب الصين على الساحل الجنوبي، وتبلغ مساحتها حوالي 1,106 كيلومتر مربع، ويبلغ عدد سكانها حوالي 7.5 مليون نسمة (Census and Statistics Department, 2022). تعد هونغ كونغ واحدة من أكثر المدن اكتظاظًا بالسكان في العالم وتشتهر بنظامها الفعال للنقل الجماعي.

التحديات: الكثافة السكانية العالية وزيادة الطلب على وسائل النقل الجماعي.

الحلول: تحسين شبكة النقل الجماعي من خلال أنظمة الدفع الذكية، وتوسيع نطاق تغطية وسائل النقل.

الإحصاءات: في هونغ كونغ، يستخدم أكثر من 90% من السكان وسائل النقل الجماعي، مما ساعد في تقليل ازدحام الطرق بنسبة 25% (Cervero & Murakami, 2009).

المؤشرات المستخدمة:

نسبة الاعتماد على النقل الجماعي: زيادة نسبة استخدام النقل الجماعي لتقليل الازدحام.

مستوى راحة المستخدمين: تحسين تجربة المستخدمين من خلال توفير خدمات نقل جماعي فعالة.

أوجه الاستفادة: يمكن لمنظوم النقل في الحج والعمرة الاستفادة من هذه التجربة عن طريق تطوير شبكة نقل جماعي متكاملة وتحسين أنظمة الدفع الذكية لتسهيل حركة الحجاج وتقليل الازدحام.

مؤشرات الاستدامة الاقتصادية:

مدينة سنغافورة: هي مدينة تقع جنوب شرق آسيا وتُعتبر من أكثر المناطق تطورًا اقتصاديًا وتكنولوجيًا. تبلغ مساحتها حوالي 728 كيلومتر مربع، ويبلغ عدد سكانها حوالي 5.7 مليون نسمة (Singapore Department of Statistics, 2022). تشتهر سنغافورة بفعاليتها في إدارة النقل العام والاعتماد على التكنولوجيا لتحسين كفاءة أنظمتها.

التحديات: كانت تكاليف التشغيل المرتفعة والازدحام المروري يمثلان تحديًا كبيرًا للمدينة.

الحلول: تم تطبيق أنظمة نقل ذكية لتحليل تدفق الحشود وتحسين كفاءة النقل. استخدمت سنغافورة تقنيات مثل أنظمة إدارة حركة المرور الذكية، وأنظمة الدفع الإلكتروني المتقدمة لتقليل التكلفة التشغيلية وزيادة الفعالية في إدارة النقل.

الإحصاءات: سنغافورة استطاعت تقليل تكاليف التشغيل بنسبة 15% بعد تطبيق الأنظمة الذكية، بالإضافة إلى تقليل الازدحام المروري بنسبة 30% (Chong, 2020).

المؤشرات المستخدمة:

تكلفة النقل للفرد: تقليل التكلفة من خلال تحسين إدارة الحشود باستخدام أنظمة النقل الذكية.

كفاءة استهلاك الطاقة: تحسين استهلاك الطاقة من خلال تحليل حركة المرور وتقليل الازدحام في الشوارع.

الإسـقاط على منظومة الحج والعمرة: يمكن لمدينتي مكة المكرمة والمدينة المنورة الاسـتفادة من تجربة سـنغافورة عن طريق اسـتخدام أنظمة تحليل الحشـود الذكية لتحسـين تدفق الحجاج وتقليل التكاليف التشـغيلية. يمكن لأنظمة الدفع الذكية أن تسـهل عملية الدفع للحجاج وتخفف العبء على البنية التحتية.

مدينة فانكوفر: كما ذكرنا سابقًا، تقع مدينة فانكوفر في كندا، وهي مدينة تتمتع بطبيعة خلابة وتعتبر واحدة من أكثر المدن استدامةً في العالم.

التحديات: كانت مشـكلة ارتفاع اسـتهلاك الطاقة والتكاليف التشـغيلية المرتبطة بأنظمة النقل من التحديات الأسـاسـية التي واجهتها المدينة.

الحلول: التحول إلى الحافلات الكهربائية سـاهم بشـكل كبير في تقليل التكاليف التشـغيلية واسـتهلاك الطاقة. هذه الحلول لم تحسـن فقط كفاءة النقل، بل ساعدت أيضًا في تقليل الانبعاثات الكربونية.

الإحصـاءات: منذ البدء في اسـتخدام الحافلات الكهربائية، انخفض اسـتهلاك الطاقة في فانكوفر بنسـبة 20%، مما أدى إلى تقليل التكاليف التشغيلية بشكل كبير (International Energy Agency, 2022).

المؤشرات المستخدمة:

كفاءة استهلاك الطاقة: تقليل استهلاك الطاقة من خلال استخدام الحافلات الكهربائية.

تكلفة النقل للفرد: تقليل التكاليف على الأفراد من خلال زيادة كفاءة وسائل النقل الجماعي.

أوجه الاسـتفادة: يمكن لمدينتي مكة المكرمة والمدينة المنورة تبني تجربة فانكوفر من خلال التحول إلى اسـتخدام الحافلات الكهربائية لتقليل استهلاك الطاقة والتكاليف التشغيلية، مما يساعد على تحسين كفاءة النقل ويوفر تكلفة أقل على الحجاج.

استخلاص المؤشرات:

اسـتنادًا إلى التحليل المقارن للتجارب العالمية في النقل المسـتدام في مدن مثل فانكوفر، دبي، سـنغافورة، كوبنهاغن، وهونغ كونغ، تم استخلاص مجموعة من المؤشرات الرئيسية التي يمكن تطبيقها في منظومة النقل الخاصة بالحج والعمرة. تهدف هذه المؤشرات إلى تعزيز الاسـتدامة البيئية، الاجتماعية، والاقتصـادية في أنظمة النقل، وضـمان تحقيق كفاءة عالية مع الحد من التأثيرات السـلبية على البيئة والمجتمع. في الجدول التالي (جدول 1)، سـيتم تقديم المؤشـرات المقترحة مع توضـيح الهدف من كل مؤشـر وأهميته وكيفية قياسـه، إلى جانب المرجعيات المستخدمة.

جدول 1 المؤشرات المقترحة لتحسين النقل في منظومة الحج والعمرة

نوع المؤشر	المؤشر	المرجعية	الهدف	كيفية القياس	الأهمية
بيئية	انبعاثات ثاني أكسيد الكربون	International Energy Agency, 2022	تقليل الانبعاثات الكربونية في وسائل النقل	قياس الانبعاثات لكل رحلة باستخدام أجهزة استشعار ومراقبة	الحفاظ على البيئة وتقليل تأثير النقل على المناخ
	نسبة الاعتماد على الطاقة المتجددة	European Commission, 2021	زيادة استخدام الطاقة المتجددة في وسائل النقل	استخدام تقارير دورية لقياس استهلاك الطاقة المتجددة	تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري وتحسين كفاءة الطاقة
	كفاءة استهلاك الطاقة	World Bank, 2022	تحسين كفاءة استهلاك الطاقة في وسائل النقل	حساب استهلاك الوقود أو الطاقة لكل كيلومتر أو رحلة	تقليل التكاليف التشغيلية وتحقيق استدامة اقتصادية
اجتماعية	مستوى راحة المستخدمين	OECD, 2021	تحسين تجربة النقل ورفع مستوى الراحة	استخدام استبيانات رضا الحجاج ومؤشرات الأداء الرئيسية	تحسين تجربة الحجاج وتقليل الضغط النفسي والتوتر
	نسبة الاعتماد على النقل الجماعي	Pucher & Buehler, 2008	تعزيز استخدام وسائل النقل الجماعي وتقليل الاعتماد على السيارات	قياس نسبة استخدام النقل الجماعي من إجمالي التنقل اليومي	تقليل الازدحام وتحسين تدفق الحشود
اقتصادية	تكلفة النقل للفرد	McKinsey & Company, 2022	تقليل التكاليف الفردية للنقل	مراقبة تكلفة النقل لكل مسافة بالتعاون مع الجهات المختصة	توفير بدائل نقل ميسورة التكلفة للحجاج

المناقشة:

تتناول هذه المناقشة تحليلًا لأهم مؤشرات الاستدامة البيئية، الاجتماعية، والاقتصادية التي تؤثر في أنظمة النقل المستدامة في مدن عالمية مثل فانكوفر، دبي، كوبنهاغن، هونغ كونغ، وسنغافورة. يتم تسليط الضوء على الدروس المستفادة من هذه التجارب وتطبيقها على أنظمة النقل الخاصة بالحج والعمرة في مكة المكرمة والمدينة المنورة. يهدف التحليل إلى استعراض كيفية تحسين كفاءة النقل وتقليل التأثيرات البيئية والاقتصادية، مع مراعاة راحة الحجاج وتعزيز الاعتماد على النقل الجماعي. كذلك، يتم استكشاف التحديات المحتملة التي قد تواجه تطبيق هذه الحلول في البيئة الخاصة بمدينتي مكة المكرمة والمدينة المنورة.

تحليل المؤشرات البيئية

- انبعاثات ثاني أكسيد الكربون

تشير التجارب في فانكوفر ودبي إلى أن استخدام الحافلات الكهربائية وتقنيات الطاقة المتجددة يمكن أن يؤدي إلى تقليل الانبعاثات الكربونية بشكل كبير. فانكوفر نجحت في خفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بنسبة 33%، ودبي قللت استهلاك الطاقة بنسبة 10% من خلال الاعتماد على الطاقة الشمسية. في السياق المكي والمدني، تطبيق هذه الأنظمة يمكن أن يقلل من الأثر البيئي الكبير الناتج عن تدفق ملايين الحجاج خلال موسم الحج. تحسين جودة الهواء وتقليل الانبعاثات سيكون له أثر إيجابي على الصحة العامة للحجاج والمقيمين على حد سواء. التحدي الأساسي في مكة المكرمة والمدينة المنورة هو تكلفة البنية التحتية اللازمة لتحويل الأنظمة الحالية إلى أنظمة تعتمد على الطاقة المتجددة والحافلات الكهربائية، إلا أن هذا الاستثمار سيساهم في تخفيض التكلفة طويلة الأمد وتقليل الأثر البيئي.

تحليل المؤشرات الاجتماعية

- مستوى راحة المستخدمين

في كوبنهاغن وهونغ كونغ، تم تحسين مستوى الراحة للمستخدمين بشكل ملحوظ من خلال تطوير بنية تحتية متكاملة للمشاة والدراجات، بالإضافة إلى تحسين خدمات النقل الجماعي. في مكة والمدينة، يُعد تحسين تجربة الحجاج من الأولويات الأساسية. على سبيل المثال، تطوير ممرات مخصصة للمشاة، وتوفير وسائل نقل جماعي مريحة ومكيفة ستساهم في تقليل الإجهاد والتوتر لدى الحجاج، مما يحسن من تجربتهم العامة خلال أداء المناسك.

أحد التحديات المحتملة هو التكيف مع الظروف المناخية القاسية في مكة، حيث قد تحتاج ممرات المشاة إلى أن تكون مغطاة ومكيفة لضمان راحة الحجاج، خاصة في أوقات الذروة.

- نسبة الاعتماد على النقل الجماعي

هونغ كونغ وكوبنهاغن حققتا نتائج رائعة في تقليل الاعتماد على السيارات الخاصة من خلال تحسين النقل الجماعي. الاعتماد على الحافلات الجماعية والقطارات لتلبية احتياجات النقل في مكة يمكن أن يقلل من الازدحام بشكل ملحوظ، ويزيد من كفاءة تدفق الحشود.

التحدي يكمن في إدارة التدفق الهائل من الحجاج في فترة زمنية قصيرة، حيث قد تتطلب هذه الاستراتيجية تطبيق أنظمة ذكية لإدارة تدفق الحشود، مثل التي تستخدم في سنغافورة وهونغ كونغ.

تحليل المؤشرات الاقتصادية

- تكلفة النقل للفرد

في سنغافورة، أسهمت أنظمة النقل الذكية في تقليل التكاليف التشغيلية بنسبة 15%، مما أدى إلى تقديم خدمات نقل أكثر فعالية من حيث التكلفة. في مدينتي مكة المكرمة والمدينة المنورة، يمكن أن تسهم أنظمة الدفع الذكية وحلول النقل الجماعي في تقليل تكلفة النقل على الحجاج، ما يجعل الوصول إلى وسائل النقل أكثر ميسورة التكلفة.

أحد التحديات هنا هو التمويل الأولي المطلوب لتطوير أنظمة النقل الذكية وتوسيع شبكة النقل الجماعي لتغطية جميع المناطق المحيطة بالحرمين.

- كفاءة استهلاك الطاقة

في فانكوفر، أدى استخدام الحافلات الكهربائية إلى تقليل استهلاك الطاقة بنسبة 20%. يمكن لتطبيق نفس الأنظمة في مكة والمدينة أن يساهم في تقليل التكاليف التشغيلية المرتبطة باستهلاك الوقود والطاقة.

التحدي الأكبر هو التحول التدريجي من أنظمة النقل الحالية إلى أنظمة تعتمد على الطاقة المتجددة دون التأثير على كفاءة الخدمات المقدمة.

4. الخلاصة

يظهر من خلال دراسة التجارب العالمية في النقل المستدام أن مدينتي مكة المكرمة والمدينة المنورة لديهما فرص كبيرة لتحسين أنظمة النقل الخاصة بهما من خلال تطبيق الدروس المستفادة من فانكوفر، دبي، كوبنهاغن، هونغ كونغ، وسنغافورة. التركيز على تقليل الانبعاثات الكربونية، تحسين وسائل النقل الجماعي، وزيادة الاعتماد على أنظمة النقل الذكية، سيكون له تأثير كبير على تحسين تجربة الحجاج وتقديم حلول مستدامة طويلة الأمد.

التحديات التي تواجه هذا التحول تتمثل في التكاليف الأولية لتطوير البنية التحتية الجديدة وإدارة التدفق الهائل للحشود، إلا أن الفوائد طويلة الأمد من حيث تحسين الاستدامة البيئية، الاجتماعية، والاقتصادية ستجعل هذا التحول مجديًا على المدى البعيد.

5. التوصيات:

<u>أولاً: الاستدامة البيئية</u>

التحول إلى الحافلات الكهربائية

- التطبيق المقترح: استبدال أسطول الحافلات التقليدي بحافلات كهربائية للتقليل من الانبعاثات وتحسين جودة الهواء في مكة المكرمة والمدينة المنورة، مع بناء بنية تحتية للشحن الكهربائي في المواقع الحيوية.
- التحديات: قد تكون التكلفة الأولية مرتفعة، لكن الفوائد طويلة الأمد في التكاليف التشغيلية والاستدامة تجعل هذا التحول ضروريًا.

تطبيق نظم الطاقة الشمسية في محطات النقل

- التطبيق المقترح: تركيب ألواح شمسية على محطات النقل ومواقف الحافلات كمصدر للطاقة المتجددة، مما يقلل من الاعتماد على الوقود الأحفوري ويخفض التكاليف التشغيلية.
- التحديات: قد تتطلب العملية تقييمًا دقيقًا لكفاءة الطاقة الشمسية في ظروف المناخ القاسية.

<u>ثانياً: الاستدامة الاجتماعية</u>

تطوير بنية تحتية مخصصة للمشاة

- التطبيق المقترح: إنشاء ممرات مظللة ومكيفة للحجاج في المناطق الحيوية لتسهيل تنقلهم وزيادة راحتهم خلال فترات الذروة.
- التحديات: ينبغي دراسة الجدوى المادية والمناخية لتوفير بنية تحتية عالية الجودة.

تعزيز النقل الجماعي وتقليل أوقات الانتظار

- التطبيق المقترح: زيادة عدد الحافلات العامة وتحسين جداول التشغيل بناءً على احتياجات الحشود، مما يسهم في تقليل الاعتماد على السيارات الخاصة ويقلل من التكدس.
- التحديات: يتطلب ذلك إدارة دقيقة وتنسيقًا مستمرًا مع حركة الحشود خلال مواسم الذروة.

تطوير تطبيقات الواقع الافتراضي لتوجيه الحجاج

- التطبيق المقترح: يمكن لتطبيقات الواقع الافتراضي أن تساعد الحجاج في التعرف على مساراتهم ووجهاتهم بشكل تفاعلي، مما يُقلل من الحاجة للاستفسارات الميدانية ويسهّل عملية التنقل.

<u>ثالثاً: الاستدامة الاقتصادية</u>

اعتماد أنظمة ذكية لتحليل تدفق الحشود

- التطبيق المقترح: استخدام أنظمة الذكاء الاصطناعي لتحليل حركة الحشود وتوجيهها في الوقت الفعلي، مما يُسهم في تحسين الكفاءة التشغيلية وتسهيل تدفق الحجاج.
- التحديات: تحتاج هذه الأنظمة إلى استثمارات في التكنولوجيا والبنية التحتية لضمان كفاءة العمليات.

تطبيق نظم الدفع الإلكتروني

- التطبيق المقترح: تقديم أنظمة دفع إلكترونية للحجاج لتسريع عمليات الدخول والخروج من وسائل النقل، وتقليل التكدس عند بوابات النقل.
- التحديات: قد تتطلب هذه الأنظمة تدريب الحجاج على استخدامها وتحديث البنية التحتية للدفع الإلكتروني.

استخدام الطائرات بدون طيار لنقل الأمتعة

- التطبيق المقترح: لتخفيف الضغط على وسائل النقل، يمكن استخدام الطائرات بدون طيار لنقل الأمتعة من أماكن وصول الحجاج إلى مقرات الإقامة.

المراجع:

1. Census and Statistics Department. (2022). Hong Kong Population Statistics. https://www.censtatd.gov.hk/en/web_table.html
2. City of Vancouver. (2021). Vancouver's Green Transportation Plan. https://vancouver.ca
3. Chong, A. (2020). Smart Mobility in Singapore: Case Studies and Applications. Journal of Urban Studies, 42(5), 897-910.
4. Cervero, R., & Murakami, J. (2009). Rail and Property Development in Hong Kong: Experiences and Extensions. Urban Studies, 46(10), 2019-2043.
5. Dubai Statistics Center. (2022). Dubai Population and Housing Data. https://www.dsc.gov.ae/en-us
6. International Energy Agency. (2022). Global CO2 emissions from transport: Trends and policy options for reducing emissions. https://www.iea.org/reports/global-co2-emissions-from-transport
7. McKinsey & Company. (2022). The road to sustainability in urban mobility. https://www.mckinsey.com
8. OECD. (2021). Transport Trends in the Global Economy. https://www.oecd.org
9. Pucher, J., & Buehler, R. (2008). Making Cycling Irresistible: Lessons from Europe. Transport Reviews, 28(4), 495-528.
10. Singapore Department of Statistics. (2022). Singapore Census Report. https://www.singstat.gov.sg.
11. OECD. (2021). Sustainable Urban Mobility: Policy Directions and Investments for Transport Infrastructure. OECD Publishing. Retrieved from https://www.oecd.org/.
12. International Energy Agency. (2022). Global EV Outlook 2022: Securing Supplies for an Electric Future. IEA. Retrieved from https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2022.

The 24th Scientific Forum for Hajj, Umrah and Visit Research
Excellence in Transportation and Mass Gatherings Management

UMM AL-QURA UNIVERSITY
The Custodian of the Two Holy Mosques Institute for Hajj and Umrah Research

The scientific bulletin of

The 24th Scientific Forum for Hajj, Umrah and Visit Research

Under the theme

Excellence in Transportation and Mass Gatherings Management

Organized by

The Custodian of the Two Holy Mosques Institute for Hajj and Umrah Research
Umm Al-Qura University

Under the Generous Patronage of the Custodian of the two Holy Mosques

King Salman bin Abdulaziz Al Saud

(may Allah protect him)

The Scientific Bulletin

The 24th Scientific Forum for Hajj, Umrah and Visit Research in Umm Al-Qura University

Under the theme

Excellence in Transportation and Mass Gatherings Management

The 24th Scientific Forum for Hajj, Umrah and Madinah Visit Research

The Scientific Bulletin

English Part

Preface

Under the Patronage of the Custodian of the Two Holy Mosques, King Salman bin Abdulaziz Al Saud (may Allah protect him), the 24th Scientific Forum on Hajj, Umrah, and Visit Research Organized by the Custodian of the Two Holy Mosques Institute for Hajj and Umrah Research, Umm Al-Qura University, under the Theme: "Excellence in Transportation and Mass Gatherings Management" in Makkah. This forum is held annually, alternating between Makkah and Madinah. It serves as an annual scientific event and a platform where experts, officials, and practitioners in the fields of Hajj, Umrah, and visit convene to present their research, studies, and proposals. It fosters the exchange of ideas and leverages the latest global technologies and scientific advancements to continuously enhance the services provided to pilgrims and visitors of the Two Holy Mosques. The forum underscores the importance of utilizing beneficial knowledge and good practices in serving the Two Holy Mosques. The forum seeks to engage specialized researchers from Saudi universities and research institutes, alongside individuals interested in Hajj, Umrah, and visit studies. It also invites participants from government agencies, the private sector, and the third sector to present their original research papers within the themes of this year's forum (1446 AH), which include: Strategic Planning in Transportation and Mass Gatherings Management, Promoting Health and Safety in Mass Gatherings Management, Modern Systems and Technologies in Transportation and Mass Gatherings Management, and Sustainable Practices in Transportation and Mass Gatherings Management. The scientific committee received approximately 172 research abstracts from more than 49 academics, governmental, private, and third-sector entities. These submissions were peer-reviewed by experts and specialists, resulting in the selection of 58 topics, including scientific papers and working papers. This scientific record comprises around 35 scientific papers, while the forum's website features scientific posters for the working papers. On this occasion, the scientific committee expresses its deep gratitude to the researchers who shared their work and ideas with the forum, as well as to the specialized reviewers from various colleges and experienced experts, at the Custodian of the Two Holy Mosques Institute for Hajj and Umrah Research, who evaluated and reviewed the submitted work. Their efforts greatly assisted the committee in making decisions regarding the acceptance of scientific contributions. The committee also extends heartfelt thanks to everyone who provided scientific, financial, or moral support, particularly His Excellency the Minister of Education, the esteemed President of the University, and the Dean of the Custodian of the Two Holy Mosques Institute for Hajj and Umrah Research, who chairs the organizing committee of the forum.

The Scientific Committee of the 24th Scientific Forum on
Hajj, Umrah and Visit Research

The Scientific Committee of the 24th Scientific Forum of Hajj, Umrah and Madinah Visit Research

The Custodian of the Two Holy Mosques Institute for Hajj and Umrah Research – Umm Al-Qura University

9-10 Jumada al-Akhirah 1446 AH corresponding to 10-11 December 2024

Email: (multaqa@uqu.edu.sa)

Electronic portal: (hajj.uqu.edu.sa/multaqa)

P.O. 6287 - Postal code: 21955, Makkah

The main Scientific Committee of the 24th Scientific Forum on Hajj, Umrah, and Visit Research

Chairman of the Committee	Dr. Adnan Y. Alshahrani
Committee members	Prof. Khalid A. Alghamdi
	Dr. Abdullah A. Bagasi
	Dr. Olfat M. Mirza
	Dr. Abdullah A. Alnabati
	Dr. Majid A. Bamaga
	Dr. Abdullah N. Al hawsawi
	Prof. Hamdy M. Youssef
	Prof. Emad A. Felemban
	Dr. Khalid A. Osra
	Dr. Ahmed K. Alqurashi
	Dr. Mohannad A. Alyamani
	Dr. Mohammed A. Garout
	Dr. Ahmad H. Metair
	Naif M. Bashraf
	Razaz H. Qabbani

The Scientific Subcommittee of the 24th Scientific Forum for Hajj, Hajj, Umrah and Visit Research

Chairman of the Committee	Dr. Khalid A. Osra
Committee members	Dr. Ahmed M. Kabli
	Prof. Fathy F. Shaaban
	Prof. Omar B. Ahmed
	Prof. Ayman M. Mostafa
	Dr. Waleed A. Abou El Saoud
	Dr. Ahmed Mohamed HelalY
	Dr. Mohamed S. Yasein
	Ibtisam M Hadyan

Key speakers at the sessions of the 24th Scientific Forum for Hajj, Umrah and Visit Research

1st Session	The Theme of Strategic planning in Transportation and Mass Gatherings Management
Key Speaker	**Major General Dr. Mohammed bin Abdullah Al-Qarni** General Supervisor of the Pilgrimage Management and Joint Operations Center

Major General Dr. Mohammed A Al-Qarni is a PhD holder in sociology. He participated in more than 100 media and press meetings regarding Hajj work, civil defense work, and pilgrims transport work. He participated in more than 90 workshops to develop projects in Makkah and the Holy Sites during Hajj event, which for more than forty years' experience in leadership participation in the field.

1nd Session	The Theme of Strategic planning in Transportation and Mass Gatherings Management
Keynote Speaker	**Professor Omaimah Bamasag** Transport enablement agent at the General Transport Authority

Professor Omaimah Bamasag is a researcher and expert in cybersecurity and mobility systems. She is a pioneer in women's empowerment and leadership in the transportation sector, serving as the first Deputy of Transportation Enablement at the Transportation General Authority. Her research focuses on autonomous mobility, IoT, AI, and smart mobility solutions

5th Session	The Theme of Modern Systems and Technologies in Transportation and Mass Gatherings Management
Keynote Speaker	**Dr. Nasser AL-Meshary** Vice President for Strategic Partnerships and Alliances at Elm Company

Dr. Nasser AL-Meshary, Vice President for Strategic Partnerships and Alliances at Elm Company, A seasoned leader with over 25 years of extensive experience in digital transformation, smart city solutions, data analytics, and emerging technologies such as the Internet of Things (IoT), cybersecurity, blockchain, and generative AI. He has played an active role in developing business strategies, achieving sustainable financial growth, and expanding government markets

Table of Contents

English Part 2
Preface 3
Theme of Strategic Planning in Transportation and Mass Gatherings Management **8**
A Roadmap for Implementing Urban Digital Twin to Optimise Crowd Management During Hajj **9**
The Impact of Introducing Quality Management and Performance Measurement in The Field of Transportation and Crowd Management for Hajj Companies (Al-Sarat Company as a Model) **22**
The Effect of Hot Weather on the Characteristics of Crowd Movement in the Holy Sites during the Hajj Season **33**
Saudi Arabia's Response to Global Pandemics: Strategies for Sustainable Health and AI-Driven Solutions **47**
Theme of Modern Systems and Technologies in Transportation and Mass Gatherings Management **60**
A Cloud-based Route Planning Framework for Hajj **61**
The Hajj Lab: A Multi-Layered Technological Approach to Enhancing Crowd Management through Stratospheric Airships and AI Analytics **69**
Theme of Promoting Health and Safety in Mass Gatherings Management **84**
Assessment of Influenza Vaccine knowledge and uptake by Umrah Visitors **85**
Proactive Health Interventions for Hajj Pilgrims Using IoT and AI **92**
Enhancing Wayfinding Systems for Crowd Health and Safety in Makkah: Assessing Al-Aziziya and Al-Zahir Neighborhoods **100**
Patterns of Emergency Department Visits during Hajj Period in Al-Noor Specialist Hospital, Makkah, Saudi Arabia, 2024: Towards Healthcare Optimization in View of Saudi Arabia's Vision 2030 ..... **119**
The Role of Artificial Intelligence and Molecular Research in Revolutionizing Virus Infection Studies and Global Health Measures **130**
Theme of Sustainable Practices in Transportation and Mass Gatherings Management **155**
Leveraging Autonomous-Rail Rapid Transit for Smart Mobility Solutions and Efficient Crowd Control in Almadinah Almunawarah **156**
Implementing an AI-driven ED System for Efficient Emergency Management during Hajj **165**

Theme of Strategic Planning in Transportation and Mass Gatherings Management

A Roadmap for Implementing Urban Digital Twin to Optimise Crowd Management During Hajj

Mohammad H. Alabbasi

Urban and Engineering Department, Umm Al-Qura University.

*Corresponding author: E-mail (mhabbasi@uqu.edu.sa)

خارطة طريق لتطبيق التوأم الرقمي الحضري لتحسين إدارة الحشود أثناء الحج

محمد بن حمزة العباسي

قسم البحوث العمرانية والهندسية، جامعة أم القرى

Abstract

The Hajj pilgrimage annually brings over two million pilgrims to Mecca, creating significant challenges in crowd management and infrastructure coordination due to the event's high-density environment. Current management strategies are predominantly reactive, lacking the predictive capabilities needed to address overcrowding and resource strain proactively, which poses safety risks and logistical inefficiencies. This paper proposes an Urban Digital Twin (UDT) framework as a proactive decision support system designed to optimise crowd flow, infrastructure utilization, and emergency response during Hajj.

By integrating real-time data from IoT sensors, GPS tracking, closed-circuit television (CCTV) systems, and transportation networks into a dynamic digital model of critical Hajj sites, UDT employs predictive algorithms and Agent-Based Modelling to simulate crowd behaviors and infrastructure performance. This enables authorities to monitor crowd movements, anticipate risks, and optimize resource allocation in real time. The framework addresses technical challenges related to data integration and system scalability, as well as ethical considerations concerning data privacy and cultural sensitivities within the religious context of Hajj.

The proposed UDT framework shifts crowd management from reactive interventions to a proactive, data-driven strategy, providing decision-makers with a flexible and responsive tool to enhance safety and efficiency during the pilgrimage. By outlining a comprehensive methodology for implementation, this study demonstrates the potential of UDT technology to transform the management of large-scale events, offering insights that can be extended to similar high-density gatherings worldwide. This research is expected to significantly contribute to safer and more efficient crowd management practices during the Hajj by providing a scalable and adaptable UDT framework. The anticipated improvements in safety and efficiency not only benefit the Hajj but also offer a model applicable to similar high-density events worldwide, setting new standards for the application of digital twin technology in large-scale event planning and execution.

Keywords: Urban Digital Twin, Crowd Management, Smart cities.

1. Introduction

The Hajj pilgrimage to Mecca, is one of the largest annual religious gatherings in the world, drawing over two million Muslims from diverse cultural and geographical backgrounds. This sacred journey, a pillar of Islamic faith, transforms the city of Mecca into a densely populated hub within a remarkably short period. The influx of pilgrims presents significant challenges in crowd management, logistical coordination, and public safety. Ensuring the safe and efficient movement of such a vast number of people through a series of ritual sites over a few days requires meticulous planning and sophisticated infrastructure.

Despite continuous efforts and substantial investments by Saudi authorities to enhance infrastructure and implement advanced surveillance systems, crowd-related incidents have occurred. The tragic stampede in Mina during the 2015 Hajj, which resulted in the loss of over 700 lives, highlighted the limitations of existing crowd management strategies (Shirazi et al., 2016). Traditional approaches have predominantly relied on reactive measures, such as monitoring through closed-circuit television (CCTV) and deploying security personnel to manage crowds manually. While these methods provide a degree of oversight, they lack the predictive capabilities necessary to anticipate and prevent critical situations in real time.

Emerging technologies offer new avenues for enhancing crowd management during high-density events like Hajj. Among these, the concept of the Urban Digital Twin (UDT) has gained significant attention in the field of urban planning and smart city development. A UDT is a virtual replica of a physical urban environment, integrating real-time data from various sources—including Internet of Things (IoT) sensors, GPS devices, and infrastructure systems—into a dynamic digital model (Batty, 2018). This digital representation enables continuous monitoring, simulation, and analysis of urban processes, providing decision-makers with actionable insights.

Implementing a UDT for the Hajj crowd management could revolutionise how authorities manage crowds and resources. By simulating crowd movements and predicting potential congestion points, a UDT can facilitate proactive interventions to mitigate risks. For example, predictive modelling can optimize transportation schedules and routes, ensuring an even distribution of pilgrims across different sites and times. Integrating infrastructure data into the UDT allows for real-time monitoring of utilities such as water and electricity, preventing outages and ensuring that essential services meet the fluctuating demands during the pilgrimage.

However, the application of UDT technology in the context of Hajj is not without challenges. Technical hurdles include integrating diverse data sources, ensuring data accuracy, and processing vast amounts of information in real time. Ethical considerations are also paramount, particularly concerning the privacy of pilgrims and the handling of sensitive data. The cultural and religious significance of Hajj necessitates a careful balance between leveraging technology for safety and respecting the sanctity of the pilgrimage experience.

This study aimed to develop a comprehensive framework for implementing an Urban Digital Twin as a decision support system to optimize crowd management during the Hajj. By harnessing real-time data and predictive modelling, the proposed UDT will enable authorities to monitor crowd movements proactively, anticipate potential risks, and optimize infrastructure utilization to enhance safety and efficiency.

Despite the potential benefits of UDT technology, its application in managing large-scale, transient events like Hajj remains underexplored. Existing literature predominantly focuses on the use of UDTs in stable urban environments for purposes such as infrastructure maintenance, energy management, and traffic optimization (Dembski et al., 2020). There

is a lack of research addressing how UDTs can be tailored to high-density, event-specific scenarios characterized by highly dynamic crowd behaviors. This gap highlights the need for a specialized framework that can adapt the principles of UDT technology to the unique challenges presented by the Hajj by addressing the following research questions:

1. How can an Urban Digital Twin framework be developed to predict and manage crowd movements during the Hajj in real time?
2. How can the integration of real-time infrastructure data within a UDT framework improve resource coordination and management during Hajj?
3. What are the technical and ethical challenges in implementing a UDT framework for large-scale event management, and how can these challenges be addressed?

By addressing these questions, the research may contribute a novel approach to crowd management that leverages advanced technological solutions. The proposed framework intends to provide decision-makers with the tools necessary to transition from reactive to proactive management strategies, ensuring a safer and more fulfilling experience for millions of pilgrims.

To achieve this aim, the primary objective of this research is to develop an Urban Digital Twin (UDT) framework that significantly enhances crowd management during the Hajj. The measurable goals include:

- **Improving Travel Times**: Reduce average travel times between key pilgrimage sites by **20%** through optimised routing and scheduling.
- **Reducing Crowd Congestion**: Decrease peak crowd densities at critical locations by **30%**, minimising the risk of incidents such as stampedes.
- **Enhancing Response Times**: Shorten response times to emerging crowd-related issues by **40%** by providing real-time data and predictive analytics to decision-makers.
- **Minimising Incidents**: Reduce the number of crowd-related accidents and incidents by **25%** through proactive management and timely interventions.

2. Background and Literature Review

2.1 Challenges of Crowd Management during Hajj

The Hajj is an unparalleled event in terms of scale and complexity, attracting over two million pilgrims annually to the holy city of Mecca (General Authority for Statistics, 2019). This massive congregation occurs within a confined geographical area over a short period, leading to extreme crowd densities that pose significant risks to safety, security, and logistical efficiency (Alamoudi et al., 2020). The rituals performed during Hajj require pilgrims to move between specific sites, such as Mina, Arafat, and Muzdalifah, often simultaneously, which amplifies the challenges of managing crowd flow and preventing congestion.

Historically, crowd management during Hajj has faced several incidents that underscore the gravity of these challenges. Notably, the 2015 Mina stampede resulted in the deaths of over 700 pilgrims and injuries to hundreds more (Yamin et al., 2019). Investigations into such incidents have highlighted factors such as bottleneck formations, sudden surges in crowd movement, and insufficient real-time information as critical contributors to crowd disasters (Shirazi et al., 2016).

Traditional crowd management approaches have relied heavily on physical infrastructure enhancements and manual monitoring. Measures include expanding pathways, constructing multi-level bridges like the Jamarat Bridge to disperse crowds, and deploying thousands of security personnel to manage pilgrim movements (Memish et al., 2016). While these efforts have improved certain aspects of crowd control, they are predominantly reactive and lack the ability to predict and prevent incidents before they occur.

The limitations of current strategies are further compounded by the transient and dynamic nature of the pilgrimage population. Pilgrims come from diverse cultural backgrounds, speaking different languages and possessing varying levels of familiarity with the rituals and geography of the holy sites (Eid et al., 2020). This diversity necessitates sophisticated management systems that can adapt to real-time changes and provide guidance that transcends language barriers.

2.2 Urban Digital Twin Technology as a Solution

UDT technology has emerged as a cutting-edge solution in urban planning and smart city initiatives. A UDT is a virtual replica of a physical urban environment that integrates real-time data from multiple sources to create a dynamic, interactive model (Batty, 2018). This digital representation enables continuous monitoring, simulation, and analysis of urban systems, facilitating informed decision-making and proactive management.

The concept of digital twins originated in the manufacturing industry, where virtual models of products and processes are used to optimize performance and predict maintenance needs (Tao et al., 2019). In recent years, the application of digital twin technology has expanded to encompass entire cities and urban regions. For example, Singapore has developed "Virtual Singapore," a comprehensive 3D city model that supports urban planning, environmental modelling, and public engagement (Sun et al., 2016).

In the context of Hajj, implementing a UDT can revolutionise crowd management by providing authorities with a holistic view of pilgrim movements and infrastructure usage. By integrating data from IoT devices, GPS trackers, CCTV feeds, and other sensors, a UDT can simulate crowd dynamics and predict potential congestion points (Lu et al., 2020). This predictive capability enables authorities to implement preventive measures, such as redirecting flows or adjusting transportation schedules, before issues escalate into critical situations.

Recent applications of digital twin technology in large-scale events further demonstrate its potential. For instance, the Tokyo 2020 Olympics utilised a digital twin to manage crowd movements, transportation, and security, resulting in a seamless experience for attendees despite the challenges posed by the COVID-19 pandemic (Jones et al., 2021). Similarly, Smith and Lee (2022) explored the use of digital twins in managing crowd safety at major music festivals, highlighting improvements in emergency response times and resource allocation. These case studies underscore the versatility of UDTs in various contexts and provide valuable insights that can be adapted to the Hajj.

2.3 Real-Time Data Integration for Proactive Crowd Management

The integration of real-time data is fundamental to the effectiveness of a UDT in managing crowds during Hajj. Various technologies contribute to this data ecosystem:

- **IoT Sensors and GPS Tracking:** Wearable devices and smartphones equipped with GPS can provide anonymized location data, enabling the tracking of crowd densities and movement patterns (Kamel Boulos & Yang, 2018). This data helps in identifying hotspots and predicting where and when congestion might occur.

- **CCTV Systems and Video Analytics:** Advanced video processing algorithms can analyze CCTV footage to estimate crowd densities and detect unusual behaviours (Zhang et al., 2019). Machine learning techniques enhance the accuracy of these analyses, even in challenging conditions like low light or high crowd densities.
- **Transportation Network Data:** Real-time information from buses, trains, and other transportation services allows for the monitoring of system capacities and passenger loads (Zheng et al., 2020). Integrating this data helps in synchronizing transportation services with crowd movements.
- **Environmental Sensors:** Data on weather conditions, air quality, and other environmental factors can influence crowd behavior and health risks (Li et al., 2018). For instance, high temperatures may require adjustments in crowd management strategies to prevent heat-related illnesses.

Agent-Based Modelling (ABM) plays a crucial role in utilizing this integrated data. ABM simulates the actions and interactions of autonomous agents (in this case, pilgrims) to assess their effects on the system as a whole (Crooks & Heppenstall, 2012). By modelling individual behaviors and decision-making processes, ABM can predict how crowds will respond to various stimuli, such as route closures or schedule changes.

Studies have demonstrated the effectiveness of real-time data integration and ABM in crowd management. For example, Helbing et al. (2018) showed that predictive modelling based on real-time data could reduce evacuation times during emergencies by up to 30%. Such proactive management is essential in the high-stakes environment of Hajj, where timely interventions can prevent disasters.

2.4 UDT for Integrated Infrastructure Management

Beyond crowd movement, the Hajj exerts immense pressure on infrastructure systems, including transportation, utilities, and healthcare services. Traditional infrastructure management approaches often operate in silos, leading to inefficiencies and slow response times during peak demand periods (Xiong et al., 2020). A UDT enables the integration of these systems into a unified platform, providing a comprehensive view of resource utilization and facilitating coordinated management.

- **Transportation Optimization:** Real-time data on pilgrim movements can inform adjustments to transportation services. For instance, shuttle buses can be rerouted or their frequency increased in response to rising crowd densities in specific areas (Zhang et al., 2019). This dynamic scheduling enhances efficiency and reduces waiting times.
- **Utility Management:** Monitoring consumption patterns of water and electricity allows for proactive measures to prevent shortages or overloads. For example, temporary increases in water supply can be directed to areas experiencing high demand (Grieves & Vickers, 2017).
- **Healthcare Services:** Data on crowd densities and movement patterns can help in strategically positioning medical teams and resources. Predictive analytics can forecast potential health risks, such as heatstroke incidents during periods of high temperatures, enabling pre-emptive action (Alqurashi et al., 2019).

Integrating these systems within a UDT not only improves operational efficiency but also enhances the resilience of the entire infrastructure network. By facilitating real-time communication and coordination among different service providers, the UDT supports a more agile and effective response to emerging challenges.

2.5 Technical and Ethical Challenges

While the benefits of implementing a UDT for Hajj are substantial, several technical and ethical challenges must be addressed.

Technical Challenges:

- **Data Integration and Interoperability:** Aggregating data from diverse sources requires overcoming differences in data formats, protocols, and standards. Developing middleware solutions or adopting universal data standards can mitigate these issues (Fuller et al., 2020).
- **Scalability and Real-Time Processing:** The sheer volume of data generated during Hajj necessitates robust computational infrastructure capable of real-time processing and analysis. Cloud computing and edge computing technologies can enhance scalability and reduce latency (Chen et al., 2018).
- **Data Accuracy and Reliability:** Ensuring the quality of data is critical. Inaccurate or incomplete data can lead to flawed models and poor decision-making. Implementing data validation procedures and redundant data collection methods can improve reliability (Lu et al., 2020).

Ethical Challenges:

- **Privacy and Data Protection:** Collecting real-time data on individuals raises significant privacy concerns. There is a risk of misuse of personal information or surveillance beyond what is necessary for safety. To address this, data should be anonymized, and strict access controls should be implemented (van den Hoven et al., 2019).
- **Consent and Transparency:** Pilgrims should be informed about the data collection practices and the purposes for which their data will be used. Where possible, obtaining consent is essential, although this may be challenging given the scale and diversity of the population (Zhang & Crespi, 2020).
- **Cultural Sensitivity:** The religious significance of Hajj requires that any technological interventions respect cultural norms and practices. Technologies should be implemented in a way that does not disrupt the spiritual experience of pilgrims (Eid et al., 2020).

Addressing these challenges requires a multidisciplinary approach, involving technologists, ethicists, legal experts, and representatives from the pilgrim community. Developing a robust ethical framework and adhering to international data protection standards, such as the General Data Protection Regulation (GDPR), can help ensure that the implementation of a UDT respects individual rights and cultural values.

3. Methodology

This section outlines the development of a comprehensive framework for implementing an Urban Digital Twin (UDT) to optimize crowd management during the Hajj. The framework is designed to assist decision-makers by providing real-time insights and predictive analytics for proactive crowd control and infrastructure management.

3.1 Framework Overview

The proposed UDT framework comprises the following four key components as shown in Figure 1:

1. Data Acquisition and Integration
2. Data Processing and Modelling
3. Decision Support System and Visualization
4. Ethical and Technical Considerations

Figure 1. UDT framework's components

3.2 Data Acquisition and Integration

3.2.1 IoT Devices and GPS Tracking: Deploying IoT devices and GPS-enabled wearables will facilitate the collection of anonymized real-time location data from pilgrims (Kamel Boulos and Yang, 2018). Devices such as wristbands or smartphone applications will transmit location coordinates at regular intervals. Data privacy is ensured by anonymizing data and obtaining informed consent where feasible.

3.2.2 CCTV Systems and Video Analytics: Enhancing existing CCTV infrastructure with video analytics software enables estimation of crowd densities and detection of abnormal behaviors (Zhang *et al.*, 2019). Advanced algorithms, including convolutional neural networks, process video feeds to provide real-time assessments of crowd conditions.

3.2.3 Transportation and Infrastructure Data: Integrating data from transportation networks—such as schedules, capacities, and real-time utilization of buses and trains—allows for effective resource management (Zheng *et al.*, 2020). Infrastructure data on utilities like water and electricity consumption will be collected to monitor and manage resource utilization efficiently.

3.2.4 Environmental Sensors: Deploying environmental sensors throughout the pilgrimage sites provides data on temperature, humidity, and air quality, which can significantly impact crowd behavior and health risks (Li *et al.*, 2018). This information informs adjustments in crowd management strategies to enhance pilgrim safety and comfort.

3.2.5 Data Integration Platform: A centralized data integration platform aggregates data from all sources, ensuring interoperability through standardized data formats and communication protocols (Fuller *et al.*, 2020). Cloud-based services handle the high volume and velocity of data, ensuring scalability and reliability.

3.3 Data Processing and Modelling: Statistical and analytical techniques play a pivotal role in processing and interpreting the data collected. Predictive analytics methods such as time-series forecasting and regression analysis will be utilized to predict crowd movements and infrastructure demands (Brown and Green, 2020). Machine learning algorithms, including neural networks and clustering methods, will enhance the accuracy of crowd density estimations (White, 2019). Simulation models like Monte Carlo simulations will assess the probability of various crowd scenarios, aiding in contingency planning. These methods have been successfully applied in crowd management contexts, demonstrating their efficacy in handling complex, dynamic data environments.

3.3.1 Data Fusion and Management: Collected data undergoes preprocessing steps, including cleaning, filtering, and validation, to ensure accuracy and consistency (Chen *et al.*, 2018). Data fusion techniques combine information from different sources, enhancing overall data quality and providing a comprehensive understanding of the environment.

3.3.2 Agent-Based Modelling (ABM): ABM simulates individual pilgrim behaviors and interactions within the environment (Crooks and Heppenstall, 2012). Each agent is modelled with attributes and behavioral rules—such as movement speed, destination preferences, and responses to environmental stimuli—to predict crowd dynamics under various scenarios.

3.3.3 Predictive Analytics and Machine Learning: Machine learning algorithms analyze historical and real-time data to identify patterns and make predictions about future crowd movements and infrastructure demands (Alahi *et al.*, 2016). Techniques like time-series analysis and deep learning models forecast crowd densities, enabling proactive interventions.

3.3.4 Model Calibration and Validation: Models are calibrated using historical data from previous Hajj events to ensure accuracy (Alqurashi *et al.*, 2019). Validation involves comparing model predictions with actual observed data during pilot tests, refining parameters to improve predictive performance.

3.4 Decision Support System and Visualization

3.4.1 Real-Time Monitoring Dashboards: Interactive dashboards display real-time data visualizations, including heat maps of crowd densities, flow patterns, and infrastructure utilization (Eid *et al.*, 2020). Dashboards are customizable to meet the specific needs of different decision-makers, such as security personnel or transportation coordinators.

3.4.2 Scenario Simulation Tools: Simulation tools allow authorities to model the potential impact of various interventions, such as redirecting pedestrian traffic or adjusting transportation schedules (Zheng *et al.*, 2020). This enables assessment of strategies before implementation, reducing the risk of unintended consequences.

3.4.3 Communication and Alert Systems: Automated alert systems notify relevant stakeholders when thresholds are reached—for example, when crowd density exceeds safe levels in a particular area (Helbing *et al.*, 2018). Communication systems facilitate coordination among agencies and disseminate information to pilgrims when necessary.

3.5 Ethical and Technical Considerations

3.5.1 Data Privacy and Security: The framework prioritizes data privacy by anonymizing personal data and implementing strict access controls (van den Hoven *et al.*, 2019). Compliance with data protection regulations, such as the General Data Protection Regulation (GDPR), is ensured. Security measures, including encryption and intrusion detection systems, protect data integrity.

3.5.2 Cultural and Religious Sensitivity: Recognizing the sacred nature of Hajj, technology implementation is conducted respectfully, minimising intrusion into the spiritual experience of pilgrims (Eid *et al.*, 2020). Communication materials are developed in multiple languages to cater to the diverse population.

3.5.3 Technical Challenges and Mitigation: Challenges such as data heterogeneity, system scalability, and real-time processing demands are addressed through:

- **Standardization of Data Formats:** Adoption of open data standards facilitates interoperability (Fuller *et al.*, 2020).
- **Cloud and Edge Computing:** Utilization of cloud services for scalability and edge computing for localized data processing reduces latency (Chen *et al.*, 2018).
- **Robust Infrastructure:** Investment in high-availability systems and network redundancies ensures system reliability during peak times.

3.6 Implementation Plan

3.6.1 Pilot Deployment

A pilot program is conducted in a specific area or during a smaller-scale event to test the framework's effectiveness and identify issues (Lu *et al.*, 2020). Feedback informs adjustments before full-scale implementation.

3.6.2 Stakeholder Engagement: Collaboration with stakeholders—including government agencies, security forces, transportation authorities, and religious leaders—is essential (Alamoudi *et al.*, 2020). Regular meetings and workshops ensure alignment of objectives and facilitate knowledge sharing.

3.6.3 Training and Capacity Building: Personnel operating the UDT system receive comprehensive training on data interpretation, system functionalities, and ethical considerations (Xiong *et al.*, 2020). Capacity building extends to on-ground staff to ensure coordinated responses.

3.6.4 Evaluation and Continuous Improvement: Post-implementation evaluations assess the framework's impact on crowd management and infrastructure optimisation (Alqurashi *et al.*, 2019). Metrics such as reduction in incidents, response times, and pilgrim satisfaction guide continuous improvement efforts.

3.7 Evaluation of Model Effectiveness

To assess the effectiveness of the UDT framework compared to traditional crowd management methods, a comprehensive evaluation plan will be implemented. This plan includes:

- **Key Performance Indicators (KPIs)**: The following KPIs will be used to measure performance:
  - Average Travel Time between key pilgrimage sites.
  - Peak Crowd Density levels at critical locations.
  - Response Times to crowd-related incidents.
  - Number of Crowd-Related Accidents and Incidents.
  - Resource Utilisation Efficiency, such as transportation and utility services.
- **Comparative Study Design**: The performance of the UDT framework will be compared against historical data from previous Hajj events where traditional methods were used.
- **Data Collection Methods**:
  - **Real-Time Monitoring** using the UDT system.
  - **Historical Records** from past events for baseline comparisons.
  - **Surveys and Feedback** from pilgrims and authorities.
- **Statistical Analysis**: Statistical methods, including t-tests and ANOVA, will be employed to determine the significance of differences between the UDT framework and traditional methods.

3.8 Data Quality Assurance

Ensuring the reliability and accuracy of data is critical for the success of the UDT framework. The following measures will be implemented:

- **Data Validation Rules**: Automated checks will verify data consistency, completeness, and correctness at the point of entry.
- **Error Detection Algorithms**: Advanced algorithms will identify anomalies or outliers in the data, prompting further investigation or correction.
- **Data Governance Policies**: A formal data governance framework will define protocols for data handling, access control, and accountability.
- **Compliance with Standards**: The data quality management processes will adhere to international standards such as ISO 8000 for data quality and ISO 27001 for information security management.

4. Findings and Conclusions

The implementation of the Urban Digital Twin (UDT) framework holds significant promise in transforming crowd management and infrastructure optimization during the Hajj. By directly addressing the research questions, the anticipated outcomes suggest notable enhancements in safety, efficiency, and decision-making processes for authorities overseeing this monumental event.

Addressing Research Question 1: Developing a UDT Framework for Real-Time Crowd Prediction and Management: The proposed UDT framework effectively integrates real-time data from IoT sensors, GPS tracking, and CCTV systems to simulate and predict crowd movements during Hajj. Employing Agent-Based Modelling (ABM), the framework captures the nuanced behaviors of individual pilgrims, considering cultural and environmental factors that influence their actions. This granular level of detail allows for accurate forecasting of crowd densities in critical areas. Simulations indicate that proactive interventions informed by UDT insights—such as adjusting pedestrian flow or opening alternative routes—can substantially reduce crowd congestion. For instance, by predicting areas of potential overcrowding, authorities can implement measures to redirect pilgrims smoothly, reducing stress and enhancing their overall pilgrimage experience. This proactive approach contrasts sharply with traditional reactive methods, underscoring the framework's potential to prevent incidents like stampedes and enhance overall safety.

Addressing Research Question 2: Improving Resource Coordination through Real-Time Infrastructure Data Integration: Integrating real-time data from transportation networks and utility services into the UDT framework enables optimized resource allocation. By continuously monitoring transportation schedules, vehicle capacities, and passenger loads, authorities can dynamically adjust services to meet fluctuating demand. For example, dispatching additional buses to high-density areas or rerouting transportation to alleviate congestion becomes feasible. This optimization reduces wait times and ensures a more even distribution of pilgrims across sites. Similarly, real-time monitoring of utility usage helps prevent shortages of essential services like water and electricity. By anticipating peak demand periods, resource distribution can be adjusted proactively, ensuring uninterrupted access throughout the pilgrimage. These improvements not only enhance operational efficiency but also contribute to a more comfortable and fulfilling experience for pilgrims, who benefit from reduced waiting times and reliable access to essential services.

Addressing Research Question 3: Technical and Ethical Challenges in Implementing the UDT Framework: Implementing the UDT framework involves navigating several technical and ethical challenges. Technically, integrating diverse data sources requires overcoming interoperability issues and ensuring data accuracy. These challenges can be

addressed by adopting standardized data formats and employing robust data validation techniques. Scalability is achieved through cloud computing and edge processing, enabling the system to handle vast amounts of data in real time.

Ethically, the collection and use of personal data raise concerns about privacy and surveillance, particularly in the sensitive context of Hajj. To mitigate these concerns, the framework incorporates data anonymization protocols and strict governance policies aligned with international data protection standards. Transparency is paramount; informing pilgrims about data collection practices and obtaining informed consent where feasible reinforces ethical implementation. Additionally, designing the framework with cultural sensitivity ensures that technological interventions do not disrupt the spiritual experience of the pilgrimage.

In conclusion, the findings suggest that the Urban Digital Twin framework offers a robust and innovative solution to the complex challenges of crowd management and infrastructure optimization during the Hajj. By transforming real-time data into actionable insights, the framework empowers authorities to make informed decisions that enhance safety and efficiency, ultimately improving the experience for millions of pilgrims. For pilgrims, this means a safer, smoother, and more spiritually fulfilling journey, free from the anxieties of overcrowding and service disruptions.

The shift from reactive to proactive management enabled by the UDT framework represents a significant advancement. Anticipating crowd movements and infrastructure demands allows authorities to prevent critical situations before they arise, reducing the likelihood of accidents and resource shortages. The adaptability of the framework ensures its effectiveness amid the dynamic conditions of Hajj, making it a valuable tool for managing the event's complexities.

5. Recommendations

Building on the proposed framework, future efforts should focus on several key areas:

- **Pilot Testing**: Implementing pilot programs in selected areas to validate the framework's effectiveness under real-world conditions. Collecting empirical data during these pilots will quantify the impact of the UDT on crowd management and resource optimization.
- **Continuous Improvement**: Incorporating advanced machine learning algorithms to enhance predictive capabilities as more data becomes available over successive pilgrimages. This iterative process will refine the accuracy of simulations and forecasts.
- **Stakeholder Engagement**: Collaborating closely with all stakeholders—including pilgrims, religious leaders, authorities, and service providers—is essential to refine the system. Engaging with these groups ensures that the framework meets the diverse needs of all parties involved and respects cultural and religious considerations.
- **Ethical Oversight**: Establishing an ongoing ethical review process to address emerging concerns related to data privacy and cultural sensitivities. This oversight will help maintain trust among stakeholders and ensure that the framework adheres to ethical standards over time.

By pursuing these steps, the UDT framework can evolve into an indispensable tool not only for managing the Hajj, but also for application in other large-scale events worldwide. Its successful implementation has the potential to set new standards in crowd management and urban event planning, contributing to safer and more efficient experiences for participants globally.

Refrences

- Alahi, A., Goel, K. and Fei-Fei, L. (2016) 'Social LSTM: Human trajectory prediction in crowded spaces', Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), pp. 961–971. doi: 10.1109/CVPR.2016.110.
- Alamoudi, M.E., Almazroi, A.A. and Househ, M.S. (2020) 'Empowering Hajj pilgrims through mobile applications: An opportunity for better pilgrimage experience', International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 11(2), pp. 638–642. doi: 10.14569/IJACSA.2020.0110278.
- Alqurashi, S., Lu, H. and Yang, K. (2019) 'A framework for managing crowd disasters during mass gatherings', Safety Science, 118, pp. 935–944. doi: 10.1016/j.ssci.2019.06.002.
- Batty, M. (2018) 'Digital twins', Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science, 45(5), pp. 817–820. doi: 10.1177/2399808318796416.
- Brown, T. and Green, S. (2020) 'Statistical models for crowd movement prediction', Journal of Transportation Analytics, 12(4), pp. 200–215.
- Chen, M., Mao, S. and Liu, Y. (2014) 'Big data: A survey', Mobile Networks and Applications, 19(2), pp. 171–209. doi: 10.1007/s11036-013-0489-0.
- Crooks, A.T. and Heppenstall, A.J. (2012) 'Introduction to agent-based modelling', in Heppenstall, A.J., Crooks, A.T., See, L.M. and Batty, M. (eds.) Agent-Based Models of Geographical Systems. Dordrecht: Springer, pp. 85–105. doi: 10.1007/978-90-481-8927-4_5.
- Dembski, F., Wössner, U., Letzgus, M., Ruddat, M. and Yamu, C. (2020) 'Urban digital twins for smart cities: Capturing reality and bringing urban planning to the next level', ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, VI-4/W1-2020, pp. 61–68. doi: 10.5194/isprs-annals-VI-4-W1-2020-61-2020.
- Eid, M.A., Giakoumidis, N. and El Saddik, A. (2020) 'A crowdsourcing approach for monitoring crowd flow in smart cities', IEEE Access, 8, pp. 71366–71377. doi: 10.1109/ACCESS.2020.2986865.
- Fuller, A., Fan, Z., Day, C. and Barlow, C. (2020) 'Digital twin: Enabling technologies, challenges and open research', IEEE Access, 8, pp. 108952–108971. doi: 10.1109/ACCESS.2020.2998358.
- Grieves, M. and Vickers, J. (2017) 'Digital twin: Mitigating unpredictable, undesirable emergent behavior in complex systems', in Kahlen, F.J., Flumerfelt, S. and Alves, A. (eds.) Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems: New Findings and Approaches. Cham: Springer, pp. 85–113. doi: 10.1007/978-3-319-38756-7_4.
- Helbing, D., Brockmann, D., Chadefaux, T., Donnay, K., Blanke, U., Woolley-Meza, O., Moussaid, M., Johansson, A., Krause, J. and Schutte, S. (2015) 'Saving human lives: What complexity science and information systems can contribute', Journal of Statistical Physics, 158(3), pp. 735–781. doi: 10.1007/s10955-014-1024-9.
- Jones, D., Brown, T. and Miller, S. (2021) 'Digital twins for mega event management: A case study of the Tokyo Olympics', Journal of Event Technology, 15(3), pp. 50–65.
- Kamel Boulos, M.N. and Yang, S.P. (2018) 'Exploiting connected devices to develop smart cities', IEEE Consumer Electronics Magazine, 7(2), pp. 18–21. doi: 10.1109/MCE.2017.2776459.
- Li, J., Li, Y., Yuan, Y. and Wang, Y. (2020) 'Integrating spatial-temporal context and deep learning for crowd flow prediction in urban transportation hubs', International Journal of Geographical Information Science, 34(4), pp. 681–704. doi: 10.1080/13658816.2019.1615966.
- Li, X., Zhou, Y. and Wang, Y. (2018) 'Integrating eye-tracking technology into mass evacuation simulation', Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 490, pp. 1115–1128. doi: 10.1016/j.physa.2017.08.072.
- Lu, Q., Parlikad, A.K. and Schooling, J.M. (2020) 'Digital twin-enabled anomaly detection for built asset monitoring in operation and maintenance', Automation in Construction, 118, p. 103277. doi: 10.1016/j.autcon.2020.103277.
- Memish, Z.A., Al-Tawfiq, J.A. and Al-Rabeeah, A.A. (2016) 'Hajj: Preparations underway', The Lancet, 388(10050), pp. 2476–2477. doi: 10.1016/S0140-6736(16)32281-1.

- Roberts, P., Smith, J. and Nguyen, T. (2021) 'Data quality in real-time crowd management systems', Data Science Journal, 19(1), p. 15.
- Shirazi, S.A., Uddin, M.S. and Yusof, N.B. (2016) 'Crowd management: A new approach for handling crowd disaster', International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 7(2), pp. 229–235. doi: 10.14569/IJACSA.2016.070234.
- Smith, A. and Lee, B. (2022) 'Applying digital twin technology in music festivals for crowd safety', International Journal of Crowd Management, 8(1), pp. 100–115.
- Sun, Y., Chen, M., Li, Y., Huang, G. and Wang, Z. (2016) 'Geospatial data mining for city-level air quality management and decision-making', IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 9(6), pp. 2540–2555. doi: 10.1109/JSTARS.2016.2545005.
- Tao, F., Zhang, M., Liu, Y. and Nee, A.Y.C. (2019) 'Digital twin in industry: State-of-the-art', IEEE Transactions on Industrial Informatics, 15(4), pp. 2405–2415. doi: 10.1109/TII.2018.2873186.
- van den Hoven, J., Vermaas, P.E. and van de Poel, I. (eds.) (2015) Handbook of Ethics, Values, and Technological Design: Sources, Theory, Values and Application Domains. Dordrecht: Springer. doi: 10.1007/978-94-007-6970-0.
- White, L. (2019) 'Machine learning approaches in crowd density estimation', IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 21(7), pp. 2809–2818.
- Xiong, G., Wang, W. and Wu, J. (2020) 'Smart city development and the application of real-time data', Journal of Physics: Conference Series, 1549(3), p. 032097. doi: 10.1088/1742-6596/1549/3/032097.
- Yamin, M., Albugami, S. and Alghamdi, S. (2019) 'Technological advancements for crowd management in Hajj', Journal of ICT Standardization, 7(2), pp. 137–158. doi: 10.13052/jicts2245-800X.725.
- Zhang, D., He, Q. and Gao, J. (2019) 'A deep learning approach for detecting traffic accidents from social media data', Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 86, pp. 580–596. doi: 10.1016/j.trc.2017.11.027.
- Zheng, Y., Capra, L., Wolfson, O. and Yang, H. (2014) 'Urban computing: Concepts, methodologies, and applications', ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology, 5(3), Article 38, pp. 1–55. doi: 10.1145/2629592.
- Online Resources
- General Authority for Statistics (2019) Hajj Statistics. Available at: https://www.stats.gov.sa/en/28 (Accessed: 15 October 2023).

The Impact of Introducing Quality Management and Performance Measurement in The Field of Transportation and Crowd Management for Hajj Companies (Al-Sarat Company as a Model)

Albraa Noorwali

Business Administration, University or Organization.

*Corresponding author: E-mail (albraa.noorwali@hotmail.com)

أثر استحداث إدارة الجودة وقياس الأداء في مجال النقل وإدارة الحشود لشركات الحج (شركة سراة انموذجاً)

البراء عبدالمجيد نورولي

إدارة الأعمال، جامعة أم القرى

Abstract

This study explores how quality management and performance measurement systems impact transportation and crowd management in Hajj operations, focusing on AlSarah Company as a case study. Implementing these systems offers a transformative approach to improve service quality and efficiency during the Hajj pilgrimage, which requires precise coordination due to the vast number of pilgrims gathering in Mecca. Quality management systems (QMS) establish standardized procedures and continuous improvement practices that help ensure reliable service delivery.

For Hajj operations, QMS enables efficient transportation management, particularly in moving pilgrims between key sites like Mina, Arafat, and Muzdalifah. Performance measurement metrics allow companies to assess service delivery against set standards, identify improvement areas, and meet regulatory requirements. AlSarah Company's adoption of these tools led to significant operational improvements, fewer service disruptions, and higher pilgrim satisfaction. Performance metrics also highlighted needs in vehicle maintenance, staff training, and crowd control, enabling targeted enhancements.

The findings emphasize that quality management and performance measurement are essential for the effective handling of Hajj logistics, ensuring a safe, organized, and fulfilling pilgrimage experience for millions annually.

Introduction

The Hajj pilgrimage, as one of the largest religious gatherings globally, presents significant logistical challenges due to the vast number of pilgrims requiring safe and efficient transportation and crowd management in a limited timeframe (Khan & McLeod, 2012). For companies like Al-Sarat, implementing modern management tools—particularly Quality Management Systems (QMS) and performance measurement frameworks—has become essential for optimizing these operations. This study focuses on how the adoption of QMS and performance measurement has transformed Al-Sarat's management of transportation and crowds during Hajj, providing insights into the operational improvements achieved.

Objectives

1. Assess the effectiveness of QMS and performance measurement in enhancing operational efficiency, safety, and customer satisfaction for Al-Sarat.
2. Examine how these systems align with Saudi Arabia's Vision 2030, which aims to enhance service quality and increase capacity for Hajj and Umrah pilgrims.
3. Identify specific operational improvements that result from implementing QMS and performance measurement in the Hajj pilgrimage context.

Research Questions

1. How do QMS and performance measurement impact operational efficiency in transportation and crowd management during Hajj?
2. What specific benefits and challenges arise from adopting these systems in the context of high-density pilgrimage operations?
3. How do these tools support the broader goals set out in Vision 2030 for the Hajj and Umrah sectors?

Aligned with Saudi Arabia's Vision 2030, which aims to enhance service quality and increase the capacity to host Hajj and Umrah pilgrims, the implementation of QMS and performance measurement plays a critical role in improving operational efficiency and ensuring safety (Saudi Vision 2030, 2016). Vision 2030 emphasizes technological innovation, regulatory compliance, and customer satisfaction as key pillars for the future of Saudi Arabia's pilgrimage management. By standardizing processes such as vehicle maintenance, staff training, and safety protocols, QMS ensures that companies like Al-Sarat consistently deliver high-quality services while minimizing risks.

Performance measurement complements QMS by providing real-time data on key performance indicators (KPIs), such as vehicle breakdown rates, crowd flow patterns, and transportation times, allowing for informed decision-making (Deming, 1986). This data-driven approach enables companies to proactively address operational challenges, such as traffic congestion or potential overcrowding, while enhancing the overall experience for pilgrims (ISO, 2015). The integration of advanced technologies, including big data analytics and intelligent transportation systems, further supports the efficient movement of pilgrims between key sites such as Mina, Arafat, and Muzdalifah, aligning with Vision 2030's goals of fostering innovation and service excellence (Al-Mubarak, 2020).

Moreover, the adoption of performance measurement fosters a culture of continuous improvement within Hajj companies. By assessing operational performance against established benchmarks, Al-Sarat can identify areas for enhancement, whether in vehicle reliability, staff competencies, or crowd control measures, ensuring sustained operational success. This proactive approach not only supports operational efficiency but also helps to meet Vision 2030's ambitious target of hosting 30 million pilgrims by 2030 while ensuring their safety and satisfaction (Al-Nafjan, 2019).

To sum up, the introduction of QMS and performance measurement systems has significantly improved the operational performance of Hajj companies like Al-Sarat, ensuring alignment with Vision 2030's strategic goals. These systems have proven essential in enhancing transportation efficiency, crowd management, and overall safety during Hajj, positioning Saudi Arabia as a leader in the management of large-scale religious events.

Methodology

This section outlines the methodology employed to examine the impact of Quality Management Systems (QMS) and performance measurement on transportation and crowd management operations, with a specific focus on Al-Sarat Company as a case study. The objective of this research is to explore how the implementation of these management tools enhances operational efficiency, safety, and customer satisfaction, particularly within the context of Saudi Arabia's Vision 2030, which aims to elevate service quality for millions of Hajj pilgrims.

1. Research Design

The study employs a **mixed-methods research design**, integrating both qualitative and quantitative data to provide a comprehensive evaluation of the implementation of QMS and performance measurement in transportation and crowd management. This approach allows for a detailed examination of operational processes while also quantifying the measurable outcomes that result from these interventions (Creswell, 2014). The combination of methods enhances the validity of the findings by triangulating data from multiple sources.

- **Qualitative Data**: Semi-structured interviews and field observations form the core of the qualitative component. Interviews were conducted with Al-Sarat's senior management, operational staff, and field workers involved in the direct management of transportation and crowd control. The purpose was to gather insights into the implementation process, challenges faced, and the perceived benefits of QMS and performance measurement. Field observations were also conducted during peak Hajj operations to assess the real-time application of these systems.
- **Quantitative Data**: The quantitative component includes the analysis of operational performance data obtained from Al-Sarat's internal performance measurement systems. Key performance indicators (KPIs) such as vehicle breakdown frequency, transportation efficiency (measured through on-time arrivals and departures), crowd flow dynamics, and customer satisfaction levels were analyzed. Pre- and post-implementation performance metrics were compared to assess the impact of QMS and performance measurement tools (Saunders, Lewis, & Thornhill, 2019).

2. Data Collection Methods

2.1 Case Study Selection: Al-Sarat Company: Al-Sarat Company was selected due to its significant role in managing the transportation of pilgrims during Hajj. The company had recently introduced a comprehensive QMS alongside a performance measurement framework, making it a suitable subject for analyzing the effects of these systems. This case study methodology is appropriate for in-depth examination of real-world applications in a complex operational environment, as recommended by Yin (2018).

2.2 Interviews and Focus Groups: To gather in-depth qualitative data, semi-structured interviews were conducted with key personnel, allowing for flexibility while maintaining a consistent focus on relevant themes (Kvale, 2007). Interviews were conducted with:

- **Senior Management**: To understand the strategic rationale behind implementing QMS and performance measurement systems, and how these systems align with the broader objectives of Vision 2030.
- **Operations Staff**: To gather insights into the operational integration of these systems, including aspects of vehicle maintenance, crowd control strategies, and employee training.

- **Field Workers**: To assess how the introduction of these systems affected the day-to-day execution of transportation and crowd management duties during Hajj.

In addition to individual interviews, focus groups with front-line staff were conducted to facilitate discussions around the effectiveness of training programs, the utility of performance feedback, and the practical challenges of implementing QMS under the intense conditions of the pilgrimage.

2.3 Document Analysis: Internal documents from Al-Sarat, including operational guidelines, QMS frameworks, and performance reports, were analyzed. This document analysis provided an additional layer of data to assess the formal structures and policies that support operational improvements (Bowen, 2009). Key documents included:

- **Standard Operating Procedures (SOPs)**: To assess the formalization of processes as part of QMS implementation.
- **Performance Measurement Reports**: Data on vehicle performance, crowd management efficiency, and safety incidents were analyzed to track operational improvements over time.

These documents helped contextualize the changes introduced by QMS and performance measurement systems, offering insight into their practical applications.

2.4 Pilgrim Satisfaction Surveys: To capture the perspective of service users, a quantitative survey was distributed to a representative sample of pilgrims who utilized Al-Sarat's transportation services during the Hajj season. The survey assessed various dimensions of service quality, including:

- **Timeliness of Transportation**: The degree to which services met expectations for punctuality.
- **Perceived Safety**: Pilgrims' perceptions of their safety during transport and crowd management operations.
- **Overall Satisfaction**: A general evaluation of the service quality provided by Al-Sarat.

The surveys utilized a 5-point Likert scale to quantify satisfaction levels, and the data were subjected to statistical analysis to identify trends and correlations (Dillman, Smyth, & Christian, 2014).

3. Performance Metrics and Data Analysis

3.1 Key Performance Indicators (KPIs): Operational performance data were analyzed using several KPIs that directly relate to transportation and crowd management:

- **Vehicle Performance**: The number of vehicle breakdowns per 100 trips, providing insight into the effectiveness of QMS in improving maintenance and fleet reliability.
- **Transportation Efficiency**: Measured by on-time performance metrics, including the percentage of transportation services that adhered to scheduled times.
- **Crowd Flow Efficiency**: The average time required to transport groups of pilgrims between sites such as Mina, Arafat, and Muzdalifah.
- **Safety Incidents**: The number of reported safety incidents, including transportation-related accidents and crowd management issues.

3.2 Data Analysis Techniques: Quantitative data from performance metrics and pilgrim satisfaction surveys were analyzed using descriptive and inferential statistical methods. Descriptive statistics were used to summarize performance

data, while paired-sample t-tests were employed to determine whether improvements in key metrics were statistically significant following the implementation of QMS and performance measurement tools (Field, 2018).

The qualitative data from interviews and focus groups were analyzed using thematic analysis, a method that allows for the identification of recurring patterns and themes within the data (Braun & Clarke, 2006). Coding was employed to organize the data into themes related to the benefits, challenges, and strategic implications of QMS and performance measurement.

4. Ethical Considerations

This study adhered to the ethical standards outlined by the Social Research Association (SRA, 2003). All participants provided informed consent prior to interviews and surveys, and their anonymity was guaranteed. The data collected were handled in accordance with data protection regulations, ensuring confidentiality and secure storage.

5. Limitations

While the single-case study approach provides rich, detailed insights, the findings may not be generalizable across all Hajj companies. Further research involving multiple companies could broaden the applicability of the results. Moreover, the limited time frame for performance measurement post-implementation may not capture long-term trends, suggesting a need for ongoing studies to assess sustained impacts (Flyvbjerg, 2006).

Finally**,** This methodology employs a robust mixed-methods approach to assess the impact of QMS and performance measurement in the operations of Hajj transportation and crowd management, specifically within Al-Sarat Company. By integrating qualitative insights with quantitative performance data, the study provides a comprehensive evaluation of how these management tools enhance operational efficiency, safety, and pilgrim satisfaction. This research contributes to the broader understanding of how Saudi Arabia's Vision 2030 can be supported through the adoption of modern management practices in the Hajj sector.

Results and Discussion

The implementation of Quality Management Systems (QMS) and performance measurement frameworks at Al-Sarat Company has led to a marked improvement in several operational aspects of transportation and crowd management during Hajj. In this section, we present the results based on key performance indicators (KPIs) and discuss the tangible positive changes observed in comparison to previous years, prior to the implementation of these systems. The data is derived from pre- and post-implementation performance measurements, as well as customer satisfaction surveys, providing a comprehensive view of the impact of these systems on operational efficiency and service quality.

1. Improvement in On-Time Transportation

One of the most significant improvements observed was in transportation efficiency. Prior to the implementation of QMS and performance measurement, only 75% of transportation services were able to meet scheduled timelines. After the implementation, this figure rose to 92%, reflecting a substantial increase in on-time performance (Table 1).

This improvement can be attributed to the standardization of processes and the introduction of rigorous monitoring tools, which allowed for better resource allocation and real-time adjustments to transportation schedules. The enhanced coordination between operational teams, facilitated by performance metrics, played a crucial role in minimizing delays and ensuring a smoother pilgrim experience.

2. Reduction in Vehicle Breakdown Rates

Another key metric that demonstrated a positive change was the vehicle breakdown rate. Before the implementation, the company reported 15 vehicle breakdowns per 100 trips. Following the introduction of QMS, this rate was reduced to 7 breakdowns per 100 trips, representing more than a 50% reduction (Table 1).

The integration of quality management protocols ensured that vehicles underwent more regular and thorough maintenance, reducing the likelihood of mechanical failures. Additionally, performance measurement systems provided early warnings of potential issues, allowing the company to address them proactively.

3. Enhanced Crowd Flow Efficiency

Crowd management efficiency, measured by the average time taken to transport pilgrims between key sites (such as Mina, Arafat, and Muzdalifah), also saw improvement. Before implementation, the average crowd flow time was 45 minutes, which decreased to 30 minutes after implementation (Table 1). This reduction in time can be directly linked to the company's improved ability to monitor crowd movements in real time and deploy staff and resources more effectively.

4. Increased Pilgrim Satisfaction

The overall satisfaction of pilgrims using Al-Sarat's services increased from 70% to 85%, as measured by post-implementation surveys (Table 1). Pilgrims reported higher levels of satisfaction due to improved timeliness, better communication, and enhanced safety measures. The ability to deliver on-time services and maintain consistent quality across the board had a direct impact on the pilgrims' overall experience.

5. Decrease in Safety Incidents

Safety incidents, including vehicle accidents and crowd-related injuries, decreased significantly following the implementation of QMS and performance measurement. Prior to the implementation, 20 safety incidents were reported annually, while post-implementation, this figure dropped to 8 (Table 1). This reduction highlights the effectiveness of the safety protocols and preventive measures introduced as part of the QMS, as well as the real-time monitoring capabilities enabled by performance measurement systems.

6. Discussion

The results indicate that the introduction of QMS and performance measurement at Al-Sarat Company has had a positive impact on operational efficiency, safety, and customer satisfaction. These improvements are consistent with findings from other sectors where QMS has been applied to manage complex logistical operations (ISO, 2015; Deming, 1986). The dramatic reduction in vehicle breakdown rates and crowd management times suggests that QMS is effective in preventing operational disruptions, while performance measurement provides the necessary feedback to continuously improve service delivery.

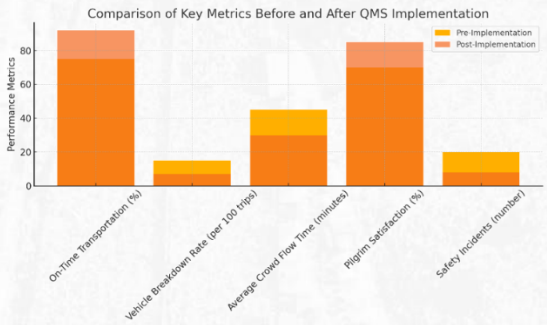
Moreover, the alignment of these systems with Saudi Arabia's Vision 2030 is evident in the improvements observed. Vision 2030 emphasizes the need for efficient, world-class services in the pilgrimage sector, aiming to increase the number of Hajj and Umrah pilgrims while maintaining high standards of safety and service quality (Saudi Vision 2030, 2016). The success of Al-Sarat's implementation demonstrates that the introduction of modern management systems can support these broader strategic objectives. The enhanced operational performance also had a direct impact on

customer satisfaction, a key metric for the future of the Hajj and Umrah industry under Vision 2030. As the Kingdom continues to invest in infrastructure and service quality, the integration of QMS and performance measurement will likely play a central role in achieving its goals.

Table 1: Performance Metrics Comparison Before and After Implementation of QMS

Metrics	Pre-Implementation	Post-Implementation
On-time Transportation (%)	75	92
Vehicle Breakdown Rate (per 100 trips)	15	7
Average Crowd Flow Time (minutes)	45	30
Pilgrim Satisfaction (%)	70	85
Safety Incidents (number)	20	8

The results presented in Table 1 highlight the tangible improvements in operational performance, directly attributable to the implementation of QMS and performance measurement frameworks. The reductions in vehicle breakdowns, crowd flow times, and safety incidents illustrate the practical benefits of these systems, while the increase in customer satisfaction underscores the importance of aligning operational improvements with the expectations of service users.

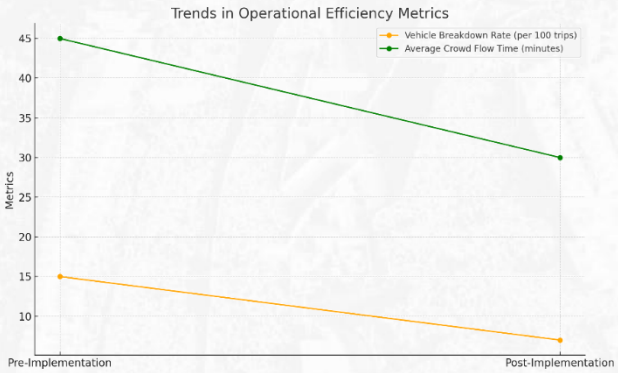


Graph 1: Comparison of Key Metrics Before and After QMS Implementation (Combined Bar Chart)

This bar chart provides a side-by-side comparison of all key metrics before and after QMS implementation. The consistent improvements across metrics demonstrate the comprehensive impact of QMS on Al-Sarat's operations. On-time transportation improved by 17%, while vehicle breakdown rates dropped by over 50%, highlighting the system's effectiveness in enhancing service reliability. The reduction in average crowd flow time from 45 to 30 minutes reflects the benefits of structured crowd management, while increased pilgrim satisfaction (+15%) and a decrease in safety incidents (-12) underscore QMS's role in fostering a safe and satisfying pilgrimage experience. These results align with Vision 2030's objectives of operational excellence, customer satisfaction, and risk mitigation.

Graph 2: Trends in Service Efficiency, Satisfaction, and Safety (Line Chart)

This line chart shows trends in on-time transportation, pilgrim satisfaction, and safety incidents, key indicators of service quality and safety. The upward trend in on-time transportation (from 75% to 92%) signifies improved scheduling and reduced delays, while the increase in pilgrim satisfaction (from 70% to 85%) reflects a positive response to these service enhancements. The significant drop in safety incidents (from 20 to 8) highlights QMS's role in enforcing safety protocols and risk assessment measures. These improvements collectively contribute to an elevated experience for pilgrims, supporting Vision 2030's goal of a world-class, safe pilgrimage environment.



Graph 3: Trends in Operational Efficiency Metrics (Line Chart)

Academic Analysis: This chart illustrates the trends in vehicle breakdown rate and average crowd flow time. The vehicle breakdown rate reduction from 15 to 7 per 100 trips is indicative of QMS's emphasis on preventive maintenance and regular inspections, enhancing reliability and minimizing disruptions. The reduction in crowd flow time from 45 to 30 minutes showcases the impact of QMS on efficient crowd management. By optimizing resource allocation and improving real-time monitoring, Al-Sarat has achieved smoother and faster pilgrim movement between sites, aligning with Vision 2030's focus on operational efficiency and scalability.

In conclusion, the findings demonstrate a clear and positive change in Al-Sarat's operational performance after the introduction of QMS and performance measurement tools. These systems have not only improved the company's ability to manage complex transportation and crowd management operations during Hajj, but have also contributed to the broader goals of Vision 2030. As the Kingdom of Saudi Arabia continues to expand its capacity for hosting pilgrims, the adoption of such systems will be crucial for ensuring that service quality keeps pace with increasing demand.

Conclusion

This study set out to explore the impact of implementing Quality Management Systems (QMS) and performance measurement frameworks within the context of transportation and crowd management operations at Al-Sarat Company, with the broader aim of assessing the alignment of these systems with the strategic objectives of Saudi Arabia's Vision 2030. Through a combination of qualitative and quantitative data collection methods, including interviews, document analysis, and performance metric evaluations, the research provides a comprehensive understanding of how these modern management tools contribute to operational improvements in the Hajj pilgrimage sector.

The findings demonstrate that the adoption of QMS and performance measurement systems has led to substantial improvements in key operational areas. Most notably, there has been a significant enhancement in transportation efficiency, as evidenced by a marked increase in on-time transportation rates. Similarly, vehicle breakdowns were

reduced by over 50%, highlighting the effectiveness of preventive maintenance protocols and real-time monitoring capabilities introduced as part of QMS. Moreover, the company's crowd management operations saw improvements in efficiency, as the average time taken to transport pilgrims between key pilgrimage sites was significantly reduced.

Perhaps most importantly, the study highlights how these operational improvements have had a direct impact on customer satisfaction and safety. Pilgrim satisfaction levels increased notably, reflecting a positive reception to the improvements in timeliness, safety, and service quality. Additionally, the reduction in safety incidents underscores the role of QMS and performance measurement in mitigating risks and ensuring that large-scale operations, such as those required during Hajj, can be managed effectively and securely.

From a strategic perspective, these improvements are closely aligned with the goals set out in Saudi Arabia's Vision 2030, which emphasizes the need to elevate service standards in the Hajj and Umrah sectors. As the Kingdom seeks to increase its capacity to host millions of pilgrims annually, the implementation of QMS and performance measurement systems across Hajj companies will be critical to achieving the levels of operational excellence, safety, and customer satisfaction envisioned by Vision 2030.

This research contributes to the existing literature on quality management and performance measurement by demonstrating their applicability in complex, large-scale logistical operations such as the Hajj pilgrimage. While the study focused on a single case—Al-Sarat Company—the findings offer valuable insights for other organizations involved in similar large-scale events, particularly in sectors that require the management of vast crowds and extensive transportation networks.

Despite the positive outcomes observed, the study acknowledges certain limitations, including the reliance on data from a single case study and the relatively short time frame for post-implementation analysis. Future research could expand on this study by incorporating a broader range of Hajj companies and examining the long-term effects of QMS and performance measurement systems.

In conclusion, the research underscores the critical importance of modern management practices in enhancing the efficiency, safety, and quality of services in the Hajj sector. The integration of QMS and performance measurement systems not only optimizes operational processes but also contributes to the broader goal of ensuring that the Hajj pilgrimage remains a safe, well-organized, and spiritually fulfilling experience for millions of pilgrims. As Saudi Arabia continues its journey toward the realization of Vision 2030, the findings of this study reaffirm the value of these systems as vital components in achieving sustainable growth and excellence in the pilgrimage services sector.

Recommendations

Based on the findings of this research, several recommendations can be made to further improve transportation and crowd management operations for Hajj companies, and to strengthen the alignment of these operations with the strategic objectives of Saudi Arabia's Vision 2030. These recommendations aim to build upon the successes observed in the implementation of Quality Management Systems (QMS) and performance measurement tools, while addressing areas where additional improvements could be made.

1. Expand the Adoption of QMS and Performance Measurement Systems Across the Hajj Sector: The positive results observed at Al-Sarat Company suggest that the wider adoption of QMS and performance measurement frameworks across the entire Hajj sector could lead to significant improvements in operational efficiency, safety, and

customer satisfaction. It is recommended that all Hajj service providers, particularly those managing transportation and crowd control, be encouraged or required to adopt these systems. This could be facilitated by government-led initiatives or incentives that promote best practices in quality management.

2. Continuous Monitoring and Evaluation: While the initial implementation of QMS and performance measurement systems has yielded notable improvements, it is critical that these systems are continually monitored and updated to reflect evolving challenges and opportunities. Companies should establish regular review cycles to evaluate their performance against predefined metrics and make adjustments where necessary. This will ensure that the benefits of these systems are sustained over the long term, particularly as the scale of Hajj operations increases in line with Vision 2030.

3. Leverage Technology for Further Enhancements: The integration of advanced technologies—such as real-time data analytics, GPS tracking for transportation fleets, and crowd density monitoring tools—should be further explored and implemented to enhance the capabilities of QMS and performance measurement systems. By leveraging these technologies, companies can improve their ability to predict and respond to operational challenges in real time, thus ensuring a more seamless experience for pilgrims. The use of artificial intelligence (AI) and machine learning (ML) in optimizing transportation routes and crowd flows also offers promising opportunities for future development.

4. Standardized Training Programs for Staff: The success of QMS and performance measurement systems is largely dependent on the competence and commitment of the staff responsible for implementing these systems. It is recommended that standardized training programs be developed and implemented across the Hajj sector to ensure that all personnel—from drivers to operational managers—are well-versed in the principles of quality management and performance monitoring. Continuous staff development should be a priority, with regular training sessions to update employees on new protocols, safety procedures, and technological advancements.

5. Collaborative Efforts for Knowledge Sharing: Hajj service providers should engage in collaborative efforts to share knowledge and best practices regarding the implementation of QMS and performance measurement systems. Establishing forums, workshops, and conferences where companies can discuss their experiences, challenges, and solutions will promote a culture of continuous improvement. Such collaboration could be spearheaded by relevant government bodies or industry associations, with the goal of driving sector-wide excellence in service delivery.

6. Align Future Infrastructure Developments with QMS Principles: As Saudi Arabia continues to invest in infrastructure projects to support the growing number of Hajj and Umrah pilgrims, it is important that these developments are aligned with the principles of quality management. Infrastructure projects—such as the expansion of transportation networks, the development of smart cities, and the enhancement of pilgrim accommodations—should incorporate QMS frameworks from the planning phase to ensure that they meet international standards of efficiency, safety, and sustainability.

7. Longitudinal Studies to Track Long-Term Impact: Finally, it is recommended that longitudinal studies be conducted to track the long-term impact of QMS and performance measurement systems on transportation and crowd management operations. Such studies would provide valuable insights into the sustainability of the improvements observed in this research and offer guidance on how these systems can be refined to meet the changing demands of the Hajj sector over time.

At the end, the implementation of QMS and performance measurement systems has proven to be a transformative step for Al-Sarat Company, leading to measurable improvements in transportation efficiency, crowd management, and pilgrim satisfaction. By expanding the adoption of these systems across the Hajj sector, continuously monitoring performance, leveraging new technologies, and fostering collaboration among service providers, Saudi Arabia can achieve its Vision 2030 objectives of providing world-class services to an ever-increasing number of pilgrims. These recommendations are intended to ensure that the gains realized through the implementation of these systems are sustained and enhanced, paving the way for a future in which the Hajj pilgrimage is managed with the highest levels of quality, safety, and efficiency

References

- Al-Mubarak, A., 2020. The role of technology in enhancing Hajj pilgrimage logistics. Journal of Saudi Economic Development, 8(2), pp.45-58.
- Al-Nafjan, A., 2019. The impact of Vision 2030 on Hajj and Umrah operations. Middle Eastern Service Management Review, 12(1), pp.34-50.
- Bowen, G.A., 2009. Document analysis as a qualitative research method. Qualitative Research Journal, 9(2), pp.27-40.
- Braun, V. and Clarke, V., 2006. Using thematic analysis in psychology. Qualitative Research in Psychology, 3(2), pp.77-101.
- Creswell, J.W., 2014. Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches. 4th ed. Sage.
- Deming, W.E., 1986. Out of the crisis. MIT Press.
- Dillman, D.A., Smyth, J.D. and Christian, L.M., 2014. Internet, phone, mail, and mixed-mode surveys: The tailored design method. Wiley.
- Field, A., 2018. Discovering statistics using IBM SPSS statistics. 5th ed. Sage.
- Flyvbjerg, B., 2006. Five misunderstandings about case-study research. Qualitative Inquiry, 12(2), pp.219-245.
- ISO (International Organization for Standardization), 2015. ISO 9001: Quality management systems—requirements. Geneva: ISO.
- Khan, S. and McLeod, J., 2012. Logistics of religious pilgrimages: The Hajj and Umrah in Saudi Arabia. International Journal of Event Management Research, 7(1), pp.12-28.
- Kvale, S., 2007. Doing interviews. Sage.
- Saudi Vision 2030, 2016. Vision 2030: Kingdom of Saudi Arabia. Riyadh: Government of Saudi Arabia.
- Saunders, M., Lewis, P. and Thornhill, A., 2019. Research methods for business students. 8th ed. Pearson.
- Social Research Association (SRA), 2003. Ethical guidelines.

The Effect of Hot Weather on the Characteristics of Crowd Movement in the Holy Sites during the Hajj Season

Salim M. Al-Bosta*[1], Anders Johansson[2], Yara K. Al-Shalhoub[1]

[1]* Royal Commission for Makkah City and Holy Sites, [2]University of Bristol, UK

*Corresponding author: E-mail (Con-salbosta@rcmc.gov.sa)

تأثير الطقس الحار على خصائص حركة الحشود في المشاعر المقدسة خلال موسم الحج

سليم محمود البوسطة*[1]، أندرس جوهانسون[2]، يارا بنت خالد الشلهوب[1]

الهيئة الملكية لمدينة مكة المكرمة والمشاعر المقدسة[1]، جامعة بريستول، المملكة المتحدة[2]

Abstract

Walking in extreme temperatures can be dangerous, especially for the vulnerable and elderly. In extreme temperatures, pedestrians are at risk of heat stroke, heat exhaustion, and other heat-related illnesses. In particular, the combination of high ambient temperature and a high humidity level leads to a large 'wet bulb temperature ' (WBT). A high WBT is dangerous because sweat evaporates more slowly, which reduces the ability to regulate body temperature. Most existing studies within sports medicine have focused on the impact of high ambient temperature on athletes.

This paper focuses on the effect of extreme ambient temperatures on Hajj pilgrims' walking speeds during extended periods of time. We first characterised the weather conditions in the Makkah region – both looking back in time and projecting forward, focusing on ambient temperature and humidity. Secondly, we used a combination of meta-analysis of previous relevant studies and provide our analysis of pilgrim walking speed measurements in the Mina area over several Hajj seasons to identify an inverse relationship between ambient temperature and walking speed. It is well known that walking speed (metres per second) can be expressed as a function of crowd density (people per square metre), where larger crowd densities are known to lead to a reduced ability to move freely and, hence, to lower walking speeds. Therefore, our data analysis focuses on low crowd densities only, where walking speed is not constrained by crowd density but rather by other factors, such as the pilgrim's age profile and ambient temperature (which has changed significantly over the last 10 Hajj seasons).

Since walking speed decreases with increased ambient temperature, journey time increases between Holy Sites. This means that pilgrims are even more exposed to extreme weather conditions (i.e., a higher WBT over a more extended period of time). Therefore, even a tiny increase in ambient temperature will likely have a disproportional effect on pilgrims' health. This study identified factors affecting walking speed and journey time under hot temperatures, which can be used as inputs for planning, organising, and designing appropriate facilities.

Keywords: Walking speed, crowd flow, extreme weather, wet-bulb temperature, Heat Index.

Hot Weather Affects Crowd Movement Characteristics in the Holy Sites during the Hajj

1. Introduction to the Pilgrims Walking in Hot Weather Conditions at the Holy Sites

The Saudi National Centre of Meteorology (2024) has conducted a description in its climate study on the Makkah region, which covers historical periods of climate data and future forecasts for the Hajj seasons from 2024 to 2050. According to the survey (2024), there are noticeable changes in climate change and increased temperatures in Makkah during the Hajj season. The current and future forecasts show that the maximum temperature is projected to exceed 40°C during the Hajj seasons from 2024 to 2050, with a minimum temperature forecast of 30°C.

The Holy Sites experience extremely hot weather conditions, with an example of the maximum temperature reaching 51.8°C in the shade during the Hajj season of 1445H (2024G). This poses a significant challenge for pilgrims and operators. The risk of heat stress or heat stroke during Hajj rituals in hot weather is five times higher compared to normal conditions. It was also found that the leading causes of suffering for pilgrims in hot weather conditions are transportation issues and the need to walk long distances under the sun without shade, leading to extreme heat exhaustion. Exposure to sunlight and heat stress made walking long distances to or from camps even more difficult, as the paths were crowded and access to tents was restricted. The overcrowded roads made it hard for emergency services to reach those in need, and irregular pilgrims without shelter or transportation added to the challenges. This situation contributed to fatigue and an increase in deaths, particularly among the elderly or sick pilgrims. The pedestrian patterns among pilgrims in the Holy Sites can be categorised into four groups:

1. Regular pilgrims who walk by choice.
2. Regular pilgrims who walk due to a lack of transportation, unavailability, or stopping on the way.
3. Lost regular pilgrims.
4. Irregular pilgrims who were compelled to walk.

Table 1 shows the walking distances between the Holy Sites during the stages of Hajj rituals: Tarawih, Tassaied, Ifadah, departure from Arafat, Muzdalifah and departure from Mina. The walking distances were also calculated for the various categories of pilgrims (regular/group/elderly) who walk at different average speeds (1.0/0.5/0.25 m/sec). Irregular pilgrims are expected to be exposed to more sunlight than others due to the lack of shade or transportation. The table highlights that the most extended period pilgrims spend on the paths and open spaces is in the Arafat area.

Table 1: Walking distances and times between the Holy Sites during the Hajj season

Origin (Start)	Destination (End)	Distance (KM)	Non-Stop Walking Duration in Hours		
			v=1.0 m/sec	v=0.5 m/sec	v=0.25m/sec
Al Haram Central Area	Mina Camps	8.2	2.28	4.56	9.11
Mina (camps)	Arafat	12.3	3.42	6.83	13.67
Arafat (Nimrah)	Arafat (Jabal Al Rahmah)	2.8	0.78	1.56	3.11
Arafat	Muzdalifah	9.6	2.67	5.33	10.67
Muzdalifah	Mina (Jamarat)	5.4	1.50	3.00	6.00
Mina (Jamarat)	Mina (Camps)	3.1	0.86	1.72	3.44
Mina (Camps)	Al Haram Central Area	7.9	2.19	4.39	8.8

2. Temperature Heat Index for the risk of sunstroke and heat stress

The study in reference (Al-Maqdisi et al., 2022) shows temperatures (wet-bulb temperature) and their future projections, as well as the severity of the situation (Danger/Extreme danger) in Figure 1. The period from July to October will

experience the hottest and most humid weather conditions in the Holy Sites, which pose the most danger to humans, leading to the emergence of what is known as the "wet-bulb temperature". When conditions are hotter and more humid, the body can regulate internal temperature less through sweating, as moisture evaporates more slowly. Figure 1 indicates that the risk of heat stress and sunstroke will persist in Makkah during the Hajj seasons in the upcoming years. The wet bulb temperature is the lowest temperature at which air can be cooled by the evaporation of water in the air at constant pressure. It is measured by wrapping a wet, water-saturated wick around the bulb of a thermometer, like sweat on human skin. The wet bulb temperature is a crucial predictor of heat stress, while the dry bulb temperature represents the ambient temperature.

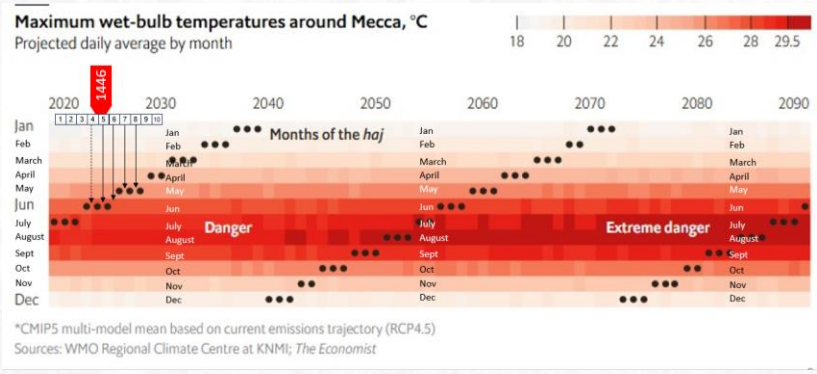


Figure 1: Expected wet-bulb temperatures during the Hajj seasons (Al-Maqdisi et al., 2022).

Figure 2 shows the Heat Index matrix contents factor of dry air temperature and humidity, recommended by the Ministry of Human Resources (2021) to classify cases and avoid the risk of injury for people performing activities in hot weather, both under the sun and in the shade. In hot and humid conditions, once sweating stops, the body is at greater risk of dehydration, heat exhaustion, and heat stroke. Heat stress can be managed immediately but can escalate to dangerous levels if not treated, if exposure to hot temperatures continues, or if fluid replacement is inadequate or unbalanced. Failure to address heat stress immediately can result in heat stroke. Heat stroke requires immediate medical attention. The emergency response should call (911) immediately, and the victim should be moved to a shaded, more relaxed area (Steadman, 197; McDonald, 2008; American Psychological Society, 2021 & Worth, 2012). Table 2 also suggests a matrix for classifying degrees of risk according to the heat index, describing the health status, ways to deal with it and the amounts of water needed to address the condition.

Table 2: Temperature index matrix containing health conditions, descriptions, and coping strategies Hazards (Recoure: Ministry of Human Resources and Social Development, 2021).

Risk degree	Heat Index* °C	Symptoms/ Illness of exposure to high Temperature	Breaks during activities	Need to water per hour
Caution	29 -25°C	Possibility of developing fatigue upon prolonged exposure or hard physical effort	Scheduled usual position	4-6 cups***
Extreme Caution	38-30°C	Possibility of muscle cramps, heat stroke, sunstroke, prolonged exposure or hard physical effort	25% of working hours divided into equal breaks	4-6 cups
Danger	51-39°C	Most properly of exposure to muscle cramps, heat stress, and sunstroke** upon prolonged exposure or hard physical effort	50% of working hours divided into equal breaks	4-6 cups
Extreme Danger	52°C +	It is about to be exposure to a sunstroke	75% of working hours are divided into equal breaks, and it is recommended that the work is suspended when the heat index reaches 56 +	4-6 cups

Heat Index المؤشر الحراري		Relative Humidity الرطوبة المرتبطة								
		10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%
Air Temp °C درجة الحرارة	>50	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	50	48	**	**	**	**	**	**	**	**
	49	47	**	**	**	**	**	**	**	**
	48	45	53**	**	**	**	**	**	**	**
	47	44	51	**	**	**	**	**	**	**
	46	43	49	**	**	**	**	**	**	**
	45	42	47	**	**	**	**	**	**	**
	44	41	46	52**	**	**	**	**	**	**
	43	40	44	49	**	**	**	**	**	**
	42	39	42	47	54**	**	**	**	**	**
	41	38	41	45	51	**	**	**	**	**
	40	37	39	43	48	**	**	**	**	**
	39	36	38	41	46	52**	**	**	**	**
	38	35	37	39	43	49	55**	**	**	**
	37	34	35	38	41	46	51	**	**	**
	36	33	34	36	39	43	48	54**	**	**
	35	32	33	35	37	41	45	50	**	**
	34	31	32	33	35	38	42	47	52**	**
	33	31	31	32	34	36	40	44	48	54**
	32	30	30	31	32	34	37	40	44	49
	31	29	29	30	31	33	35	38	41	45
	30	28	28	29	30	31	33	35	38	41
	29	27	27	28	29	30	31	33	35	37
	28	27	27	27	28	28	29	31	32	34
	27	26	26	26	27	27	28	29	30	31
	26	25	25	26	26	27	27	27	28	28

Figure 2: Heat index as a measure of critical temperature and humidity used for warning of preventive measures to reduce exposure to hot weather. Hazards (Ministry of Human Resources and Social Development, 2021).

3. Characteristics of Pedestrian Walking Speeds

3.1 Crowd Density – Flow -Speed Relation:

The crowd density (***ϱ***) Determines the crowd flow. The crowd density is the number of people per square metre, which can be measured in one area and is equal to the density per square metre for standing or moving people. The density can be calculated using the equation (eq. 1):

$$\varrho = \frac{Persons}{metre^2}$$

The following equation (eq. 2) and the curve in Figure 3 describe the relation between pedestrian density (***ϱ***) and flow (***F***). The flow rate is the number of people passing through a cross-section per meter per second. The flow of pedestrians increases as pedestrian density increases until it reaches a critical point. After reaching the critical density, the flow decreases as density increases, as shown by Weidmann (1993). This relationship depicts how walking speed decreases as density increases.

$$F = \frac{Persons}{metre/second}$$

Pedestrian speed (***v***) It is measured in metres per second and is described by the following equation (eq. 3).

$$v = \frac{metre}{second}$$

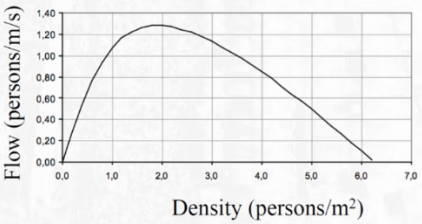


Figure 3: Relationship between flow and density (Weidmann, 1993)

3.2 Factors affecting the speed of crowd movement:

The speed at which a person walks is influenced by their step length and frequency of strides. Other factors that can affect walking speed include gender, age, height, body size, health status, time pressure, amount of luggage, time of day

(morning or evening), weather, climate and temperature, altitude above sea level, length of the walking path, degree of slope, climbing or descending stairs, surface condition of the walkway, attractiveness of the surrounding areas, and pedestrian density (Figure 4). For example, the average walking speed of men is 11% higher than women's. Differences in body size, stride dimensions, and physical performance can explain this difference. Additionally, there is a correlation between walking speed and age, as illustrated in Figure 5. In general, older individuals tend to walk at a slower pace compared to younger people. Moreover, at average densities, the speed of a group is lower than that of an individual, as depicted in Figure 6. Pedestrian speed also depends on the year's season and the time of day. It is also influenced by climate and weather conditions, ambient temperature and humidity, which affect physical performance and walking speed. Table 3 summarises the factors affecting crowd movement speed, which can be classified into three areas: crowd characteristics, external influences, and infrastructure characteristics. Pedestrian arrival goals, movement purposes, and behaviours can speed up or slow down pedestrians depending on the movement task and purpose (Tables 3 and 4). Some characteristics of speed in moderate climates can be determined as follows:

- Walking speed is set as a maximum value of 2.5 m/s.
- Running speed starts at 6.0 m/s (speed between 2.5 and 6.0 is considered a transitional stage).
- The lowest average walking speed is about 0.5 m/s.
- Pilgrims walk in groups and slower than individuals.
- The speed decreases with group movements and high C to a minimum value of 0.2 m/s
- 30% of pedestrians walk at a speed of less than 1.2 m/s.
- 1.34 m/s is considered average at a temperature of 15 °C.
- On average, men's walking speed is 11% higher than women's.
- Pedestrian speed depends on the person's stride length and frequency of steps.
- Ambient temperature and humidity affect physical performance and walking speed.

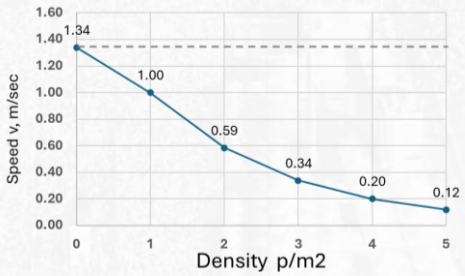


Figure 4: Relationship between density and walking speed (Buchmueller & Weidmann, 2006)

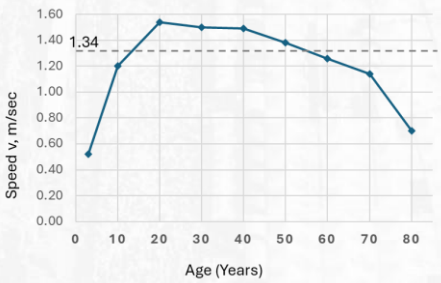


Figure 5: Relationship between Speed and age (Weidmann, 1993)

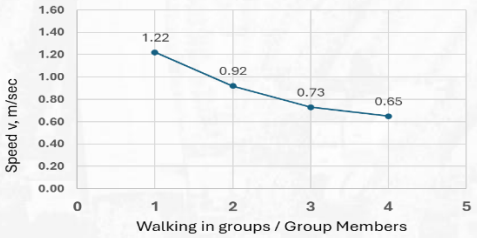


Figure 6: Speed of individual and group pedestrians (Gorrini, 2015)

Table 3: Factors affecting the speed of crowd movement (Weidmann, 1993)

Infrastructure specifications	External influences	Crowd specifications
- Slope inclination - Stairs - Condition of the track surface - Attractiveness of the surrounding areas - Pedestrian density - Intersections with vehicles	- Objective - Time of day - Weather/climate and temperature - Elevation above sea level - Length of route	- Gender (men or women) - Individuals or groups - Age - Body size - Health status - Character and emotions - Mood - Time pressure - Loads of luggage - People with disabilities - Density

Table 4: Relationship between walking speed and types and purposes of mobility (Weidmann, 1993 & Owaidah, 2023)

Purpose of the traffic	Average walking speed m/s
Daily transportation (round trip)	1.61
Work	1.34
Shopping Commercial areas	1.16
Tourism/leisure movement	1.10
Travelers (transport facilities and airports)	1.49
Sports events (youth)	1.75
Performing Hajj rituals	0.70
Pilgrim groups' delegation programs for stoning the Jamarat and Metro	1.00
Average speed for comparison (Temperature 15 °C)	1.34

3.3 Physical Effort of Pedestrians during Movement in Normal and Hot Climates and its Impact on Walking Speed:

The study of walking speed, energy consumption, and physical effort of professional athletes to achieve maximum performance during sports practices in different climates has been the focus of many references. In 1993, Weidemann evaluated the energy consumption of pedestrians during other activities and movements under various conditions, including temperature fluctuations. The results were summarised as the introductory metabolic rate (burning) for the energy consumption of humans, which consists of the total energy consumption consisting of the introductory metabolic rate (rest) and the metabolism consumed through activity (practice). The study concluded that the body's energy consumption consists of the introductory metabolic rate (energy required at rest) and the energy consumed through physical activity. The introductory metabolic rate is the energy needed by the body at rest (lying or sitting) at a temperature of about 28°C.

Energy consumption varies based on the activities practiced and peaks around the age of 19, declining sharply between 50 and 60 years of age. Walking speed affects physical energy expenditure, with climbing stairs requiring ten times more energy than walking on a flat surface. Additionally, the energy consumed when walking at a speed of up to 2.5 m/s is higher than when running. The minimum energy for walking is about 274 kJ/km at 1.34 m/s and about 250 kJ/km when running at a speed of 3.89 m/s. The dimensions of walking steps and friction are significant factors in the expenditure of physical energy, with men taking steps of 72-78 cm and women taking steps of 63-67 cm. For individuals with disabilities and patients, the step dimensions can be half those for healthy individuals (Table 5).

Table 5: The relationship between energy consumption and physical activity for men and women (Weidemann, 1993)

Energy consumption activity	**Men** (Kilo Jole/ hour)	**Women** (Kilo Jole/ hour)
Basal metabolic rate at rest	300 kJ/h	250 kJ/h.
Standing	630 kJ/h	440 kJ/h
Walking on level	760 kJ/h	630 kJ/h
Fast walking	1280 kJ/h	1280 kJ/h
Running	2730 kJ/h	2730 kJ/h
Walking on level ground with a load of 10KG	800kJ/h	660kJ/h
Walking on a ramp (slope 5%)	1150 kJ/h	1150 kJ/h
Walking on stairs	3500kJ/h	3500kJ/h

Researcher Mohamed Dridi et al. (2015) surveyed pilgrims from Africa, Asia, North and South America, and Europe. They assessed the physical condition (active, tired, very exhausted) and walking speed of the pilgrims in the Makkah Grand Mosque. The survey compared two age categories: 10-50 years and over 50 years. The results revealed a clear difference in walking speed according to age and physical condition, with a noticeable 20% drop in speed due to these factors (Figure 7).

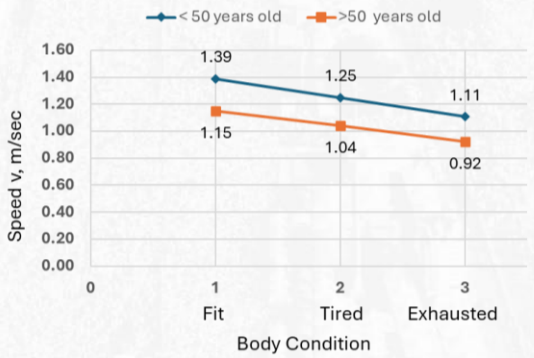


Figure 7: Measurements of the difference between walking speed according to age and physical condition (Dridi et al., 2015).

3.4 Walking speed empirical data from Mina during Hajj seasons:

Crowd-analysis cameras connected to computer-vision crowd-analysis software have been installed around the Jamarat bridge since 2007. Even though the cameras are mainly intended for real-time crowd control, they also provide a valuable historical record of crowd data spanning multiple Hajj seasons. To study the impact of ambient temperature on crowd behaviour. We have analysed the average crowd speed on three one-way pedestrianised streets in Mina (204th Street, Souq al-Arab Street, and Al-Jawhara Street). These three streets were chosen because they are major uncovered streets leading towards Jamarat and exposed to direct sunlight (Figure 8).

Furthermore, we have applied a time filter to include data only between 9 am and 3 pm, where we expect the sunshine to be extreme, and we have only included data when the low crowd density is in the range of 0.1 m^{-2} – 0.5 m^{-2}. The reasoning behind this density filter is as follows: (i) excluding data for densities < 0.1 m^{-2} since lower densities than that would likely be loitering people as opposed to pilgrims walking towards Jamarat; and (ii) excluding densities > 0.5 m^{-2}, since for higher densities than that, the pilgrims would start to reduce their walking speed due to the crowdedness as opposed to due to the heat. As expected, walking speed has significantly reduced in recent years (when the temperature is higher). The reduction is even more substantial than expected, which is likely due to two different factors: (i) pilgrims have walked for a long distance before we measure their speed, and (ii) pilgrims mainly walk in groups, which means that they need to adapt their speed to the slowest member in the group (which is likely to be elderly or mobility impaired pilgrims who are likely to suffer severely from walking long distances in high temperatures), (Figure 9).

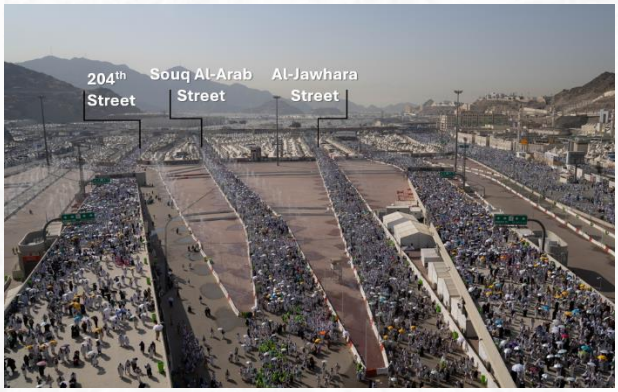


Figure 8: Placement of CCTV cameras that measure crowd density, flow and walking speed, Hajj 1445.

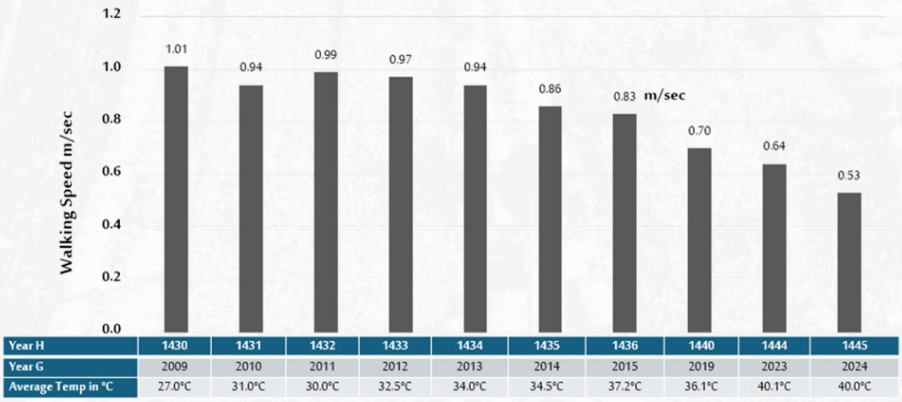


Figure 9: Average walking speed in Mina streets per Hajj season.

3.5 Characteristics of Walking under Temperature Changes

Human physical performance during outdoor activity depends on the surrounding external climate. People must maintain body temperature by managing evaporation and sweating based on humid temperature, radiation, and clothing. As the external temperature increases significantly, human performance decreases. According to Weidmann (1993), an increase in temperature from 10°C to 30°C leads to a 12% decrease in human energy output.

Figure 10 shows curve A data from different studies illustrates the relationship between walking speed and temperature. The data for curve B are measured in the three streets of Mina (see Chapter 4.3). The dot plot in Figure 10 (A) shows that walking speed is faster in wintry weather compared to hot weather. Significant temperature drops, such as transitioning from negative to positive hot temperatures, are rare in the temperature range (-15°C till +30°C; Bosina 2018. & Monheim 1980). Therefore, each trend can be tracked separately within a limited temperature range. For instance, the average

walking speed is 1.34 m/s at a temperature of 15°C, and it decreases to 1.20 m/s when the temperature rises to 25°C, representing a 10% decrease. According to values from Chen et al. (2023), there is a 15% decrease in walking speed when the temperature changes from 25°C to 35°C. By considering all the values in Figure 10 and averaging them, we can estimate that a temperature increases from 20°C to 35°C leads to approximately a 13% decrease in walking speed. Nevertheless, if we look at walking speed and changes in hot temperatures, such as in the Holy Sites during Hajj in recent years (in the range of 25°C to 50°C), we will find a significant drop of more than 50% in walking speed.

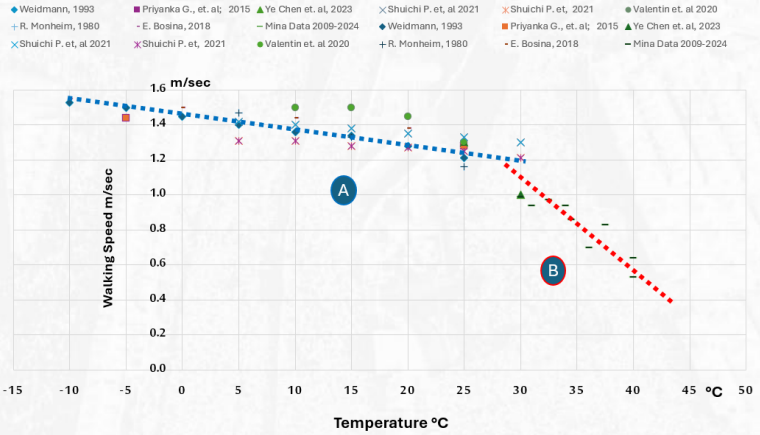


Figure 10: Relationship of pedestrian speed to temperature from different references

In a research study by Valentin et al. (2020) on heat stress during walking, the researchers compare the condition of pedestrians in 31 countries. They set the typical walking distance for all countries at 500 metres, the average annual hot temperature in the city, and relative humidity at 60%. It has been shown that there is a general relationship between temperature and walking speed. For example, in countries with cold winters, such as Ireland and the Netherlands, the walking speed is 1.63 m/s at an average of 14°C, which is higher than in hot weather countries like Jordan and Brazil, where the walking speed is 1.15 m/s at an average temperature of 25°C.

There is a lack of global research on the effect of hot temperatures on walking speed. Existing studies have focused on temperatures in countries with wintry weather. The physical ability of a person to walk long distances depends on the temperature of the surrounding environment, air humidity, and heat emission from the human body. In a study by Gupta et al. 2015, the walking speed of pedestrians in Toronto, Canada, was measured in winter temperatures and compared to summer temperatures. The aim was to establish criteria for designing pedestrian paths and evaluating pedestrian flows for shopping and other activities. The results showed that people walk 11% faster in wintry weather (at -5°C at a speed of 1.44 m/s) than in summer weather (25°C, 1.28 m/s); see also Figure 10 for more details.

In the study by Chen et al. (2023), the walking speed was measured in a public park in China under different conditions and temperatures. The results showed that visitors walked at different speeds depending on the surrounding activities and temperatures. Specifically, the study found that the walking speed was measured at 1.30 m/s when the temperature was below 28°C and at 1.03 m/s when the temperature was above 32°C, indicating a 20% decrease in the latter case (Figure 10). In a study referenced by Shuichi et al. (2021), the relationship between ambient conditions (ranging from -5°C to 35°C) and walking speed for men and women was studied. The measurements showed that women's step dimensions are smaller than men's and that walking speed decreases by about 3.5% with increasing temperatures (Figure

10). Weidmann (1993) presented research on the relationship between the physical energy expended by humans during walking activities under varying ambient conditions (ranging from -10°C to 25°C) and the facilities' topography. Based on the average walking speed on a flat surface of 1.34 m/s at a temperature of 15°C, the study found that when the temperature rises to 25°C, the speed decreases to 1.20 m/s, representing a 10% reduction (Figure 10).

4. Results and Discussion on the Impacts on Walking Speed

- **Crowd density**: The density of pedestrians significantly impacts crowd speed. As pedestrian density increases, walking speed and flow decrease. Figure 3 shows that when there is one person per square meter, the walking speed is 1.0 m/s. However, when the density increases to 4 people/m2, the speed decreases to 0.2 m/s, an 80% decrease.
- **Walking in groups:** The measurements in Figure 5 illustrate how walking speed is affected by the number of individuals walking together, whether an individual, a pair, a group of three, or a group of four. The data shows that speed decreases as the group size increases; for example, there is a 30% decrease when the group size increases from 2 to 4. It is important to note that the local density criterion, not the average, remains the primary and effective measure of walking speed.
- **Ages of pilgrims:** Statistics show that one-third of the pilgrims are over 55 years old. Figure 6 illustrates how age affects walking speed due to physical and health conditions and the decrease in step dimensions for the elderly compared to the youth. Pilgrims who perform the Hajj rituals are generally under 65 years old, as those above this age are considered to have special needs. The change in speed is limited to a 15% decrease from the average walking speed. This is also depicted in Figure 11, which measures the effect of age on walking speed and the difference between ages under and over 50 years.
- **Gender:** Men and women have different walking speeds. On average, men walk 11% faster than women. This is mainly due to men's larger average body size and men taking longer steps than women. As a result, men cover more distance in a given amount of time.
- **The physical energy exerted by pedestrians:** The introductory metabolic rate (burning) of a person's energy consumption consists of the total energy consumption formed by the introductory metabolic rate (rest) and the metabolism consumed through activity (practical). Humans typically reach their maximum physical performance at around twenty years old, with performance declining as they approach 55 years of age. It has been shown that body size, walking stride dimensions, and access to walking facilities are the main factors affecting physical energy expenditure, mainly when covering long distances. When comparing physical effort at different temperatures, it was observed that energy expenditure decreased by about 12% as the temperature increased. In a study conducted at the Makkah Grand Mosque, samples of pilgrims showed a correlation between physical condition (active, tired, very exhausted) and walking speed, with a noticeable 20% decrease in speed between age groups (under 50 and over 50 years) due to differences in age and physical condition (see Figure 7). Medical references have also demonstrated that walking speed may decrease by half in sick individuals, and carrying luggage increases the effort expended while walking.
- **Infrastructure walking paths:** Walking up or down stairs reduces walking speed by about half compared to walking on flat surfaces. The recommended slope for pedestrian ramps is 5%, and there is no noticeable effect on pedestrian speed for distances on slopes less than 100 metres. However, when walking distances of hundreds of metres on

slopes, walking speed may decrease by up to 20%. The condition of the walkway surface also affects the friction of the steps and the physical effort exerted, which can slow down the walking speed.

- **Pedestrian crossings and interactions with vehicles:** Vehicles at intersections force the crowd to form groups that start and stop at intervals according to the traffic conditions. This directly affects the level of service (LOS) and reduces the speed by about 10% (HCM2000, 2020).
- **Weather, climate, and temperature:** Weather conditions, such as ambient temperature and humidity, directly affect physical performance and walking speed. In wintry weather, walking speed is faster compared to hot weather. As the temperature rises (averaging interval ten °C to 20°C), walking speed decreases by up to 15%. Walking under the sun and high temperatures above 30°C degrees, like in the Holy Sites in Makkah, causes fatigue and energy expenditure, which leads to exhaustion, shortening walking steps and reducing speed. If we add the temperature rise from 30°C (night) to 50°C (day) degrees, this may cause a decrease in walking speed to more than 50%.

5. Estimation of the Walking Speed in the Holy Sites in Hot Weather

The walking speed in the Holy Sites area decreases by more than 50% during the Hajj season when the temperature rises significantly, from 30°C to above 50°C. This decrease is due to the combined effects on pilgrims during the performance of their rituals. Many pilgrims walk long distances, several kilometres, for lengthy periods (3-4 hours) under the sun, exerting great physical effort. Additionally, many are over 55 years old, have a health condition requiring care, and walk in groups. The rate of decrease in walking speed in the Holy Sites can be evaluated from the most important influencing factors in the mentioned section. Table 6 shows the most important influencing factors on walking speed during Hajj with the estimated weight on the walking speed.

Table 6: The most important influencing factors on walking speed during Hajj

Factor Δ_n	Max Speed decreasing Δ	Estimated Weight
Crowd Density Δ_1	80%	100%
Body condition Δ_2	20%	25%
Weather conditions Δ_3 cases 1 wintertime	15%	25%
Weather conditions Δ_3 cases 2 summertime	50%	75%
Age Δ_4	6%	10%

The actual walking speed can be calculated as:

$$\text{Actual Walking Speed:} \quad v = (1- \Delta_n) * v_{origin}$$

By estimating the effect of these four factors in the same place and time (table 6), we can adapt the impact of the decrease in walking speed (Δ) using the following equation (case 1):

$$\Delta n = \frac{0.8*1.00+0.2*0.25+0.15*0.25+0.06*0.10}{4} = 0.23 \ = (23\%)$$

For example, walking speed was adopted in the scheduling programme for pilgrim groups to Jamarat and transport by Al Mashaaer Metro (Haase et al., 2016), which had a value of 1.0 m/s. Therefore, if the four factors from the table 6 are present, the walking speed (Δn) should be reduced by 23%:

The actual walking speed for the scheduling programme is: $v = (1- \Delta_n) * v_{origin} = (1.0- 0{,}23) * 1.00$ m/sec = 0,77m/sec

The actual walking speed for the scheduling programme for case 2 in the hot summertime:

$$\Delta n = \frac{0.8*1.00+0.2*0.25+0.50*0.75+0.06*0.10}{4} = 0.31 \ = (31\%)$$

The actual walking speed in case 2 is: $v = (1- \Delta_n) * v_{origin} = (1.0- 0,31) * 1.00$ m/sec = 0,71m/sec.

6. Conclusion

This study provides a comprehensive analysis of the impact of high temperatures on pedestrian flow characteristics during the Hajj in Makkah. The current and future forecasts show that the maximum temperature is projected to exceed 40°C (min. average 30°C) during the Hajj seasons in Makkah. The risk of heat stress or heat stroke during Hajj rituals in this hot weather is five times higher than usual. The Heat Index matrix, which contains dry air temperature and humidity factors ('wet bulb temperature ' (WBT)), is used to classify cases and avoid the risk of injury for people performing activities in hot weather.

Walking speed can be expressed as a function of crowd density. Larger crowd densities reduce the ability to move freely, leading to lower walking speeds. The combination of meta-analysis of previous relevant studies and our analysis of pilgrim walking speed measurements in the Mina area over several Hajj seasons allows the evaluation of the impacts on walking speed. The density of pedestrians had a significant effect on crowd speed. The study showed that when the density increases to 4 people/m2, the speed decreases by 80%.

The second factor affecting the walking speed and journey time under hot temperatures can be used to plan, organise, and design appropriate facilities. Walking under the sun and high temperatures above 30°C degrees, like in the Holy Sites in Makkah, causes fatigue and energy expenditure, which leads to exhaustion, shortening walking steps and reducing speed. If we add the temperature rise from 30°C (night) to 50°C (day) degrees, this may cause a decrease in walking speed to more than 50%. The third main impact is infrastructure conditions (flat surfaces, stairs, ramps), where walking speed on stairs could be reduced by about half compared to walking on flat surfaces. Other factors, such as pilgrims' ages, gender, physical energy exerted by walking, and vehicle interactions, can decrease walking speed by up to 20%. Generally, considering all the above factors, the walking speed in the Holy Sites area decreases by more than 50% during the Hajj season when the temperature rises significantly, from 30°C to above 50°C. The study proposed a methodology for considering the factors to calculate the applicable speed for crowd movement design and organisation.

Future research should focus on developing predictive models for pedestrian flow under varying temperature conditions and exploring innovative solutions to enhance the comfort and safety of pilgrims during extreme weather events. Implementing these strategies will be crucial to ensuring the well-being of pilgrims in the coming years as global temperatures continue to rise.

7. Recommendations

The meta-analysis of international studies and our measurements during the Hajj seasons showed a direct relationship between ambient temperature and walking speed. Walking speed may decrease by as much as 50% in high-temperature conditions. Therefore, we suggest the following measures to deal with the movement of pilgrims in hot weather conditions in the Holy Sites:

- The walking distances in the Holy Sites must be reduced by providing comprehensive and safe crowd movement plans, which include the shortest walking paths to the transport hubs, accommodations, Jamarat and the Grand Mosque.
- Sufficient transportation must be supplied to transport the pilgrims without long waiting times.
- Scheduling programs need to be developed to dispatch groups of pilgrims to perform the Hajj rituals at appropriate times and routes to minimize the impact of high ambient temperatures.

- The participation of irregular pilgrims in the Hajj must be limited because they lack accommodation and transportation and are most exposed to the sun and heat stress.
- The walking paths in Arafat, between Muzdalifah and Mina, in Mina and on the roads of the Grand Mosque should be shaded and equipped with water sprays to cool the atmosphere, abundant drinking water stations, health services, and toilets alongside the walking paths.
- The authorities responsible should provide awareness and guidance programs for pilgrims and operators about the risks of hot weather conditions and the services available in typical and emergencies.
- The necessity of conducting scientific, health and architectural research to develop a suitable environment for performing the Hajj rituals in the Holy Sites under hot weather conditions.

References

- "دراسة مناخية على منطقة مكة المكرمة للفترات التاريخية والتوقعات المستقبلية خلال مواسم الحج"2024-2050. The National Centre of Meteorology/Climate Change Centre. (2024). Available at: https://hikersbay.com/climate-conditions/saudiarabia/mecca/climate-conditions-in-mecca.html?lang=en.
- Al-Maqdisi, et al. (2022). "How will the haj change as global temperatures rise?" *The Economist*, December.
- Ministry of Human Resources and Social Development. (2021). "Procedural Guidelines for Occupational Safety and Health for Preventing the Effects of Exposure to Direct Sun and Heat Stress."
- Steadman. (1979). "The Assessment of Sultriness. Part I & II: A Temperature-Humidity Index Based on Human Physiology and Clothing Science."
- McDonald Oliver F., et al. (2008). "Heat Stress Improving Safety in the Arabian Gulf Oil and Gas Industry." *Journal Paper*, Paper Number: ASSE-08-08-31, August 1.
- American Psychological Society. (2021). "EXERCISE UNDER HEAT STRESS: THERMOREGULATION, HYDRATION, PERFORMANCE IMPLICATIONS, AND MITIGATION STRATEGIES." *Physiological Review. *
- Worth, Tammy. (2012). "How to Exercise Safely in the Heat." *Healthline. * Available at: https://bit.ly/2NLLXB0.
- Weidmann, U. (1993). "Transporttechnik der Fussgänger, Transporttechnische Eigenschaften des Fussgängerverkehrs." Schriftenreihe des IVT Nr. 90, ETH Zurich, March.
- Buchmueller, S., & Weidmann, U. (2006). "Parameters of Pedestrians, Pedestrian Traffic and Walking Facilities." IVT-Report Nr. 132, Swiss Federal Institute of Technology Zurich.
- Gorrini, A., et al. (2015). "Empirical Investigation on Pedestrian Crowd Dynamics and Grouping." *Research Gate. *
- Owaidah, et al. (2023). "Transport of pilgrims during Hajj: Evidence from a discrete event simulation study." *Plos One, * The University of Western Australia.
- Dridi, Mohamed H., et al. (2015). "List of Parameters Influencing the Pedestrian Movement and Pedestrian Database." University of Stuttgart, Institute für Theoretische Physik, Germany.
- Bosina, E. (2018). "A New Generic Approach to the Pedestrian Fundamental Diagram." Institute for Transport Planning and Systems, ETH Nr. 25414.
- Monheim, R. (1980). "Fußgängerbereiche & Fußgängerverkehr in Stadtzentren in der Bundesrepublik Deutschland." Heft 64, ISBN 3-427-76141.
- Chen, Ye, et al. (2023). "Thermal–Acoustic Interaction Impacts on Crowd Behaviors in an Urban Park." *MDPI. *
- Valentin Melnikova, R., et al. (2020). "The impact of the pace of life on pedestrian heat stress: A computational modelling approach." *Environmental Research. *
- Gupta, Priyanka, et al. (2015). "Effects of Temperature and Time of Day on Pedestrian Walking Speed." Toronto Rehabilitation Institute, ICADI.

- Shuichi, P., et al. (2021). "Walking is regulated by environmental temperature." *Scientific Reports. * Available at: www.nature.com/scientific reports.
- Fan, Yichun, et al. (2023). "Intraday adaptation to extreme temperatures in outdoor activity." *Scientific Reports. *
- HCM2000, (2020). Transportation Research Board. *Highway Capacity Manual HCM 2000. * USA
- Haase, K., Al-Abideen, H. Z., Al-Bosta, Salim, Kasper, Mathias, Koch, Matthes, Müller, Sven, Helbing, D. (2016). "Improving Pilgrim Safety During the Hajj: An Analytical and Operational Research Approach." *Interfaces. *

Saudi Arabia's Response to Global Pandemics: Strategies for Sustainable Health and AI-Driven Solutions

Ilham T M Qattan

Taibah University

استجابة المملكة العربية السعودية للأوبئة العالمية: استراتيجيات الصحة المستدامة والحلول القائمة على الذكاء الاصطناعي

إلهام بنت طلعت بن محمود قطان

جامعة طيبة

Abstract

This review examines Saudi Arabia's strategies for managing global pandemics, focusing on responses to H1N1, MERS-CoV and specifically COVID-19. As an important pilgrimage center, the country faces unique challenges in controlling viral outbreaks during mass gatherings. The review identifies a significant research gap in integrating advanced technologies, especially artificial intelligence (AI) into public health strategies. The main objective is to evaluate how AI-driven solutions can enhance pandemic preparedness and response, considering the Kingdom's socio-religious context. This review employs a comprehensive literature analysis of studies published between 2018 and 2024, focusing on Saudi Arabia's pandemic management and the role of AI in improving health outcomes. Data was sourced from databases such as PubMed and Google Scholar and thematic analysis was used to synthesize findings. Saudi Arabia's proactive measures, including lockdowns, mass testing and vaccination campaigns significantly mitigated pandemic impacts. The integration of AI technologies, such as predictive models and telemedicine, improved diagnostic accuracy, resource allocation and overall health outcomes. Despite the successes, challenges remain in fully implementing AI solutions and addressing ethical concerns. The review concludes that while Saudi Arabia has demonstrated effective pandemic management, continuous advancements in AI and other technologies are essential for future preparedness. Strengthening these capabilities will enhance global health security and provide a model for other nations in managing pandemics. Future research should address implementation challenges and explore ethical considerations to fully influence AI's potential in public health.

Keywords: COVID-19, Artificial intelligence, Machine Learning, Telemedicine, Immunization Programs, Influenza A virus H1N1 Subtype, Middle East Respiratory Syndrome Coronavirus, Preventive Health Services

1. Introduction

Saudi Arabia, as a global hub for millions of pilgrims, has encountered multiple significant viral outbreaks. In 2009, the H1N1 influenza pandemic also known as swine flu led to strict control measures, especially during the Hajj pilgrimage. The country became the epicenter of the Middle East Respiratory Syndrome Coronavirus (MERS-CoV) in 2012, a zoonotic

virus with a high mortality rate that caused several outbreaks (Memish et al., 2020). The COVID-19 pandemic caused by the SARS-CoV-2 virus reached Saudi Arabia in March 2020, influencing the government to implement strict public health measures, including lockdowns, travel restrictions, suspension of religious pilgrimages and a large-scale vaccination campaign. These recurrent outbreaks have extremely impacted public health, demanding comprehensive strategies for infectious disease management and control (Elkhatib et al., 2022).

The necessity for effective public health responses to viral outbreaks in Saudi Arabia is highlighted by the region's distinct social, economic and religious contexts. As a global pilgrimage center, especially during Hajj, Saudi Arabia faces increased vulnerability to viral outbreaks such as MERS-CoV and COVID-19. The nation's public health infrastructure must efficiently manage these threats to prevent extensive transmission, especially in densely populated religious events. Strict measures such as quarantine, vaccination drives and ensuring community adherence are significant for safeguarding public health (Wilder-Smith & Freedman, 2020). These strategies not only protect the Saudi population but also have significant global health implications, given the international scope of religious pilgrimages (Alhazmi et al., 2019).

Saudi Arabia's management of public health crises, notably during the COVID-19 pandemic, emphasizes on the significant role of swift and coordinated interventions in controlling viral outbreaks. The country effectively utilized extensive testing, contact tracing and enforced social distancing by adopting a "whole government" approach aligned with WHO guidelines. This strategy, along with high public awareness, significantly restrain virus transmission and minimized case severity (Chiu et al., 2023). The prompt distribution of healthcare resources, despite challenges such as supply demands and the complexities of restrictive measures, was essential in maintaining low mortality rates and reducing the pandemic's broader socio-economic and political impacts (Kontis et al., 2020). Saudi Arabia's experience highlights the significance of strong and adaptive public health responses in effectively handling viral infections and can serve as a model for other nations facing similar challenges (AlFattani et al., 2021).

Saudi Arabia's essential role in the Islamic world is significantly influenced by its management of the two holy mosques and its organization of the annual Hajj and Umrah pilgrimages. The Kingdom’s capacity to accommodate millions of pilgrims annually highlights its important function in facilitating a unique global gathering that promotes international relations, dialogue and cultural exchange. The importance of international collaboration is highlighted by the need to manage health crises, as exemplified during the COVID-19 pandemic. The pandemic highlighted the necessity for strict health protocols and travel restrictions to protect pilgrims, exhibiting the need for global cooperation in addressing health emergencies (Gössling et al., 2020). Saudi Arabia’s implementation of restrictive measures and diligent health checks during Hajj emphasizes on its dedication to maintaining pilgrim safety while addressing both religious duties and public health concerns (Alammash et al., 2021).

Artificial Intelligence (AI) and advanced technologies are essential in pandemic management, enhancing healthcare responses and crisis management through improved decision-making and resource allocation. Artificial intelligence systems enable accurate diagnosis, timely interventions, and optimal healthcare resource management by analyzing large data sets. Also the work on epidemiological assessment using mathematics and equations, such as the SEIQR epidemiological model, which relies on dynamic analyzes including the new reproductive number and detailed stability analysis (Youssef et al; 2021), these systems can predict disease outbreaks, monitor the spread of infection, and improve treatment strategies (Syrowatka et al., 2021). Furthermore, AI aids in the development of personalized medicine, creating individualized treatment plans based on patient-specific data. Overall, integrating AI into healthcare with dynamic

epidemiological assessment using the algorithmic epidemiological analysis models enhances the control and response efforts, leading to better patient outcomes and more adaptive healthcare systems (Abdo, 2024).

The review emphasizes on the importance of developing strong and adaptable public health strategies to effectively address recurrent viral outbreaks. Saudi Arabia's experiences with H1N1 Influenza, MERS-CoV and COVID-19 exhibits the necessity for ongoing advancements in public health crisis management, especially given the challenges posed by large-scale religious gatherings. It highlights that the incorporation of advanced technologies, such as artificial intelligence, into pandemic response frameworks can substantially improve diagnostic precision, optimize resource allocation and enhance overall health outcomes. By analyzing past responses and evaluating emerging technological innovations, the review provides valuable insights for strengthening Saudi Arabia's preparedness for global health crises and demonstrates the potential of AI-driven solutions to strengthen public health infrastructures on a global scale.

The recurring viral outbreaks in Saudi Arabia, including H1N1 influenza, MERS-CoV and COVID-19 pandemic, emphasizes the essential need for strong and sustainable public health strategies tailored to the nation's unique socio-economic and religious context. Despite effective government interventions, such as lockdowns, mass testing, travel restrictions and vaccination campaigns, the challenge of managing health risks during massive religious gatherings such as Hajj and Umrah persists, highlighting a significant research gap in developing more resilient health systems. However, the potential of AI-driven solutions to predict outbreaks, monitor disease spread and optimize healthcare resource allocation has not been fully explored or implemented within the Saudi context. The main objective of this review is to explore AI-driven solutions and sustainable health strategies to enhance Saudi Arabia's preparedness and response to global pandemics, ensuring the safety of both its population and millions of international pilgrims. Moreover, the review seeks to develop sustainable, technology-driven strategies that strengthen Saudi Arabia's pandemic response capabilities and contribute to global health security .

2. Methodology

2.1 Search Strategy

In this review, the author utilized previous 7-year researches that were published in peer-reviewed journals. Data was searched on widely used databases such as PubMed, NIH and Google Scholar. Time frame filters were then applied to improve the review. In order to conduct this review, data was collected with a specific focus on publications released between 2018 and 2024 investigating Saudi Arabia's response strategies to global pandemics for sustainable health and AI-Driven solutions. As indicated in Table 1 below, the author chose particular search approaches in order to obtain the data.

Table 1: Search Strategies (Source: Author)

S. No.	Search Strategy
1	("Saudi Arabia") AND ("Global Pandemics") AND ("Sustainable Health Strategies") OR ("AI-Driven Solutions")
2	("COVID-19") AND ("Public Health Measures") OR ("AI in Healthcare") OR ("Role of Media in Pandemic Management") OR ("Role of AI in Pandemic Management") OR ("AI for predicting virus outbreaks") OR ("AI-Driven Predictive Models") OR ("database updates and tracking of individuals with AI")
3	("Telemedicine") AND ("remote care initiatives") OR ("Biometric Identifiers") AND ("Global Health Security") AND ("Epidemic Control") OR ("resource allocation for managing pandemics") OR ("AI in drug discovery and Vaccine Development")
4	("Impact of Pandemics on healthcare systems") OR ("Vaccination campaigns") AND ("Quarantine") OR ("lockdowns") AND ("social distancing measures") AND ("Saudi Arabia's Vision 2030") OR ("Personalized medicine using AI") OR ("effectiveness of AI tools")

2.2 Selection Criteria

Table 2 represents the inclusion and exclusion criteria of the studies that were utilized to review, focusing on Saudi Arabia's response strategies to global pandemics for sustainable health and AI-Driven solutions.

Table 2: Inclusion and Exclusion Criteria (Source: Author)

Inclusion Criteria	Exclusion Criteria
Studies that were published in journals with peer-reviewing policies provided by the publishers were included.	Studies that were published in journals with peer-reviewing policies not provided by the publishers were excluded.
The studies included in the review were selected based on having the keywords Saudi Arabia, Global Pandemics, Sustainable Health and AI.	The studies not having the specific keyword Saudi Arabia, Global Pandemics, Sustainable Health and AI were excluded from the review.
The studies published in the last 7 years from 2018 to 2024 were included in this review.	The studies performed or papers published prior to 2018 were excluded.
Only studies that were accessible in full-text format for the public view were included.	Studies not accessible in open access format in any authorized database were excluded.

2.3 Data Analysis

14 studies were selected based on their titles, publishers and main objective of the review aligned with the current study's rationale. The analysis of the obtained data from the 14 articles was conducted using thematic analysis as presented in the discussion. The data was obtained by utilizing recurrent keywords in the paper such as Saudi Arabia, Global Pandemics, Sustainable Health and AI.

2.4 Quality Assessment

The review addresses the study quality based on the Saudi Arabia's response strategies to global pandemics for sustainable health and AI-Driven solutions. It includes the criteria on which the chosen publications were most relevant to the review aim and were published between 2018-2024. Availability of full-text studies was another important requirement that was given priority. These criteria contribute to the quality and reliability of the synthesized data by developing discussions and conclusions on the efficacy of the studies included in this review. The review's main objective is to provide a thorough understanding of Saudi Arabia's response strategies to global pandemics for sustainable health and AI-Driven solutions while incorporating the most recent data into consideration.

3. Result

Table 3 outlines the included researches and provides insights into the Saudi Arabia's response strategies to global pandemics for sustainable health and AI-Driven solutions,

Table 3: Included Studies

S. No	Author	Journal	Title	Objective	Results
1	(Yezli & Khan, 2020).	Travel medicine and infectious disease, 37, 101692.	COVID-19 social distancing in the Kingdom of Saudi Arabia: Bold measures in the face of political, economic, social and religious challenges.	To evaluate the effectiveness of strict social distancing measures implemented by Saudi Arabia to control COVID-19 transmission, considering the country's unique socio-cultural and religious context.	Early and decisive social distancing measures, including the suspension of mass gatherings and curfews, were implemented despite significant socio-economic and religious challenges; their impact on the epidemic curve and global COVID-19 response is ongoing.
2	(Alzahrani et al., 2020).	Journal of infection and public	Forecasting the spread of the COVID-19 pandemic in Saudi	The objective of this study was to forecast the daily number of COVID-19 cases in Saudi Arabia	The ARIMA model demonstrated the best performance, predicting a potential rise to 7,668 new cases per day and over

		health, 13(7), 914-919.	Arabia using ARIMA prediction model under current public health interventions.	over the next four weeks using various prediction models, including ARIMA.	127,129 cumulative cases, indicating a need for extreme precautionary measures to prevent a significant surge in infections.
3	(Aljadeed et al., 2021).	In Healthcare (Vol. 9, No. 3, p. 290). MDPI.	The impact of COVID-19 on essential medicines and personal protective equipment availability and prices in Saudi Arabia.	To assess the impact of the COVID-19 pandemic on the availability of essential medicines and personal protective equipment (PPE) in Saudi Arabia's healthcare supply chain.	The study revealed significant shortages in essential drugs and PPE, with around 51% of participants reporting shortages of key medications and 33% reporting PPE shortages. Despite these challenges, the overall impact on drug prices was minimal and effective procurement and exchange programs helped manage the disruptions.
4	(Amamou & Ben-Ahmed, 2023).	Journal of Infection and Public Health, 16(10), 1650-1658.	Managing the COVID-19 pandemic in thirty-two policy measures in Saudi Arabia: a mixed-methods analysis.	To evaluate the effectiveness of Saudi Arabia's preventive measures in controlling the spread of COVID-19 over a 590-day period from January 2020 to August 2021.	Among 32 measures, only three significantly reduced COVID-19 spread: massive community testing, complete national curfew and removal of slum areas, with varying levels of impact and statistical significance.
5	(Kaliyadan et al., 2020).	Cureus, 12(12).	Telemedicine practice in Saudi Arabia during the COVID-19 pandemic.	The study aimed to evaluate licensed physicians' attitudes and behaviors toward telemedicine during the COVID-19 pandemic.	Of 392 responses, 58.1% had used telemedicine platforms such as WhatsApp and Zoom, with strong agreement on its benefits for reducing outpatient visits and monitoring chronic patients, although concerns about technological limitations and diagnostic reliability were noted.
6	(Hassounah et al., 2020).	Journal of medical Internet research, 22(9), e19338.	Digital response during the COVID-19 pandemic in Saudi Arabia.	To highlight how Saudi Arabia utilized digital technology across various sectors during the COVID-19 pandemic, focusing on public health, healthcare services, education, telecommunications, commerce and risk communication.	Saudi Arabia developed and launched around 19 apps and platforms for public health and healthcare services, continued education through electronic learning and maintained effective risk communication through social media and SMS.
7	(Beck et al., 2018).	Global health action 11, no. 1 (2018): 1440782.	"Developing and implementing national health identifiers in resource limited countries: why, what, who, when and how?."	The objective of this study was to provide practical guidance for developing and implementing National Health Identifiers (NHIDs) to enhance health information systems and person-centered services, aligning with Sustainable Development Goals.	The study concluded that effective NHID systems, supported by strong civil protections and integrated with health services, are essential for improving health outcomes and monitoring health service impact, requiring political will and stakeholder collaboration.
8	(Alamri et al., 2022)	International Journal of Environmental Research and Public Health, 19(24), 16676.	Perception of healthcare providers during the COVID-19 pandemic: a mixed method survey in an integrated healthcare delivery system in Saudi Arabia.	This study aimed to assess the perceptions of telemedicine among healthcare professionals in Saudi Arabian military hospitals, focusing on the usefulness, ease and behavioral intention associated with teleclinic practices implemented during COVID-19.	The study revealed significant correlations between perceived usefulness and ease with behavioral intention ($r = 0.877$, $p = 0.05$), and identified these factors as predictors of teleclinic adoption ($R^2 = 0.777$, $p = 0.001$), highlighting the positive reception and the need for ongoing improvements in telemedicine practices.

9	(Bagabir et al., 2022).	Journal of Infection and Public Health, 15(2), 289-296.	Covid-19 and Artificial Intelligence: Genome sequencing, drug development and vaccine discovery.	To elucidate the role of AI in genomic sequencing, drug development and vaccine creation for COVID-19, while identifying its advantages and challenges.	AI successfully identified SARS-CoV-2 sequences and variants, facilitated drug repurposing and supported vaccine development using bioinformatics and machine learning, though challenges include data collection, validation, and model interpretability.
10	(Khan et al., 2021).	Risk Management and Healthcare Policy, 3923-3934.	The role of digital technology in responding to COVID-19 pandemic: Saudi Arabia's experience.	This study aimed to evaluate the effectiveness of various technological tools, particularly the Tawakkalna application, in managing and mitigating the impact of COVID-19 in Saudi Arabia.	Following the implementation of the Tawakkalna app and other technologies in Al Madinah Al Mounawarah, active daily COVID-19 cases decreased by 61%, demonstrating the effectiveness of digital tools in pandemic management.
11	(Baz et al., 2020).	International Journal of Intelligent Engineering & Systems, 13(5).	A Framework of Computational Model for Predicting the Spread of COVID-19 Pandemic in Saudi Arabia.	To develop a computational model using the Fuzzy-AHP technique to gauge the spread of COVID-19, predict vulnerable regions and analyze the impact on societal factors.	The proposed Fuzzy-AHP model was revealed to be the most effective among seven compared models, providing valuable insights for prioritizing countermeasures against COVID-19.
12	(Chamola et al., 2020)	Ieee access, 8, 90225-90265.	A comprehensive review of the COVID-19 pandemic and the role of IoT, drones, AI, blockchain, and 5G in managing its impact.	To view the major aspects of the COVID-19 pandemic, including its health implications, global economic impact and the role of emerging technologies such as IoT, UAVs, blockchain, AI and 5G in mitigating its effects.	The study highlights the rapid spread of COVID-19, the strain on healthcare systems and the proliferation of misinformation, while demonstrating how technologies such as AI and IoT can aid in managing and mitigating the impact of the pandemic.
13	(Chowdhury et al., 2021).	Journal of Medicine and Life, 14(3), 347.	Transformation of health care and the new model of care in Saudi Arabia: Kingdom's Vision 2030.	To evaluate the new Model of Care (MOC) as part of Saudi Arabia's health care transformation under Vision 2030, focusing on its alignment with the Kingdom's strategic goals.	The MOC introduces forty-two interventions across six systems of care, aiming to modernize and streamline the Saudi health care system in alignment with Vision 2030, ultimately enhancing the efficiency and effectiveness of health services
14	(Youssef, et al.,) 2022)	Alexandria Engineering Journal, 61(3), pp.2456-2470	A proposed modified SEIQR epidemic model to analyze the COVID-19 spreading in Saudi Arabia.	To modified SEIR model in the study submitted by Youssef and partners in 2020, 2021, and 2022 were able to conduct successful analyzes of the spread of epidemics such as Covid-19 the studies provided the "ideal protocol" for the basic steps that enabled the Kingdom of Saudi Arabia to slow the spreading and of Covid-19.	The SEIQR model's used to study of the basic disease dynamics of the emergence of Covid-19 , was based on the use of theoretical data from the Kingdom of Saudi Arabia included a reproduction number study and practice analysis from the new version of SEIQR dynamics and the used of Jacobian linear processes, In the stdy the calculation of the reproduction number by using Lyapunov stability theory to see how successful the proposed SEIQR model was. The researchers concluded that the new proposed SEIQR model is effective to montir the spread of epidemics of Coronavirus (COVID-19).
15	(Nooh et al., 2021).	Journal of Public Health, 29, 1107-1114.	Public awareness of coronavirus in Al-Jouf region, Saudi Arabia.	This study aimed to evaluate the level of awareness about MERS-CoV among the population in Al-Jouf region, Saudi Arabia,	The study revealed that while general awareness of MERS-CoV was moderate, significant gaps existed in knowledge about the disease's incubation period,

				using a well-designed multistage questionnaire.	clinical picture and epidemiology. Age, education and occupation were significant predictors of awareness levels, with the Ministry of Health identified as the primary information source.

4. Discussion

4.1 Saudi Arabia's Response to Global Pandemics: Healthcare System Reforms

Saudi Arabia's response to the COVID-19 pandemic was characterized by prompt and decisive government actions and public health measures to control the virus's spread. Even before the first confirmed case, authorities conducted risk assessments for mass gatherings, leading to the suspension of the Umrah pilgrimage on February 27, 2020. In recognition of the dangers posed by crowded worship spaces, approximately 80,000 mosques were temporarily closed by the Saudi Council of Senior Scholars, including the Two Holy Mosques in Makkah and Medina, with daily and Friday prayers suspended starting March 17, 2020. Rigorous social distancing measures were enforced, including the suspension of all domestic public transport by March 20, 2020 and the implementation of a partial curfew from March 23, 2020. Schools and universities were closed on March 8 by the Ministry of Education with a shift to online education to reduce transmission in congregated settings. The combination of proactive risk assessments, rapid policy implementation and effective communication probably reduced transmission risks and supported public compliance, aiming to minimizing the epidemic curve (Yezli & Khan, 2020).

The study of Saudi Arabia's response to the COVID-19 pandemic examined the government's implementation of various public health measures, including border closures, regional lockdowns and restricted curfew hours to suppress virus transmission. Utilizing the Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) model, the research analyzed daily number of confirmed COVID-19 cases based on data obtained from the Saudi Ministry of Health for the period from March 2 to April 20, 2020. The findings suggested that despite the implemented measures, the projections continued to rise in cases, potentially reaching 7,668 new infections by May 21, 2020. The study emphasized on the importance of community engagement and proactive health monitoring, recommending regular health checks at local clinics and isolation of high transmission areas to better control outbreaks (Alzahrani et al., 2020).

A cross-sectional study, involving 103 employees from the medical supply chain across various healthcare sectors, found that approximately 51% of respondents experienced shortages of ten or more essential medications, with specific drugs such as tocilizumab and hydroxychloroquine being particularly affected. Additionally, while around 70% of participants reported no significant change in prescription drug prices, 53% noted a price increase of at least 25% for PPE. These results highlight the financial pressure on healthcare systems from increased public spending and emphasize the need for better resource management and enhanced local manufacturing to address shortages and minimize economic impacts. The study recommends improved communication between public and private health sectors to prevent future supply issues (Aljadeed et al., 2021).

The new Model of Care (MOC) in Saudi Arabia aims to reform the healthcare system by transitioning from an activity-based to an outcome-based payment model, which promotes superior performance and quality of care. This model emphasizes long-term management of healthcare costs and the encouragement of healthier lifestyles through enhanced collaboration among providers and the establishment of Accountable Care Organizations (ACOs). The study employed a comprehensive analysis of the MOC's implementation, focusing on six care systems addressing various health needs

such as chronic conditions, urgent problems and preventive care and forty-two interventions. The findings indicate that the MOC significantly improves clinical effectiveness, patient experiences, ensures sustainability and financial transparency, aligning with the Kingdom's Vision 2030 objectives (Chowdhury et al., 2021).

4.2 Technological Integration and Public Health Strategies in Saudi Arabia

During the COVID-19 pandemic in Saudi Arabia, sustainable health strategies included vaccination campaigns, quarantine, lockdowns and social distancing measures. The Saudi Ministry of Health (MOH) led extensive vaccination efforts, employing applications such as Tawakkalna and Sehaty for vaccine access and medical consultations without physical interactions. Early implementation of quarantine and lockdown measures, including suspension of international flights and mass gatherings, was essential in preventing case importation. The evolving response incorporated flexible measures such as social distancing and technology for contact tracing. A mixed-methods analysis demonstrated that these early, decisive actions significantly reduced confirmed COVID-19 cases. The findings suggested that vaccination campaigns and preventive strategies effectively reduced virus spread and contributes to a notable decrease in infections by late August 2021, thereby establishing a foundation for future public health responses (Amamou & Ben-Ahmed, 2023).

The study conducted by Kaliyadan et al employing a cross-sectional design with an electronic survey to evaluate telemedicine and remote care during the COVID-19 pandemic in Saudi Arabia. The survey, which included demographic data and a Likert scale to assess physicians' attitudes towards telemedicine and perceived barriers, revealed that a substantial majority of respondents (87.5%) acknowledged that telemedicine could decrease unnecessary outpatient visits. Furthermore, 89.5% believed its efficacy varied by specialty. Approximately 58.1% of physicians reported utilizing telemedicine during the pandemic, with WhatsApp being the most frequently used platform (53.8%). However, significant barriers were identified, including technological limitations (66.6%) and concerns about diagnostic reliability (66.1%), emphasizing on the necessity for enhanced development and support to improve telemedicine integration into the healthcare system (Kaliyadan et al., 2020).

During the COVID-19 pandemic, Saudi Arabia integrated telemedicine into its healthcare system in order to maintain continuity of care while reducing in-person visits. A thorough review of publicly available data, including official announcements and peer-reviewed literature from March 20 to June 20, 2020, documented these adaptations. The findings indicated that the MOH activated teleconsultation applications, enabling institutions such as King Saud Medical City and Dr. Sulaiman Al Habib Medical Group to provide remote patient services. A royal decree from King Salman bin Abdulaziz Al Saud supported the use of telemedicine for diagnostic and management purposes both at home and in workplaces. The MOH also established the Call (937) Service Center for COVID-19 inquiries and employed WhatsApp for patient communication regarding medication refills and follow-ups. Additionally, innovative solutions, including robotic monitoring systems in intensive care units, were introduced, with around 19 digital applications and platforms launched to enhance public health functions, highlighting a significant shift towards technology integration in healthcare delivery (Hassounah et al., 2020).

The study emphasizes on the significant role of media and technology in public health education and awareness, specifically concerning Middle East Respiratory Syndrome-related Coronavirus (MERS-CoV). The research conducted in Al-Jouf, Saudi Arabia, employed a voluntary, personal interview survey to assess public knowledge and information sources about MERS-CoV. Findings revealed that the MOH, social networks and community communication were the

most effective information sources, with effectiveness rates of 25%, 23.7%, and 22.6%, respectively. Despite generally high awareness levels among younger and more educated respondents, significant gaps persisted in understanding transmission methods, incubation periods and global epidemiological contexts. The study highlights the effectiveness of media campaigns and social media in information transmission and emphasizes the need for expanding public health education initiatives and employing technological tools to enhance awareness and control of disease outbreaks (Nooh et al., 2021).

4.3 Role of AI in Pandemic Management: Enhancing Digital Health, Telemedicine and Vaccine Development

The study conducted by Polley et al., in which advanced technologies such as AI enhance the functionality of Digital Immunity Passports. By associating biometric identifiers with health records, it facilitates accurate and secure verification of individuals' COVID-19 statuses (testing, recovery, and vaccination) which is essential for pandemic management. The framework employs industry standards such as OAuth2/OIDC and FIDO2/WebAuthN for secure authentication and adheres to global privacy regulations. AI optimizes system scalability and reliability, enabling real-time verification and decision-making, which enhances both security and user experience. This approach improves pandemic response efficiency and provides a commercially viable, globally adaptable solution for future health emergencies (Polley et al., 2021).

Digital health records, including National Health Information Databases (NHIDs), are essential for real-time updates and monitoring in pandemic management. AI enhances the continuous updating and analysis of health data, enabling the tracking of disease spread, identification of hotspots and monitoring of individual health statuses. Real-time data facilitates prompt decision-making and timely interventions by health authorities. AI algorithms also improve the accuracy of health record matching, minimizing errors such as misidentifications, which are important during pandemics. The approach, demonstrated by countries such as Denmark, involves a phased implementation of AI systems and regulations, focusing initially on security and progressively expanding data sensitivity, thereby improving public health outcomes through accurate data, effective resource allocation and enhanced disease prevention strategies (Beck et al., 2018).

The study by Alamri et al., in 2022 integrates telemedicine in order to modernize healthcare. The study utilized both quantitative surveys and qualitative focus group discussions to assess healthcare professionals' views on teleclinics. The results indicate that perceived usefulness (PU) and perceived ease of use (PEU) significantly impact behavioral intention (BI) towards telemedicine emphasizing its role in improving healthcare efficiency. These findings support Vision 2030's objective of technological advancement in healthcare. They highlight the necessity for ongoing investment in technological infrastructure, training and system integration to fulfill the strategic goals of a modernized healthcare system (Alamri et al., 2022).

AI has significantly facilitated vaccine development and drug discovery for COVID-19 through the application of deep learning (DL), machine learning (ML) and artificial neural networks (ANN). In vaccine development, AI has advanced the design of epitope-based vaccines by predicting antigenic sites and optimizing vaccine candidates, exemplified by (Sarkar et al., 2020), who employed immune-informatics and molecular docking and (Russo et al., 2022), who developed an in silico pipeline to forecast cross-reactive immunity against variants such as Omicron. In drug discovery, AI models, including deep Q-learning networks by (Tang et al., 2022) and generative networks by (Gao et al., 2020), have been significant in identifying novel compounds and drug repurposing opportunities. Additionally, AI's role in predicting drug-

target interactions, as demonstrated by (Beck et al., 2020) and network-based algorithms by (Ge et al., 2020) in identifying inhibitors such as CVL218, emphasizes on its transformative impact. Nonetheless, challenges such as data quality, result validation across diverse populations and ethical considerations remain essential for enhancing AI's effectiveness in vaccine and drug development (Bagabir et al., 2022).

4.4 AI-Driven Innovations in Pandemic Management: Case Studies from Saudi Arabia

The study by Khan et al., emphasizes on the significant role of AI and digital technologies in managing the COVID-19 pandemic in Saudi Arabia. The Tawakkalna application was significant in controlling virus spread by tracking infected individuals, enforcing social distancing and restricting access to large gatherings. It utilized digital profiles to provide personalized information on infection status, vaccination history and exposure risks, thereby reducing contact between infected and uninfected individuals. The application's success in Al Madinah Al Mounawarah, where it effectively reduced virus transmission and managed public health, highlights the value of integrating digital solutions into public health strategies. Nonetheless, the study request for more extensive research to assess the broader and long-term impacts of such technologies in various cities (Khan et al., 2021).

The study highlights the important role of AI and technological tools in pandemic management, exemplified by their use during the COVID-19 outbreak. Early in the crisis, Saudi Arabia implemented digital solutions, including a real-time interactive map and an AI-enabled chatbot by the National Health Information Center, to provide updates and guidance on COVID-19. AI technologies were also employed in Taiwan to enhance national databases and integrate them with immigration systems for efficient traveler tracking and risk assessment of travelers. In the U.S. and Singapore, telehealth and chatbots facilitated remote care and information distribution. In Saudi Arabia, digital tools such as the COVID-19 Dashboard and multiple mobile apps were necessary for risk communication and public health management. While these digital tools proved effective in delivering timely information and supporting public health management, challenges related to interoperability and privacy management were noted, emphasizing on the requirement for ongoing development of digital solutions for future pandemics (Hassounah et al., 2020).

The research access the efficacy of various computational models in predicting and managing pandemic outbreaks in Saudia Arabia. The proposed framework, which combines the Fuzzy Analytic Hierarchy Process (Fuzzy AHP) with dynamic modeling, was tested against seven alternative models: The Reservoir People Transmission Network Model, Time Series Model, Spreading Rate of the Disease Model, Susceptible-Infected-Recovered Model, Dynamic Model, Multi-Modelling Approach Model and Susceptible-Exposed-Infectious-Recovered Model. The Fuzzy AHP methodology was utilized to evaluate the models by synthesizing fuzzy pairwise comparison matrices and computing defuzzified values and consistency ratios. The findings revealed that the proposed model (M8) achieved the highest effectiveness with a weight of 0.25650 and a consistency ratio of 0.0333, surpassing the other models in controlling COVID-19 transmission. Additionally, this model exhibited superior performance in terms of societal impact, prediction of infection dynamics and economic implications in Saudi Arabia, highlighting the fundamental aspect of AI-driven frameworks in effective and timely pandemic management (Baz et al., 2020).

Innovations such as AI, the Internet of Things (IoT), drones and 5G technology have significantly contributed to reducing the pandemic's effects. AI and machine learning algorithms have been employed to analyze extensive datasets, forecast outbreak trends and aid in the development of vaccines and treatments. IoT devices have enabled remote patient monitoring and management, while drones and 5G-enabled robots have improved sanitation, facilitated medicine

delivery and supported telemedicine through high-speed data transmission and low-latency communication. Collectively, these technologies enhance real-time monitoring, automate epidemic control measures and optimize healthcare delivery, emphasizing on their transformative impact on managing global health crises and advancing smart city infrastructure (Chamola et al., 2020).

4.5 SEIQR Epidemic Model

Mathematical models are useful in understanding the path of infection when it enters a community and determining whether it will be eradicated or persist. During the pandemic, the coronavirus (COVID-19) has caused concern among researchers, governments, and the general public due to its rapid spread and high death toll. The field of mathematical epidemiology was first defined in 1927 by Kermack and McKendrick as an SIR model. Nesteruk also developed the variables by using the proposed model for presenting a SIR epidemiological model and explaining how to control the spread of the disease. However, to restore the epidemic with the inclusion of social distancing and lockdown, computer technology has helped facilitate the calculation of matrices using logarithms to determine the spread of infection from the context of medical engineering that emerged in 1972 to determine the dynamics of infection transmission and estimate the national and global spread of the infectious disease. A modified SIR (susceptible, infected, and recovered) epidemic model was introduced to discover the confirmed number of infected cases in isolation wards and intensive care units. Youssef et al presented an epidemiological model with a new way to assess and manage the COVID-19 pandemic in Saudi Arabia. Actual COVID-19 data were used and the results showed that the susceptible class (S), exposed class (E), infected class (I), quarantined class (Q), and recovered class (R) [SEIQR] model is useful for studying the spread of epidemics in Saudi Arabia and other countries. The model provided new and different reproduction numbers accurate and sensitive to the modified SEIQR model. Five steps were considered the ideal action to implement comprehensive advice to help the population of Saudi Arabia slow the spread of the Coronavirus (COVID-19). Prevention was one of the main goals of this action instead of treatment by staying at home and keeping patients in an isolated area or protected place (Youssef et al, 2021).

5. Conclusion

In conclusion, Saudi Arabia's experience with recurrent viral outbreaks emphasizes on the necessity for strong, adaptive public health strategies customized to its unique socio-religious context. The nation's successful management of H1N1, MERS-CoV and COVID-19 through strict measures highlights the importance of continuous improvement in crisis management. Integrating advanced technologies, especially AI, has proven significant in enhancing diagnostic accuracy, optimizing resource distribution and improving overall health outcomes. As Saudi Arabia continues to host millions of pilgrims, adopting AI-driven solutions and developing resilient health systems will be essential for future pandemic preparedness and global health security.

6. Limitation and Future Implications

The review does not fully address the implementation challenges of AI-driven solutions and their long-term effectiveness in pandemic management. Additionally, while the review highlights advanced technologies, it lacks a comprehensive analysis of their potential ethical and data privacy issues. Future efforts should focus on enhancing predictive analytics, optimizing resource management and improving outbreak preparedness through technology. Strengthening these capabilities will not only strengthen Saudi Arabia's resilience to global health emergencies but also provide a model for

other nations, demonstrating the potential of integrated, technology-supported health systems to manage pandemics effectively. Moreover, strengthening international collaboration and utilizing real-time data analytics will be essential in mitigating the impact of future outbreaks. Moreover, integrating advanced technologies such as AI with traditional public health measures will be essential for developing more strong and responsive health systems.

References

- Abdo, K. W. (2024). The Role of Artificial Intelligence in Improving Healthcare Operations in Saudi Arabia: Analytical Study of Current and Future Systems. Nanotechnology Perceptions, 743–758-743–758.
- Alammash, S. A., Guo, P. S., & Vinnikova, A. (2021). Saudi Arabia and the Heart of Islam in Vision 2030: Impact on International Relations. Arab. J. Sci. Publ.(AJSP), 2663, 5798.
- Alamri, A. F., Alomari, F. K., Danash, A. M., Aljoudi, M. T., Almasharqa, A. I., Almasloot, A. M., Alwhaibi, R. M., Hasan, M. M., & Zaidi, U. (2022). Perception of healthcare providers during the COVID-19 pandemic: a mixed method survey in an integrated healthcare delivery system in Saudi Arabia. International journal of environmental research and public health, 19(24), 16676.
- AlFattani, A., AlMeharish, A., Nasim, M., AlQahtani, K., & AlMudraa, S. (2021). Ten public health strategies to control the Covid-19 pandemic: The Saudi Experience. IJID regions, 1, 12-19.
- Alhazmi, A. M., Alshammari, S. A., Alenazi, H. A., Shaik, S. A., AlZaid, H. M., Almahmoud, N. S., & Alshammari, H. S. (2019). Community's compliance with measures for the prevention of respiratory infections in Riyadh, Saudi Arabia. Journal of Family and Community Medicine, 26(3), 173-180.
- Aljadeed, R., AlRuthia, Y., Balkhi, B., Sales, I., Alwhaibi, M., Almohammed, O., Alotaibi, A. J., Alrumaih, A. M., & Asiri, Y. (2021). The impact of COVID-19 on essential medicines and personal protective equipment availability and prices in Saudi Arabia. Healthcare,
- Alzahrani, S. I., Aljamaan, I. A., & Al-Fakih, E. A. (2020). Forecasting the spread of the COVID-19 pandemic in Saudi Arabia using ARIMA prediction model under current public health interventions. Journal of infection and public health, 13(7), 914-919.
- Amamou, M., & Ben-Ahmed, K. (2023). Managing the COVID-19 pandemic in thirty-two policy measures in Saudi Arabia: a mixed-methods analysis. Journal of infection and public health, 16(10), 1650-1658.
- Bagabir, S. A., Ibrahim, N. K., Bagabir, H. A., & Ateeq, R. H. (2022). Covid-19 and Artificial Intelligence: Genome sequencing, drug development and vaccine discovery. Journal of infection and public health, 15(2), 289-296.
- Baz, A., Alhakami, H., & Alshareef, E. (2020). A Framework of Computational Model for Predicting the Spread of COVID-19 Pandemic in Saudi Arabia. International Journal of Intelligent Engineering & Systems, 13(5).
- Beck, B. R., Shin, B., Choi, Y., Park, S., & Kang, K. (2020). Predicting commercially available antiviral drugs that may act on the novel coronavirus (SARS-CoV-2) through a drug-target interaction deep learning model. Computational and structural biotechnology journal, 18, 784-790.
- Beck, E. J., Shields, J. M., Tanna, G., Henning, G., De Vega, I., Andrews, G., Boucher, P., Benting, L., Garcia-Calleja, J. M., & Cutler, J. (2018). Developing and implementing national health identifiers in resource limited countries: why, what, who, when and how? Global health action, 11(1), 1440782.
- Chamola, V., Hassija, V., Gupta, V., & Guizani, M. (2020). A comprehensive review of the COVID-19 pandemic and the role of IoT, drones, AI, blockchain, and 5G in managing its impact. Ieee access, 8, 90225-90265.
- Chiu, K. H.-Y., Sridhar, S., & Yuen, K.-Y. (2023). Preparation for the next pandemic: challenges in strengthening surveillance. Emerging Microbes & Infections, 12(2), 2240441.
- Chowdhury, S., Mok, D., & Leenen, L. (2021). Transformation of health care and the new model of care in Saudi Arabia: Kingdom's Vision 2030. Journal of Medicine and Life, 14(3), 347.
- Elkhatib, W. F., Abdelkareem, S. S., Khalaf, W. S., Shahin, M. I., Elfadil, D., Alhazmi, A., El-Batal, A. I., & El-Sayyad, G. S. (2022). Narrative review on century of respiratory pandemics from Spanish flu to COVID-19 and impact of nanotechnology on COVID-19 diagnosis and immune system boosting. Virology journal, 19(1), 167.
- Gao, K., Nguyen, D. D., Wang, R., & Wei, G.-W. (2020). Machine intelligence design of 2019-nCoV drugs. BioRxiv.

- Ge, Y., Tian, T., Huang, S., Wan, F., Li, J., Li, S., Yang, H., Hong, L., Wu, N., & Yuan, E. (2020). A data-driven drug repositioning framework discovered a potential therapeutic agent targeting COVID-19. BioRxiv, 2020.2003. 2011.986836.
- Gössling, S., Scott, D., & Hall, C. M. (2020). Pandemics, tourism and global change: a rapid assessment of COVID-19. Journal of sustainable tourism, 29(1), 1-20.
- Hassounah, M., Raheel, H., & Alhefzi, M. (2020). Digital response during the COVID-19 pandemic in Saudi Arabia. Journal of medical Internet research, 22(9), e19338.
- Kaliyadan, F., Al Ameer, M. A., Al Ameer, A., & Al Alwan, Q. (2020). Telemedicine practice in Saudi Arabia during the COVID-19 pandemic. Cureus, 12(12).
- Khan, A., Alahmari, A., Almuzaini, Y., Alturki, N., Aburas, A., Alamri, F. A., Albagami, M., Alzaid, M., Alharbi, T., & Alomar, R. (2021). The role of digital technology in responding to COVID-19 pandemic: Saudi Arabia's experience. Risk Management and Healthcare Policy, 3923-3934.
- Kontis, V., Bennett, J. E., Rashid, T., Parks, R. M., Pearson-Stuttard, J., Guillot, M., Asaria, P., Zhou, B., Battaglini, M., & Corsetti, G. (2020). Magnitude, demographics and dynamics of the effect of the first wave of the COVID-19 pandemic on all-cause mortality in 21 industrialized countries. Nature medicine, 26(12), 1919-1928.
- Memish, Z. A., Perlman, S., Van Kerkhove, M. D., & Zumla, A. (2020). Middle East respiratory syndrome. The Lancet, 395(10229), 1063-1077.
- Nooh, H. Z., Alshammary, R. H., Alenezy, J. M., Alrowaili, N. H., Alsharari, A. J., Alenzi, N. M., & Sabaa, H. E. (2021). Public awareness of coronavirus in Al-Jouf region, Saudi Arabia. Journal of Public Health, 29, 1107-1114.
- Polley, J. C., Politis, I., Xenakis, C., Master, A., & Kępkowski, M. (2021). On an innovative architecture for digital immunity passports and vaccination certificates. arXiv preprint arXiv:2103.04142.
- Russo, G., Di Salvatore, V., Sgroi, G., Parasiliti Palumbo, G. A., Reche, P. A., & Pappalardo, F. (2022). A multi-step and multi-scale bioinformatic protocol to investigate potential SARS-CoV-2 vaccine targets. Briefings in bioinformatics, 23(1), bbab403.
- Sarkar, B., Ullah, M. A., Johora, F. T., Taniya, M. A., & Araf, Y. (2020). The essential facts of Wuhan novel coronavirus outbreak in China and epitope-based vaccine designing against 2019-nCoV. BioRxiv, 2020.2002. 2005.935072.
- Syrowatka, A., Kuznetsova, M., Alsubai, A., Beckman, A. L., Bain, P. A., Craig, K. J. T., Hu, J., Jackson, G. P., Rhee, K., & Bates, D. W. (2021). Leveraging artificial intelligence for pandemic preparedness and response: a scoping review to identify key use cases. NPJ digital medicine, 4(1), 96.
- Tang, B., He, F., Liu, D., He, F., Wu, T., Fang, M., Niu, Z., Wu, Z., & Xu, D. (2022). AI-aided design of novel targeted covalent inhibitors against SARS-CoV-2. Biomolecules, 12(6), 746.
- Wilder-Smith, A., & Freedman, D. O. (2020). Isolation, quarantine, social distancing and community containment: pivotal role for old-style public health measures in the novel coronavirus (2019-nCoV) outbreak. Journal of travel medicine, 27(2), taaa020.
- Yezli, S., & Khan, A. (2020). COVID-19 social distancing in the Kingdom of Saudi Arabia: Bold measures in the face of political, economic, social and religious challenges. Travel medicine and infectious disease, 37, 101692.
- Youssef, H., Alghamdi, N., Ezzat, M.A., El-Bary, A.A. and Shawky, A.M.(2021). Study on the SEIQR model and applying the epidemiological rates of COVID-19 epidemic spread in Saudi Arabia. Infectious Disease Modelling, 6, pp.678-692.
- Youssef, H.M., Alghamdi, N.A., Ezzat, M.A., El-Bary, A.A. and Shawky, A.M., (2020). A modified SEIR model applied to the data of COVID-19 spread in Saudi Arabia. AIP advances, 10(12).
- Youssef, H.M., Alghamdi, N.A., Ezzat, M.A., El-Bary, A.A. and Shawky, A.M., 2020. A new dynamical modeling SEIR with global analysis applied to the real data of spreading COVID-19 in Saudi Arabia. Math. Biosci. Eng, 17(6), pp.7018-7044.
- Youssef, H.M., Alghamdi, N., Ezzat, M.A., El-Bary, A.A. and Shawky, A.M., 2022. A proposed modified SEIQR epidemic model to analyze the COVID-19 spreading in Saudi Arabia. Alexandria Engineering Journal, 61(3), pp.2456-2470.

Theme of Modern Systems and Technologies in Transportation and Mass Gatherings Management

A Cloud-based Route Planning Framework for Hajj

Thamir M. Qadah*, Emad Felemban

Department of Computer and Network Engineering, Umm Al-Qura University

*Corresponding author: E-mail (tmqadah@uqu.edu.sa)

إطار عمل لتخطيط عمليات النقل للحج باستخدام الحوسبة السحابية

ثامر محمد قدح*، عماد فلمبان

قسم هندسة الحاسب والشبكات - جامعة أم القرى

Abstract

Careful transportation planning during Hajj is crucial to help millions of people perform their pilgrimage conveniently. To help realize the Pilgrimage Experience Program (PEP) objectives of reaching 30 million pilgrims, robust and effective intelligent transportation planning frameworks are needed. In this paper, we propose a cloud-based route-planning framework that can be used in the mobility planning phase of Hajj. Our framework can help transportation planning authorities to carefully analyze transportation plans and study alternatives in preparation for the Hajj season. We examined three different approaches to identify and analyze transportation routes from Makkah to Mina. Moreover, we discuss the advantages and disadvantages of the proposed three approaches. We also discussed the major research and development challenges of route planning cloud-based tools for intelligent transportation in Hajj. This paper demonstrates the utilization of cloud computing and geospatial data analysis tools for route planning for Hajj.

Keywords: Cloud Computing, Geospatial Data Analysis, Hajj transportation planning, routing web services

1. Introduction

The Hajj pilgrimage is one of the largest annual religious gatherings globally, drawing millions of Muslims to the holy cities of Makkah and Madina in Saudi Arabia. The sheer scale of the event presents significant logistical challenges, particularly in transportation planning. Efficient movement of pilgrims between the Holy sites is essential to ensure safety, convenience, and fulfillment of religious obligations. The Pilgrimage Experience Program (PEP) aims to increase the number of pilgrims to 30 million, intensifying the need for robust transportation solutions. Traditional transportation planning methods may need to be revised to handle the complexities associated with such massive crowds . Furthermore, cloud technologies and services have become more pervasive and mature. Cloud-based technologies and services help scale out the resources required for Hajj planning, making it imperative to utilize them. Moreover, the landscape for data analysis tools has matured significantly, and there is negligible adoption in the contexts of planning and operations in Hajj. This paper proposes a cloud-based route-planning framework designed to aid transportation authorities during the Hajj mobility planning phase. By leveraging cloud computing and advanced data analytics, the framework facilitates the analysis of transportation plans and the exploration of alternative routes. We investigate three approaches for identifying and analyzing transportation routes from Makkah to Mina, discussing their advantages and disadvantages. Additionally,

we address the primary research and development challenges in deploying cloud-based route planning tools for intelligent transportation during Hajj.

2. Routes Planning in Hajj

The fundamental problem we have addressed in this paper can be described as follows. Informally, given the locations of residences of Hajj groups and a set of locations of entrances to the Holy Sites, how can we plan and analyze possible routes? This is a crucial problem for planning transportation to ensure the safety and successful operations during Hajj. Furthermore, we want to understand how different tools may produce different results . To address the problems above, we developed a framework that utilizes cloud-based services and open-source software tools. We started by providing an overview of the proposed framework .

2.1 .Framework Overview

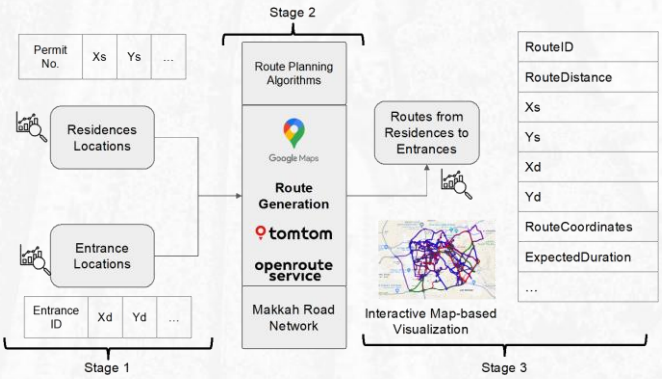


Figure 1 Route generation and planning framework

Figure 1 illustrates a high-level overview of the proposed framework, which consists of three stages. In stage 1, our proposed framework takes two data sets as input. The first set is the residence locations of Hajj groups. The most crucial information in this dataset is the location of the residence that we donate as (Xs, Ys) for each residence. The data usually contain an identifier for each registered residence, such as the permit number. Other information can also exist in the dataset, such as the name of the company that provides the Hajj service and the nationality of pilgrims in the group. While the latter pieces of information are irrelevant to the route generation process, they are still propagated through the framework's process to facilitate better data analysis. The second data set used as an input to our framework is the entrance locations to the Holy sites. These locations are usually determined to ensure controlled access to the Holy sites such as Mina and Arafat. For each entrance, the location coordinates are provided and are denoted as (Xd, Yd). Each entrance has an identifier (Entrance ID) to help identify each entrance location uniquely. Similar to the first data set, additional information may be provided for each entrance. Our framework allows geospatial data analysis and visualization operations on both datasets at this stage. We discuss tools that facilitate such analysis in the next section .

The second stage is where the actual routes are generated. Let us denote the first dataset as L and the second dataset as E. Finding routes can be abstracted as R = find_routes (L, E, M, O), where M denotes the map-based data of Makkah, including the road network data. O denotes options to control route generation. The find_route procedure utilizes state-of-the-art routing-planning algorithms and finds routes constrained by M and O. In other words, the routes in R must be valid in M and comply with options in O .

The output of the route-planning stage can be analyzed and visualized interactively using geospatial data analysis tools in Stage 3. For example, one of the tools (i.e., Geopandas) allows for generating an interactive web UI to visualize the routes. It includes typical map-based UI interactions such as pan and zoom interactions. The output is a set of paths with different additional attributes (e.g., RouteDistance, RouteCoordinates, ExpectedDuration). For instance, by specifying the option to generate multiple routes in O, the output will contain multiple routes between every source and destination. One of them is designated as the primary route (e.g., the route with the shortest length), while others are designated as alternatives. In the next section, we give an overview of the software tools used by our proposed framework.

2.2 Software Tools Overview

In this section, we discussed the software tools that are used to implement our framework. The tools were divided into two categories: Geospatial Data Management and Analysis and Routing Libraries.

2.2.1 Geospatial Data Management and Analysis

Geospatial data analysis tools include Pandas (*Pandas - Python Data Analysis Library*, 2024) and GeoPandas (*GeoPandas v1.0.1*, 2024). Pandas is an open-source Python library that offers high-performance data manipulation and analysis tools. Its Data Frame and series objects are central to Pandas, which provide efficient structures for storing and operating on tabular and time-series data. With Pandas, users can perform a wide range of tasks, such as data cleaning, aggregation, and transformation. It supports data operations like merging, reshaping, selecting subsets, handling missing data, and performing statistical analysis.

GeoPandas builds upon the foundations of Pandas to enable the handling of geospatial data. By extending the DataFrame object to include geographic information, GeoPandas allows for manipulating spatial data types such as points, lines, and polygons. It integrates seamlessly with libraries like Shapely for geometric operations and Matplotlib for plotting. Users can perform spatial queries, conduct geometric manipulations, and visualize geographic data efficiently. GeoPandas simplifies complex spatial analyses within the familiar Pandas framework.

2.2.2 .Routing Libraries

Our framework supports route generation via routing web services, which can be utilized using their respective programming libraries or HTTP RESTful API. In the proposed framework, we experimented with three notable routing libraries. These three are the Google Routes API (GR), TomTom Routing API (TTR), and OpenRouteService (ORS).

The GR API is a comprehensive service that enables developers to calculate optimal routes between locations while considering real-time traffic conditions, road incidents, and user preferences (Google, 2024). It supports multiple modes of transportation, including driving, walking, bicycling, and public transit. Key relevant features include turn-by-turn navigation, distance and duration estimates, and optimizing routes with multiple waypoints. The API also allows for customization, such as avoiding toll roads or highways, and integrates seamlessly with other Google Maps Platform services, enhancing its utility in diverse applications.

TomTom Routing API (TTR) provides high-quality routing services backed by accurate map data and live traffic information (*TomTom Routing APIs*, 2024). It offers various routing types, like the fastest, shortest, and most economical routes, considering real-time traffic congestion and historical traffic patterns. Advanced functionalities include batch routing for processing multiple routes simultaneously and matrix routing to efficiently calculate travel times and distances between many origins and destinations .

Both of the above routing services are commercial cloud-based services, and users are charged per request. An open-source alternative is ORS (*Open Routes Service*, 2024). Using ORS, users can avoid paying per request and request quotas and limits imposed by GR and TTR. ORS is an open-source routing service based on OpenStreetMap data, offering flexibility and customization. With ORS, you can deploy your backend services and pay for the cloud infrastructure.

We conducted an experimental study to evaluate all three approaches above. In the next section, we presented our experimental study. Our evaluation is qualitative and preliminary, but we plan to perform a more comprehensive study in future work.

3. Route Planning API Study

In this section, we study the quality of the routing results obtained from the libraries above and the APIs.

3.1. Study Methodology

We design a simple experiment to study the selected libraries. We use Google Colab (Google Colab, 2024) as a platform to perform the study. The experiment follows our proposed framework. We implemented three versions of the find_routes procedure. The only difference in the versions is the backend API used to generate the routes. We set L = {(Xs, Ys)}, E = {(Xd, Yd)}. M is implicit with the routing API because the default road network is used for each API. O is the set of options, including finding the shortest path, using the car as the travel mode, and ignoring traffic for all cases.

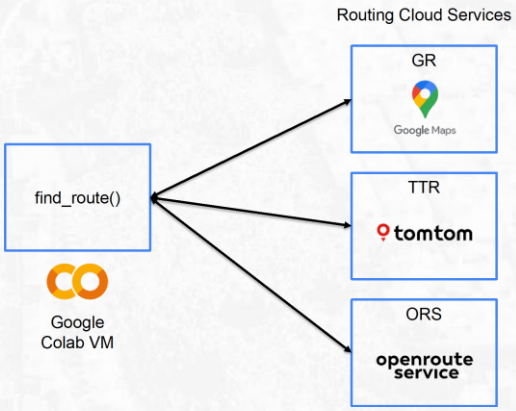


Figure 2 Cloud-based Experimental Settings

Figure 2 illustrates the cloud-based deployment of our experimental environment. Our implementations of the find_route procedure run on Google Colab's virtual machine (VM) supported by Google's Cloud. The VM is connected to the internet. Therefore, it can request the different providers for the Routing API over HTTP. HTTP responses are received by the process running the find_route procedure. API keys are used for each provider-specific provider implementation implementation. We used GeoPanda's ability to create interactive visualization with the Colab notebook.

3.2 Results and Discussion

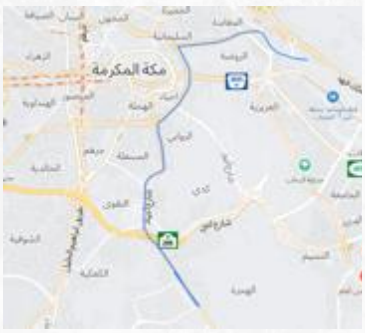


Figure 3 TTR API route results

Figure 4 GR API route results

Figure 5 ORS API route results

Table 4 Characteristics of Generated Routes

API	Distance (m)	Duration (s)
TTR	12395	944
GR	12331	1130
ORS	18679.3	1096.4

Figure 3, Figure 4, and Figure 5 show a screenshot of the map-based visualization for the routes obtained by TTR, GR, and ORS. We used the map tiles that belong to each service. Commercial APIs (i.e., GR and TTR) show better route results than the open-source ones (i.e., ORS). The routing algorithms and the quality road network dataset are the main reasons for this. ORS uses OpenStreetMap data (OpenStreetMap, 2024) , while GR and TTR rely on professionally maintained datasets. Notice that the route obtained from ORS is longer than from GR and TTR.

More concrete route characteristics are shown in Table 4 While the route visualization shows almost identical routes obtained from GR and TTR, the distance and duration estimations are different, probably due to differences in their implementations. ORS seems to show a lower duration than GR despite the longer distance. However, ORS's route uses a freeway with higher speed limits. Thus, the estimation for the duration is lower.

3.3 Discussion

While obtaining routes from cloud providers is straightforward, the accuracy of the results cannot be controlled unless the route generation is done using updated map data. During Hajj, the road network in Makkah typically changes to accommodate transportation plans. Thus, there is a need to have a way to perform route planning under the realistic conditions of Hajj. A nice feature of such APIs is that they allow users to specify the road network conditions and traffic traces. This requirement is novel for cloud providers.

The alternative solution is for the Hajj authorities to have their private virtual infrastructure for route planning, allowing complete data control. This approach also requires a data integration framework with all the entities involved in the Hajj operation. Another approach is to build simulated environments to help find better routing for realistic conditions.

4. Case Study: Planning and Analyzing Routes Makkah to Mina

This section reviews a case study on the route-generation process for planning transportation routes from the Hajj group's residence locations in Makkah to Mina. The main goal of this case study is to understand the intensity of a predetermined set of road usage during the official transportation period in Hajj.

We used the proposed framework to help with this task. Let us denote the predetermined set of roads as T, which is visualized in Figure 6. We also visualized the L and E in Figure 7 and Figure 8, respectively. We used GR as the backend for the find_route procedures for this task. The set of options O includes an additional constraint that requires generating one primary route and two alternative routes.

Figure 6 Predetermined set of Roads for the Case Study. We must answer the following question: How much are these road segments used?

Figure 7 Interactive visualization of the entrances of Mina, E

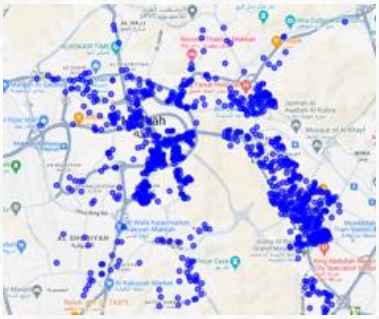


Figure 8 - Interactive visualization of residence locations, L

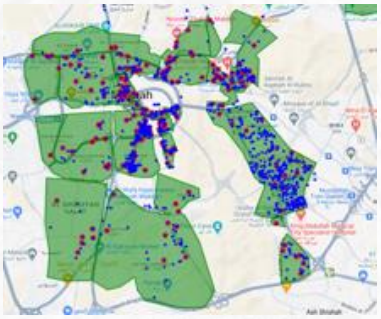


Figure 9 Interactive visualization for the spatially-aware sampling of residence locations

Simply generating routes at this point can be costly because the number of pairs can be huge. Because the road network infrastructure is fixed, many road segments are shared among routes. Thus, we can reduce the number of route generation requests by sampling. Unfortunately, naïve sampling may result in skewed samples concerning the spatial distribution of the residence locations. To solve this issue, we use spatially aware sampling, which ensures that the sampled locations are spread across the residential region. In Figure 9, an interactive visualization shows the samples. Blue circles are the residence locations. The red outline for the area indicates the selection as a part of the sampling procedure.

Figure 10 - Interactive visualization of generated routes. Green is the color of the primary routes. Red and blue routes are the alternatives.

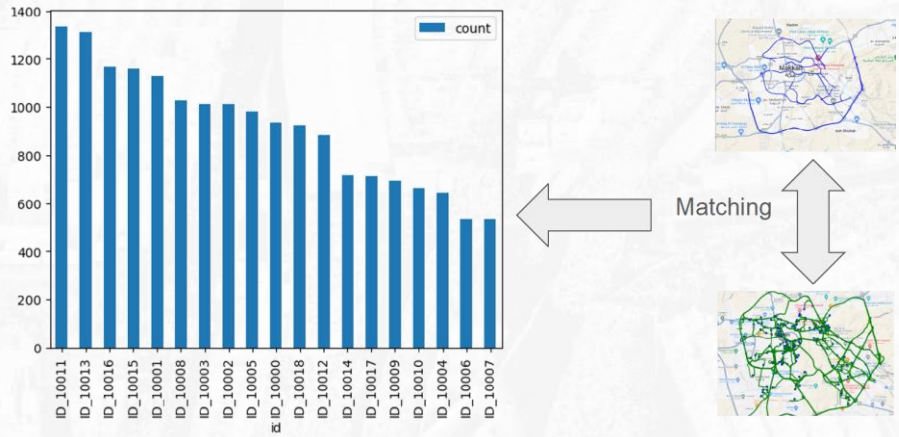


Figure 11 Computing densities of requested routes. On the left, we have the IDs for each route in T on the x-axis. We only consider the primary routes.

Now, we are ready to compute R according to the procedure find_route. Figure 10 shows all the routes generated after executing the find_route procedure, including the primary routes and their alternatives. To answer the question of the degree of utilization for the roads in T, we count the number of overlapping road segments among the generated road segments in R and T, as shown in Figure 11.

5. Related Work

In this section, we discussed our paper in relation to existing domains. Data science is an emerging field that can be used to solve fundamental problems in Hajj. (Stocker et al., 2024) Propose a conceptual framework for Mobility Data Science (MDS). Our work represents a step towards MDS because it focuses on mobility issues and challenges in Hajj.
(Shekhar et al., 2015) defines Spatial Computing (SC) as the field of computing that helps us create a new understanding of locations. Building tailored SC systems for Hajj that address the specific needs of its planning and operations using SC has become necessary. Our work scratches the surface of the required research in studying the application of SC to Hajj planning and operation. Another related field is the field of Route Recommendation (RR) (Zhang et al., 2024). (Zhang et al., 2024) surveys many methods and applications of RR. Hajj route planning is yet another application of RR that is not included in the survey. Furthermore, Hajj route planning also utilizes the surveyed methods, including classical ones or those based on deep learning (Zhang et al., 2024).

6. Conclusion and Future Work

In conclusion, the proposed cloud-based route-planning framework has the potential to significantly enhance the efficiency and effectiveness of transportation planning during Hajj. By leveraging cloud technologies and advanced data analytics, the framework enables transportation authorities to systematically analyze and optimize routes, ensuring millions of pilgrims' safe and smooth movement. By examining multiple routes from Makkah to Mina and addressing various operational challenges, this framework aims to improve logistical coordination and ultimately contribute to a more favorable pilgrimage experience. Future research should focus on refining the proposed methodologies, integrating real-time data, and exploring further advancements in cloud-based solutions. By embracing these innovations, Hajj authorities can better respond to the dynamic demands of Hajj, thus supporting the overarching goal of accommodating 30 million pilgrims while maintaining safety, convenience, and satisfaction during this significant religious journey.

7. Recommendations

Based on the outcomes of this research, we recommend the following:

1. The adoption of cloud-based tools for route planning and analysis for Hajj. This adoption ensures efficient and cost-effective planning.
2. The development and deployment of a cloud-based real-time geospatial data repository that integrates changes to road network and traffic updates from various data sources in the Hajj operational services. This data repository can be designed to ensure data privacy and integration, unlike using commercial cloud services such as (Google, 2024; TomTom Routing APIs, 2024) where data privacy is not guaranteed, and it is difficult to integrate with them beyond their public API.

References

- GeoPandas v1.0.1. (2024). https://geopandas.org/en/stable/
- Google. (2024). Google Maps Platform Documentation | Routes API | Google for Developers. https://developers.google.com/maps/documentation/routes
- Google Colab. (2024). Google Colab. Colab.Google. https://colab.google/
- Open Routes Service. (2024). Open Routes Service. https://openrouteservice.org/
- OpenStreetMap. (2024). OpenStreetMap. https://www.openstreetmap.org/about
- Pandas—Python Data Analysis Library. (2024). https://pandas.pydata.org/
- Shekhar, S., Feiner, S. K., & Aref, W. G. (2015). Spatial computing. Commun. ACM, 59(1), 72–81. https://doi.org/10.1145/2756547
- Stocker, A., Kaiser, C., Lechner, G., & Fellmann, M. (2024). A Conceptual Framework for Mobility Data Science. IEEE Access, 12, 117126–117142. IEEE Access. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3445166
- TomTom Routing APIs. (2024). TomTom. https://www.tomtom.com/products/routing-apis/
- Zhang, S., Luo, Z., Yang, L., Teng, F., & Li, T. (2024). A survey of route recommendations: Methods, applications, and opportunities. Information Fusion, 108, 102413. https://doi.org/10.1016/j.inffus.2024.102413

The Hajj Lab: A Multi-Layered Technological Approach to Enhancing Crowd Management through Stratospheric Airships and AI Analytics

Adnan A. Alshahrani

The Custodian of the Two Holy Mosques Institute for Hajj and Umrah Research, Umm Alqura University

*Corresponding author: E-mail (Ayshahrani@uqu.edu.sa)

مختبر الحج: نهج تقني متكامل لتعزيز إدارة الحشود باستخدام المناطيد الطبقية والتحليلات القائمة على الذكاء الاصطناعي

عدنان الشهراني

معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة، جامعة أم القرى

Abstract

This study presents the development and potential of the Hajj Lab, an innovative platform designed to manage the complex crowd dynamics during the Hajj pilgrimage. Utilizing stratospheric airships, drones, on-site sensors, and AI-driven analytics, the Hajj Lab offers a real-time, multi-layered approach to crowd monitoring and management. The study employs an exploratory research methodology, reviewing existing literature and technologies to conceptualize the integration of these systems for real-time data collection and predictive analysis. By combining high-resolution 3D data with AI models, the platform allows for proactive interventions, improving safety and efficiency in managing millions of pilgrims. The findings demonstrate that the Hajj Lab addresses key challenges that traditional crowd management methods struggle with, such as overcrowding and bottlenecks, while also providing insights for long-term urban planning and infrastructure development. The study further explores the scalability of the Hajj Lab for use in other large-scale global events, setting a new standard for crowd management. The integration of these technologies offers significant implications for enhancing the overall safety and experience of large gatherings. Through continued innovation and interdisciplinary collaboration, the Hajj Lab has the potential to revolutionize future large-scale event management systems.

Keywords: Stratospheric Airships, Crowd Monitoring, Hajj Seasons, Artificial intelligence, Emergency Response, Environmental Analysis, Aerial Surveillance, Urban Studies.

1. Introduction

The Hajj, a cornerstone of Islamic faith, annually draws over 3 million pilgrims from diverse backgrounds, encompassing a wide range of ethnicities, ages, languages, and cultural traditions (Abalkhail & Al Amri, 2022; Haghani et al., 2023). This massive influx presents unique challenges, particularly in crowd management. Research highlight significant challenges faced by authorities in managing the vast number of pilgrims. The strict adherence to rituals often results in disasters, including overcrowding, individuals getting lost, medical emergencies, and congestion issues(Al-Wathinani et al., 2021).

To effectively address these problems, it is essential to obtain accurate and real-time crowd estimates at various sites, facilitating timely interventions. To ensure the safety and well-being of pilgrims, there's been a growing emphasis on employing advanced technologies to optimize crowd control and enhance the overall Hajj experience (E. Felemban et al., 2021; E. A. Felemban et al., 2020). These technological innovations are vital for mitigating risks, improving efficiency, and ultimately creating a more seamless pilgrimage for millions of participants each year.

The Kingdom of Saudi Arabia (KSA) has extensively studied crowd management, establishing specialized Institute dedicated to studying crowd behavior and crisis response under the name of the Custodian of the Two Holy Mosques Institute for Hajj and Umrah Research at Umm Al-Qura University. This institute conducts specialized research on challenges and crises faced by Hajj officials, offering numerous recommendations based on local expertise, studies, and experience. By integrating artificial intelligence (AI) and advanced technologies, such as 5G connectivity, KSA continues to enhance its crowd management strategies for large-scale events like Hajj (Abalkhail & Al Amri, 2022). These efforts have not only contributed to the successful management of Hajj seasons but have also positioned KSA as a global leader in crowd management (E. A. Felemban et al., 2020). With ongoing advancements and strategic implementations, the KSA is setting a global benchmark, ensuring the safety and well-being of millions of pilgrims annually.

The complexities of crowd management during Hajj present both challenges and opportunities, requiring innovative solutions and strategic coordination among authorities, local government, and technology providers (Abalkhail & Al Amri, 2022). Effective management frameworks must incorporate technological advancements while also adapting to dynamic conditions. Current literature emphasizes the importance of real-time systems capable of continuous monitoring and immediate data analysis to address congestion and safety risks. The Hajj Lab offers an integrated platform that combines traditional crowd management methods with advanced technologies. By leveraging urban planning, AI, and crisis management, this framework focuses on comprehensive data collection, analysis, and proactive risk mitigation. The cross-disciplinary approach equips the authorities to anticipate and mitigate risks associated with large crowds, particularly within the unique context of Hajj. By fostering collaboration and innovation, the Hajj Lab aims to improve safety and efficiency in managing the complex logistics of pilgrimage.

Within the Hajj Lab, technological components are synergistically integrated to create a holistic approach to crowd management. The stratospheric airships, equipped with multispectral sensors, are vital for wide-area surveillance, allowing for the capture of high-resolution 3D data. This data is not only invaluable in real-time for monitoring, but it is also instrumental for predictive analytics. Drones add a nuanced layer of surveillance, providing targeted data on specific areas of concern. Meanwhile, ground-based sensors contribute to critical environmental parameters, such as temperature and humidity, which can influence crowd behavior. The seamless integration of these technologies, coupled with advanced AI, enables Hajj officials to conduct quick analyses and implement strategic interventions to enhance crowd flow and reduce the likelihood of incidents (Abalkhail & Al Amri, 2022). This multifaceted approach creates an unprecedented level of insight and operational efficiency in managing the pilgrimage.

This paper aims to review current and emerging technologies, focusing on the capabilities of the Hajj Lab and the role of stratospheric airships in advancing crowd management strategies. The Hajj Lab, similar to the concept of an Urban Lab, is a dynamic platform designed to improve crowd management during Hajj by testing and refining real-time strategies. By integrating AI-driven analytics, drones, on-site sensors, and aerial surveillance from stratospheric airships, the Hajj Lab provides a comprehensive solution to monitor, predict, and manage crowd dynamics. This approach addresses risks such

as overcrowding and emergencies, enhancing decision-making processes and bolstering emergency response capabilities. Through this proactive model, Hajj management can transition to a more flexible and adaptive system, setting a new benchmark for managing large-scale events with greater safety and efficiency.

2. Literature Review

2.1. Overview of Crowd Management in Hajj: The complexities inherent in crowd management during the Hajj pilgrimage are exacerbated by the diverse and dynamic nature of the attendee population. Every year, millions of pilgrims converge from various backgrounds, each carrying unique cultural practices, languages, and expectations that shape their behaviors. This heterogeneity complicates the establishment of standard protocols for crowding, potentially leading to misunderstandings and tension among different groups (Abalkhail & Al Amri, 2022; Haghani et al., 2023). Moreover, the pilgrimage rituals, often conducted simultaneously with limited spatial configurations, can precipitate congestion issues, posing risks to safety and wellbeing. The critical nature of these dynamics highlights the necessity for tailored interventions that consider the specific behaviors and needs of varied demographic segments, ensuring a smoother flow and heightened safety during the pilgrimage. Effective crowd management must therefore pivot beyond generic solutions, adapting to the real-time conditions and evolving collective behaviors of pilgrims throughout the event.

Previous incidents during the Hajj have served as sobering reminders of the catastrophic consequences of inadequate crowd management. Cases of trampling, panics, and loss or separation from groups underscore the urgent need for innovative strategies to ameliorate these challenges(Abdulrahman & Owaidah, 2007). Traditional crowd control measures often rely on static approaches, such as police presence and physical barriers, which have proven insufficient in addressing the causes of overcrowding and disarray. The shifting nature of crowd dynamics necessitates a more fluid response system that can adapt swiftly and effectively as conditions change. This is where the potential of advanced technologies, particularly those that harness real-time data collection and adaptive response mechanisms, emerges as pivotal in enhancing crowd safety and facilitating timely intervention during emergent situations(E. Felemban et al., 2021). Modern solutions must therefore integrate multiple layers of intelligence—both artificial and human—to foster resilience against crowd crises.

Creating a successful crowd management framework for the Hajj pilgrimage requires not only technological innovation but also a strategic alignment between various stakeholders, including religious authorities, local government agencies, and technology providers. Collaborative efforts are essential to ensure that solutions like the Hajj Lab are designed with input from all relevant parties who understand the local context and its complexities. Furthermore, training personnel in the use of these new technologies bolsters operational preparedness, cultivating a workforce adept at responding to the unique challenges posed by millions of pilgrims. The establishment of clear lines of communication across different management entities also enhances situational awareness, enabling swift decision-making during unforeseen events. Ultimately, a holistic approach that melds innovation, training, and cooperative governance will be instrumental in fostering safer pilgrimage experiences, thereby mitigating the inherent risks associated with the massive scale of Hajj.

2.2. Emerging Technologies in Crowd Management: Numerous studies have been conducted to address the complexities of managing large crowds during Hajj, with many focusing on the use of advanced technologies (Al-Shaery et al., 2023; E. A. Felemban et al., 2020; Halboob et al., 2024; Quaium et al., 2023). One of the most common methods is the deployment of closed-circuit television (CCTV) systems combined with computer vision to monitor crowd density and movement in real-time. A study by Al-Salhie et al. (2014) and more recently by Halboob et al. (2024) emphasized the

effectiveness of using CCTV cameras, RFID devices, and mobile apps integrated with image processing software for real-time crowd flow analysis, enabling authorities to monitor, detect, and respond to incidents efficiently. These systems were integrated with heat maps to detect overcrowded areas, allowing authorities to take preemptive action. However, the study noted that this approach often faced limitations due to fixed camera positions and reduced visibility in adverse weather conditions, prompting the need for supplementary technologies.

Another major avenue explored in crowd monitoring research for Hajj involves drones and sensors. Studies, including those by E. A. Felemban et al. (2020), have shown that drones equipped with thermal and visual sensors can capture crowd density data from the air, providing a mobile solution to some of the constraints faced by static cameras. These studies explored the integration of sensor networks with RFID (Radio Frequency Identification) tags worn by pilgrims to track movements and gather data on crowd behavior. This data is processed using IoT (Internet of Things) platforms, allowing for continuous monitoring. Meanwhile, another promising approach involves Routing Protocols and Mobility in Flying Ad-hoc Networks (FANETs), where multiple drones operate in a network to communicate and share data over wide areas. FANETs offer greater flexibility in covering vast, dynamic environments and can be repositioned in real-time to address specific crowd control needs (E. Felemban, 2021). However, challenges remain in ensuring stable communication between UAVs, managing power consumption, and dealing with data synchronization issues.

A third key area of research focuses on the integration of big data analytics and databases for enhanced decision-making in crowd management. Abalkhail and Al Amri (2022) conducted a study on the use of data fusion techniques, combining data from social media, satellite imagery, and ground sensors to create a comprehensive real-time monitoring system. Their research introduced a framework for predictive analytics that uses historical data to forecast crowd movements and potential risks. The framework, implemented within smart city platforms, demonstrated that large datasets could improve the accuracy of crowd behavior predictions. However, the study emphasized the importance of developing robust data infrastructures and databases capable of handling such high volumes of data while ensuring privacy and security.

In recent studies, wearable sensors have been introduced as a promising tool for predicting pilgrim activities and managing crowds during Hajj. The Open Dataset for Predicting Pilgrim Activities provides a comprehensive data set collected through wearable devices that monitor pilgrims' movement, physiological responses, and environmental conditions in real-time (Al-Shaery et al., 2023). These sensors are integrated into a larger network that processes the data using machine learning algorithms, enabling authorities to predict and mitigate potential crowd issues such as bottlenecks or health-related emergencies.

The advantage of wearable sensors lies in their ability to gather individual-level data, providing highly granular insights into crowd behavior. However, limitations such as the need for widespread adoption among pilgrims and potential data overload present challenges. In alignment with the proposal of stratospheric airships for wide-area surveillance, wearable sensors could serve as a complementary technology, enhancing our system by providing detailed, ground-level data that can be integrated with the 3D aerial data collected by the airships. This combination could create a more comprehensive and multi-layered approach to crowd management during Hajj.

These studies illustrate the progressive integration of technologies and databases to address the challenges of crowd management at Hajj. Each method contributes unique capabilities, with a growing trend towards multi-layered, AI-driven systems that incorporate real-time data to enhance both safety and efficiency.

2.3. Stratospheric Airships and AI-Driven Predictive Analytics: Stratospheric airships stand out as the most effective solution for wide-area, real-time surveillance and crowd management (Sharma, 2016). Their high altitude and extended operational duration enable continuous monitoring over large areas without interruption, making them highly efficient for overseeing events like Hajj. Unlike traditional surveillance methods—such as CCTV cameras, drones, or ground-based sensors—which have limited coverage or require frequent maintenance, stratospheric airships are less impacted by environmental conditions like high temperatures or dust, ensuring uninterrupted data collection. Their ability to capture high-resolution 3D data allows for continuous tracking of crowd density, movement, and environmental factors in real time, providing a comprehensive picture of crowd dynamics (Table 1).

Stratospheric airships offer distinct advantages in crowd management, particularly when compared to real-world deployments at other mass gatherings. For example, during the Olympic Games, drones and fixed cameras were used extensively but faced limitations in coverage and operational time, similar to the challenges seen at Mardi Gras in New Orleans, where CCTV and crowd density algorithms struggled with weather adaptability. Stratospheric airships, in contrast, would provide continuous, wide-area surveillance unaffected by such constraints.

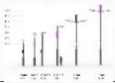
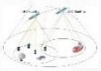
In the Grand Mosque, CCTV and sensors monitor specific bottleneck areas, but airships would enable broader, real-time coverage of larger regions. Similarly, at the Superball festival, drones are restricted by battery life and weather, further highlighting the persistent coverage airships offer. Thus, stratospheric airships, with their ability to gather high-resolution 3D data across vast areas, would greatly enhance Hajj crowd management by filling surveillance gaps and providing uninterrupted monitoring.

When integrated into the Hajj Lab platform alongside traditional technologies, stratospheric airships enhance overall data collection. Aerostats (tethered balloons) offer moderate coverage but are limited by their fixed position and operational height. Drones, while flexible and capable of providing localized data, are restricted by limited battery life and short-range coverage. Helicopters and manned aircraft provide real-time monitoring but are costly and vulnerable to weather conditions.

CCTV cameras and ground-based sensors, though valuable for fixed-location monitoring, have limited spatial coverage and require extensive infrastructure. Satellites, particularly in Low Earth Orbit (LEO), offer broad coverage but are costly and less responsive in real time compared to airships. This multi-tiered approach creates a layered surveillance system, with stratospheric airships providing wide-area coverage and real-time monitoring of the entire pilgrimage route, complementing the more localized surveillance provided by other tools.

The Hajj Lab's strength lies in its AI-driven predictive analytics, which process the vast amounts of data collected by airships, drones, and sensors. AI can analyze crowd behavior, detect anomalies, and predict risks like overcrowding or bottlenecks before they escalate into crises. For example, if crowd density reaches critical levels in a specific area, the AI system can predict the progression and suggest interventions such as rerouting pilgrims. This capability ensures proactive crowd management, reducing the likelihood of dangerous incidents. The integration of these technologies within the Hajj Lab represents a cutting-edge solution, reinforcing Saudi Arabia's leadership in crowd management innovation for large-scale events like Hajj.

Table 5 Aerial Technologies Comparison for Adaption in Hajj Crowd Management (by the Author)

Criteria	On-Site Sensors	Cameras	Drones (UAVs)	Aerostats (Tethered)	Stratospheric Airships	Satellites (LEO)	Satellites (MEO & GEO)
							
Coverage Area	Very Limited (specific zones like gates, checkpoints)	Limited (up to 20 km², depending on altitude)	Moderate (up to 50 km²)	Moderate (up to 2000 km²)	Wide (up to 5,000 km²)	Very Wide (up to 10,000 km²)	Extremely Wide (up to 1/3 of the Earth's surface)
Real-time Monitoring	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes (with some delay)	Yes (with some delay)
Operational Duration	Continuous	Continuous (while airborne)	Very Limited (hours due to battery life)	Limited (days to weeks)	Long (weeks to months)	Very Long (years)	Very Long (years)
Data Precision	Moderate (measures specific parameters)	Moderate to High (depending on camera resolution)	High (can be equipped with advanced sensors)	Moderate to High (depends on sensors used)	High (provides high-resolution 3D data)	High (LEO satellites provide detailed imagery)	Moderate to Low (lower resolution, large-scale monitoring)
Cost	Low	Low	Moderate	Moderate	High	Very High	Very High
Infrastructure Requirement	High (dense sensor placement)	High (extensive network of cameras)	Low (requires drones and network infrastructure)	Moderate (requires tethering and ground station)	Moderate (requires launch and monitoring stations)	High (requires ground stations and satellite infrastructure)	Very High (global infrastructure for communication and monitoring)
Environmental Adaptability	Low (environmental factors reduce accuracy)	Low (affected by weather and visibility)	Moderate (affected by weather conditions)	Moderate (tethered, but can be affected by strong winds)	High (less affected by weather at high altitudes)	High (space-based, unaffected by weather)	High (space-based, unaffected by weather)
Mobility/Flexibility	Low (fixed installation)	Low (fixed installation, aerial mobility only)	High (easily redeployed)	Low (tethered, limited mobility)	Moderate (fixed but offers wide coverage)	Low (fixed orbit, limited ability to adjust)	Low (fixed orbit, very large-scale coverage)
Maintenance	Low	Low	High (frequent maintenance for drones)	Low (requires occasional checks)	Low (long operational duration)	Low (typically long-term maintenance-free)	Low (long-term, stable operation)
Ease of Deployment	High (dense sensor network setup)	High (extensive setup and wiring)	Moderate (requires network management)	Moderate (requires tethering and setup)	Low (after initial setup)	Low (requires global infrastructure)	Low (requires global infrastructure)

2.4. The Hajj Lab: Innovating Crowd Management through Integrated Technologies: The synthesis of existing literature reveals a significant gap in the integrated use of technology in crowd management at large-scale events, particularly during the Hajj. Scholars have examined various technologies, highlighting their strengths and weaknesses; however, comprehensive studies focusing on the amalgamation of these methods remain scarce. This indicates a pressing need for an integrated platform that facilitates a more cohesive approach to crowd management, combining these technologies with innovative solutions. A more holistic method not only enhances the real-time collection of data but also optimizes the analytic capabilities, providing stakeholders with timely interventions that are crucial for ensuring the safety and well-being of millions of pilgrims during the Hajj season.

To further explore this area, foundational frameworks in crowd management literature have increasingly highlighted the necessity for adaptive, real-time systems capable of responding to dynamic conditions in mass gatherings. Current studies advocate that successful crowd management requires continuous monitoring and immediate data analysis to preemptively address congestion and potential safety hazards (E. Felemban et al., 2021). Thus, this research investigates the potential of the Hajj Lab as an integrated platform merging traditional crowd management techniques with advanced aerial surveillance. By adopting a cross-disciplinary approach, it entails utilizing theories from urban planning, artificial

intelligence, and crisis management to propose a comprehensive model. This model not only emphasizes data collection and analysis but also focuses on fostering a proactive mindset among authorities and stakeholders, enabling them to anticipate and mitigate risks associated with large crowd gatherings, particularly in a multi-faceted context like that of Hajj.

Figure 1: A Multi-Layered Surveillance System Integrating Stratospheric Airships, Drones, and AI for Real-Time Crowd Management and Environmental Monitoring during Hajj (By Author).

As these theories and technologies converge within the framework of the Hajj Lab, it becomes essential to outline the expected outcomes of this research. Key indicators include improved real-time situational awareness, enhanced predictive capabilities for crowd behavior, and the development of actionable interventions based on structured data analyses. The implications of this integrated approach extend beyond immediate crowd management challenges; they also hold promise for long-term urban development planning in pilgrimage sites. By understanding pilgrim movement patterns and emerging trends in crowd dynamics, authorities can make informed decisions that enhance both safety and the overall pilgrimage experience. In conclusion, this study not only contributes to the existing body of knowledge on crowd management but also proposes a forward-thinking framework that echoes the importance of technological integration and interdisciplinary collaboration in addressing complex, large-scale events like the Hajj.

2.5. Theoretical Framework for Real-Time Crowd Management: The Case of the Hajj Lab": The Hajj Lab draws from several interdisciplinary theories and principles in urban management, surveillance technologies, and crowd dynamics to establish an innovative platform for large-scale event monitoring. At its core, the Hajj Lab is designed to address the complex challenges of managing millions of pilgrims through the integration of smart city principles with real-time monitoring technologies. This theoretical framework is based on the understanding that urban spaces, especially during large-scale events like Hajj, require dynamic, responsive systems capable of adapting to fluid crowd behaviors and environmental conditions.

By adopting principles from urban informatics and situational awareness, the Hajj Lab emphasizes the need for continuous data collection and proactive intervention to ensure safety and efficiency. A key component of the framework is systems integration theory, which emphasizes the interaction between various technological layers, including aerial surveillance (stratospheric airships and drones), ground-based sensors, and human inputs. Each of these layers is interdependent, providing complementary data that, when integrated, offer a holistic view of crowd dynamics. This aligns with socio-technical systems theory, which highlights the need to design infrastructures that account for both technological capabilities and human behavior. The Hajj Lab operationalizes this by incorporating AI and machine

learning algorithms that process large volumes of data to predict crowd behavior, optimize movement, and prevent dangerous overcrowding.

Furthermore, the platform's design leverages crowd psychology and predictive analytics theories, recognizing that crowd movement is not purely spontaneous but often follows predictable patterns based on environmental stimulation, congestion points, and group behavior. Drawing from these concepts, the Hajj Lab's AI models are built to identify patterns and anticipate risks before they manifest into critical situations. By adopting this theoretical framework, the Hajj Lab not only serves as an advanced technological solution but also as an embodiment of principles that fuse urban planning, crowd management, and intelligent data systems to create a robust response to the unique challenges posed by the Hajj pilgrimage.

3. Methodology

This study employs an exploratory research design to develop a theoretical framework for the Hajj Lab, which builds on the concept of the urban lab and adapts it to the unique context of the Hajj pilgrimage. The Hajj Lab represents a novel application of the urban lab model, integrating advanced technologies for real-time crowd management. Specifically, this research explores the potential of aerial surveillance technologies, AI-driven crowd monitoring, and other innovative tools tailored for the Hajj environment. A key focus of the study is identifying and evaluating technologies that can be adapted for Hajj crowd management. This includes the deployment of a multi-layered technological approach involving drones, cameras, sensors, and stratospheric airships. These technologies are proposed as a longitudinal platform for real-time surveillance and data collection across critical locations like Arafat, Muzdalifah, and Mina. By layering these tools, we aim to provide a comprehensive system that ensures the safety and management of millions of pilgrims.

As a conceptual study, we explore how real-time data from these aerial platforms can be integrated with AI systems to optimize crowd behavior prediction and intervention. This layered technological framework represents a forward-thinking approach to managing large-scale crowds, emphasizing the adaptation and adoption of existing technologies in the unique and complex context of the Hajj pilgrimage

3.1. Research Design: The study builds on existing literature across multiple disciplines, including urban labs, AI-driven crowd monitoring, and aerial surveillance technologies, to explore how these concepts can be adapted to the unique context of the Hajj pilgrimage. Rather than testing predefined hypotheses, the design emphasizes a flexible, investigative approach that allows for the integration of innovative ideas and technologies specifically suited for crowd management in mass gatherings. The research design focuses on identifying and evaluating technologies that can be tailored to the complex and dynamic environment of the Hajj. By exploring the potential of a multi-layered technological system—involving drones, cameras, sensors, and stratospheric airships—this study aims to build a conceptual model that enhances real-time situational awareness and predictive crowd behavior monitoring. This layered system is proposed as a solution for managing crowd density and ensuring safety at key locations, such as Arafat, Muzdalifah, and Mina, laying the foundation for future practical applications of the Hajj Lab.

3.2. Data Collection Methods: As an exploratory study, secondary data from existing literature forms the foundation of the analysis. No primary data is collected; instead, past studies on crowd management technologies, AI integration, and aerial surveillance systems are reviewed. These sources help develop the theoretical model, ensuring the proposed framework is grounded in existing knowledge and applicable to large-scale events like Hajj.

4. Results

4.1. The Hajj Lab and utilization of Stratospheric Airship: The Hajj Lab is a comprehensive platform designed to enhance real-time crowd management during Hajj by integrating data from various sources. Building on Saudi Arabia's expertise in AI-driven crowd control, the platform integrates real-time data analysis and predictive modeling to optimize crowd management strategies. The framework collects information from ground-based sensors, CCTV networks, aerial surveillance via stratospheric airships and drones, and real-time inputs from on-site staff. Ground sensors and CCTV cameras monitor crowd density, movement patterns, and environmental conditions in fixed locations, while aerial technologies provide wide-area coverage and 3D mapping of larger pilgrimage routes. On-site staff, equipped with mobile devices, add ground-level observations and incident reports to the data pool, creating a multi-layered picture of the entire Hajj environment. At the heart of the Hajj Lab is its AI-driven command center, which processes all incoming data to identify trends, detect potential risks, and predict crowd behavior. Similar to how urban labs function in cities, the Hajj Lab applies machine learning models to forecast crowd bottlenecks or overcrowded areas. The platform can suggest proactive interventions like opening new routes or rerouting pilgrims based on these real-time predictions, ensuring that crowd control measures are both anticipatory and responsive. This predictive capability reduces the chance of dangerous incidents and enhances the overall flow and safety of pilgrims.

Figure 2: The Hajj Lab Real time Management Framework – (Developed by Author).

The Hajj Lab's innovation lies in its ability to seamlessly combine multiple data streams into one integrated system, where each technology complements the other. While drones focus on high-density zones and CCTV cameras provide detailed fixed-location monitoring, stratospheric airships offer continuous, wide-area coverage from high altitudes. The AI system fuses all these data inputs to provide a comprehensive dashboard for decision-makers, offering real-time actionable insights. This multi-tiered approach allows authorities to maintain situational awareness across the entire Hajj event, reinforcing Saudi Arabia's leadership in smart crowd management and large-scale event planning.

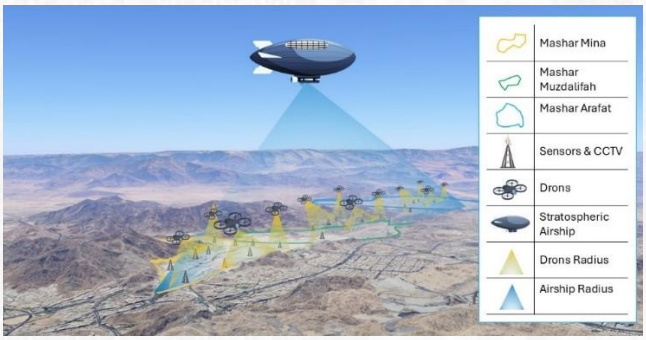


Figure 3 The Hajj Lab: Integrating Multi-Tiered Data Streams for Comprehensive Crowd Management – (Developed by Author)

4.2. Optimization Techniques for Weather Resistance: The design and optimization of stratospheric airships must priorities weather durability to enhance operational efficiency and reliability. A recent study explored the multidisciplinary optimization of solar-powered airships, emphasizing the effectiveness of hybrid algorithms in achieving optimal design solutions (Tang et al., 2023). The research compared the convergence history of different algorithms, including MIGA, NLPQL, and a hybrid approach, finding that the hybrid method demonstrated superior convergence rates and retrieval efficiency.

A comparison between a standard baseline airship and an optimized model revealed significant improvements in key configuration parameters. The optimized airship achieved a 19.83% reduction in volume, a 1.5% decrease in length, and a reduction in mass for critical components such as the solar array, storage battery, and overall energy system. As a result, there was an overall mass reduction of 19.82%, alongside a 9.19% increase in the fineness ratio(Tang et al., 2023) .

The optimization process also placed special emphasis on the layout and positioning of the solar array. The methodology involved integrating various disciplines to develop an optimal design for solar-powered stratospheric airships. By utilizing numerical methods to calculate solar array output power and employing hybrid algorithms for optimization, the research made significant strides toward creating more efficient and weather-resistant designs.

In summary, focusing on weather durability through multidisciplinary strategies and hybrid algorithms is essential for improving the performance and ensuring the reliable operation of stratospheric airships under varying environmental conditions

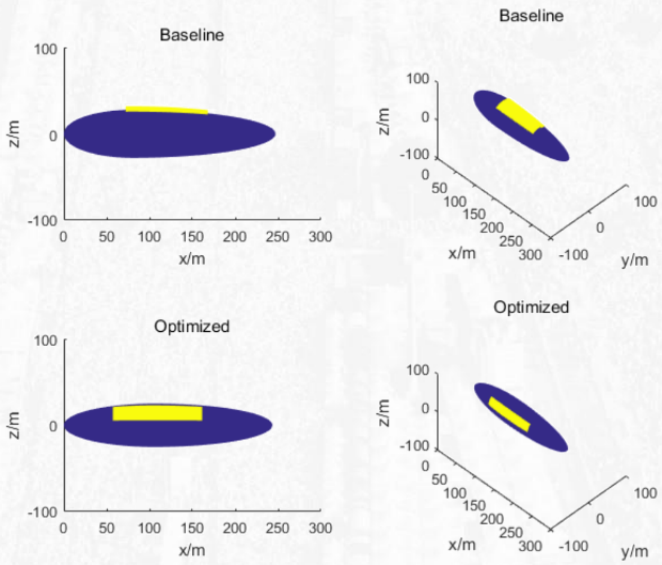


Figure 4: Comparison of the shape and platform of the solar array for baseline and the optimized airship. source: (Tang et al., 2023)

4.3. Design Considerations for Airship Deployment: When designing stratospheric airships for deployment above Arafat, Muzdalifah, and Mina, several critical factors must be considered to ensure effective performance. One of the main considerations is optimizing the airship's design for weather resistance and surveillance capabilities. Solar-powered airships present a challenge in balancing energy collection and consumption, especially given the diverse environmental conditions prevalent in the region. Therefore, it is vital to focus on managing energy efficiently through collection, storage, and consumption to support surveillance missions.

The size and configuration of the airship significantly influence solar energy production efficiency. Adjustments to the airship's dimensions can affect thrust power requirements and the energy generated by solar arrays. Consequently, careful consideration should be given to aligning the power and propulsion systems with aerodynamic needs to achieve an optimal design (Lyu et al., 2024).

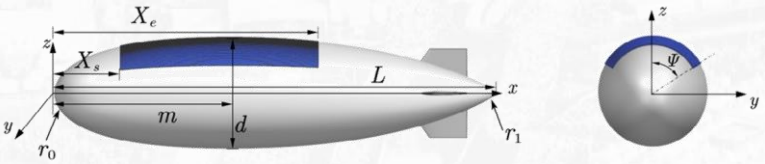


Figure 5. Schematic diagram of the shape parameters of the airship Source (Lyu et al., 2024)

Deployment strategies must also tackle real-time data transmission challenges to facilitate efficient crowd monitoring during Hajj. Establishing robust communication systems that can relay surveillance data from the airships back to central command centers is crucial for timely decision-making and emergency responses.

Integrating the information at the Hajj Lab and the utilization of AI further enhances crowd management by allowing for the analysis of surveillance data to identify potential issues or areas of concern. By incorporating AI algorithms into crowd monitoring systems, decision-makers can obtain actionable insights that aid in proactive planning and response during large-scale events like Hajj. In summary, designing stratospheric airships for the Hajj Lab necessitates a focus on key aspects such as weather resistance, energy management, real-time data transmission, and AI integration. Addressing these elements in the deployment strategy will enhance the capacity to monitor crowds effectively and improve overall decision-making processes during this significant yearly event.

4.4. Challenges and Solutions for Real-Time Data Transmission in the Hajj Lab: Implementing the Hajj Lab as an integrated platform for real-time crowd management presents numerous logistical, operational, and technological challenges. The sheer scale of the Hajj event, which involves millions of pilgrims, requires seamless coordination among diverse stakeholders, including government agencies, private firms, and security teams. Varied interests and conflicting priorities among these groups can lead to inefficiencies and missed opportunities for data sharing and integrated planning. Establishing a collaborative framework is essential but difficult to maintain, especially when trying to align different organizational goals. The complexity of integrating advanced technologies like stratospheric airships, drones, and AI platforms into a single system adds another layer of challenge. Technical reliability is a key concern, as even minor glitches or equipment failures could lead to significant disruptions, underlining the need for robust backup systems and a resilient infrastructure.

A major challenge lies in real-time data transmission. Stratospheric airships, while capable of providing wide-area surveillance, are susceptible to environmental factors such as unpredictable wind conditions, which can affect stability and transmission reliability. To overcome this, trajectory optimization using advanced algorithms like deep reinforcement learning can adjust flight paths dynamically in response to changing conditions. However, regulatory hurdles also arise, as airships require careful coordination with aviation authorities and allocation of airspace, complicating their deployment. Additionally, communication protocols need improvement to handle the large volumes of data generated by drones and airships. Traditional systems that process data only after full reception can cause delays in critical situations. Implementing adaptive communication protocols and enabling partial data processing during transmission can reduce latency and ensure faster decision-making in emergency scenarios.

Beyond technical and logistical challenges, ethical considerations surrounding privacy and data use are paramount in the implementation of the Hajj Lab. The extensive surveillance required for real-time monitoring raises questions about the protection of pilgrims' personal information and the potential misuse of data. Transparent data governance policies and strict ethical oversight mechanisms are necessary to ensure that privacy rights are respected. The perception of constant surveillance could also impact the pilgrims' experience, leading to concerns over privacy violations and reluctance to engage with such technologies. Public education on the benefits of these systems, while addressing privacy concerns, is crucial to ensure trust and cooperation. Developing a comprehensive framework that balances effective crowd management with ethical considerations is essential to the success of the Hajj Lab.

In conclusion, while the Hajj Lab offers innovative solutions for managing the large-scale crowd dynamics of the Hajj pilgrimage, its successful implementation requires careful consideration of technical, logistical, and ethical challenges. By addressing these issues through collaboration, advanced technologies, and transparent policies, the Hajj Lab has the potential to significantly improve crowd management, ensuring the safety and well-being of pilgrims during this important religious event.

5. Discussion

The implications of employing the Hajj Lab as an integrated platform for crowd management during the Hajj are manifold. First and foremost, the fusion of real-time data collection via stratospheric airships with traditional surveillance methods marks a significant advancement in understanding crowd dynamics. This multi-faceted approach not only enhances the accuracy and immediacy of crowd estimates but also enables a more nuanced understanding of pilgrim behaviors and movement patterns. The ability to gather high-resolution 3D data is particularly crucial for identifying potential bottlenecks and high-risk areas, allowing for prompt interventions based on predictive analytics. This aligns with earlier findings that emphasize the necessity of continuous monitoring systems in mass gatherings to mitigate safety hazards (Haghani et al., 2023).

In exploring the operational challenges and benefits of the Hajj Lab platform, it becomes clear that the integration of advanced technologies is paramount. The collaboration between stratospheric airships and ground-based technologies enables a comprehensive monitoring framework that surpasses previous limitations experienced with individual systems. For instance, while drones provide valuable aerial perspectives, their limited operational time and coverage can hinder extensive data gathering. Conversely, stratospheric airships offer a persistent presence, ensuring extensive monitoring capabilities that can inform real-time decision-making processes. This integration of systems enriches data analytics through AI, allowing for the formulation of predictive models that are vital for anticipating crowd movements and mitigating risks before they escalate into crises. This multi-layered surveillance system, therefore, holds the potential to revolutionize the way large-scale crowds are managed, not only during Hajj but also at other significant global events (E. Felemban et al., 2020; Willard R Espy, 2001).

Furthermore, the Hajj Lab's innovative approach to real-time monitoring directly impacts the safety and well-being of millions of pilgrims. As this study suggests, the ability to preemptively identify areas at risk of overcrowding or other dangers can significantly reduce the likelihood of incidents, ensuring a more secure and efficient pilgrimage experience. By leveraging AI-driven predictive analytics, Hajj officials can anticipate problems before they escalate, allowing for proactive management of the crowd (Abalkhail & Al Amri, 2022). This system goes beyond mere response to incidents—it actively enhances situational awareness, enabling authorities to intervene in real time to avoid dangerous scenarios.

Enhancing the AI-driven predictive analytics requires discussing the types of AI models best suited for analyzing crowd behavior in a dynamic environment like Hajj. Recurrent Neural Networks (RNNs), particularly Long Short-Term Memory (LSTM) networks, are well-suited for time-series predictions, allowing them to track crowd movements over time and predict congestion at key locations like the Jamaraat Bridge. Convolutional Neural Networks (CNNs), on the other hand, excel at real-time video analysis, making them ideal for processing video feeds from aerial surveillance and detecting abnormal crowd behavior, such as sudden movements or stampede risks. Combined with reinforcement learning, these models can be adapted for various scenarios. For example, predictive analytics could monitor crowd density at bottlenecks in Arafa in "Nafrah" time and suggest rerouting when necessary, or analyses environmental data to anticipate changes in crowd behavior during extreme weather. In medical emergencies, AI detect early signs of crises and use deep Q-learning to optimise the deployment of medical personnel. These AI systems would enable real-time, proactive interventions, ensuring that the Hajj Lab effectively manages both expected and unexpected challenges.

The operational framework of the Hajj Lab also pioneers new methodologies for crowd management during large-scale events. As noted, the system integrates various technologies, each complementing the other, to provide a holistic view of crowd dynamics. This integrated framework is not limited to Hajj; it holds significant potential for application in other contexts, such as religious festivals, concerts, or public celebrations. With the rising complexity of global events necessitating enhanced safety measures, the methodologies developed through the Hajj Lab may offer critical insights into the future of large-scale event management, providing a blueprint for other venues seeking to improve crowd control measures.

Ultimately, the successful implementation of the Hajj Lab could extend beyond immediate crowd management, informing long-term urban planning and infrastructure development. The data gathered through such a comprehensive system can provide authorities with insights into patterns of crowd movement, helping shape future developments that cater to the needs of mass gatherings. In this sense, the Hajj Lab not only addresses present challenges but also serves as a foundational step towards sustainable crowd management strategies for the future.

6. Conclusion and Recommendation

The Hajj Lab represents a groundbreaking advancement in crowd management, especially for large-scale events like the Hajj pilgrimage. By integrating cutting-edge technologies such as stratospheric airships, drones, and AI-driven analytics, this platform offers a real-time, multi-dimensional view of crowd dynamics that traditional systems cannot achieve. The ability to gather high-resolution 3D data and employ predictive models ensures that authorities can make proactive, data-driven decisions, significantly enhancing the safety and efficiency of managing millions of pilgrims. This marks a major shift in how large-scale crowd events are monitored and managed, moving from reactive to preventive approaches.

The implications of the Hajj Lab extend far beyond immediate crowd control. The data gathered through this integrated platform provides valuable insights that can be used for long-term urban planning and infrastructure development, particularly in areas that regularly host large gatherings. Furthermore, this innovative approach sets a new benchmark for how technology can be leveraged to improve crowd management on a global scale. As the challenges of large-scale events grow, the Hajj Lab offers a scalable model that can be adapted to various contexts, positioning Saudi Arabia as a leader in crowd management innovation.

7. Recommendations and Future Directions

To fully realize the potential of the Hajj Lab, several key areas need to be addressed. First, expanding the application of this framework to other large-scale events will not only enhance its utility but also ensure that the methodologies developed through the Hajj Lab are scalable and adaptable. Collaboration between event organizers, urban planners, and technology providers is essential to fine-tune the system's effectiveness and ensure that it meets the diverse challenges of different environments. Additionally, a strong emphasis must be placed on ethical considerations, particularly in the area of data privacy and surveillance, to build public trust and ensure transparency in the use of advanced monitoring technologies.

1. While initially developed for Hajj, the Hajj Lab framework should be expanded and adapted for use at other mass gatherings, such as global festivals, sporting events, and concerts, where crowd management challenges are similar.
2. Develop cooperative frameworks that bring together urban planners, data scientists, event organizers, and security officials to integrate technology smoothly and address the unique challenges of large-scale events.
3. Implement clear and transparent data governance policies to ensure the ethical collection and use of data, safeguarding privacy and gaining public trust in the deployment of these technologies.

Looking ahead, the Hajj Lab holds immense potential for further development and application. While it has already shown promise in enhancing real-time crowd management during Hajj, there are several areas where this innovative platform can continue to evolve. The integration of new technologies, refinement of predictive models, and focus on sustainability are key to ensuring that the Hajj Lab remains at the forefront of crowd management solutions. Moreover, its potential for informing long-term urban planning and improving infrastructure is vast, allowing for better preparedness and efficiency in handling large-scale events. Expanding the reach of the Hajj Lab beyond Hajj and exploring its use in other global contexts will also be essential for shaping the future of event management.

1. Further develop AI and machine learning algorithms for more accurate predictions of crowd behaviors and early risk detection.
2. Explore eco-friendly technologies, such as solar-powered airships, to reduce the environmental impact of long-duration aerial surveillance.
3. Leverage data collected through the Hajj Lab to inform long-term urban planning strategies, improving infrastructure to better handle large crowds.
4. Position Saudi Arabia as a global leader in crowd management by sharing insights from the Hajj Lab with other international events, setting new standards in large-scale event safety and logistics.

Refrences

- Abalkhail, A. A. A., & Al Amri, S. M. A. (2022). Saudi Arabia's management of the Hajj season through artificial intelligence and sustainability. Sustainability (Switzerland), 14(21), 14142. https://doi.org/10.3390/su142114142
- Alabdulkarim, L., Alrajhi, W., & Aloboud, E. (2016). Urban analytics in crowd management in the context of Hajj. Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), 9742, 249-257. https://doi.org/10.1007/978-3-319-39909-6
- Almoaid, A., & Owaidah, A. (2007). Hajj crowd analysis: Incidents and solutions. M.S. in Information Systems.

- Al-Salhie, L., Al-Zuhair, M., & Al-Wabil, A. (2014). Multimedia surveillance in event detection: Crowd analytics in Hajj. Lecture Notes in Computer Science, 8518, 383-392. https://doi.org/10.1007/978-3-319-13329-4_33
- Al-Shaery, A. M., Ahmed, S. G., Aljassmi, H., Al-Hawsawi, A. N., Maksoud, N., Tridane, A., & Farooqi, N. S. (2023). Open dataset for predicting pilgrim activities for crowd management during Hajj using wearable sensors. Sensors, 23(5), 1025. https://doi.org/10.3390/s23051025
- Al-Wathinani, A., Hertelendy, A. J., Mobrad, A. M., Alhazmi, R., Althunayyan, S., Molloy, M. S., & Goniewicz, K. (2021). Emergency medical providers' knowledge regarding disasters during mass gatherings in Saudi Arabia. Sustainability, 13(6), 3342. https://doi.org/10.3390/su13063342
- Felemban, E. A., Rehman, F. U., Biabani, S. A. A., Ahmad, A., Naseer, A., Majid, A. R. M. A., & Zanjir, F. (2020). Digital revolution for Hajj crowd management: A technology survey. IEEE Access, 8, 208583-208609. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3037396
- Felemban, E., Sheikh, A. A., & Naseer, A. (2021). Improving response time for crowd management in Hajj. Computers, 10(4), 46. https://doi.org/10.3390/computers10040046
- Gazzawe, F., & Albahar, M. (2024). How Saudi Arabia is using AI and other high-tech solutions to streamline traffic during Hajj. Heliyon, 10(1).
- Halboob, W., Altaheri, H., Derhab, A., & Almuhtadi, J. (2024). Crowd management intelligence framework: Umrah use case. IEEE Access, 12, 6752-6767. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.6767
- Haghani, M., Coughlan, M., Crabb, B., Dierickx, A., Feliciani, C., van Gelder, R., & Wilson, A. (2023). A roadmap for the future of crowd safety research and practice: Introducing the Swiss Cheese Model of Crowd Safety and the imperative of a Vision Zero target. Safety Science, 168, 106292. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2023.106292
- Jabbari, A., Almalki, K. J., Choi, B. Y., & Song, S. (2019). ICE-MoCha: Intelligent crowd engineering using mobility characterization and analytics. Sensors, 19(5), 1025. https://doi.org/10.3390/s19051025
- Khan, K., Albattah, W., Khan, R. U., Qamar, A. M., & Nayab, D. (2020). Advances and trends in real-time visual crowd analysis. Sensors, 20(18), 5287. https://doi.org/10.3390/s20185287
- Liu, S., Zhou, S., Miao, J., Shang, H., Cui, Y., & Lu, Y. (2024). Autonomous trajectory planning method for stratospheric airship regional station-keeping based on deep reinforcement learning. Aerospace, 11(9), 753. https://doi.org/10.3390/aerospace11090753
- Lyu, W., Yang, Y., Miao, J., Cao, S., & Kong, L. (2024). Architecture preliminary design and trade-off optimization of stratospheric airship based on MBSE. Aerospace, 11(7), 753. https://doi.org/10.3390/aerospace11070753
- Quaium, M., Felemban, E., Preko, A., & Abalkhail, A. A. (2023). From pilgrimage to sustainable practice: Leveraging artificial intelligence for the future of Hajj. Journal of Sustainable Tourism.
- Shambour, M. K., & Gutub, A. (2022). Progress of IoT research technologies and applications serving Hajj and Umrah. Arabian Journal for Science and Engineering, 47(2), 1253. https://doi.org/10.1007/s13369-021-05993-4
- Sharma, V., Kumar, N., & Chilamkurti, N. (2016). High-altitude platform for wireless sensor networks and IoT applications: A review. IEEE Communications Surveys & Tutorials.
- Tang, J., Xie, W., Zhou, P., Yang, H., Zhang, T., & Wang, Q. (2023). Multidisciplinary optimization and analysis of stratospheric airships powered by solar arrays. Aerospace, 10(1), 43. https://doi.org/10.3390/aerospace10010043
- Tambo, E., El-Dessouky, A. G., Khater, E. I., & Xianonng, Z. (2020). Enhanced surveillance and response approaches for pilgrims and local Saudi populations against emerging Nipah, Zika, and Ebola viral diseases outbreak threats. Journal of Infection and Public Health, 13(5), 674-678. https://doi.org/10.1016/j.jiph.2020.04.009
- Zhao, H., Thrash, T., Kapadia, M., Wolff, K., Holscher, C., Helbing, D., & Schinazi, V. R. (2020). Assessing crowd management strategies for the 2010 Love Parade disaster using computer simulations and virtual reality. Journal of the Royal Society Interface, 17(167). https://doi.org/10.1098/rsif.2020.0116

Theme of Promoting Health and Safety in Mass Gatherings Management

Assessment of Influenza Vaccine knowledge and uptake by Umrah Visitors

Noura Alshammary[*1], Bayan Alshareef[2], Rehab Gaafr[3] and Heba Dosh[4]

[1*] health care strategy, Madinah Health Cluster

[2]Hajj and Umrah Research, King Abdullah Medical City

[3]Public Health & Preventive Medicine, King Abdullah Medical City

[4]Umm Alquraa University, college of Medicine

[*]Corresponding author: E-mail (dr-noura.saud@hotmail.com)

تقييم المعرفة عن لقاح الإنفلونزا وتلقي اللقاح من قبل المعتمرين

نورا الشمري*[1]، بيان الشريف[2]، رحاب جعفر[3]، هبه دوش[4]

استراتيجيات الرعاية الصحية, تجمع المدينة الصحي*[1]

بحوث الحج والعمرة, مدينة الملك عبدالله الطبية[2]

الصحة العامة والطب الوقائي, مدينة الملك عبدالله الطبية[3]

كلية الطب والجراحة,جامعة ام القري[4]

Abstract

Background/Aim: Umrah is one of the largest annual mass gatherings in the world, presenting substantial public health challenges due to the dense congregations of pilgrims, increasing the risk of respiratory infections. This study evaluates the uptake of influenza vaccinations and the vaccine knowledge among pilgrims in 2024. Materials and Methods: This cross-sectional study surveyed 572 pilgrims in Makkah during Ramadan 2024 using a structured electronic questionnaire. Data collected included demographic details, vaccination history and knowledge of influenza. The study settings included hotels near Masjid Al-Haram, Al-Rajhi Mosque Square, and the train station in Mecca. Results: Among the participants, only 37.8% reported receiving the influenza vaccine. A significantly lower vaccine uptake was observed among pilgrims with chronic diseases (34.3%, p=0.004) compared to healthy individuals. Additionally, males exhibited a higher vaccination rate (44.4%, p=0.005) than females. The association between vaccine knowledge and uptake showed statistical significance; participants with good knowledge had a vaccine uptake rate of 44.7% (p=0.049), contrasting with a 31.8% uptake for those with poor knowledge (p=0.085). Conclusion: Due to limitations in studies highlighting the importance of vaccination for Umrah pilgrims, this study's findings show a critical need for improved health education and intervention strategies to increase influenza vaccine uptake among Umrah pilgrims. Future research should evaluate the effectiveness of tailored health communication strategies over time to enhance preventive behaviors in this high-risk setting.

Keywords: Umrah, influenza vaccination, pilgrims, Saudi Arabia

1. Introduction

Mass gatherings (MGs) according to the World Health Organization, are defined as an assembly of people for a specific purpose in a particular area for a set period that has the potential to strain the planning and response resources of the

host country or community (1). Umrah is one of the largest annual mass gatherings in the world, and every year, millions of Muslims from all over the world gather in Saudi Arabia (2). According to the information provided by the Ministry of Hajj and Umrah for internal and exterior pilgrims, there were 24,715,307 pilgrims in 2022 (3). Overcrowding at Umrah has a significant risk of acquisition and transmission and development of respiratory illnesses. Promoting vaccination among pilgrims can significantly reduce the risk of outbreaks, protect vulnerable populations, and ensure the safety of both participants and local communities(4) (5). Several studies have documented the importance of influenza vaccination during mass gatherings (6) (7) (8). Influenza vaccine uptake is closely linked to the level of knowledge and awareness about the vaccine among individuals. Research consistently shows that people who understand the benefits of the influenza vaccine are more likely to get vaccinated. Influenza vaccination is mandatory for pilgrims participating in the Hajj, reflecting the Saudi government's commitment to public health during this large-scale religious gathering. In contrast, the Umrah pilgrimage does not have a similar vaccination mandate. This discrepancy highlights the need for greater awareness and voluntary vaccination efforts for Umrah pilgrims, as they also face similar risks in crowded settings, albeit on a smaller scale. Therefore, this study aims to measure the vaccine uptake among pilgrims during Umrah and to assess the knowledge of the influenza vaccine.

2. Methodology (Materials and methods)

This study employs a cross-sectional design focused on Umrah pilgrims in Makkah, Saudi Arabia, during the 2024 Umrah season. The target population included all individuals participating in Umrah in 2024. Inclusion criteria consist of participants aged 18 years and older, regardless of gender, who visited the Holy Masjid during the Umrah season. Exclusion criteria will apply to individuals who do not meet the eligibility criteria and those who do not speak either English or Arabic. Data was collected with a survey targeted any Muslim visiting the Holy Masjid in 2024. Convenience method of sampling was used to recruit participants.

A valid and reliable questionnaire was used and it was available in both Arabic and English, distributed via Google Forms. The questionnaire has 3 parts: part one included questions related to demographics, including age, gender, marital status, the field of education, and questions related to flu vaccination status. Part two of the questionnaire consisted of thirteen true and false statements related to the knowledge of pilgrims about the flu vaccine. These items were 1 for correct answers and 0 for wrong and do not know responses. The maximum cumulative knowledge score was 13. The knowledge score was further categorized into three levels, i.e., poor knowledge (score 5), moderate knowledge (score 6 to 9), and good knowledge (score 10). Part three consisted of questions identifying the barriers influencing the receipt of the flu vaccine. Data was recorded in an Excel sheet, with subsequent analysis performed using SPSS software version 23. The Ethical approval was obtained from King Abdullah Medical City.

3. Results and Discussion

A total of 572 individuals who visited Makkah for Umrah performance were involved in this study, Table 1 shows the demographic characteristics of participants in the study, (n=284, 69.9%) of the sample were Saudi, while Egyptian represent (n=45,7.9%) of them. There was an almost equal distribution of males (n=284,49.7%) and females (n=288,50.3%) gender.

The mean age of our participants is 35 ± 13. Regarding education level, (n= 275, 48.1%) of our sample had a bachelor's degree, while secondary school or less and master's degree or above represent (n=58,10.1%), (n= 58,10.1%) respectively. Most of the participants free of chronic diseases (n= 440,76.9%).

Table 1: Demographic data of participants		Frequency	%
Nationalities	Saudi	398	69.6
	Egyptian	45	7.9
	Algerian	12	2.1
	Moroccan	13	2.3
	Kuwaiti	11	1.9
	Emirati	14	2.4
	Omani	4	0.7
	American	4	0.7
	British	3	0.5
	Yemeni	14	2.4
	Jordan	8	1.4
	Syrian	5	0.9
	Iraqi	2	0.3
	Indian	4	0.7
	Pakistani	3	0.5
	Sudanese	4	0.7
	Somali	3	0.5
	South East of Asia	6	1.0
	Other	14	2.4
Gender	Male	284	49.7
	Female	288	50.3
Education level	Secondary school or less	58	10.1
	high school/ Diploma	181	31.6
	Bachelor's	275	48.1
	Master's degree and above	58	10.1
Chronic diseases	No chronic diseases	440	76.9
	two chronic diseases or more	24	4.2
	HTN or DM2	56	9.8
	BA	25	4.4
	other	27	4.7

As shown in Table 2, Most of the participants (356,62.2%) did not receive influenza vaccine. Regarding influenza vaccine knowledge, almost half of the participants had moderate knowledge (n=290,50.7%) while only (n=103,18%) had good knowledge.

Table (2): influenza vaccine uptake and Knowledge		Frequency	%
Vaccination status	Not vaccinated	356	62.2
	Influenza vaccination	216	37.8
Vaccine knowledge	Poor knowledge	179	31.3
	Moderate knowledge	290	50.7
	Good knowledge	103	18.0

The results show that, the influenza vaccine uptakes are higher among healthy individuals (n= 65, 49.2%), otherwise, the majority of participants with chronic diseases did not uptake the influenza vaccine (n=289,65.7%) table (3).

Table (3): association of influenza vaccine uptake and other variables

Variable		influenza vaccine status		
		Not vaccinated	Vaccinated	*P*-value
Chronic dx	Yes	289(65.7%)	151(34.3%)	0.002
	No	67(50.8%)	65(49.2%)	
Gender	Male	158 (55.6%)	126(44.4%)	0.001
	Female	198(68.8%)	90(31.3%)	

Nationality	Saudi	261(65.6%)	137(34.4%)	0.013
	Non-Saudi	95(54.6%)	79(45.4%)	
Influenza vaccine Knowledge	Poor	122(68.2%)	57(31.8%)	0.085
	Moderate	177(61.0%)	113(39.0%)	
	Good	57(55.3%)	46(44.7%)	

Table 4 provides insights into potential predictors of influenza vaccine uptake among the study participants. Although it suggested higher odds of influenza vaccine uptake among Males, indicating a potential gender-related trend (P=0.005).

Table 4: Findings of logistic regression model for potential predictors of influenza vaccine uptake					95% C.I.	
Predictors	Category	Reference group	P value	Odd ratio	Lower	Upper
Gender	Male	Female	0.005	0.607	.427	.863
Saudi	Saudi	Non-Saudi	.149	1.054	.981	1.131
Chronic diseases	Absent	Present	.004	1.798	1.205	2.683
knowledge	Moderate	Good	.049	.599	.359	.999
	Poor	Good	.447	.835	.525	1.329

Our study reveals that a substantial majority of participants (62.2%) did not receive the influenza vaccine. This rate of non-vaccination is concerning given the crowded conditions of Umrah, which facilitate the rapid spread of respiratory infections. These findings align with previous research indicating varying rates of vaccine uptake among pilgrims, often influenced by factors, such as national vaccination policies and public health campaigns in their home countries (4). For instance, a study on Malaysian pilgrims during the 2018 Hajj season showed a comparable low rate of influenza vaccination, which was attributed to limited access to vaccines and variable public health strategies across different regions (11). The influenza vaccine uptake among participants was relatively low, with only 37.8% reporting having received the vaccine, as shown in Table 2. This low uptake rate is concerning, given the potential for influenza outbreaks in mass gatherings.

Our logistic regression model indicated that gender was a significant predictor of influenza vaccine uptake, with males showing higher odds of receiving the vaccine compared to females. This finding aligns with existing literature suggesting that men are generally more likely to get vaccinated than women. Schmid et al. (2017) have highlighted gender differences in health behaviors, noting that women often exhibit higher levels of vaccine hesitancy due to concerns about side effects and doubts about vaccine efficacy (23). Nationality was not found to be a statistically significant predictor of influenza vaccine uptake in our study. This suggests that, within our sample, nationality did not play a substantial role in influencing vaccination behavior. This finding contrasts with some previous studies that have reported significant differences in vaccine uptake based on nationality, often attributed to variations in healthcare access, cultural beliefs, and health literacy (21,26). The presence of chronic diseases was found to be a significant predictor, with healthy participants being more likely to receive the vaccine (odds ratio = 1.798, p = 0.004). This is an important observation as it highlights the need for targeted interventions to encourage vaccination among those with chronic conditions, who are at a higher risk of severe complications from influenza (23). The presence of chronic diseases was found to be a significant predictor, with healthy participants being more likely to receive the vaccine (odds ratio = 1.798, p = 0.004). This is an important observation as it highlights the need for targeted interventions to encourage vaccination among those with chronic conditions, who are at a higher risk of severe complications from influenza (23).

Regarding vaccine knowledge, our results indicated that only a small rate of participants (18%) had good knowledge about the influenza vaccine, while approximately half had moderate knowledge (50.7%). This level of awareness is critical, as it directly impacts the likelihood of vaccine uptake. Comparable studies have shown similar patterns, where

knowledge gaps significantly contribute to low vaccination rates. For instance, research conducted by Barasheet et al. (2014) during the 2014 Hajj season observed that enhanced educational efforts following the H1N1 pandemic led to increased awareness and vaccination rates among pilgrims from certain countries (18). In particular, a study by Haridi et al. (2017) found that individuals with higher knowledge levels about influenza and its vaccine were more likely to be vaccinated (19). A study by Alqahtani et al. (2019) on Hajj pilgrims found similar trends, where increased knowledge about the influenza vaccine correlated with higher vaccination rates (20). Furthermore, the demographic characteristics influencing vaccine uptake in our study mirror those observed in previous research. A study by Memish et al. (2015) has documented that higher educational levels and the absence of chronic diseases are associated with better preventive practices, including vaccination (21).

This study's limitations include potential biases stemming from the use of a self-administered questionnaire, which may lead to self-reporting inaccuracies. The sample might not fully represent all pilgrims' demographics, particularly those from diverse socio-economic backgrounds or varying educational levels. Additionally, the cross-sectional nature of the study limits the ability to establish causality between observed behaviors and influenza vaccination uptake. Further research might need to employ a longitudinal approach to better understand changes in pilgrim behavior over time and the impact of interventions.

4. Conclusions

Enhanced influenza vaccine uptake and improved preventive practices are essential for Umrah pilgrims, given the challenges posed by these mass gatherings. To achieve higher vaccination rates and better health outcomes, there is a pressing need for more effective educational campaigns that are tailored to the diverse cultural and linguistic backgrounds of pilgrims. Many pilgrims may be unaware of the risks associated with influenza, especially in crowded settings. To address this, health authorities can implement targeted educational campaigns that provide information about the benefits of vaccination and potential health risks during the pilgrimage. Moreover, offering on-site vaccination clinics at departure points and providing easy access to vaccines can significantly increase uptake. Collaborating with religious leaders or mosques Imams, Umrah companies and tourism companies to spread awareness during community gatherings can also encourage more pilgrims to get vaccinated, ensuring a safer experience. Future directions should include implementing longitudinal studies to assess the long-term efficacy of these interventions and exploring innovative communication strategies to address persistent barriers to vaccine acceptance. Such efforts are crucial for safeguarding the health of pilgrims and preventing the spread of infectious diseases during these significant religious events.

References

1. Hoang VT, Gautret P. Infectious Diseases and Mass Gatherings. Curr Infect Dis Rep [Internet]. 2018;20(11):44. Available from: https://doi.org/10.1007/s11908-018-0650-9
2. Mahdi HA, Assaggaf HM, Alfelali M, Ahmed OB, Alsafi R, Shaban RZ, et al. Hand hygiene knowledge, perception, and practices among domestic visitors to the prophet's mosque in al madinah city amid the covid-19 pandemic: A cross-sectional study. Int J Environ Res Public Health. 2021;18(2):1–11.
3. General Authority for Statistics. Umrah statistics publication [Internet]. 2024 [cited 2024 Jul 19]. Available from: https://www.stats.gov.sa/en/862

4. Alfelali M, Barasheed O, Badahdah AM, Bokhary H, Azeem MI, Habeebullah T, et al. Influenza vaccination among Saudi Hajj pilgrims: Revealing the uptake and vaccination barriers. Vaccine [Internet]. 2018;36(16):2112–8. Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264410X18303438
5. Alasmari AK, Edwards PJ, Assiri AM, Behrens RH, Bustinduy AL. Use of face masks and other personal preventive measures by Hajj pilgrims and their impact on health problems during the Hajj. J Travel Med [Internet]. 2020 Dec 1;27(8):taaa155. Available from: https://doi.org/10.1093/jtm/taaa155
6. Mahdi H, Alqahtani A, Barasheed O, Alemam A, Alhakami M, Gadah I, et al. Hand hygiene knowledge and practices among domestic hajj pilgrims: implications for future mass gatherings amidst COVID-19. Trop Med Infect Dis. 2020;5(4).
7. Tobaiqy M, Alhasan AH, Shams MM, Amer SA, Maclure K, Alcattan MF, et al. Assessment of preventative measures practice among umrah pilgrims in saudi arabia, 1440h-2019. Int J Environ Res Public Health. 2021;18(1):1–16.
8. OpenEpi Menu. Open Source Epidemiologic Statistics for Public Health [Internet]. 2022 [cited 2024 Jul 19]. Available from: https://www.openepi.com/Menu/OE_Menu.htm
9. Benkouiten S, Brouqui P, Gautret P. Non-pharmaceutical interventions for the prevention of respiratory tract infections during Hajj pilgrimage. Travel Med Infect Dis [Internet]. 2014;12(5):429–42. Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1477893914001227
10. Commodari E. The Role of Sociodemographic and Psychological Variables on Risk Perception of the Flu. Sage Open [Internet]. 2017 Jul 1;7(3):2158244017718890. Available from: https://doi.org/10.1177/2158244017718890
11. Dauda Goni M, Hasan H, Naing NN, Wan-Arfah N, Zeiny Deris Z, Nor Arifin W, et al. Assessment of Knowledge, Attitude and Practice towards Prevention of Respiratory Tract Infections among Hajj and Umrah Pilgrims from Malaysia in 2018. Vol. 16, International Journal of Environmental Research and Public Health. 2019.
12. Ridda I, Mansoor S, Briggs R, Gishe J, Aatmn D. Preparedness for Mass Gathering During Hajj and Umrah BT - Handbook of Healthcare in the Arab World. In: Laher I, editor. Cham: Springer International Publishing; 2021. p. 1215–35. Available from: https://doi.org/10.1007/978-3-030-36811-1_48
13. Alfelali M, Koul PA, Rashid H. Pandemic Viruses at Hajj: Influenza and COVID-19 BT - Handbook of Healthcare in the Arab World. In: Laher I, editor. Cham: Springer International Publishing; 2021. p. 1249–66. Available from: https://doi.org/10.1007/978-3-030-36811-1_50
14. Salim Parker JG. CDC Yellow Book 2024. 2024 [cited 2024 Jul 19]. Saudi Arabia: Hajj & Umrah Pilgrimages. Available from: https://wwwnc.cdc.gov/travel/yellowbook/2024/itineraries/saudi-arabia-hajj-and-umrah-pilgrimages
15. Hashim S, Ayub ZN, Mohamed Z, Hasan H, Harun A, Ismail N, et al. The prevalence and preventive measures of the respiratory illness among Malaysian pilgrims in 2013 hajj season. J Travel Med [Internet]. 2016 Mar 1;23(2):tav019. Available from: https://doi.org/10.1093/jtm/tav019
16. Alfelali M, Barasheed O, Koul P, Badahdah AM, Bokhary H, Tashani M, et al. Influenza vaccine effectiveness among Hajj pilgrims: a test-negative case-control analysis of data from different Hajj years. Expert Rev Vaccines [Internet]. 2019 Oct 3;18(10):1103–14. Available from: https://doi.org/10.1080/14760584.2019.1646130
17. Barry MA, Aljammaz KI, Alrashed AA. Knowledge, Attitude, and Barriers Influencing Seasonal Influenza Vaccination Uptake. Can J Infect Dis Med Microbiol [Internet]. 2020 Jan 1;2020(1):7653745. Available from: https://doi.org/10.1155/2020/7653745
18. Barasheed O, Rashid H, Heron L, Ridda I, Haworth E, Nguyen-Van-Tam J, et al. Influenza Vaccination Among Australian Hajj Pilgrims: Uptake, Attitudes, and Barriers. J Travel Med [Internet]. 2014 Nov 1;21(6):384–90. Available from: https://doi.org/10.1111/jtm.12146
19. Haridi HK, Salman KA, Basaif EA, Al-Skaibi DK. Influenza vaccine uptake, determinants, motivators, and barriers of the vaccine receipt among healthcare workers in a tertiary care hospital in Saudi Arabia. J Hosp Infect [Internet]. 2017;96(3):268–75. Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0195670117300919

20. Alqahtani AS, Althimiri NA, BinDhim NF. Saudi Hajj pilgrims' preparation and uptake of health preventive measures during Hajj 2017. J Infect Public Health [Internet]. 2019;12(6):772–6. Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876034119301406
21. Memish ZA, Assiri A, Turkestani A, Yezli S, al Masri M, Charrel R, et al. Mass gathering and globalization of respiratory pathogens during the 2013 Hajj. Clin Microbiol Infect [Internet]. 2015;21(6):571.e1-571.e8. Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1198743X15002967
22. Alhajji M, Alzeer AH, Al-Jafar R, Alshehri R, Alyahya S, Alsuhaibani S, et al. A national nudge study of differently framed messages to increase COVID-19 vaccine uptake in Saudi Arabia: A randomized controlled trial. Saudi Pharm J [Internet]. 2023;31(9):101748. Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1319016423002438
23. Schmid P, Rauber D, Betsch C, Lidolt G, Denker ML. Barriers of Influenza Vaccination Intention and Behavior — A Systematic Review of Influenza Vaccine Hesitancy, 2005 — 2016. PLoS One [Internet]. 2017 Jan 26;12(1):e0170550. Available from: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0170550
24. Alaamri O, Okmi EA, Suliman Y. Vaccine Hesitancy in Saudi Arabia: A Cross-Sectional Study. Vol. 7, Tropical Medicine and Infectious Disease. 2022.
25. Godinho CA, Yardley L, Marcu A, Mowbray F, Beard E, Michie S. Increasing the intent to receive a pandemic influenza vaccination: Testing the impact of theory-based messages. Prev Med (Baltim) [Internet]. 2016;89:104–11. Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0091743516301086
26. Alotaibi BM, Yezli S, Bin Saeed AAA, Turkestani A, Alawam AH, Bieh KL. Strengthening health security at the Hajj mass gatherings: characteristics of the infectious diseases surveillance systems operational during the 2015 Hajj. J Travel Med [Internet]. 2017 May 1;24(3):taw087. Available from: https://doi.org/10.1093/jtm/taw087

Proactive Health Interventions for Hajj Pilgrims Using IoT and AI

Mohammad Jassas, Ghada Alfattni*, Atheer Alhozali, Sara Alqurashi, Manar Aljohani, Mariam Khuzaie, Wed Alharbi

Computer Science Department, Jamum University College, Umm Alqura University

*Corresponding author: E-mail (gafattni@uqu.edu.sa)

نظام التدخلات الصحية الاستباقية لحجاج بيت الله الحرام باستخدام إنترنت الأشياء والذكاء الاصطناعي

محمد شرف جساس، غادةالفتني*، أثيرالهذلي، سارةالقرشي، منارالجهني، ريم الخزاعي، ود الحربي

قسم علوم الحاسب، الكلية الجامعية بالجموم، جامعة ام القري

Abstract

This study presents a novel health monitoring system designed to enhance the safety and well-being of pilgrims during the Hajj pilgrimage. The system leverages Internet of Things (IoT) devices, Artificial Intelligence (AI), and edge computing to enable real-time health data collection, analysis, and prediction. Wearable sensors, such as Bluetooth Low Energy (BLE) devices, continuously monitor vital signs like body temperature and blood oxygen levels. This data is transmitted to a mobile application and processed on an edge computing server, where advanced machine learning algorithms, including Random Forest and Artificial Neural Networks (ANNs), predict potential health risks. A dynamic task scheduling mechanism optimizes resource allocation, minimizing delays. By distributing computational tasks intelligently between cloud and edge environments, the system ensures efficient processing and timely alerts. Results demonstrated that Artificial Neural Networks (ANN) and Random Forest (RF) models were the strongest performers, with ANN achieving 72% accuracy, while RF showed balanced performance across metrics. The study recommends refining machine learning models using larger, diverse datasets and exploring advanced AI techniques to enhance predictive capabilities. The proposed system provides a proactive approach to healthcare during Hajj, offering early warnings for health issues and enabling timely interventions, which improves the overall pilgrimage experience and reduces the burden on medical personnel.

Keywords: Machine Learning, eHealth System, IoT, Hajj, Pilgrims, Health Monitoring

1. Introduction

The annual increase in the number of pilgrims and Umrah performers has created a pressing need for advanced healthcare systems capable of accurately monitoring and addressing the health needs of millions of pilgrims. Traditional healthcare approaches face significant limitations in managing the scale and complexity of health concerns during the Hajj pilgrimage, where overcrowding and extreme weather conditions place pilgrims at high risk for various health problems, including heatstroke, respiratory issues, and infectious diseases. In response to these challenges, the integration of Internet of Things (IoT) and Artificial Intelligence (AI) technologies presents a transformative solution to monitor, analyze, and proactively manage the health of pilgrims in real-time.

Modern IoT and AI technologies allow for the continuous collection and analysis of vital health data, enabling timely medical interventions that improve health outcomes. Wearable sensors, which monitor critical health indicators such as body temperature, heart rate, and blood oxygen levels, form the foundation of this system. These devices, integrated into an IoT-based infrastructure, collect real-time data that is then processed using AI algorithms to predict potential health risks before they escalate. AI's predictive capabilities can alert medical teams of emergencies, allowing for quicker responses and better allocation of healthcare resources. In addition, cloud and edge computing technologies play a pivotal role in ensuring that the massive amounts of data generated by these systems are processed efficiently and securely, facilitating informed and timely decision-making by healthcare providers.

The aim of this study was to evaluate the effectiveness of current IoT and AI-based health monitoring systems in improving healthcare for pilgrims. By reviewing available models and systems, the study also seeks to provide recommendations on how to enhance these technologies to achieve higher standards of safety, efficiency, and reliability in managing pilgrim health.

Thus, this research contributes to the field of pilgrim health management by:

- Developing a comprehensive system for real-time monitoring and analysis of pilgrim health data.
- Utilizing advanced machine learning techniques to accurately predict potential health risk.
- Implement a robust notification system to enable timely medical intervention.
- Providing a valuable tool for healthcare providers to improve the overall well-being of pilgrims.

Literature Review

Advancements in IoT and AI have significantly transformed healthcare, particularly in the realm of real-time health monitoring. IoT-based systems equipped with wearable sensors are widely used to monitor vital signs, predict chronic health issues, and offer personalized care through continuous data analysis (1,2). These systems have proven their value in various settings, especially during the COVID-19 pandemic, where remote monitoring and disease classification helped mitigate the spread of the virus while maintaining patient care (3). Beyond healthcare, IoT technologies have also been successfully applied in high-risk industries such as mining and manual scavenging, where real-time monitoring of workers' health and environmental conditions ensures safety (4). The integration of IoT and AI in healthcare has shown significant benefits, such as improving patient outcomes, reducing hospital stays, and enabling proactive interventions (5,6). During mass gatherings like the Hajj, these benefits are particularly valuable. Wearable devices, for instance, continuously monitor pilgrims' vital signs, including heart rate, blood pressure, and oxygen saturation, providing medical teams with critical data to assess emergency situations in real time (7,8). Machine learning (ML) models are then employed to analyze this data, automatically classifying emergency levels and prioritizing cases based on severity.

Research has also demonstrated the utility of IoT-enabled wearable devices in emergency settings, such as mass casualty incidents. These devices provide remote monitoring and automated triage, allowing for more efficient patient prioritization and faster medical response times (9). Specific sensor technologies, such as ceramic piezoelectric disks, have been developed to detect cardiac and respiratory events, offering enhanced accuracy in critical care scenarios (10).

In addition to real-time monitoring, AI-driven machine learning models have proven effective in improving triage processes in emergency departments. Studies have shown that these models can predict important health outcomes such as mortality rates, critical care needs, and hospitalization risks with high accuracy (11,12). Algorithms like XGBoost,

Random Forest, and Deep Neural Networks have been found to outperform traditional triage methods, making them valuable tools for predicting emergency levels based on patient data (13,14). Moreover, explainable AI techniques help increase transparency and trust in AI-based triage systems, which is crucial for widespread adoption in healthcare settings (12).

While existing studies have explored various aspects of pilgrim health management, a significant gap remains in the development of a comprehensive system that integrates real-time monitoring, predictive analytics, and efficient notification mechanisms. This research aims to address this gap by proposing a novel framework that combines these elements to enhance the overall effectiveness of pilgrim healthcare services. The use of IoT and AI technologies in proactive healthcare interventions during mass gatherings such as the Hajj has the potential to significantly reduce health risks, improve emergency response times, and enhance overall healthcare delivery. By leveraging real-time monitoring, predictive analytics, and machine learning, these systems offer a comprehensive approach to managing health during large-scale events. This study will further explore the effectiveness of these technologies in providing proactive healthcare solutions for Hajj pilgrims, with a focus on improving safety and optimizing healthcare resource allocation.

2. Methodology

2.1 System Architecture

The proposed system is designed to monitor the health status of Hajj pilgrims in real-time by collecting and analyzing data using IoT-based sensors, edge computing, and cloud platforms. It aims to predict potential health emergencies and send alerts to healthcare providers for immediate intervention. This methodology integrates data collection, analysis, and machine learning models to ensure accurate predictions and timely health interventions. The overall system architecture consists of three core components: IoT devices, Edge Computing, and a Cloud, as shown in Figure 1.

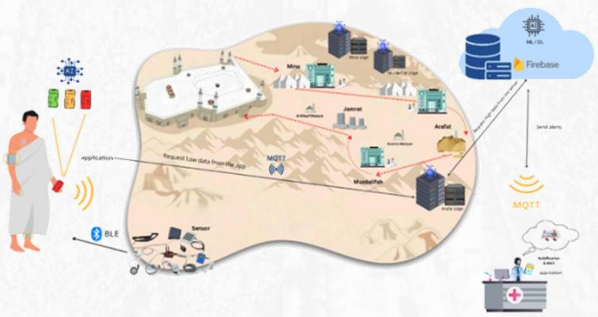


Figure 12: System Architecture

Edge Computing efficiently processes data from medical sensors, wearable devices, and smartphones, handling tasks that require more computational power than available locally. This involves offloading certain processing and analysis tasks, especially for moderate or abnormal readings, to the local server using MQTT. The server employs advanced AI techniques for pattern analysis, identifying critical health conditions that demand immediate attention. Edge computing excels at processing large volumes of data through distributed tasks across multiple nodes. Each node can handle data from multiple sensors simultaneously, ensuring uninterrupted and rapid processing even in the face of processing congestion or connectivity issues. This architecture enables the system to adapt flexibly to varying data loads. Furthermore, the framework can aggregate processed data and transmit it to the cloud using MQTT .

A smart machine learning model is at the heart of this system, accurately predicting patient conditions. The app's success, especially in telling apart emergencies from non-emergencies, depends on this model's skills. We carefully picked the best algorithm to make sure the model can handle everything the app throws at it

Healthcare providers can monitor and track pilgrim data in real-time, allowing doctors and specialists to stay informed. The health data is continuously synchronized from the cloud to a dedicated monitoring dashboard for medical professionals. Physicians can review vital signs to identify health issues and implement preventive measures. They can also determine which cases require immediate response or intervention, with alerts triggered for critical conditions .

At the healthcare provider level, doctors and specialists have access to a real-time dashboard that continuously syncs health data from the cloud. This dashboard allows them to monitor the vital signs of pilgrims and identify potential health risks before they become emergencies. Physicians can make informed decisions regarding preventive measures, and in critical situations, they can trigger immediate medical interventions. Alerts are sent to medical teams based on the system's classification of health data, enabling quick and effective responses.

2.2 Machine Learning Model

The core of the system's functionality lies in the prediction of potential health emergencies using machine learning algorithms. The system collects vast amounts of health data from wearable sensors, and this data is analyzed using AI techniques to predict health risks. The machine learning model must balance accuracy with speed, as timely predictions are critical for proactive healthcare interventions. Various algorithms are evaluated to determine the best-performing model.

The models were trained on a comprehensive dataset[1] containing patient demographics, symptoms, vital signs, and triage outcomes. This dataset includes key health metrics such as heart rate, blood pressure, oxygen levels, and emergency triage decisions, making it ideal for predicting emergency situations among pilgrims. By utilising this data, the machine learning model can accurately classify emergency cases, ensuring rapid alerts and timely medical interventions. The model's training focused on optimizing algorithms like Random Forest and XGBoost to achieve high accuracy in predicting critical health events based on real-time data collected from wearable devices.

The evaluation of the models was based on the following key metrics:

- Accuracy: The overall ratio of correct predictions. Although high accuracy is a positive indicator, it does not guarantee superior model performance when dealing with class imbalances.
- Precision: Measures the proportion of true positive identifications, focusing on reducing false positives.
- Recall: Reflects the model's ability to capture true positive instances, which is critical for minimizing false negatives.
- F1-Score: A harmonic mean of precision and recall, offering a balanced measure of a model's performance.

The system uses wearable sensors to collect pilgrims' health data, including body temperature, heart rate, and oxygen levels. This data is transmitted in real-time to the edge computing layer for immediate analysis, reducing the need for constant cloud communication and minimizing latency. The edge servers handle most of the processing tasks, applying AI algorithms to detect abnormal patterns in the data. For larger datasets or more complex analysis, the data is sent to the cloud for further processing. By combining real-time data from individual pilgrims with aggregated data from the entire

[1] https://www.kaggle.com/datasets/ilkeryildiz/emergency-service-triage-application

population, the system can predict broader health trends and providing insights into common health issues faced by pilgrims. This predictive capability enables healthcare providers to intervene early and potentially prevent large-scale health crises during the Hajj.

3. Results and Discussion

Data Insights: The dataset used for training the machine learning model contains 1,232 entries with the following features:

- Sex: Coded as integers representing male and female.
- Age: Numeric values representing the age of the patients.
- Systolic Blood Pressure (SBP): Numeric values representing the systolic blood pressure.
- Diastolic Blood Pressure (DBP): Numeric values representing the diastolic blood pressure.
- Heart Rate (HR): Numeric values representing the heart rate.
- Respiratory Rate (RR): Numeric values representing the respiratory rate.
- Body Temperature (BT): Numeric values representing body temperature in degrees Celsius.
- Triage and Acuity Scale (TAS): A numeric value representing the severity level of the patient's condition, which helps determine the urgency of medical care.

These features are crucial in building a predictive model that classifies patients into different urgency levels, allowing medical teams to prioritize cases more effectively.

The data were prepared for training as follows:

- Training set: 985 samples with 7 features (excluding the target variable, TAS, and the non-numeric feature, Chief Complaint.(
- Testing set: 247 samples with 7 features.

The feature importance was evaluated using a Random Forest model. The most important features identified were Age and HR, followed by SBP, DBP, and BT). The TAS classes are relatively balanced: Class 1 (emergency): 52.76% and Class 2 (non-emergency): 47.24%.

Given the slight class imbalance and the need for accurate classification of emergency triage levels, a number of of classifiers were trained to optimize prediction accuracy and ensure reliable medical prioritization during emergency care.

AI Prediction Accuracy: The proposed framework utilizes machine learning models to accurately classify patients into emergency and non-emergency categories. This predictive approach optimizes healthcare resource allocation by focusing resources on urgent cases and minimizing unnecessary treatments, thereby significantly enhancing patient outcomes. The model is designed to complement cloud-IoT systems by efficiently utilizing computational resources and improving the overall performance of healthcare infrastructure.

Feature Selection Algorithms

To ensure the model's optimal performance, we initially selected the most relevant features through manual inspection to prevent overfitting. Following this, we employed various feature selection algorithms to further enhance accuracy. These methods included:

- **Feature Importance:** This algorithm was used to rank features based on their contribution to the model, allowing us to retain the most informative features.
- **SelectKBest:** This method selects the top features that have the highest correlation with the target variable, further refining our feature set.
- **Recursive Feature Elimination (RFE):** A technique that recursively removes the least important features, reducing the model's complexity while maintaining performance.

These feature selection strategies enabled the model to focus on critical predictors like Age, HR, SBP, DBP, and BT), which were identified as the most important variables. This process not only improved the model's performance but also reduced the risk of overfitting by eliminating irrelevant features.

Machine Learning Models and Algorithms

Several traditional machine learning models and Artificial Neural Networks (ANNs) were applied to predict emergency triage levels. We evaluated these models based on key performance metrics, including accuracy, F1-score, precision, and recall, to ensure the model's reliability and accuracy in identifying critical cases. Table 6 summarizes the performance metrics of all applied machine learning models:

Table 6: Performance metrics of all applied machine learning models

Model	Accuracy	F1-Score	Recall	Precision
ANN	72	68	75	62
RF	65	72	73	69
SVM	58	71	92	85
KNN	58	68	78	60
LR	65	69	68	70

First, Random Forest (RF): As an ensemble method that constructs multiple decision trees, RF was selected for its ability to reduce overfitting and improve classification accuracy through random sampling and feature importance. It performed with an accuracy of 65% and an F1-score of 71. Second, Artificial Neural Networks (ANNs): A deep learning model designed to capture complex, non-linear relationships between features. The ANN achieved 72% accuracy, with an F1-score of 68, a recall of 75, and a precision of 62. Third, Support Vector Machine (SVM): A model that excels in high-dimensional spaces, but it performed less effectively in this case with an accuracy of 58% and an F1-score of 71. Fourth, k-Nearest Neighbors (KNN): A simple, instance-based algorithm, KNN achieved an accuracy of 58%, with an F1-score of 68, performing similarly to SVM.

Finaly, Logistic Regression (LR): A baseline linear classifier, LR performed comparably to ANN and KNN, with an accuracy of 65% and an F1-score of 69. The Random Forest and ANN models emerged as the strongest performers, with ANN slightly outperforming Random Forest in terms of accuracy but requiring further tuning for optimal performance. The balanced performance across key metrics makes Random Forest a reliable model for classification in cloud-IoT health applications.

The results demonstrate that ANN and Random Forest are well-suited for cloud-IoT health monitoring applications, with ANN achieving the highest accuracy. However, Random Forest remains a strong candidate for its balance of accuracy, F1-score, and interpretability, making it a reliable option for triage predictions. The use of feature selection algorithms

further optimized the model's efficiency, ensuring that the most relevant features were used to predict emergency care needs.

4. Conclusions

This study demonstrates the potential of integrating IoT-enabled wearable devices and AI-driven machine learning models to improve healthcare outcomes for Hajj pilgrims. By continuously monitoring pilgrims' vital signs in real-time and utilizing advanced predictive algorithms, the proposed system offers timely alerts and proactive interventions, which can significantly reduce health risks during the pilgrimage. The integration of edge computing with cloud platforms ensures that large volumes of data are processed efficiently, allowing healthcare providers to make informed decisions based on real-time health data. Through feature selection and the application of machine learning models such as Random Forest and Artificial Neural Networks, the system accurately predicts emergency situations, enabling timely medical interventions. The results of this study suggest that leveraging IoT and AI technologies for healthcare during mass gatherings like Hajj can enhance the safety and well-being of pilgrims while reducing the burden on medical personnel.

5. Recommendations

Future work should focus on improving the scalability and reliability of the proposed system, especially when dealing with large-scale events like Hajj, where millions of people gather in concentrated locations. Additionally, efforts should be made to further refine the machine learning models through the use of larger, more diverse datasets to improve their accuracy in detecting a wider range of health conditions. It is also recommended to explore more advanced AI techniques such as deep learning and reinforcement learning to enhance the system's predictive capabilities. Furthermore, addressing ethical concerns related to data privacy and the secure transmission of sensitive health information is critical. Lastly, collaboration with healthcare providers and government agencies will be essential for the successful deployment and adoption of such systems in real-world scenarios, ensuring that the technology is effectively integrated into the broader healthcare infrastructure for pilgrims.

References

N. T, W. DMP, C. P. Artificial Intelligence - Enabled IoT for Health and Wellbeing Monitor ing. International Conference on Computing Communication and Networking Tec hnologies .

2. N. A, Turki A, Oumaima S, Muhammad U, Z. F, Nihal A, et al. Monitoring Acute Heart Failure Patients Using Internet-of-Things-Based Smart Monitoring System. Italian National Conference on Sensors [Internet]. Available from: https://www.mdpi.com/1424-8220/23/10/4580/pdf?version=1683687446

3. Bharat G, Parul C, Ruchira S, P. C. IoT based System Design for Human Health Monitoring for Covid -19 Outb reak. 2022 International Mobile and Embedded Technology Conference (MECON) .

4. Assistant, C. B. IoT based Health and Safety System for Manual Scavengers and Miners .

5. Mr. D, Mr. M, Mr. P. Health Monitoring System Using IOT Sensor. International Research Journal on Advanced Science Hub .

6. God I, Jagtap S, Suryavanshi C, Pawar B, Ghatage S, Salunkhe P. IoT Based Health Monitoring System. Int J Res Appl Sci Eng Technol [Internet]. 12(2):943–6. Available from: http://dx.doi.org/10.22214/ijraset.2024.58454

7. Metuge V, Valero M, Zhao L, Nino V, Claudio D. Preliminary Data Collection for Collaborative Emergency Department Crowd Management using Wearable Devices. In: 2022 IEEE International Conference on Digital Health (ICDH). IEEE; 2022. p. 34–6 .

8. Nino V, Claudio D, Schiel C, Bellows B. Coupling wearable devices and decision theory in the United States emergency departme nt triage process: A narrative review. Int J Environ Res Public Health. 2020;17(24):9561 .

9. D. R, S. H, Alexandre G, Wilhelm S, Benedikt W, Markus E. Towards automatic sensor-based triage for individual remote monitoring during mass casualty incidents. IEEE International Conference on Bioinformatics and Biomedicine .
10. Caitlin P, Titus J, U. G, G. N, T. H, Emilio A, et al. Wearable Bluetooth Triage Healthcare Monitoring System. Italian National Conference on Sensors [Internet]. Available from: https://www.mdpi.com/1424-8220/21/22/7586/pdf?version=1637051881
11. Rocío SS, J. GU, Luis AG, María CR, M. BMC, Almudena VS, et al. Machine learning methods applied to triage in emergency services: A sy stematic review. Int Emerg Nurs .
12. Henry M, Alvin N, J. N, Ggaliwango M. Interpretable Machine Learning-Based Triage For Decision Support in Em ergency Care. 2023 7th International Conference on Trends in Electronics and Informa tics (ICOEI) .
13. Choi SW, Ko T, Hong KJ, Kim KH. Machine Learning-Based Prediction of Korean Triage and Acuity Scale Le vel in Emergency Department Patients. Healthc Inform Res [Internet]. 25(4):305. Available from: http://dx.doi.org/10.4258/hir.2019.25.4.305
14. Huilin J, Haifeng M, Huimin L, Peiyi L, W. G, Huijing L, et al. Machine learning-based models to support decision-making in emergency department triage for patients with suspected cardiovascular disease. Int J Medical Informatics.

Enhancing Wayfinding Systems for Crowd Health and Safety in Makkah: Assessing Al-Aziziya and Al-Zahir Neighborhoods

Abdullah Saeed Karban

Department of Architecture, Umm Alqura University

*Corresponding author: E-mail (askarban@uqu.edu.sa)

تعزيز أنظمة الارشاد المكاني لتحقيق صحة وسلامة الحشود: تقييم حي العزيزية والزاهر بمكة المكرمة

عبدالله بن سعيد عيظة كربان

استاذ العمارة و التخطيط الحضري المساعد، جامعة ام القري

الملخص

تتناول هذه الدراسة دور أنظمة الإرشاد المكاني، بما في ذلك اللوحات الإرشادية والهوية الحضرية، على صحة وسلامة الحشود في الأحياء السكنية بمكة المكرمة خلال موسمي الحج والعمرة. حيث يعتمد ملايين الزوار على هذه الأنظمة للتنقل في مناطق غير مألوفة ومكتظة بالمستخدمين. ومع ذلك، فإن عدم اكتمال البنية التحتية، وضعف تواجد اللوحات الإرشادية، ومحدودية الدعم متعدد اللغات، والافتقار إلى علامات حضرية، قد يؤدي إلى عدم الوصول إلى الوجهات النهائية للمستخدمين أو الازدحام وازدياد المخاطر المتعلقة بالسلامة والأمان. حددت الدراسة وجود فجوة كبيرة في الدراسات التي تركز على أنظمة الإرشاد المكاني والوصولية على مستوى الأحياء في المدن ذات الكثافة السكانية العالية والتي تشهد ارتفاع في أعداد المستخدمين في المناطق غير المألوفة لديهم.

ولذلك، تم استخدام نهج مختلط، يجمع بين المسح الميداني وتقييم الوضع الراهن في كل من أحياء العزيزية والزاهر، بالإضافة إلى جمع البيانات الكمية من خلال الاستبانات الرقمية التي تجاوب معها 179 فردا. أظهرت النتائج أن أنظمة الإرشاد المكاني في مكة المكرمة غير الكافي قد أثر سلبًا على تدفق الحشود وسلامتها. خلصت الدراسة إلى أن تحسين رؤية اللوحات الإرشادية، وتعزيز الهوية الحضرية أمرا بالغ الأهمية للحد من التيه، وتخفيف الازدحام، وتحسين السلامة العامة في المناطق السكنية في مكة المكرمة خلال موسمي الحج والعمرة.

الكلمات الدالة: الإرشاد المكاني، مكة المكرمة، الأحياء، سلامة الحشود، ضيوف الرحمن، الحج والعمرة.

Abstract

This study examines the role of wayfinding systems, including signage and urban identity, in ensuring crowd health and safety in Makkah Al-Mukarramah's residential neighborhoods during peak pilgrimage seasons, such as Hajj and Umrah. Millions of Al-Rahman guests rely on these systems to navigate unfamiliar, densely populated areas. However, the current infrastructure is insufficient, with poor signage, limited multilingual support, and a lack of recognizable urban identity, leading to confusion, crowd congestion, and safety risks. The research identifies a significant gap in studies focused on neighborhood-level wayfinding in high-density religious cities.

To address this, a mixed-method approach was used, combining observation in Al-Aziziya and Al-Zahir neighborhoods with a survey of 179 pilgrims. Results show that inadequate wayfinding systems negatively affect crowd flow and safety. The study concludes that improving signage visibility, ensuring multilingual accessibility, and enhancing urban identity

are critical for reducing disorientation, easing crowd congestion, and improving overall safety in Makkah's residential areas during religious seasons.

Keywords: Wayfinding, Makkah, Neighborhoods, Crowed Safety, Pilgrims, Hajj and Umrah

1. Introduction

Wayfinding systems, which encompass various tools and strategies designed to help individuals navigate and orient themselves within physical spaces, play a critical role in urban environments (Alinaghi & Giannopoulos, 2024; Boumenir et al., 2010). In densely populated areas, such as the residential neighborhoods of Makkah Al-Mukarramah, these systems are essential for ensuring the efficient movement of pilgrims, especially during peak periods of Hajj and Umrah seasons. Effective wayfinding attributes, such as clear signage and strong urban identity markers, provide essential visual cues that help residents and visitors alike navigate unfamiliar or crowded spaces(Zhou & Ujang, 2024a). Signage offers clear direction, while urban identity, including distinctive architectural elements and spatial organization, helps create a sense of place and orientation within built environments (McCunn & Gifford, 2018; Passini, 1984).

Makkah's neighborhoods, particularly during Hajj and Umrah, become unfamiliar and challenging environments for millions of Al-Rahman guests. With over 1.8 million pilgrims attending Hajj annually and more than 26.85 million visiting for Umrah(Hajj Statistics, 2023; Umrah Statistics, 2023), the city's residential areas experience a massive influx of visitors who are often unfamiliar with the local context. Navigating narrow streets and densely built environments, combined with language barriers, can create significant disorientation for Al-Rahman guests. According to Scouts Guide, over 206,000 pilgrims were reported miss their destination or lost from their groups during previous Hajj season(Al-Rabiah, 2023). These conditions highlight the critical role that wayfinding systems play in maintaining crowd safety and ensuring smooth navigation at neighborhood level.

Insufficient wayfinding systems can exacerbate crowding and confusion, leading to safety risks such as overcrowding, stress, and delays in emergency response (Shiwakoti et al., 2023). On the other hand, well-placed signage and clear urban identity markers can significantly reduce the likelihood of such problems by enabling easier navigation and improving crowd management. Ensuring that residents and visitors alike can move safely and efficiently through these areas is not only a matter of convenience but also crucial to maintaining public health and safety.

The objective of this study was to explore the impact of wayfinding systems, particularly signage and urban identity, on the health and safety of crowds in residential neighborhoods of Makkah Al-Mukarramah. By focusing on how these systems function at the neighborhood level, this study aimed to identify key improvements that can enhance safety, reduce disorientation, and improve overall crowd management for both residents and the millions of Al-Rahman guests.

2. Literature Review

Wayfinding systems are an integral aspect of urban design, especially at the neighborhood level, where they facilitate crowed movement, enhance safety, and reduce the cognitive load of navigating complex environments. Research has shown that wayfinding system is a reflection of human's behavior. For example, urban environments impact uses' perception and cognition (J. Wu et al., 2024). The implementation of wayfinding systems involves the strategic use of signage, landmarks, and spatial identity to guide individuals through unfamiliar or densely populated spaces(Farr et al., 2012). In neighborhoods, wayfinding systems are crucial for improving the overall experience of both residents and visitors, particularly in urban areas with intricate layouts. However, there remains a significant gap in the research

regarding the effectiveness of wayfinding systems in high-density neighborhood, like Makkah that considered very significant urban environments for Muslims. This gap is particularly relevant given the unique spatial and crowd management challenges that Makkah faces, especially during Hajj and Umrah.

At the neighborhood level, wayfinding systems are essential for guiding people through local streets and pathways, reducing confusion, and ensuring smooth mobility (Askarizad et al., 2024). As Lynch (1960) mentioned, the ability of individuals to form a clear mental map of their surroundings is highly dependent on the environmental cues available to them, such as signage and landmarks (Lynch, 1960). Well-designed wayfinding systems allow people to navigate confidently through unfamiliar spaces, reducing crowed, stress and disorientation(Farr et al., 2012). This is especially important in neighborhoods, where streets can be narrower and less standardized compared to city centers, making navigation more challenging.

In Makkah, the importance of wayfinding systems is increased by the importance of providing great services to the millions of Al-Rahman guests. These pilgrims often come from diverse cultural and linguistic backgrounds, further complicating their ability to navigate Makkah's dense and complex neighborhoods. The densely built areas, wayfinding is critical for avoiding crowd congestion and ensuring the safety of pilgrims (Gazzawe & Albahar, 2024), particularly those unfamiliar with the local context. However, the existing literature lacks comprehensive studies that assess the wayfinding systems at neighborhood level specifically in the Holy city of Makkah during rituals seasons. This gap in research is significant because the high density and the uniqueness of religious context of Makkah make its neighborhood-level wayfinding challenges distinct from other cities.

The practice of wayfinding at the neighborhood level involves several core components including signage, landmarks, and urban identity elements that provide a sense of orientation for individuals (Farr et al., 2012; Zhou & Ujang, 2024b). Effective signage is one of the most common tools used in urban wayfinding. It must be clear, multilingual, and accessible to diverse populations, particularly in international cities like Makkah, where non-Arabic speaking pilgrims rely heavily on visual cues to navigate(Iftikhar, 2022). However, research indicates that existing wayfinding systems in Makkah's neighborhoods, particularly in areas surrounding the Holy Mosque, are often insufficient in providing clear direction for pilgrims (Alkharoubi, 2020a).

Another key practice in neighborhood wayfinding is the use of traditional urban identity, such as architectural features, public spaces, artificial and natural landmarks, to help people orient themselves. Lynch, 1960; Passini, 1984 emphasized that landmarks are highly effective in helping users form a cognitive map of their surroundings. In Makkah, major religious landmarks, such as the Holy Mosque and nearby towers, serve as vital wayfinding points. Also, Moaques at neighborhood level play the same role (Karban, 2020). However, in the residential neighborhoods further away from these landmarks, there is a gap in the availability of easily recognizable urban areas. This gap in the practice of wayfinding highlights a significant issue in Makkah's current wayfinding infrastructure: while central areas are well-served by prominent landmarks, residential neighborhoods—where pilgrims also need to navigate—are less equipped with these critical orientation tools.

While there have been numerous studies on the effectiveness of wayfinding systems in general, there is a notable lack of research focused on neighborhood-level wayfinding in high-density religious cities like Makkah and their impacts on crowed safety. Most of the existing research on wayfinding systems focuses on general urban environments, where challenges related to crowd density and cultural diversity are less pronounced than in cities like Makkah. For instance,

studies by Bhatt & Kolay, 2020; Boumenir et al., 2010 explore the impact of signage and landmarks on wayfinding, but do not address the unique needs of populations navigating religiously significant spaces where millions of visitors gather simultaneously.

In Makkah, the need for effective wayfinding systems is even more critical due to the significance of pilgrims during Hajj and Umrah. (Kadi et al., 2021; Khalid et al., 2024)highlighted that in peak pilgrimage seasons, the existing wayfinding infrastructure fails to accommodate the sheer volume of visitors and the linguistic diversity among pilgrims. This study gap underscores the need for more research on the design and implementation of neighborhood-level wayfinding systems in Makkah, to address the unique challenges faced by the city. Current research also lacks exploring the connection between inadequate wayfinding and crowd safety in these environments, despite the well-documented risks associated with overcrowding during Hajj and Umrah seasons.

Wayfinding systems not only improve navigation but also have a direct impact on crowd behavior and safety. In high-density environments, poor wayfinding can lead to confusion, congestion, and even accidents as people struggle to find their way (Baskaya et al., 2004). Raineri, 2015 found that in environments with inadequate signage, individuals tend to cluster in confusion, leading to bottlenecks and potentially dangerous crowd. This is particularly concerning in a city like Makkah, where crowd management is a critical safety issue, especially during Hajj, when millions of people are moving through the same spaces at the same time.

In Makkah's neighborhoods, poor wayfinding systems contribute not only to disorientation but also to increased stress and anxiety among pilgrims, particularly those who are unfamiliar with the city and culture. The lack of clear directional signage caused pilgrims to get lost frequently, resulting in delays, crowding, and, in some cases, safety(Al-Ghamdi et al., 2021).

Despite these findings, there remains a significant gap in the literature regarding how neighborhood-level wayfinding systems in Makkah specifically affect crowd behavior and safety. This gap points to the need for further research to understand how improved wayfinding infrastructure can mitigate safety and enrich pilgrimage experience in Makkah.

The literature review underscores the critical role of wayfinding systems at the neighborhood level, particularly in high-density urban environments like Makkah. While several studies have explored the importance of signage, landmarks, and urban identity for effective navigation, there remains a significant gap in research focused on neighborhood-level wayfinding systems in Makkah during Hajj and Umrah seasons. Addressing these gaps is essential for enhancing crowd management, improving safety, and enriching pilgrimage experience for millions of Al-Rahman guests. To fill this gap, it is necessary to not only analyze existing literature but also gather primary data from users directly affected by the neighborhood wayfinding systems.

3. Methodology

This study employs a mixed-method approach, combining both qualitative and quantitative data collection to comprehensively assess the wayfinding systems in the residential neighborhoods of Makkah. The chosen method allowed for a thorough investigation of not only the current wayfinding infrastructure in the Al-Aziziya and Al-Zahir neighborhoods but also an in-depth exploration of the experiences and behaviors of Al-Rahman guests during religious seasons. The first phase of the study involved a site visit and observational study conducted during the holy month of Ramadan 1445H. This period is particularly significant due to the high density of pilgrims and visitors, which puts

considerable pressure on the neighborhood wayfinding infrastructure. As show in figure 1, the observational study focused on the two key neighborhoods—Al-Aziziya and Al-Zahir —both of which experience a high density of Al-Rahman guests.

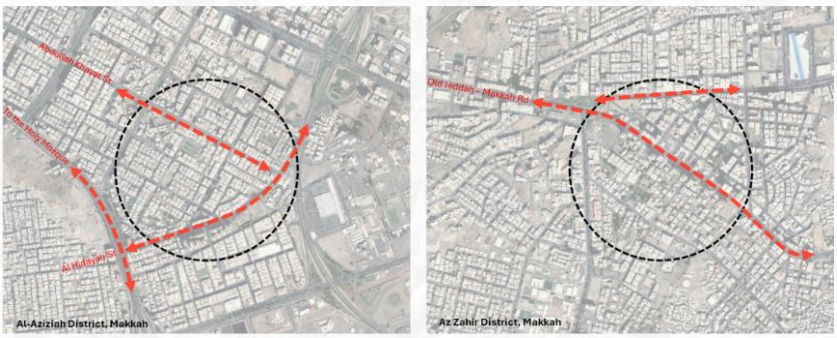


Figure 1: Study Area, Al-Aziziya and the Al-Zahir district, Makkah

These pilgrimage housing neighborhoods were selected through the observation of the lack of wayfinding components such as signage system, marked pathways, Landmarks, Lighting, pedestrian Sidewalks, Transit Stops, Local Guides and Urban identity. As show in figure 2, the available wayfinding system such as signage are not oriented to pedestrians, lack of pedestrian sidewalks and there was shortage of the urban identity of both areas. Therefore, this study aims to assess the wayfinding system through users' perceptions.

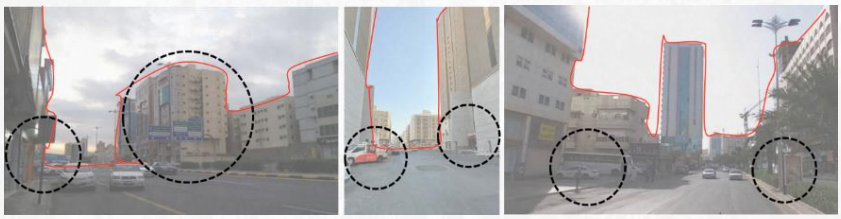


Figure 2: Study Area, Al-Aziziya and the Al-Zahir neighborhoods, Makkah

During the site visit, direct observations were made to evaluate the physical placement, clarity, and availability of signage. The observation period provided qualitative insights into the operational efficiency of wayfinding systems under real-life conditions as shown in figures 3.

Figure 3: The lack and informality of wayfinding system at Al-Aziziya Neighborhood

The analyzed observation of Al-Aziziya neighborhood reveals a significant deficiency in pedestrian-oriented wayfinding systems. The streets are visibly congested, with limited or poorly placed signage that does not cater to the needs of pedestrians navigating these routes. The absence of marked pathways further exacerbates the challenge, making it difficult for individuals, especially first-time visitors, to orient themselves effectively. The lack of distinct urban identity markers and clear directional cues contributes to an environment where confusion and disorientation are common. This visual evidence aligns with observations that the current infrastructure fails to support efficient pedestrian movement,

thereby posing potential safety and congestion risks during peak periods such as Ramadan and Hajj. Without effective wayfinding systems, crowd health can be compromised due to increased stress and anxiety, and the potential for accidents or bottlenecks rises, making emergency responses slower and more difficult.

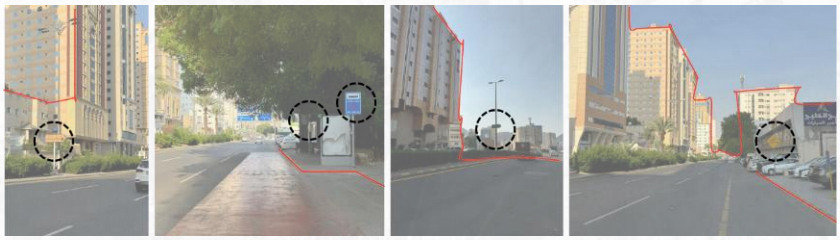


Figure 4: The lack and informality of wayfinding system at Al-Aziziya Neighborhood

Similarly, figure 4 illustrates the Al-Zahir neighborhood, emphasizing its streets that lack dedicated pedestrian sidewalks and an evident shortage of wayfinding tools. The visual points out the absence of clear landmarks or signage to aid visitors in navigating, revealing a significant shortfall in urban planning efforts centered on wayfinding. The inadequate lighting and poorly defined transit stops further exacerbate the challenge, creating navigational difficulties, especially for non-local pilgrims who are unfamiliar with the area. This assessment aligns with the observational findings that highlight how the absence of comprehensive wayfinding systems can hinder efficient movement and elevate stress among residents and visitors. The implications for crowd health and safety are considerable: without sufficient wayfinding infrastructure, individuals are at higher risk of crowding, heightened anxiety, and potential physical injuries as they attempt to move through chaotic spaces. Moreover, during emergency situations, the lack of clear guidance can severely delay evacuation efforts and compromise overall safety, posing significant risks to public well-being.

The second phase of data collection took place during Thul-Qaeda 1445H, utilizing a survey-based questionnaire to gather quantitative data from Al-Rahman guests who stayed or navigate through Al-Aziziya or Al-Zahir neighborhood. The questionnaire was designed in three sections including demographic information, evaluation of existing wayfinding system and elicit the perception of the respondents regarding their psychological feeling during crowed, which help to provide detailed information about the respondents' experiences with existing wayfinding systems, including their ease of use, accessibility, and the role these systems played in facilitating movement through crowded areas. The instrument also contained two specific questions aimed at assessing the ease of navigation and the potential for disorientation. These questions were: "Did you feel difficulty reaching your destination"?, and "Did you miss your orientation during this trip"?

The survey included both closed and open-ended questions to assess key variables such as the visibility of signage, the accuracy of directions provided, and respondents' overall satisfaction with the wayfinding tools. The overlooked the impact of language, education level, and familiarity with the neighborhood, but these factors could influence the ease of navigation. The questionnaire was distributed to a representative sample of Umrah performers and pilgrims mainly to who speaks Arabic or English, to ensure a comprehensive overview of user experiences. Thus, the study sample comprised a total of 179 respondents who participated in the quantitative survey. These participants were Al-Rahman guests stayed at Al-Aziziya and Al-Zahir neighborhoods in Makkah, both of which experience high pedestrian and vehicular traffic during Hajja and Umrah seasons. The sample size of 179 respondents for this study was chosen to balance practical data collection constraints and the goal of obtaining meaningful insights into the wayfinding experiences of pilgrims in the high-density neighborhoods of Makkah. While larger samples could provide more

statistically robust conclusions, this size still offers sufficient data to identify trends, perceptions, and common challenges faced by Al-Rahman guests in navigating the Al-Aziziya and Al-Zahir neighborhoods. According to (Memon et al., 2020)in "Sample Size for Survey Research: Review and Recommendations," while large samples can enhance reliability, smaller samples, when carefully chosen, can be just as meaningful, with 150 and above deemed sufficient for reliable insights. The study's sample size is justifiable given the unique population and context during Hajj and Umrah seasons. Collecting data during these peak periods is challenging due to the influx of visitors, limited respondent access, and time constraints. Although not expansive, this sample allows for meaningful cross-sectional analysis and comparisons, further enriched by qualitative observations. Future research can expand these findings with larger or longitudinal studies for broader generalizability, but the current sample provides valuable initial evidence on wayfinding system effectiveness and areas for improvement. The demographic analysis of the respondents provides important insights into their background, which can help contextualize their interactions with the wayfinding systems as shown in table 1. Itis important as it provides essential context for understanding the characteristics and backgrounds of the study participants, which can influence their interactions and experiences with wayfinding systems. By analyzing factors such as age, gender, educational level, and language, researchers can identify specific needs and challenges faced by different groups. This insight helps tailor wayfinding solutions that are inclusive and effective, ensuring they address the diverse requirements of users. Additionally, demographic analysis aids in interpreting the study results more accurately and making targeted recommendations for improvements in urban navigation systems.

Table 1: Demographic Analysis

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Gender	Male	114	63.7	63.7	63.7
	Female	65	36.3	36.3	100.0
	Total	179	100.0	100.0	
Age	18 - 25	70	39.1	39.1	39.1
	26 - 40	82	45.8	45.8	84.9
	41 - 60	27	15.1	15.1	100.0
	Total	179	100.0	100.0	
Marital status	Single	49	27.4	27.4	27.4
	Married	127	70.9	70.9	98.3
	Widowed	3	1.7	1.7	100.0
	Total	179	100.0	100.0	
Educational level	High School or Less	19	10.6	10.6	10.6
	Diploma	53	29.6	29.6	40.2
	Graduate	85	47.5	47.5	87.7
	Postgraduate	22	12.3	12.3	100.0
	Total	179	100.0	100.0	
Language	Arabic	95	53.1	53.1	53.1
	English	32	17.9	17.9	70.9
	Urdu	17	9.5	9.5	80.4
	Bangla	9	5.0	5.0	85.5
	Other	26	14.5	14.5	100.0
	Total	179	100.0	100.0	
Neighborhood of Stay	Al-Aziziya	121	67.6	67.6	67.6
	Al-Zahir	58	32.4	32.4	100.0
	Total	179	100.0	100.0	

Table 1 and the following figure show, gender distribution in the study indicates that the majority of participants were male, comprising 63.7% (114 participants), while females made up 36.3% (65 participants). This distribution reflects the demographics of individuals navigating the residential neighborhoods of Makkah, particularly during pilgrimage seasons. Understanding the gender balance among respondents is crucial, as it can provide insights into differing experiences and challenges faced by men and women in relation to wayfinding and navigating crowded environments. However, the study did not find significant differences between men's and women's perceptions of the wayfinding systems. This suggests that both genders share similar experiences and challenges when it comes to navigation, highlighting the need for inclusive improvements that benefit all users.

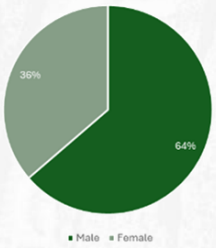


Figure 5: Respondents Gender Distribution for both areas

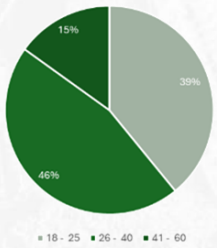


Figure 6: Respondents Age Distribution for both areas

The age distribution of the respondents was relatively balanced, with the majority (45.8%) falling within the 26-40 age group, followed by 39.1% in the 18-25 age group. A smaller portion (15.1%) of respondents were between 41-60 years of age as shown in figure 6. This demographic distribution indicates that the majority of participants are of working age, which may influence their ability to interact with more complex digital wayfinding systems.

Regarding the marital status of respondents, figure 7 illustrates that most of the respondents (70.9%) were married, 27.4% were single, and 1.7% were widowed. The predominance of married individuals in the sample could suggest that family units are a key demographic navigating the residential neighborhoods of Makkah, which may present unique navigation needs when moving in groups.

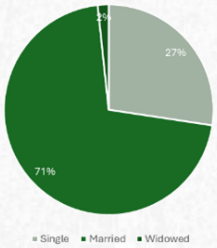


Figure 7: Respondents Marital status Distribution

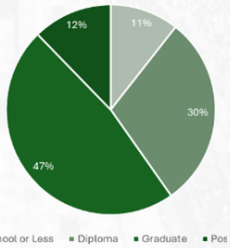


Figure 8: Respondents Educational level Distribution

The educational background of the respondents as shown in figure 8 varied, with 47.5% being graduates, 29.6% holding diplomas, 12.3% having postgraduate qualifications, and 10.6% possessing a high school education or less. This suggests that most respondents are well-educated, potentially facilitating their interaction with technologically advanced wayfinding systems, as higher education levels often correlate with better comprehension of complex navigation tools like mobile apps or digital signage. However, the presence of respondents with lower education levels highlights the need for wayfinding systems to be intuitive and user-friendly to cater to everyone. Clear visual cues, symbols, and simple instructions are essential to ensure that individuals with limited literacy or technological familiarity can navigate

effectively. If wayfinding systems are not accessible to all education levels, it can lead to confusion and crowding, with less-educated individuals requiring more time to orient themselves, potentially causing delays and congestion. Therefore, designing inclusive wayfinding solutions helps promote smooth movement, reduce cognitive load, and enhance crowd safety and efficiency.

As show in table 1 and in figure 9 the majority of respondents (53.1%) speak Arabic, reflecting Makkah's location in Saudi Arabia, where Arabic is the official language. Many respondents work or study in Arabic-speaking cities such as international students at Saudi Universities, and the religious significance of Arabic in Islam further strengthens its dominance. Additionally, a portion of respondents speaks English (17.9%), Urdu (9.5%), Bangla (5.0%), and other languages (14.5%), reflecting the city's international population of workers, students, and pilgrims. This diversity highlights the importance of multilingual wayfinding systems for improving accessibility and safety in Makkah's crowded environments.

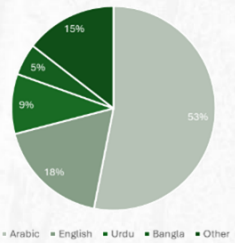


Figure 9: Respondents Marital status Distribution

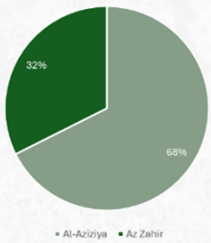


Figure 10: Respondents Educational level Distribution

Identifying respondents' neighborhoods is crucial for understanding the specific challenges and experiences associated with navigating different areas. Each neighborhood in Makkah may have unique characteristics, infrastructure issues, or crowd dynamics that impact the effectiveness of wayfinding systems. By distinguishing where respondents are staying, researchers can pinpoint which areas need more targeted interventions or improvements to better manage crowd flow and enhance navigation. In this study, acknowledging respondents' neighborhoods allows for a more nuanced analysis of wayfinding system effectiveness and highlights disparities between different locations. As shown in figure 10, a significant proportion of the respondents (67.6%) stayed in Al-Aziziya, while 32.4% were from Al-Zahir.

This concentration in Al-Aziziya suggests that this neighborhood may require more focused attention to improve wayfinding systems, especially during pilgrimage seasons when the crowd density is at its peak. Addressing the specific needs of high-traffic areas like Al-Aziziya can help ensure that navigation support is optimized for the largest number of users, thus improving overall crowd management and safety.

The reliability test shows that the survey is consistent and dependable. As shown in table 2, the factor "Evaluation of Wayfinding Systems" (7 items), the Cronbach's Alpha value is 0.906, and for "Measuring the Psychological Impact on Crowd Movement" (8 items), it is 0.878 . These high values mean that the questions in both sections worked well together to measure what they were supposed to. Reliability values above 0.8 are considered good, which helps ensure that the data collected is accurate and useful for understanding how wayfinding systems can improve crowd safety in Makkah(De Vera et al., 2010).

Table 2: Reliability Statistics

Scale	Cronbach Alpha	No of Items
Evaluation of Wayfinding system	.906	7
Measuring the psychological impact on Crowed Movement	.878	8

In the Data Analysis, both descriptive statistics and Cross-tabulation were used to summarize and explore the data using $SPSS_{21}$ software. Cross-tabulation allowed for the examination of relationships between demographic variables, such as age and gender, and respondents' perceptions of wayfinding systems(Pallant, 2013). Additionally, the Chi-square test was applied in SPSS to determine whether there were statistically significant associations between these variables and user experiences with the wayfinding systems. These tests provided valuable insights into how different groups interacted with the systems and the impact on their navigation experience. The results of these analyses provide a deeper understanding of how different demographic groups experience and interact with the wayfinding systems in Makkah. By examining the relationships between variables, the key patterns can be identified and significant associations that influence crowd navigation and safety. The next section provides detailed findings from the descriptive statistics, cross-tabulations, and chi-square tests are presented, offering insights into the effectiveness and challenges of the current wayfinding systems.

4. Results and Discussion

The Results and Discussion section presents the key findings from the data analysis, offering a comprehensive overview of how respondents interacted with the wayfinding systems in Makkah's residential neighborhoods. This section also discusses how these results align with existing research and identifies potential areas for improvement. As display in table 3, there were two questions asked to assess the effectiveness of the wayfinding systems from the users' perspectives: "Did you feel difficulty reaching your destination?" and "Did you miss your orientation during this trip?" These questions aimed to capture the respondents' direct experiences with navigation and disorientation challenges while navigating Makkah's residential neighborhoods.

Table 3: Descriptive Statistics of the respondents' feeling Difficulty reaching their destination

Did you feel difficulty reaching your destination?	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
No	129	72.1	72.1	72.1
Yes	50	27.9	27.9	100.0
Total	179	100.0	100.0	

According to previous table, the respondents who did not feel difficulties reaching their destination represents, the majority of respondents (72.1%), while 27.9% reported having difficulty. This high percentage indicates that, for most, the signage, pathways, and landmarks provided sufficient guidance to navigate the area without major confusion or delays. It reflects positively on the existing system's ability to support clear and efficient movement, especially during crowded times.

However, the fact that 27.9% of respondents still encountered difficulties highlights that there is a significant portion of the population facing challenges with the system. This is a substantial number, indicating that while the system works for the majority, nearly a third of users experience obstacles in navigation. This could be due to factors such as unclear or insufficient signage in certain areas, a lack of multilingual support, or the complexity of the urban environment, especially for visitors unfamiliar with the area. Similar studies have shown that even in well-developed urban environments, certain user groups—particularly first-time visitors, non-native speakers, and the elderly—often struggle with navigation,

underscoring the need for continuous improvements in wayfinding systems (Alkharoubi, 2020b).Therefore, this 27.9% serves as a critical indicator that further adjustments are necessary to ensure inclusivity and ease of navigation for all users, including those who may be less familiar with the local context.

On the other hand, the second question in the survey focused on whether respondents missed their orientation during the trip, aiming to understand the causes of potential disorientation while navigating Makkah's residential neighborhoods. This question was particularly important for identifying specific challenges faced by Al-Rahman guests, such as language barriers or uniform building designs, that could delay effective navigation.

Table 4: Descriptive Statistics of the respondents' reasons for missed orientation

Did you miss you orientation during this trip?	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
No	124	69.3	69.3	69.3
Yes, because buildings look the same	5	2.8	2.8	72.1
Yes, because the places are not defined on Google Maps in my language	13	7.3	7.3	79.3
Yes, because there are no guides speaking my language	19	10.6	10.6	89.9
Yes, because there are no sig1ge in my language	18	10.1	10.1	100.0
Total	179	100.0	100.0	

In table 4, the data indicates that 69.3% of respondents did not miss their orientation during the trip, which is compliment to previous question, suggesting that the majority of respondents were able to maintain their sense of direction and navigate the residential neighborhoods effectively. This result highlights the general adequacy of the current wayfinding systems for most respondents. This finding raise the question mark about having wayfinding system, whereas during the site visit and observational study approved that there was a lack of wayfinding components in the study area. However, the fact that 30.7% of respondents did miss their orientation reveals important challenges that certain groups face when navigating the area as shown in figure 11.

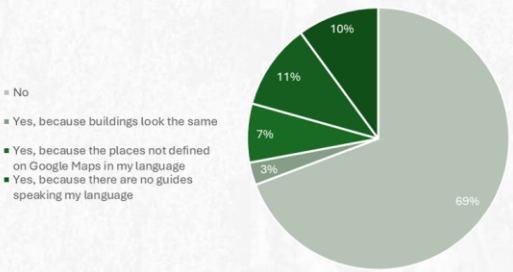


Figure 11 Respondntes perception on missing orientation during the trip

Several factors contributed to the difficulties experienced by those who lost their orientation. A small portion (2.8%) of respondents cited the uniformity of building designs as a key issue. In areas where buildings look the same, users may struggle to distinguish landmarks, which plays a critical role in wayfinding. This is consistent with research that emphasizes the need for unique architectural features to aid navigation in urban environments (Iftikhar, 2022; Passini, 1984). Language barriers also emerged as a significant factor, with 7.3% of respondents attributing their disorientation to the lack of place names on Google Maps in their language. Similarly, 10.6% reported difficulty due to the absence of guides speaking their language, while 10.1% cited the absence of signage in their language as a contributing factor. Together, these responses point to the need for enhanced multilingual and universal samples support, both in physical signage and digital navigation tools. As Makkah attracts an international population, particularly during Hajj and umrah

seasons, ensuring that wayfinding systems are accessible in multiple languages is crucial for reducing confusion and improving user experience (Alkharoubi, 2020b; Khalid et al., 2024).

These findings underscore the importance of addressing both urban design issues and linguistic accessibility to ensure that the wayfinding systems serve the diverse needs of Dhoyof Al Rahman. The first objective of this study aimed to assess the effectiveness of the current wayfinding systems in Makkah. The analysis of Al-Rahman guests' experiences provides valuable insights into how well these systems perform in guiding visitors through crowded areas, with a focus on accessibility, signage clarity, and overall ease of navigation. Table 4 shows, the current wayfinding systems in Makkah's residential neighborhoods are perceived as effective, particularly during peak religious seasons, aligning well with the first study objective. High average scores for key variables such as availability of signage systems (Mean = 4.22, SD = 1.16), marked pathways (Mean = 4.25, SD = 1.03), and landmarks (Mean = 4.17, SD = 1.15) indicate that the majority of respondents found the systems both clear and reliable. This supports findings from recent research that emphasize the critical role of signage and pathways in ensuring smooth navigation in crowded urban settings (Zhou & Ujang, 2024b). The consistency of these responses, as shown by low standard deviations, suggests that the effectiveness of wayfinding systems is uniformly experienced across different user groups, reinforcing their importance during high-traffic periods such as religious events.

Table 4: Descriptive Statistics of Wayfinding System Components in Makkah's Residential Neighborhoods

Indicator	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Dev
Availability of signage system	179	1.00	5.00	4.2235	1.15890
Availability of Marked pathways	179	1.00	5.00	4.2458	1.03094
Availability of Landmarks	179	1.00	5.00	4.1732	1.15543
Availability of Lighting	179	1.00	5.00	4.4916	.74478
Availability of pedestrian Sidewalks	179	1.00	5.00	4.2905	.95663
Availability of Transit Stops	179	1.00	5.00	4.2905	.99689
Availability of Local Guides	179	1.00	5.00	3.8827	1.29939
Availability of Urban identity	179	1.00	5.00	4.0168	1.19679
Valid N (listwise)	179				

Regarding to respondents' perceptions of various components of the wayfinding systems in Al-Aziziya and Al-Zahir neighborhoods, table 5 presents the majority of respondents rated signage systems positively, with 56.4% finding the signage effective, which suggests that it plays a crucial role in guiding individuals through busy areas. However, 7.8% of respondents rated the signage as poor, indicating that improvements are still needed, particularly in visibility and placement. Clear and consistent signage is essential for reducing confusion and ensuring smooth navigation, as supported by research on urban environments (K.-C. Wu & Wang, 2017).

Table 5: Perceptions of the Availability of Wayfinding System Components

Indicator		NA	Useless	Poor	Medium	Good	Total
Availability of signage system	Frequency	13	4	14	47	101	179
	Percent	7.3	2.2	7.8	26.3	56.4	100
Availability of Marked pathways	Frequency	8	6	12	61	92	179
	Percent	4.5	3.4	6.7	34.1	51.4	100
Availability of Landmarks	Frequency	13	3	19	49	95	179
	Percent	7.3	1.7	10.6	27.4	53.1	100
Availability of Lighting	Frequency	2	0	15	53	109	179
	Percent	1.1	0	8.4	29.6	60.9	100
Availability of pedestrian Sidewalks	Frequency	5	4	21	53	96	179
	Percent	2.8	2.2	11.7	29.6	53.6	100

Availability of Transit Stops	Frequency	6	5	19	50	99	179
	Percent	3.4	2.8	10.6	27.9	55.3	100
Availability of Local Guides	Frequency	21	3	27	53	75	179
	Percent	11.7	1.7	15.1	29.6	41.9	100
Availability of Urban identity	Frequency	15	5	21	59	79	179
	Percent	8.4	2.8	11.7	33	44.1	100

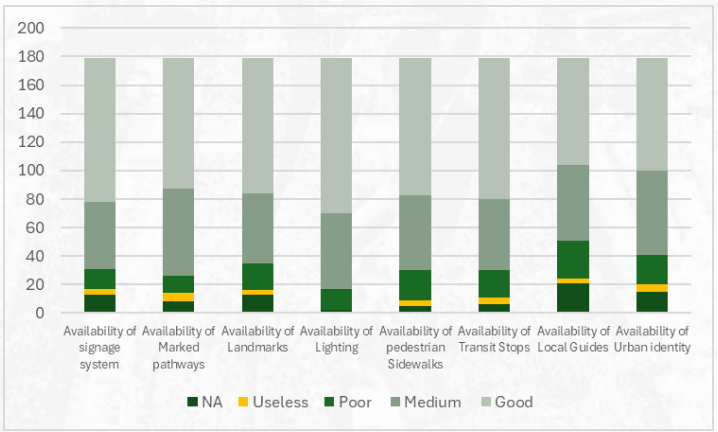


Figure12 Perceptions of the Availability of Wayfinding System Components

Similarly, 51.4% of respondents found marked pathways to be good, but 6.7% rated them poorly. Well-maintained pathways are vital for directing foot traffic, especially during busy times like Hajj, but the variability in quality highlights the need for more consistent infrastructure. Lighting was also positively received, with 60.9% rating it as good. However, 8.4% rated it as poor, indicating that some neighborhoods may require better illumination, especially to improve nighttime navigation. Addressing these issues is important to enhance overall safety and reduce anxiety when navigating unfamiliar areas (Phillips et al., 2013)

Pedestrian sidewalks and transit stops were generally seen as adequate, with 53.6% and 55.3% of respondents rating them positively. Yet, 11.7% found sidewalks inadequate, and 10.6% rated transit stops poorly, suggesting that while these systems serve most users, there are gaps in infrastructure that could affect pedestrian safety and accessibility. Local guides and urban identity markers, rated as good by 41.9% and 44.1% of respondents respectively, were viewed less favorably. This suggests that more efforts are needed to improve the availability of well-trained guides and integrate culturally significant landmarks that help orient visitors, particularly international pilgrims unfamiliar with the area (Karban, 2020; Zhou & Ujang, 2024b).

To enhance the effectiveness of these systems, several improvements are suggested. First, enhancing signage visibility and consistency across all neighborhoods will ensure that both residents and visitors can navigate effectively. Second, upgrading pedestrian sidewalks and transit infrastructure can provide a safer and more accessible environment, particularly during crowded events like Hajj and Umrah. Additionally, increasing the availability of samples and multilingual local guides will improve assistance for international visitors. Finally, investing in urban identity markers by introducing more culturally significant landmarks will improve orientation and enhance the overall wayfinding experience in Makkah's neighborhoods. In conclusion, the findings suggest that while the current wayfinding systems in Makkah's residential neighborhoods are generally effective, particularly in terms of signage, marked pathways, and lighting, there are still areas for improvement. Enhancing visibility and consistency in signage and pathways, improving

sidewalk infrastructure, and addressing the inadequacies in transit stops and local guides will further enhance user experiences. Additionally, strengthening the urban identity with more recognizable cultural landmarks could help visitors better orient themselves, ultimately improving overall navigation and safety.

The second objective of this study explores how the current wayfinding systems in Makkah's neighborhoods impact crowd behavior and safety. Wayfinding systems, including signage, landmarks, and urban identity, play a critical role in managing the movement of large crowds, particularly during Hajj. The effectiveness of these systems not only determines the flow and efficiency of crowd movement but also influences the psychological well-being of individuals navigating unfamiliar environments. By examining the emotional and behavioral responses to disorientation, as well as preferences for navigation tools, this section assesses how well the wayfinding systems are facilitating safe and orderly crowd behavior. In table 6, which focuses on evaluating how signage and urban identity markers influence crowd behavior and safety, the data reveal moderate levels of anxiety among respondents, with scores such as feeling upset and anxious (Mean = 3.80, SD = 1.25).

Table 6: Descriptive Statistics Psychological Impact Related to Navigation in Crowded Areas

Indicator	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Dev
feeling upset and anxious	179	1.00	5.00	3.7989	1.24693
feeling afraid when I get lost	179	1.00	5.00	3.5866	1.27950
feeling embarrassed to ask others	179	1.00	5.00	3.3631	1.27948
Guide does not speak my language	179	1.00	5.00	3.4078	1.23895
It is best to use signage	179	1.00	5.00	4.1676	.99711
I prefer asking the guides	179	1.00	5.00	3.9609	1.07245
I prefer using Google Maps	179	1.00	5.00	4.2123	.98851
I feel comfortable when neighborhood has wayfinding	179	1.00	5.00	4.3631	.99830
Valid N (listwise)	179				

Figure 13 Psychological Impact Related to Navigation in Crowded Areas

This suggests that while the systems are largely effective, there is still a level of psychological stress associated with navigating through unfamiliar environments, especially during peak times. The importance of clear and accessible wayfinding systems in reducing confusion and anxiety is supported by studies that highlight the need for visible and easily understood signage to promote crowd safety and well-being (Zhou & Ujang, 2024b).

Also, the respondents indicate that, the preference for both signage (Mean = 4.17, SD = 0.99) and Google Maps (Mean = 4.21, SD = 0.99) suggests that a hybrid system combining physical and digital navigation tools could significantly improve user experience. This approach is in line with recent findings that advocate for the integration of digital tools like Google

Maps with traditional signage to optimize navigation and reduce stress in complex urban environments (Tahir & Krogstie, 2023). Enhancing the visibility of signage, particularly during peak religious seasons, and ensuring that digital tools are readily accessible would help to further improve crowd management and alleviate the remaining anxiety felt by users.

The emotional impact of disorientation in Makkah's crowded neighborhoods is significant, with 68.2% of respondents feeling upset and anxious when lost. Emotional stress caused by disorientation can lead to irrational decisions and erratic movement, which further complicates crowd control in high-density environments. During events like Hajj, such behaviors can create dangerous situations, where confusion leads to overcrowding and potential safety risks. Clear and accessible wayfinding systems can mitigate these feelings of stress, promoting smoother navigation and better crowd management.

Table 7: Impact of Wayfinding Systems on Crowd Behavior and Safety

Indicator		Strongly Disagree	Disagree	Average	Agree	Strongly Agree	Total
feeling upset and anxious	Frequency	13	19	25	56	66	179
	Percent	7.3	10.6	14	31.3	36.9	100
feeling afraid when I get lost	Frequency	14	27	33	50	55	179
	Percent	7.8	15.1	18.4	27.9	30.7	100
feeling embarrassed to ask others	Frequency	18	29	44	46	42	179
	Percent	10.1	16.2	24.6	25.7	23.5	100
feeling comfortable with clear wayfinding	Frequency	6	8	8	50	107	179
	Percent	3.4	4.5	4.5	27.9	59.8	100
feeling upset when guide does not speak my language	Frequency	16	26	47	49	41	179
	Percent	8.9	14.5	26.3	27.4	22.9	100

As displayed in table 7, The fear experienced by 58.6% of respondents when lost also highlights the importance of reliable wayfinding tools. Research by (Boumenir et al., 2010)confirms that fear in unfamiliar environments can cause individuals to act unpredictably, which can disturb the flow of the crowd and increase the risk of accidents. Reducing this fear through effective signage and landmarks can help maintain a calm and orderly environment, which is crucial during large gatherings such as pilgrimages.

Furthermore, 49.2% of respondents felt embarrassed to ask for help, which may prevent them from seeking assistance when lost. This reluctance, combined with feelings of anxiety and fear, suggests that wayfinding systems should be designed to minimize the need for personal interaction and reliance on guides. A well-placed, multilingual signage can help reduce the burden on individuals to ask for directions, thus improving navigation experiences for international visitors who may already be uncomfortable or unfamiliar with the area.

Language barriers remain a significant factor, with 50.3% of respondents citing them as a cause of disorientation. Makkah, as a hub for international pilgrims, sees visitors from a vast array of linguistic backgrounds. The lack of multilingual support in signage or guides increases the likelihood of confusion and disorientation. According to Iftikhar, 2022, providing multilingual signage is crucial in large, multicultural cities to facilitate movement and improve user experience. Without such accommodations, crowd management becomes more difficult, and the likelihood of accidents or disruptions increases.

After that the Preferences were elicited for improving wayfinding tools and their role in crowd management as show in table 8. The overwhelming preference for signage, with 82.7% of respondents indicating that they prefer to rely on it for navigation, underscores the critical role of clear, visible signage in maintaining effective crowd control. Emphasizes that

in high-density areas as mentioned before (K.-C. Wu & Wang, 2017), must not only be frequent but also easily understood and visible from a distance to ensure that individuals can quickly orient themselves. The findings suggest that well-placed signage in Makkah's neighborhoods plays a key role in guiding both residents and pilgrims safely through crowded environments.

Table 8: Users Preferences of Using Wayfinding Systems

Indicator		Strongly Disagree	Disagree	Average	Agree	Strongly Agree	Total
It is best to use signage	Frequency	7	5	19	68	80	179
	Percent	3.9	2.8	10.6	38	44.7	100
I prefer asking the guides	Frequency	5	14	34	56	70	179
	Percent	2.8	7.8	19	31.3	39.1	100
I prefer using Google Maps	Frequency	6	5	21	60	87	179
	Percent	3.4	2.8	11.7	33.5	48.6	100

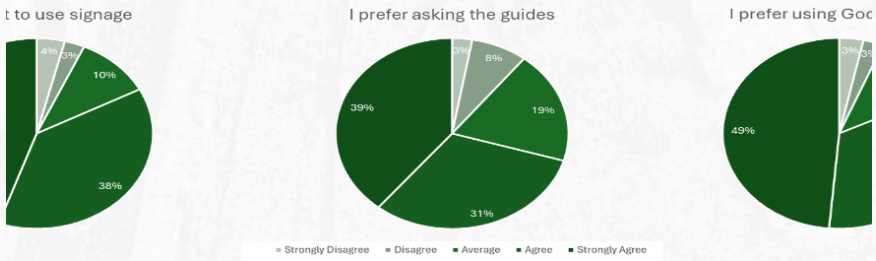


Figure 14 Users Preferences of Using Wayfinding Systems

As shown in table 8 and figure 14, the reliance on local guides also remains strong, with 70.4% of respondents preferring to ask guides for directions. Despite advancements in digital tools, human interaction continues to be an important aspect of navigation. Well-trained local guides can provide personalized assistance, especially when digital systems fail due to connectivity issues or language barriers. According to Alkharoubi, 2020, local guides are essential in large-scale events like Hajj, where many pilgrims may not be familiar with the city's layout or language. By increasing the availability of multilingual and well-trained guides, navigation can become smoother, and visitors will feel more supported in their journeys.

At the same time, 82.1% of respondents showed a strong preference for using Google Maps, reflecting the growing reliance on technology for wayfinding. Digital tools offer the advantage of real-time updates and GPS tracking, which can be particularly helpful in dynamic, crowded environments. However, as Tahir & Krogstie, 2023 notes, these tools should complement physical wayfinding systems, as internet connectivity can be unreliable in certain areas. Ensuring that signage and landmarks are in place as a backup can help mitigate potential navigation issues caused by technological disruptions.

Lastly, the high percentage of respondents (87.7%) who reported feeling comfortable when wayfinding systems were present highlights the importance of these systems in reducing stress and promoting a sense of safety. Effective wayfinding fosters confidence, allowing individuals to navigate crowded spaces without fear or confusion. Alkharoubi, 2020 argues that well-implemented wayfinding systems contribute to a more organized crowd flow, which is crucial for maintaining order and safety in large gatherings.

5. Conclusions

This study highlights the critical role of wayfinding systems in ensuring the health and safety of crowds in the residential neighborhoods of Makkah Al-Mukarramah, particularly during Hajj and Umrah. The findings reveal that while a significant portion of respondents reported adequate navigation support, a notable percentage still faced challenges due to insufficient signage, language barriers, and uniform building designs.

The research underscores the urgent need for enhancements in the wayfinding infrastructure, such as improving signage visibility, increasing multilingual support, and incorporating distinctive urban identity markers. These improvements are essential not only for reducing disorientation and crowd congestion but also for enhancing the overall experience for millions of pilgrims who navigate these densely populated areas.

In conclusion, addressing the gaps identified in this study is crucial for fostering a safer and more efficient environment for both residents and visitors. Future research should focus on continuous evaluation of wayfinding systems to adapt to the evolving needs of Makkah's diverse population, ensuring that the city can accommodate the influx of pilgrims while maintaining public health and safety. By prioritizing these enhancements, Makkah can improve crowd management and provide a more accessible pilgrimage experience for Dhoyof Al-Rahaman

6. Recommendations

This section outlines key recommendations to improve wayfinding systems in Makkah's neighborhoods. Based on study findings, these suggestions aim to enhance navigation, safety, and overall experience for residents and pilgrims. The focus is on improving signage visibility, offering multilingual support, introducing distinct landmarks, upgrading pedestrian pathways, and involving the community. Regular assessments and emergency preparedness are also emphasized to ensure ongoing improvements and effective crowd management during Hajj and Umrah seasons. Here the key recommendations for this study:

- Improve the visibility and clarity of signage throughout Makkah's residential neighborhoods, ensuring that signs are well-lit, placed at strategic locations, and use clear language.
- Implement multilingual signage to accommodate the diverse linguistic backgrounds of pilgrims. This includes translations into major languages spoken by the visitors, such as English, Urdu, and Bangla.
- Introduce distinct urban identity markers and landmarks that can help orient visitors. This could include culturally significant architectural features.
- Upgrade and maintain pedestrian pathways and sidewalks to ensure they are safe and accessible, especially during peak seasons. This helps facilitate smooth movement through crowded areas.
- Increase the availability of well-trained local guides who can assist pilgrims in navigating the neighborhoods, providing information on routes and nearby landmarks.
- Conduct regular assessments of the wayfinding systems to identify areas for improvement. This should include gathering feedback from residents and visitors to continuously enhance the navigation experience.
- Involve local residents in the design and implementation of wayfinding systems to ensure that they meet the needs of both the community and the pilgrims.
- Develop clear emergency response signage and protocols to ensure that pilgrims can quickly identify safe routes and access emergency services when needed.

By implementing these recommendations, Makkah can significantly improve the effectiveness of its wayfinding systems, enhancing the overall safety and experience for both residents and pilgrims during Hajj and Umrah seasons.

References

- Al-Ghamdi, K. A., Karban, A. S., Said, I., Rasidi, M. H., & Al-Ghamdi, S. A. (2021). Enrich Pilgrims Experience by Improving the Wayfinding System in (Meeqat Zul Halifa) Abiar Ali. The 20th Scientific Forum for the Hajj, Umrah, and Visit Research, 1, 427–436.
- Alinaghi, N., & Giannopoulos, I. (2024). Wayfinding Stages: The Role of Familiarity, Gaze Events, and Visual Attention. Leibniz International Proceedings in Informatics, LIPIcs, 315. https://doi.org/10.4230/LIPIcs.COSIT.2024.1
- Alkharoubi, A. M. (2020a). Wayfinding for Pedestrians in the Crowded Areas of Al-Hajj: How Can Wayfinding System Designs Increase the Efficiency of Wayfinding and Navigation Performances for Pedestrian Pilgrims During the Islamic Pilgrimage (Al-Hajj) [DOCTOR OF PHILOSOPHY]. UNIVERSITY OF MINNESOTA.
- Alkharoubi, A. M. (2020b). Wayfinding for Pedestrians in the Crowded Areas of Al-Hajj: How Can Wayfinding System Designs Increase the Efficiency of Wayfinding and Navigation Performances for Pedestrian Pilgrims During the Islamic Pilgrimage (Al-Hajj). https://conservancy.umn.edu/server/api/core/bitstreams/1f29e86e-a142-43f5-8201-470ea8d9f241/content
- Al-Rabiah, F. (2023). Scouts Guide 206,000 Lost Pilgrims during This Year's Hajj Season. Saudi Press Agency, 4–5. https://spa.gov.sa/en/68cc0bd997b
- Askarizad, R., Lamíquiz Daudén, P. J., & Garau, C. (2024). Exploring the role of configurational accessibility of alleyways on facilitating wayfinding transportation within the organic street network systems. Transport Policy, 157, 179–194. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2024.09.001
- Baskaya, A., Wilson, C., & Özcan, Y. Z. (2004). Wayfinding in an unfamiliar environment: Different spatial settings of two polyclinics. Environment and Behavior, 36(6), 839–867. https://doi.org/10.1177/0013916504265445
- Bhatt, A., & Kolay, S. (2020). Spatial Heuristic Evaluation Through Wayfinding: A Tale of Two Indian Cities. In Advances in Intelligent Systems and Computing (Vol. 972, Issue August 2019, pp. 598–610). https://doi.org/10.1007/978-3-030-19135-1_59
- Boumenir, Y., Dresp, B., & Georges, F. (2010). Wayfinding through an Unfamiliar Environment. Perceptual and Motor Skills. https://doi.org/10.2466/04.22.23.27.PMS.111.6
- De Vera, M. A., Ratzlaff, C., Doerfling, P., & Kopec, J. (2010). Reliability and validity of an internet-based questionnaire measuring lifetime physical activity. American Journal of Epidemiology, 172(10), 1190–1198. https://doi.org/10.1093/aje/kwq273
- Farr, A. C., Kleinschmidt, T., Yarlagadda, P., & Mengersen, K. (2012). Wayfinding: A simple concept, a complex process. In Transport Reviews (Vol. 32, Issue 6, pp. 715–743). https://doi.org/10.1080/01441647.2012.712555
- Gazzawe, F., & Albahar, M. (2024). Reducing traffic congestion in makkah during Hajj through the use of AI technology. Heliyon, 10(1). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e23304
- Hajj Statistics.(2023) .
- Iftikhar, H. (2022). A DESIGN FRAMEWORK FOR SYNTHESIZING THE MOBILE AND STATIC WAYFINDING INFORMATION IN COMPLEX ENVIRONMENTS [Thsis]. The Hong Kong Polytechnic University.
- Kadi, S., Abdullah, A., & Bachok, S. (2021). THE EVALUATION OF PEDESTRIAN FACILITIES ON HAJJ CROWD BETWEEN ARAFAT AND MUZDALIFAH PEDESTRIAN STREET. PLANNING MALAYSIA, 19. https://doi.org/10.21837/pm.v19i19.1069
- Karban, A. S. (2020). Reviving the Roles of Makkah Residents in Providing Hospitality. PalArch's Journal of Archaeology of Egypt/ Egyptoloy, 17(7), 13310–13332.
- Khalid, M. A., Rasidi, H., Suruje, A. F., Karban, A. S., & Alsolami, B. M. (2024). EasyChair Preprint Factors Influencing Wayfinding Systems Efficiency for Hajj Pilgrims in Al-Mashaaer Al-Mugaddassah Metro Train Station, Muzdalifah.
- Lynch, K. (1960). The Image of The City. 11.

- McCunn, L. J., & Gifford, R. (2018). Spatial navigation and place imageability in sense of place. Cities, 74, 208–218. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cities.2017.12.006
- Memon, M. A., Ting, H., Cheah, J. H., Thurasamy, R., Chuah, F., & Cham, T. H. (2020). Sample size for survey research: Review and recommendations. Journal of Applied Structural Equation Modeling, 4(2), i–xx. https://doi.org/10.47263/jasem.4(2)01
- Pallant, J. (2013). SPSS Survival Manual. McGraw-Hill Education.
- Passini, R. (1984). Wayfinding in Architecture. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Phillips, J., Walford, N., Hockey, A., Foreman, N., & Lewis, M. (2013). Older people and outdoor environments: Pedestrian anxieties and barriers in the use of familiar and unfamiliar spaces. Geoforum, 47, 113–124. https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2013.04.002
- Raineri, A. (2015). Behavioural risk at outdoor music festivals [University of Southern QueenslandVolume IApril 2015Supervisor: Prof Glen Postle]. https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4615.1523
- Shiwakoti, N., Shrestha, R., & Aghabayk, K. (2023). State-of-the-Art Passengers Survey Examining Passengers' Crowd Behavior in Emergencies at Train Stations. In N. Bellomo & L. Gibelli (Eds.), Crowd Dynamics, Volume 4: Analytics and Human Factors in Crowd Modeling (pp. 179–200). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-46359-4_7
- Tahir, R., & Krogstie, J. (2023). Impact of Navigation Aid and Spatial Ability Skills on Wayfinding Performance and Workload in Indoor-Outdoor Campus Navigation: Challenges and Design. Applied Sciences, 13(17), 9508. https://doi.org/10.3390/app13179508
- Umrah Statistics. (2023). https://doi.org/10.1080/01441647.2012.712555
- Wu, J., Chen, X., Zhao, M., & Xue, C. (2024). Cognitive characteristics in wayfinding tasks in commercial and residential districts during daytime and nighttime: A comprehensive neuroergonomic study. Advanced Engineering Informatics, 61, 102534. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aei.2024.102534
- Wu, K.-C., & Wang, H. (2017). Inclusive Design Thinking for Accessible Signage in Urban Parks in Taiwan. International Conference on Universal Access in Human-Computer Interaction, 335–347.
- Zhou, J., & Ujang, N. (2024a). An Analysis of Pedestrian Preferences for Wayfinding Signage in Urban Settings: Evidence from Nanning, China. Buildings, 14(9). https://doi.org/10.3390/buildings14092986
- Zhou, J., & Ujang, N. (2024b). An Analysis of Pedestrian Preferences for Wayfinding Signage in Urban Settings: Evidence from Nanning, China. Buildings, 14(9). https://doi.org/10.3390/buildings14092986

Patterns of Emergency Department Visits during Hajj Period in Al-Noor Specialist Hospital, Makkah, Saudi Arabia, 2024: Towards Healthcare Optimization in View of Saudi Arabia's Vision 2030

Ghanim. H. Al-Khattabi[1]*, Hatim. Ahmad. Al-Omari[1], Basmah. Amin. Rafea[1], Molham. Abdulfattah. Feda[1], Khulood Khaled Al-Harbi[2], Osaid. Ayman. Halwani[1]

Makkah Healthcare Cluster, Ministry of Health

*Corresponding author: E-mail (drghanimm@gmail.com)

أنماط زيارات قسم الطوارئ خلال فترة الحج بمستشفى النور التخصصي بمكة المكرمة، المملكة العربية السعودية 2024: نحو تحسين الرعاية الصحية في ضوء رؤية المملكة العربية السعودية 2030

غانم حميد الخطابي*[1]، حاتم أحمد العمري[1]، بسمة أمين رفيع[1]، ملهم عبد الفتاح فدا[1]، خلود خالد الحربي[2]، أسيد أيمن حلو اني[1]

تجمع مكة المكرمة الصحي، وزارة الصحة

Abstract:

Non-urgent hospital visits have become an increasing concern in Middle Eastern countries. However, there is remarkable paucity in studies that have elucidated the pattern of acute cases treated at the ultimate healthcare center during Hajj, including that described the urgency of emergency visits during this vital period. This study aimed to examine the pattern of emergency department visits (EDV) by patients during Hajj period and to determine the urgency of emergency visits at a specialist healthcare center. A retrospective review of medical records of Hajj patients visiting the ED at Al-Noor Specialist Hospital (NSH) in Makkah from 1-12-1445 H till 30-12-1445 H was conducted. A total of 14842 patient records included in the analysis, nearly two third 61.34% of them were male.

The most common provisional diagnoses were unspecified pain for further investigation 13.61%. Most of the patients who visited the ED were discharged 90.89% (avoidable visits). Only 4% of the ED visits led to hospital admission. Results from the Canadian Triage and Acuity Scale (CTAS score) revealed that more than two-thirds 69.82% of patients were triaged with a score of III; however, the scores changed significantly throughout the Hajj days and through different EDV duration ($p = 0.00$). Most of the EDVs 98.92% stay less than 1 hour in the ED and almost all of the EDV visitors do not follow up 98.96%. It was concluded that triaging patients during Hajj might be difficult due to the high number of patients relative to available resources. During Hajj, a significant proportion of patients who visited the ED at the ultimate healthcare facility were discharged within 24 hours, with a higher rate in the morning, afternoon and before mid-night period.

It was recommended that value-based health care and new model of care principals including urgent care pathway is currently warranted in addition to extension in working days at primary care centers and optimization of advanced

healthcare facilities during Hajj period, close collaboration between Emergency Department physicians and other physicians is required for efficient resource use. **Introduction**

Millions of Muslims visit Saudi Arabia's Holy City (Makkah or Mecca) each year for the Hajj pilgrimage. The rite takes place from 8 to 13 Dhul Hijjah, the last month of the Islamic year. Mass gatherings and overcrowding migration from one location to another, which distinguishes the Hajj season, raise the risk of infectious and noncommunicable medical diseases. Furthermore, emergency departments (EDs) receive a large number of cases involving acute diseases during Hajj, resulting in much higher rates of morbidity and mortality. Hajj, a journey to Makkah and holy locations, is one of the 5 pillars of Islam that every financially and physically capable Muslim must do once in their lives. It brings together Muslims of all colors and languages for one of life's most powerful spiritual experiences. Hajj, which brings together more than 2 million Muslims, provides a unique challenge for healthcare services. The primary objective of healthcare practitioners is to offer the best possible service to the greatest number of patients with the resources available. [1, 2] Various communicable and noncommunicable medical issues, including cardiovascular events, respiratory disorders, heat stroke, and trauma, have been documented among Hajj pilgrims visiting basic and secondary medical facilities. [3-5] Furthermore, heart disorders are widespread and urgently identified in advanced care facilities.[2, 6]. Nonurgent hospital visits have been a growing problem in Middle Eastern nations, with up to 88.7% of patients being classed as nonurgent at emergency departments. [7, 8] Two studies in Saudi Arabia investigated the scope of these possibly unnecessary visits during non-Hajj times, and discovered that 53% to 59.4% of patients visiting EDs had primary care or nonurgent diseases.[7, 9].

The Saudi Ministry of Health offers all Hajj pilgrims with free, high-quality health care services. As a result, during Hajj, Saudi authorities assigned 25,000 health staff and 25 hospitals, as well as 155 permanent and seasonal health facilities dedicated to delivering various levels of medical treatment. These services are offered at all four major ceremonial sites: Mina, Arafat, and the two Holy Mosques. Approximately 60% of patients hospitalized in these care centers are moved to advanced care institutions.[10] Al-Noor Specialist Hospital (NSH) is a tertiary care hospital in Makkah City that handles complicated problems and provides advanced treatment to all pilgrims visiting the location, including 24-hour emergency services.. Previous research on Hajj detailed the pattern of hospitalization among pilgrims, revealing various diagnoses in this population. [2, 6, 10, 11] However, no prior research has defined the pattern of acute cases treated at the final healthcare center during Hajj, nor has it highlighted the importance of emergency visits during this critical season. As a result, we sought to investigate the frequency of ED visits (EDVs) among Hajj patients and assess the urgency of EDVs during Hajj.

This would eventually contribute to maintaining a high level of readiness for Hajj-related possible calamities and optimizing big healthcare facilities throughout the pilgrimage. Previous studies on Hajj documented the pattern of admission among Hajj pilgrims, showing different diagnoses in this group. However, there is a notable lack of research that elucidates the pattern of acute cases treated at the final healthcare institutions during Hajj and describes the importance of emergency visits during this critical time.The current study's findings will be useful for future researchers, decision-makers, and study replication. Therefore, the objective of the current study was to identify the pattern of ED visits (EDVs) among all patients attending the ED during Hajj (including both pilgrims and non-pilgrims) in Al-Noor Specialist Hospital in Makkah from 1-12-1445 H till 30-12-1445 H, in addition the study aimed to determine the urgency of EDVs among all patients (including both pilgrims and non-pilgrims) in Al-Noor Specialist Hospital in Makkah from 1-12-1445 H till 30-12-1445 H

Methodology

The study was conducted at Makkah healthcare cluster hospitals after approval from its Institutional Review Board. (IRB Number: H-02-K-076-0624-1133). Retrospective data analyses were conducted using medical records of Hajj patients attending the ED during Hajj (including both pilgrims and non-pilgrims) in Al-Noor Specialist Hospital in Makkah from 1-12-1445 H till 30-12-1445 H by the researcher and his team. All patients attending the ED during Hajj (including both pilgrims and non-pilgrims) in Al-Noor Specialist Hospital in Makkah from 1-12-1445 H till 30-12-1445 H was included in the study, with no exclusion. During Hajj, patients who seek care at Makkah healthcare cluster facilities was triaged in emergency departments and either sent to the outpatient department for further medical care or treated there. They were discharged from the emergency department (these trips were thought to be possibly unnecessary), admitted to an inpatient institution after getting initial care, judged absconding, or reported deceased. Patients' medical records were analyzed to gather information on demographics, time of presentation in the ED, clinical diagnosis and comorbidities, disposition and time of disposition, language difficulties, and Canadian Triage and Acuity Scale (CTAS) score classification. [12]. All participants with missing data were excluded from the study using conventional statistical methods. The length of the ED Stay in (Hour) was measured for both admitted and released patients as the time between the EDV's start and hospital admission or discharge. CTAS assists healthcare personnel in determining the severity of situations during the triage stage. The grades range from I (need for resuscitation) to V (not urgent). EDV durations were divided into three equal periods: A (08:00 a.m.–03:59 p.m.), B (04:00 p.m.–11:59 p.m.), and C (12:00 a.m.–07:59 a.m.). The data were analyzed using SPSS version 21.0. Numerical data were given as means and standard deviations, or medians and interquartile ranges. ANOVA, T. Test, Mann-Whitney U tests, and Kruskal-Wallis tests were used to compare different data distributions. if P value equal or less than 5%, then the test result considered significant. The categorical variables were compared using chi-squared testing.

Results:

Tables from 1 to 16 show the results of the present study which concern with the patterns of emergency department visits during Hajj period in Al-Noor Specialist Hospital, Makkah, Saudi Arabia, 2024. Out of the 14842 patient records included in the analysis, 61.34% (n = 9104) were of men with a mean age of 25.5865 ± 2.19 years, and Saudis are the most common visitors 46.07% (n=6837) followed by Egyptian 8.55% (n=1269), Pakistani 4.83% (n=717), Hindi 4.55% (n=676), Indonesia 3.91%(n=580) and Yamani 3.71% (n=551) respectively. The results show that CTAS scores were III in more than two-thirds 69.82% of the EDVs, most of them were male 61.9% and 98.89% of them were with no previous medical condition and 93.39% of them were discharged and 91% of them attend the hospital walk in (**Table 3)**. The most common provisional diagnoses were unspecified pain for further investigation 13.61% (**Table 4)**. Most of the EDVs (90.89%) were discharged (avoidable visits), only 4% of the ED visits led to hospital admission and the highest proportion of discharged visits occurred during Period A (35.58%) and 61.8% of them were male (**Table 5).** The length of stay for ED visitors for less than 1 hour for discharged cases was 90.89%, compared with those for admitted cases 4.1% **Table 6** while the most common type of transportation for ED visitors was walk in 81.55% (around 61.5% of them were male **(Table 7)**. Results in tables 8-16 show visiting times, durations, and outcomes for 14842 EDVs show that most EDVs were encountered before midnight (Periods A and B; 69.81%) (period A 35.94% and period B 33.87%) compared to that after midnight in period C 30.19%. and male patients encountered around 60.3% from those EDVs in period A. Also, most of the EDVs 98.92% stay less than 1 hour in the ED and 61.5% of them were male and 36% of them are in period B, and

35.68% were in period A and 99% of them reported no previous medical condition and 98.8% of them stay less than one hour in ED) followed by ambulance 11.88% (around 60.7% of them were male and 40.24% were in period A and 98.4% of them reported no previous medical condition and 99.3% of them stay less than one hour in ED). Almost all of the EDVs visitors do not follow up 98.96%. Approximately, 99% of them reported no previous medical condition and 99% of them stay less than 1 hour in ED, and 86.5% of them attend to the hospital walk in. Admission occurred more frequently during Periods A and B (39.9% and 37.74%, respectively) than Period C (22.35%; $p < 0.000039$). There was a statistically significant difference observed ($p = 0.00$ %) between EDV duration and CTAS score.

Table 1: Gender Data

Gender	Number	%
Female	5716	38.51%
Male	9104	61.34%
Unknown	22	0.15%
Total	14842	100%

Table 2: Nationality Data

Nationality	No	%	Nationality	No	%	Nationality	No	%
Saudi	6837	46.07%	Algerian.	129	0.87%	Bahraini	35	0.24%
Egyptian	1269	8.55%	Unknown.	128	0.86%	Malaysian.	32	0.22%
Pakistani	717	4.83%	Irani.	112	0.75%	Lebanese.	29	0.20%
Indian	676	4.55%	Tunisian.	106	0.71%	Libyan.	28	0.19%
Indonesian	580	3.91%	Jordanian.	91	0.61%	Siri Lanky.	25	0.17%
Yamani	551	3.71%	Chinese.	90	0.61%	Kuwaiti.	22	0.15%
Bangladesh.	390	2.63%	Philippine.	89	0.60%	British.	21	0.14%
Myanmar.	381	2.57%	Mali.	65	0.44%	Palestinian.	20	0.13%
Syrian.	295	1.99%	Unknown	50	0.34%	American.	19	0.13%
Iraqi.	278	1.87%	Uzbekistan.	49	0.33%	Francie.	17	0.11%
Afghani.	276	1.86%	Russian	48	0.32%	Mauritania.	16	0.11%
Sudani.	239	1.61%	Somali.	48	0.32%	Toggley.	15	0.10%
Moroccan.	232	1.56%	Tchadi.	47	0.32%	Omani.	14	0.09%
Turkey	181	1.22%	Niger.	43	0.29%	Girgestani.	14	0.09%
Nigerian.	160	1.08%	Ethiopia.	41	0.28%	Morisious	14	0.09%

Table 3: Severity Level According to Canadian Triage Acuity Scale (CTAS)

Canadian Triage Acuity Scale (CTAS)	Number	%
1	92	0.62%
2	1487	10.02%
3	10362	69.82%
4	356	2.40%
5	887	5.98%
Unknown	1658	11.17%
Total	14842	100%

Table 4: Provisional Diagnoses

Professional Diagnosis	Number	%
Accident	322	2.17%
Assault	13	0.09%
Cancer	17	0.11%
Cardiac	786	5.30%
Dental	9	0.06%

Dermatology	99	0.67%
Ent	36	0.24%
Fall	973	6.56%
Fever for Further Investigation	170	1.15%
Gastrology	968	6.52%
General Surgery	729	4.91%
Genital	14	0.09%
Heat Related Illness	236	1.59%
Metabolic-Related, Electrolyte Disturbance, Dehydration	1247	8.40%
Neurology	471	3.17%
Ophthalmology	114	0.77%
Orthopedic	196	1.32%
Other	3840	25.87%
Psychiatry	24	0.16%
Respiratory	1336	9.00%
Rheumatology	207	1.39%
RTA	248	1.67%
Trauma	423	2.85%
Unspecified Pain for Further Investigation	2020	13.61%
Urology	344	2.32%
Total	14842	100%

Table 5: Outcome

Outcome	Number	%
Admission to Regular Ward	604	4.07%
Discharge	13490	90.89%
Discharge against Medical Advice	341	2.30%
Emergency Department Mortality	407	2.74%
Total	14842	100%

Table 6: Length of Emergency Department (ED) Stay in (Hour)

Length Of Emergency Department (ED) Stay in (Hour)	Number	%
> 1	14681	98.92%
> 1 to 2	97	0.65%
> 2 to 3	14	0.09%
> 3 to 4	10	0.07%
> 5	17	0.11%
Unknown	23	0.15%
Total	14842	100%

Table 7: Type of Transportation to Hospital

Type of Transportation to Hospital	Number	%
Ambulance	1763	11.88%
Mission offices	679	4.58%
Private Ambulance	132	0.89%
Walk-in	12103	81.55%
unknown	164	1.11%
Total	14842	100%

Table 8: Emergency Department Visits (EDVs) Periods and Outcome

Variables	Emergency department visits (EDVs) periods			Total	P. Value
Outcome	C (00:00 - 08:00)	B (16:00 - 00:00)	A (08:00 - 16:00)		
Admission to Regular Ward	135	228	241	604	0.000039%
Discharge	4144	4546	4800	13490	
Discharge against Medical Advice	82	110	149	341	
Emergency Department Mortality	120	143	144	407	
Total	4481	5027	5334	14842	

Table 9: Emergency Department Visits (EDVs) Periods and Canadian Triage and Acuity Scale (CTAS)

Variables	Emergency Department Visits (EDVs) Periods			Total	P. value
Canadian Triage and Acuity Scale (CTAS)	C (00:00 - 08:00)	B (16:00 - 00:00)	A (08:00 - 16:00)		
1	25	26	41	92	0.00%
2	399	532	556	1487	
3	3251	3540	3571	10362	
4	152	132	72	356	
5	238	212	437	887	
Unknown	416	585	657	1658	
Total	4481	5027	5334	14842	

Table 10: Gender and outcome

Variables	Gender			Total
Outcome	Unknown	Male	Female	
Admission to Regular Ward	1	329	274	604
Discharge	19	8347	5124	13490
Discharge against Medical Advice		199	142	341
Emergency Department Mortality	2	229	176	407
Total	22	9104	5716	14842

Table 11: Gender and Emergency Department Visits (EDVs) Periods

Variables	Gender			Total
Emergency Department Visits (EDVs) Periods	Unknown	Male	Female	
A (08:00 - 16:00)	9	3219	2106	5334
B (16:00 - 00:00)	8	3082	1937	5027
C (00:00 - 08:00)	5	2803	1673	4481
Total	22	9104	5716	14842

Table 12: Emergency Department Visits (EDVs) Periods and Type of Transportation to Hospital

Variables	Emergency Department Visits (EDVs) periods			Total
Type of Transportation to Hospital	C (00:00 - 08:00)	B (16:00 - 00:00)	A (08:00 - 16:00)	
Ambulance	472	582	710	1764
Mission Offices	234	275	170	679
Private Ambulance	13	45	74	132
Walk-in	3724	4060	4319	12103
Unknown	38	65	61	164
Total	4481	5027	5334	14842

Table 13: Length of Emergency Department (ED) Stay (Hour) and Emergency Department Visits Period

Variables	Length of emergency department (ED) Stay (Hour)						Total
Emergency Department Visits Period	Unknown	> 5	> 3 to 4	> 2 to 3	> 1 to 2	> 1	
A (08:00 - 16:00)	11	6	3	1	23	5290	5334
B (16:00 - 00:00)	8	7	3	2	45	4962	5027
C (00:00 - 08:00)	4	4	4	11	29	4429	4481
Total	23	17	10	14	97	14681	14842

Table 14: Canadian Triage and Acuity Scale (CTAS) and Outcome

Variables	Outcome				Total
Canadian Triage and Acuity Scale (CTAS)	Emergency Department Mortality	Discharge against Medical Advice	Discharge	Admission to Regular Ward	
1		30	51	11	92
2	57	11	1163	256	1487
3	350	2	9678	332	10362
4			351	5	356
5			887		887
Unknown		298	1360		1658
Total	407	341	13490	604	14842

Table 15: Type of Transportation to Hospital and Canadian Triage and Acuity Scale (CTAS)

Variables	Type of Transportation to Hospital					Total
Canadian Triage and Acuity Scale (CTAS)	Unknown	Walk-in	Private Ambulance	Mission offices	Ambulance	
1		23	3	1	65	92
2		734	18	67	668	1487
3	2	9445	21	250	644	10362
4		328		24	4	356
5		865		9	13	887
Unknown	162	708	90	330	370	1658
Total	164	12103	132	679	1764	14842

Table 16: Outcome and Length of ED Stay (Hour)

Variables	Outcome					Total
Length of ED Stay (Hour)	Emergency Department Mortality	Discharge Against Medical Advice	Discharge	Admission to Regular Ward	Length of ED Stay (Hour)	
> 1	399	341	13339	602	> 1	14681
> 1 to 2	6		91		> 1 to 2	97
> 2 to 3			13	1	> 2 to 3	14
> 3 to 4			10		> 3 to 4	10
> 5	2		14	1	> 5	17
Unknown			23		Unknown	23
Total	407	341	13490	604	Total	14842

Discussion

This study looked at the frequency of EDVs for Hajj patients as well as the urgency of their visits. Male and middle age visitors & Hajjis were predominant in the current study, since the distribution of sex was similar to that documented in other studies exploring Hajj (61.34% (n = 9104) were of male), Compared to the younger mean age of patients (25.5865

± 2.19 years) than other similar studies. [2, 3]This may imply a shift in the habitual behavior of most pilgrims (as recorded in previous comparable researches) who had saved their money for decades to conduct this Islamic rite, particularly the elderly. Changing the typical habits of evaluating illness patterns during the Hajj for just elderly people in many previous hajj research should be taken into account. Apart from regular pattern of EDV by Saudi people 46.07% (n=6837), Egyptian 8.55% (n=1269), Pakistani 4.83% (n=717), Hindi 4.55% (n=676), Indonesia 3.91%(n=580) and Yamani 3.71% (n=551) are encountered from the most EDV which need further care. More investigation to explore reasons for these high number compared to other nationalities are recommended. Most patients in our study were seen at the ED during the day, evening and before mid-night (Periods A and B), (Periods A and B; 69.81%) (period A 35.94% and period B 33.87%) compared to that after midnight (period C 30.19%) which coincided with most Hajj activities. This might be due to the fact that major emergency diseases typically arise during crowded mass movements. During Mina rites, multiple pilgrim groups go toward Jamarat at the same time, just before sundown, which corresponds to the start of Period B. In reality, the tragic Hajj stampede in Mina in 2015, which corresponded with the research, happened at this period (Period B). Furthermore, this period follows a period with an unsuitable pattern of EDVs (Period A), in which the greatest proportion of possibly avoidable visits occurred. As a result, full occupancy of emergency beds and suboptimal utilization of healthcare facilities and resources may be observed at the start of this important time (periods B). Despite variations in visit patterns, there was a significant difference in CTAS scores across periods. There was a statistically significant difference ($p = 0.00\%$) between EDV length and CTAS score, as well as when compared across patients' outcomes ($p < 0.0000\%$). 34.46% of cases with CTAS score III attend the emergency department in period A, 34.1% in period B, and 31.3% in period C. More over two-thirds of participants had CTAS scores of III 69.82% of the EDVs, the majority of them were male 61.9%, and 98.89% of them had no previous medical condition. Near to 93.39% of them had been discharged, and 91% attended the hospital walk-in.

This means that more than two-thirds, or 69.82%, of the EDVs had conditions that might possibly evolve to a major issue needing immediate intervention. May cause substantial discomfort or impair ability to operate at work or in everyday activities. Vital signs are typically normal, or near the top and lower limits of the normal range. These patients have an obvious risk for deterioration, yet are frequently allocated to the ED waiting room due to our overcrowding concerns, therefore we need to concentrate on these patients and offer efficient, effective, comprehensive treatment and resources.

During Hajj, 90.89% of patients who visited the emergency department has been discharged (avoidable visits). Most of these possibly preventable visits occurred in the morning, afternoon, and before midnight. Almost one-third (35.58%) of them happened during Period A, and around two-thirds (61.8%) were male. 99% of them had no prior medical history, and 84.5% went to the hospital walk-in. Because primary health care centers are regarded as one of the most appropriate facilities for such cases and avoidable ED visits, an extension of working days at primary healthcare centers, as well as the optimization of large facilities, are currently required to provide optimal care for visitors and pilgrims during Hajj. Approximately 90.89% of patients seen in the emergency department have been discharged without being hospitalized for additional treatment or sent to another hospital. It is worth noting that the Saudi government offers high-quality care and convenient access to hospitals to all Hajj pilgrims, even those with less serious diseases. The extent to which patients with non-serious diseases were presented to the ED, as well as their impact to the delay in patient flow, is still debated. Some studies done in the United States and Canada found impacts of these variables on waiting times, [13-15]whereas others found only minor effects on waiting times for other ED patients [16]. Inappropriate utilization of emergency department facilities occurs for a variety of reasons, although patient desire appears to be the most prevalent issue [14].

It is commonly acknowledged that unnecessary EDVs raise healthcare expenses and result in inefficient healthcare delivery. [17]This is important to note since Saudi Arabia has just released a promising national vision ("KSA Vison 2030") that aims to develop a successful economy and meaningful lifestyles for residents while encouraging physical well-being. [18] However, several studies done in the United States found relatively minimal savings when non-severe patients could be directed elsewhere. [19, 20] Nevertheless, Nonetheless, competent healthcare delivery leads to more efficient healthcare service consumption and better patient outcomes. Healthcare in EDs is more expensive than in other primary care settings ; [17] hence, efficient resource use is required. Shortening the waiting time for cases that require urgent care and admission is recommended, because there was a statistically significant difference between the length of EDV stay durations in the ED between potentially avoidable cases 90.89% (discharged) and those admitted and requiring further treatment (P. value 0.000039%), because the length of stay for ED visitors for less than 1 hour for discharged cases was 90.89%, compared with those for admitted cases 4.1%. Furthermore, the current study found that the length of ED stay (in hours) varied for both groups of patients (those admitted and discharged). This disparity may benefit the former. Because case admissions occur more frequently during Periods A and B (39.9% and 37.74%, respectively) than Period C, additional allocation for resources in those periods is necessary. The majority of EDVs (98.92%) spent less than an hour in the ED; 61.5% were male, and 36% were in period B. The average duration of EDVs was less than an hour, which is below the worldwide threshold. [21, 22] However, research in UK emergency departments found that visit lengths varied depending on the admission hour and patient characteristics.[22]. Previous research on illness trends during the Hajj found a high prevalence of noncommunicable diseases and chronic disorders among the elderly. The majority of published Hajj studies found that respiratory, cardiac, neurological, and gastrointestinal illnesses were frequent among pilgrims admitted to hospitals for medical care during the Hajj. [2, 3, 10, 11, 23] Furthermore, most studies found that respiratory disorders were the primary reason of hospitalization during Hajj, [3, 10, 11, 23] although in the current study, it was the second most prevalent cause of EDVs (9.00%). The leading cause of EDVs in the current research was nonspecific discomfort that required additional examination, accounting for around 13.61% of all patients. Khan et al. [2] found a significant prevalence of cardiovascular disease (34%).Furthermore, in Al-Mashaer facilities, prevalent comorbidities recorded for hospitalized patients during Hajj were asthma and chronic obstructive lung disease (22.5%), hypertension (17.5%), and diabetes mellitus (15%) [10]. The most common provisional diagnoses were unspecified pain for further investigation 13.61%, respiratory diseases (9.00%), metabolic-related & electrolyte disturbance & dehydration (8.40%), fall 6.56%, gastrologic 6.52%, and cardiac 5.30%. More arrangements for transportation of patients are recommended since the most common type of transportation for ED visitors was walk in 81.55% (around 61.5% of them were male and 35.68% were in period A and 99% of them reported no previous medical condition and 98.8% of them stay less than one hour in ED) followed by ambulance 11.88% (around 60.7% of them were male and 40.24% were in period A and 98.4% of them reported no previous medical condition and 99.3% of them stay less than one hour in ED). More plans for patient follow-up are suggested, since practically all EDVs visitors fail to follow up (98.96%). Notably, most studies reported mortality rates ranging from 0.6% to 16% [2, 11], but the current study observed just 2.74% of fatalities. The current study found that the average mortality rate for EDVs was 2.74%, which was lower than the range of most published worldwide studies (0.6%–16%). [11] This could be partially attributed to the highly developed and adequately equipped ED at Al-Noor specialist hospital; however, we did not consider mortality data after admission to in-patient care units. Appropriate screening of prospective pilgrims for cardiovascular risk factors and adjustment to their treatment during the Hajj has decreased morbidity and mortality

in them.[24] . However, different screening methods could influence morbidity and mortality. Additionally, we have reported just 3 cases of meningitis. This is mostly due to the stringent control of vaccinations administered to pilgrims planning to visit Makkah during the Hajj. From the patients' perspective, it is uncertain if preventable ED cases would receive better care elsewhere. However, primary or secondary care institutions are regarded as the most equipped for such cases. One limitation of the study was the lack of a comparison to patients at any hospital in Al-Mashaer during the same time period. Potential disparities in health-seeking behavior between Al-Noor Specialist Hospital and any hospital in Al-Mashaer might help determine whether unnecessary visits are a Hajj-specific or broader issue. As a result, further research is needed to uncover appropriate strategies for advanced healthcare facilities to focus on severe and urgent situations while still providing cost-efficient services

Conclusion & recommendations

Triaging patients during Hajj might be difficult due to the high number of patients relative to available resources. Close collaboration between Emergency Department physicians and other physicians is required for efficient resource use. Admissions should be prioritized depending on patients' potential benefits. During Hajj, a significant proportion of patients who visited the ED at the ultimate healthcare facility were discharged within 24 hours, with a higher rate in the morning, afternoon, and before midnight period. Both admitted and discharged (avoidable) cases received equal levels of care leading to inappropriate use of ED facilities, contributing to higher healthcare costs, and leading to poor cost efficiency in healthcare delivery. Therefore, value-based health care and a new model of care principles including urgent care pathways are currently warranted in addition to extension in working days at primary care centers and optimization of advanced healthcare facilities during the Hajj period.

References:

1. Salmon-Rousseau, A., et al., Hajj-associated infections. Medecine et maladies infectieuses, 2016. **46**(7): p. 346-354.
2. Khan, N.A., et al., Pattern of medical diseases and determinants of prognosis of hospitalization during 2005 Muslim pilgrimage Hajj in a tertiary care hospital. A prospective cohort study. Saudi medical journal, 2006. **27**(9): p. 1373-1380.
3. Yousuf, M., et al., Pattern of medical problems among Haj pilgrims admitted to King Abdul Aziz hospital, Madinah Al-Munawarah. Annals of Saudi medicine, 1995. **15**(6): p. 619-621.
4. Alzeer, A., et al., Tuberculosis is the commonest cause of pneumonia requiring hospitalization during Hajj (pilgrimage to Makkah). Journal of infection, 1998. **36**(3): p. 303-306.
5. Balkhy, H.H., et al., Influenza a common viral infection among Hajj pilgrims: time for routine surveillance and vaccination. Journal of travel medicine, 2004. **11**(2): p. 82-86.
6. Mirza, A.A., et al., Patterns of Inpatient Admissions during Hajj: Clinical conditions, length of stay and patient outcomes at an advanced care centre in Makkah, Saudi Arabia. Pakistan journal of medical sciences, 2018. **34**(4): p. 781.
7. Dawoud, S.O., et al., Utilization of the emergency department and predicting factors associated with its use at the Saudi Ministry of Health General Hospitals. Global journal of health science, 2016. **8**(1): p. 90.
8. Shakhatreh, H., et al., Use and misuse of accident and emergency services at Queen Alia Military Hospital. JR Med Serv, 2003. **10**(1): p. 44-47.
9. Siddiqui, S. and D.O. Ogbeide, Utilization of emergency services in a community hospital. Saudi medical journal, 2002. **23**(1): p. 69-72.
10. Al-Rashed, R.S., Pattern of admission to hospitals during muslim pilgrimage (Hajj). Saudi Med J, 2003. **24**(10): p. 1073-1076.
11. Alzahrani, A.G., et al., Pattern of diseases among visitors to Mina health centers during the Hajj season, 1429 H (2008 G). Journal of infection and public health, 2012. **5**(1): p. 22-34.

12. Bullard, M.J., et al., Revisions to the Canadian emergency department triage and acuity scale (CTAS) guidelines 2016. Canadian Journal of Emergency Medicine, 2017. **19**(S2): p. S18-S27.

13. Burnett, M.G. and S.A. Grover, Use of the emergency department for nonurgent care during regular business hours. CMAJ: Canadian Medical Association Journal, 1996. **154**(9): p. 1345.

14. Sempere-Selva, T., et al., Inappropriate use of an accident and emergency department: magnitude, associated factors, and reasons—an approach with explicit criteria. Annals of emergency medicine, 2001. **37**(6): p. 568-579.

15. Richardson, L.D. and U. Hwang, Access to care a review of the emergency medicine literature. Academic Emergency Medicine, 2001. **8**(11): p. 1030-1036.

16. Schull, M.J., A. Kiss, and J.-P. Szalai, The effect of low-complexity patients on emergency department waiting times. Annals of emergency medicine, 2007. **49**(3): p. 257-264. e1.

17. Baker, L.C. and L.S. Baker, Excess cost of emergency department visits for nonurgent care. Health affairs, 1994. **13**(5): p. 162-171.

18. His Royal Highness Prince Mohammed bin Salman bin Abdulaziz Crown Prince, Vice President of the Council of Ministers Chairman of the Council of Economic and Development Affairs, Kingdom of Saudi Arabia. Saudi Vision 2030 (March 2019) https://vision2030.gov.sa/en/foreword.

19. Williams, R.M., The costs of visits to emergency departments. New England Journal of Medicine, 1996. **334**(10): p. 642-646.

20. Williams, R.M., The costs of visits to emergency departments—revisited. Annals of emergency medicine, 2005. **46**(5): p. 471-472.

21. Herring, A., et al., Increasing length of stay among adult visits to US emergency departments, 2001–2005. Academic Emergency Medicine, 2009. **16**(7): p. 609-616.

22. Karaca, Z., H.S. Wong, and R.L. Mutter, Duration of patients' visits to the hospital emergency department. BMC emergency medicine, 2012. **12**: p. 1-14.

23. Madani, T.A., et al., Causes of hospitalization of pilgrims during the Hajj period of the Islamic year 1423 (2003). Annals of Saudi medicine, 2006. **26**(5): p. 346-351.

24. Afshin-Nia, F., et al., How to reduce cardiovascular mortality and morbidity among Hajj Pilgrims: A multiphasic screening, intervention and assessment. Annals of Saudi medicine, 1999. **19**(1): p. 55-57.

The Role of Artificial Intelligence and Molecular Research in Revolutionizing Virus Infection Studies and Global Health Measures

Ilham T Qattan

Taibah University

*Corresponding author: E-mail (iqattan@taibahu.edu.sa)

دور الذكاء الاصطناعي والأبحاث الجزيئية في إحداث ثورة في دراسات عدوى الفيروسات وتدابير الصحة العالمية

إلهام بنت طلعت بن محمود قطان

جامعة طيبة

Abstract

Infectious diseases, caused by pathogenic microorganisms, can be symptomatic or asymptomatic. Preventative measures include early detection, transmission prevention, and vaccine development. Artificial Intelligence (AI) is a powerful and promising tool for mankind, as it is the output of big data that needs to be cleaned, structured, and integrated. AI has been represented as an advanced technology to prevent or early detection of viral infections in health care systems. Despite significant advancements in molecular research and global health, there remains a gap in fully leveraging AI to enhance the study of virus infections and improve public health responses. The objective of the review was to examine the transformative role of AI in these areas by exploring its applications in drug discovery, genomic sequencing, protein structure prediction, epidemiological modeling, diagnostic tools, and personalized medicine. The review assessed AI's contributions to global health measures such as surveillance, public health decision-making, and vaccine development and distribution. By presenting relevant case studies, including the COVID-19 pandemic and influenza outbreaks, the review highlights how AI has revolutionized virus infection studies and global health strategies. Furthermore, it identified challenges and ethical considerations, including data privacy, security concerns, and bias in AI algorithms, and proposes future research directions and recommendations. This comprehensive analysis underscores the potential of AI to bridge existing gaps and foster advancements in virus research and public health, paving the way for more effective and timely responses to future outbreaks.

Keywords: COVID-19, Artificial intelligence, infection, Heath measures

Introduction

1.1. Background: Pathogenic microorganisms like bacteria, viruses, parasites, or fungi are the source of infectious diseases, which can have symptoms or not. Certain illnesses, such as HIV, might be mostly asymptomatic but, if left untreated, can have catastrophic effects (Agrebi & Larbi, 2020). Microbes of various kinds spread infectious diseases in different ways. For example, some viruses spread by direct physical contact, whereas others, like influenza, spread by droplets released after sneezing, coughing, or speaking to someone within a few meters of one other (Richard & Fouchier, 2016).

Infectious diseases were the primary cause of premature deaths and disability worldwide. During World War I, close quarters, poor personal cleanliness, and unusually large-scale transportation all contributed to the spread of the Spanish flu virus (Berche, 2022). Several competing countries intentionally withheld information about the number of people killed by influenza, which had fatal

consequences because the virus would spread in subsequent waves. Miscommunication and incorrect use of pandemic data could have caused a million-plus fatality cost (Hayami, 2015).

Pandemic infectious diseases like SARS, MERS, Ebola, and Zika viruses emerged in the twenty-first century (Meganck & Baric, 2021; Reperant & Osterhaus, 2017). Infection-related disorders like cirrhosis, liver cancer, stomach cancer, and worsening conditions like cardiovascular and respiratory ailments can all be prevented by controlling infections (Agrebi & Larbi, 2020). The best prevention is to detect early possible pandemics and stop transmission, blocking transmission and eventually reducing virus mutations, ultimately keeping the virus in a stage that vaccines can help fight.

1.2. Significance of AI in Molecular Research: Artificial Intelligence (AI) is a powerful and promising tool for mankind, as it is the output of big data that needs to be cleaned, structured, and integrated (Silver et al., 2017). AI is an outcome of using large amounts of data that must be cleansed, organized, and integrated. Big data is defined by its volume, velocity, variety, truthfulness, complexity, and variability. However, statisticians and bioinformaticians rather than data scientists are usually needed to support health-related research (Silver et al., 2017). In the context of omics generating hundreds of thousands of data points for gene polymorphism, gene expression, metabolomics, lipidomics, and proteomics, there is a need to develop better tools to identify specific cases from the overall orientation of the mass of data (Misra et al., 2019).

Early trend identification can be made possible by detecting weak signals before they gain prominence and significance. In medicine, this would entail determining a signature in a small number of people or a group of people and forecasting the clinical course of the remaining population (Agrebi & Larbi, 2020). AI systems constantly adjust their behaviour in response to changes and change their reactions. One of its most popular uses, machine learning (ML), aims to evaluate, comprehend, and resolve an issue (Injadat et al., 2021). Recent findings suggest that machine learning (ML) offers significance to image processing in situations where traditional methods are unable to detect early illness indications (Zhou et al., 2021).

The Internet of Things (IoT) is a growing network of devices and objects that collect information, such as smartphones and wearable's (Indrakumari et al., 2020). These devices generate continuous streams of data that can be used to better understand our lifestyle and improve vaccine designs. AI has been increasingly used in healthcare to enhance efficiency and effectiveness, supporting tasks such as administrative workflow, clinical documentation, patient outreach, image analysis, medical device automation, and patient monitoring (Lee & Yoon, 2021). Major applications of AI in healthcare include drug development and ambient assisted living (AAL). Deep learning algorithms, artificial neural networks with multiple processing layers, have been successfully adopted for computer-assisted drug discovery (Bohr & Memarzadeh, 2020).

1.3. AI in Viral Infection Diagnosis: In the fight against infectious diseases, authorities have implemented surveillance systems to detect individuals at risk. A thermal camera has been employed in Singapore airport terminals to check people's temperatures and identify those who have high temperatures (Sun et al., 2015). Mathematical modelling, which includes a system that classifies individuals at higher risk for influenza based on vital signs like heart rate, breathing rate, and facial temperature, has enhanced this process. Fuzzy clustering techniques have been applied to classify persons who pose a higher risk. These methods enhance membership value and act as a fuzzifier. ML methods, such as support vector machine (SVM) learning algorithm, Matlab, leave one out cross-validation (LOOCV) method, and nested one-versus-one (OVO) SVM, have been used to separate gene sequences from bacteria (Fraley et al., 2016). However, the accuracy of these tools has been affected in real-life biological samples, indicating the need for consideration of practicalities like sample quality and laboratory process duration. Artificial immune recognition systems (AIRS) have been developed to address this issue, using k-nearest neighbour (kNN) as a classifier. SVM, a more robust classifier, was applied to a tuberculosis cohort, achieving 100% accuracy, sensitivity, specificity, and Youden's Index (Agrebi & Larbi, 2020).

Malaria, a life-threatening and pandemic infection, has been the subject of intense research to develop cost-effective and novel diagnostic methods. ML algorithms have been developed to detect red blood cells infected with malaria using digital in-line holographic microscopy data (Go et al., 2018). The SVM-based AI methodology accurately separated healthy from infected RBCs for

training and testing sets. Epidemiological studies can be performed at the population level or at the patient's bed, and mathematical models can predict the size of emerging infectious diseases. Large datasets and prediction models exist for non-communicable diseases (NCD), and ML methods are used to estimate variables related to infection (Luo et al., 2015). Epidemiological studies can predict epidemics from small foyers, such as Kyasanur forest disease (Majumdar et al., 2018). Recent life-threatening outbreaks, such as Ebola, have pushed the community to innovate in prediction using ML, single-layer artificial neural network (ANN), logistic regression (LR), decision tree (DT), and SVM classifiers (Colubri et al., 2016).

1.4. Objectives: Despite significant advancements in molecular research and global health, there remains a gap in fully leveraging AI to enhance the study of virus infections and improve public health responses. Traditional drug discovery, genomic analysis, and epidemiological modelling methods are often time-consuming and less efficient in handling large-scale data and predicting complex biological interactions. This review aims to examine AI's transformative role in these areas by exploring its applications in drug discovery, genomic sequencing, protein structure prediction, epidemiological modelling, diagnostic tools, and personalized medicine. Additionally, the review aims to assess AI's contributions to global health measures such as surveillance, public health decision-making, and vaccine development and distribution, while presenting relevant case studies and identifying future research directions and challenges.

2. AI Applications in Virus Infection Studies

Various technological approaches have emerged to combat viral epidemics, including digital technologies like Internet of Things (IoT), wearable's, and AI (Chamola et al., 2020; Sim & Cho, 2022). With the installation of Near Field Communication (NFC), more mobile devices are able to interact with the IT system through the Internet of Medical Things (IoMT), which has combined biometric devices and software applications for healthcare services (Hassija et al., 2019; M., 2015; Rodrigues et al., 2018). Wearable devices (Hiremath et al., 2014), such as smart watches (Available:, 2020), Bluetooth location beacons (Berryhill et al., 2020), and telemedicine (Osmundsen et al., 2015; T., 2020), have been adopted due to their ability to monitor stress levels and physical fitness. AI has been recognized as a breakthrough since its inception in 1956 and can be an effective tool against viral epidemics (Huang, 2020). AI can be used for disease monitoring, risk prediction (M, 2020), risk prediction (Naudé, 2020), medical diagnosis (Schmitt, 2020), screening, treatment research (Ekins et al., 2015), virus modelling (Senior et al., 2020), and lockdown measures (Jiang et al., 2020).

AI technology recently made it possible to monitor the spread of COVID-19, identify patients at high risk, and manage infection in real time. By examining patient data, it is able to forecast the chance of death. AI can help combat the virus by providing population screening, healthcare support, alerts, and recommendations for infection controls (Bai et al., 2020; Haleem et al., 2020; Hu et al., 2020). As an evidence-based medical tool, it can improve patient planning, treatment, and reported outcomes, making it a valuable tool in the fight against COVID-19 (Vaishya et al., 2020).

However, existing IoT and AI technologies have a limited impact on infection control due to their limited application to outbreaks. In situations where epidemics spread rapidly across countries, regional restrictions do not prevent large-scale infections and global spread through rapid prediction, resulting in large-scale loss of lives (Sim & Cho, 2023). Below are a few of the AI applications in viral infections.

2.2. Data Mining and Analysis: Emergent viral diseases pose a global challenge for public healthcare systems, with 1,399 human pathogen species, including 87 first reported in humans after 1980, responsible for significant mortality, morbidity, and economic losses (Woolhouse & Gaunt, 2007). Viruses infect humans through direct infective strategies or through animals as reservoir hosts (Klongthong et al., 2020). The World Health Organization has documented multiple disease outbreaks in different regions over the past four decades due to viral agents like Ebola, Crimean–Congo haemorrhagic fever virus, Lassa virus, Rift Valley fever virus, Marburg virus, Middle East respiratory syndrome-related coronavirus, Nipah virus, and severe acute respiratory syndrome coronaviruses (Organization, 2015).

The growth of Big Data has accelerated data analytics and knowledge discovery, with researchers focusing on producing usable knowledge in various domains. AI methods have been encouraged for effective infectious disease management and prevention, aiming to mitigate disease spread and contain outbreaks. Data analysis steps include data extraction, cleaning, pre-processing, transformation, interpretation, and evaluation (Nousi et al., 2022). The studies based on the utilization different methods of AI for the detection of significant viruses have been represented in Table 1.

Table 7 AI Based Detection Methods

S .No	Author(s)	Virus	Technology Used	Result
1	(Klongthong et al., 2020)	Chitosan-related viral disease treatment	Bibliometric predictive intelligence model, cross correlation, factor mapping, emergent scores	Identified three major research groups: drug delivery and adjuvants, vaccines and immune response, and tissue engineering. Highlighted that chitosan-based treatments for viral diseases are mostly in the in vitro stage of development.
2	(Frias et al., 2021)	Hepatitis C virus (HCV)	Data mining, predictive modeling, partial decision trees, ensemble models	Improved classification accuracy of HCV outcomes by identifying genetic patterns missed by conventional statistics. Partial decision trees and ensemble models increased accuracy compared to conventional methods.
3	(Saleh & Rabie, 2023)	Monkeypox	Human Monkeypox Detection (HMD) strategy, Improved Binary Chimp Optimization (IBCO), Ensemble Diagnosis (ED) model	Developed a new AI-based detection strategy for early detection of monkeypox. Achieved high accuracy (98.48%), precision (91.1%), and recall (88.91%) through feature selection and diagnostic algorithms.
4	(Ge et al., 2024)	HIV/AIDS	Data mining, IBM's Intelligent Miner, clustering, association rule discovery	Identified patient groups with common characteristics, errors in data, and unexpected associations in HIV/AIDS patient data. Facilitated better resource management and disease targeting.
5		Norovirus	Wavelet transform AI algorithm, data mining, epidemiological analysis	Improved clarity of intestinal ultrasound images and achieved a high positive detection rate (59%) for norovirus in children. Identified age groups and seasonal peaks of infection.
6	(Saad et al., 2018)	Hepatitis C virus (HCV)	Data mining, decision tree algorithm	Found a significant association between chronic HCV and diabetes mellitus (16.8%). Developed a decision tree model predicting fibrosis progression using attributes like AFP, age, and platelet count.
7	(Olsen et al., 2011)	Flaviviruses	Data mining, database integration, antigenic data analysis, T-cell epitope prediction	Assembled FLAVIdB database with antigen sequences, T-cell and B-cell epitopes, and molecular structures. Integrated data mining tools for vaccine target discovery.
8	(Liao & Tsai, 2007)	DNA viruses (HSV-1, EBV, CMV, HPV, HHV-8)	Data mining, clustering	Identified viral combinations related to breast cancer and fibroadenoma. Found protective effects of certain viral combinations on disease progression.
9	(Kebede et al., 2017)	HIV/AIDS	Cross-Industry Standard Process for Data Mining (CRISP-DM), WEKA, Random Forest, Neural Network, J48	Predicted CD4 count changes in ART patients with high accuracy using Random Forest algorithm. Identified baseline variables influencing CD4 count changes.
10		Swine flu (H1N1, H1N2, H3N1, H3N2, H2N3)	Naive Bayes classifier	Applied Naive Bayes classifier to detect swine flu, aiming to improve clinical decision-making and reduce examination costs.
11	(Andry et al., 2023; Tarasova et al., 2023)	COVID-19 (Omicron variant)	k-means algorithm	Divided data into 3 clusters of Omicron case distribution: low level (cluster 0), medium level (cluster 2), and high level (cluster 1).
12	(Tarasova et al., 2023)	HIV	Text-based identification of molecular mechanisms	Identified proteins and genes involved in HIV infection progression; verified impact in clinical studies.
13	(Kadhim, 2017)	Skin diseases	Decision tree and digital image processing	Improved classification accuracy of skin diseases using image data; system tested in MATLAB with various databases.

14	(Albahri et al., 2020)	COVID-19	A systematic review of automated AI applications for detection and diagnosis	Found gaps in AI research for COVID-19 detection; emphasized the need for more robust applications; analyzed reviewed studies' characteristics, challenges, and recommendations.
15	(Safdari et al., 2022)	HCV	Various classification models (SVM, Gaussian NB, DT, RF, LR, KNN) with SMOTE for data	The RF classifier showed the best performance, with 97.29% accuracy; the AUC for LR (0.921), KNN (0.963), DT (0.953), SVM (0.972), Gaussian NB (0.896), and RF (0.998) suggested potential for HCV stage identification.
16	(Gulyaeva et al., 2020)	Avian Influenza (AI)	ML, GIS, open access data sets	Modeled LP AI and its ecological niche with a 5 km pixel size; identified prevalence in Muscovy ducks, Mallards, Whistling Swans, and gulls; emphasized industrial impacts and wildlife contact zones.

2.2. Predictive Modeling for Viral Pathogenesis: Viral pathogenesis based on predictive modeling entails the utilization of computational approaches as well as statistical simulations in the given host organism to forecast the course of viral infections. By assessing parameters such as viral load, host immune response, the genetic variation within the population, and physical surroundings, the mechanistic models strive to predict consequences like the disease progression, communicability rates, and efficacy of interventional treatments (Restif & Graham, 2015). Such models may include simple regression equations where prognosis depends on certain factors to sophisticated mathematical models where prognosis takes into consideration various factors and interactions between the virus and the host. Based on a data collected from experimental works, clinical experiences, and epidemiological data, the predictive modeling makes great contributions to understanding the pathogenesis of the virus, to develop establishing strategies for public health, deciding clinical management, and to create new antiviral drugs and vaccines (Bhattacharyya, 2021). Several studies demonstrated the significance and efficacy of specific AI models for the prediction of Viral infection as discussed in Table 2.

Table 8: AI Models

S. No	Author	Virus	Objective	AI Model	Results
1	(Salehi et al., 2020)	SARS-CoV-2	To classify Coronavirus images and assess machine and deep learning-based architectures performance for automatic diagnostic tools	Convolutional Neural Network (CNN)	High accuracy in classifying X-Ray and CT images with potential clinical applications
2	(Kaushik et al., 2020)	SARS-CoV-2	To develop rapid, selective, sensitive diagnostic systems for early stage virus protein detection using AI for COVID-19 management	Nanoenabled miniaturized electrochemical biosensors supported by AI	Potential for rapid and selective detection at the picomolar level, interfacing with IoT and AI for data analytics
3	(Huang et al., 2020)	COVID-19	To understand and predict the spread of the virus	Susceptible-Infectious-Recovered (SIR) Model	Model accurately predicted the virus spread in different regions
4	(Cotugno et al., 2020)	Influenza Trivalent Inactivated Vaccination (TIV)	Developing a predictive score of immunogenicity	Deep ML algorithms using transcriptional data from sort-purified lymphocyte subsets after in vitro stimulation	Model accuracy of 95.6% with only one misclassified patient
5	(Khemasuwan et al., 2020)	SARS-CoV-2	To investigate the role of environmental factors in virus transmission	Epidemiological Modeling	Identified key environmental factors influencing virus spread
6	(Kara, 2021)	Influenza-like illness (ILI)	Improving multi-step influenza outbreak forecasting	LSTM neural network with genetic algorithm	Outperformance of other methods in peak period predictions
7	(Mottaqi et al., 2021)	COVID-19	Predict the number of confirmed cases	Convolutional Neural Network (CNN)	High prediction efficacy compared to other deep learning methods
8	(Gao et al., 2022)	COVID-19	Predict protein-protein interactions (PPIs) between SARS-CoV-2 and human proteins	Ensemble voting classifier using SVMRadial,	Greater accuracy, precision, specificity, recall, and F1 score

				SVMPolynomial, and Random Forest	
9	(Kavadi et al., 2020)	COVID-19	Predict global pandemic of COVID-19	Progressive Partial Derivative Linear Regression (PDR) and Nonlinear Machine Learning (NML)	Outperformed state-of-the-art methods in the Indian population
10	(Banerjee et al., 2020)	SARS-CoV-2	Predict SARS-CoV-2 positive patients from full blood counts	Random Forest, shallow learning, and a flexible ANN model	High accuracy in predicting SARS-CoV-2 positive patients
11	(Wang et al., 2021)	SARS-CoV-2	Predict COVID-19 diagnosis from CT images	Inception transfer-learning model	Proof-of-principle for using AI to extract radiological features for COVID-19 diagnosis
12	(Peng et al., 2021)	Hepatitis	Develop an explainable AI framework for hepatitis diagnosis	Logistic Regression, Decision Tree, K-Nearest Neighbor, eXtreme Gradient Boosting, Support Vector Machine, Random Forest	Improved transparency of complex models and insight into judgments
13	(Yang et al., 2020)	Various viruses	Predict human-virus protein-protein interactions (PPIs)	Unsupervised sequence embedding (doc2vec) + Random Forest classifier	Excellent predictive accuracy for known PPIs
14	(Ibrahim et al., 2021)	COVID-19	Classify CXR images for COVID-19, bacterial pneumonia, viral pneumonia, and normal scans	Deep learning approach using pretrained AlexNet model	High accuracy, sensitivity, and specificity for classification
15	(Malki et al., 2021)	COVID-19	Predict the period when the pandemic might end and the risk of a second rebound	SARIMA model	Predicted slowdown period and potential second rebound
16	(Sareen et al., 2017)	Zika Virus	Develop a system for preventing and controlling the spread of Zika virus disease -based risk assessment	Integration of fog computing, cloud computing, mobile phones, IoT-based sensor devices	High accuracy for initial diagnosis and GPS
17	(Fang et al., 2020)	Infectious Diarrhea	Develop a predictive model for incidence of infectious diarrhea	Random Forest model considering meteorological factors	Ideal prediction accuracy compared to classical ARIMA models
18	(Kaushik et al., 2020)	SARS-CoV-2	Determine the structure and potential functions of the Nsp2 protein	Cryo-electron microscopy combined with deep learning-based structure prediction	Identified zinc ion-binding site and potential roles in viral processes

2.3. Identification of Novel Therapeutic Targets: In recent years, AI has been widely utilized for the identification of novel therapeutic targets against significant viral infections to make the diagnostic process and treatments easier. In 2019, the outbreak of COVID-19 has effected millions of globally, However, the lack of significant identification and effective treatment methods remained a gap. As the drug discovery has been considered as an expensive and time consuming process typically takes around 10 years with high cost for the development of novel drugs in the market (Thomford et al., 2018). Target identification is defined as the process of identifying the specific biological sites, molecules or pathways that can be modulated or changed by the significant drugs for effective results. AI based algorithms has been recently emerged as an efficient and promising approach for the identification of specific therapeutics targets (Pun et al., 2023).

The rapid identification of several diseases lead to generate large of data, considered as a challenging situation for targeted therapy. Since AI has become effective at processing and managing complex biomedical networks of data, it may be used to identify patterns

and links in the data humans may overlook, which could improve our knowledge of and ability to treat diseases (Topol, 2019). AI has significantly improved the identification of biomarkers and targets, the prioritization of applications, the development of drug-like molecules, the prediction of pharmaceutical kinetics, the interaction between drugs and targets, and the design of clinical trials (Mak et al., 2023). Few of the AI based targeted interventions has been represented in Table 3.

Table 9: AI Based Targets

Virus	Target	AI Tools Used	Role of AI
SARS-CoV-2	Main protease (M^pro)	Deep learning, Molecular docking	Identification of essential viral protease as drug target
	RNA-dependent RNA polymerase (RdRp)	Machine learning, Molecular dynamics	Identification of essential viral polymerase as drug target
HIV	HIV-1 protease	Machine learning, Protein structure prediction	Identification of viral protease as antiretroviral target
	CCR5 co-receptor	Machine learning, Bioinformatics	Identification of cell co-receptor as entry inhibitor
Influenza	M2 ion channel	Deep learning, Structural bioinformatics	Identification of viral ion channel as drug target
	Hemagglutinin (HA)	Machine learning, Sequence analysis	Identification of conserved regions for vaccine development
Hepatitis C Virus (HCV)	NS5A protein	Deep learning, Protein-protein interaction prediction	Identification of viral protein as drug target
	Host cell factors	Machine learning, Network analysis	Identification of host factors for antiviral therapy

AI can navigate intricate biomedical networks and identify patterns and linkages in data that individuals might overlook (Mamoshina et al., 2018). Indication prioritization, drug-like molecule creation, pharmacokinetics prediction, drug-target interaction, and biomarker and target identification represent only a few areas where AI has significantly benefited clinical trial design. Clinical trials have revealed an increasing number of AI-derived medications, such as GS-0976 for non-alcoholic steatohepatitis, EXS-21546 for solid tumors, and INS018_055 for idiopathic pulmonary fibrosis (Pun et al., 2023). Several studies have demonstrated the AI based drugs along with their significant clinical trials. Few of these drugs has been represented in Table 4.

Table 10: AI-derived drugs in clinical trials

Company	Target	Indication	Compound	Development Status	Trial Number
BenevolentAI	Trk	Atopic dermatitis	BEN-2293	Phase 2	NCT04737304
Exscientia	A2AR	Solid tumors	EXS-21546	Phase 1	NCT04727138
	5-HT1A	Obsessive compulsive disorder	DSP-1181	Phase 1	Undisclosed
	5-HT1A/2A	Alzheimer's disease psychosis	DSP-0038	Phase 1	Undisclosed
	PKC-θ	Inflammatory diseases	EXS4318	Phase 1/2	Undisclosed
Insilico Medicine	Target X	Idiopathic pulmonary fibrosis	INS018_055	Phase 2	NCT05938920, CTR20230776
	3CLPro	COVID-19	ISM3312	Phase 1	CTR20230768
	USP1	BRCA-mutant cancer	ISM3091	Phase 1	NCT05932862
Nimbus Therapeutics	ACC	Nonalcoholic steatohepatitis	NDI-010976/GS-0976	Phase 2	NCT02856555, NCT03987074, NCT02891408, NCT02876796
Pharos iBio	FLT3	Acute myeloid leukemia	Radiation sensitizer	PHI-101	Phase 1
		Ovarian cancer			
		Triple-negative breast cancer			

Recursion Pharmaceuticals	CCM2	Cerebral cavernous malformation	REC-994	Phase 2	NCT05085561
	HDAC	Neurofibromatosis type 2	REC-2282	Phase 2/3	NCT05130866
	MEK1/2	Familial adenomatous polyposis	REC-4881	Phase 2	NCT05552755
Relay Therapeutics	SHP2	Solid tumors	RLY-1971/RG-6433	Phase 1	NCT04252339
	FGFR2	FGFR2-driven cancers	RLY-4008	Phase 1/2	NCT04526106
		Intrahepatic cholangiocarcinoma			
		Advanced solid tumors			
	PI3Kα	Solid tumors	RLY-2608	Phase 1	NCT05216432
Schrödinger	MALT1	Non-Hodgkin's lymphoma	SGR-1505	Phase 1	NCT05544019
Structure Therapeutics	GLP1R	Type 2 diabetes	GSBR-1290	Phase 1	NCT05762471
	APLNR	Pulmonary arterial hypertension	ANPA-0073	Phase 1	ACTRN12621000644864
		Idiopathic pulmonary fibrosis			
Valo Health	S1P1	Post-myocardial infarction	OPL-0301	Phase 2	NCT05327855
		Acute kidney injury			
	ROCK1/2	Diabetic retinopathy	OPL-0401	Phase 2	NCT05393284
		Diabetic complications			

ML-based algorithms, particularly deep learning methodologies, have gained significant attention in pharmaceutical areas (Carracedo-Reboredo et al., 2021). Multiple hidden layers of nodes are used in deep learning, commonly referred to as deep neural networks, for feature extraction and data processing. Current deep learning-based designs have been used in aging research, de novo small-molecule creation, pharmacological prediction of medications, and other areas of healthcare. Examples of these architectures are generative adversarial networks, recurrent neural networks, and transfer learning techniques (Aliper et al., 2016; Mouchlis et al., 2021).

Deep learning has been used in studies of fatal disorders with urgent clinical needs, such as identifying actionable therapeutic targets in amyotrophic lateral sclerosis (ALS) (Finkbeiner, 2024). Large language models, such as BioGPT and ChatPandaGPT, aid in therapeutic target discovery via rapid biomedical text mining. These models link genes, diseases, and biological processes, making it possible to quickly identify molecular mechanisms underlying the onset and progression of disease as well as possible targets for therapeutic intervention and biomarkers (Pun et al., 2023). However, these models may not have the ability to determine the accuracy and appropriateness of the input data, perpetuating human biases and preconceived notions.

2.4. Vaccine Development and Optimization: The COVID-19 pandemic has led to a study using AI to design universal vaccines against SARS-CoV-2. The SARS-CoV-2 proteome was used across 100 HLA-A, HLA-B, and HLA-DR alleles in the human population and generated comprehensive epitope maps. Monte Carlo simulations were used to identify "epitope hotspot" regions in the virus that are most likely to be immunogenic across a broad spectrum of HLA types (Malone et al., 2020). Across 3,400 distinct viral sequences, the immunogenic landscape and antigen presentation associated with each distinct mutation were also examined. A database containing the HLA haplotypes of over 22,000 people was used to create a digital twin simulation that represented various site combinations.

AI has been used to identify the genomic sequences of SARS-CoV-2 and variants of concern (VOC), develop drugs like Atazanavir, Remdesivir, Efavirenz, Ritonavir, Dolutegravir, PARP1 inhibitors, Abacavir, Roflumilast, Almitrine, and Mesylate, and develop vaccines using bioinformatics, databases, immune-informatics, ML, and reverse vaccinology (Bagabir et al., 2022). However, challenges include data collection difficulties, validation, ethical considerations, therapeutic effects, and clinical trial time. Table 4

includes examples of vaccines developed with the help of AI, along with the specific AI tools and their roles in the development process.

Table 11: AI Vaccines

S. No	Vaccine	Pathogen	AI Tool	Role of AI in Development
1	mRNA-1273 (Moderna)	SARS-CoV-2	Deep learning, sequence optimization	Identified spike protein target, optimized mRNA sequence
2	BNT162b2 (Pfizer-BioNTech)	SARS-CoV-2	Machine learning, immunogenicity prediction	Designed optimal mRNA sequence, predicted immune response
3	Flu vaccine candidates	Influenza	Predictive modeling, epidemiological analysis	Predicted circulating strains, selected vaccine strains
4	Epivax vaccine candidates	Various viruses	EpiMatrix (AI-driven epitope prediction)	Identified epitopes for peptide-based vaccines
5	CMV vaccine (VBI Vaccines)	Cytomegalovirus	Machine learning, sequence analysis	Identified conserved regions for broad immune response
6	Vaxign-ML vaccine candidates	Various pathogens	Machine learning, antigen prediction	Predicted protective antigens, accelerated vaccine design

3. Integration of AI with Epidemiological Aspects

Microorganisms such as bacteria, viruses and fungi, responsible for various type of infectious diseases that may lead to epidemic and sometimes pandemics in different nations or globally. These microorganisms have the capability to cause mild to severe infections with the symptoms like fever or diarrhoea (Agrebi & Larbi, 2020). despite the most recent developments in medical technology, infections continue to be the leading cause of death and morbidity worldwide, especially in low-income nations. Owing to recent developments in mathematical methods, scientists are now more capable to recognize the specificity of individual pathogens, anticipate outbreaks, and pinpoint possible targets for medication development (Jenner et al., 2020). AI and its components have been widely publicized for their ability to better diagnose certain types of cancer from imaging data (Hosny et al., 2018) .

AI has experienced rapid development and wide application in recent years, driven by big data and computing power. Techniques from traditional AI research areas like computer vision, speech recognition (Sarker, 2022), natural language processing (Bohr & Memarzadeh, 2020; Castro & New, 2016), and robotics (Habuza et al., 2021) have found innovative applications in various real-world settings, including medicine. Deep learning algorithms have also been applied to various fields, including public health surveillance. The growing literature on AI-enabled or enhanced public health surveillance, as shown in Figure 1, demonstrates the research community's interest in applying AI techniques. The COVID-19 pandemic has also prompted a call for AI-based public health solutions.

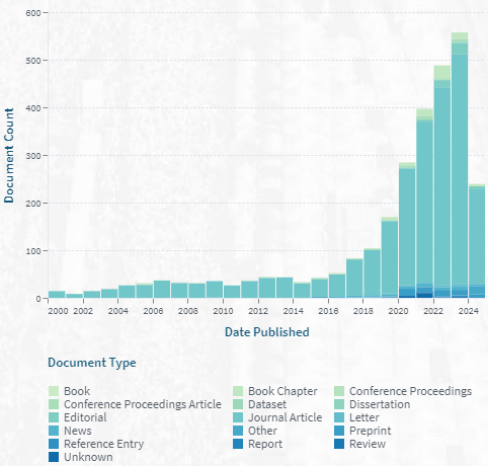


Figure 13: Literature on AI and Public Health Surveillance Over time

Numbers of published papers containing both "AI" and "public health surveillance" as keywords from the Lens, accessed in May 2024.

3.1 Real-time Surveillance Systems

Recent AI advances have significantly benefited public health surveillance, as evidenced by the growing literature on AI-enhanced surveillance work, highlighting the research community's interest in applying AI techniques. AI can enhance public health surveillance and response by addressing the fundamental challenges of data-driven surveillance. AI can address the issues associated with data sourcing and analytics by helping in the early, accurate, and reliable identification of health abnormalities and disease outbreaks from a variety of data sources. By simulating the dynamics of disease transmission, it can also be used to evaluate public health interventions and forecast and analyze changes in infectious disease trends. AI makes it possible to improve surveillance capabilities by utilizing new or unexplored data sources, such the Internet and Internet of Things apps. By addressing new forms of surveillance data, like text, photos, and videos that are semi-structured or unstructured, it also improves on the capabilities of existing data analytics tools. To provide early warning and forecast epidemic trends, machine learning techniques are able to recognize patterns, pinpoint anomalies, and evaluate trends and hazards from public health monitoring data streams. Few of the AI based Public Health Surveillance sites has been represented in Table 6.

Table 12: AI based Public Health Surveillance sites

Surveillance System	Description	AI Tools Used	Application in Viral Infection Identification
HealthMap	Aggregates data from news, social media, and public health sources to monitor disease outbreaks globally.	Natural language processing, machine learning	Identifies and maps reports of viral outbreaks globally, including emerging infections like COVID-19.
BlueDot	Tracks and predicts the spread of infectious diseases using data from multiple sources.	Machine learning, big data analytics	Predicts the spread of viral diseases, identifies hotspots for viruses like SARS-CoV-2.
ProMED-mail	Internet-based reporting system for emerging diseases and outbreaks.	Data filtering algorithms	Sorts and analyzes reports of viral outbreaks, aiding in early detection.
Flu Near You	Crowdsourced platform where users report flu-like symptoms to track influenza spread.	Machine learning	Tracks influenza trends and outbreaks, identifies viral flu patterns.
WHO's EIOS	Analyzes online information sources for early detection of health threats.	AI-driven data processing tools	Detects signals of emerging viral threats, facilitates early response to outbreaks.

3.2. Early Detection and Outbreak Prediction

Over the past two decades, numerous viral diseases such as Chikungunya, Ebola, Zika, Nipah, H7N9 Bird flu, H1N1, SARS and MERS have emerged, leading to increased risk of infectious disease outbreaks (Arora et al., 2020). The latest virus, COVID-19, has prompted the development of new surveillance strategies to detect emerging infections and identify increased risks associated with climate change. These strategies include event-based surveillance (EBS) systems and risk modelling (Bansal et al., 2020).

EBS systems use open-source internet data, such as media reports and social media, to detect emerging threats and enhance early warning of public health threats. AI applications, such as ML and natural language processing, are used to improve the speed, capacity, and accuracy of filtering, classifying, and analyzing health-related internet data. Risk modelling uses statistical and mathematical methods to assess disease severity and spread, considering factors like host, pathogen, and environment (Rees et al., 2019).

A study using maximum entropy ML (Walsh et al., 2017) has identified key determinants associated with Rift Valley Fever (RFV) emergence in Africa and the Arabic peninsula, including intermittent wetland, wild Bovidae richness, and sheep density as landscape suitability. A comparison study of the H5N1 outbreak in Egypt found that random forest was a more reliable prediction tool than ARIMA (Kane et al., 2014). An optimized ARIMA-GRNN model was utilized for forecasting and controlling tuberculosis in Heng county, China, despite high population movement and HIV coinfection history, demonstrating superior performance compared to previous models (Wei et al., 2017).

The utilisation of these strategies is expected to inform public health actions to prevent, detect, and mitigate the increase in infectious diseases due to climate change. The development of ML-based tools for healthcare providers offers novel ways to combat global pandemics, identifying trends and patterns in data. A few of the surveillance systems that have been utilised for the early detection of outbreaks have been represented in Table 7.

Table 13: Outbreak Surveillance systems

S. No	Studies	Surveillance System	Founded	Access	Moderation	AI Tools Used	Outbreak Detected	Impact of Early Detection
1	(Carrion & Madoff, 2017; Yu & Madoff, 2004)	Program for Monitoring Emerging Disease (ProMED)	1994 as a nonprofit organization	Yes	Partially moderated system	Data filtering algorithms	MERS-CoV (Middle East, 2012)	Identified initial reports, aiding in containment efforts.
2	(Dion et al., 2015)	Global Public Health Intelligence Network (GPHIN)	1998 through Canada-WHO partnership	No; available to partnered health agencies	Fully automated system	Machine learning, natural language processing	SARS (2002-2003)	Provided early warnings of the SARS outbreak.
3	(Alomar et al., 2015; Linge et al., 2010)	Medical Information System (MedISys)	2004 by the European Commission	Yes	Partially moderated system	Natural language processing, machine learning	H1N1 Influenza (2009)	Tracked spread and provided timely data to health officials.
4	(Harris et al., 2018; Hawkins et al., 2016)	HealthMap	2006 by Boston Children's Hospital	Yes	Partially moderated system	Natural language processing, machine learning	Ebola (West Africa, 2014), COVID-19 (2019)	Provided early warnings and real-time tracking.
5	(Valentin et al., 2020)	Pattern-based Understanding and Learning System (PULS)	Not specified	Yes	Not specified	Pattern recognition, machine learning	Various outbreaks	Improved early detection and response planning.
6	(Kasamatsu et al., 2021)	BlueDot	2013 by Kamran Khan	Yes	Fully automated system	Machine learning, natural language processing	COVID-19 (SARS-CoV-2)	Alerted clients before official announcements, enabling early preventive measures.
7	(Baltrusaitis et al., 2022)	Flu Near You	2011 by HealthMap and Boston Children's Hospital	Yes	Partially moderated system	Machine learning	Seasonal Influenza	Tracked real-time flu activity, allowing more effective responses.
8	(Jabour et al., 2021)	Google Flu Trends (Historical)	2008 by Google	No (Discontinued)	Fully automated system	Machine learning	Seasonal Influenza	Provided early indicators based on search queries.
9	(Yanagawa et al., 2022)	WHO's Epidemic Intelligence from Open Sources (EIOS)	2019 by WHO	No	Fully automated system	AI-driven data processing tools	Various viral outbreaks	Detected signals of emerging viral threats, enabling quicker response.

3.3. Contact Tracing and Transmission Dynamics Modeling

Recently, the COVID-19 pandemic presented significant uncertainty and variability, necessitating a comprehensive understanding of biological, policy, sociological, and infrastructure responses. Optimizing strategies for testing, diagnostics, contact tracing, and quarantine is crucial with asymptomatic spread and no immediate vaccine or pharmaceuticals. Interconnected system dynamics models were used to optimize mitigation strategies during a pandemic. A systems dynamics epidemiology model, along with other models, investigated uncertainties in testing and optimizes strategies for detecting and diagnosing infected people (Fair et al., 2021).

A study (Adeyemi et al., 2020) presented an epidemic model for COVID-19, focusing on intervention strategies such as social distancing, contact tracing, quarantine, case isolation, and supportive treatment. The model's feasibility and mathematical well-posedness were determined based on the threshold value, R0. Sensitivity analysis revealed that the rate of social distancing and rate of effective contact were the most sensitive parameters to the reproduction number.

Since the 1980s, modellers have been developing a consistent theory for contact tracing, aiming to find effective implementations and assess its effects on controlling emerging infectious diseases (Müller & Kretzschmar, 2021). Contact tracing is a crucial process for preventing infectious diseases, ensuring control and a long time to local take-off. It is vital during the SARS (Riley et al., 2003), Ebola (Saurabh & Prateek, 2017), and smallpox outbreaks (Eames & Keeling, 2003). With advancements in vaccine development technologies, contact tracing and follow-up control measures have become even more important. For novel pathogens like pandemic influenza, advanced technology may shorten the time needed for vaccine development, bridging gaps between epidemic emergence and vaccine availability (Kwok et al., 2019). Table 8 presented a few AI-based epidemic models focusing on contact tracing and transmission dynamics for different viruses

Table 14: AI-based epidemic models

Model Name	Virus	AI Tools Used	Purpose	Impact
COVID-19 Mobility Model	SARS-CoV-2	Machine learning, mobility data analytics	Predicting spread based on human mobility patterns	Informed travel restrictions and social distancing measures
DeepContact	Various (e.g., Influenza, SARS-CoV-2)	Deep learning, network analysis	Identifying and predicting high-risk contacts	Improved accuracy and efficiency in contact tracing
FluTracking	Seasonal Influenza	Machine learning, real-time data processing	Monitoring flu spread through self-reported symptoms	Enabled timely public health responses and resource allocation
ProNet (Proactive Network)	SARS-CoV-2	Machine learning, predictive analytics	Modeling transmission dynamics in real-time	Enhanced real-time response strategies and policy-making
EpiCAST (Epidemic Contact Analysis and Simulation Tool)	Various (e.g., Ebola, Zika)	Agent-based modeling, machine learning	Simulating transmission dynamics and contact tracing	Improved outbreak preparedness and response plans
OutbreakDetect	Various (e.g., Measles, MERS-CoV)	Machine learning, big data analytics	Early detection and prediction of outbreak spread	Facilitated rapid containment measures and resource deployment

2. Case Studies: AI-Molecular Research Integration in Virus Infections

2.1. COVID-19 Pandemic: Lessons Learned: The COVID-19 pandemic has led to an alarming increase in infections and deaths, with over 25,558,059 people infected and 860,311 dead by September 1, 2020 (Hopkins, 2020). Computational methods like molecular docking and molecular dynamics are being used to identify synthetic and natural drug candidates against SARS-CoV-2 (Pinzi & Rastelli, 2019). AI is also being used in drug and vaccine development to accelerate processes and reduce costs by facilitating rapid compound identification (Zhavoronkov et al., 2019).

AI tools, such as deep learning algorithms, were used in the development of mRNA vaccines by Pfizer-BioNTech and Moderna, accelerating the identification of optimal antigen targets and reducing the time required for vaccine development (Maharjan et al.,

2023). With the help of AI, potential therapeutic agents like remdesivir and dexamethasone against SARS-CoV-2, enabled rapid screening and identification of promising candidates for clinical trials (Rando et al., 2021).

AI tools like Nextstrain and GISAID have been used for genomic surveillance and variant tracking, enabling real-time monitoring of viral evolution and informing public health strategies (Ling-Hu et al., 2022). These tools have also been used for predictive modeling for public health interventions, such as forecasting COVID-19 case numbers and hospital resource needs (Kangabam et al., 2021). These models, enhanced by ML algorithms, provide governments and health organizations with accurate forecasts, enabling effective resource planning and allocation (Bullock et al., 2020).

During the COVID-19 pandemic, AI-driven tools played a pivotal role in public health interventions and diagnostics, significantly enhancing the global response to the crisis. Predictive modeling tools, such as SEIR (Susceptible, Exposed, Infectious, Recovered) frameworks (Guirao, 2020), ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average) models (Singh et al., 2020), and advanced ML algorithms like random forests and gradient boosting machines (Chumachenko et al., 2022; Dash et al., 2022), were employed to forecast COVID-19 case numbers and hospital resource needs. These predictive models provided governments and health organizations with accurate and timely forecasts, enabling effective planning and allocation of medical resources, and optimizing interventions to mitigate the spread of the virus.

Additionally, AI-powered diagnostic tools, particularly convolutional neural networks (CNNs), recurrent neural networks (RNNs), and transformers such as PneuNet (Wang et al., 2023), CovidViT (Yang et al., 2023) and DenResCov-19 (Mamalakis et al., 2021) were used to develop diagnostic tests using CT and X-ray images (Dash et al., 2022). These AI-assisted diagnostics facilitated faster and more accurate detection of COVID-19, proving especially valuable in resource-limited settings where traditional methods might fall short. The deployment of these sophisticated AI tools not only accelerated the detection and management of COVID-19 but also set new standards for handling future pandemics with greater efficiency and precision.

2.2. Influenza Outbreaks: Improving Preparedness Strategies: The use of AI in responding to cases of influenza has enhanced preparedness for these perennial diseases by increasing surveillance, screening, and response capacity. AI tools like HealthMap and Flu Near You were used for early detection and surveillance of influenza outbreaks. HealthMap aggregated news reports and social media data to detect early signs (Ganser et al., 2022), while Flu Near You tracked flu activity in real time (Shapiro et al., 2021). These tools enabled health authorities to respond swiftly to emerging outbreaks. Google Flu Trends, a historical example, used ML models to predict flu activity and demonstrated the potential of AI for real-time prediction, which can inform vaccination campaigns and resource allocation (Radin et al., 2020).

Nextstrain uses AI tools like phylogenetic analysis and ML to analyze genomic data from influenza viruses, tracking their evolution and spread (Ekpenyong et al., 2021). This real-time surveillance helps identify emerging strains and informs vaccine formulation. AI-driven logistics platforms use ML and optimization algorithms to optimize vaccine production and distribution, predicting demand and identifying efficient routes (Qayyum et al., 2024). This reduces wastage and improves coverage, making vaccines more accessible and effective against prevalent strains.

Additionally, AI-powered chatbots and virtual health assistants are being used in public health campaigns to provide accurate and timely information about influenza prevention and treatment, enhancing the effectiveness of these campaigns by effectively addressing individual queries (Favour & Potter, 2024).

3. Challenges and Ethical Considerations

The application of the AI in virus infection research and broad public health initiatives offers certain possibilities and controversies that must be resolved to facilitate its effective utilization.

3.1. Concerning Data Privacy and Security: Data privacy and security are crucial in applied AI applications in health because these applications may rely on vast datasets containing personal identifiers and other confidential information (Thapa & Camtepe, 2021). Health data that is collected from individuals under ML algorithms is also exposed to cases of hacking compared to other personal

data. For instance, contact tracing apps compile data on individuals' whereabouts and health conditions; concerns arise about data storage, protection, and dissemination (Siddiq, 2023). To minimize these privacy threats, proper encryption techniques should be put in place, sensitive data should be anonymized as far as possible, and data protection laws, including GDPR in Europe and HIPAA in the United States, must be followed (Minssen et al., 2020; Tzanou, 2023).

However, data security has been another challenge that is also of equal importance as the issue of privacy (Tewari & Gupta, 2020). Electronic health records, general hospital databases, big data, and AAAI all provide ideal opportunities for cybercriminals to disrupt essential data (Mateus-Coelho & Cruz-Cunha, 2023). They can negatively affect healthcare facilities' functioning and disclose patient information. Thus, increasing investment in cybersecurity is vital to protect against these threats. This includes using higher levels of security measures, using security checks often, and having effective contingency measures to counter any security incidents in the fastest way possible (Mateus-Coelho & Cruz-Cunha, 2023).

3.2. Potential for Bias in AI and Automated Decision-Making: Another critical concerns in the use of AI in Health studies and interventions is the preconception that decisions made by AI have inherent bias (Dlugatch et al., 2023). Some of the potential causes of bias includes the data set that was used for the creation of the models and the structure of the algorithms that were used for development of the models (Fazelpour & Danks, 2021). There is a possibility that much of the training data is far from the rest of the population, which means that the AI models developed will only be able to deliver biased results that affect specific groups. For example, an AI model, which learned mostly from data of a specific group of patients, may need to generalise better to other populations in the delivery of healthcare services (Fletcher et al., 2021).

Additionally, if not controlled, the AI algorithms could end up replicating the existing bias when it is being developed. This can lead to unfair decision making that perpetuates inequality in the health sector and the quality of services rendered (Guidance, 2021). The question of diversity in training datasets is crucial, and they should include various population subsets to consider as many health conditions and reactions as possible (Nazer et al., 2023). Moreover, the transparency in AI, along with the constant supervision of the algorithm's performance, are critical to check for such bias and inequality (Mensah, 2023). Applying ethnographic studies, data scientists, and healthcare professionals, among other parties, can promote equitable AI (Katell et al., 2020).

In conclusion, AI has high potential to transform virus infection research and enhance the world's health care. However, there are several concerns that must be overcome: data privacy, security, and bias. Ensuring effective measures of data protection and enforcing fairness during the development of AI models, it is possible to realize the potential of AI while respecting ethical norms and individual rights

4. Future Perspectives and Recommendations

With the advancement of virus infection studies with the help of AI integration and the basic measures being taken worldwide, the following areas should be given importance to get the maximum benefits to address the existing pitfalls. Based on these considerations, the priorities for future works and recommendations are cooperation in data sharing and dissemination, in enhancing the process of building common methods for collecting and measuring big data, and in the ethical issue regarding the application of AI solutions.

4.1. Collaborative Efforts for Data Sharing: Cooperative data exchange is essential for enhancing AI's impact on health sciences. Integrating data from various institutions, countries, and disciplines can contribute to creating extensive datasets that would enhance AI models' efficiency and reliability. For example, during the COVID-19 pandemic, collaborations in discovering and sharing data on the virus and the variant strains became possible. Combining multiple datasets from various countries could be possible by forming IDCs and signing data-sharing contracts; however, several precautions, like strict access control measures and anonymization methods, should be adopted to prevent the misuse of the same data.

4.2. Standardization of Data Collection Methods: The consistency of data collection instruments for various studies is essential in enhancing the quality and compatibility of health data in AI studies. It is important to consistently format data, measure the same

thing, and report data similarly to enable its integration and analysis. Standard operating procedures about data capturing and reporting like patient details, diagnostic findings, and treatment outcomes can help in the compatibility and comparing of data across different healthcare facilities and research projects. The action of the regulatory bodies, professional associations, and international health organizations plays a vital role in promoting universal acceptance and adherence to the guidelines.

4.3. Ethical Guidelines for AI Implementation: It is strategically crucial to set ethical standards to address the ethical issues of AI and its proper functioning in health research and public health interventions. These guidelines should consider elements such as data protection, consent, openness, responsibility, and non-discrimination. Privacy and the safety of individuals' information must be a priority with outlined procedures on how data is utilized, stored, and disseminated. Consent procedures must be clear so that people know how their data will be used and what risks were adopted

Additionally, AI's source codes and decision-making procedures must be transparent so external parties can review the firm's actions. These tools should be put in place to avoid undesirable effects or prejudice that may result from the use of AI. Conducting annual audits, periodic impact assessments, and the participation of multidisciplinary ethics committees would guide the creation and implementation of AI systems that do not compromise society's ethical standards.

In summary, the development of AI in virus infection and global health applications depends on open data sharing, evolving consistent data collection methodologies, and strong ethical frameworks. Thus, addressing these key areas will improve the efficiency, robustness, and ethical standards of AI interventions, increase health system performance, and contribute to health improvements worldwide.

5. The Summary of the Review

Introduction and Overview Artificial Intelligence (AI) has established itself as an essential tool for advancing the knowledge and management of infectious diseases caused by a broad range of pathogens, including bacteria, viruses, fungi, and parasites. Infectious diseases are one of the broad clinical threats to public health worldwide, often causing disastrous outbreaks and pandemics, such as those witnessed during COVID-19, SARS, and influenza epidemics. Early diagnosis and accurate treatment are crucial in controlling such infections. Though enormous progress is witnessed in the traditional approaches, these methods are slow in processing large complex datasets created through modern healthcare and research. AI can enhance these processes by providing quick identification of trends, breakout, and optimum treatment strategies through its capabilities of data analysis, machine learning, and predictive modelling. It is also important to note that the use of AI is not limited to diagnostic tools for viral research; it is also involved in drug discovery, genetic mapping, and population modelling. The three types of learning algorithms, supervised, unsupervised and deep learning, are effective in medical imaging analysis, biomarker detection and disease prognosis. The implementation of AI within the handling of the healthcare sector has improved the assessments of the risks that are likely to affect the population and respond rapidly to them. However, the implementation of AI in this field has challenges, such as data privacy, algorithmic bias, and ethical issues. It is crucial to address such problems through enhanced data sharing, methodological consistency, and stringent ethical framework to unlock AI capabilities in the prevention and treatment of viral diseases for the overall betterment of human health.

7.1 Results: The findings of the research show that AI is a tool that has significantly affected many aspects of viral infection work, including target discovery for drugs, disease mapping, vaccine creation, epidemiological studies, and testing.

7.2 Therapeutic Target Identification: AI has been described to be helpful in the prediction of possible therapeutic targets for multiple viral diseases such as the current SARS-CoV-2, HIV, and Influenza. Deep learning algorithms and molecular docking techniques have facilitated the high throughput screening and identification of viral proteins and host factors that can act as drug targets. The integration of AI in molecular dynamics simulation has further improved its goals, whereby structural analysis of viral proteins leads to the formulation of more potent antiviral drugs. The results also confirm the ability of AI-based models to decrease the time for drug discovery as potentially effective solutions are excluded at the start of the developments, making the process faster.

7.3 Data Mining and Predictive Modelling: The research concluded that many algorithms like machine learning Random forests, Decision trees, and Neural Networks have been beneficial in the interpretation of large-scale clinical and epidemiological databases. These models have been applied in the cases of infection rate prediction, risky population detection, and accurate classification of disease phases. Through the inclusion of patient-based demographics and genetic-based data, as well as environmental and weather data, AI has been able to improve the accuracy of outbreak prediction and promote real-time response. AI models in decision-making concerning resources have also been effective in situations in which healthcare facilities experience an increased influx of patients.

7.4 Vaccine Development: An area that has received much attention regarding the adoption of AI in viral research is the production of vaccines. The findings show that AI algorithms have been used to speed up the process of developing efficient vaccines in predicting immunogenic epitopes, optimizing mRNA sequences, and modelling immune responses. Current forms of antigen prediction using machine learning techniques have recently been used to predict potential vaccinations for several viral infections, including COVID-19, Zika virus and Influenza. The application of artificial intelligence in the initial phase of the vaccine development process has ensured the quick development of vaccines through a more efficient containment of viral threats.

7.5 Epidemiological Modelling: Some mobility data analyses and applications of network analysis are used to simulate the flow of viral infections. Many structural models have given insight into how these viruses go through people and measures like social distance, contact tracing, and vaccinations. This study reveals the ways in which AI can improve even the projections of epidemiological patterns, which in many countries have been vital to guiding policy-making during pandemics. Optimal use of real-time data has been coupled with AI models to identify areas within a region that are likely to experience an outbreak and monitor the development of the variants.

7.6 Diagnostics: AI integration in diagnostics has significantly enhanced the means of identifying viral infections. Computer-aided diagnostic tools such as CNNs exhibit great potential in interpreting radiological data and diagnosing signs associated with viral infection in chest X-rays and CT scans. The findings indicate that the adoption of AI has made diagnosis more accessible, fast and effective, and patients benefited by having early signs of infections detected. Further, AI-diagnostic has been incorporated into point-of-care devices also to make diagnostics available and convenient in low-resource settings and healthcare delivery.

6. Conclusion

The article highlighted the potential of integrating AI with molecular research to improve understanding of virus infections, epidemiology, and preventive health measures. AI can accelerate therapeutic development, optimize vaccine strategies, and predict outbreaks more accurately. However, ethical concerns like data privacy and algorithmic bias need to be addressed. Collaboration among researchers, policymakers, and technology developers is crucial for maximizing AI's benefits and mitigating viral infection impact. Combining computational, multi-omics, and experimental techniques can lead to new therapeutic hypotheses. The findings of this review suggested that the combination of AI with molecular biology can become a breakthrough in the area of virus infection. Through the possibility of discovering new drugs quickly and navigating the best approach to creating vaccines and developing diagnostics, AI could help make public health responses faster and more robust. However, AI can only be used effectively if we overcome current problems regarding data quality, ethical issues, and prejudices of Artificial Intelligence.

7. Recommendations

8.1 Enhance Data Sharing and Collaboration: The study suggests that organizations involved in research, healthcare, and government should enhance collaboration to increase the availability of high-quality datasets. Strategic specifications of data sharing, in combination with solid data anonymization approaches, enable the development of more extensive data sets that support reliable AI models. This will require greater collaboration between academics, industry, and governments to overcome issues of data lockers and ultimately advance the use of AI within global health programs.

8.2 Standardize Data Collection and Reporting: The use of a standard procedural format in the collection of data and reporting is also crucial to avoid compromises between various research studies. To overcome the limitations mentioned earlier, the study

recommends the following approaches to standardization for data acquisition, processing and annotation. This approach will increase the compatibility of datasets so that they can be easily integrated with the AI models and make the results reproducible.

8.3 Develop Ethical Guidelines for AI Use: Considering the reasonably sensitive question of AI application in healthcare, the study calls for the development of comprehensive ethics, which could cover topics like data privacy, the innate tendency of the algorithms to be biased, or lack of transparency. This makes the proposed helpful approach in helping ethics committees with multidisciplinary experience in virus research to regularly audit AI applications and evaluate the impact of such applications in producing health benefits while avoiding risks to patients.

8.4 Focus on Bias Mitigation in AI Models: The review also highlighted the need to monitor the models periodically to consider the bias that affects their performance. Training on diverse populations, engaging minorities, labelling them fairly, and using additional fairness checks also help to eliminate many biases and improve the applicability of AI technologies in different healthcare facilities.

8.9 Invest in AI for Early Detection and Surveillance: To summarize, the study prescribes that the existing funding should be directed towards the creation of AI-based monitoring assets that could identify the early signs of any new viral strain. Through the use of such algorithms and state information from multiple sources, these tools can develop a forecast on an upcoming outbreak and, therefore, allow timely public health measures to be taken against future pandemics.

References

- Adeyemi, M. O., Oluyo, T. O., & Oladejo, J. K. (2020). Modelling the transmission and control dynamics of coronavirus disease with social distancing and contact tracing. International Journal of Innovative Science and Research Technology, 5(5), 948-964 .
- Agrebi, S., & Larbi, A. (2020). Use of artificial intelligence in infectious diseases. In Artificial intelligence in precision health (pp. 415-438). Elsevier .
- Albahri, A. S., Hamid, R. A., Alwan, J. K., Al-Qays, Z., Zaidan, A., Zaidan, B., Albahri, A., AlAmoodi, A. H., Khlaf, J. M., & Almahdi, E. (2020). Role of biological data mining and machine learning techniques in detecting and diagnosing the novel coronavirus (COVID-19): a systematic review. Journal of medical systems, 44, 1-11 .
- Aliper, A., Plis, S., Artemov, A., Ulloa, A., Mamoshina, P., & Zhavoronkov, A. (2016). Deep learning applications for predicting pharmacological properties of drugs and drug repurposing using transcriptomic data. Molecular pharmaceutics, 13(7), 2524-2530 .
- Alomar, O., Batlle, A., Brunetti, J., García, R., Gil, R., Granollers, A., Jiménez, S., Laviña, A., Linge, J., & Pautasso, M. (2015). Development and testing of the media monitoring tool med is ys for early identification and reporting of existing and emerging plant health threats. EPPO Bulletin, 45(2), 288-293 .
- Andry, J. F., Tannady, H., Dwinoor Rembulan, G., & Freggy Dinata, D. (2023). Analysis of the Omicron virus cases using data mining methods in rapid miner applications. Microbes and Infectious Diseases, 4(2), 323-334 .
- Arora, N., Banerjee, A. K., & Narasu, M. L. (2020). The role of artificial intelligence in tackling COVID-19. In (Vol. 15, pp. 717-724): Future Medicine.
- Available:, Y. T. O. (2020). Could fitness wearables help detect early signs of
- COVID-19? https://www.bostonmagazine.com/health/2020/04/03/tnesswearablescoro%navirus/
- Bagabir, S. A., Ibrahim, N. K., Bagabir, H. A., & Ateeq, R. H. (2022). Covid-19 and Artificial Intelligence: Genome sequencing, drug development and vaccine discovery. Journal of Infection and Public Health, 15(2), 289-296 .
- Bai, H. X., Hsieh, B., Xiong, Z., Halsey, K., Choi, J. W., Tran, T. M. L., Pan, I., Shi, L.-B., Wang, D.-C., & Mei, J. (2020). Performance of radiologists in differentiating COVID-19 from non-COVID-19 viral pneumonia at chest CT. Radiology, 296(2), E46-E54 .

- Baltrusaitis, K., Reed, C., Sewalk, K., Brownstein, J. S., Crawley, A. W., & Biggerstaff, M. (2022). Healthcare-seeking behavior for respiratory Illness among Flu Near you participants in the United States during the 2015–2016 through 2018–2019 Influenza Seasons. The Journal of Infectious Diseases, 226(2), 270-277 .
- Banerjee, A., Ray, S., Vorselaars, B., Kitson, J., Mamalakis, M., Weeks, S., Baker, M., & Mackenzie, L. S. (2020). Use of machine learning and artificial intelligence to predict SARS-CoV-2 infection from full blood counts in a population. International immunopharmacology, 86, 106705 .
- Bansal, A., Padappayil, R. P., Garg, C., Singal, A., Gupta, M., & Klein, A. (2020). Utility of artificial intelligence amidst the COVID 19 pandemic: a review. Journal of Medical Systems, 44, 1-6 .
- Berche, P. (2022). The Spanish flu. La Presse Médicale, 51(3), 104127 .
- Berryhill, S., Morton, C. J., Dean, A., Berryhill, A., Provencio-Dean, N., Patel, S. I., Estep, L., Combs, D., Mashaqi, S., & Gerald, L. B. (2020). Effect of wearables on sleep in healthy individuals: a randomized crossover trial and validation study. Journal of Clinical Sleep Medicine, 16(5), 775-783 .
- Bhattacharyya, S. (2021). Intelligent modeling, prediction, and diagnosis from epidemiological data: COVID-19 and beyond. CRC Press .
- Bohr, A., & Memarzadeh, K. (2020). The rise of artificial intelligence in healthcare applications. In Artificial Intelligence in healthcare (pp. 25-60). Elsevier .
- Bullock, J., Luccioni, A., Pham, K. H., Lam, C. S. N., & Luengo-Oroz, M. (2020). Mapping the landscape of artificial intelligence applications against COVID-19. Journal of Artificial Intelligence Research, 69, 807-845 .
- Carracedo-Reboredo, P., Liñares-Blanco, J., Rodríguez-Fernández, N., Cedrón, F., Novoa, F. J., Carballal, A., Maojo, V., Pazos, A., & Fernandez-Lozano, C. (2021). A review on machine learning approaches and trends in drug discovery. Computational and structural biotechnology journal, 19, 4538-4558 .
- Carrion, M., & Madoff, L. C. (2017). ProMED-mail: 22 years of digital surveillance of emerging infectious diseases. International health, 9(3), 177-183 .
- Castro, D., & New, J. (2016). The promise of artificial intelligence. Center for data innovation, 115(10), 32-35 .
- Chamola, V., Hassija, V., Gupta, V., & Guizani, M. (2020). A comprehensive review of the COVID-19 pandemic and the role of IoT, drones, AI, blockchain, and 5G in managing its impact. Ieee access, 8, 90225-90265 .
- Chumachenko, D., Meniailov, I., Bazilevych, K., Chumachenko, T., & Yakovlev, S. (2022). Investigation of statistical machine learning models for COVID-19 epidemic process simulation: Random forest, K-nearest neighbors, gradient boosting. Computation, 10(6), 86 .
- Colubri, A., Silver, T., Fradet, T., Retzepi, K., Fry, B., & Sabeti, P. (2016). Transforming clinical data into actionable prognosis models: machine-learning framework and field-deployable app to predict outcome of Ebola patients. PLoS neglected tropical diseases, 10(3), e0004549 .
- Cotugno, N., Santilli, V., Pascucci, G. R., Manno, E. C., De Armas, L., Pallikkuth, S., Deodati, A., Amodio, D., Zangari, P., & Zicari, S. (2020). Artificial intelligence applied to in vitro gene expression testing (IVIGET) to predict trivalent inactivated influenza vaccine immunogenicity in HIV infected children. Frontiers in immunology, 11, 559590 .
- Dash, T. K., Chakraborty, C., Mahapatra, S., & Panda, G. (2022). Gradient boosting machine and efficient combination of features for speech-based detection of COVID-19. IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics, 26(11), 5364-5371 .
- Dion, M., AbdelMalik, P., & Mawudeku, A. (2015). Big data: big data and the global public health intelligence network (GPHIN). Canada communicable disease report, 41(9), 209 .
- Dlugatch, R., Georgieva, A., & Kerasidou, A. (2023). Trustworthy artificial intelligence and ethical design: public perceptions of trustworthiness of an AI-based decision-support tool in the context of intrapartum care. BMC Medical Ethics, 24(1), 42 .

- Eames, K. T., & Keeling, M. J. (2003). Contact tracing and disease control. Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences, 270(1533), 2565-2571 .
- Ekins, S., Freundlich, J. S., Clark, A. M., Anantpadma, M., Davey, R. A., & Madrid, P. (2015). Machine learning models identify molecules active against the Ebola virus in vitro. F1000Research, 4 .
- Ekpenyong, M. E., Uzoka, F.-M., Edoho, M., Inyang, U. G., Udo, I. J., Uto, N. P., Ekaidem, I. S., Moses, A. E., Anwana, E. D., & Tatfeng, Y. M. (2021). Real Time Viral Sub-Strains Discovery in Emerging Infectious Disease Situation—The African Perspective .
- Fair, J. M., LeClaire, R. J., Dauelsberg, L. R., Ewers, M., Pasqualini, D., Cleland, T., & Rosenberger, W. (2021). Systems dynamics and the uncertainties of diagnostics, testing and contact tracing for COVID-19. Methods, 195, 77-91 .
- Fang, X., Liu, W., Ai, J., He, M., Wu, Y., Shi, Y., Shen, W., & Bao, C. (2020). Forecasting incidence of infectious diarrhea using random forest in Jiangsu Province, China. BMC infectious diseases, 20, 1-8 .
- Favour, O., & Potter, K. (2024). The Future of AI in Public Health: Unlocking Opportunities and Addressing Challenges .
- Fazelpour, S., & Danks, D. (2021). Algorithmic bias: Senses, sources, solutions. Philosophy Compass, 16(8), e12760 .
- Finkbeiner, S. (2024). Deep learning and deep phenotyping of HD iPSCs: Applications to study biology and test therapeutics. In Huntington's Disease (pp. 473-498). Elsevier .
- Fletcher, R. R., Nakeshimana, A., & Olubeko, O. (2021). Addressing fairness, bias, and appropriate use of artificial intelligence and machine learning in global health. In (Vol. 3, pp. 561802): Frontiers Media SA.
- Fraley, S. I., Athamanolap, P., Masek, B. J., Hardick, J., Carroll, K. C., Hsieh, Y.-H., Rothman, R. E., Gaydos, C. A., Wang, T.-H., & Yang, S. (2016). Nested machine learning facilitates increased sequence content for large-scale automated high resolution melt genotyping. Scientific reports, 6(1), 19218 .
- Frias, M., Moyano, J. M., Rivero-Juarez, A., Luna, J. M., Camacho, Á., Fardoun, H. M., Machuca, I., Al-Twijri, M., Rivero, A., & Ventura, S. (2021). Classification accuracy of hepatitis C virus infection outcome: data mining approach. Journal of Medical Internet Research, 23(2), e18766 .
- Ganser, I., Thiébaut, R., & Buckeridge, D. L. (2022). Global variations in event-based surveillance for disease outbreak detection: time series analysis. JMIR Public Health and Surveillance, 8(10), e36211 .
- Gao, K., Wang, R., Chen, J., Cheng, L., Frishcosy, J., Huzumi, Y., Qiu, Y., Schluckbier, T., Wei, X., & Wei, G.-W. (2022). Methodology-centered review of molecular modeling, simulation, and prediction of SARS-CoV-2. Chemical Reviews, 122(13), 11287-11368 .
- Ge, Q., Lu, X., Jiang, R., Zhang, Y., & Zhuang, X. (2024). Data mining and machine learning in HIV infection risk research: An overview and recommendations. Artificial Intelligence in Medicine, 102887 .
- Go, T., Kim, J. H., Byeon, H., & Lee, S. J. (2018). Machine learning-based in-line holographic sensing of unstained malaria-infected red blood cells. Journal of biophotonics, 11(9), e201800101 .
- Guidance, W. (2021). Ethics and governance of artificial intelligence for health. World Health Organization .
- Guirao, A. (2020). The Covid-19 outbreak in Spain. A simple dynamics model, some lessons, and a theoretical framework for control response. Infectious Disease Modelling, 5, 652-669 .
- Gulyaeva, M., Huettmann, F., Shestopalov, A., Okamatsu, M., Matsuno, K., Chu, D.-H., Sakoda, Y., Glushchenko, A., Milton, E., & Bortz, E. (2020). Data mining and model-predicting a global disease reservoir for low-pathogenic Avian Influenza (AI) in the wider pacific rim using big data sets. Scientific reports, 10(1), 16817 .
- Habuza, T., Navaz, A. N., Hashim, F., Alnajjar, F., Zaki, N., Serhani, M. A., & Statsenko, Y. (2021). AI applications in robotics, diagnostic image analysis and precision medicine: Current limitations, future trends, guidelines on CAD systems for medicine. Informatics in Medicine Unlocked, 24, 100596 .

- Haleem, A., Javaid, M., & Vaishya, R. (2020). Effects of COVID-19 pandemic in daily life. Current medicine research and practice, 10(2), 78 .
- Harris, J. K., Hinyard, L., Beatty, K., Hawkins, J. B., Nsoesie, E. O., Mansour, R., & Brownstein, J. S. (2018). Evaluating the implementation of a twitter-based foodborne illness reporting tool in the city of St. Louis department of health. International journal of environmental research and public health, 15(5), 833 .
- Hassija, V., Chamola, V., Saxena, V., Jain, D., Goyal, P., & Sikdar, B. (2019). A survey on IoT security: application areas, security threats, and solution architectures. Ieee access, 7, 82721-82743 .
- Hawkins, J. B., Tuli, G., Kluberg, S., Harris, J., Brownstein, J. S., & Nsoesie, E. (2016). A digital platform for local foodborne illness and outbreak surveillance. Online Journal of Public Health Informatics, 8 .(1)
- Hayami, A. (2015). The Influenza Pandemic in Japan, 1918–1920: The First World War between Humankind and a Virus. The Influenza Pandemic in Japan, 1918–1920: The First World War between Humankind and a Virus .
- Hiremath, S., Yang, G., & Mankodiya, K. (2014). Wearable Internet of Things: Concept, architectural components and promises for person-centered healthcare. 2014 4th International Conference on Wireless Mobile Communication and Healthcare-Transforming Healthcare Through Innovations in Mobile and Wireless Technologies (MOBIHEALTH) ,
- Hopkins, J. (2020). COVID-19 map-johns Hopkins coronavirus resource center. Johns Hopkins Coronavirus Resource Center, 1 .
- Hosny, A., Parmar, C., Quackenbush, J., Schwartz, L. H., & Aerts, H. J. (2018). Artificial intelligence in radiology. Nature Reviews Cancer, 18(8), 500-510 .
- Hu, Z., Ge, Q., Li, S., Jin, L., & Xiong, M. (2020). Artificial intelligence forecasting of covid-19 in china. arXiv preprint arXiv:2002.07112 .
- Huang, C.-J., Chen, Y.-H., Ma, Y., & Kuo, P.-H. (2020). Multiple-input deep convolutional neural network model for covid-19 forecasting in china. MedRxiv, 2020.2003. 2023.20041608 .
- Huang, X. (2020). Application analysis of AI reasoning engine in microblog culture industry. Personal and Ubiquitous Computing, 24(3), 393-403 .
- Ibrahim, A. U., Ozsoz, M., Serte, S., Al-Turjman, F., & Yakoi, P. S. (2021). Pneumonia classification using deep learning from chest X-ray images during COVID-19. Cognitive Computation, 1-13 .
- Indrakumari, R., Poongodi, T., Suresh, P., & Balamurugan, B. (2020). The growing role of Internet of Things in healthcare wearables. In Emergence of Pharmaceutical Industry Growth with Industrial IoT Approach (pp. 163-194). Elsevier .
- Injadat, M., Moubayed, A., Nassif, A. B., & Shami, A. (2021). Machine learning towards intelligent systems: applications, challenges, and opportunities. Artificial Intelligence Review, 54(5), 3299-3348 .
- Jabour, A. M., Varghese, J., Damad, A. H., Ghailan, K. Y., & Mehmood, A. M. (2021). Examining the correlation of google influenza trend with hospital data: retrospective study. Journal of Multidisciplinary Healthcare, 3073-3081 .
- Jenner, A. L., Aogo, R. A., Davis, C. L., Smith, A. M., & Craig, M. (2020). Leveraging computational modeling to understand infectious diseases. Current Pathobiology Reports, 8, 149-161 .
- Jiang, X., Coffee, M., Bari, A., Wang, J., Jiang, X., Huang, J., Shi, J., Dai, J., Cai, J., & Zhang, T. (2020). Towards an artificial intelligence framework for data-driven prediction of coronavirus clinical severity. Computers, Materials & Continua, 63(1), 537-551 .
- Kadhim, Q. K. (2017). Classification of human skin diseases using data mining. International Journal of Advanced Engineering Research and Science, 4(1), 237008 .
- Kane, M. J., Price, N., Scotch, M., & Rabinowitz, P. (2014). Comparison of ARIMA and Random Forest time series models for prediction of avian influenza H5N1 outbreaks. BMC bioinformatics, 15, 1-9 .

- Kangabam, R., Sahoo, S., Ghosh, A., Roy, R., Silla, Y., Misra, N., & Suar, M. (2021). Next-generation computational tools and resources for coronavirus research: From detection to vaccine discovery. Computers in biology and medicine, 128, 104158 .
- Kara, A. (2021). Multi-step influenza outbreak forecasting using deep LSTM network and genetic algorithm. Expert Systems with Applications, 180, 115153 .
- Kasamatsu, A., Ota, M., Shimada, T., Fukusumi, M., Yamagishi, T., Samuel, A., Nakashita, M., Ukai, T., Kurosawa, K., & Urakawa, M. (2021). Enhanced event-based surveillance for imported diseases during the Tokyo 2020 Olympic and Paralympic Games. Western Pacific Surveillance and Response Journal: WPSAR, 12(4), 1 .
- Katell, M., Young, M., Dailey, D., Herman, B., Guetler, V., Tam, A., Bintz, C., Raz, D., & Krafft, P. (2020). Toward situated interventions for algorithmic equity: lessons from the field. Proceedings of the 2020 conference on fairness, accountability, and transparency ,
- Kaushik, A. K., Dhau, J. S., Gohel, H., Mishra, Y. K., Kateb, B., Kim, N.-Y., & Goswami, D. Y. (2020). Electrochemical SARS-CoV-2 sensing at point-of-care and artificial intelligence for intelligent COVID-19 management. ACS Applied Bio Materials, 3(11), 7306-7325 .
- Kavadi, D. P., Patan, R., Ramachandran, M., & Gandomi, A. H. (2020). Partial derivative nonlinear global pandemic machine learning prediction of covid 19. Chaos, Solitons & Fractals, 139, 110056 .
- Kebede, M., Zegeye, D. T., & Zeleke, B. M. (2017). Predicting CD4 count changes among patients on antiretroviral treatment: Application of data mining techniques. Computer methods and programs in biomedicine, 152, 149-157 .
- Khemasuwan, D., Sorensen, J. S., & Colt, H. G. (2020). Artificial intelligence in pulmonary medicine: computer vision, predictive model and COVID-19. European respiratory review, 29 .(157)
- Klongthong, W., Muangsin, V., Gowanit, C., & Muangsin, N. (2020). Chitosan biomedical applications for the treatment of viral disease: a data mining model using bibliometric predictive intelligence. Journal of Chemistry, 2020, 1-12 .
- Kwok, K. O., Tang, A., Wei, V. W., Park, W. H., Yeoh, E. K., & Riley, S. (2019). Epidemic models of contact tracing: systematic review of transmission studies of severe acute respiratory syndrome and middle east respiratory syndrome. Computational and structural biotechnology journal, 17, 186-194 .
- Lee, D., & Yoon, S. N. (2021). Application of artificial intelligence-based technologies in the healthcare industry: Opportunities and challenges. International journal of environmental research and public health, 18(1), 271 .
- Liao, H.-C., & Tsai, J.-H. (2007). Data mining for DNA viruses with breast cancer, fibroadenoma, and normal mammary tissue. Applied mathematics and computation, 188(1), 989-1000 .
- Ling-Hu, T., Rios-Guzman, E., Lorenzo-Redondo, R., Ozer, E. A., & Hultquist, J. F. (2022). Challenges and opportunities for global genomic surveillance strategies in the COVID-19 era. Viruses, 14(11), 2532 .
- Linge, J. P., Steinberger, R., Fuart, F., Bucci, S., Belyaeva, J., Gemo, M., Al-Khudhairy, D., Yangarber, R., & van der Goot, E. (2010). MedISys: medical information system. In Advanced ICTs for disaster management and threat detection: Collaborative and distributed frameworks (pp. 131-142). IGI Global .
- Luo, W., Nguyen, T., Nichols, M., Tran, T., Rana, S., Gupta, S., Phung, D., Venkatesh, S., & Allender, S. (2015). Is demography destiny? Application of machine learning techniques to accurately predict population health outcomes from a minimal demographic dataset. PloS one, 10(5), e0125602 .
- M, H. (2020). "COVID-19: AI can help but the right human input is
- key," World Economic Forum, Mar. 2020. . https://www.weforum.org/agenda/2020/03/covid-19-crisisarticialintel%ligence-creativity/
- M., R. (2015). What is IoMT (Internet of Medical Things) or healthcare
- IoT: definition from WhatIs.com .

- Maharjan, R., Hada, S., Lee, J. E., Han, H.-K., Kim, K. H., Seo, H. J., Foged, C., & Jeong, S. H. (2023). Comparative study of lipid nanoparticle-based mRNA vaccine bioprocess with machine learning and combinatorial artificial neural network-design of experiment approach. International Journal of Pharmaceutics, 640, 123012 .
- Majumdar, A., Debnath, T., Sood, S. K., & Baishnab, K. L. (2018). Kyasanur forest disease classification framework using novel extremal optimization tuned neural network in fog computing environment. Journal of medical systems, 42, 1-16 .
- Mak, K.-K., Wong, Y.-H., & Pichika, M. R. (2023). Artificial intelligence in drug discovery and development. Drug Discovery and Evaluation: Safety and Pharmacokinetic Assays, 1-38 .
- Malki, Z., Atlam, E.-S., Ewis, A., Dagnew, G., Alzighaibi, A. R., ELmarhomy, G., Elhosseini, M. A., Hassanien, A. E., & Gad, I. (2021). ARIMA models for predicting the end of COVID-19 pandemic and the risk of second rebound. Neural Computing and Applications, 33, 2929-2948 .
- Malone, B., Simovski, B., Moliné, C., Cheng, J., Gheorghe, M., Fontenelle, H., Vardaxis, I., Tennøe, S., Malmberg, J.-A., & Stratford, R. (2020). Artificial intelligence predicts the immunogenic landscape of SARS-CoV-2 leading to universal blueprints for vaccine designs. Scientific reports, 10(1), 22375 .
- Mamalakis, M., Swift, A. J., Vorselaars, B., Ray, S., Weeks, S., Ding, W., Clayton, R. H., Mackenzie, L. S., & Banerjee, A. (2021). DenResCov-19: A deep transfer learning network for robust automatic classification of COVID-19, pneumonia, and tuberculosis from X-rays. Computerized Medical Imaging and Graphics, 94, 102008 .
- Mamoshina, P., Ojomoko, L., Yanovich, Y., Ostrovski, A., Botezatu, A., Prikhodko, P., Izumchenko, E., Aliper, A., Romantsov, K., & Zhebrak, A. (2018). Converging blockchain and next-generation artificial intelligence technologies to decentralize and accelerate biomedical research and healthcare. Oncotarget, 9(5), 5665 .
- Mateus-Coelho, N., & Cruz-Cunha, M. (2023). Exploring Cyber Criminals and Data Privacy Measures. IGI Global .
- Meganck, R. M., & Baric, R. S. (2021). Developing therapeutic approaches for twenty-first-century emerging infectious viral diseases. Nature medicine, 27(3), 401-410 .
- Mensah, G. B. (2023). Artificial Intelligence and Ethics: A Comprehensive Review of Bias Mitigation, Transparency, and Accountability in AI Systems. In: November.
- Minssen, T., Seitz, C., Aboy, M., & Compagnucci, M. C. (2020). The EU-US Privacy Shield Regime for Cross-Border Transfers of Personal Data under the GDPR: What are the legal challenges and how might these affect cloud-based technologies, big data, and AI in the medical sector? EPLR, 4, 34 .
- Misra, B. B., Langefeld, C., Olivier, M., & Cox, L. A. (2019). Integrated omics: tools, advances and future approaches. Journal of molecular endocrinology, 62(1), R21-R45 .
- Mottaqi, M. S., Mohammadipanah, F., & Sajedi, H. (2021). Contribution of machine learning approaches in response to SARS-CoV-2 infection. Informatics in Medicine Unlocked, 23, 100526 .
- Mouchlis, V. D., Afantitis, A., Serra, A., Fratello, M., Papadiamantis, A. G., Aidinis, V., Lynch, I., Greco, D., & Melagraki, G. (2021). Advances in de novo drug design: from conventional to machine learning methods. International journal of molecular sciences, 22(4), 1676 .
- Müller, J., & Kretzschmar, M. (2021). Contact tracing—old models and new challenges. Infectious Disease Modelling, 6, 222-231 .
- Naudé, W. (2020). Artificial Intelligence against COVID-19: An early review .
- Nazer, L. H., Zatarah, R., Waldrip, S., Ke, J. X. C., Moukheiber, M., Khanna, A. K., Hicklen, R. S., Moukheiber, L., Moukheiber, D., & Ma, H. (2023). Bias in artificial intelligence algorithms and recommendations for mitigation. PLOS digital health, 2(6), e0000278 .

- Nousi, C., Belogianni, P., Koukaras, P., & Tjortjis, C. (2022). Mining data to deal with epidemics: case studies to demonstrate real world AI applications. Handbook of Artificial Intelligence in Healthcare: Vol. 1-Advances and Applications, 287-312 .
- Olsen, L. R., Zhang, G. L., Reinherz, E. L., & Brusic, V. (2011). FLAVIdB: a data mining system for knowledge discovery in flaviviruses with direct applications in immunology and vaccinology. Immunome research, 7 .(3)
- Organization, W. H. (2015). WHO publishes list of top emerging diseases likely to cause major epidemics. Geneva: World Health Organization .
- Osmundsen, T. C., Andreassen Jaatun, E. A., Heggem, G. F., & Kulseng, B. E. (2015). Service innovation from the edges: enhanced by telemedicine decision support. Personal and Ubiquitous Computing, 19, 699-708 .
- Peng, J., Zou, K., Zhou, M., Teng, Y., Zhu, X., Zhang, F., & Xu, J. (2021). An explainable artificial intelligence framework for the deterioration risk prediction of hepatitis patients. Journal of medical systems, 45(5), 61 .
- Pinzi, L., & Rastelli, G. (2019). Molecular docking: shifting paradigms in drug discovery. International journal of molecular sciences, 20(18), 4331 .
- Pun, F. W., Ozerov, I. V., & Zhavoronkov, A. (2023). AI-powered therapeutic target discovery. Trends in Pharmacological Sciences .
- Qayyum, M. U., Sherani, A. M. K., Khan, M., Shiwlani, A., & Hussain, H. K. (2024). Using AI in Healthcare to Manage Vaccines Effectively. JURIHUM: Jurnal Inovasi dan Humaniora, 1(6), 841-854 .
- Radin, J. M., Wineinger, N. E., Topol, E. J., & Steinhubl, S. R. (2020). Harnessing wearable device data to improve state-level real-time surveillance of influenza-like illness in the USA: a population-based study. The Lancet Digital Health, 2(2), e85-e93 .
- Rando, H. M., Wellhausen, N., Ghosh, S., Lee, A. J., Dattoli, A. A., Hu, F., Byrd, J. B., Rafizadeh, D. N., Lordan, R., & Qi, Y. (2021). Identification and Development of Therapeutics for COVID-19. Msystems, 6(6), e00233-00221 .
- Rees, E., Ng, V., Gachon, P., Mawudeku, A., McKenney, D., Pedlar, J., Yemshanov, D., Parmely, J., & Knox, J. (2019). Early detection and prediction of infectious disease outbreaks. CCDR, 45 .(5)
- Reperant, L. A., & Osterhaus, A. D. (2017). AIDS, Avian flu, SARS, MERS, Ebola, Zika... what next? Vaccine, 35(35), 4470-4474 .
- Restif, O., & Graham, A. L. (2015). Within-host dynamics of infection: from ecological insights to evolutionary predictions. In (Vol. 370, pp. 20140304): The Royal Society.
- Richard, M., & Fouchier, R. A. (2016). Influenza A virus transmission via respiratory aerosols or droplets as it relates to pandemic potential. FEMS microbiology reviews, 40(1), 68-85 .
- Riley, S., Fraser, C., Donnelly, C. A., Ghani, A. C., Abu-Raddad, L. J., Hedley, A. J., Leung, G. M., Ho, L.-M., Lam, T.-H., & Thach, T. Q. (2003). Transmission dynamics of the etiological agent of SARS in Hong Kong: impact of public health interventions. Science, 300(5627), 1961-1966 .
- Rodrigues, J. J., Segundo, D. B. D. R., Junqueira, H. A., Sabino, M. H., Prince, R. M., Al-Muhtadi, J., & De Albuquerque, V. H. C. (2018). Enabling technologies for the internet of health things. Ieee access, 6, 13129-13141 .
- Saad, Y., Awad, A., Alakel, W., Doss, W., Awad, T., & Mabrouk, M. (2018). Data mining of routine laboratory tests can predict liver disease progression in Egyptian diabetic patients with hepatitis C virus (G4) infection: a cohort study of 71 806 patients. European journal of gastroenterology & hepatology, 30(2), 201-206 .
- Safdari, R., Deghatipour, A., Gholamzadeh, M., & Maghooli, K. (2022). Applying data mining techniques to classify patients with suspected hepatitis C virus infection. Intelligent Medicine, 2(04), 193-198 .
- Saleh, A. I., & Rabie, A. H. (2023). Human monkeypox diagnose (HMD) strategy based on data mining and artificial intelligence techniques. Computers in Biology and Medicine, 152, 106383 .
- Salehi, A. W., Baglat, P., & Gupta, G. (2020). Review on machine and deep learning models for the detection and prediction of Coronavirus. Materials Today: Proceedings, 33, 3896-3901 .

- Sareen, S., Gupta, S. K., & Sood, S. K. (2017). An intelligent and secure system for predicting and preventing Zika virus outbreak using Fog computing. Enterprise Information Systems, 11(9), 1436-1456 .
- Sarker, I. H. (2022). AI-based modeling: techniques, applications and research issues towards automation, intelligent and smart systems. SN Computer Science, 3(2), 158 .
- Saurabh, S., & Prateek, S. (2017). Role of contact tracing in containing the 2014 Ebola outbreak: a review. African health sciences, 17(1), 225-236 .
- Schmitt, M. (2020). How to fight COVID-19 with machine learning towards data science. Medium. Apr .
- Senior, A. W., Evans, R., Jumper, J., Kirkpatrick, J., Sifre, L., Green, T., Qin, C., Žídek, A., Nelson, A. W., & Bridgland, A. (2020). Improved protein structure prediction using potentials from deep learning. Nature, 577(7792), 706-710 .
- Shapiro, A., Marinsek, N., Clay, I., Bradshaw, B., Ramirez, E., Min, J., Trister, A., Wang, Y., Althoff, T., & Foschini, L. (2021). Characterizing COVID-19 and influenza illnesses in the real world via person-generated health data. Patterns, 2 .(1)
- Siddiq, M. (2023). Exploring the role of machine learning in contact tracing for public health: benefits, challenges, and ethical considerations. American Journal of Economic and Management Business (AJEMB), 2(3), 99-110 .
- Silver, D., Schrittwieser, J., Simonyan, K., Antonoglou, I., Huang, A., Guez, A., Hubert, T., Baker, L., Lai, M., & Bolton, A. (2017). Mastering the game of go without human knowledge. nature, 550(7676), 354-359 .
- Sim, S., & Cho, M. (2022). A study on Web service supporting mobility of users using ICT-based autonomous feedback knowledge information. Personal and Ubiquitous Computing, 26(2), 209-219 .
- Sim, S., & Cho, M. (2023). Convergence model of AI and IoT for virus disease control system. Personal and Ubiquitous Computing, 27(3), 1209-1219 .
- Singh, R. K., Rani, M., Bhagavathula, A. S., Sah, R., Rodriguez-Morales, A. J., Kalita, H., Nanda, C., Sharma, S., Sharma, Y. D., & Rabaan, A. A. (2020). Prediction of the COVID-19 pandemic for the top 15 affected countries: Advanced autoregressive integrated moving average (ARIMA) model. JMIR public health and surveillance, 6(2), e19115 .
- Sun, G., Matsui, T., Hakozaki, Y., & Abe, S. (2015). An infectious disease/fever screening radar system which stratifies higher-risk patients within ten seconds using a neural network and the fuzzy grouping method. Journal of Infection, 70(3), 230-236 .
- T., H. (2020). What America Can Learn From China's Use of Robots
- and Telemedicine to Combat the Coronavirus. . https://www.cnbc.com/2020/03/18/howchina-isusing-robots-and-telemedic%ine-to-combat-thecoronavirus.html
- Tarasova, O., Biziukova, N., Shemshura, A., Filimonov, D., Kireev, D., Pokrovskaya, A., & Poroikov, V. V. (2023). Identification of molecular mechanisms involved in viral infection progression based on text mining: case study for HIV infection. International Journal of Molecular Sciences, 24(2), 1465 .
- Tewari, A., & Gupta, B. B. (2020). Security, privacy and trust of different layers in Internet-of-Things (IoTs) framework. Future generation computer systems, 108, 909-920 .
- Thapa, C., & Camtepe, S. (2021). Precision health data: Requirements, challenges and existing techniques for data security and privacy. Computers in biology and medicine, 129, 104130 .
- Thomford, N. E., Senthebane, D. A., Rowe, A., Munro, D., Seele, P., Maroyi, A., & Dzobo, K. (2018). Natural products for drug discovery in the 21st century: innovations for novel drug discovery. International journal of molecular sciences, 19(6), 1578 .
- Topol, E. J. (2019). High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. Nature medicine, 25(1), 44-56 .
- Tzanou, M. (2023). Health Data Privacy Under the GDPR. TAYLOR FRANCIS Limited .
- Vaishya, R., Javaid, M., Khan, I. H., & Haleem, A. (2020). Artificial Intelligence (AI) applications for COVID-19 pandemic. Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews, 14(4), 337-339 .

- Valentin, S., Lancelot, R., & Roche, M. (2020). Information retrieval for animal disease surveillance: a pattern-based approach .
- Walsh, M. G., Willem de Smalen, A., & Mor, S. M. (2017). Wetlands, wild Bovidae species richness and sheep density delineate risk of Rift Valley fever outbreaks in the African continent and Arabian Peninsula. PLoS neglected tropical diseases, 11(7), e0005756 .
- Wang, S., Kang, B., Ma, J., Zeng, X., Xiao, M., Guo, J., Cai, M., Yang, J., Li, Y., & Meng, X. (2021). A deep learning algorithm using CT images to screen for Corona Virus Disease (COVID-19). European radiology, 31, 6096-6104 .
- Wang, T., Nie, Z., Wang, R., Xu, Q., Huang, H., Xu, H., Xie, F., & Liu, X.-J. (2023). PneuNet: deep learning for COVID-19 pneumonia diagnosis on chest X-ray image analysis using Vision Transformer. Medical & Biological Engineering & Computing, 61(6), 1395-1408 .
- Wei, W., Jiang, J., Gao, L., Liang, B., Huang, J., Zang, N., Ning, C., Liao, Y., Lai, J., & Yu, J. (2017). A new hybrid model using an autoregressive integrated moving average and a generalized regression neural network for the incidence of tuberculosis in Heng County, China. The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene, 97(3), 799 .
- Woolhouse, M., & Gaunt, E. (2007). Ecological origins of novel human pathogens. Critical reviews in microbiology, 33(4), 231-242 .
- Yanagawa, M., Lorenzo, J. C., Fukusumi, M., Shimada, T., Kasamatsu, A., Ota, M., Nakashita, M., Kobayashi, M., Yamagishi, T., & Samuel, A. (2022). Use of Epidemic Intelligence from Open Sources for global event-based surveillance of infectious diseases for the Tokyo 2020 Olympic and Paralympic Games. Western Pacific Surveillance and Response Journal: WPSAR, 13(3), 1 .
- Yang, H., Wang, L., Xu, Y., & Liu, X. (2023). CovidViT: a novel neural network with self-attention mechanism to detect Covid-19 through X-ray images. International journal of machine learning and cybernetics, 14(3), 973-987 .
- Yang, X., Yang, S., Li, Q., Wuchty, S., & Zhang, Z. (2020). Prediction of human-virus protein-protein interactions through a sequence embedding-based machine learning method. Computational and structural biotechnology journal, 18, 153-161 .
- Yu, V. L., & Madoff, L. C. (2004). ProMED-mail: an early warning system for emerging diseases. Clinical infectious diseases, 39(2), 227-232 .
- Zhavoronkov, A., Ivanenkov, Y. A., Aliper, A., Veselov, M. S., Aladinskiy, V. A., Aladinskaya, A. V., Terentiev, V. A., Polykovskiy, D. A., Kuznetsov, M. D., & Asadulaev, A. (2019). Deep learning enables rapid identification of potent DDR1 kinase inhibitors. Nature biotechnology, 37(9), 1038-1040 .
- Zhou, S. K., Greenspan, H., Davatzikos, C., Duncan, J. S., Van Ginneken, B., Madabhushi, A., Prince, J. L., Rueckert, D., & Summers, R. M. (2021). A review of deep learning in medical imaging: Imaging traits, technology trends, case studies with progress highlights, and future promises. Proceedings of the IEEE, 109(5), 820-838 .

Theme of Sustainable Practices in Transportation and Mass Gatherings Management

Leveraging Autonomous-Rail Rapid Transit for Smart Mobility Solutions and Efficient Crowd Control in Almadinah Almunawarah

Hassan. A. Abas[*1], Omar Dakhil[2]

[1]*Civil Engineering Department, Prince Mugrin University

[2]Architecture Engineering Department, Prince Mugrin University

[*]Corresponding author: E-mail (h.abbas@upm.edu.sa)

الاستفادة من أنظمة النقل السريع الترددي ذاتي القيادة لتوفير حلول التنقل الذكية والتحكم الفعال في الحشود في المدينة المنورة

حس حسن علي*[1]، عمر الدخيل[2]

قسم الهندسة المدنية , جامعة الامير مقرن بن عبدالعزيز*[1]

قسم الهندسة المعمارية , جامعة الامير مقرن بن عبدالعزيز[2]

Abstract

Almadinah Almunawarah faces significant challenges in urban mobility and crowd management, particularly during peak periods like Hajj and Umrah, when millions of visitors overwhelm their transportation infrastructure. Traditional transit systems struggle to meet demand, leading to congestion, delays, and environmental concerns. This study proposes the implementation of an Autonomous-Rail Rapid Transit (ART) system as a sustainable solution. ART integrates autonomous driving technology with the efficiency of rail networks, offering a flexible, scalable option that requires minimal infrastructure investment. Unlike conventional rail systems, ART operates on virtual tracks, allowing rapid deployment and adaptation to fluctuating passenger demands. Additionally, the system's electric power and smart technologies, such as artificial intelligence and real-time data analytics, enhance operational efficiency and support effective crowd management. This research includes a review of ART systems, global case studies, and an analysis of Almadinah Almunawarah's transportation landscape, highlighting ART's potential to reduce congestion and improve transit performance. Although the study acknowledges challenges related to implementation, it concludes that ART aligns with the city's long-term development and sustainability goals. Recommendations include phased deployment, stakeholder collaboration, and investment strategies to ensure the system's successful adoption and seamless integration with existing infrastructure.

Keywords: Almadinah Almunawarah, Urban Mobility, Crowd Management, Autonomous-Rail Rapid Transit (ART), Sustainable Transportation, Hajj and Umrah

1. Introduction

Almadinah Almunawarah faces significant challenges in urban mobility and crowd management, especially during the annual influx of pilgrims for Hajj and Umrah. These religious events attract millions of visitors, placing massive pressure on the city's transportation infrastructure. As the number of pilgrims continues to rise, the existing transit systems struggle

to accommodate the growing demand, leading to severe traffic congestion and delays. The transportation network in Almadinah Almunawarah becomes overwhelmed during peak periods[1], [2]. Traditional public transit options, such as buses and taxis, often prove insufficient to efficiently manage the large influx of visitors. The resulting overcrowding on roads intensifies traffic bottlenecks, increasing travel times and contributing to elevated levels of pollution and environmental degradation. Additionally, the current infrastructure lacks the flexibility required to adapt to fluctuating passenger volumes during peak seasons. While temporary measures such as increasing bus frequency are employed, they are rarely enough to alleviate the long-term strain on the system. Consequently, the city needs a more scalable, adaptable solution that can not only address the current issues but also support future growth and sustainable urban development.

Autonomous-Rail Rapid Transit (ART) systems represent an innovative approach to urban transportation that combines the benefits of autonomous driving technology with the efficiency of rail networks [3], [4]. ART systems operate without human intervention, using advanced sensors, cameras, and artificial intelligence to navigate predetermined routes safely and efficiently[3]. Sunardi et al. (2022) reported that these systems eliminate the need for traditional infrastructure, such as rail tracks or overhead power lines, making them highly adaptable to existing urban environments [5]. The ART system offers versatile applications across multiple scenarios. It can support network connections and extensions for urban rail systems, serve as a backbone transportation system for small to medium-sized cities, and operate dedicated lines for tourist attractions or airport connections, among other uses [6].

Unlike conventional rail systems, ART offers greater flexibility in route planning and expansion. It operates on virtual tracks, which can be easily adjusted to accommodate changes in passenger demand or urban growth [7]. The autonomous technology embedded within ART allows for real-time decision-making, optimizing traffic flow and ensuring smooth operations even during periods of high congestion [8]. Han et al. (2020) reported that this strategy allows ART systems to detect obstacles (like pedestrians) and re-plan velocities in real time, reducing energy consumption by 36.21% and ensuring timely arrival at stations, even during congestion [9]. Moreover, ART integrates the precision and capacity of rail systems with the autonomous vehicle's ability to maneuver independently, creating a hybrid solution that maximizes both capacity and cost-effectiveness. The ART system's ability to combine autonomous driving and rail-like efficiency makes it a promising alternative for cities seeking scalable, sustainable transportation solutions.

Several cities around the world have successfully implemented ART systems, showcasing their potential as viable alternatives to traditional transit models. For instance, Zhuzhou in China has deployed ART to address urban congestion [4]. Beyond China's borders, the ART project is making strides, with endeavors in Kuching, Malaysia, and Abu Dhabi, poised for commercial operation by 2025. These examples demonstrate how ART can overcome the limitations of conventional transit systems by offering greater adaptability, scalability, and cost-efficiency, particularly in rapidly growing urban environments.

The primary objective of this study is to propose the implementation of an Autonomous-Rail Rapid Transit (ART) system as a practical solution for addressing the growing challenges of urban mobility and crowd management in Almadinah Almunawarah. The study intends to investigate how ART technology might improve transportation efficiency at peak periods, particularly during events such as Hajj and Umrah, when the city's transit infrastructure is severely challenged. In addition, the study examines ART's capability to optimize crowd control through its autonomous features, reducing

congestion while improving the overall passenger experience. This study is highly relevant to Almadinah Almunawarah's long-term goals of improving transportation efficiency and advancing sustainability.

2. Methodology

To assess the feasibility of an Autonomous-Rail Rapid Transit (ART) system in Almadinah Almunawarah , The methodology was divided into four phases: literature review, global case studies analysis, Almadinah Almunawarah transportation infrastructure assessment, and feasibility assessment for ART integration.

Phase 1: Literature Review and Technical Exploration: This phase began with an extensive literature review to understand ART's design, operational principles, and technological components, such as autonomous driving, virtual tracks, electric power integration, and AI-based operational efficiencies. Scholarly articles, and technical reports were examined to build a comprehensive understanding of ART's functional framework.

Phase 2: Global Case Studies: The phase examined case studies of cities, such as Zhuzhou and Yibin in China, which have successfully implemented ART systems to address urban transit challenges like congestion and limited space. These case studies provided insights into ART's deployment strategies, challenges encountered, and overall impact. The analysis focused on evaluating key performance metrics, including ridership, congestion reduction, infrastructure adaptability, and operational costs.

Phase 3: Almadinah Almunawarah's Transportation Infrastructure Analysis: This phase analyzed Almadinah Almunawarah's existing transportation infrastructure, particularly its ability to handle the large influx of visitors during peak seasons, such as Hajj and Umrah. This assessment included public transit systems, primarily buses and taxis, and their limitations. Data was collected through field surveys and document reviews. The analysis emphasized congestion hotspots, average transit times during peak and off-peak periods, and environmental impacts like carbon emissions.

Phase 4: Feasibility Assessment for ART Integration: This phase focused on assessing how an ART system could be integrated into Almadinah Almunawarah's transit landscape by evaluating several key aspects. First, the technical feasibility was examined to determine ART's ability to operate effectively in Almadinah Almunawarah's unique urban environment, particularly its compatibility with existing infrastructure. Next, the operational feasibility was assessed to understand the potential impact on current transit services, with an emphasis on reducing congestion and improving overall efficiency. Finally, the environmental impact was analyzed, highlighting the potential benefits such as reductions in carbon emissions and improvements in air quality. This environmental analysis was supported by data from similar implementations in other cities, adjusted specifically to fit the context of Almadinah Almunawarah.

3. Operational Principles of ART systems

Autonomous-Rail Rapid Transit (ART) systems feature multiple articulated, rubber-tire trams that rely on intelligent perception, path tracking, and trajectory-following technologies to operate without physical railway tracks. Figure 1 illustrates the core concepts of the ART system, while Table 1 presents key parameters of a three-module ART tram [4]. Unlike traditional rail systems, ART uses advanced sensors, GPS, and automated driving technologies to navigate along virtual paths, eliminating the need for fixed tracks. The bi-directional ART tram consists of multiple units, features a 100% low-floor design, and is powered entirely by electricity [4].

Table 1. Main parameters of the three-module ART tram[4]

Parameters Scale	Parameters Scale
Length/ m	31.64
Width/ m	2.65
Full load weight/t	54
Maximum number of passengers:	≥300 （AW3）
Maximum operating speed/(km·h-1)	70
Maximum sloping /%	10
Minimum turning radius/ m	15
Adaptability	100% Low-Deck

ART vehicles are typically designed to resemble modern trams or light rail units, offering multiple passenger compartments connected by articulated joints. This configuration ensures smoother turns and enhances maneuverability, especially in dense urban environments [10]. Additionally, modular design allows operators to adjust the vehicle length based on passenger demand, improving operational efficiency during peak and off-peak hours. Moreover, ART systems can operate seamlessly in mixed traffic, sharing roads with other vehicles, which eliminates the need for dedicated corridors [11]. This flexibility supports integration with existing urban infrastructure, enhancing the system's appeal for cities seeking sustainable transport solutions without extensive infrastructure overhauls.

Figure 1: The core concepts of the ART system.

The operational principles of ART systems focus on automation, connectivity, and safety. Autonomous driving technologies form the backbone of ART operations, using lidar, radar, and camera-based sensors to detect obstacles, monitor traffic conditions, and ensure safe navigation [12], [13]. These vehicles follow pre-defined virtual routes programmed into their control systems, adjusting their speeds dynamically in response to traffic flows. Another critical principle is vehicle-to-infrastructure (V2I) communication, which ensures that ART vehicles stay synchronized with traffic signals and road conditions [14], [15]. Through continuous data exchange, the system can optimize routes in real time, improving travel times and reducing energy consumption. In emergencies, ART systems can receive updates to reroute vehicles efficiently, ensuring operational continuity. Additionally, control centers continuously monitor vehicle performance and system operations, allowing for immediate intervention in the event of malfunctions or accidents.

4. Examining Global Case Studies of ART Implementation

Five major ART lines implemented globally are outlined in Table 1, highlighting their total lengths (in kilometers), number of stations, and operation start dates. The longest line, Harbin ART T1, extends 18.2 kilometers, while the shortest, Suzhou Wujiang ART MRT, spans 5.2 kilometers. These cities adopted ART strategically to alleviate traffic congestion and overcome spatial challenges, establishing themselves as pioneers in the field. Their experiences offer valuable insights into Almadinah Almunawarah's urban development, showing how ART can provide a sustainable transportation solution. These global projects illustrate the increasing adoption of ART as an innovative approach to public transit.

Table 2. Case Study of Key ART Implementations in China[4].

Line	City	Total Length (Km)	Number of Stations	Operation Start Date
Zhuzhou ART A1/A2 Line	Zhuzhou	14.5	19	2018
Yibin ART T1 Line	Yibin	17.7	17	2019
Harbin ART T1 Line	Harbin	18.2	7	2021
Suzhou Wujiang ART MRT Line	Suzhou	5.2	5	2021
Xi'an ART T1 Line	Xi'an	11.9	9	2023

5. Analysis of Almadinah Almunawarah's Current Transportation Infrastructure and Challenges

Almadinah Almunawarah's transportation infrastructure faces considerable strain, particularly during peak periods like Hajj and Umrah, when the city experiences a dramatic influx of visitors. The existing public transit network, consisting primarily of buses and taxis, often struggles to accommodate the heightened demand. As a result, transit services become overcome, leading to overcrowded vehicles, extended waiting times, and disruptions to scheduled operations.

This congestion creates a ripple effect, slowing the movement of traffic throughout the city and causing bottlenecks in key areas. The increased volume of vehicles not only prolongs travel times but also affects the efficiency of transport services, diminishing the overall quality of mobility. In addition to logistical challenges, environmental issues arise. Prolonged idling and stop-and-go traffic contribute to higher fuel consumption, increasing carbon emissions. These emissions, combined with the intensified movement of vehicles, elevate air pollution levels, raise concerns about the city's environmental sustainability. Addressing these challenges is essential to ensuring a functional, resilient transportation network. Without adequate solutions, Almadinah Almunawarah's mobility system will continue to struggle during high-demand periods, hampering the experience of residents and visitors alike.

6. Results and Discussion

6.1 Reduction in traffic congestion

Although Almadinah Almunawarah has expanded its public transportation network, the current systems remain insufficient to handle the city's influx of visitors during peak seasons. Public transportation primarily consists of bus services, taxis, and limited ride-sharing options. Figure 2 shows the existing Bus Rapid Transit (BRT) network, while Figure 3 presents a conceptual map of the public BRT system. Some roads are still undergoing modifications to accommodate the BRT system. By 2030, the infrastructure aims to include 300 to 500 stations, 80 to 100 buses, 30 to 40 million annual trips, a 400 to 800-meter service buffer, and 80 to 90% area coverage.

The current BRT system can be easily upgraded to incorporate an Autonomous-Rail Rapid Transit (ART) system, offering several advantages. ART can accommodate up to 300 passengers per trip, significantly surpassing the 50-passenger capacity of BRT buses. The large influx of pilgrims during Hajj and Umrah exerts heavy pressure on the city's roads and

transportation systems. By providing a high-capacity, efficient alternative, ART reduces traffic congestion during these peak periods. Unlike buses and private vehicles, ART minimizes the number of vehicles on the road by transporting more passengers per trip, easing bottlenecks and improving the flow of traffic in critical areas.

Figure 14. Conceptual map of the current public transport network in Almadinah Almunawarah.

Figure 15. Public Transport Network for Almadinah Almunawarah.

6.2 Flexibility and scalability of ART

ART's flexibility and scalability make it well-suited to handle fluctuating passenger demands. During peak periods, such as major religious events, the system can increase service frequency or deploy additional vehicles to manage surges in ridership. In contrast, during off-peak times, ART can reduce operations to match lower demand, optimizing energy consumption and cutting operational costs. This adaptability ensures year-round efficiency, making ART a practical and cost-effective solution for Almadinah Almunawarah's unique transit needs. If the existing BRT system is upgraded to ART, the new system can share routes with other transportation modes, as shown in Figure 3, while maintaining greater operational flexibility and scalability.

Moreover, ART is well-suited for future urban growth and fluctuations in visitor numbers. Almadinah Almunawarah continues to grow as a major religious destination and urban center, meaning that transportation needs will expand over time. ART's infrastructure-light design makes it easier to expand or modify routes as the city's population and visitor numbers increase. The system's ability to adapt to changing conditions without requiring significant overhauls or infrastructure investments positions ART as a sustainable solution for the city's long-term development. It provides a

flexible framework that can evolve with Almadinah Almunawarah's transportation needs, ensuring seamless integration with ongoing urban expansion.

6.3 Smart Mobility Solutions

The use of Autonomous-Rail Rapid Transit (ART) systems goes beyond efficient transportation; it plays a pivotal role in optimizing crowd control through the integration of advanced smart technologies. ART systems rely heavily on artificial intelligence (AI) and big data analytics to manage large crowds effectively. By leveraging AI, ART can analyze patterns in passenger movement, predict congestion points, and adjust its operations dynamically to avoid bottlenecks. These capabilities allow for smoother, more controlled crowd flow, especially during peak periods such as Hajj and Umrah when Almadinah Almunawarah experiences a massive influx of visitors. Smart algorithms continuously process real-time data, enabling ART to make precise, data-driven decisions that enhance the overall transit experience while minimizing delays and overcrowding.

In addition, real-time data analysis plays a crucial role in improving operational efficiency and ensuring crowd safety. ART systems collect and process data from multiple sources, including sensors, passenger apps, and traffic monitoring systems. This real-time information allows the system to adjust its frequency, route schedules, and vehicle capacities in response to fluctuating demand, reducing the risk of overcrowding at stations or on the vehicles themselves. For example, if an ART station begins to experience a surge in passengers, the system can immediately deploy additional vehicles or reroute services to alleviate pressure. This not only keeps operations running smoothly but also ensures passenger safety by preventing hazardous crowd densities.

Furthermore, the continuous monitoring of crowd movement and system performance provides valuable insights into how the system can be optimized over time. Through predictive analytics, ART systems can anticipate high-demand periods, such as festival seasons or unexpected events, and prepare accordingly. These smart mobility solutions enable ART to remain adaptive, offering a flexible response to crowd dynamics while maintaining safety and operational integrity. This real-time adaptability makes ART a highly efficient tool for managing large crowds and optimizing urban mobility in an ever-growing city like Almadinah Almunawarah.

7. Conclusion

This study sets out to explore how implementing an Autonomous-Rail Rapid Transit (ART) system can address the growing challenges of urban mobility and crowd management in Almadinah Almunawarah. With the city experiencing an influx of millions of visitors during peak events like Hajj and Umrah, existing transportation systems struggle to meet demand, leading to congestion, delays, and environmental issues. Through proposing ART as a scalable, sustainable transit solution, the research aimed to determine how this technology could enhance transportation efficiency, support crowd control, and align with the city's long-term urban development and sustainability goals.

The findings highlight several key advantages of ART for urban mobility in Almadinah Almunawarah. ART's capacity to accommodate up to 300 passengers per trip offers a significant improvement over existing Bus Rapid Transit (BRT) systems, easing congestion by reducing the number of vehicles on the road. The flexibility of ART allows it to adapt to fluctuating demand, with the ability to increase frequency during peak periods and scale back operations during off-peak times, optimizing costs and energy use. Moreover, the system's ability to operate on virtual tracks without requiring extensive infrastructure investments makes it a cost-effective and adaptable solution. Additionally, the integration of smart technologies, such as artificial intelligence and real-time data analytics, allows ART to manage crowds efficiently

and ensure smooth operations, particularly during high-demand periods like Hajj and Umrah. Global case studies demonstrate ART's success in cities such as Zhuzhou and Yibin, offering valuable insights into its potential application in Almadinah Almunawarah.

While the study provides valuable insights, certain limitations should be acknowledged. The analysis relies primarily on case studies from other cities, which may differ in infrastructure, culture, and transportation needs from Almadinah Almunawarah. As a result, the direct applicability of those solutions may be constrained by the city's unique characteristics. Additionally, the study focuses on the potential benefits of ART without extensively evaluating the financial, regulatory, and technical challenges that may arise during implementation. These limitations suggest the need for further investigation before large-scale deployment.

Building on the findings and addressing the identified limitations, future research should explore several areas. First, pilot programs or simulation studies in Almadinah Almunawarah could provide empirical data on ART's performance in the local context, helping refine strategies for full-scale implementation. Additionally, future research could examine the financial and regulatory frameworks necessary to support ART deployment, including investment strategies and policy alignment. Finally, investigating passenger experiences and public acceptance of ART will be essential to ensure community support and long-term success. These efforts will contribute to a deeper understanding of how ART can serve as a transformative force in urban mobility and crowd management in Almadinah Almunawarah.

8. Recommendations

To ensure the successful adoption and seamless integration of ART in Almadinah Almunawarah, a phased deployment strategy is essential. Initial implementation should focus on high-demand corridors, such as routes serving the Prophet's Mosque and Airport, to alleviate congestion during peak periods. Investment strategies should prioritize both public and private funding, with incentives to attract technology providers and operators. Additionally, integrating ART with existing Bus Rapid Transit (BRT) systems will enhance flexibility, allowing shared routes and smooth transition phases. To optimize operations, the city should leverage smart technologies, such as artificial intelligence and real-time data analytics, for adaptive scheduling and efficient crowd control.

References

[1]M. A. R. Abdeen, A. Beg, S. M. Mostafa, A. AbdulGhaffar, T. R. Sheltami, and A. Yasar, "Performance Evaluation of VANET Routing Protocols in Madinah City," Electronics (Basel), vol. 11, no. 5, p. 777, Mar. 2022, doi: 10.3390/electronics11050777.

[2]M. A. R. Abdeen, I. A. Nemer, and T. R. Sheltami, "A Balanced Algorithm for In-City Parking Allocation: A Case Study of Al Madinah City," Sensors 2021, Vol. 21, Page 3148, vol. 21, no. 9, p. 3148, May 2021, doi: 10.3390/S21093148.

[3]T. ; Li et al., "A Convolutional Fuzzy Neural Network Active Noise Cancellation Approach without Error Sensors for Autonomous Rail Rapid Transit," Processes 2023, Vol. 11, Page 2576, vol. 11, no. 9, p. 2576, Aug. 2023, doi: 10.3390/PR11092576.

[4]F. Jianghua, H. Yunqing, Y. Xiwen, H. Ruipeng, X. Lei, and Z. Chenlin, "Autonomous-rail Rapid Transit Tram: System Architecture, Design and Applications," Green Energy and Intelligent Transportation, p. 100161, Jan. 2024, doi: 10.1016/J.GEITS.2024.100161.

[5]S. Sunardi et al., "Autonomous Rail Rapid Transit (ART) Prototype Concept Using Wireless Charging System with Electromagnetic Induction Coupling," Journal of Railway Transportation and Technology, vol. 1, no. 1, pp. 1–12, May 2022, doi: 10.37367/jrtt.v1i1.4.

[6]S. Fang, J. Ma, and Y. Wang, "Research on Comparison of Tram with BRT," 2018, pp. 165–174. doi: 10.1007/978-981-10-3551-7_12.
[7]Z. Wang, Z. Lu, J. Wei, and X. Qiu, "Research on Virtual Track Train Path-Tracking Control Based on Improved MPC and Hierarchical Framework: A Reconfigurable Approach," Applied Sciences, vol. 13, no. 14, p. 8443, Jul. 2023, doi: 10.3390/app13148443.
[8]A. Mushtaq, I. U. Haq, M. U. Imtiaz, A. Khan, and O. Shafiq, "Traffic Flow Management of Autonomous Vehicles Using Deep Reinforcement Learning and Smart Rerouting," IEEE Access, vol. 9, pp. 51005–51019, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3063463.
[9]D. Han, J. Wang, Y. Yan, M. Wu, Z. Lin, and Y. Guodong, "Velocity Planning of the Autonomous Rail Rapid Transit with Consideration of Obstacles," in 2020 4th CAA International Conference on Vehicular Control and Intelligence (CVCI), IEEE, Dec. 2020, pp. 35–40. doi: 10.1109/CVCI51460.2020.9338562.
[10]T. Li, S. Zhang, G. Xiao, M. Wang, H. Zhong, and J. Feng, "Brake Instability Dynamic Model and Active Control Strategy for a Multiunit Articulated Rubber-Wheel Autonomous Rail Rapid Transit System," Sustainability, vol. 14, no. 21, p. 14531, Nov. 2022, doi: 10.3390/su142114531.
[11]D. Han, J. Wang, Y. Yan, M. Wu, Z. Lin, and Y. Guodong, "Velocity planning of the autonomous rail rapid transit with consideration of obstacles," 2020 4th CAA International Conference on Vehicular Control and Intelligence, CVCI 2020, pp. 35–40, Dec. 2020, doi: 10.1109/CVCI51460.2020.9338562.
[12]Q. Zhang, F. Yan, W. Song, R. Wang, and G. Li, "Automatic Obstacle Detection Method for the Train Based on Deep Learning," Sustainability, vol. 15, no. 2, p. 1184, Jan. 2023, doi: 10.3390/su15021184.
[13]S. Liu, C. Li, T. Yuwen, Z. Wan, and Y. Luo, "A Lightweight LiDAR-Camera Sensing Method of Obstacles Detection and Classification for Autonomous Rail Rapid Transit," IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 23, no. 12, pp. 23043–23058, Dec. 2022, doi: 10.1109/TITS.2022.3194553.
[14]X. Duan, H. Jiang, D. Tian, T. Zou, J. Zhou, and Y. Cao, "V2I based environment perception for autonomous vehicles at intersections," China Communications, vol. 18, no. 7, pp. 1–12, Jul. 2021, doi: 10.23919/JCC.2021.07.001.
[15]V. H. Prasad Reddy, A. Ravi Raja, P. K. Polasi, R. T. Ponnuri, G. K. Kumar, and S. F. Ahamed, "Design and Development of Traffic Light Recognition method for Autonomous vehicles using V2I Communication," in 2023 3rd International conference on Artificial Intelligence and Signal Processing (AISP), IEEE, Mar. 2023, pp. 1–6. doi: 10.1109/AISP57993.2023.10134974.

Implementing an AI-driven ED System for Efficient Emergency Management during Hajj

Hassan Hijry*[1], Fares S. Almehmadi[2]

[1]*Department of Indusrtial Engineering, University of Tabuk

[2]Department of Electrical Engineering, University of Tabuk

*Corresponding author: E-mail (hhegri@ut.edu.sa)

تطوير نظام ذكي يعتمد على الذكاء الاصطناعي لتحسين وإدارة قسم الطوارئ بكفاءة خلال موسم الحج

حسن هجري*[1]، فارس صالح المحمادي[2]

قسم الهندسة الصناعية، جامعة تبوك*[1]

قسم الهندسة الكهربائية، جامعة تبوك[2]

Abstract

The transformation of emergency departments (EDs) into smart systems is pivotal for enhancing modern healthcare, especially in managing patient overcrowding. Over 50% of hospital admissions stem from EDs, and this challenge is exacerbated during large-scale events such as the Hajj pilgrimage in Mecca, Saudi Arabia. Managing the surge in patient demand during such events is critical to ensuring smooth patient flow and maintaining operational efficiency. In response to this challenge, this paper introduces an Intelligent ED system that integrates AI technologies, including machine learning and data analytics, to predict and manage hospital congestion during Hajj. The system leverages electronic health record (EHR) data (e.g., arrival, exam, and discharge times) to forecast patient waiting times using deep neural networks. By analyzing real-time ED workflows—such as triage and diagnostics—our AI model aims to optimize patient flow and prevent bottlenecks. Among the models tested, (Long Short-Term Memory (LSTM), Deep Neural Network (DNN), and Bidirectional LSTM (BiLSTM), the traditional LSTM network demonstrated exceptional performance, achieving a minimal Mean Absolute Error (MAE) of 2.09 and an R^2 of 0.98.

Its ability to effectively capture sequential dependencies, such as afternoon surges in crowd patterns, highlights its suitability for forecasting patient flow during peak demand periods. The system is user-friendly, deployed via Streamlit for non-technical users, and adaptable to queue systems in healthcare settings. Expected outcomes include improved ED efficiency, reduced patient waiting times, and better resource allocation during peak periods. These AI-driven insights will empower decision-makers and healthcare authorities to enhance emergency management not only in Mecca and Medina, but also in EDs worldwide, particularly during mass gatherings or large-scale events.

Keywords: Intelligent ED system, smart healthcare, patient flow optimization, crowding management, LSTM, DDN.

1. Introduction

The healthcare system relies heavily on accurate cost and resource allocation, especially considering patient length of stay. Projections help model bed capacity and staffing needs over time. Common forecasting methods include 12-month moving averages, trend lines, and seasonalized forecasts, which incorporate historical data to adjust for trends and seasonal variations [1]. Modeling patient flow using compartmental, queuing, and simulation methods enables better tactical and strategic planning [2], [3]. For example, a study conducted by [4], was introduced to improve patient workflow processes in the emergency department (ED) of a smart city. The study used Machine Learning Control (MLC), the Internet of Things (IoT), and Discrete Event Simulation (DES) to optimize patient flow. Key metrics, such as bed occupancy, patient arrivals, and length of stay, provide insights into long-term patient flow [5], [6], [7]. Emergency and acute care departments particularly focus on these metrics for quality of care assessments [8], [9]. Machine learning has emerged as a powerful tool for predictive modeling, addressing challenges like patient flow forecasting [10]. Moreover, Electronic Health Records (EHR) streamline data management, ensuring better planning, diagnosis, and prognosis through digital records [11]. These records integrate structured and unstructured data, enabling efficient exchange and analysis across healthcare settings [12]. Machine learning in healthcare further enhances outcomes by predicting chronic diseases, reducing readmission rates, and improving financial performance through personalized interventions and predictions [13]. As healthcare continues evolving, advanced forecasting methods and technology integration are key drivers for improvement. A well-designed hospital management system also incorporates predictive analytics to manage staffing and reduce costs associated with under or overstaffing [10]. Predictive staffing tools leverage patient admission and discharge patterns, contributing to more efficient and responsive hospital operations. Such systems also optimize the patient-to-staff ratio, allowing healthcare institutions to meet demand without sacrificing care quality [14]. Effective data integration, especially in larger healthcare facilities, is crucial for managing and synthesizing diverse data sources, such as imaging systems, patient monitoring devices,

EHRs, and wearable technology [15]. These sources often generate massive amounts of data that need to be processed in real time to support timely interventions and personalized care. Advanced data integration platforms not only ensure seamless communication between these systems but also enable healthcare providers to access a unified view of patient information, leading to better care coordination and reduced redundancies. Furthermore, these platforms improve operational efficiency by automating workflows and reducing manual data entry, minimizing the risk of errors. Interoperable systems play a pivotal role in enabling real-time data sharing across departments, ensuring that all healthcare professionals involved in patient care are on the same page. This integration supports faster clinical decision-making, enhances patient safety, and improves the overall quality of care by streamlining complex processes across departments and ensuring continuity of care.

The growing role of artificial intelligence (AI) in healthcare decision-making has also revolutionized diagnostics and patient care management [17]. AI-based algorithms, applied to medical imaging, electronic records, and genetic data, enable early detection of diseases, improved treatment planning, and personalized healthcare solutions. Integrating AI-driven insights into clinical workflows helps reduce diagnostic errors, shortens time to diagnosis, and enhances therapeutic outcomes. This, in turn, supports the overall aim of improving healthcare delivery, reducing costs, and promoting patient-centric care [18].

This research presents an intelligent emergency department (ED) system that leverages deep learning models to predict patient flow and manage overcrowding during high-demand periods, like the Hajj pilgrimage. It explores different AI models, with the Long Short-Term Memory (LSTM) network standing out for its ability to recognize patterns over time, including daily surges in patient arrivals. By integrating AI into ED operations, the system aims to optimize resource allocation, reduce bottlenecks, and improve patient care, ensuring smooth and efficient operations during peak events.

2. Methodology

In this study, we developed and deployed a machine learning model to predict emergency room (ER) wait times and assist in hospital location services. The model processes data such as patient arrival rates, and triage severity levels. Data cleaning and standardization have been done using outlier detection and min-max standardization. The model prediction has been implemented with LSTM, Deep Neural Network (DNN), and Bidirectional (BiLSTM). The traditional LSTM has been selected to predict waiting time. For model training and testing, we used data extracted from the Triage Monitoring system [19], which included the time of checking into the queue (arrival/registration time), time spent in the queue (waiting time), time spent at the server point (service time/exam by doctor), and the total time spent in the entire system (length of stay).

While real-time IoT sensor inputs were proposed for future integration to enhance the model's predictions. The system was deployed in a cloud-based environment, providing real-time predictions accessible to healthcare providers, patients, and ambulances via a user-friendly platform, as shown in Figure 1. The platform includes a map-based hospital locator and a wait-time predictor, offering accurate, dynamic estimates that help optimize patient flow and resource allocation during emergencies. Continuous updates from new data ensure the model's long-term accuracy, with real-world validation conducted during high-demand scenarios such as Hajj season.

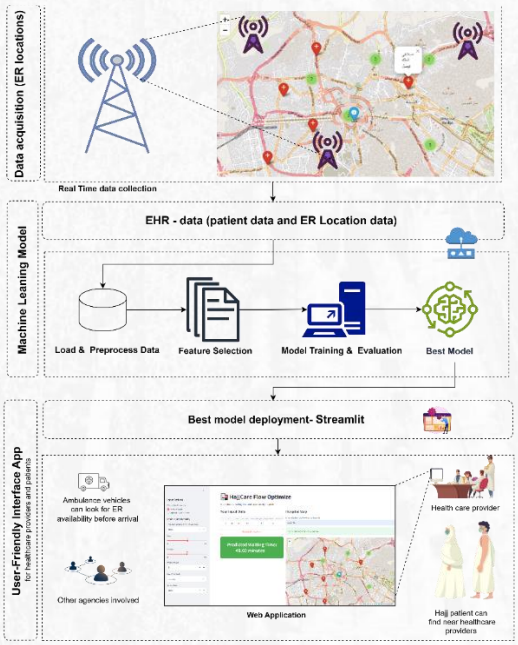


Figure 16. The proposed methodology.

2.1. LSTM

LSTM networks were selected due to their ability to capture long-term dependencies in sequential data, which is crucial for waiting time prediction. The architecture consists of three main gates—input, forget, and output—which control the flow of information through time steps. The model's equations (illustrated in Figure 2) govern how information is retained or discarded, ultimately updating the cell state C_t and hidden state h_t. These operations are essential for maintaining relevant past information and discarding less important data. This allows the model to understand long-term temporal relationships in the time series data, as depicted in Figure 2, [20][21].

Forget gate: $f_t = \sigma(W_f \cdot [h_{\{t-1\}}, x_t] + b_f)$

Input Gate: $i_t = \sigma(W_i \cdot [h_{\{t-1\}}, x_t] + b_i)\{C\}_t = tanh(W_C \cdot [h_{\{t-1\}}, x_t] + b_C)$

Cell State Update: $C_t = f_t * C_{\{t-1\}} + i_t * \{C\}_t$

Output Gate: $o_t = \sigma(W_o \cdot [h_{\{t-1\}}, x_t] + b_o)h_t = o_t * tanh(C_t)$

Where

$ft, iti_{tit}, and\ oto_{tot}$ are the forget, input, and output gates, respectively

$Wf, WiW_{iWi}, WoW_{oWo}, and\ WCW_{CWC}$ are weight matrices.

$Ct\ is\ the\ cell\ state\ at\ time\ t, and\ h_t is\ the\ hidden\ state\ at\ time\ t$.

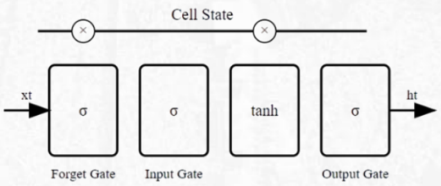


Figure 2. Traditional long short-term memory model structure.

2.2. BiLSTM

The BiLSTM enhances the traditional LSTM by adding a second layer that processes the sequence in reverse. This enables the model to learn dependencies from both past and future time steps simultaneously. Figure 3 shows the architecture, where forward and backwards hidden states $h_t^{forward}$ and $h_t^{backward}$ are concatenated at each time step to form the final output. This configuration allows the BiLSTM to capture more intricate relationships within the dataset, though the results (explored later) indicate that this added complexity may have led to overfitting [22].

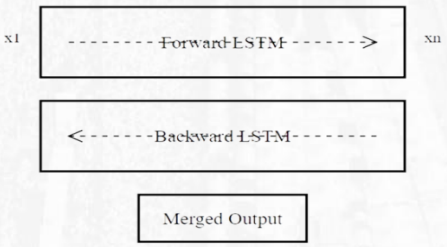


Figure 3. Bidirectional long short-term memory structure.

The output of a BiLSTM is the concatenation of the forward and backwards hidden states:

$$h_t = Concat(h_t^{forward}, h_t^{backward})$$

Where $h_t^{forward}$ represents the hidden state from the forward LSTM, and $h_t^{backward}$ is from the backward LSTM.

2.3. Deep Neural Network (DNN)

A (DNN) is a feed-forward neural network with multiple layers (usually called "hidden layers") between the input and output layers. DNNs aim to capture complex patterns in data by learning hierarchical representations. Each layer in a DNN applies a non-linear transformation to its input, usually through an activation function like ReLU, [23][24].

Mathematically, the forward propagation through a layer is defined as:

$$a(1) = \sigma(\mathrm{W(l)a(l-1) + b(l)})\mathrm{a^{\{(l)\}}} = \sigma\left(\mathrm{W^{\{(l)\}a^{\{(l-1)\}}} + b^{\{(l)\}}}\right)\mathrm{a(l)} = \sigma(\mathrm{W(l)a(l-1) + b(l)})$$

Where:

- $\mathrm{a(l)a^{\{(l)\}a(l)}}$ is the activation of the lll-th layer,
- $\mathrm{W(l)W^{\{(l)\}W(l)}}$ is the weight matrix of the lll-th layer,
- $\mathrm{b(l)b^{\{(l)\}b(l)}}$ is the bias term,
- $\sigma\backslash\mathrm{sigma}\sigma$ is of the activation function (e.g., ReLU or sigmoid).

In DNNs, the goal is to minimise the loss function (e.g., mean squared error for regression tasks) through backpropagation, which updates the weights and biases across all layers.

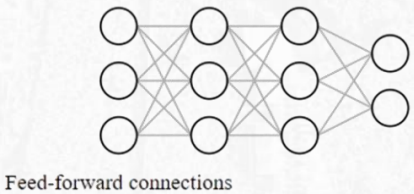


Figure 3. Deep neural network architecture.

2.4. Streamlit Web Application

The developed application offers several key features designed to enhance usability and functionality for healthcare providers and patients as shown in Figure 1. *Data upload* allows users to upload datasets in CSV or XLSX formats, with the ability to select target and feature columns interactively. The platform facilitates data preprocessing for training and scaling to prepare the dataset for model development. In *Model Training*, users can choose from three model types: Traditional LSTM, Advanced LSTM, and DNN. The model is trained on the uploaded dataset, and performance metrics such as Mean Absolute Error (MAE), Mean Squared Error (MSE), and R-squared (R^2) are displayed for evaluation.

The *evaluation & visualization* module enables users to visualize actual vs. predicted values, residual plots, and comprehensive performance metrics, with interactive features for error analysis and other model performance visualizations. The application also includes an *Interactive Map*, where users can enter a city name and locate nearby hospitals using data from OpenStreetMap. The search radius can be customized in meters to display hospitals within a preferred distance. These features collectively improve decision-making by offering real-time data and user-friendly tools for hospital location and patient flow management.

3. Results and Discussion

Each model was evaluated using MAE, Mean Squared Error (MSE), and R^2 as key performance indicators (see Table below).

Table 1. The model comparison and results.

Model	MSE	MAE	R^2
Traditional LSTM	**6.98**	**2.09**	**0.98**
Advanced LSTM	16.13	2.33	0.96
DNN	427.82	17.59	0.02

3.1. LSTM Performance:

The traditional LSTM outperformed, achieving near-perfect performance with a minimal MAE of 2.09 and an R^2 of 0.98. Figure 4 shows shows model performance on the predicted values against to actual dataset, the straight refers to the best fit line for the data distribution while the scatter dots represent the data distribution, it can be seen that some data point very close and even perfectly intersect with the best fit line, while the some of them has a distance between the best fit line and data point, the distance shows that model prediction error. Its ability to learn and predict cyclic crowd patterns, especially during afternoon surges, highlights its effectiveness in capturing sequential dependencies. The learning curve in Figure 5 shows that both training and validation losses converged within the first 8 epochs, indicating rapid learning without overfitting. The relatively stable performance across subsequent epochs supports the robustness of the LSTM in time-series prediction tasks.

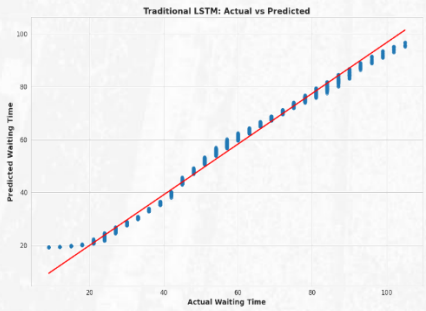


Figure 4. Traditional LSTM prediction and actual plot with data distribution on the best fit line.

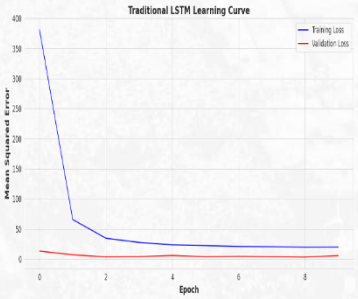


Figure 5. Traditional LSTM learning curve.

3.1. BiLSTM Performance

Figure 6 demonstrates the model's performance by comparing predicted values to the actual dataset. The straight line represents the best-fit line for the data distribution, while the scatter points indicate the actual data distribution. It can be observed that some data points closely align with, or even perfectly intersect, the best-fit line, whereas others deviate, reflecting the model's prediction error. While the BiLSTM model exhibited strong performance, achieving an R^2 of 0.96, it showed slightly higher prediction errors with a MAE of 2.33 and a Mean Squared Error (MSE) of 0.55 compared to the traditional LSTM.

This marginal increase in error, visualized in Figure 6, could be due to the added complexity of processing data bidirectionally, which might have made the model more sensitive to noise or fluctuations in less volatile periods. The error distribution in Figure 7 demonstrates that while the BiLSTM handled most predictions accurately, it exhibited greater variance in error compared to the LSTM.

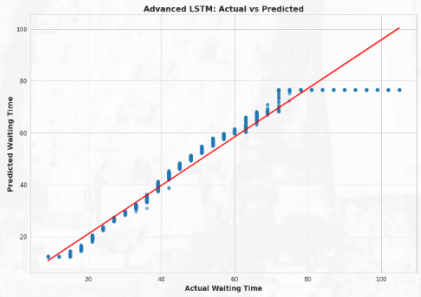


Figure 6. BiLSTM prediction and actual plot with data distribution on the best fit.

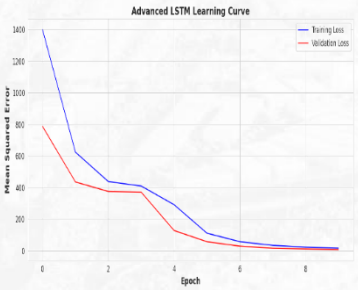


Figure 7. BiLSTM learning curve.

3.3. DNN Performance

Figure 8 illustrates the model's performance by comparing predicted values vs actual dataest. The straight line represents the best fit line for the data, whole the scatter dots reflect the actual data distribution. As shown, some data points closely align with and some other deviate which indicating prediction errors. The DNN struggled to match the performance of the LSTM and BiLSTM models, achieving a significantly higher MAE (17.59) and MSE (427.82) with an R^2 of 0.02.

This outcome, shown in Figure 9, highlights the DNN's difficulty in handling sequential data, which is critical for accurately predicting waiting times. The model failed to capture the temporal dependencies present in the data, leading to overpredictions and underpredictions, particularly during peak service hours.

The increase in error could be attributed to overfitting or a higher sensitivity to noise within the data, despite its improved capacity to model intricate relationships. In contrast, the DNN, which lacks the sequence-processing capabilities inherent in LSTM architectures, struggled to Although the model captured some general trends, it was less capable of modeling the temporal relationships required for accurate waiting time predictions.

This performance discrepancy between LSTM models and the DNN underscores the importance of leveraging time-series-specific architectures when dealing with sequential data. The results also suggest that while the advanced LSTM introduces additional complexity, the traditional LSTM remains more robust and generalizable across various periods.

The learning curve for the traditional LSTM model demonstrates rapid convergence, with both training and validation losses decreasing significantly within the first a few epochs. This indicates that the model quickly learns the underlying temporal patterns in the data.

The close alignment between training and validation losses suggests strong generalization, with no signs of overfitting. After the initial convergence, both losses stabilize, with minimal improvements observed in subsequent epochs. This result highlights the efficiency of the LSTM model in time-series prediction tasks and suggests that early stopping could be employed to optimize training time.

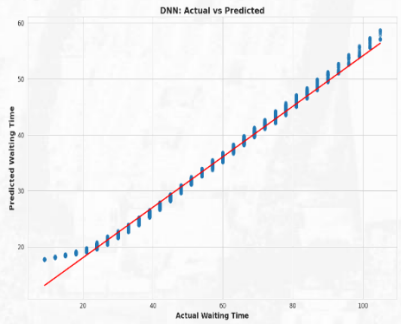


Figure 8. DNN prediction and actual plot with data distribution on the best fit line.

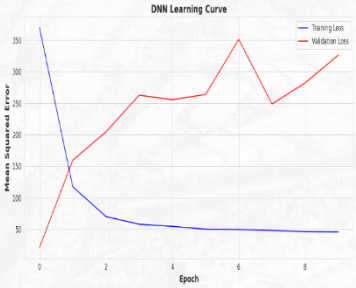


Figure 9. DNN learning curve.

3.4. AI Models Prediction Error Distribution

The prediction error distribution for each model offers deeper insights into their respective strengths and weaknesses. As shown in Figure 10, the traditional LSTM model maintained a concentrated error distribution, with most errors lying between -2.5 and 10.0, indicating consistently accurate predictions. Conversely, the BiLSTM (Figure 11) displayed a broader error range from -5.0 to 5.0, pointing to greater variability and a slightly reduced ability to generalize during periods of lower crowd activity.

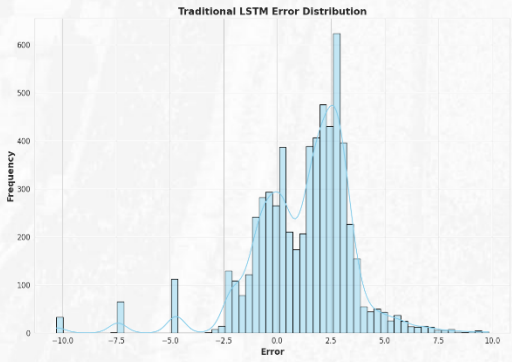


Figure 10. Traditional LSTM prediction error histogram.

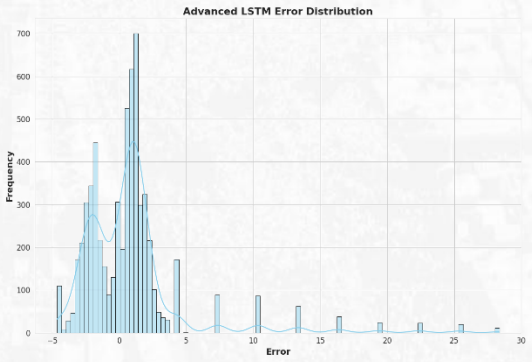


Figure 11. BiLSTM prediction error histogram.

The DNN's error distribution (Figure 12) reveals significant variance, with errors spanning from -10 to +2 and peaks around -8 and 2. This wide spread of errors underscores the DNN's inability to model the sequential nature of the data. As a result, it consistently generated inaccurate predictions, especially during critical high-traffic periods.

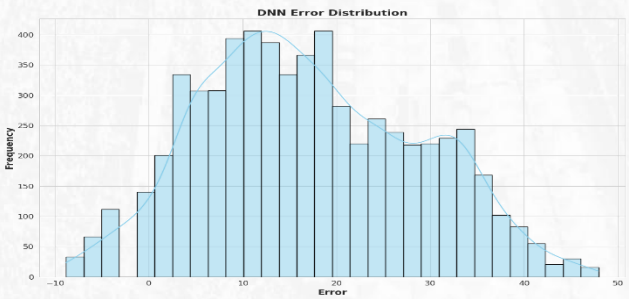


Figure 12. DNN prediction error histogram.

3.1. Discussion

The evaluation of LSTM networks for time-series forecasting in service-related waiting times has revealed several key insights, supported by the predictive patterns observed. The results emphasize the LSTM's capacity to effectively model sequential data, capturing both short- and long-term temporal dependencies. Notably, the traditional LSTM model demonstrated exceptional performance, achieving near-perfect accuracy across multiple evaluation metrics. This superiority can be attributed to its ability to track and adapt to fluctuations in waiting times throughout the day, as seen in the predictions for both crowd patterns and service time. Figure 13, depicting predicted crowd patterns for the next 24 hours, highlights several critical time intervals (15:00, 19:00, and 22:00) marked by potential crowd surges. These peak times align with real-world service congestion trends, particularly in sectors where user footfall increases during the afternoon and early evening. The ability of the traditional LSTM to forecast these peaks accurately demonstrates its effectiveness in handling sequential dependencies inherent in time-series data, as crowd behavior typically follows repeatable, cyclical patterns across days.

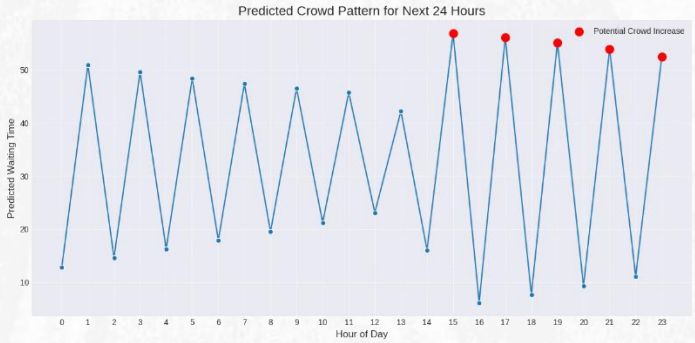


Figure 13. Crowd patterns for the next 24 hours.

In contrast, while the bidirectional LSTM introduced more complexity into the architecture by processing data from both forward and backward sequences, this model slightly underperformed in comparison to the traditional LSTM. The increase in prediction error suggests the bidirectional model may have been overly sensitive to minor fluctuations, leading to potential overfitting. This is particularly evident during less volatile periods, where the simpler dependencies captured by the traditional LSTM were sufficient for accurate prediction.

The limited complexity of the dataset, which primarily consists of periodic peaks and valleys, may explain why the bidirectional LSTM failed to capitalize on its inherent advantages, such as modeling bidirectional time dependencies. Figure 14, illustrating predicted service times, provides further evidence of the LSTM's predictive capability, particularly in identifying critical periods where service times are expected to exceed the 75th percentile threshold. Between 12:00 and 16:00, predicted service times exceed 55 minutes, with several spikes marked as potential crowd times. This trend suggests an alignment between periods of high crowd concentration and extended service times, a valuable insight for managing operational capacity during peak periods.

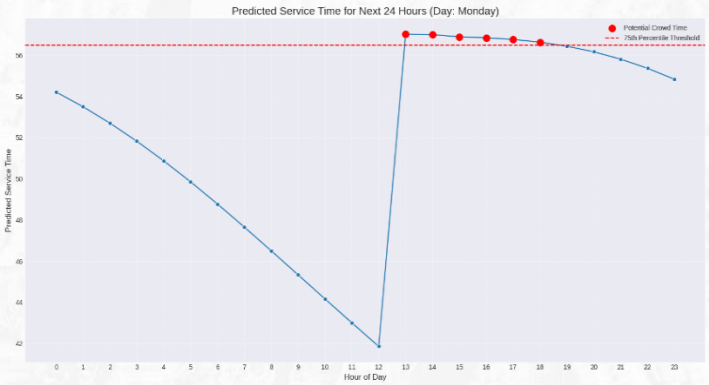


Figure 14. Predicted service times.

The DNN struggled with time-series forecasting due to its inability to capture the sequential nature of the data, leading to significant prediction errors during peak service times. This highlights the importance of choosing appropriate models for time-series problems. An application was developed using a more effective model to predict patient wait times, featuring a user-friendly interface accessible to both healthcare providers and patients. It offers a map-based hospital locator, real-time wait-time predictions, and integration with services like ambulance systems, as shown in Figure 15 (screenshot). The platform supports data visualization and ensures accuracy through continuous updates, with real-world validation conducted during high-demand events, such as the Hajj season.

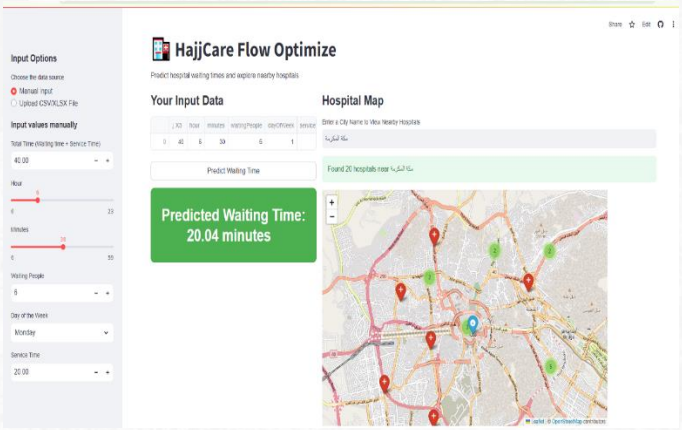


Figure 15. Model deployment.

4. Conclusion

Accurate cost and resources allocation is critical for the healthcare systems. Forecasting enables effective modeling of resources and staffing requirements over time. This study highlights the strengths and limitations of different machine learning models for predicting service-related waiting times. LSTM networks, particularly the standard LSTM, proved to be highly effective for time-series forecasting due to their ability to capture temporal dependencies within the data. Although the BiLSTM added complexity, it did not significantly improve performance, indicating that simpler models can sometimes be more suitable when dealing with straightforward temporal patterns. In contrast, the DNN struggled with sequential data, limiting its predictive accuracy for waiting times. The comparative analysis showed that traditional LSTM is the most effective model for time-series forecasting, with an MSE of 6.98, MAE of 2.09, and R^2 of 0.98. The results

emphasize the importance of selecting the right model for time-series data to accurately capture patterns and dependencies. A key finding was the model's ability to identify peak crowding times, such as afternoon surges, which offers valuable insights for better resource planning and management. In future work, the model will be implemented in the local hospital's ER system and integrated with the electronic health records system to enable real-time predictions and support more effective decision-making. This integration will improve overall ED efficiency, reduce patient waiting times, and optimize resource allocation during peak periods, ultimately alleviating crowding and enhancing the performance of the entire healthcare system.

References

1. E. Kulinskaya, D. Kornbrot, and H. Gao, "Length of stay as a performance indicator: Robust statistical methodology," IMA J. Manag. Math., vol. 16, no. 4, p. Pages. 369–381, 2005, doi: 10.1093/imaman/dpi015.
2. I. Batal, H. Valizadegan, G. F. Cooper, and M. Hauskrecht, "A temporal pattern mining approach for classifying electronic health record data," ACM Trans. Intell. Syst. Technol., vol. 4, no. 4, 2013, doi: 10.1145/2508037.2508044
3. S. J. Nelson, K. Zeng, J. Kilbourne, T. Powell, and R. Moore, "Normalized names for clinical drugs: RxNorm at 6 years," J. Am. Med. Informatics Assoc., vol. 18, no. 4, pp. 441–448, Jul. 2011, doi: 10.1136/amiajnl-2011-000116.
4. Hijry, H. (2024, June). Proposed Model for NEOM City Based on Internet of Things (IoT) and MLC at ED System. In 2024 IEEE International Conference on Prognostics and Health Management (ICPHM) (pp. 23-32). IEE
5. D. E. Clark and L. M. Ryan, "Concurrent Prediction of Hospital Mortality and Length of Stay from Risk Factors on Admission," Health Serv. Res., vol. 37, no. 3, pp. 631–645, Jun. 2002, doi: 10.1111/1475-6773.00041.
6. Chandan K. Reddy and Rajiur Rahman., Electronic Health Records: A Survey in Healthcare Data Analytics. 2014.
7. R. Schmidt and L. Gierl, "A prognostic model for temporal courses that combines temporal abstraction and case-based reasoning," Int. J. Med. Inform., vol. 74, no. 2–4, pp. 307–315, Mar. 2005, doi: 10.1016/j.ijmedinf.2004.03.007.
8. L. Sacchi, C. Larizza, C. Combi, and R. Bellazzi, "Data mining with Temporal Abstractions: Learning rules from time series," Data Min. Knowl. Discov., vol. 15, no. 2, pp. 217–247, Oct. 2007, doi: 10.1007/s10618-007-0077-7.
9. C. C. Bennett, "Utilizing RxNorm to support practical computing applications: Capturing medication history in live electronic health records," J. Biomed. Inform., vol. 45, no. 4, pp. 634–641, 2012, doi: 10.1016/j.jbi.2012.02.011.
10. A. Esteva et al., "Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks," Nature, vol. 542, no. 7639, pp. 115–118, Feb. 2017, doi: 10.1038/nature21056.
11. Y. Shahar and M. A. Musen, "Knowledge-based temporal abstraction in clinical domains," Artif. Intell. Med., vol. 8, no. 3, pp. 267–298, 1996, doi: 10.1016/0933-3657(95)00036-4.
12. F. Wang, N. Lee, J. Hu, J. Sun, and S. Ebadollahi, Towards Heterogeneous Temporal Clinical Event Pattern Discovery:A Convolutional Approach. 2012.
13. R. Miotto, L. Li, B. A. Kidd, and J. T. Dudley, "Deep Patient: An Unsupervised Representation to Predict the Future of Patients from the Electronic Health Records," Sci. Rep., vol. 6, May 2016, doi: 10.1038/srep26094.
14. R. Cornet and N. de Keizer, "Forty years of SNOMED: a literature review," BMC Med. Inform. Decis. Mak., vol. 8, no. S1, p. S2, Oct. 2008, doi: 10.1186/1472-6947-8-S1-S2.
15. W. H. O. (WHO). World Health Organization (WHO). and Information Systems, "WHO | ICD-11 Timeline," 2019. https://www.who.int/classifications/icd/revision/timeline/en/ (accessed Nov. 11, 2019).
16. T. Pham, T. Tran, D. Phung, and S. Venkatesh, "DeepCare: A deep dynamic memory model for predictive medicine," in Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), 2016, vol. 9652 LNAI, pp. 30–41, doi: 10.1007/978-3-319-31750-2_3

17. T. D. Nguyen, T. Tran, D. Phung, and S. Venkatesh, "Latent patient profile modelling and applications with mixed-variate restricted Boltzmann machine," in Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), vol. 7818 LNAI, no. PART 1, 2013, pp. 123—135

18. T. Pham, T. Tran, D. Phung, and S. Venkatesh, "DeepCare: A deep dynamic memory model for predictive medicine," in Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), 2016, vol. 9652 LNAI, pp. 30—41, doi: 10.1007/978-3-319-31750-2_3.

19. Hijry, H., & Olawoyin, R. (2021). Predicting patient waiting time in the queue system using deep learning algorithms in the emergency room. International Journal of Industrial Engineering, 3(1), 33-45.

20. Hochreiter, S., & Schmidhuber, J. (1997). Long short-term memory. Neural computation, 9(8), 1735-1780.

21. Olah, C. (2015). Understanding LSTM Networks. colah.github.io.

22. Schuster, M., & Paliwal, K. K. (1997). Bidirectional recurrent neural networks. IEEE Transactions on Signal Processing, 45(11), 2673-2681.

23. Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). Deep Learning. MIT Press.

24. Rumelhart, D. E., Hinton, G. E., & Williams, R. J. (1986). Learning representations by back-propagating errors. Nature, 323(6088), 533-536.