

السجل العلمي

الملتقى العلمي السادس والعشرين
لأبحاث الحج والعمرة والزيارة

التميز والتكامل في منظومة خدمات الحج والعمرة

21-20 ربيع الأول 1448هـ الموافق 2 – 3 سبتمبر 2026م


بسم الله الرحمن الرحيم

تقديـــم

برعاية كريمة من خادم الحرمين الشريفين الملك سلمان بن عبدالعزيز آل سعود - حفظه الله - نُظِّم الملتقى العلمي السادس والعشرين لأبحاث الحج والعمرة والزيارة، الذي يُقيمه معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة بجامعة أم القرى، تحت شعار: «التَّميُّز والتَّكامل في منظومة خدمات الحجِّ والعمرة» بمكة المكرمة، وذلك في إطار انعقاده السنوي الذي يتناوب بين مكة المكرمة والمدينة المنورة.

يُعدّ هذا الملتقى مناسبة علمية مرموقة تجمع المختصين والباحثين والمسؤولين والعاملين في مجالات الحج والعمرة والزيارة، لاستعراض خلاصة أبحاثهم ودراساتهم ومقترحاتهم التطويرية، وتبادل الخبرات والتجارب، واستعراض أحدث الممارسات والتقنيات العلمية العالمية، بما يسهم في الارتقاء المستمر بمنظومة الخدمات المقدمة لضيوف الرحمن، تحقيقًا لتوجيهات القيادة الرشيدة - أيدها الله - في تسخير البحث العلمي والمعرفة لخدمة الحرمين الشريفين وزائريهما. ويهدف الملتقى إلى استقطاب الباحثين المتخصصين من الجامعات والمعاهد البحثية في المملكة، إلى جانب العاملين في الأجهزة الحكومية والقطاعين الخاص وغير الربحي، لتقديم أوراقهم العلمية الأصيلة ضمن محاور الملتقى لهذا العام 1447هـ، والتي شملت ما يأتي:

-محور أثر التكامل والتنسيق في تميز تجربة ضيوف الرحمن.

- محور نماذج التكامل بين الجهات المعنية في المنظومة.

- محور قياس أداء الكفاءة التشغيلية في المشاعر المقدسة.

- محور حوكمة البيانات وتبادل المعلومات بين الجهات.

- محور استمرارية الأعمال والتخطيط للطوارئ.

وقد تلقت اللجنة العلمية للملتقى (110) ملخصاً بحثياً مقدماً من أكثر من (49) جهة أكاديمية وحكومية وخاصة وغير ربحية، جرى تحكيمها من قِبل نخبة من الخبراء والمتخصصين وفق المعايير العلمية المعتمدة، حيث تم اختيار (71) موضوعاً علمياً ، من ضمنها (28) ورقة بحثية أصيلة أدرجت ضمن هذا السجل العلمي، بينما تم إستعراض بقية المشاركات ضمن الملصقات العلمية الخاصة بأوراق العمل خلال الملتقى

وبهذه المناسبة، تتقدم اللجنة العلمية للملتقى بجزيل الشكر والتقدير للباحثين الذين أسهموا في إثراء الملتقى بأعمالهم العلمية المتميزة، وللمحكمين والخبراء من الكليات والمعهد الذين اضطلعوا بمسؤولية تقييم وتحكيم الأوراق البحثية، وأسهموا في رفع مستوى المخرجات العلمية. كما تعبر اللجنة عن خالص الامتنان لكل من قدم الدعم العلمي والمادي والمعنوي لإنجاح هذا الحدث العلمي، وفي مقدمتهم معالي وزير التعليم، وسعادة رئيس جامعة أم القرى، وشركاء النجاح من الجهات الحكومية والخاصة والغير ربحية ومنسوبي معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة.

اللجنـــة العلميـــة للملتقـــى العلمـــي السادس والعشرين لأبحاث الحج والعمرة والزيارة

اللجنة الرئيسية للملتقى العلمي السادس والعشريـــن لأبحاث الحج والعمرة والزيارة

رئيس اللجنة: وكيل معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة للشؤون الأكاديمية

أعضاء اللجنة:

وكيل معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة للتطوير والجودة (نائباً للرئيس)

عميد كلية الصحة العامة والمعلوماتية الصحية .....(عضواً)

د. عبـدالله بـــن نـــور الهوســـاوي ..... (عضواً)

د. عبـدالله بـــن علـي النبـــــــاتي ..... (عضواً)

د. مـــازن بـــن إبراهيـــم الشمرانـــي ..... (عضواً)

د. أحمـد بـــن محمـــد كابلـــــــي ..... (عضواً)

أ. د. خالـد بـــن سليـــم الحربـــــــي ..... (عضواً)

أ. د. عصـــام بـــن علـي خـــــــان ..... (عضواً)

د. أحمـد بـــن أميـــن السقـــــاف ..... (عضواً)

د. عبدالرحمن بن محمد أشرف بشاوري .....(عضواً)

د. إبراهيـــــم بـــن علـي الخالـــدي ..... (عضواً)

د. أحمـد بـــن حمـــــزة مطيـــــر ..... (عضواً)

مـــــازن بـــن عبـدالله منشـــــاوي ..... (عضواً)

ابتســـام بنـت محمـــد بـــن هديـان .....(سكرتيرًا)

قائمة المحتويات

محور استمرارية الأعمال والتخطيط للطوارئ

- نظام تنبؤي ذكي لإدارة المخاطر البيئية والصحية أثناء تجمع الحشود وحركة التنقل الجماعي خلال موسم الحج. 09
- دور إدارة المخاطر والجاهزية المؤسسية في تعزيز استدامة خدمات الحج والعمرة. 17
- جاهزية منظومة الحج للمخاطر المناخية: نموذج تشغيلي للتحول من الاستجابة التفاعلية إلى الجاهزية الاستباقية. 30
- نموذج تكاملي قائم على البيانات الضخمة لدمج إدارة تجربة المستفيد (CX) مع الحوكمة وإدارة المخاطر والامتثال. 39
- نظام درون طوارئ ذكي لتوجيه الحشود وتسريع وصول الفرق الطبية إلى الحالات الطارئة في مناطق الطواف عالية الكثافة بالمسجد الحرام. 55

محورأثر التكامل والتنسيق في تميز تجربة ضيوف الرحمن

- رفع الوعي للحجاج والمعتمرين بالحج والعمرة وتعزيز تجربة الحاج من خلال تطوير المواقيت المكانية (ميقات قرن المنازل نموذجًا). 66
- تقييم برامج الشراكة المجتمعية بين جامعة أم القرى والمنظمات الحكومية في دعم إدارة المخاطر بالمشاعر المقدسة. 76
- نحو مياهِ زمزمَ أكثرَ أمانًا لضيوف الرحمن: تقييمُ الجسيمات البلاستيكية الدقيقة والنانوية والمعادن الثقيلة وإزالتُها بالامتزاز باستخدام الفحم الحيوي المُشترك من نوى التمر. 92
- تحسين الراحة الحرارية للحجاج حول المسجد الحرام: تقييم المناخ المحلي لاستراتيجيات التخفيف من الحرارة. 102
- العمران التكتيكي كأداة للتوازن المكاني بين إسكان الحجاج ومنظومة النقل بقطار المشاعر المقدسة. 113

محورحوكمة البيانات وتبادل المعلومات بين الجهات

- اكتساب وحمل البكتيريا المقاومة للمضادات الحيوية بين حجاج بيت الله الحرام: مراجعة منهجية وتحليل بعدي لحمل المكورات الرئوية. 125
- تطوير البنية التحتية الرقمية لتعزيز التكامل الاتصالي بين الجهات المشاركة في إدارة الحج دراسة تحليلية في ضوء نظرية ثراء الوسيلة. 139

- تكامل: إطار جاهزية البيانات لدعم اتخاذ القرار المتكامل بين الجهات المشاركة في الحج في المملكة العربية السعودية. 149
- منظومة التوجيه البصري الذكي: ابتكار تكاملي لتعزيز الاستجابة الاستباقية ورفع كفاءة التشغيل في خدمة ضيوف الرحمن. 160
- SacredGeoKB: قاعدة معرفية جغرافية دلالية للحج والعمرة. 170
- إطار مفاهيمي لحوكمة تبادل البيانات في عمليات الحج والعمرة. 178

محور قياس أداء الكفاءة التشغيلية في المشاعر المقدسة

- إطار مقترح لتبني وحوكمة وكلاء الذكاء الاصطناعي لتعزيز الكفاءة التشغيلية في الحج. 193
- التعلم المعزز للتحكم التكيفي في تدفق الحشود باستخدام الحواجز الديناميكية. 204
- فاعلية خدمات الرعاية العاجلة في منشآت المشاعر الصحية خلال موسم الحج: دراسة مختلطة المنهج. 209
- تنفيذ وتقييم أداء برنامج مركزي لاختبار الكفاءة الخارجية بشأن جودة الأداء في المختبرات وبنوك الدم خلال موسم الحج ١٤٤٧ هـ. 220
- إدارة رضا الحشود ورفع كفاءة جودة رصد البيانات ودقة التوقعات من خلال مركزية البيانات باستخدام الذكاء الاصطناعي. 227
- تعزيز سلامة الحجاج وسهولة تنقلهم من خلال التحديد الدقيق للمواقع وتحليلات حراك الحشود. 238
- تقييم فعالية شاشات الكثافة في تعزيز الكفاءة التشغيلية وانسيابية الحشود في المطاف خلال موسم العمرة لعام ١٤٤٨هـ. 245

محور نماذج التكامل بين الجهات المعنية في المنظومة

- تكامل القطاع غير الربحي في منظومة الحج والعمرة ودوره في تعزيز الجاهزية المؤسسية وإدارة الأزمات: دراسة نوعية إستكشافية. 256
- مبادرة «الخروج السريع»: بروتوكول لدراسة تجريبية لمنصة رقمية لتنسيق خروج مرضى الحج والعمرة من مستشفيات وزارة الصحة السعودية. 266
- من المهارات القطاعية إلى التعلّم الخدمي في الهندسة: تحديد الوظائف والكفاءات المرتبطة بالحج والعمرة. 271

محـــور

استمرارية الأعمال والتخطيط للطوارئ

نظام تنبؤي ذكي لإدارة المخاطر البيئية والصحية أثناء التجمعات البشرية وحركة الحشود في موسم الحج

منى محمد حامد زبرماوي، قسم البيئة و والموارد الطبيعية الزراعية، جامعة الملك فيصل

Smart Predictive System for Environmental and Health Risk Management During Mass Gatherings and Crowd Movement in the Hajj Season

Muna Zabarmawi, Environment and Agricultural Natural resources, King Faisal University
*Corresponding author: E-mail (mzabrmawi@kfu.edu.sa)

الملخص

تمثل الأمراض المرتبطة بالحرارة خلال موسم الحج تحدي رئيسي للصحة العامة، نظرا لتعرض ملايين الحجاج لظروف بيئية قاسية، والمشي لفترات طويلة، وارتفاع كثافة الحشود خلال فترة زمنية قصيرة. وتركز أساليب الرصد الحالية بصورة أساسية على متابعة الظروف الراهنة بدلا من التنبؤ بالمخاطر المرتبطة بالحرارة استنادا إلى البيانات البيئية والفسيولوجية في الوقت الفعلي.

لذلك، تقترح دراسة إثبات المفهوم هذه إطار متكامل لدعم اتخاذ القرار يعتمد على الذكاء الاصطناعي (AI) وإنترنت الأشياء (IoT)، بهدف الرصد والتنبؤ بمخاطر الحرارة في الوقت الفعلي خلال موسم الحج. يجمع النظام المقترح بين أجهزة الاستشعار الحيوية القابلة للارتداء، ورصد العوامل البيئية وجودة الهواء، وتقدير كثافة الحشود، والمعلومات الجغرافية المكانية، وشبكة عصبية من نوع الذاكرة طويلة وقصيرة المدى (LSTM)، لتحليل بيانات السلاسل الزمنية المتزامنة متعددة المتغيرات.

ولتقدير مخاطر الإجهاد الحراري على مستوى الفرد والمجموعة، يتم دمج المتغيرات الفسيولوجية، بما في ذلك معدل ضربات القلب، ومعدل التنفس، ودرجة حرارة الجلد، وتشبع الدم بالأكسجين، والنشاط البدني، مع الظروف الجوية، ومؤشرات جودة الهواء، ومعلومات الحركة والتنقل. ويوضح سيناريو افتراضي لإثبات المفهوم القدرة المتوقعة للإطار المقترح على تحديد بؤر مخاطر الحرارة الناشئة، وإنشاء خرائط ديناميكية لمخاطر الحرارة، وإصدار إنذارات مبكرة، ودعم التدخلات الاستباقية، مثل إعادة توزيع الحشود، وتحسين مسارات الحركة، وتقديم إرشادات الترطيب، والتوجيه المستهدف لخدمات الطوارئ الطبية، تمهيدا للتطبيق المستقبلي. ويتطلب التحقق المستقبلي من أداء الإطار استخدام بيانات فعلية من موسم الحج لتقييم كفاءته ودعم اتخاذ القرارات التشغيلية.

الكلمات المفتاحية: الحج، التنبؤ بمخاطر الحرارة، إنترنت الأشياء (IoT)، الذكاء الاصطناعي (AI)، الذاكرة طويلة وقصيرة المدى (LSTM)

Abstract

During the Hajj pilgrimage, heat-related illnesses represent a major public health challenge because millions of pilgrims are exposed to extreme environmental conditions, prolonged walking, and high crowd-densities within a short period. Existing monitoring approaches primarily focus on monitoring current conditions rather than predicting heat-related risks from real-time environmental and physiological data.

Therefore, this proof-of-concept study proposes an integrated decision-support framework based on artificial intelligence (AI) and the Internet of Things (IoT) for real-time heat-risk monitoring and prediction during Hajj. The proposed system combines wearable biometric sensors, environmental and air quality monitoring, crowd density estimation, geospatial information, and a long short-term memory (LSTM) neural network to analyze synchronized multivariate time-series data.

To estimate heat stress risk at both the individual and population levels, physiological variables—including heart rate, respiratory rate, skin temperature, blood oxygen saturation, and physical activity—are integrated with meteorological conditions, air quality parameters, and mobility information.

An illustrative proof-of-concept scenario demonstrates the framework's expected capability to identify emerging heat-risk hotspots, generate dynamic heat-risk maps,

issue early warnings, and support proactive interventions such as crowd redistribution, route optimization, hydration guidance, and targeted deployment of emergency medical services for future implementation. Real-world Hajj datasets are required for future validation to assess the framework›s performance and support operational decision-making.

Keywords: Hajj, Heat Risk Prediction, Internet of Things (IoT), Artificial Intelligence (AI), Long Short-Term Memory (LSTM).

1. Introduction

Climate change has intensified the frequency and severity of extreme heat events worldwide, making heat-related illnesses an increasingly important public health concern during large outdoor gatherings (Hess et al., 2023; McCloskey et al., 2024; Takeda et al., 2026). As one of the largest annual mass gatherings in the world, the Hajj pilgrimage brings together millions of Muslims to Makkah, Saudi Arabia, over a short period to perform religious rituals at designated sacred sites, including Arafat, Mina, and Muzdalifah (Eltahir & Bella, 2023; Owaidah et al., 2021). The combination of extreme heat, intense solar radiation, prolonged walking between ritual sites, and the high concentration of pilgrims substantially increases the risk of heat stress, dehydration, heat exhaustion, and heat stroke (Alkassas et al., 2021; McCloskey et al., 2024). Among vulnerable groups such as elderly pilgrims, individuals with chronic medical conditions, and those unaccustomed to hot climates, these risks are particularly pronounced (Yezli et al., 2023). Traditional monitoring approaches that rely on environmental measurements and manual observation often miss individual heat strain as people with the same external exposure can show very different physiological responses, including heart rate, core temperature, and sweating responses (Notley et al., 2018; Shakerian et al., 2021). Thus, these approaches provide limited situational awareness and may not detect early physiological signs of heat stress before medical intervention becomes necessary (Notley et al., 2018). Consequently, a growing need exists for intelligent systems that can continuously monitor both individual health status and surrounding environmental conditions to enable timely preventive actions. Recent advances in the Internet of Things (IoT), wearable sensing technologies, artificial intelligence (AI), and cloud computing have created new opportunities for real-time health monitoring and predictive analytics. For instance, IoT-enabled wearable devices can continuously measure physiological parameters such as heart rate, body temperature, respiratory rate, blood oxygen saturation, and physical activity while recording user locations. At the same time, environmental monitoring networks can provide real-time information on air temperature, relative humidity, wind speed, solar radiation, air quality, and crowd density. Integrating these heterogeneous data sources into a unified intelligent platform enables continuous assessment of heat stress risk at both the individual and population levels. In addition, AI and machine learning algorithms can identify complex relationships among physiological responses, environmental conditions, and crowd dynamics that may not be apparent using conventional analytical methods. By analyzing these relationships in real time, predictive models can identify emerging heat-risk hotspots, estimate the likelihood of heat-related illness, and provide early warnings before critical physiological thresholds are reached. Integrating predictive analytics with dynamic route optimization also enables the system to recommend safer pedestrian routes, redistribute crowd movement, and support operational decision-making by Hajj authorities and emergency response teams. Despite these substantial advances in crowd management technologies, to our knowledge, no study has yet developed an integrated decision-support system for heat-risk management during Hajj that simultaneously incorporates biometric monitoring, environmental sensing, air quality assessment, crowd density analysis, geospatial information, and AI-based predictive modeling (Almutairi et al., 2024; Al-Shaery et al., 2020; Martella et al., 2017). Addressing this gap could significantly improve pilgrim safety while enhancing the efficiency of emergency response and resource allocation.

This proof-of-concept study proposes an integrated AI- and IoT-based decision-support framework for real-time heat stress monitoring and prediction during the Hajj pilgrimage. By combining wearable biometric sensing, environmental and air quality monitoring, crowd density estimation, and machine learning, the system can generate real-time heat-risk maps, detect high-risk hotspots, issue early warnings, and recommend safer alternative routes for pilgrims. The framework is designed to reduce heat-related illnesses, strengthen crowd management, enhance emergency preparedness, and support the development of safer, more resilient, and smarter mass-gathering systems.

2. Proposed Methodology

2.1. Study Area: The study will focus on the principal Hajj sites—including Arafat, Mina, Muzdalifah, and the Jamarat Bridge—together with the pedestrian routes that connect

those locations. As a fixed-location, dynamic-occupant sensing setup, the proposed framework focuses on high-risk geographic zones and infrastructural bottlenecks, such as entry gates, bridges, and narrow transit corridors. Each location will be equipped with an integrated infrastructure of environmental monitoring stations, air quality sensors, and IoT-enabled communication networks to support real-time data acquisition and coordinated operational response. The designated monitoring areas will be physically designed and sized to ensure passing pedestrians remain within the wireless sensing boundary for at least 30 seconds, allowing sufficient time for reliable data acquisition.

2.2 Planned Sample Size: The planned sample size is statistically estimated at 1,000 randomly selected individuals, which is based on an estimated total pilgrim population of 3,000,000, an estimated population proportion of 50%, and a confidence level of 95% with a margin of error of 3.1%.

2.3 Data Collection Strategy

2.3.1. Biometric Data: Within designated areas, physiological (biometric) data will be collected from pilgrims using wearable sensors integrated into smart wristbands, smart clothing, or other wearable devices. These sensors continuously monitor vital health indicators, including heart rate, respiratory rate, body temperature, skin perspiration (sweat rate), blood oxygen saturation, and physical activity level. The collected data will be transmitted wirelessly to a central data acquisition unit to be processed, analyzed, and stored in real time. In addition, the system will record the number of pilgrims present at each monitored location to estimate crowd density.

2.3.2. Weather Data: Throughout the study area, meteorological data will be continuously collected from environmental monitoring stations. The recorded parameters will include ambient air temperature, relative humidity, wind speed and direction, solar radiation intensity, evaporation rate, and atmospheric pressure.

2.3.3. Air Quality Monitoring: Air quality sensors will continuously measure the concentrations of major atmospheric pollutants that may affect human health and contribute to heat stress. These parameters will include carbon dioxide (CO2) carbon monoxide (CO), sulfur dioxide (SO$_2$), particulate matter ($PM_{2.5}$ and PM_{10}), ozone (O_3), and where applicable, volatile organic compounds (VOCs).

2.4. Participant Selection and Real-Time Data Acquisition: To ensure the 1,000-person sample adequately represents all predefined monitoring categories, participant selection will occur entirely within the cloud layer using automated steps:

1. Metadata Pre-Registration: Upon receiving wearable devices, participants› baseline demographic and health information—including age, gender, and high-risk medical history (e.g., asthma or cardiovascular disease)—will be securely linked to an encrypted profile ID.

2. Passive Wireless Data Ingestion: Fixed IoT gateways installed at checkpoint walls will simultaneously and passively receive wireless biometric data packets from all wearable devices within the monitoring zone, without requiring active user interaction.

3. Dynamic Slot Allocation: The central management software will automatically match incoming encrypted profile IDs against a predefined demographic quota matrix based on age, gender, and high-risk medical history.

4. Adaptive Participant Management: Once the predefined quota for a demographic category has been reached, the system will exclude additional data streams from that category. However, if a high-priority participant (e.g., an elderly individual or a pilgrim with a high-risk medical condition) enters the monitoring zone, their data stream will be immediately accepted. When exiting the monitored area, each participant's profile will be automatically logged out, instantly releasing an analytical slot for the next eligible participant.

2.5. Intelligent Data Integration and Predictive Analytics: All biometric, environmental, air quality, location, and crowd density data will be integrated into an intelligent decision-support platform. To identify patterns associated with heat stress, physiological fatigue, and crowd congestion, AI and machine learning algorithms will continuously analyze the relationships among these variables. The system will combine real-time physiological responses from pilgrims with environmental conditions and population density data to estimate both individual-level and area-specific heat stress risks. Among the AI techniques considered, a long short-term memory (LSTM) neural network will be employed due to its ability to model temporal dependencies within sequential time-series data. The model will learn the dynamic interactions among physiological responses and continuously change environmental and crowd conditions. Through these aspects, the model will provide accurate real-time predictions of heat-related health risks and help generate early warnings.

2.5.1. Technical Details of the LSTM Model Used in the Illustrative Scenario

2.5.1.1. LSTM Architecture: The illustrative scenario employs a two-layer LSTM architecture. More specifically, two hidden layers were selected to capture complex temporal patterns among multiple sensor inputs while maintaining efficient training and reducing the risk of overfitting.

2.5.1.2. Input Variables and Data Standardization: The model processes standard environmental and physiological metrics to estimate crowd risk over a time series measured in seconds. During preprocessing, all input variables—including ambient noise (dB), ambient air and skin temperatures (°C), heart rate (BPM), blood oxygen level (SpO2 %), carbon monoxide (ppm) and sulfur dioxide (ppm)—are standardized to eliminate differences in measurement units and scales before being used for model training.

2.5.1.3. Activation Function: A Sigmoid activation function is applied to the final output layer to transform the model outputs into a normalized risk probability ranging from 0 to 1.

2.5.1.4. Time-Window Size: The model uses a 15-second time window to capture the sequential dynamics of crowd behavior. Instead of evaluating individual observations independently, the LSTM processes a continuous sequence of 15 historical time steps to predict the crowd risk level at the final time step.

2.5.1.5. Synthetic Data Generation: The synthetic dataset was designed to simulate the causal relationships between environmental stressors and human physiological responses over a 100-second period. In total, 10,000 timesteps were generated, corresponding to a sampling frequency of 100 samples per second (0.01-second intervals). Ambient noise (dB), temperature (°C) carbon monoxide (ppm) and sulfur dioxide (ppm) were modeled using continuous sinusoidal functions, while the physiological variables—heart rate (BPM), skin temperature (°C) and blood oxygen level (SpO2 %)—were generated as direct dependent responses to the simulated environmental conditions. To imitate real-world sensor imperfections and natural physiological variability, zero-mean Gaussian noise was added to all variables. The reference crowd risk score was then computed as a weighted linear combination of the simulated inputs and normalized using min–max scaling to produce a probability score ranging from 0 to 1.

2.6. Ethical Considerations: Because this study involves the collection of human biological data, the study will be conducted in accordance with the ethical requirements of the appropriate Institutional Review Board (IRB) or Ethics Committee. The study protocol, data collection procedures, data pipeline, and hardware specifications will be reviewed and approved by the relevant IRB or Ethics Committee before study implementation. During participant registration and wearable device distribution, participants will receive clear study information in multiple languages describing the data to be collected, how it will be processed, and the measures implemented to protect participant privacy. Written informed consent will be obtained from all participants before the study starts. Participation will be voluntary, and participants will have the right to withdraw from the study at any time. Upon withdrawal, a participant›s wearable device ID will be deactivated in the central database, and the software filtering engine will permanently exclude any subsequent data transmitted from that device.

2.7. Protection of Pilgrims› Biometric Data and Privacy: To protect participant privacy, no personal identification information (e.g., names, passport numbers, or nationalities) will be stored within the sensor data. Instead, the system will use a secure one-way function to generate random, unique alphanumeric tokens for wearable device IDs, and the model will perform training and inference exclusively using these anonymous identifiers. All biometric signals will be encrypted directly on the wearable device before transmission and then securely transmitted to the cloud through industry-standard cryptographic protocols. In addition, the framework will follow a data minimization approach by retaining only the 15-second lookback window required by the LSTM model for real-time risk prediction. Once a participant exits the monitored area and the corresponding sequence is completed, the associated raw physiological data will be removed from the operational memory, ensuring no historical biometric data remains on the server.

3. Results

The proposed LSTM-based framework, presented in this proof-of-concept study, is expected to effectively integrate physiological, environmental, air quality, and mobility data to predict heat-related health risks among pilgrims during the Hajj season. By analyzing synchronized multivariate time-series data, the model will capture temporal relationships between individual physiological responses and changing environmental conditions, enabling earlier detection of heat stress than conventional threshold-based monitoring systems. The physiological variables—including heart rate, respiratory rate, skin temperature, electrodermal activity, and physical activity—are expected to provide early indicators of physiological strain resulting from prolonged exposure to extreme heat. When combined with environmental parameters such as ambient temperature, relative humidity, solar radiation, and wind speed, the model should identify periods during which pilgrims are exposed to elevated thermal stress. The inclusion of air quality variables—

including carbon monoxide, ozone, and particulate matter—is also expected to improve the model by accounting for additional environmental factors that may influence respiratory function and cardiovascular responses. Furthermore, the incorporation of location and mobility information is anticipated to further enhance prediction accuracy by identifying areas where crowd congestion and prolonged exposure increase heat-related risks. Pilgrims moving through densely populated locations (e.g., Arafat, Mina, Muzdalifah, and the Jamarat area) are expected to experience greater thermal exposure due to reduced airflow, increased radiant heat, and longer walking durations. Consequently, integrating spatial information with physiological measurements should allow the model to generate personalized, location-specific risk assessments.

Figure 1 presents an illustrative example of the expected output generated by the proposed LSTM-based heat-risk prediction model, whereas Table 1 summarizes the main characteristics and interpretation of the predicted results. In this example, the model predicts a gradual reduction in crowd heat-risk over time by learning the temporal relationships between physiological (hear rate, skin temperature and blood oxygen saturation), environmental (ambient temperature), air-quality (carbon monoxide and sulfur dioxide concentrations), and crowd-related variables. The predicted trend (blue dashed line) follows the overall behavior of the simulated crowd risk index (gray line) while filtering out short-term fluctuations. A predefined threshold of 0.70 is used to identify high-risk conditions, with red markers indicating time points at which the predicted risk exceeds this threshold and triggers an early warning. In this illustrative scenario, most high-risk events occur during the early stages of monitoring (approximately 80–87.5 s), after which the predicted risk gradually declines below the threshold. The decline indicates a transition from high- to moderate-risk conditions. Although the simulated risk index exhibits substantial variability due to changes in crowd dynamics and environmental conditions, the LSTM model captures the underlying temporal trend. The model thus demonstrates the potential to provide stable and reliable real-time predictions. As summarized in Table 1, these predicted outcomes illustrate how the proposed system could support proactive interventions—including crowd redistribution, route optimization, hydration recommendations, and targeted deployment of emergency medical services—before heat-related incidents become critical.

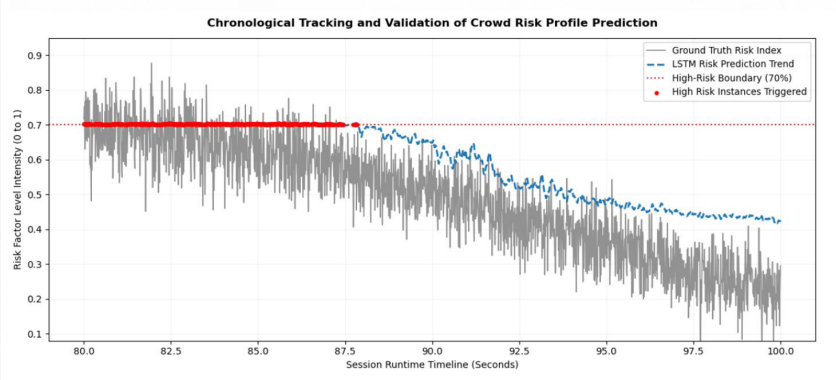


Figure 1. Illustrative example of the expected output of the proposed Long Short-Term Memory (LSTM)-based heat-risk prediction model, showing the simulated crowd heat-risk index, the LSTM-predicted trend, the high-risk threshold (0.70), and early warning events. The proposed model yields a Root Mean Squared Error (RMSE) of 0.13720, an Early-Warning Accuracy (TPR) of 96.32%, and a False-Alarm Rate (FPR) of 29.33%. The figure is based on simulated data generated for proof-of-concept demonstration.

Table 1. Summary of the LSTM-Based Crowd Heat-Risk Prediction Results

Parameter	Observation	Interpretation
Monitoring period	80–100 s	Continuous monitoring of crowd heat-risk during the simulated Hajj scenario
Ground-truth crowd risk index	Decreased from approximately 0.75 to 0.20	Indicates a gradual reduction in collective environmental, air quality, and biometric stress factors
Proposed LSTM prediction trend	Decreased from approximately 0.76 to 0.43	Captures the overall trend while reducing the influence of short-term fluctuations
High-risk threshold	0.70	Predefined threshold used to trigger early warning alerts
High-risk events	Concentrated between approximately 80 and 88 s	Highest predicted heat-risk levels occurred during the initial stage of monitoring
Prediction model behavior	Stable and continuous	Demonstrates the ability of the LSTM model to learn temporal dependencies from sequential data
Alert generation	Active alerts triggered when the prediction crossed the 0.70 threshold	Generates early warnings only during the high-risk period and automatically discontinues alerts once the predicted risk dropped below the predefined threshold
Practical application	Continuous risk monitoring and early warning	Supports real-time decision-making for crowd management, route optimization, hydration guidance, and emergency medical response during the Hajj pilgrimage

Note: The values presented in the figure and table are based on a simulated dataset developed for proof-of-concept evaluation. They are intended to illustrate the expected performance of the proposed long short-term memory (LSTM)-based framework and do not represent actual data collected during the Hajj pilgrimage.

4. Discussion

The predicted heat-risk profile demonstrates the potential of the proposed AI-based decision-support platform to continuously monitor and evaluate heat-related health risks during the Hajj pilgrimage. By integrating biometric, environmental, air quality, location, and crowd density data into a unified analytical framework, the platform can identify temporal changes in risk that would be difficult to detect using conventional threshold-based monitoring systems. The LSTM model effectively captured the overall temporal trend of the crowd heat-risk index while reducing the influence of short-term fluctuations caused by transient environmental changes or individual physiological variability. This smoothing capability will be particularly valuable in real-time monitoring applications, where reliable trend estimation is essential for timely decision-making.

The results also illustrate the importance of combining multiple data sources when assessing heat stress. On their own, physiological measurements may indicate elevated cardiovascular or thermoregulatory strain, but environmental variables such as ambient temperature, solar radiation, and humidity provide information on external heat exposure. Similarly, crowd density and movement patterns influence heat accumulation by restricting airflow, increasing exposure time, and slowing pedestrian movement. Integrating these heterogeneous datasets enables the AI model to evaluate both individual physiological responses and the surrounding environmental conditions, resulting in a more comprehensive assessment of heat-related risk than possible with any single variable.

The generated risk predictions provide a foundation for developing dynamic heat-risk maps that continuously identify high-risk locations throughout the Hajj sites. In the simulated scenario, high-risk predictions were concentrated during the early monitoring period before gradually declining as environmental and crowd conditions improved. Such continuously updated predictions could help authorities identify emerging hotspots in areas such as Arafat, Mina, Muzdalifah, and the Jamarat complex. With that information, authorities could proactively implement mitigation measures before large numbers of pilgrims are affected. These interventions may include redirecting pedestrian flow, opening alternative routes, increasing water distribution, deploying cooling stations, or positioning emergency medical teams in locations expected to have elevated risk.

The ability of the LSTM model to learn temporal dependencies further enhances its suitability for heat-risk prediction. Unlike traditional machine-learning algorithms that often treat observations as independent instances (Jiménez-Macías et al., 2025; Zhai et al., 2020), LSTM networks retain information from previous time steps. This information allows the model to recognize gradual physiological deterioration resulting from prolonged heat exposure.

During Hajj, this capability is particularly important as heat-related illnesses often develop progressively over several hours rather than occurring immediately after exposure. A comparison between the proposed framework and recent AI-based Hajj crowd management and heat-risk monitoring studies is presented in Table 2.

Although based on a simulated dataset developed for proof-of-concept evaluation, the present results demonstrate the feasibility of integrating wearable sensor data, environmental monitoring, and crowd analytics into a real-time intelligent decision-support system. Future work should validate the proposed framework using synchronized field data collected during Hajj seasons. Validation under real operational conditions will be essential to quantify prediction accuracy, optimize alert thresholds, and assess the effectiveness of the platform in reducing heat-related morbidity and improving crowd safety during one of the world›s largest annual mass gatherings.

5. Expected Limitations of the Proposed Model

The proposed framework has several anticipated limitations. First, the model relies on participants› self-reported medical history and therefore cannot account for underlying medical conditions of which participants are unaware. Second, the framework employs a fixed-location sensing configuration in which monitoring devices are installed at predefined high-risk locations, such as entry gates, bridges, and narrow transit corridors.

Despite enabling continuous monitoring of crowd movement within these critical areas, this approach is inherently limited by the spatial coverage of the installed sensors. Future studies could address this limitation by integrating mobile sensing platforms, autonomous ground vehicles, or drones to provide broader and more flexible real-time monitoring. Third, the effectiveness of the framework depends on participants using the wearable devices correctly throughout the monitoring period. Improper device placement,

removal of the wearable, battery depletion, or hardware malfunction may reduce data quality or result in missing observations.

Finally, the model is designed to detect relative changes in environmental and physiological signals and may therefore misinterpret non-hazardous situations as high-risk events. For example, simultaneous increases in heart rate and ambient noise resulting from collective religious activities or excitement during rituals may trigger elevated risk predictions, even when crowd density and physical spacing remain within safe limits.

Table 2. Comparison of the Proposed AI–IoT Framework with Recent Hajj Crowd Management and Heat-Risk Monitoring Studies

Parameter of Comparison	Al-Shaery et al. (2022)	Almutairi et al. (2024)	Toraih et al. (2026)	Fahmi et al. (2026)	Current Proof-of-concept Study
Primary objective	Monitor pilgrims' activities, fatigue, and emotional status for crowd management	Monitor crowd movement and manage congestion using integrated technologies	Detect heat illness early using IoT-based monitoring and warning system	Improve pilgrim management through AI-enabled smart bracelets for early health and safety alerts	Predict heat-related health risks while supporting proactive crowd management and emergency response
Wearable technology	Physiological wearable sensors with GPS	Smart bracelets for crowed management and tracking	Wearable health sensors	AI-powered smart bracelet measuring physiological and environmental variables	Wearable devices measuring physiological variables
Environmental monitoring	Not directly monitored	Environmental sensors (temperature, pressure, noise)	Temperature and environmental conditions considered for heat monitoring	Environmental sensing (temperature and humidity)	Monitoring of temperature, humidity, wind, solar radiation, and atmospheric pressure
Air-quality monitoring	No	No	No	No	Yes (CO_2, CO, SO_2, $PM_{2.5}$, PM_{10}, O_3, VOCs)
Crowd density integration	Limited	Monitor using RFID gates, drones, and cameras	Limited	Limited	Integrated with biometric and environmental data for heat-risk prediction
Artificial intelligence	Machine learning/BiLSTM for activity, fatigue, and emotion recognition	AI integrated with IoT and fog computing for crowd management	AI for heat illness detection and early warning	AI with fuzzy logic for anomaly detection	LSTM deep learning for multivariate time-series heat-risk prediction
Prediction capability	Activity and fatigue classification	Crowd congestion monitoring and management	Heat illness early warning	Health anomaly detection	Prediction of heat-risk levels, identification of hotspots, and generation of early warnings
Decision-support outputs	Pilgrim activity, fatigue, and emotional status that would help with crowed management	Crowd routing, congestion control, and emergency response	Heat alerts for high-risk individuals	Alerts and communication for health and safety incidents	Heat-risk maps, early warnings, route optimization, and hydration guidance
Main technological contribution	AI-assisted physiological monitoring of pilgrims	Multi-technology framework integrating RFID, drones, IoT, fog computing, and AI for crowd control	IoT-enabled personalized heat-related illness prevention	AI-enabled smart wearable platform for pilgrim safety	Unified AI–IoT framework, and LSTM-based predictive analytics

6. Conclusion

The proposed AI- and IoT-based decision-support framework presents a comprehensive approach for improving heat-risk management during the Hajj pilgrimage by integrating wearable biometric sensors, environmental and air quality monitoring, crowd density estimation, and geospatial information into a unified predictive platform. Using a LSTM neural network, the system is designed to analyze continuous multivariate time-series data, enabling real-time prediction of heat stress at both the individual and population levels. The illustrative proof-of-concept results demonstrate the potential of the framework to identify emerging heat-risk hotspots, generate early warnings, and provide dynamic heat-risk maps that support timely interventions before heat-related illnesses become severe. By combining physiological responses with environmental exposure and crowd movement patterns, the proposed system offers a more comprehensive assessment of heat risk than conventional monitoring approaches based solely on environmental measurements. Such a framework could help Hajj authorities optimize crowd management, recommend safer pedestrian routes, improve emergency medical preparedness, and allocate resources more efficiently. Thus, the current work represents a proof-of-concept supported by simulated data and establishes a foundation for future implementation and validation using real-world Hajj datasets. Ultimately, the proposed framework has the potential to enhance pilgrim safety, reduce heat-related morbidity and mortality, and contribute to the development of smarter, more resilient, and sustainable management strategies for large-scale mass gatherings.

7. Recommendations

It is recommended that field studies be conducted during future Hajj seasons to validate the performance of the proposed system using real-world data and further enhance the predictive model by incorporating additional health and physiological variables to improve prediction accuracy. In addition, the decision-support platform should be integrated with Hajj management and emergency response systems to strengthen real-time monitoring and early warning capabilities. A smart application for pilgrims is also recommended to provide continuously updated alerts and preventive guidance. Finally, future research should investigate the applicability of the proposed framework for managing health and environmental risks during other large-scale mass gatherings, thereby enhancing public safety and improving the efficiency of emergency response.

References

- Alkassas, W., Rajab, A. M., Alrashood, S. T., Khan, M. A., Dibas, M., & Zaman, M. (2021). Heat-Related Illnesses in a Mass Gathering Event and the Necessity for Newer Diagnostic Criteria: A Field Study. Environmental Science and Pollution Research, 28(13), 16682–16689. https://doi.org/10.1007/s11356-020-12154-4

- Almutairi, M. M., Apostolopoulou, D., Stupples, D., Sen, A. A. A., Yamin, M., & Halikias, G. (2024). Integrative Technologies for Real-Time Crowd Management: A Case Study of the Hajj. 2024 11th International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom), 203–211. https://doi.org/10.23919/INDIACom61295.2024.10498228

- Al-Shaery, A. M., Aljassmi, H., Ahmed, S. G., Farooqi, N. S., Al-Hawsawi, A. N., Moussa, M., Tridane, A., & Alam, M. D. (2022). Real-Time Pilgrims Management Using Wearable Physiological Sensors, Mobile Technology and Artificial Intelligence. IEEE Access, 10, 120891–120900. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3221771

- Al-Shaery, A. M., Alshehri, S. S., Farooqi, N. S., & Khozium, M. O. (2020). In-Depth Survey to Detect, Monitor and Manage Crowd. IEEE Access, 8, 209008–209019. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3038334

- Eltahir, A. H., & Bella, H. (2023). Progress and developments in addressing health risks in Hajj. Arab Board Medical Journal, 24(3), 93–94. https://doi.org/10.4103/abmj.abmj_30_23

- Fahmi, H., Lees Binti Ismail, N., & Ngo Lung Yao, D. (2026). Intelligent Wearable Technology for Hajj: AI-Powered Smart Bracelet for Real-Time Pilgrim Management. Journal of Applied Engineering and Technological Science.7(2), 1163–1176. https://doi.org/10.37385/jaets.v7i2.9391

- Hess, J. J., Errett, N. A., McGregor, G., Busch Isaksen, T., Wettstein, Z. S., Wheat, S. K., & Ebi, K. L. (2023). Public Health Preparedness for Extreme Heat Events. Annual Review of Public Health, 44(1), 301–321. https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-071421-025508

- Jiménez-Macías, A., Muñoz-Merino, P. J., Moreno-Marcos, P. M., & Kloos, C. D. (2025). Evaluation of Traditional Machine Learning Algorithms for Featuring Educational Exercises. Applied Intelligence, 55(7), 501. https://doi.org/10.1007/s10489-025-06386-5

- Martella, C., Li, J., Conrado, C., & Vermeeren, A. (2017). On Current Crowd Management Practices and the Need for Increased Situation Awareness, Prediction, and Intervention. Safety Science, 91, 381–393. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2016.09.006

- McCloskey, B., Memish, Z. A., Sharma, A., Traore, T., Parker, S., & Zumla, A. (2024). Confronting Heat-Related Illnesses and Deaths at Mass Gathering Religious and Sporting Events. The Lancet Planetary Health, 8(8), e522–e523. https://doi.org/10.1016/S2542-5196(24)00161-X

- Notley, S. R., Flouris, A. D., & Kenny, G. P. (2018). On The Use of Wearable Physiological Monitors to Assess Heat Strain During Occupational Heat Stress. Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism, 43(9), 869–881. https://doi.org/10.1139/apnm-2018-0173

- Owaidah, A. A., Olaru, D., Bennamoun, M., Sohel, F., & Khan, R. N. (2021). Modelling Mass Crowd Using Discrete Event Simulation: A Case Study of Integrated Tawaf and Sayee Rituals During Hajj. IEEE Access, 9, 79424–79448. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3083265

- Shakerian, S., Habibnezhad, M., Ojha, A., Lee, G., Liu, Y., Jebelli, H., & Lee, S. (2021). Assessing Occupational Risk of Heat Stress at Construction: A Worker-Centric Wearable Sensor-Based Approach. Safety Science, 142, 105395. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105395.

- Takeda, A., Seino, K., Shimonosono, K., & Tomio, J. (2026). Risk of heat-related illnesses and preventive measures at mass gathering rock festivals in the summer of 2023 in Japan. Environmental Health and Preventive Medicine, 31, 5. https://doi.org/10.1265/ehpm.25-00350.

- Toraih, E. A., Eltoukhy, M. M., & Fawzy, M. S. (2026). Protecting High-Risk Pilgrims From Heat Illness: A Real-Time Internet of Things (IoT)-Based Monitoring and Early Warning System for Hajj. Journal of Travel Medicine, 33(1). https://doi.org/10.1093/jtm/taaf078.

- Yezli, S., Yassin, Y., Ghallab, S., Abdullah, M., Abuyassin, B., Vishwakarma, R., & Bouchama, A. (2023). Classic Heat Stroke in A Desert Climate: A Systematic Review of 2632 Cases. Journal of Internal Medicine, 294(1), 7–20. https://doi.org/10.1111/joim.13633.

- Zhai, X., Yin, Y., Pellegrino, J. W., Haudek, K. C., & Shi, L. (2020). Applying Machine Learning in Science Assessment: A Systematic Review. Studies in Science Education, 56(1), 111–151. https://doi.org/10.1080/03057267.2020.1735757.

دور إدارة المخاطر والجاهزية المؤسسية في تعزيز استدامة خدمات الحج والعمرة: دراسة تطبيقية على منظومة الحج والعمرة بمكة المكرمة

هدى فهد الشريف، جامعة أم القرى

The Role of Risk Management and Organizational Readiness in Enhancing the Sustainability of Hajj and Umrah Services: An Applied study on the Hajj and Umrah System in Makkah Al-Mukarramah

Huda Fahd Al-Sharif, Umm Al-Qura University

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

الملخص

تواجه منظومة الحج والعمرة بمدينة مكة المكرمة تحديات تشغيلية وتنظيمية تتطلب رفع الجاهزية المؤسسية وتعزيز كفاءة إدارة المخاطر لضمان استدامة الخدمات المقدمة لضيوف الرحمن، وسط الكثافة البشرية وتنوع المخاطر المحتملة. وعلى الرغم من تنامي الاهتمام بإدارة المخاطر، فإن الدراسات التي تناولت العلاقة بين تقييم المخاطر وخطط الاستجابة والجاهزية المؤسسية وأثرها في استدامة خدمات الحج والعمرة ما تزال محدودة. تهدف الدراسة إلى قياس أثر تقييم المخاطر وخطط الاستجابة والجاهزية المؤسسية في استدامتها، والكشف عن إسهام هذه المتغيرات في رفع كفاءة الخدمات، وتحديد تحديات تواجه المؤسسات. واعتمدت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي، واستخدمت الاستبانة لجمع البيانات من عينة عشوائية بسيطة من العاملين في منظومة الحج والعمرة بمدينة مكة المكرمة، بلغت (182) فرداً، وحُللت البيانات ببرنامج (SPSS). أظهرت النتائج وجود علاقة ارتباط طردية قوية بين إدارة مخاطر الطوارئ واستدامة خدمات الحج والعمرة. يوجد أثر لإدارة مخاطر الطوارئ بأبعادها (فعالية خطط الاستجابة للطوارئ، وآليات الرصد المبكر للمخاطر، والجاهزية التشغيلية) في استدامة الخدمات، وأثر لفعالية خطط الاستجابة للحد من تأثير المخاطر، ولآليات الرصد المبكر لتحسين جودة واستمرارية الخدمات، وللجاهزية التشغيلية لتعزيز استدامتها. أوصت الدراسة بتبني نموذج موحد لإدارة مخاطر الطوارئ يربط تقييم المخاطر بخطط الاستجابة والرصد المبكر والجاهزية التشغيلية لضمان استدامة الخدمات، وتطوير خطط الاستجابة للطوارئ وفق برامج تتناسب مع طبيعة التجمعات البشرية في الحج والعمرة.

الكلمات المفتاحية: تقييم المخاطر، خطط الاستجابة، الجاهزية المؤسسية، استدامة خدمات الحج والعمرة، منظومة الحج والعمرة.

Abstract

The Hajj and Umrah system in Makkah faces operational and organizational challenges requiring enhanced institutional readiness and risk management efficiency to ensure sustainable services for pilgrims, amid large crowds and diverse risks. Despite growing interest in risk management, studies examining the relationship between risk assessment, response plans, institutional readiness, and the sustainability of Hajj and Umrah services remain limited. This study aims to measure the impact of risk assessment, response plans, and institutional readiness on service sustainability, assess their contribution to efficiency, and identify challenges facing institutions within the Hajj and Umrah system. A descriptive-analytical approach was adopted, using a questionnaire to collect data from a random sample of 182 employees, with data analyzed using SPSS. The findings showed a strong positive correlation between emergency risk management and service sustainability. Emergency risk management dimensions, including emergency response plans, early risk monitoring mechanisms, and operational readiness, affected service sustainability. Emergency response plans reduced risk impacts, early risk monitoring improved service quality and continuity, and operational readiness enhanced service sustainability. The study recommended adopting a unified emergency risk management model linking risk assessment, response plans, early detection, and operational readiness, and developing emergency response plans suited to gatherings during Hajj and Umrah.

Keywords: Risk Assessment, Response Plans, Institutional Readiness, Sustainability of Hajj and Umrah Services, Hajj and Umrah System.

المقدمة

تُعتبر منظومة الحج والعمرة بالحرمين الشريفين إحدى أكثر المنظومات تعقيدًا وحساسية على المستوى العام نظرا لضخامة أعداد المستفيدين وتنوعهم بشكل مستمر، وطبيعة الخدمات الحيوية التي تقدمها في بيئة زمنية ومكانية شديدة الخصوصية تتمثل بأرض الحرمين الشريفين. وفي ظل هذا التعقيد، برزت إدارة المخاطر كأداة استراتيجية لضمان استمرارية الخدمات، من خلال التنبؤ بالمهددات المحتملة التي يمكن أن تواجه عمل المنظومة، وتقييم آثارها ووضع خطط فعّالة للعمل بموجبها، كما أصبحت الجاهزية لهذه المنظومة أمر هام في تشكيل قدرة الجهات العاملة في المنظومة على الاستجابة السريعة للأزمات وإيجاد الحلول لها، واستعادة العمليات التشغيلية بكفاءة، وضمان استدامة الخدمات المقدمة لضيوف الرحمن. في السياق «تواجه منظومة الحج والعمرة بالحرمين الشريفين تغييرات بيئية وتنظيمية متعددة سريعة ومفاجئة ولأسباب مختلفة، مما قد يسبب حدوث أنواع متعددة من الأزمات التي تختلف في العوامل والمراحل ومستويات حدوثها، وشدة تأثيراتها، ودرجة تكرار حدوثها. وتؤثر الأزمات والكوارث على استمرارية منظومة الحج والعمرة بالحرمين الشريفين، وتهدد بقائها وقدراتها على المنافسة وتضع سمعة وبقاء المنظومة او المؤسسات التنظيمية في بوتقة الاختبار. فالمؤسسات التي لا تستطيع التعامل مع الازمات وتحد من اخطارها وتجنب حدوثها، والتخطيط للحالات التي لا يمكن تجنبها، وذلك بالتحضير والاستعداد لمواجهتا، يكون مصيرها الزوال والفناء وعدم الاستمرارية. وبذلك أصبح وجود إدارة الازمات في المؤسسات خاصة التي تهدف إلى تقديم خدمات حيوية للجمهور مثل المنظمات الصحية ذا أهمية لتحقيق نجاحها»(الخرماني،2023: 229). بالتالي تأتي أهمية هذه الدراسة من كونها تتناول العلاقة المتبادلة بين إدارة المخاطر والجاهزية المؤسسية في سياق تطبيقي داخل منظومة الحج والعمرة بمكة المكرمة، بهدف تحليل مدى إسهامهما في تعزيز استدامة الخدمات المقدمة للحجاج والمعتمرين، ودعم الجهود الوطنية الرامية إلى تطوير المنظومة بما يتوافق مع اهداف رؤية المملكة 2030 في تحسين جودة الخدمات المقدمة للحجاج والمعتمرين. وتبرز أهمية إدارة المخاطر والجاهزية المؤسسية في المنظمات التي تقدم خدمات حيوية ترتبط بسلامة المستفيدين واستمرارية تقديم الخدمة، إذ تسهم في تعزيز قدرة تلك المنظمات على التنبؤ بالمخاطر المحتملة والاستعداد للتعامل معها بكفاءة وفاعلية. وفي هذا السياق، تكتسب منظومة الحج والعمرة أهمية خاصة نظراً لما تتسم به من كثافة تشغيلية وتعدد الجهات المشاركة وحساسية الخدمات المقدمة للحجاج والمعتمرين. ومن هنا تنبع أهمية هذه الدراسة من سعيها إلى تحليل دور إدارة المخاطر والجاهزية المؤسسية في تعزيز استدامة خدمات الحج والعمرة بمكة المكرمة، بما يسهم في دعم جهود التطوير المستمرة للمنظومة وتحقيق مستهدفات رؤية المملكة العربية السعودية 2030 الرامية إلى الارتقاء بجودة الخدمات المقدمة لضيوف الرحمن وتحسين كفاءتها واستدامتها.

الإطار النظري:

تعريف إدارة المخاطر:

عرفت إدارة المخاطر بعدة طرق عبر سنوات، حيث توضح التعريفات بصورة عامة قيمة إدارة المخاطر بالنسبة لكل منظمة « أن إدارة المخاطر هي عملية إستراتيجية تقوم بحماية الموجودات وتضمن الاستقرار المالي للمنظمة من نتائج قرارات العمل التنافسية»، وتقوم إدارة المخاطر بتقليل الشك واحتمالية الخسارة العرضية غير المتوقعة وتقوم بتوفير الأساس السليم لزيادة العرض، أن إدارة المخاطر هي مهارة أساسية لاي عمل وتكون أكثر فاعلية عندما يتم تطبيقها على مستوى الادارة العليا وممارستها من خلال جميع أقسام المنظمة. وتتمثل في حماية الأموال والأشخاص من السرقة والحريق والفيضانات والجرائم، وعلى وجه العموم كافة، الاضطرابات الاجتماعية والكوارث الطبيعية التي تهدد تقدم المنظمة ومصير اعمالها وبتعبير آخر هي كافة التدابير الكفيلة بتوفير الأمان للمشروع والطمأنينة للفرد(حسين2001: 5) إن إدارة المخاطر بمفهومها المعاصر هي «أطار واسع وشامل لمعالجة كافة المخاطر التي تواجهها المنظمة أو أية وحدة اقتصادية, لذلك فأن إدارة المخاطر في إطارها المعاصر تمثل ظاهرة نوعية جديدة لا يمكن لهذه المهارة أن تأخذ أبعادها التطبيقية إلا بتطوير ذهنية شمولية إزاء الاخطار وتتعامل مع كافة جوانبها وترسم السبل العقلانية لمعالجتها ضمن برنامج تكاملي، حيث يستلزم ذلك توفر مهارات جيدة ومعلومات أدق وتتم اتصالات وتنسيق متقدمة بين الجهات المعنية داخل المنظمة (توفيق وآخرون، 2024: 42). وتُعرف إدارة المخاطر بأنها عملية إدارية واستراتيجية تهدف إلى تحديد المخاطر المحتملة التي قد تواجه المنظمة، وتحليلها وتقييم آثارها، ووضع الإجراءات المناسبة للحد من تأثيرها أو تجنبها بما يضمن تحقيق أهداف المنظمة واستمرارية أعمالها. كما تسهم إدارة المخاطر في حماية الموارد البشرية والمادية والمالية، وتعزيز الاستقرار المؤسسي من خلال تقليل حالات عدم التأكد والاستعداد المسبق للتعامل مع التهديدات المحتملة (حسين، 2001: 5). وفي مفهومها المعاصر، تمثل إدارة المخاطر إطاراً شاملاً ومتكاملاً للتعامل مع مختلف أنواع المخاطر التي تواجه المنظمة، وذلك من خلال تبني منهجية استباقية تعتمد على جمع المعلومات وتحليلها والتنسيق بين الوحدات التنظيمية المختلفة، بما يضمن اتخاذ قرارات فعالة تسهم في الحد من المخاطر وتعزيز قدرة المنظمة على مواجهة المتغيرات والظروف الطارئة (توفيق وآخرون، 2024: 42).

إدارة المخاطر في منظومة الحج والعمرة:

تُعد منظومة الحج والعمرة من أكثر المنظومات التشغيلية تعقيدًا نظرًا لتعدد الجهات المشاركة فيها، وارتفاع أعداد المستفيدين من خدماتها، وتنوع الأنشطة والخدمات المقدمة للحجاج والمعتمرين والزوار. ولذلك تبرز أهمية إدارة المخاطر بوصفها منهجًا استباقيًا يهدف إلى تحديد المخاطر المحتملة وتقييمها ووضع الإجراءات المناسبة للتعامل معها بما يضمن استمرارية الخدمات وتحقيق أعلى مستويات السلامة والكفاءة التشغيلية.

وتشمل المخاطر التي قد تواجه منظومة الحج والعمرة عدة أنواع، من أبرزها:

1. المخاطر الصحية: مثل انتشار الأمراض والأوبئة والحالات الصحية الطارئة التي قد تؤثر على سلامة الحجاج والمعتمرين والزوار.
2. المخاطر التشغيلية: مثل تعطل الخدمات الأساسية أو قصور التنسيق بين الجهات المعنية أو نقص الموارد اللازمة لتقديم الخدمات.
3. مخاطر الحشود: الناتجة عن الكثافات البشرية العالية وما قد يترتب عليها من ازدحام أو تدافع أو صعوبات في إدارة حركة الحجاج والمعتمرين.

4. المخاطر التقنية: مثل الأعطال التقنية أو انقطاع الأنظمة الإلكترونية المستخدمة في إدارة وتنظيم الخدمات.
5. المخاطر الأمنية: وتشمل التهديدات الأمنية والحوادث الطارئة التي قد تؤثر على أمن وسلامة ضيوف الرحمن واستمرارية الخدمات المقدمة لهم.

ومن هذا المنطلق تسعى الجهات العاملة في منظومة الحج والعمرة إلى تطبيق ممارسات فعالة لإدارة المخاطر من خلال التخطيط للطوارئ، وتفعيل أنظمة الرصد المبكر، وتعزيز الجاهزية التشغيلية؛ بهدف الحد من الآثار السلبية للمخاطر وضمان استدامة الخدمات المقدمة للحجاج والمعتمرين والزوار.

تعريف مفهوم إدارة الازمات:

يعرفها أبو رمان (2015) بانها «الاستجابة المنظمة للأحداث الطارئة غير المتوقعة، وتشمل أنشطة التنبؤ بالأزمات، محاولات تجنبها، التحضير المسبق لمواجهتها، والتخفيف من تأثيراتها». عرف (فرحي ،169:2016) إدارة الأزمات بأنها «كيفية التغلب على الأزمات باستخدام الأدوات العلمية الإدارية المختلفة، وتجنب سلبياتها والاستفادة من إيجابياتها، حيث إن التعامل مع الأزمات والتفرقة بين صناعة الأزمة وبين معالجتها، هو أمر لازم وضروري لوضع العلاج التخطيطي وتنظيم وتوجيه ومتابعة العلاج الناجح والمناسب لها». كما عرفها (شرفة وبوطغان،2018 (بانها «مجموعة من الاستراتيجيات والتقنيات الإدارية المصممة خصيص مع الأزمات. تهدف هذه الطرق إلى استكشاف وتوظيف الإمكانيات المتاحة للوقاية من الأزمات أو التعامل معها بفعالية، وتقليل الآثار السلبية المحتملة، والحد من العواقب إلى أدنى مستوى. مما يسهم في تعزيز قدرة المنظمة على مواجهة الأزمات المستقبلية بكفاءة وفعالية أكبر». يرى (عابدين، 2023) أن إدارة الأزمات تشكل مجموعة متكاملة من الأنشطة الإدارية المصممة لمواجهة التهديدات المحتملة والتغييرات التنظيمية التي تؤثر على المنظمة، كما تعمل إدارة الأزمات على استعادة النشاط الطبيعي للمنظمة وتعزيز التعلم من التجارب السابقة، مما يمكن المنظمات من التحكم بفعالية وكفاءة عالية في العوامل المرتبطة بالأزمات». وقد تناول الباحثون مفهوم إدارة الأزمات من زوايا متعددة، إلا أنهم اتفقوا على أنها عملية إدارية منظمة تهدف إلى الاستعداد للأزمات والتعامل معها والحد من آثارها السلبية. فقد عرفها أبو رمان (2015) بأنها الاستجابة المنظمة للأحداث الطارئة وغير المتوقعة، والتي تشمل التنبؤ بالأزمات، ومحاولة تجنبها، والاستعداد المسبق لمواجهتها والتخفيف من آثارها. كما أشار فرحي (2016: 169) إلى أن إدارة الأزمات تتمثل في استخدام الأدوات والأساليب الإدارية والعلمية للتغلب على الأزمات، والحد من سلبياتها والاستفادة من جوانبها الإيجابية، من خلال التخطيط، والتنظيم، والتوجيه، والمتابعة. ومن جانب آخر، يرى شرفة وبوطغان (2018) أن إدارة الأزمات تمثل مجموعة من الاستراتيجيات والتقنيات الإدارية المصممة للوقاية من الأزمات أو التعامل معها بفعالية عند وقوعها، بما يسهم في تقليل آثارها السلبية وتعزيز قدرة المنظمة على مواجهة الأزمات المستقبلية. كما يؤكد عابدين (2023) أن إدارة الأزمات هي منظومة متكاملة من الأنشطة الإدارية التي تستهدف مواجهة التهديدات المحتملة والتغيرات التنظيمية، واستعادة النشاط الطبيعي للمنظمة، والاستفادة من الدروس المستفادة من التجارب السابقة لتعزيز كفاءة الاستجابة للأزمات مستقبلاً.واستناداً إلى التعريفات السابقة، ترى الباحثة أن إدارة الأزمات هي: «مجموعة العمليات والإجراءات الإدارية المنظمة التي تهدف إلى التنبؤ بالأزمات والاستعداد لها والاستجابة الفعالة عند وقوعها، بما يسهم في الحد من آثارها السلبية، واستمرارية تقديم الخدمات، وتعزيز قدرة المنظمة على التعافي والتعلم المؤسسي».

العوامل التي تساهم في نجاح عمليات إدارة الازمات:

إن نجاح عملية إدارة الأزمة يتطلب توفر مجموعة من العوامل أشار اليها (خطيب،2020) أهمها ما يلي:

1. وجود نظام إداري يتعلق بإدارة الأزمات للتعرف على المشكلات وتحليلها وإيجاد الحلول لها بالتعاون والتنسيق مع الكفاءات المختصة في كافة أنحاء المنظمة، بالإضافة إلى تقوية الالتزام بأهداف المنظمة من خلال العمل نحو تحقين هذه الأهداف أو السرعة في الاستجابة للظروف والتغيرات التي تحيط بالأزمات.
2. تتطلب إدارة الأزمات تبنى نظام المصفوفة التنظيمية، وبموجب هذا النظام يكون لمدير الأزمة وحدة إدارية تستعين بأفراد عاملين من الإدارات الوظيفية الأخرى عن طرين تخصيصهم أو إعارتهم من إدارتهم وعندما تنتهي الأزمة يعودون إلى إدارتهم الأصلية. لان الأزمات المختلفة قد يكون سببها عوامل في أكثر من وحدة تنظيمية ويعد هذا النظام ملائما بالمنظمة.
3. أن يكون التخطيط من أولويات التخطيط لإدارة الأزمات لان الأزمات تهدد تنفيذ الأهداف الإستراتيجية وبقاء المنظمة.
4. ضرورة عقد البرامج التدريبية وورش العمل في مجال إدارة الأزمات، وتدريب الموظفين حول كيفية البحث عن إشارات الإنذار، وتعقبها، وتحليلها، واتخاذ الإجراءات الوقائية لمنع حدوث الأزمات.
5. أهمية مراجعة وتقييم الخطط لإدارة الأزمات في ظل ظروف حدوث الأزمات المشابهة، وبالتالي يتعلم الأفراد العمل تحت ظل ضغط وإجهاد نفسي كبيرين.
6. التأكيد على ضرورة وجود نظام فعال للإنذار المبكر في المنظمات من أجل الوقاية من الأزمات، والاستعداد للتعامل مع الأزمات التي لا يمكن تجنبها في حال وقوعها.
7. ضرورة إنشاء فريق مدرب لإدارة الأزمات للعمل خلال مراحل الأزمة، بحيث يتم استغلال الأزمة وتحويلها إلى فرصة إيجابية لصالح المنظمة.

يتضح من العوامل السابقة أن نجاح إدارة الأزمات لا يعتمد فقط على وجود خطط وإجراءات تنظيمية، بل يرتبط أيضاً بمدى جاهزية المنظمة وقدرتها على استشراف المخاطر والاستعداد للتعامل معها قبل وقوعها. وفي بيئة الحج والعمرة، التي تتسم بكثافة الحشود وتعدد الجهات المشاركة وحساسية الخدمات المقدمة للحجاج والمعتمرين، تزداد أهمية توافر أنظمة الإنذار المبكر، والتدريب المستمر، والتنسيق بين الجهات ذات العلاقة، وتشكيل فرق متخصصة لإدارة الأزمات. كما تسهم هذه العوامل في تعزيز الجاهزية المؤسسية ورفع كفاءة الاستجابة للأحداث الطارئة، بما يضمن استمرارية الخدمات وتقليل الآثار السلبية للأزمات المحتملة، الأمر الذي يتوافق مع مستهدفات رؤية المملكة 2030 الرامية إلى الارتقاء بجودة الخدمات المقدمة لضيوف الرحمن.

الدراسات السابقة:

حاولت الباحثة الاطلاع على دراسات سابقة ذات علاقة بصورة أو بأخرى بالدراسة الحالية ومن تلك الدراسات، دراسة (الفهمي والزويد،2026)، هدفت الدراسة إلى التعرف على دور إدارة الأزمات في تحقيق أمن وسلامة الحجاج والمعتمرين في المملكة العربية، تم تطوير نموذج استقصاء لجمع البيانات، وقد توصلت الدراسة إلى مجموعة من النتائج، من أهمها وجود فروق ذات دلالة إحصائية لمجالات : اكتشاف الأزمة، تحقيق أمن وسلامة الحجاج والمعتمرين ، اعداد فرق العمل المختصة، مرحلة استعادة النشاط، التغذية الراجعة) بدرجه متوسط تعزى للمؤهل العلمي وكانت الفروق في جميع المجالات لصالح الدراسات العليا وجود فروق ذات دلالة إحصائية لمجال (إعداد فرق العمل المختصة) تعزى للخبرة .ولصالح ذوي الخبرة (10) سنوات فاكثر. دراسة (النحيت،2024)، هدفت إلى تقييم تأثير استراتيجيات إدارة المخاطر الصحية المتبعة خلال موسم الحج السنوي على سلامة وصحة ملايين الحجاج الذين يتوافدون إلى مكة المكرمة، واتبعت الدراسة منهجية كمية اعتمدت على جمع بيانات من عينة عشوائية تمثل (283) فردًا من الحجاج والعاملين في المرافق الصحية خلال موسم الحج، أظهرت النتائج أن استراتيجيات إدارة المخاطر الصحية مثل التطعيمات الإلزامية، الفحوصات الطبية، وحملات التوعية الصحية قد أسهمت بشكل كبير في تقليل مخاطر الإصابة بالأمراض المعدية وتحسين سلامة الحجاج، وكما تبين أن هناك حاجة إلى تحسين البنية التحتية الصحية وتوفير المزيد من الموارد لدعم التدخلات الطارئة.

دراسة (الخرماني،2023)، هدفت الى معرفة العوامل المحددة لجاهزية المستشفيات الحكومية في مواجهة الأزمات، استخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي مع استخدام أداة استبيان تم توزيعه على عينة مختارة بطريقة عشوائية قصدية يبلغ حجمها (333) من العاملين من أطباء وكادر تمريضي وفني وإداري بمستشفى الملك فهد بمدينة جدة. بعد التحليل الإحصائي أظهرت النتائج أن درجة موافقة أفراد العينة على العوامل البشرية المؤثرة على جاهزية مستشفى الملك فهد بمدينة جدة لمواجهة الأزمات كانت بمستوى متوسط، كما أوضحت النتائج أن أفراد العينة موافقين بدرجة كبيرة على العوامل التنظيمية المؤثرة على جاهزية مستشفى الملك فهد بمدينة جدة لمواجهة الأزمات، وأظهرت النتائج أن درجة موافقة أفراد العينة بدرجة ضعيفة على العوامل التكنولوجية المؤثرة على جاهزية مستشفى الملك فهد بمدينة جدة لمواجهة الأزمات. دراسة (بوشة والعتيبي، 2021)، هدفت الدراسة إلى التعرف على تقييم (المعتمرين، مقدمي الخدمات، المواطنين (للخدمات المقدمة من المملكة العربية السعودية في إدارة تجربة العمرة عام1442هـ في ظل أزمة كورونا كوفيد-19. تم استخدام أسلوب المسح بالعينة للمعتمرين ومقدمي الخدمات للمعتمرين للعام 1442هـ، واعتمدت الدراسة على عينة متاحة قوامها (227) شخصا معتمرين ؟ومواطنين سعوديين، ومن أهم النتائج المتعلقة بشأن تقييم جودة الخدمات الصحية داخل الحرم المكي للمعتمرين، أن المعدل العام لدرجة الموافقة على تقييم جودة الخدمات الصحية للمعتمرين كان (موافق بشدة) بمتوسط عام مقداره (4.31) على مقياس ليكرت الخماسي، وانحراف معياري (0.545)، وبمستوى موافقة (موافق بشدة)على معظم الإجابات على فقرات المحور، حيث تراوحت المتوسطات الحسابية لهذا المحور بين (3.78 – 4.57) ويدل المعدل العام للفقرات على ان تقييم أفراد العينة كانت مرتفعة لهذا المحور.

دراسة (سرحان، 2019)، هدفت إلى قياس الخدمات الصحية اللوجستية لضيوف الرحمن في ظل رؤية المملكة 2030 وهي دراسة وصفية مقطعية حيث أوضحت الدراسة أن حكومة المملكة العربية السعودية متمثلة في وزارة الصحة تبذل قصارى جهدها في تقديم الرعاية الطبية المتقدمة والمتخصصة بالمجان، ومواكبة لرؤية المملكة 2030 في خصخصة قطاع الخدمات المقدمة لضيوف الرحمن، ومنها الخدمات الصحية حيث تشرف وزارة الحج والعمرة ممثلة في مؤسسات الطوافة لتقديم الدعم اللوجستي للحجاج وتسهيل العقبات وتوفير الإمكانات لإنهاء إجراءات الرعاية الطبية للحجاج في المستشفيات وبعد خروجهم منها بصحة جيدة.

دراسة (محمود،2018)، هدفت الى التعرف على واقع ومدى جاهزية ادارة الازمات في الجمعيات الاهلية في مصر، بالإضافة الى تحديد المعوقات التي تواجه المنظمات الأهلية في مواجهة الأزمات والوصول الى الحلول لذلك. واعتمد البحث على المنهج الوصفي، وتم التوصل الى العديد من النتائج ومن أهمها وجود قصور فيما يخص دور الجمعيات الأهلية في إدراك الأزمة، والاستعداد لها ومواجهتها، كما كشف البحث عن المعوقات التي تواجه الجمعيات في تنفيذ دورها بفاعلية وكفاءة لإدارة الأزمات ومنها نقص الخبرة لدى القيادة في مجال إدارة الأزمات، ضعف الإمكانات داخل المنظمة.دراسة (اللحياني، 2017) هدفت إلى التعرف على دور ومكانة إدارة الأزمات والمخاطر في القطاعات العاملة في الحج والعمرة والزيارة وتطوير قدرات العاملين بها وزيادة الوعي بالأزمات والمخاطر المرتبطة بأعمال الحج والعمرة من أجل العمل على الحد منها. استخدمت الدراسة منهجين رئيسيين هما، المنهج التحليلي والمنهج الوصفي، وتمثلت العينة محل الدراسة ما بين أعضاء مجلس الإدارة وموظفين بعدد (17) فرد. أهم النتائج أن المؤسسات بصفة عامة تواجه جملة تحديات تتعدد في أشكالها وأنواعها وأبعادها، فرضت عليها جملة من المخاطر الشيء الذي أوجب عليها ضرورة الاستعداد لمواجهتها مما يجعل من متخذ القرار في حالة قلق نتيجة تلك القرارات المبنية على عدم القدرة على التنبؤ بالمستقبل، إما لسبب عدم المعرفة بما سيكون، أو عدم وجود خبرة نابعة من تجارب سابقة مرت بها المؤسسة بظروف مماثلة. إضافة إلى ضرورة وجود إدارة الأزمات والتي هي عبارة عن منهج علمي للتعامل مع مختلف الأزمات والمخاطر. اذن تتفق الدراسات مجتمعة على أهمية إدارة الأزمات والمخاطر في تعزيز سلامة الحجاج والمعتمرين وجودة الخدمات المقدمة لهم، لكنها تختلف في تركيزها بين الجوانب الصحية والتنظيمية والبشرية والتقنية؛ إذ أبرزت بعض الدراسات فعالية الاستراتيجيات الصحية وارتفاع رضا المستفيدين (النحيت، بوشة والعتيبي)، بينما كشفت أخرى عن قصور في الجاهزية أو ضعف في البنية التحتية التقنية أو الخبرات (الخرماني، محمود، اللحياني). كما أظهرت دراسة (الفهمي والزويد) تأثير المؤهل والخبرة في فعالية إدارة الأزمات، مما يعكس تفاوتًا في القدرات البشرية. وتتمثل الفجوة البحثية في غياب نموذج تكاملي يجمع بين تقييم المخاطر، والجاهزية المؤسسية، والاستجابة الصحية والتنظيمية، وربطها مباشرة باستدامة خدمات الحج والعمرة.

ومن خلال تحليل الدراسات السابقة، يلاحظ أن بعضها ركز على إدارة الأزمات والاستجابة لها، بينما ركز بعضها الآخر على إدارة المخاطر أو الجاهزية المؤسسية أو تقييم جودة الخدمات. كما أن معظم الدراسات تناولت هذه الموضوعات بصورة منفصلة، ولم تبحث العلاقة

التكاملية بين فعالية خطط الاستجابة للطوارئ، وفعالية آليات الرصد المبكر للمخاطر، والجاهزية المؤسسية بأبعادها المختلفة، وأثرها في استدامة خدمات الحج والعمرة. ومن هنا تتميز الدراسة الحالية بمحاولة بناء نموذج متكامل يربط بين هذه المتغيرات في إطار منظومة الحج والعمرة بمكة المكرمة، بما يسهم في سد فجوة علمية وتطبيقية في هذا المجال.

مشكلة الدراسة:

تشهد منظومة الحج والعمرة في مكة المكرمة تطورًا ملحوظًا في الخدمات المقدمة للحجاج والمعتمرين وزوار الحرمين الشريفين، في إطار مستهدفات رؤية المملكة العربية السعودية 2030 الرامية إلى الارتقاء بتجربة ضيوف الرحمن وتحسين جودة الخدمات المقدمة لهم. وعلى الرغم مما تبذله الجهات المعنية من جهود لتعزيز جودة الخدمات واستدامتها، إلا أن طبيعة مواسم الحج والعمرة وما يصاحبها من كثافة بشرية وتنوع في مصادر المخاطر الصحية والأمنية والتشغيلية تجعل المنظومة عرضة لتحديات قد تؤثر في استمرارية الخدمات المقدمة بالمستوى المخطط له.وقد تناولت العديد من الدراسات موضوع إدارة الأزمات والمخاطر والجاهزية المؤسسية في بيئات الحج والعمرة والقطاعات المرتبطة بها، حيث أظهرت دراسة (الفهمي والزويد، 2026) أن دور إدارة الأزمات في تحقيق أمن وسلامة الحجاج والمعتمرين جاء بمستوى متوسط، مما يشير إلى وجود فرص للتحسين والتطوير في بعض جوانب إدارة الأزمات. كما بينت دراسة (الخرماني، 2023) أن العوامل التكنولوجية المؤثرة على جاهزية مستشفى الملك فهد بمدينة جدة لمواجهة الأزمات جاءت بدرجة ضعيفة، وهو ما يعكس أهمية تعزيز الجوانب التقنية الداعمة للجاهزية المؤسسية. كذلك كشفت دراسة (محمود، 2018) عن وجود قصور في إدراك الأزمات والاستعداد لها داخل بعض المؤسسات، إضافة إلى معوقات تتعلق بنقص الخبرات وضعف الإمكانات التنظيمية. وعلى الرغم من أهمية نتائج الدراسات السابقة، إلا أنها تناولت إدارة الأزمات، أو إدارة المخاطر، أو الجاهزية المؤسسية ،أو جودة الخدمات كلٌّ على حدة، ولم تبحث بصورة مباشرة العلاقة التكاملية بين إدارة المخاطر والجاهزية المؤسسية وأثرهما في تعزيز استدامة خدمات الحج والعمرة داخل منظومة الحج والعمرة بمكة المكرمة. ومن ثم تبرز الحاجة إلى دراسة مدى فاعلية إدارة المخاطر ومستوى الجاهزية المؤسسية ودورهما المشترك في تعزيز استدامة خدمات الحج والعمرة، بهدف تحديد جوانب التحسين واقتراح الآليات المناسبة لدعم استمرارية الخدمات في مختلف الظروف. وبناءً على ما سبق، تتلخص مشكلة الدراسة في الإجابة عن التساؤل الرئيس: ما دور إدارة المخاطر والجاهزية المؤسسية في تعزيز استدامة خدمات الحج والعمرة في منظومة الحج والعمرة بمكة المكرمة؟

أسئلة الدراسة:

تحاول الدراسة الإجابة على التساؤلات التالية:

1. ما مستوى فعالية خطط الاستجابة للطوارئ بمنظومة الحج والعمرة بمكة المكرمة في الحد من تأثير المخاطر على الخدمات المقدمة للحجاج والمعتمرين والزوار؟
2. كيف تسهم آليات الرصد المبكر للمخاطر بمنظومة الحج والعمرة بمكة المكرمة في تحسين جودة واستمرارية الخدمات المقدمة للحجاج والمعتمرين والزوار؟
3. ما مستوى الجاهزية التشغيلية للجهات العاملة في منظومة الحج والعمرة بمكة المكرمة (جاهزية الموارد البشرية - توفر البنية التحتية التقنية - الجاهزية التنظيمية) لمواجهة الأزمات المحتملة سعيا لتعزيز استدامة خدمات الحج والعمرة المقدمة للحجاج والمعتمرين والزوار؟

فرضيات الدراسة:

الدراسة تفترض ما يلي:

الفرضية الرئيسة: يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة ($\alpha \leq 0.05$) لإدارة مخاطر الطوارئ بأبعادها (فعالية خطط الاستجابة للطوارئ، وآليات الرصد المبكر للمخاطر، والجاهزية التشغيلية) في استدامة خدمات الحج والعمرة المقدمة للحجاج والمعتمرين والزوار بمنظومة الحج والعمرة بمكة المكرمة.

الفرضيات الفرعية:

1. يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة ($\alpha \leq 0.05$) لفعالية خطط الاستجابة للطوارئ في الحد من تأثير المخاطر على الخدمات المقدمة للحجاج والمعتمرين والزوار بمنظومة الحج والعمرة بمكة المكرمة.
2. يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة ($\alpha \leq 0.05$) لآليات الرصد المبكر للمخاطر في تحسين جودة واستمرارية الخدمات المقدمة للحجاج والمعتمرين والزوار بمنظومة الحج والعمرة بمكة المكرمة.
3. يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة ($\alpha \leq 0.05$) للجاهزية التشغيلية للجهات العاملة في منظومة الحج والعمرة في تعزيز استدامة خدمات الحج والعمرة المقدمة للحجاج والمعتمرين والزوار بمنظومة الحج والعمرة بمكة المكرمة.

منهجية الدراسة:

اتبعت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي، وتم استخدام برنامج الحزمة الإحصائية للعلوم الاجتماعية (SPSS) لتحليل البيانات من خلال مجموعة من الأساليب الإحصائية حيث تم إجراء اختبار الثبات (Reliability Test) باستخدام «معامل الفا كرو نباخ» (Cronbach›s Alpha). وأساليب الإحصاء الوصفي لوصف خصائص مفردات عينة الدراسة من خلال عمل جداول تكرارية تشمل التكرارات والنسب المئوية وأيضاً تم استخدام اختبار مربع كاي ($\chi 2$) لمعرفة الفروق بين إجابات المبحوثين حول محاور الدراسة وكذلك تم استخدام اختبار الانحدار الخطي المتعدد والانحدار الخطي لبسيط لمناقشة نتائج الفرضيات. وتم استخدام مقياس ليكرت (Likert Scale) الخماسي، حيث تم إعطاء كل درجة من درجات مقياس ليكرت الخماسي وزن ترجيحي لإدخال البيانات في برنامج (SPSS).

صدق وثبات أداة الدراسة:

جدول (1) معاملات الثبات لعبارات المقياس بطريقة ألفا كرو نباخ

معامل الثبات	معامل الصدق	عدد العبارات
0.97	0.98	36

المصدر: إعداد الباحثة - بيانات الدراسة الميدانية، 2026م.

من الجدول أعلاه نلاحظ أن الاستبانة تتمتع بثبات عالي وصدق عالي حيث بلغت قيمة معامل الثبات 97 % وقيمة معامل الصدق 98 % وعليه يتمتع الاستبانة بدرجه عالية من الصدق والثبات.

مجتمع وعينه الدراسة:

يتكون المجتمع الأساسي للدراسة العاملين بمنظومة الحج والعمرة بمكة المكرمة. وتمَّ اختيار مفردات عينة البحث بطريقة عينة عشوائية بسيطة لجمع البيانات، تم وتصميم الاستبانة على نموذج قوقل وتم توزيعه إلكترونياً على عينة الدراسة، وتم جمع (182) استبانة شمل التوزيع جميع مستويات مجتمع البحث.

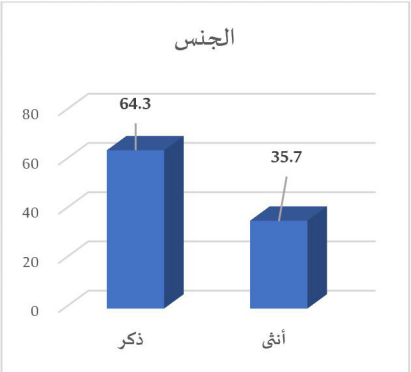
تحليل بيانات الدراسة:

جدول رقم (2) يوضح الجنس

العبارة	العدد	النسبة %
ذكر	117	64.3
أنثى	65	35.7
المجموع	**182**	**100.0**

المصدر: إعداد الباحثة - بيانات الدراسة الميدانية، 2026م.

من الجدول أعلاه نلاحظ أن أغلبية أفراد عينة الدراسة هم ذكور بنسبة 64.3 %.



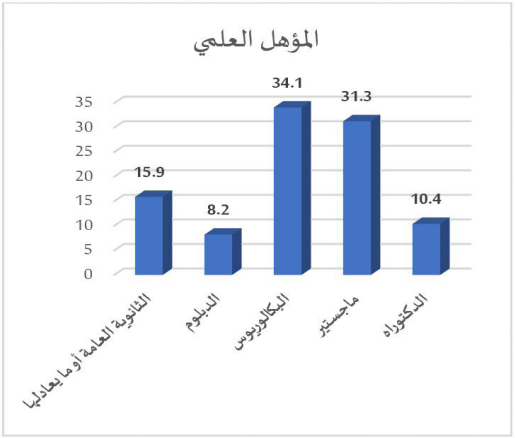
رسم بياني رقم (1) يوضح نسبة مشاركة الذكور إلى الاناث في هذه الدراسة

جدول قم (3) يوضح المؤهل العلمي

العبارة	العدد	النسبة%
الثانوية العامة أو ما يعادلها	29	15.9
الدبلوم	15	8.2
البكالوريوس	62	34.1
ماجستير	57	31.3
الدكتوراه	19	10.4
المجموع	**182**	**100**

المصدر: إعداد الباحثة - بيانات الدراسة الميدانية، 2026م.

من الجدول أعلاه نلاحظ أن أغلبية أفراد عينة الدراسة مؤهلهم العلمي البكالوريوس بنسبة 34.1 %.



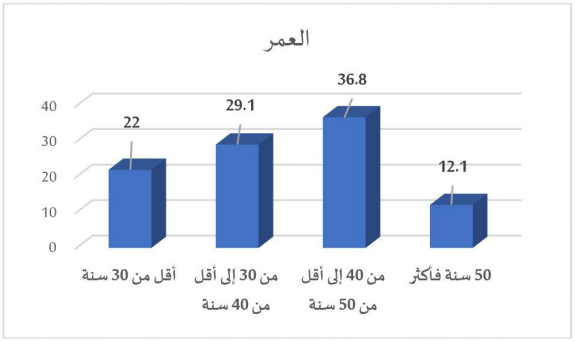
رسم بياني رقم (2) يوضح نسبة المشاركين حسب المؤهل العلمي

جدول رقم (4) يوضح العمر

العبارة	العدد	النسبة%
أقل من 30 سنة	40	22.0
من 30 إلى أقل من 40 سنة	53	29.1
من 40 إلى أقل من 50 سنة	67	36.8
50سنة فأكثر	22	12.1
المجموع	**182**	**100**

المصدر: إعداد الباحثة - بيانات الدراسة الميدانية، 2026م.

من الجدول أعلاه نلاحظ أن أغلبية أفراد عينة الدراسة أعمارهم تتراوح من 40 إلى أقل من 50 سنة بنسبة 36.8 %.



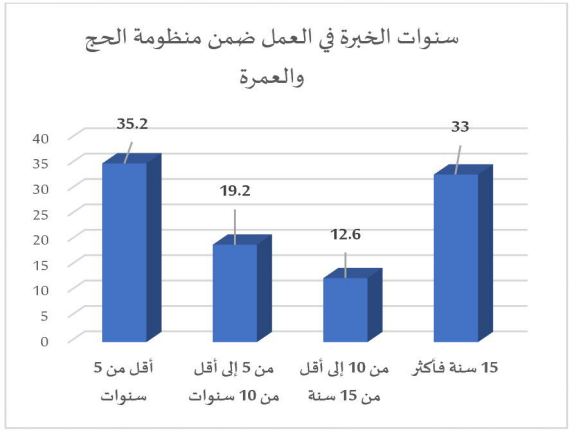
رسم بياني رقم (3) يوضح أعمار المشاركين في هذه الدراسة

جدول رقم (5) يوضح سنوات الخبرة في العمل ضمن منظومة الحج والعمرة

العبارة	العدد	النسبة%
أقل من 5 سنوات	64	35.2
من 5 إلى أقل من 10 سنوات	35	19.2
من 10 إلى أقل من 15 سنة	23	12.6
15سنة فأكثر	60	33.0
المجموع	**182**	**100**

المصدر: إعداد الباحثة - بيانات الدراسة الميدانية، 2026م.

من الجدول أعلاه نلاحظ أن أغلبية أفراد عينة الدراسة سنوات خبرتهم في العمل ضمن منظومة الحج والعمرة أقل من ٥ سنوات بنسبة 35.2 %.



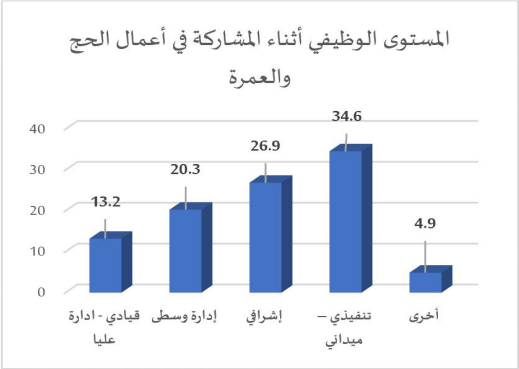
رسم بياني رقم (4) يوضح سنوات الخبرة في العمل ضمن منظومة الحج والعمرة

جدول رقم (6) يوضح المستوى الوظيفي أثناء المشاركة في أعمال الحج والعمرة

العبارة	العدد	النسبة%
قيادي - ادارة عليا	24	13.2
إدارة وسطى	37	20.3
إشرافي	49	26.9
تنفيذي – ميداني	63	34.6
أخرى	9	4.9
المجموع	**182**	**100**

المصدر: إعداد الباحثة - بيانات الدراسة الميدانية، 2026م.

من الجدول أعلاه نلاحظ أن أغلبية أفراد عينة الدراسة مستواهم الوظيفي أثناء المشاركة في أعمال الحج والعمرة تنفيذي – ميداني بنسبة 34.6 %.

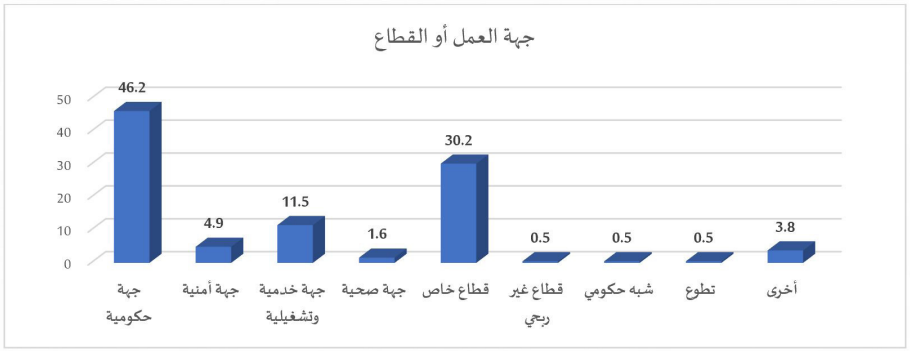


رسم بياني رقم (5) يوضح المستوى الوظيفي أثناء المشاركة في أعمال الحج والعمرة

جدول رقم (7) يوضح جهة العمل أو القطاع

العبارة	العدد	النسبة%
جهة حكومية	84	46.2
جهة أمنية	9	4.9
جهة خدمية وتشغيلية	21	11.5
جهة صحية	3	1.6
قطاع خاص	55	30.2
قطاع غير ربحي	1	.5
شبه حكومي	1	.5
تطوع	1	.5
أخرى	7	3.8
المجموع	**182**	**100**

المصدر: إعداد الباحثة - بيانات الدراسة الميدانية، 2026م. من الجدول أعلاه نلاحظ أن أغلبية أفراد عينة الدراسة جهة عملهم أو القطاع الذي يتبعون له هو جهة حكومية بنسبة 46.2 %.



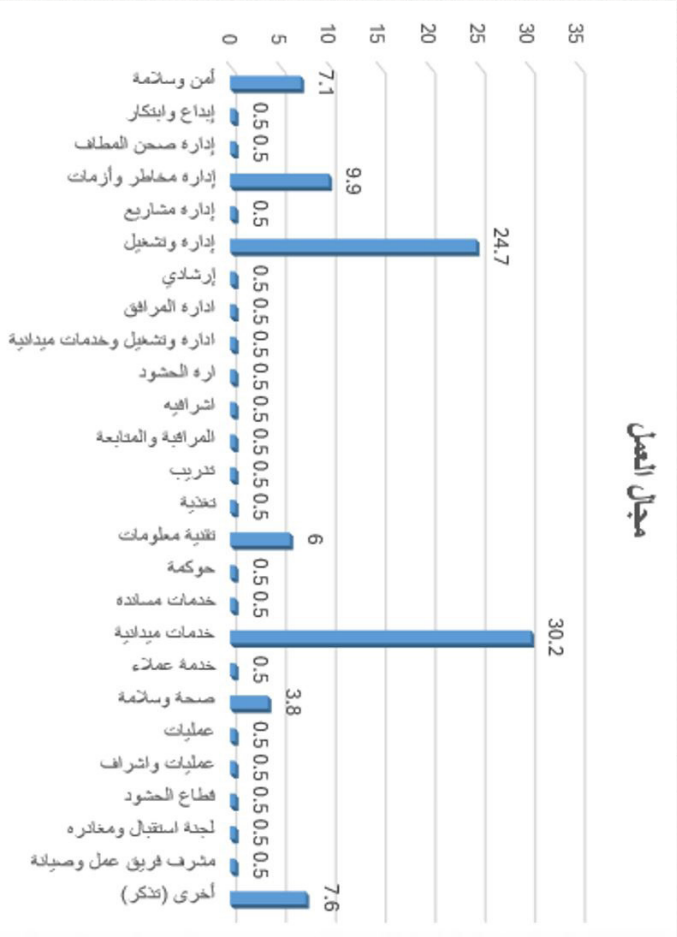
رسم بياني رقم (6) يوضح جهة العمل أو القطاع

جدول رقم (8) مجال العمل

العبارة	العدد	النسبة%	العبارة	العدد	النسبة%
أمن وسلامة	13	7.1	تقنية معلومات	11	6.0
إبداع و ابتكار	1	.5	حوكمة	1	.5
إدارة صحن المطاف	1	.5	خدمات مساندة	1	.5
إدارة مخاطروأزمات	18	9.9	خدمات ميدانية	55	30.2
إدارة مشاريع	1	.5	خدمة عملاء	1	.5
إدارة وتشغيل	45	24.7	صحة وسلامة	7	3.8
إرشادي	1	.5	عمليات	1	.5
ادارة المرافق	1	.5	عمليات واشراف	1	.5
ادارة وتشغيل وخدمات ميدانية	1	.5	قطاع الحشود	1	.5
ادارة الحشود	1	.5	لجنة استقبال ومغادره	1	.5
اشرافيه	1	.5	مشرف فريق عمل وصيانة	1	.5
المراقبة والمتابعة	1	.5	أخرى (تذكر)	14	7.6
تدريب	1	.5	المجموع	182	100
تغذية	1	.5			

المصدر: إعداد الباحثة - بيانات الدراسة الميدانية، 2026م.

من الجدول أعلاه نلاحظ أن أغلبية أفراد عينة الدراسة مجال عملهم خدمات ميدانية بنسبة 30.2 %.



رسم بياني رقم (7) يوضح مجال العمل لكل المشاركين في هذه الدراسة

جدول (9): يوضح إجمالي إجابات المبحوثين (التكرارات والنسب المئوية) عن محاور الدراسة.

المحور		العبارة	أو افق بشدة	أو افق	محايد	لا أو افق	لا أو افق بشدة	المجموع
1-فعالية خطط الاستجابة للطوارئ في منظومة الحج والعمرة		1	77	74	17	12	2	182
			% 42.3	% 40.7	% 9.3	% 6.6	% 1.1	%100
		2	79	72	20	9	2	182
			% 43.4	%39.6	% 11	% 4.9	% 1.1	%100
		3	76	77	19	9	1	182
			% 41.8	% 42.3	% 10.4	% 4.9	% 0.5	%100
		4	86	65	18	12	1	182
			% 47.3	% 35.7	% 9.9	% 6.6	% 0.5	%100
		5	80	53	25	20	4	182
			% 44	% 29.1	% 13.7	% 11	% 2.2	%100
		6	84	67	18	10	3	182
			% 46.2	% 36.8	% 9.9	% 5.5	% 1.6	%100
		7	83	64	22	11	2	182
			% 45.6	% 35.2	% 12.1	% 6	% 1.1	%100
		8	95	66	13	5	3	182
			% 52.2	% 36.3	% 7.1	% 2.7	% 1.6	%100
		9	88	62	22	9	1	182
			% 48.4	% 34.1	% 12.1	% 4.9	% 0.5	%100
		10	93	66	16	5	2	182
			% 51.1	% 36.3	% 8.8	% 2.7	% 1.1	%100
إجمالي فعالية خطط الاستجابة للطوارئ في منظومة الحج والعمرة		الكلي	841	666	190	102	21	1820
			% 46.2	% 36.6	% 10.4	%5.6	% 1.2	% 100
2-فعالية آليات الرصد المبكر للمخاطر في منظومة الحج والعمرة		1	72	75	20	12	3	182
			% 39.6	%41.2	% 11. 0	% 6.6	% 1.6	%100
		2	88	61	21	10	2	182
			% 48.4	% 33.5	% 11.5	% 5.5	% 1.1	%100
		3	96	66	15	4	1	182
			% 52.7	% 36.3	% 8.2	% 2.2	% 0.5	%100
		4	101	63	15	2	1	182
			% 55.5	% 34.6	% 8.2	% 1.1	% 0.5	%100
		5	88	72	16	5	1	182
			% 48.4	% 39.6	% 8.8	% 2.7	% 0.5	%100
		6	99	68	12	2	1	182
			% 54.4	% 37.4	% 6.6	% 1.1	% 0.5	%100
		7	91	75	9	4	3	182
			% 50	% 41.2	% 4.9	% 2.2	% 1.6	%100
		8	93	72	12	3	2	182
			% 51.1	% 39.6	% 6.6	% 1.6	% 1.1	%100
إجمالي فعالية آليات الرصد المبكر للمخاطر في منظومة الحج والعمرة		الكلي	728	552	120	42	14	1456
			% 50	% 37.9	% 8.2	% 2.9	% 1	%100
1-جاهزية الموارد البشرية		1	72	63	36	8	3	182
			39.6%	34.6	19.8	4.4	1.6	%100
		2	66	75	27	13	1	182
			% 36.3	41.2	14.8	7.1	0.5	%100
		3	74	58	33	12	5	182
			% 40.7	31.9	18.1	6.6	2.7	%100

3-مستوى الجاهزية المؤسسية في منظومة الحج والعمرة		4	75	61	33.5	17	0	182
			% 41.2	33.5	9.3	0	%100
		الكلي	287	257	125	50	9	728
			% 39.4	35.3	17.2	6.9	1.2	% 100
	2-جاهزية البنية التحتية التقنية	1	91	59	21	8	3	182
			% 50	32.4	11.5	4.4	1.6	%100
		2	72	70	28	11	1	182
			% 39.6	38.5	15.4	6	0.5	%100
		3	75	71	28	7	1	182
			% 41.2	39	15.4	3.8	0.5	%100
		الكلي	238	200	77	26	5	546
			% 43.6	36.6	14.1	4.8	0.9	% 100
	3-الجاهزية التنظيمية	1	73	70	27	9	3	182
			% 40.1	38.5	14.8	4.9	1.6	%100
		2	73	77	17	14	1	182
			% 40.1	42.3	9.3	7.7	0.5	%100
		3	75	72	23	11	1	182
			% 41.2	39.6	12.6	6	0.5	%100
		4	75	71	23	10	3	182
			% 41.2	39	12.6	5.5	1.6	%100
		الكلي	296	290	90	44	8	728
			% 40.7	39.8	12.4	6	1.1	%100
إجمالي مستوى الجاهزية المؤسسية في منظومة الحج والعمرة		Xc	821	747	292	120	22	2002
			41.0	37.3	14.6	6.0	1.1	%100

إجمالي مستوى الجاهزية المؤسسية في منظومة الحج والعمرة			2390	1965	602	264	57	5278
			% 45.3	% 37.2	% 11.4	% 5	% 1.1	% 100
استدامة خدمات الحج والعمرة		1	83	76	20	2	1	182
			% 45.6	%41.8	% 11	% 1.1	% 0.5	%100
		2	83	78	16	4	1	182
			% 45.6	% 42.9	% 8.8	% 2.2	% 0.5	%100
		3	89	70	17	4	2	182
			% 48.9	% 38.5	% 9.3	% 2.2	% 1.1	%100
		4	80	74	20	7	1	182
			% 44	% 40.7	% 11	% 3.8	% 0.5	%100
		5	75	75	25	5	2	182
			% 41.2	% 41.2	% 13.7	% 2.7	% 1.1	%100
		6	87	69	18	6	2	182
			% 47.8	% 37.9	% 9.9	% 3.3	% 1.1	%100
		7	91	72	15	2	2	182
			% 50	%39.6	% 8.2	% 1.1	% 1.1	%100
إجمالي استدامة خدمات الحج والعمرة		الكلي	588	514	131	30	11	1274
			% 46.2	% 40.3	% 10.3	% 2.4	% 0.9	100

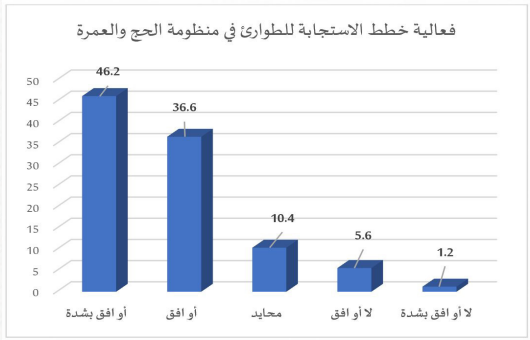
من الجدول أعلاه نجد أن:

-1 46.2 % من إجمالي إجابات أفراد عينة الدراسة عن المحور الأول «فعالية خطط الاستجابة للطوارئ في منظومة الحج والعمرة» هي أوافق بشدة و 36.6 % أوافق و 10.4 % محايد و 5.6 % لا أوافق و 1.2 % لا أوافق بشدة.

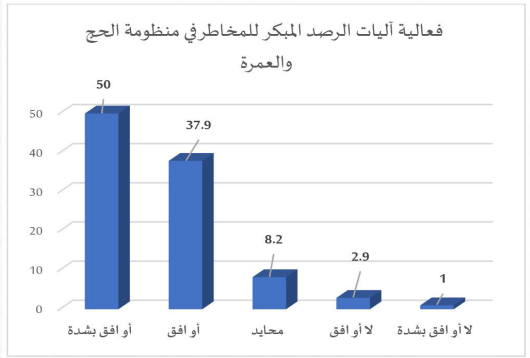
2- 49.8 % من إجمالي إجابات أفراد عينة الدراسة عن المحور الثاني «فعالية آليات الرصد المبكر للمخاطر في منظومة الحج والعمرة» هي أوافق بشدة و 37.3 % أوافق و 10.4 % محايد و 5.6 % لا أوافق و 1.2 % لا أوافق بشدة.

3- 41.0 % من إجمالي إجابات أفراد عينة الدراسة عن المحور الثالث «مستوى الجاهزية المؤسسية في منظومة الحج والعمرة» هي أوافق بشدة و 37.3 % أوافق و 14.6 % محايد و 6.0 % لا أوافق و 1.1 % لا أوافق بشدة.

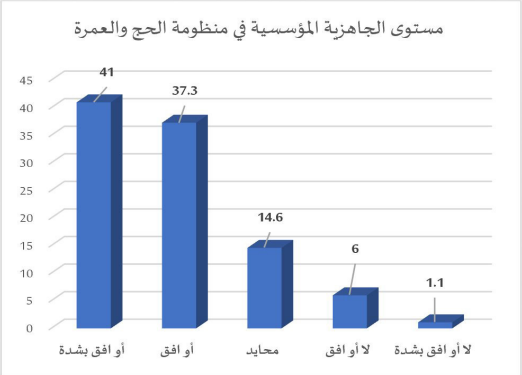
4- 46.2 % من إجمالي إجابات أفراد عينة الدراسة عن المحور الرابع «استدامة خدمات الحج والعمرة» هي أوافق بشدة و 40.3 % أوافق و 10.3 % محايد و 2.4 % لا أوافق و 0.9 % لا أوافق بشدة.



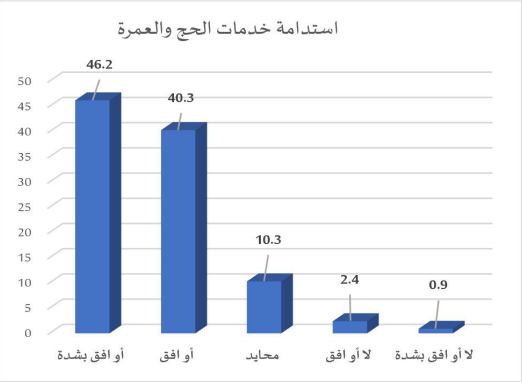
رسم بياني رقم (8) يوضح فعالية خطط الاستجابة للطوارئ في منظومة الحج والعمرة



رسم بياني رقم (9) يوضح فعالية اليات الرصد المبكر للمخاطر في منظومة الحج والعمرة



رسم بياني رقم (10) يوضح مستوى الجاهزية المؤسسية في منظومة الحج والعمرة



رسم بياني رقم (11) يوضح استدامة خدمات الحج والعمرة

جدول (10): يوضح الأوساط الحسابية والانحرافات المعيارية وقيم اختبار مربع كاي لعبارات محاور الدراسة

رقم العبارة	العبارة	قيمة مربع كاي	درجة الحرية	القيمة الاحتمالية	الوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الوسيط	الاستنتاج
1	فعالية خطط الاستجابة للطوارئ في منظومة الحج والعمرة	1470.609	4	.001	4.21	.922	4.00	دالة
2	فعالية آليات الرصد المبكر للمخاطر في منظومة الحج والعمرة	1466.554	4	.000	4.33	.822	4.00	دالة
3	مستوى الجاهزية المؤسسية في منظومة الحج والعمرة	1325.16783	4	.000	4.11	.939	4.00	دالة
4	استدامة خدمات الحج والعمرة	1191.157	4	.000	4.29	.809	4.00	دالة

المصدر: إعداد الباحثة - بيانات الدراسة الميدانية، 2026م. من الجدول أعلاه نجد أن جميع القيمة الاحتمالية لاختبار مربع كاي لمحور الدراسة أقل من 0.05 وهي دالة إحصائياً أي توجد فروق ذات دلالة إحصائياً بين إجابات المبحوثين تجاه محاور الدراسة، وبالنظر لقيمة الوسط الحسابي نجدها أكبر من الوسط الفرضي (3) عليه أخذت آراء المبحوثين الموافقة على محاور الدراسة.

عرض ومناقشة نتائج الفرضيات:

اختبار الفرضية الرئيسية:

للتحقق من صحة فرضيات الدراسة تم استخدام أسلوب الانحدار الخطي البسيط في بناء النموذج حيث أن إدارة مخاطر الطوارئ كمتغيرات مستقل ممثل بـ (x) واستدامة خدمات الحج والعمرة كمتغير تابع ممثل بـ (y) وذلك كما في الجدول الآتي:

جدول رقم (11) يوضح نتائج تحليل الانحدار الخطي المتعدد لفرضيات الدراسة

المعاملات	معاملات الانحدار	اختبار (t)	القيمة الاحتمالية (Sig)	التفسير
$\hat{\beta}_0$	5.856	4.314	0.000	معنوية
$\hat{\beta}_1$	0.21	18.021	0.000	معنوية
معامل الارتباط (R)	0.80			
معامل التحديد (R^2)	0.64			
اختبار (F)	324.759	النموذج معنوي عند مستوى الدلالة ($\alpha \leq 0.05$)		

المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على بيانات الدراسة الميدانية، 2026م.

يتضح من الجدول أعلاه أن:

أظهرت نتائج التقدير وجود ارتباط طردي قوي بين إدارة مخاطر الطوارئ كمتغير مستقل واستدامة خدمات الحج والعمرة كمتغير تابع، حيث بلغت قيم معامل الارتباط البسيط (0.80).

1. بلغت قيمة معامل التحديد (R^2) (0.64)، هذه القيمة تدل على أن إدارة مخاطر الطوارئ كمتغيرات مستقل تساهم بـ (64 ٪) في استدامة خدمات الحج والعمرة (المتغير التابع) ، 36 ٪ من الاستدامة خدمات الحج والعمرة ترجع لعوامل أخرى.

2. نموذج الانحدار الخطي البسيط معنوي حيث بلغت قيمة اختبار (F) (324.759) وهي دالة عن قياس مستوى دلالة (0.00).

3. $\hat{\beta}_0$: وهي متوسط استدامة خدمات الحج والعمرة عندما تكون إدارة مخاطر الطوارئ تساوي صفراً أي في حالة عدم وجود إدارة مخاطر الطوارئ (5.856).

4. $\hat{\beta}_1$: وهي تعني مقدار تأثير إدارة مخاطر الطوارئ على استدامة خدمات الحج والعمرة؛ أي تؤثر إدارة مخاطر الطوارئ على استدامة خدمات الحج والعمرة (0.21) بـ 21 ٪.

مما تقدم نستنتج أن فرضية الدراسة الرئيسية والتي نصت على: يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة ($\alpha \leq 0.05$) لإدارة مخاطر الطوارئ بأبعادها (فعالية خطط الاستجابة للطوارئ، وآليات الرصد المبكر للمخاطر، والجاهزية التشغيلية) في استدامة خدمات الحج والعمرة المقدمة للحجاج والمعتمرين والزوار بمنظومة الحج والعمرة بمكة المكرمة» قد تحققت.

اختبار الفرضيات الفرعية:

للتحقق من صحة الفرضيات الفرعية للدراسة تم استخدام أسلوب الانحدار الخطي المتعدد في بناء النموذج حيث أن أبعاد إدارة مخاطر الطوارئ (فعالية خطط الاستجابة للطوارئ، وآليات الرصد المبكر للمخاطر، والجاهزية التشغيلية) كمتغيرات مستقلة ممثل بـ (x1و x2و x3) واستدامة خدمات الحج والعمرة كمتغير تابع ممثل بـ (yوذلك كما في الجدول الآتي:

جدول رقم (12) يوضح نتائج تحليل الانحدار الخطي المتعدد لفرضيات الدراسة

المعاملات	معاملات الانحدار	اختبار (t)	القيمة الاحتمالية (Sig)	التفسير
$\hat{\beta}_0$	9.335	8.506	0.000	معنوية
$\hat{\beta}_1$	0.45	12.188	0.000	معنوية
$\hat{\beta}_2$	0.96	6.472	0.000	معنوية
$\hat{\beta}_3$	0.93	6.739	0.000	معنوية
معامل الارتباط (R)	0.82			
معامل التحديد (R^2)	0.68			
اختبار (F)	126.367	النموذج معنوي عند مستوى الدلالة ($\alpha \leq 0.05$)		

المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على بيانات الدراسة الميدانية، 2026م.

يتضح من الجدول أعلاه أن:

1. أظهرت نتائج التقدير وجود ارتباط طردي قوي بين أبعادها إدارة مخاطر الطوارئ (فعالية خطط الاستجابة للطوارئ، وآليات الرصد المبكر للمخاطر، والجاهزية التشغيلية) مجتمعة كمتغير مستقلة واستدامة خدمات الحج والعمرة كمتغير تابع، حيث بلغت قيم معامل الارتباط (0.82).

2. بلغت قيمة معامل التحديد (R^2) (0.68)، هذه القيمة تدل على أن أبعادها إدارة مخاطر الطوارئ (فعالية خطط الاستجابة للطوارئ، وآليات الرصد المبكر للمخاطر، والجاهزية التشغيلية) كمتغيرات مستقلة تساهم بـ (68 ٪) في استدامة خدمات الحج والعمرة (المتغير التابع) ، 32 ٪ من استدامة خدمات الحج والعمرة ترجع لعوامل أخرى.

3. نموذج الانحدار المتعدد معنوي حيث بلغت قيمة اختبار (F) (126.367) وهي دالة عن

قيـاس مستـوى دلالـة (0.00).

4. $\hat{\beta}_0$: وهـي متوسـط اسـتدامة خدمـات الحـج والعمـرة عندمـا تكـون إدارة أبعـاد مخاطـر الطـوارئ (فعاليـة خطـط الاسـتجابة للطـوارئ، وآليـات الرصـد المبكـر للمخاطـر، والجاهزيـة التشـغيلية) تسـاوي صفـراً أي في حالـة عـدم وجـود أبعـاد إدارة مخاطـر الطـوارئ (9.335).

نتائج الفرضيات الفرعية:

1. يوجـد أثـر ذو دلالـة إحصائيـة عنـد مسـتوى الدلالـة ($\alpha \leq 0.05$) لفعاليـة خطـط الاسـتجابة للطـوارئ في الحـد مـن تأثيـر المخاطـر علـى الخدمـات المقدمـة للحجـاج والمعتمريـن والـزوار بمنظومـة الحـج والعمـرة بمكـة المكرمـة.

2. $\hat{\beta}_1$: وهـي تعنـي مقـدار تأثيـر فعاليـة خطـط الاسـتجابة للطـوارئ علـى اسـتدامة خدمـات الحـج والعمـرة بلـغ (0.45) 45 ٪ أي تؤثـر فعاليـة خطـط الاسـتجابة للطـوارئ بـ 45 ٪.

2. يوجـد أثـر ذو دلالـة إحصائيـة عنـد مسـتوى الدلالـة ($\alpha \leq 0.05$) لآليـات الرصـد المبكـر للمخاطـر في تحسـين جـودة واسـتمرارية الخدمـات المقدمـة للحجـاج والمعتمريـن والـزوار بمنظومـة الحـج والعمـرة بمكـة المكرمـة.

3. $\hat{\beta}_2$: وهـي تعنـي مقـدار تأثيـر آليـات الرصـد المبكـر للمخاطـر علـى اسـتدامة خدمـات الحـج والعمـرة بلـغ (0.96) 0.96 أي تؤثـر آليـات الرصـد المبكـر للمخاطـر بـ 96 ٪.

3. يوجـد أثـر ذو دلالـة إحصائيـة عنـد مسـتوى الدلالـة ($\alpha \leq 0.05$) للجاهزيـة التشـغيلية للجهـات العاملـة في منظومـة الحـج والعمـرة في تعزيـز اسـتدامة خدمـات الحـج والعمـرة المقدمـة للحجـاج والمعتمريـن والـزوار بمنظومـة الحـج والعمـرة بمكـة المكرمـة.

4. $\hat{\beta}_3$: وهـي تعنـي مقـدار تأثيـر الجاهزيـة التشـغيلية للجهـات العاملـة علـى اسـتدامة خدمـات الحـج والعمـرة بلـغ (0.93) 93 ٪ الجاهزيـة التشـغيلية للجهـات العاملـة أي الجاهزيـة التشـغيلية للجهـات العاملـة تؤثـر بـ 93 ٪.

ممـا تقـدم نسـتنتج أن فرضيـة الدراسـة الرئيسـية والتـي نصـت علـى: يوجـد أثـر ذو دلالـة إحصائيـة عنـد مسـتوى الدلالـة ($\alpha \leq 0.05$) لإدارة مخاطـر الطـوارئ بأبعادهـا (فعاليـة خطـط الاسـتجابة للطـوارئ، وآليـات الرصـد المبكـر للمخاطـر، والجاهزيـة التشـغيلية) في اسـتدامة خدمـات الحـج والعمـرة المقدمـة للحجـاج والمعتمريـن والـزوار بمنظومـة الحـج والعمـرة بمكـة المكرمـة.» قـد تحققـت

نتائج الدراسة:

1. وجـود علاقـة ارتبـاط طرديـة قويـة بيـن إدارة مخاطـر الطـوارئ واسـتدامة خدمـات الحـج والعمـرة. بمعنـى كلمـا كانـت إدارة مخاطـر الطـوارئ ذات فعاليـة يتبعهـا اسـتدامة في اسـتدامة خدمـات الحـج والعمـرة.

2. يوجـد أثـر ذو دلالـة إحصائيـة عنـد مسـتوى الدلالـة ($\alpha \leq 0.05$) لإدارة مخاطـر الطـوارئ بأبعادهـا (فعاليـة خطـط الاسـتجابة للطـوارئ، وآليـات الرصـد المبكـر للمخاطـر، والجاهزيـة التشـغيلية) في اسـتدامة خدمـات الحـج والعمـرة بمكـة المكرمـة.

3. يوجـد أثـر ذو دلالـة إحصائيـة عنـد مسـتوى الدلالـة ($\alpha \leq 0.05$) لفعاليـة خطـط الاسـتجابة للطـوارئ في الحـد مـن تأثيـر المخاطـر علـى الخدمـات المقدمـة للحجـاج والمعتمريـن والـزوار بمنظومـة الحـج والعمـرة بمكـة المكرمـة.

4. يوجـد أثـر ذو دلالـة إحصائيـة عنـد مسـتوى الدلالـة ($\alpha \leq 0.05$) لآليـات الرصـد المبكـر للمخاطـر في تحسـين جـودة واسـتمرارية الخدمـات المقدمـة للحجـاج والمعتمريـن والـزوار بمنظومـة الحـج والعمـرة بمكـة المكرمـة.

5. يوجـد أثـر ذو دلالـة إحصائيـة عنـد مسـتوى الدلالـة ($\alpha \leq 0.05$) للجاهزيـة التشـغيلية للجهـات العاملـة في منظومـة الحـج والعمـرة في تعزيـز اسـتدامة خدمـات الحـج والعمـرة المقدمـة للحجـاج والمعتمريـن والـزوار بمنظومـة الحـج والعمـرة بمكـة المكرمـة.

توصيات الدراسة:

1. الاهتمـام بتبنـي منظومـة الحـج والعمـرة نموذجـاً موحـداً لإدارة مخاطـر الطـوارئ يربـط بيـن تقييـم المخاطـر، وخطـط الاسـتجابة، والرصـد المبكـر، والجاهزيـة التشـغيلية لضمـان اسـتدامة الخدمـات في المواسـم.

2. ضـرورة العمـل علـى تطويـر خطـط الاسـتجابة للطـوارئ وفـق برامـج تتناسـب مـع طبيعـة التجمعـات البشـرية الضخمـة في الحـج والعمـرة.

3. العمـل علـى ترتيـب وتجهيـز برامـج تدريبيـة مكثفـة للعامليـن في منظومـة الحـج والعمـرة حـول خطـط الاسـتجابة للطـوارئ، تشـمل محـاكاة واقعيـة للحـوادث المحتملـة.

4. التوسـيع في اسـتخدام التقنيـات الذكيـة المختلفـة في تحليـل الحشـود للتنبـؤ بالمخاطـر قبـل وقوعهـا.

5. تعزيـز التكامـل بيـن منظومـة الحـج والعمـرة والجهـات الحكوميـة الاخـرى ذات العلاقـة الجهـات عبـر ربـط أنظمـة الرصـد المبكـر بمنصـات اتخـاذ القـرار لضمـان سـرعة الاسـتجابة.

6. تحسـين البنيـة التحتيـة التشـغيلية عبـر تحديـث أنظمـة النقـل، والإسـكان، والخدمـات الصحيـة بمـا يضمـن اسـتمرارية الخدمـة في الظـروف الطارئـة.

7. إجـراء اختبـارات جاهزيـة دوريـة قبـل الموسـم لقيـاس قـدرة الجهـات علـى التعامـل مـع السـيناريوهات الطارئـة.

حدود الدراسة:

الدراسـة تحـوي الحـدود التاليـة:

حـد الموضـوع: دور إدارة المخاطـر والجاهزيـة المؤسسـية في تعزيـز اسـتدامة خدمـات الحـج والعمـرة:

دراسة تطبيقية على منظومة الحج والعمرة بمكة المكرمة.

الحدود المكانية: تم اجراء الدراسة في منومة الحج والعمرة بمدينة مكة المكرمة.

الحدود الزمنية: تم اجراء الدراسة خلال السنوات: 2026ك - 1447هـ.

الحدود البشرية: شمل مجتمع الدراسة العاملين بمنظومة الحج والعمرة بمكة المكرمة.

المراجع:

- أبو رمان، جمانة بشير، والصرايرة، أكثم عبد المجيد مسلم. (2015). دور ممارسة القيادة التحويلية في تحقيق نهج شامل لإدارة الأزمات: دراسة تطبيقية على الشركات الصناعية المساهمة العامة الأردنية. دراسة دكتوراه (غير منشورة). جامعة العلوم الإسلامية العالمية، عمان.

- بوشه، أفنان والعتيبي، سعد. (2021). إدارة تجربة العمرة في ظل جائحة كورونا - كوفيد:19 دراسة تقييمية لواقع الخدمات المقدمة. مجلة الفكر المحاسبي، المجلد (25)، العدد (3)، 44-77.

- حسين، علي. (2001). الإبداع في حل المشكلات. دمشق: دار الرضا للنشر والتوزيع والطباعة، ص5.

- الخرماني، فيصل عبد الله عابد. (2023). العوامل المحددة لجاهزية المستشفيات الحكومية في مواجهة الأزمات (دراسة ميدانية على مستشفى الملك فهد بمدينة جدة(. المجلة الأكاديمية للأبحاث والنشر العلمي (AJRSP)، العدد (56)، 227-253.

- خطيب، محمد بن شحات. (2020). إدارة أزمة جائحة كورونا (COVID 19-) لدى الحكومة السعودية بقيادة خادم الحرمين الشريفين الملك سلمان بن عبد العزيز وولى عهده الأمير محمد بن سلمان بن عبد العزيز، المجلة العربية العلمية للنشر، العدد (40).

- سرحان، حنين. (2019). الخدمات الصحية اللوجستية لضيوف الرحمن في ظل رؤية المملكة 2030 دراسة وصفية مقطعية. الملتقى العملي التاسع عشر لأبحاث الحج والعمرة والزيارة، 6-7 مارس 2019 معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة. جامعة أم القرى. المملكة العربية السعودية.

- شرفة، إلياس وبوطغان، ليلى. (2018) إدارة الأزمات: الأساليب والمعوقات. مجلة تاريخ العلوم، العدد (11)، 23-32.

- عابدين، محمد صلاح الدين صابر حسن، وخاطر سامح أحمد فتحي. (2023). أثر القيادة التحويلية في إدارة الأزمات: دراسة تطبيقية على العاملين بشركة الإسكندرية لتوزيع الكهرباء. رسالة دكتوراه (غير منشورة). جامعة طنطا، طنطا.

- الفهمي، ربا صالح والزويد، فوزي محمد. (2026). دور إدارة الأزمات في تحقيق أمن وسالمة الحجاج والمعتمرين في المملكة العربية السعودية. المجلة العربية للإدارة، المجلد (46)، العدد (4)، 1-18.

- فرحي، تقية. (2016). إدارة الأزمة والإدارة بالأزمة: دراسة مفاهيمية نقدية. مجلة دراسات، العدد (45)، 165-178.

- النحيت، أحمد. (2024). أثر استراتيجيات إدارة المخاطر الصحية على ضمان صحة الحجاج خلال موسم الحج من وجهة نظر الحجاج والعاملين: دراسة مقطعية. مجلة ميد أوشن للبحوث والدراسات، المجلد (1)، العدد (2).

- توفيق، إبراهيم حسن وصديق، محمد فتحي وسالم، بهلول احمد. (2024). دور إدارة المخاطر والأزمات في تحقيق التنمية بالقطاع السياحي. مجلة إدارة المخاطر والأزمات (JRCM)، المجلد (5)، العدد (1)، 34-56.

- محمود، مؤمن محمد احمد. (2018). مدى الجاهزية الاستراتيجية لإدارة الأزمات في المنظمات غير الحكومية: دراسة تطبيقية على الجمعيات الأهلية في مصر. أعمال المؤتمر الدولي الثاني: إدارة المنظمات الصناعية والخدمية: الممارسات الحالية والتوجهات المستقبلية، جامعة جنوب الوادي - كلية التجارة. المجلد (1)، رقم المؤتمر (2)، 389-427.

- اللحياني، عبد الله. (2017). دور ومكانة إدارة الأزمات والمخاطر في القطاعات العاملة في الحج والعمرة والزيارة. الملتقى العملي السابع عشر لأبحاث الحج والعمرة والزيارة، 10-11 مايو 2017م. معهد خادم الحرمين الشريفين ألبحاث الحج والعمرة. جامعة أم القرى. المملكة العربية السعودية.

جاهزية منظومة الحج للمخاطر المناخية: نموذج تشغيلي للتحول من الاستجابة التفاعلية إلى الجاهزية الاستباقية المبنية على تحليل الأثر (استمرارية الاعمال والتخطيط للطوارئ)

محمد بن فؤاد البكري*، خالد بن سعد الحارثي، بدور بنت حبيليص العتيبي - مكتب إدارة الأزمات والكوارث، المركز الوطني للأرصاد

Climate Risk Readiness of Hajj Ecosystem: An Operational Framework for Transitioning from Reactive Response to Proactive Preparedness Based on Business Impact Analysis (BIA)

Mohammed Albakri*, Khalid Alharthi, Bedoor Alotaibi - Office of Crisis and Disaster Management, National Center for Meteorology (NCM)
*Corresponding author: E-mail (M.al-bakri@ncm.gov.sa)

الملخص

تشهد منظومة الحج تحديات متزايدة نتيجة تنامي المخاطر المناخية وتزايد الظواهر الجوية الشديدة والمتطرفة، مما يستدعي تطوير نماذج تشغيلية تعزز الجاهزية وتدعم استمرارية تقديم الخدمات الحيوية. وتهدف هذه الدراسة إلى تقديم نموذج تشغيلي للتحول من الاستجابة التفاعلية إلى الجاهزية الاستباقية المبنية على تحليل الأثر المناخي، من خلال دمج مفاهيم تحليل الأثر على الأعمال (BIA) واستمرارية الأعمال مع سجلات المخاطر القائمة على الأثر.

اعتمدت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي، واستندت إلى دراسة حالة أمطار مشعر منى خلال يناير 2025م، التي سجلت خلالها محطة منى أعلى كمية هطول مطري في المملكة بلغت 89 ملم خلال 24 ساعة، بهدف تحليل التأثيرات المحتملة على منظومة الحج في حال وقوع حدث مماثل خلال موسم الحج.

وتقترح الدراسة توسيع نطاق تحليل الأثر على الأعمال ليشمل البعد المناخي، بما يمكن الجهات العاملة في الحج من تحديد الخدمات الحرجة، وتقييم المخاطر المناخية المحتملة، وتطوير تدابير استباقية تضمن استمرارية الأعمال والخدمات أثناء الظروف الجوية القاسية.

وتلخص الدراسة إلى أن دمج تحليل الأثر المناخي ضمن عمليات التخطيط والتشغيل يسهم في رفع مستوى الجاهزية، وتحسين جودة اتخاذ القرار، وتعزيز مرونة منظومة الحج، بما يدعم تنفيذ المناسك واستمرارية الخدمات في مختلف الظروف التشغيلية.

الكلمات المفتاحية: الجاهزية الاستباقية، تحليل الأثر المناخي، استمرارية الأعمال، المخاطر المناخية، الحج.

Abstract

Hajj ecosystem is facing challenges due to the rising risks of climate change and the growing frequency and intensity of extreme weather events. This necessitates the development of operational models that enhance preparedness and ensure the continuity of critical services. This study aims to develop an operational framework for transitioning from reactive response to proactive preparedness based on climate impact analysis, through the integration of Business Impact Analysis, business continuity, and risk registers.

The study adopts a descriptive-analytical approach and is based on a case study of rainfall in Mina during January 2025, when the station recorded the highest rainfall in SA, reaching 89 mm within 24 hours. It is used to analyze the potential impacts on Hajj ecosystem in the event of a similar occurrence during the season.

The study proposes expanding the scope of Business Impact Analysis to incorporate the climate dimension, enabling Hajj-related entities to identify critical services, assess potential climate-related risks, and develop proactive measures that ensure business continuity and service delivery under severe weather conditions. The study concludes that integrating climate impact analysis into planning and operations strengthens preparedness, improves decision-making, and enhances the resilience, ensuring continuity of services and pilgrimage activities under varying conditions.

Keywords: Proactive Preparedness; Climate Impact Analysis; Business Continuity; Climate; Risks; Hajj.

1. مقدمة

1.1 خلفية الدراسة

تُعد منظومة الحج من أكبر التجمعات البشرية الدورية وأكثرها تعقيدًا من الناحية التشغيلية؛ إذ تُدار خلالها حركة أعداد كبيرة من الحجاج ضمن نطاقات مكانية محددة وفترات زمنية قصيرة، وتتداخل في تشغيلها جهات حكومية وخدمية وأمنية وصحية وبيئية، إضافة إلى قطاعات النقل البري والجوي، وإدارة الحشود، والطاقة، والاتصالات، والبنية التحتية. ويترتب على هذا الترابط ارتفاع مستوى الاعتماد المتبادل بين الخدمات والعمليات؛ فقد يؤدي تعطل نشاط حرج في إحدى الجهات إلى آثار متتابعة تمتد إلى عدد من الجهات والخدمات الأخرى.

وتتطلب إدارة التجمعات البشرية الكبرى، ومنها الحج، مستوى مرتفعًا من التخطيط المسبق، وتقييم المخاطر، والتنسيق متعدد القطاعات، وتحديد واضح للأدوار والمسؤوليات وآليات القيادة والسيطرة والاتصال. وقد أكدت منظمة الصحة العالمية أن التخطيط الآمن للتجمعات البشرية الكبرى يستلزم إجراء تقييمات منهجية للمخاطر، ورفع جاهزية الموارد والخدمات، وتطوير إجراءات مشتركة للحد من الآثار المحتملة وضمان استمرارية تقديم الخدمات الأساسية (WHO EMRO, 2023).

وفي ظل التغيرات المناخية وتزايد احتمالية التعرض للظواهر الجوية الشديدة والمتطرفة، مثل موجات الحرارة، والأمطار الغزيرة، والسيول، والرياح الشديدة، والعواصف الترابية، أصبحت المخاطر الجوية والمناخية عاملًا مؤثرًا في سلامة الحجاج وكفاءة العمليات التشغيلية واستمرارية الخدمات الحيوية في المشاعر المقدسة. وأظهرت دراسة حديثة، استندت إلى أربعة عقود من البيانات المناخية والصحية المرتبطة بالحج، وجود علاقة بين ارتفاع درجات الحرارة وتزايد مخاطر الأمراض المرتبطة بالإجهاد الحراري، كما بينت فاعلية الإجراءات الوقائية والإنشائية والتشغيلية في خفض آثار هذه المخاطر (Yezli et al., 2024).

ولا تقتصر أهمية المعلومات الجوية والمناخية على التنبؤ بوقوع الظاهرة أو تحديد شدتها؛ بل تمتد إلى ترجمة تلك المعلومات إلى آثار محتملة على الأشخاص والعمليات والخدمات والبنية التحتية. وفي هذا السياق، تؤكد المنظمة العالمية للأرصاد الجوية أهمية الانتقال من النهج الذي يركز على ما ستكون عليه حالة الطقس إلى نهج يركز على ما الذي ستفعله حالة الطقس بالخدمات والمجتمعات والقطاعات المعرضة، من خلال دمج معلومات الخطر مع بيانات التعرض والهشاشة والقدرة على الاستجابة (WMO, 2021). ومن هذا المنطلق، تبرز الحاجة إلى تطوير نموذج تشغيلي يربط بين التوقعات والتحذيرات المناخية من جهة، وتحليل أثر الأعمال وإدارة المخاطر واستمرارية الأعمال والتخطيط للطوارئ من جهة أخرى؛ بما يساعد الجهات المشاركة في منظومة الحج على تحديد خدماتها وأنشطتها الحرجة، وتقدير الآثار التشغيلية المحتملة قبل وقوع الحدث، واتخاذ إجراءات استباقية تحافظ على سلامة الحجاج واستمرارية الخدمات.

2.1 مشكلة الدراسة

على الرغم من التطور المستمر في قدرات الرصد والتنبؤ وإصدار التحذيرات من الظواهر الجوية، فإن الاستفادة التشغيلية من هذه المعلومات قد تختلف من جهة إلى أخرى؛ إذ يتركز اهتمام بعض الجهات على متابعة نوع الظاهرة وشدتها ومستوى التحذير، دون ربط منهجي كافٍ بين الحالة الجوية المتوقعة وتأثيراتها المحتملة على الأنشطة والخدمات الحرجة والموارد والاعتماديات التشغيلية.

ويظهر هذا التحدي بصورة أكبر عندما لا تكون الخدمات الحرجة وأوقات التعافي المستهدفة والحدود المقبولة للتعطل والبدائل التشغيلية محددة مسبقًا، أو عندما لا تُربط نتائج التوقعات الجوية بسجلات المخاطر وخطط استمرارية الأعمال والطوارئ. ويؤدي ذلك إلى احتمال تأخر اتخاذ القرارات الوقائية، أو عدم توجيه الموارد إلى المواقع والعمليات الأكثر عرضة للتأثر، أو التعامل مع الحدث بعد وقوع آثاره بدلًا من الاستعداد المسبق لها.

ويؤكد معيار تحليل أثر الأعمال ISO/TS 22317:2021 أهمية تنفيذ عملية رسمية وموثقة لتحليل أثر الأعمال بما يتناسب مع احتياجات المنظمة وأهدافها ومواردها وقيودها، في حين يوفر معيار ISO 22301:2019 إطارًا لإدارة استمرارية الأعمال والاستعداد للاضطرابات والاستجابة لها والتعافي منها وضمان استمرار تقديم المنتجات والخدمات بالمستويات المقبولة (ISO, 2019; ISO, 2021).

وبناءً على ذلك، تتمثل مشكلة الدراسة في محدودية وجود نموذج تشغيلي متكامل يحول المعلومات والتوقعات الجوية إلى تحليل منظم للآثار المحتملة على الأعمال والخدمات الحرجة في منظومة الحج، ويربط نتائج التحليل بسجلات المخاطر وخطط استمرارية الأعمال والطوارئ والإجراءات التشغيلية الاستباقية.

3.1 تساؤلات الدراسة

تسعى الدراسة إلى الإجابة عن التساؤلات الآتية:

أ. ما الآثار التشغيلية المحتملة للمخاطر الجوية والمناخية على الخدمات والعمليات الحرجة في منظومة الحج؟

ب. ما مدى إمكانية تطبيق منهجية تحليل أثر الأعمال المراعي للمخاطر الجوية والمناخية على الجهات المشاركة في منظومة الحج؟

ج. كيف يمكن تطوير نموذج تشغيلي يدمج التوقعات المناخية والجوية وتحليل الأثر وإدارة المخاطر واستمرارية الأعمال والتخطيط للطوارئ؛ لدعم الجاهزية الاستباقية خلال موسم الحج؟

4.1 أهمية الدراسة

تنبع الأهمية العلمية للدراسة من سعيها إلى الربط بين ثلاثة مجالات غالبًا ما تُتناول بصورة منفصلة، هي: التنبؤ والتحذير المبني على الأثر، وتحليل أثر الأعمال، واستمرارية الأعمال. وتقدم الدراسة معالجة تطبيقية لكيفية توسيع تحليل أثر الأعمال ليشمل الآثار الناتجة عن المخاطر الجوية والمناخية على الخدمات والعمليات الحيوية.

أما الأهمية التطبيقية، فتتمثل في تقديم نموذج تشغيلي يمكن أن يساعد الجهات المشاركة في أعمال الحج على تحديد الأنشطة والخدمات الحرجة، وتحليل مدى تأثرها

بالظواهـر الجويـة الشـديدة، وتحديـد الأولويـات التشـغيلية والمـوارد والبدائـل والإجـراءات المطلوبـة قبـل وقـوع الحـدث. كمـا يسـهم النمـوذج فـي تحويـل المعلومـات الجويـة مـن بيانـات وصفيـة إلـى قـرارات وإجـراءات قابلـة للتنفيـذ.

وتتمثـل الأهميـة الاسـتراتيجية للدراسـة فـي دعـم التوجـه نحـو إدارة المخاطـر بصـورة اسـتباقية، وتعزيـز التكامـل بيـن الجهـات المشـاركة، ورفـع مسـتوى الصمـود المؤسسـي واسـتمرارية الخدمـات فـي منظومـة الحـج. ويتفـق ذلـك مـع أولويـات إطـار سـنداي للحـد مـن مخاطـر الكـوارث، ولا سـيما فهـم المخاطـر، وتعزيـز حوكمتهـا، والاسـتثمار فـي الصمـود، ورفـع مسـتوى الاسـتعداد للاسـتجابة الفاعلـة (UNDRR, 2015)، إضافـة إلـى الإطـار الوطنـي لإدارة المخاطـر والطـوارئ واسـتمرارية الأعمـال فـي المملكـة العربيـة السـعودية (الأمانـة العامـة لمجلـس المخاطـر الوطنيـة، 2024).

5.1 أهداف الدراسة

تهدف الدراسة إلى:

أ- استعراض مفهوم تحليل الأثر المناخي ودوره في دعم الصمود المؤسسي.

ب- تحليل التأثيرات المحتملة للمخاطر المناخية على منظومة الحج.

ت- دراسة حالة أمطار مشعر منى خلال يناير 2025م كنموذج تطبيقي لتحليل الأثر.

ث- تطوير نموذج تشغيلي يدمج تحليل الأثر المناخي مع إدارة استمرارية الأعمال

ج- إبـراز دور الجاهزيـة الاسـتباقية فـي تعزيـز صمـود منظومـة الحـج واسـتمرارية خدماتهـا الحيويـة.

6.1 حدود الدراسة

1.6.1 الحدود الموضوعية

تقتصـر الدراسـة علـى تطويـر نمـوذج تشـغيلي للتحـول مـن الاسـتجابة التفاعليـة إلـى الجاهزيـة الاسـتباقية المبنيـة علـى تحليـل الأثـر المناخـي وربطـه باسـتمرارية الأعمـال والتخطيـط للطـوارئ.

2.6.1 الحدود الزمنية

تعتمـد الدراسـة علـى تحليـل حالـة الأمطـار الغزيـرة التـي شـهدها مشـعر منـى خـلال الفتـرة مـن 6 إلـى 7 ينايـر 2025م، مـع إسـقاط النتائـج علـى موسـم الحـج موسـم حـج متوقـع خـلال السـنوات القادمـة

3.6.1 الحدود المكانية

تقتصر الدراسة على مشعر منى ضمن نطاق المشاعر المقدسة.

7.1 مفهوم الجاهزية الاستباقية

يقصـد بالجاهزيـة الاسـتباقية قـدرة الجهـات علـى اسـتشراف المخاطـر المحتملـة وتحليـل آثارهـا واتخـاذ التدابيـر الوقائيـة والتشـغيلية المناسـبة قبـل وقـوع الحـدث، بمـا يحـد ويخفـف مـن تأثيراتـه المحتملـة ويحافـظ علـى اسـتمرارية الخدمـات والعمليـات الحرجـة فـي ظـل أصعـب الظـروف الجويـة.

8.1 مفهوم تحليل الأثر المناخي

لأغـراض هـذه الدراسـة، يشـير تحليـل الأثـر المناخـي Climate Impact Analysis إلـى عمليـة منهجيـة لتقييـم التأثيـرات المباشـرة وغيـر المباشـرة والاسـتراتيجية التـي قـد تنتـج عـن الظواهـر الجويـة والمناخيـة علـى الأفـراد والخدمـات والعمليـات والأصـول والبنيـة التحتيـة والاعتماديـات التشـغيلية، بهـدف تحديـد الأولويـات واتخـاذ الإجـراءات الاسـتباقية المناسـبة.

كمـا تسـتخدم الدراسـة مفهـوم تحليـل أثـر الأعمـال المراعـي للمخاطـر الجويـة والمناخيـة Climate-informed Business Impact Analysis بوصفـه تطبيقًـا موسـعًا لتحليـل أثـر الأعمـال التقليـدي، مـن خـلال إضافـة المخاطـر الجويـة والمناخيـة بوصفهـا أحـد مصـادر التعطـل المحتملـة، وتقييـم آثارهـا علـى الأنشـطة الحرجـة وأوقـات التعافـي والمـوارد والاعتماديـات والبدائـل التشـغيلية.

ولا يُقـدم هـذا المفهـوم باعتبـاره معيـارًا دوليًـا مسـتقلًا، وإنمـا بوصفـه مفهومًـا إجرائيًـا مقترحًـا يجمـع بيـن مبـادئ تحليـل أثـر الأعمـال الـواردة فـي ISO/TS 22317:2021، ومتطلبـات اسـتمرارية الأعمـال فـي ISO 22301:2019، ومنهجيـة التنبـؤ والتحذيـر المبنـي علـى الأثـر الصـادرة عـن المنظمـة العالميـة للأرصـاد الجويـة.

9.1 مراجعة الأدبيات والإطار النظري

1.9.1 التنبؤ والتحذير المبني على الأثر

تؤكـد المنظمـة العالميـة للأرصـاد الجويـة أن جـودة التنبـؤ بالظاهـرة الجويـة لا تكفـي وحدهـا لضمـان اتخـاذ إجـراء مناسـب، مـا لـم تُترجـم معلومـات الخطـر إلـى آثـار متوقعـة علـى الأشـخاص والخدمـات والبنيـة التحتيـة. ويقـوم التنبـؤ المبنـي علـى الأثـر علـى دمـج خصائـص الخطـر الجـوي مـع بيانـات التعـرض والهشاشـة؛ لتحديـد الآثـار المحتملـة وتمكيـن الجهـات المعنيـة مـن اتخـاذ إجـراءات مناسـبة قبـل وقـوع الحـدث (WMO, 2021). (4)

كمـا تتطلـب خدمـات التنبـؤ المبنـي علـى الأثـر تعاونًـا وثيقًـا بيـن الجهـات الوطنيـة للأرصـاد والجهـات المسـؤولة عـن الطـوارئ والحمايـة والخدمـات الحيويـة، نظـرًا إلـى امتـلاك كل جهـة جـزءًا مـن البيانـات اللازمـة لفهـم الخطـر والتعـرض والهشاشـة والآثـار التشـغيلية المحتملـة.

2.9.1 تحليل أثر الأعمال واستمرارية الأعمال

يمثـل تحليـل أثـر الأعمـال إحـدى العمليـات الرئيسـة فـي إدارة اسـتمرارية الأعمـال؛ إذ يسـاعد علـى تحديـد الأنشـطة ذات الأولويـة، وتقييـم الآثـار المترتبـة علـى تعطلهـا بمـرور الزمـن، وتحديـد متطلبـات اسـتعادتها والمـوارد والاعتماديـات اللازمـة لاسـتمرارها. ويوضـح معيـار ISO/TS 22317:2021 أن عمليـة تحليـل أثـر الأعمـال ينبغـي أن تكـون رسـمية وموثقـة ومتناسـبة مـع طبيعـة المنظمـة واحتياجاتهـا ومواردهـا.

ويكمـل معيـار ISO 22301:2019 هـذه العمليـة مـن خـلال توفيـر إطـار لإدارة اسـتمرارية الأعمـال، يهـدف إلـى تعزيـز قـدرة المنظمـة علـى الاسـتعداد للاضطرابـات والاسـتجابة لهـا والتعافـي منهـا، والاسـتمرار فـي تقديـم الخدمـات والمنتجـات ضمـن مسـتويات محـددة ومقبولـة (ISO,

(2019; ISO, 2021). (6)

3.9.1 إدارة مخاطر الكوارث والصمود المؤسسي

يركز إطار سنداي للحد من مخاطر الكوارث 2015–2030 على أربع أولويات رئيسة، هي: فهم مخاطر الكوارث، وتعزيز حوكمة المخاطر، والاستثمار في الحد من المخاطر لتعزيز الصمود، ورفع مستوى الاستعداد للاستجابة الفاعلة والتعافي بصورة أفضل. ويؤكد الإطار أن فهم المخاطر يتطلب تحليل الخطر والتعرض والهشاشة والقدرات، وعدم الاكتفاء بالتعامل مع الحدث بعد وقوعه (UNDRR, 2015).

وتتفق هذه المبادئ مع مفهوم الجاهزية الاستباقية المقترح في الدراسة، الذي يركز على تحليل آثار المخاطر وربطها بالقرارات التشغيلية وخطط الاستمرارية قبل تحول الظاهرة الجوية إلى تعطل فعلي أو أزمة تشغيلية.

4.9.1 جاهزية التجمعات البشرية الكبرى

أوضحت منظمة الصحة العالمية أن التجمعات البشرية الكبرى قد تفرض ضغوطًا كبيرة على الموارد والخدمات الصحية والتشغيلية في الدول والمجتمعات المستضيفة. ولذلك يتطلب التخطيط لها إجراء تقييمات متعددة المخاطر، وتنسيقًا بين القطاعات، وتحديد هياكل القيادة والسيطرة والاتصال، وتطوير خطط وإجراءات قابلة للتطبيق.

وتشير المنظمة إلى أن منظومة الحج تستخدم تقييمات منهجية للمخاطر لدعم إجراءات التخفيف ورفع مستوى السلامة، كما تتميز بوجود هيكل متقدم للقيادة والسيطرة والاتصال وتنسيق الأدوار بين القطاعات المختلفة (WHO EMRO, 2023). (7)

5.9.1 الدراسات المرتبطة بالمخاطر المناخية في الحج

تناولت دراسات سابقة عددًا من المخاطر الصحية والبيئية المرتبطة بموسم الحج، خاصة مخاطر الإجهاد الحراري والأمراض المرتبطة بارتفاع درجات الحرارة. وقد حللت دراسة Yezli et al. (2024) بيانات مناخية وصحية امتدت لأربعة عقود، وأظهرت ارتفاع متوسط درجات الحرارة الجافة بمقدار يقارب 0.4 درجة مئوية لكل عقد، ووجود ارتباط بين درجات الحرارة وحالات ضربة الشمس والإجهاد الحراري. كما أشارت الدراسة إلى ارتباط التدابير الوقائية الفردية والإنشائية والمجتمعية بانخفاض حالات ضربة الشمس بنسبة 74.6% وانخفاض معدل الوفيات بين الحالات بنسبة 47.6%.

وعلى الرغم من أهمية هذه الدراسات في توضيح الأبعاد الصحية للمخاطر المناخية في الحج، فإن تركيزها ينصب بدرجة أكبر على الآثار الصحية، بينما لا يزال الربط بين المعلومات الجوية وتحليل آثار تعطل الخدمات والعمليات الحرجة وخطط استمرارية الأعمال بحاجة إلى مزيد من الدراسة والتطوير. (8)

6.9.1 الفجوة البحثية

تكشف مراجعة الأدبيات والمعايير عن وجود أطر متقدمة للتنبؤ المبني على الأثر، وتحليل أثر الأعمال، وإدارة استمرارية الأعمال، والاستعداد للتجمعات البشرية الكبرى. إلا أن هذه المجالات غالبًا ما تُطبق بصورة منفصلة، مع محدودية النماذج التي تجمع بينها ضمن إطار تشغيلي واحد مخصص لمنظومة الحج.

ومن هنا تسعى الدراسة الحالية إلى معالجة هذه الفجوة من خلال تطوير نموذج تشغيلي يربط التوقعات الجوية بتحليل آثارها على الخدمات والعمليات الحرجة، ثم تحويل نتائج التحليل إلى تحديثات في سجلات المخاطر وخطط استمرارية الأعمال والطوارئ وإجراءات تشغيلية استباقية قابلة للتنفيذ.

10.1 الانتقال إلى منهجية البحث

استنادًا إلى ما سبق، تعتمد الدراسة المنهج الوصفي التحليلي لدراسة العلاقة بين المخاطر الجوية والمناخية والجاهزية التشغيلية في منظومة الحج. وتستند إلى مراجعة المعايير والوثائق والأدبيات ذات العلاقة، وتحليل دراسة حالة واقعية لأمطار مشعر منى خلال يناير 2025م، ثم توظيف نتائج التحليل في تطوير نموذج تشغيلي مقترح يدعم التحول من الاستجابة التفاعلية إلى الجاهزية الاستباقية المبنية على تحليل الأثر.

ويعرض القسم التالي المنهج البحثي، ومصادر البيانات، وآلية تحليل دراسة الحالة، والأساس المستخدم في بناء نموذج تحليل أثر الأعمال المراعي للمخاطر الجوية والمناخية.

2. منهجية وطرق البحث

1.2 المنهج البحثي

اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي لملاءمته لطبيعة الدراسة وأهدافها، حيث يتيح تحليل العلاقة بين المخاطر المناخية والجاهزية التشغيلية، ودراسة التأثيرات المحتملة للظواهر الجوية على الخدمات والعمليات الحرجة المرتبطة بمنظومة الحج. كما يسهم هذا المنهج في تحليل الواقع الحالي وتطوير نموذج تشغيلي مقترح يدعم التحول من الاستجابة التفاعلية إلى الجاهزية الاستباقية المبنية على تحليل الأثر.

2.2 تحليل الوثائق والتقارير

شملت الوثائق التي تمت مراجعتها الإطار الوطني لإدارة المخاطر والطوارئ واستمرارية الأعمال [1]، ومعيار إدارة استمرارية الأعمال [2]، وإطار سنداي للحد من مخاطر الكوارث [3]، وإرشادات التنبؤ والتحذير المبني على الأثر [4]، وخطة الإنذار المبكر للجميع [5]، وإرشادات تحليل أثر الأعمال [6]، وإطار جاهزية التجمعات البشرية الكبرى [7]، والدراسات المرتبطة بالمخاطر المناخية والصحية في الحج [8].2.3 دراسة حالة أمطار منى 2025

كما استندت الدراسة إلى تحليل الظاهرة الجوية التي أثرت على مشعر منى خلال الفترة من 6 إلى 7 يناير 2025م، حيث أظهرت التوقعات الاستباقية الصادرة عن المركز الوطني للأرصاد احتمالية هطول أمطار غزيرة على منطقة مكة المكرمة، مصنفة ضمن مستوى (غزيرة) بكميات متوقعة تبلغ 10 ملم/ساعة فأكثر. الشكل رقم -1.

وقد تحققت الحالة فعلياً بتسجيل محطة منى كمية هطول مطري بلغت 89 ملم خلال 24 ساعة، مصحوبة برياح نشطة وتجمعات مائية في عدد من المواقع.

وتم اختيار هذه الحالة باعتبارها نموذجاً واقعياً لتحليل الأثر المناخي، لما تمثله منطقة منى من أهمية تشغيلية عالية خلال موسم الحج، ولإمكانية الاستفادة منها في

دراسة التأثيرات المحتملة على إدارة الحشود، والنقل والتفويج، والخدمات الصحية والأمنية، واستمرارية الخدمات الحيوية في حال تكرار حالة مماثلة أثناء موسم الحج. الشكل رقم 2.



شكل (1): توقعات استباقية لهطول أمطار غزيرة على العاصمة المقدسة صادرة من المركز الوطني للأرصاد قبل وقوع الحالة الجوية



شكل (2): مشهد ميداني يوضح آثار الأمطار الغزيرة التي بلغت 89 ملم خلال 24 ساعة على مشعر منى بتاريخ 6 يناير 2025م

3.2 منهجية تحليل الأثر المناخي (Climate BIA)

اعتمدت الدراسة على توسيع مفهوم تحليل الأثر على الأعمال (Business Impact Analysis) ليشمل البعد المناخي، وذلك من خلال تحديد الخدمات والعمليات الحرجة المرتبطة بالحج، وتحليل مدى تأثرها بالمخاطر المناخية المحتملة، وتقييم الآثار التشغيلية المترتبة على تلك المخاطر. وشمل التحليل مجالات إدارة الحشود، والنقل والتفويج، والخدمات الصحية، والخدمات الأمنية، والبنية التحتية، واستمرارية الخدمات الحيوية. (6.2.4)

4.2 بناء النموذج التشغيلي المقترح

استناداً إلى نتائج التحليل والدروس المستفادة من دراسة الحالة، تم تطوير نموذج تشغيلي مقترح يدمج بين تحليل الأثر المناخي، وتحليل الأثر على الأعمال، وسجلات المخاطر، وخطط استمرارية الأعمال، بهدف دعم اتخاذ القرار الاستباقي وتعزيز جاهزية الجهات العاملة في الحج. ويقوم النموذج على الانتقال من التركيز على الظاهرة الجوية إلى تحليل تأثيراتها التشغيلية المحتملة، وربط نتائج التحليل بإجراءات استباقية وتدابير تشغيلية تسهم في المحافظة على استمرارية الخدمات وسلامة الحجاج أثناء الظروف الجوية القاسية الشكل رقم 3.



شكل (3): نموذج تشغيلي يوضح آلية تحويل التوقعات المناخية إلى خطوات استباقية تدعم استمرارية الأعمال

3. النتائج والمناقشة

1.3 تحليل الحالة الجوية لمشعر منى خلال يناير 2025م

أظهرت نتائج الدراسة أن الحالة الجوية التي أثرت على منطقة مكة المكرمة ومشعر منى خلال الفترة من 6 إلى 7 يناير 2025م تمثل نموذجاً واقعياً لمخاطر الطقس الشديد التي قد تواجه منظومة الحج. وقد أشارت التوقعات الجوية الصادرة مسبقاً إلى احتمالية هطول

أمطار غزيرة على المنطقة، فيما سجلت محطة منى كمية هطول مطري بلغت 89 ملم خلال 24 ساعة، الشكل رقم -4 وهي أعلى كمية مسجلة على مستوى المملكة خلال تلك الفترة. (2)



شكل (4): كميات الأمطار المرصودة في مشعر منى وفق النشرة الرسمية الصادرة من وزارة البيئة والمياه والزراعة، والتي تُبرز حجم الحالة المطرية المستخدمة في تحليل الأثر المناخي ضمن هذه الدراسة

وتشير هذه النتائج إلى أهمية امتلاك الجهات المعنية القدرة على الاستفادة من التوقعات الجوية وتحويلها إلى إجراءات تشغيلية استباقية، بدلاً من الاقتصار على متابعة الحالة الجوية من منظور خطي فقط. والتحول الى المنظور المنظومي في اتخاذ القرارات واضافة الأثر المباشر والاثر الغير مباشر والاثر الاستراتيجي.

2.3 تحليل الأثر المناخي على منظومة الحج

أظهرت نتائج التحليل أن تأثير الظواهر الجوية الشديدة لا يقتصر على الجانب المناخي فقط، بل يمتد ليشمل مختلف الخدمات والعمليات المرتبطة بالحج.

فعلى مستوى إدارة الحشود، قد تؤدي الأمطار الغزيرة إلى تغيير أنماط الحركة وارتفاع كثافة الحشود في بعض المواقع المغطاة، مما يتطلب إعادة توزيع المسارات وتفعيل خطط بديلة للتفويج.

أما على مستوى النقل والتنقل، فقد تؤدي الأمطار الغزيرة أو الرياح الشديدة إلى إبطاء حركة الحافلات والمركبات التشغيلية ورفع زمن الوصول إلى المواقع المستهدفة، الأمر الذي قد يؤثر على الجداول الزمنية المعتمدة للتفويج.

وفي الجانب الصحي، تزداد الحاجة إلى رفع الجاهزية الطبية وتوفير فرق ميدانية إضافية للتعامل مع الإصابات المحتملة الناتجة عن الانزلاقات والحوادث المرتبطة بالأمطار الغزيرة. كما قد تسهم زيادة الرطوبة المصاحبة للحالات المطرية في رفع احتمالية تفاقم بعض الأمراض التنفسية والصدرية، خاصة لدى كبار السن وأصحاب الأمراض المزمنة مثل الربو والانسداد الرئوي المزمن. وقد تؤدي الظروف الجوية الرطبة إلى زيادة الضغط على الخدمات الصحية نتيجة ارتفاع الطلب على الرعاية الطبية والعلاجية، مما يستدعي تعزيز الجاهزية الصحية وتوفير الموارد والكوادر الطبية اللازمة لضمان استمرارية تقديم الخدمات الصحية بكفاءة خلال موسم الحج. (10)

كما قد تتأثر الخدمات الأمنية والعمليات الميدانية نتيجة الحاجة إلى إعادة توزيع الموارد البشرية والمعدات بما يتناسب مع تطورات الحالة الجوية.وزيادة المتطلبات التشغيلية الميدانية المرتبطة بتنظيم الحركة، وإدارة الحشود، وتأمين المواقع المتأثرة، والاستجابة للبلاغات والحوادث الناتجة عن الأمطار الغزيرة والرياح المصاحبة.مع احتمالية تأخر بعض العمليات التشغيلية، وارتفاع الطلب على الموارد الأمنية والمساندة، وتأثر كفاءة التنقل والوصول إلى المواقع المستهدفة، مما قد يؤدي إلى زيادة الضغط على مراكز القيادة والسيطرة وغرف العمليات.

في حين احتمالية تأثير الحالة الجوية على تحقيق الأهداف التشغيلية للموسم، وما يتطلبه ذلك من تفعيل الخطط البديلة، وتعزيز التنسيق بين الجهات المعنية، واتخاذ قرارات استباقية تضمن استمرارية الخدمات والمحافظة على سلامة ضيوف الرحمن واستدامة العمليات التشغيلية في المشاعر المقدسة.

أما البنية التحتية والخدمات الحيوية، فقد تتأثر نتيجة الأمطار الغزيرة والرياح المصاحبة وما قد ينتج عنها من تجمعات للمياه أو تعطل جزئي لبعض المرافق والخدمات المساندة، مما يبرز أهمية وجود خطط استمرارية أعمال فعالة وقابلة للتنفيذ. وتأثر بعض الطرق ومسارات الحركة، وتجمع المياه في المواقع المنخفضة، واحتمالية تعطل بعض المرافق أو الخدمات التشغيلية المرتبطة بالطاقة والاتصالات والنقل.

كما يمكن ان يؤدي ذلك لتأخر تقديم بعض الخدمات، وارتفاع الضغط على الموارد التشغيلية وفرق الصيانة والدعم الفني، وزيادة الحاجة إلى تشغيل البدائل التشغيلية والخدمات الاحتياطية لضمان استمرارية الأعمال. واحتمالية تأثير ذلك على استدامة الخدمات الحيوية وكفاءة العمليات التشغيلية خلال موسم الحج، وما يتطلبه ذلك من تعزيز مرونة البنية التحتية، وتطوير الخطط البديلة، ورفع جاهزية الأنظمة الحرجة لضمان استمرارية الخدمات وسلامة ضيوف الرحمن في مختلف الظروف المناخية.

3.3 دور تحليل الأثر المناخي في دعم الجاهزية الاستباقية

أظهرت الدراسة أن القيمة الحقيقية للمعلومات المناخية لا تكمن في معرفة الظاهرة

الجوية بحد ذاتها، بل في فهم آثارها المحتملة على الخدمات والعمليات الحرجة. ومن هنا برز مفهوم تحليل الأثر المناخي (Climate BIA) باعتباره أداة تساعد الجهات على الانتقال من مرحلة التوقع بالحدث إلى مرحلة الاستعداد لتأثيراته.

ويتيح هذا الأسلوب تحديد الخدمات الأكثر تأثراً وحرجية، وتقدير مستوى المخاطر المرتبطة بها، وتحديد الأولويات التشغيلية قبل وقوع الحدث. كما يدعم متخذي القرار في اختيار التدابير الوقائية المناسبة وتوجيه الموارد نحو المواقع والخدمات الأكثر عرضة للتأثر.

وأظهرت النتائج أن دمج هذه البعد المناخي ضمن عمليات تحليل الأثر على الاعمال في العمليات التشغيلية يسهم في رفع مستوى الصمود المؤسسية وتعزيز القدرة على اتخاذ قرارات أكثر سرعة ودقة وفاعلية.

4.3 النموذج التشغيلي المقترح

اعتماداً على نتائج الدراسة تم تطوير نموذج تشغيلي مقترح يربط بين الرصد والتوقع المناخي وتحليل الأثر واستمرارية الأعمال ضمن إطار تشغيلي متكامل. ويبدأ النموذج باستقبال التوقعات المناخية وتحليل الآثار المحتملة على الخدمات والعمليات الحرجة، ثم تحديد الخدمات المتأثرة وتحديث سجل المخاطر وخطط استمرارية الأعمال، وصولاً إلى تنفيذ الإجراءات الاستباقية والتدابير الوقائية المناسبة.

ويهدف هذا النموذج إلى تحويل المعلومة المناخية إلى قرار تشغيلي قابل للتنفيذ، بما يضمن المحافظة على استمرارية الخدمات الحيوية وسلامة الحجاج أثناء الظروف الجوية القاسية.(6.4.2)

ويوضح الشكل (2) النموذج التشغيلي المقترح للتحول من الاستجابة التفاعلية إلى الجاهزية الاستباقية المبنية على تحليل الأثر المناخي.

5.3 السيناريو المستقبلي المقترح

في حال تم تطبيق منهجية تحليل الأثر المناخي على جميع الجهات العاملة في الحج قبل الموسم، فإن ذلك سيمكن كل جهة من تحديد خدماتها الحرجة، وتقييم مدى تأثرها بالمخاطر المناخية المحتملة، ووضع التدابير الاستباقية المناسبة قبل بدء الموسم.

فعلى سبيل المثال، يمكن للجهات المسؤولة عن النقل تطوير خطط تشغيل بديلة للحالات المطرية الشديدة، كما يمكن للجهات الصحية تحديد المواقع الأكثر عرضة للتأثر ورفع جاهزية الموارد الطبية فيها مسبقاً. ويمكن للجهات المسؤولة عن البنية التحتية والخدمات الحيوية تنفيذ تدابير وقائية تعزز قدرتها على الاستمرار في تقديم الخدمات أثناء الظروف الجوية القاسية.

ويؤدي هذا النهج إلى الانتقال من إدارة الحدث بعد وقوعه إلى إدارة أثره قبل وقوعه، وهو ما ينسجم مع التوجهات الحديثة في إدارة المخاطر والإنذار المبكر المبني على الأثر واستمرارية الأعمال.

ويؤدي هذا النهج إلى الانتقال من إدارة الحدث بعد وقوعه إلى إدارة أثره قبل وقوعه، وهو ما ينسجم مع التوجهات الحديثة في إدارة استمرارية الاعمال المبني على الأثر

ولإيضاح آلية التطبيق العملي لهذا النهج، تستعرض الدراسة في القسم التالي مجموعة من الأمثلة الاسترشادية لتطبيق منهجية تحليل الأثر المناخي (Climate BIA) على عدد من الجهات والخدمات الحيوية المرتبطة بمنظومة الحج، بهدف بيان كيفية تقييم التأثيرات المحتملة للمخاطر المناخية وربطها بإجراءات الجاهزية والاستجابة واستمرارية الأعمال. الشكل رقم -5 والشكل رقم 6.

- مثال استرشادي لمصفوفة الأثر على الاعمال بعد إضافة الأثر المناخي:

نوع التأثير	منخفض جداً (1)	منخفض (2)	متوسط (3)	مرتفع (4)	كارثي (5)
الأثر المناخي على الأنشطة والخدمات الحرجة	تأثير محدود جداً على النشاط دون أي تأثير يُذكر على الخدمة أو المستفيدين، ويمكن احتواؤه ضمن التشغيل الاعتيادي. مثال: تأخير محدود في حركة المشاة أو بعض الخدمات المساندة لمدة قصيرة.	تأثير محدود يؤدي إلى انخفاض طفيف في كفاءة الخدمة أو تأخير محدود في تقديمها دون الحاجة لتفعيل خطط الطوارئ واستمرارية الأعمال. مثال: تأخر بعض الحافلات أو الخدمات المساندة نتيجة ظروف جوية متوسطة.	تأثير يؤدي إلى تعطل جزئي لبعض الأنشطة أو انخفاض ملحوظ في مستوى الخدمة، ويتطلب إجراءات تشغيلية تصحيحية إضافية. مثال: إعادة توجيه الحشود أو إغلاق مسار ثانوي أو تأخر وصول بعض الخدمات الميدانية.	تأثير يؤدي إلى تعطّل جزء مهم من الخدمة أو النشاط الحرج، ويتطلب تفعيل إجراءات الطوارئ أو أجزاء من خطط استمرارية الأعمال. مثال: توقف التفويج في أحد المسارات الرئيسية أو تعطل خدمة حيوية أو تأثر عمليات النقل بشكل كبير.	تأثير يؤدي إلى توقف خدمة حرجة أو تهديد سلامة الحجاج أو تعطل تحقيق الأهداف التشغيلية الرئيسية للموسم ويتطلب تفعيل كامل لإجراءات الطوارئ واستمرارية الأعمال. مثال: توقع واسع النطاق لخدمات حرجة أو تأثير مباشر على سلامة الحجاج نتيجة حالة جوية شديدة أو متطرفة.

شكل رقم 5

- مستويات الأثر المناخي:

الدرجة	الوصف
1	تأثير محدود يمكن احتواؤه ضمن التشغيل الاعتيادي
2	تأثير منخفض يتطلب معالجة تشغيلية بسيطة
3	تأثير متوسط يؤثر على جزء من الخدمة
4	تأثير مرتفع يؤثر على خدمة حرجة ويتطلب تفعيل خطط الطوارئ
5	تأثير كارثي يهدد سلامة الحجاج أو استمرارية الخدمات الحيوية

شكل رقم 6

ملاحظة: تم تطوير هذه المصفوفة ضمن الدراسة كأداة استرشادية لدعم تطبيق منهجية تحليل الأثر المناخي (Climate BIA)، بهدف تقييم تأثير المخاطر المناخية على الخدمات والأنشطة الحرجة في منظومة الحج، وربط نتائج التقييم بإدارة المخاطر واستمرارية الأعمال

والجاهزية الاستباقية. الشكل رقم -7 والشكل رقم -8 (1).

رمز النشاط	اسم النشاط	أهمية النشاط	الأثر المناخي على النشاط	0-8 ساعات	8-24 ساعة	يوم إلى يومين	أسبوع واحد	أسبوعان فأكثر	وقت التعافي المستهدف	مستوى أهمية النشاط
EMS-01	الاستجابة الإسعافية الطارئة	تقديم الرعاية الإسعافية العاجلة للحفاظ على الأرواح وتقليل المضاعفات الصحية للحالات الطارئة	زيادة البلاغات وصعوبة الوصول لبعض المواقع المتأثرة بالأمطار والسيول مما يرفع المخاطر على الأرواح	مرتفع	كارثي	كارثي	كارثي	كارثي	أقل من ساعة	حرج جداً
EMS-02	النقل الإسعافي للحالات الحرجة	ضمان نقل الحالات الحرجة إلى المنشآت الصحية المناسبة في الوقت الملائم لزيادة فرص النجاة والعلاج	تأخر وصول الفرق الإسعافية أو نقل الحالات بسبب تجمعات المياه وإغلاق بعض المسارات	كارثي	كارثي	كارثي	كارثي	كارثي	أقل من نصف ساعة	حرج جداً

شكل رقم 7: مثال تطبيقي لتحليل الأثر المناخي على الأعمال لهيئة الهلال الأحمر السعودي

رمز النشاط	اسم النشاط	أهمية النشاط	الأثر المناخي على النشاط	0-8 ساعات	8-24 ساعة	يوم إلى يومين	أسبوع واحد	أسبوعا ن فأكثر	وقت التعافي المستهدف	مستوى أهمية النشاط
MOMRAH-01	تصريف مياه الأمطار والسيول	المحافظة على كفاءة تصريف مياه الأمطار والسيول وضمان سلامة الطرق والمرافق العامة	تجمع مياه الأمطار والسيول مما يؤدي إلى تعطل شبكات التصريف وتأثر الطرق والمسارات الحيوية في المشاعر المقدسة	متوسط	مرتفع	مرتفع	كارثي	كارثي	4ساعات	حرج جداً
MOMRAH-02	تشغيل وصيانة الطرق والمرافق البلدية	ضمان استمرارية تشغيل وصيانة الطرق والمرافق والخدمات البلدية الداعمة للحج	تأثر الطرق والمرافق البلدية نتيجة الأمطار الغزيرة والرياح المصاحبة مما يؤدي إلى الحاجة لإغلاق بعض المواقع أو تنفيذ أعمال صيانة طارئة	متوسط	مرتفع	مرتفع	مرتفع	كارثي	8ساعات	حرج

شكل رقم 8: مثال تطبيقي لتحليل الأثر المناخي على الأعمال لوزارة البلديات والإسكان

6.3 مناقشة النتائج

أظهرت نتائج الدراسة أن المخاطر المناخية لم تعد تمثل تحدياً بيئياً فحسب، بل أصبحت عاملاً مؤثراً بصورة مباشرة على استمرارية الخدمات والعمليات الحيوية المرتبطة بمنظومة الحج. كما بينت دراسة الحالة الخاصة بالأمطار الغزيرة التي شهدها مشعر منى خلال يناير 2025م أن القيمة الحقيقية للتنبؤات الجوية لا تكمن في التنبؤ بالظاهرة الجوية ذاتها، وإنما في القدرة على فهم وتحليل آثارها المحتملة على الخدمات الحرجة واتخاذ الإجراءات المناسبة قبل وقوعها.

وأوضحت النتائج أن الاعتماد على التنبؤات الجوية التقليدية دون ربطها بتحليل الأثر قد يحد من قدرة الجهات على الاستفادة الكاملة من المعلومات المناخية المتاحة. ففي المقابل، يساهم دمج تحليل الأثر المناخي ضمن عمليات التخطيط والتشغيل في تحويل البيانات المناخية إلى معلومات قابلة للتنفيذ تدعم متخذي القرار في تحديد الأولويات التشغيلية وتوجيه الموارد نحو المواقع والخدمات الأكثر عرضة للتأثر.

كما أظهرت الدراسة أن تطبيق منهجية تحليل الأثر المناخي على الأنشطة والخدمات الحرجة يمكن أن يسهم في رفع مستوى الجاهزية المؤسسية لدى الجهات العاملة في الحج، من خلال تحديد التأثيرات المباشرة وغير المباشرة والاستراتيجية للمخاطر المناخية على الخدمات الحيوية، وربطها بسجلات المخاطر وخطط استمرارية الأعمال والإجراءات الاستباقية المناسبة. ويؤدي ذلك إلى تعزيز قدرة الجهات على المحافظة على مستويات الأداء المطلوبة حتى في ظل الظروف الجوية القاسية.

وتشير النتائج كذلك إلى أن التكامل بين التوقعات والتحذيرات المبني على الأثر، وتحليل الأثر على الأعمال، واستمرارية الأعمال، يمثل أحد الممكنات الرئيسة للانتقال من مفهوم الاستجابة التفاعلية إلى مفهوم الجاهزية الاستباقية. ويعزز هذا النهج قدرة الجهات على توقع الآثار التشغيلية المحتملة قبل وقوعها، واتخاذ التدابير الوقائية المناسبة، بما يسهم في تقليل الانقطاعات التشغيلية ورفع كفاءة إدارة الموارد خلال موسم الحج.

ومن منظور استراتيجي، تؤكد الدراسة أن دمج البعد المناخي ضمن عمليات تحليل الأثر على استمرارية الاعمال بالجهات العاملة في الحج يمثل فرصة لتطوير نموذج وطني متقدم لإدارة المخاطر المناخية في التجمعات البشرية الكبرى، بما يتوافق مع مستهدفات رؤية المملكة 2023م، ومبادرات الإنذار المبكر للجميع، وأفضل الممارسات الدولية في مجالات إدارة المخاطر واستمرارية الأعمال والصمود المؤسسي.

وعليه، فإن الدراسة ترى أن التحول نحو الجاهزية الاستباقية المبنية على تحليل الأثر المناخي يمثل خطوة مهمة لتعزيز سلامة ضيوف الرحمن، وضمان استمرارية الخدمات الحيوية، ورفع مستوى الجاهزية والصمود المؤسسي لمنظومة الحج في مواجهة التحديات المناخية المستقبلية.

4.الخلاصة

تتناول هذه الدراسة أثر تصاعد المخاطر المناخية على منظومة الحج، مع إبراز أهمية دمج تحليل الأثر المناخي ضمن أطر استمرارية الأعمال والطوارئ لتعزيز الجاهزية التشغيلية وضمان استمرارية الخدمات الحيوية. وفي ظل تزايد حدة الظواهر الجوية المتطرفة، تبرز الحاجة إلى التحول من نماذج الاستجابة التفاعلية إلى الجاهزية الاستباقية المبنية على تحليل الأثر وإدارة المخاطر.

اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي، مستندة إلى دراسة حالة أمطار مشعر منى خلال يناير 2025م، والتي سجلت أعلى كميات هطول مطري في المملكة، بهدف تحليل آثارها التشغيلية على القطاعات الحيوية في الحج، بما يشمل إدارة الحشود، والنقل والتفويج، والخدمات الصحية، والأمنية، والبنية التحتية.

وأظهرت النتائج أن دمج تحليل الأثر المناخي مع تحليل أثر الأعمال (BIA) وسجلات المخاطر وخطط استمرارية الأعمال يسهم في رفع كفاءة اتخاذ القرار، وتحويل البيانات المناخية إلى إجراءات تشغيلية استباقية تدعم سرعة الاستجابة خلال موسم الحج.

تلخص الدراسة إلى بناء نموذج تشغيلي متكامل قائم على تحليل الأثر المناخي يعزز الصمود المؤسسي لمنظومة الحج، ويرفع مستوى الجاهزية والاستجابة السريعة، ويضمن استمرارية الخدمات وسلامة ضيوف الرحمن تحت مختلف الظروف المناخية والتشغيلية.

5. التوصيات

1. تطبيق تحليل أثر الأعمال للمخاطر المناخية قبل موسم الحج.
2. ربط تحذيرات المركز الوطني للأرصاد بأعمال تشغيلية واضحة.
3. تحديث سجلات المخاطر وخطط الاستمرارية وفق نتائج تحليل الأثر.
4. تنفيذ تمارين محاكاة للمخاطر الجوية الشديدة.
5. إنشاء نموذج تشغيلي موحدة لتبادل بيانات الأثر بين الجهات
6. تطبيق النموذج تجريبيًا في عدد من الجهات وقياس فاعليته

المراجع:

1. الأمانة العامة لمجلس المخاطر الوطنية. (2024). الإطار الوطني لإدارة المخاطر والطوارئ واستمرارية الأعمال. الرياض، المملكة العربية السعودية.
2. المركز الوطني للأرصاد. (2025). التوقع الاستباقي للحالة الجوية المؤثرة على منطقة مكة المكرمة ومشعر منى خلال الفترة من 6 إلى 7 يناير 2025م. جدة، المملكة العربية السعودية.
3. وزارة البيئة والمياه والزراعة. (2025). النشرة الرسمية لكميات الأمطار المسجلة في مناطق المملكة ليومَي 6 و7 يناير 2025م. الرياض، المملكة العربية السعودية.
4. مجلس الشؤون الاقتصادية والتنمية. (2016). رؤية المملكة العربية السعودية 2030. الرياض، المملكة العربية السعودية.

5. International Organization for Standardization. (2019). ISO 22301:2019 Security and resilience — Business continuity management systems — Requirements. Geneva, Switzerland: ISO.

6. United Nations Office for Disaster Risk Reduction. (2015). Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030. Geneva, Switzerland: United Nations.

7. World Meteorological Organization. (2021). WMO Guidelines on Multi-hazard Impact-based Forecast and Warning Services, Part II: Putting Multi-Hazard IBFWS into Practice (WMO-No. 1150). Geneva, Switzerland: WMO.

8. World Meteorological Organization. (2022). Early Warnings for All: Executive Action Plan 2023–2027. Geneva, Switzerland: WMO.

9. International Organization for Standardization. (2021). ISO/TS 22317:2021 Security and resilience — Business continuity management systems — Guidelines for business impact analysis. Geneva, Switzerland: ISO.

10. World Health Organization, Regional Office for the Eastern Mediterranean. (2023). Framework for Strengthening Public Health Readiness for Mass Gatherings in the Eastern Mediterranean Region, 2023–2028. Cairo, Egypt: WHO Regional Office for the Eastern Mediterranean.

11. Yezli, S., Ehaideb, S., Yassin, Y., Alotaibi, B., & Bouchama, A. (2024). Escalating climate-related health risks for Hajj pilgrims to Mecca. Journal of Travel Medicine, 31(4), taae042

نموذج تكاملي قائم على البيانات الضخمة لدمج إدارة تجربة المستفيد (CX) مع الحوكمة وإدارة المخاطر والامتثال (GRC) بهدف تعزيز تجربة الحجاج والمعتمرين، والحد من النزاعات المتعلقة بالخدمات، وتحقيق التميز المستدام في تقديم الخدمات: أدلة تطبيقية من جمعية هدية الحاج والمعتمر

أنس حكيم*[1]، أحمد كشاري[2]، نزار الرايسي[3,1]، أنمار خان[4] - قسم المالية والمصارف والتأمين، كلية الإدارة والاقتصاد، جامعة ام القرى*[1] - قسم البحث والتطوير، جمعية هدية الحاج والمعتمر[2] - مختبر الأبحاث التطبيقية في المجالات الادارية والاقتصادية، جامعة تونس[3] - كلية العلوم الطبية التطبيقية، جامعة ام القرى[4]

A Big Data-Driven CX-GRC Integration Model for Enhancing Pilgrim Experience, Reducing Service Disputes, and Achieving Sustainable Service Excellence: Evidence from Hadiyah AlHajj and AlMutamer Association

Anas Hakeem[1]*, Ahmed Koshari[2], Nizar Raissi[1,3] and Anmar Khan[4] - [1]College of Business and Economics, Umm Al Qura University - [2]Research and Development Department, Hadiyah Haji and Mutamir - [3]Laboratory ARBRE (Applied Research in Business Relationships & Economics), University of Tunis, Tunisia - [4]Faculty of Applied Medical Sciences, Umm Al Qura University

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

الملخص

يشهد قطاع خدمات الحج والعمرة تحديات تشغيلية متزايدة نتيجة تعدد مقدمي الخدمات، وتنوع احتياجات الحجاج والمعتمرين، وتعقيد العمليات الخدمية، مما ينعكس سلبًا على جودة الخدمات ويزيد من معدلات الشكاوى والنزاعات. وعلى الرغم من توافر كميات كبيرة من البيانات الناتجة عن الشكاوى، وآراء المستفيدين، والتقييمات، والتفاعلات الرقمية، فإن الاستفادة منها في دعم القرارات وتحسين تجربة المستفيد لا تزال محدودة. كما أن ضعف التكامل بين إدارة تجربة المستفيد (Customer Experience-CX) وممارسات الحوكمة وإدارة المخاطر والامتثال (Governance, Risk Management, and Compliance-GRC) يمثل أحد أبرز التحديات التي تحد من تحسين الأداء وتقليل النزاعات. وانطلاقًا من هذه المشكلة، هدفت الدراسة إلى تحسين جودة خدمات الحج والعمرة وتعزيز تجربة الحجاج والمعتمرين من خلال رفع كفاءة العمليات الخدمية، وتعزيز ثقة المستفيدين، والحد من النزاعات، وتحقيق التميز المستدام في تقديم الخدمات، وذلك عبر اقتراح واختبار نموذج تكاملي قائم على تحليلات البيانات الضخمة (Big Data Analytics) يدمج بين تحليلات البيانات الضخمة، وإدارة تجربة المستفيد، وممارسات الحوكمة، وإدارة المخاطر، والامتثال. ويفترض النموذج أن توظيف تحليلات البيانات الضخمة في دعم القرارات التشغيلية والرقابية يسهم في تعزيز التكامل بين CX وGRC، بما ينعكس إيجابًا على الأداء المؤسسي وجودة الخدمات. اعتمدت الدراسة المنهج الكمي، وتم اختيار جمعية هدية الحاج والمعتمر كدراسة حالة، وجُمعت البيانات من خلال استبانة وُزعت على العاملين والمستفيدين، ثم حُللت باستخدام نمذجة المعادلات الهيكلية بالمربعات الصغرى الجزئية(PLS-SEM) . وقدمت الدراسة إطارًا علميًا وتطبيقيًا يوضح دور تحليلات البيانات الضخمة في تعزيز التكامل بين CX وGRC بما يسهم في تحسين جودة الخدمات، ورفع كفاءة العمليات، وتعزيز ثقة الحجاج والمعتمرين، والحد من النزاعات، وتحقيق التميز والاستدامة في قطاع خدمات الحج والعمرة.

الكلمات المفتاحية: تحليلات البيانات الضخمة؛ تجربة الحجاج والمعتمرين؛ تجربة المستفيد (CX)؛ الحوكمة وإدارة المخاطر والامتثال (GRC)؛ النزاعات الخدمية؛ التميز المستدام في الخدمات؛ جمعية هدية الحاج والمعتمر؛ نمذجة المعادلات الهيكلية بالمربعات الصغرى الجزئية (PLS-SEM).

Abstract

The Hajj and Umrah service sector faces increasing operational challenges due to the large number of service providers, the diversity of pilgrims› needs, and the complexity of service delivery processes. These challenges adversely affect service quality and contribute to growing complaints and service disputes. Although large volumes of data are generated from complaints, beneficiary feedback, service evaluations, and digital interactions, their effective use in supporting decision-making and improving the beneficiary experience remains limited. Moreover, the limited integration between

Customer Experience (CX) and Governance, Risk Management, and Compliance (GRC) represents a major challenge that constrains service quality improvement and dispute reduction. Against this background, this study aims to improve the quality of Hajj and Umrah services and enhance pilgrims› experiences by increasing service process efficiency, strengthening beneficiary trust, reducing service disputes, and achieving sustainable service excellence. To achieve these objectives, the study proposes and validates an integrated Big Data Analytics (BDA)-driven framework that combines Big Data Analytics, Customer Experience (CX), and Governance, Risk Management, and Compliance (GRC). The proposed framework assumes that integrating Big Data Analytics into operational and governance decision-making enhances customer experience and strengthens the integration between CX and GRC, thereby improving organizational performance and service quality. A quantitative research approach was adopted using the Hadiyah Pilgrim and Umrah Association as a case study. Data were collected through a structured questionnaire administered to employees and beneficiaries involved in Hajj and Umrah services and analyzed using Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM). The study provides a theoretical and practical framework demonstrating how Big Data Analytics can strengthen the integration of CX and GRC practices to improve service quality, enhance operational efficiency, increase pilgrims› trust, reduce service disputes, and promote sustainable excellence in the Hajj and Umrah service sector.

Keywords: Big data analytics; pilgrim experience; governance, risk management, and compliance; service disputes; sustainable service excellence; Hadiyah AlHajj and AlMutamer Association; PLS-SEM.

1. INTRODUCTION

The Hajj and Umrah service ecosystem is one of the most complex service environments in the world, involving multiple service providers, diverse beneficiary groups, and highly interconnected operational processes across the various stages of the pilgrim journey. As Saudi Arabia continues to advance its Vision 2030 objectives, significant efforts have been directed toward enhancing service quality, improving the pilgrim experience, and increasing operational efficiency across the Hajj and Umrah sector. Despite these efforts, service complaints and disputes remain persistent challenges that affect beneficiary satisfaction, service quality, and organizational performance (OECD, 2022; World Bank, 2023). These challenges often arise from a misalignment between pilgrims' expectations and the actual delivery of services, highlighting structural inefficiencies in how services are designed, coordinated, communicated, and monitored. A key underlying factor contributing to this challenge is the limited integration between Customer Experience (CX) and Governance, Risk Management, and Compliance (GRC) frameworks. In many service organizations, CX initiatives primarily focus on beneficiary satisfaction, responsiveness, and service quality, whereas GRC frameworks emphasize accountability, compliance, risk mitigation, and operational control. When these functions operate independently, organizations often struggle to ensure that service delivery is simultaneously customer-centric, transparent, and compliant, resulting in inconsistencies, perceived unfairness, and increased disputes. This fragmentation highlights the need for an integrated approach that aligns customer expectations with governance-driven decision-making processes (Power, 2007; Tricker, 2024; Verhoef et al., 2021). At the same time, the digital transformation of Hajj and Umrah services has generated vast amounts of structured and unstructured data, including complaints, customer feedback, service evaluations, social media interactions, and operational records. Despite the availability of such data, many organizations still underutilize these resources, limiting their ability to identify service gaps, anticipate beneficiary expectations, and improve decision-making. Big Data Analytics (BDA) has emerged as a powerful capability that enables organizations to transform large volumes of data into actionable insights that support service improvement, operational efficiency, and governance effectiveness (Wamba et al., 2017; Günther et al., 2017). Recent research increasingly emphasizes the importance of integrating data-driven insights with organizational capabilities to improve service outcomes. Combining BDA with CX and GRC offers a promising mechanism to enhance service process efficiency, strengthen beneficiary trust, improve transparency, and reduce disputes. By embedding customer insights into governance and operational processes, organizations can align service delivery with both beneficiary expectations and governance requirements, thereby supporting continuous service improvement and sustainable service excellence (Dubey et al., 2021; Verhoef et al., 2021). Despite these developments, important gaps remain in the existing literature. First, prior studies have largely examined CX, GRC, and BDA as separate research domains, with limited empirical attention given to their integration within a unified framework. Second, service disputes are often treated as isolated operational issues rather than outcomes of broader organizational, governance, and data utilization practices. Third, limited empirical evidence exists regarding how Big Data–driven CX–GRC integration contributes to sustainable service excellence within the Hajj and Umrah sector, particularly in the context of nonprofit service organizations operating within Saudi Arabia.

Research Problem

Despite the availability of large volumes of operational and customer-generated data, the limited integration between Big Data Analytics (BDA), Customer Experience (CX), and Governance, Risk Management, and Compliance (GRC) remains a major challenge that hinders service quality improvement, increases service disputes, and limits the

achievement of sustainable service excellence in the Hajj and Umrah service ecosystem

Research Objectives

This study aims to improve the quality of Hajj and Umrah services by enhancing beneficiary experience, reducing service disputes, and achieving sustainable service excellence through an integrated Big Data–driven Customer Experience–Governance, Risk Management, and Compliance (CX–GRC) framework. Specifically, the study seeks to:

- Examine the impact of Big Data Analytics (BDA) on Customer Experience (CX).

- Investigate the influence of Big Data Analytics (BDA) on Governance, Risk Management, and Compliance (GRC).

- Evaluate the role of CX–GRC integration in reducing service disputes.

- Assess the contribution of the proposed framework to improving service process efficiency, beneficiary trust, and sustainable service excellence.

This study contributes to the literature in three important ways. First, it integrates Customer Experience, Governance, Risk Management, Compliance, and Big Data Analytics into a unified framework within the Hajj and Umrah service context. Second, it reconceptualizes dispute reduction as an outcome of organizational alignment between beneficiary expectations, governance mechanisms, and data-driven decision-making. Third, it provides practical insights for nonprofit organizations, service providers, and policymakers seeking to improve service quality, strengthen beneficiary trust, reduce disputes, and achieve sustainable service excellence in serving pilgrims and Umrah performers. Recent scholarship increasingly emphasizes that Customer Experience (CX), Governance, Risk Management, and Compliance (GRC), and Big Data Analytics (BDA) should be understood as an interconnected system rather than isolated constructs, particularly in complex service ecosystems such as Hajj and Umrah services. Customer Experience reflects how beneficiaries perceive and evaluate service delivery throughout the various stages of their journey, while GRC establishes the governance structures, risk management practices, and compliance mechanisms that guide organizational decisions and operational processes. Big Data Analytics, in turn, provides the capability to transform large volumes of structured and unstructured data into actionable insights, enabling organizations to better understand beneficiary expectations, identify service gaps, and improve decision-making quality. The interaction among these dimensions is increasingly recognized as a critical driver of service quality, operational efficiency, beneficiary trust, and dispute reduction. Within the Hajj and Umrah sector, the importance of integrating these dimensions is amplified by the scale and complexity of operations, the diversity of beneficiary backgrounds, and the involvement of multiple stakeholders and service providers. The literature suggests that organizations capable of aligning customer-centric practices with governance mechanisms, supported by data-driven insights, are better positioned to enhance transparency, improve service fairness, reduce operational inefficiencies, and strengthen beneficiary satisfaction. Such integration not only helps reduce service disputes but also supports the achievement of sustainable service excellence through continuous improvement and more informed decision-making (Dubey et al., 2021; Verhoef et al., 2021; Tricker, 2024; Wamba et al., 2017). Consequently, recent studies increasingly advocate moving beyond isolated improvements in service quality, governance, or analytics capabilities toward integrated frameworks that simultaneously leverage customer insights, governance practices, and analytical capabilities. This perspective provides the conceptual foundation for examining how Big Data–driven CX–GRC integration can enhance the pilgrim experience, reduce service disputes, and achieve sustainable service excellence within the Hajj and Umrah service ecosystem.

Customer Experience (CX)

Customer Experience (CX) has become a central construct in service management and marketing literature, reflecting the overall perception formed by beneficiaries through their interactions with service providers across multiple touchpoints. Within the Hajj and Umrah service ecosystem, CX is particularly important because the pilgrim journey consists of a series of interconnected services delivered by multiple organizations before, during, and after the pilgrimage. Beneficiaries evaluate their experiences based on service quality, responsiveness, transparency, accessibility, personalization, and perceived fairness throughout the entire service journey. Consequently, the quality of these interactions directly influences beneficiary satisfaction, trust, and overall perceptions of service excellence (Lemon & Verhoef, 2016; Verhoef et al., 2021). Recent studies suggest that poor customer experience is a major source of complaints and service disputes in complex service environments. In the Hajj and Umrah sector, disputes frequently arise when beneficiaries encounter inconsistent information, service delivery delays, inadequate communication, or outcomes that fall short of their expectations. Such experiences often lead to dissatisfaction, formal complaints, and reduced confidence in service providers, ultimately affecting the perceived quality and reputation of the overall service ecosystem (OECD, 2022; World Bank, 2023). Importantly, customer experience is influenced not only by the quality-of-service delivery but also by the transparency, consistency, and fairness of organizational decisions, highlighting the importance of aligning customer-facing activities with governance and operational processes. Contemporary CX literature also emphasizes the strategic role of data in

understanding and continuously improving customer experience. Complaints, feedback, service evaluations, social media interactions, and other digital traces provide valuable insights into beneficiary expectations, service gaps, and emerging issues. However, many organizations continue to underutilize these valuable data resources, limiting their ability to proactively improve services and prevent disputes. This limitation reinforces the need to integrate Customer Experience with Big Data Analytics and Governance, Risk Management, and Compliance (GRC) practices, enabling organizations to make more informed decisions, improve service quality, strengthen beneficiary trust, and achieve sustainable service excellence (Dubey et al., 2021; Günther et al., 2017; Verhoef et al., 2021).

Governance, Risk Management, and Compliance (GRC)

Governance, Risk Management, and Compliance (GRC) has emerged as an integrated management approach that enables organizations to align strategic objectives with effective governance, proactive risk management, and regulatory compliance. Within the Hajj and Umrah service ecosystem, GRC plays a particularly important role due to the complexity of service operations, the involvement of multiple public, private, and nonprofit stakeholders, and the need to deliver high-quality services while ensuring safety, transparency, accountability, and regulatory compliance. Effective GRC reflects the quality of governance structures, the clarity of roles and responsibilities, the robustness of internal controls, the systematic management of risk, and adherence to applicable regulations and service standards (Power, 2007; Tricker, 2024). Recent literature suggests that weaknesses in governance, risk management, and compliance are among the primary causes of operational inconsistencies and service disputes in complex service ecosystems. Inadequate governance structures, ineffective risk identification, unclear operational procedures, and fragmented compliance practices may result in inconsistent service delivery, delayed responses, reduced transparency, and perceptions of unfair treatment among beneficiaries. These challenges are particularly critical in the Hajj and Umrah sector, where millions of pilgrims interact with multiple service providers throughout their pilgrimage, making consistency and coordination essential to delivering a positive service experience (OECD, 2022; World Bank, 2023). Contemporary governance research increasingly argues that GRC should be viewed as a strategic organizational capability rather than merely a compliance function. An integrated GRC framework supports informed decision-making, strengthens organizational resilience, enhances accountability, and facilitates continuous service improvement. When integrated with Customer Experience (CX) and supported by Big Data Analytics (BDA), GRC enables organizations to anticipate service risks, better understand beneficiary expectations, improve transparency and procedural fairness, and deliver services that are not only compliant with regulatory requirements but also perceived as reliable, responsive, and trustworthy by beneficiaries. Consequently, the integration of GRC with customer experience represents an essential foundation for reducing service disputes and achieving sustainable service excellence within the Hajj and Umrah service ecosystem (Aguilera et al., 2023; Tricker, 2024).

Big Data Analytics (BDA)

Big Data Analytics (BDA) has emerged as one of the most influential technological capabilities for enhancing organizational decision-making, operational performance, and service innovation. BDA refers to the application of advanced analytical techniques to process, integrate, and interpret large volumes of structured and unstructured data generated from multiple internal and external sources. These data include customer complaints, feedback, service evaluations, transaction records, social media interactions, mobile applications, operational systems, and behavioural patterns. By transforming raw data into actionable insights, BDA enables organizations to better understand beneficiary expectations, identify operational inefficiencies, anticipate service needs, and support evidence-based decision-making (Wamba et al., 2017; Dubey et al., 2021). Within the Hajj and Umrah service ecosystem, digital transformation has significantly increased the volume and diversity of data available throughout the pilgrim journey. Mobile applications, digital service platforms, reservation systems, customer feedback channels, operational monitoring systems, and social media continuously generate valuable information regarding beneficiary experiences, service quality, and operational performance. When effectively analysed, these data provide organizations with opportunities to identify service gaps, predict potential complaints, improve resource allocation, and enhance coordination among multiple service providers. Consequently, BDA has become a critical capability for improving both operational efficiency and service quality within the Hajj and Umrah sector (Günther et al., 2017; Verhoef et al., 2021). Despite these opportunities, existing research indicates that many service organizations continue to underutilize available data, relying primarily on descriptive reporting rather than predictive and prescriptive analytics. This limitation reduces their ability to proactively identify service failures, understand beneficiary expectations, manage operational risks, and support governance-related decisions. Recent studies therefore advocate embedding Big Data Analytics within organizational decision-making frameworks rather than treating it as an isolated technological resource. Integrating BDA with Customer Experience (CX) and Governance, Risk Management, and Compliance (GRC) enables organizations to make more informed decisions, strengthen transparency and accountability, improve service process efficiency, build beneficiary trust, reduce service disputes, and ultimately achieve sustainable service excellence (Dubey et al., 2021; Wamba et al., 2017; Verhoef et al., 2021).

Dispute Reduction

Dispute reduction has emerged as a critical performance indicator in complex service ecosystems, reflecting the effectiveness of service delivery, operational decision-making, and organizational responsiveness. Within the Hajj and Umrah sector, service disputes typically arise when beneficiaries perceive discrepancies between their expectations and the actual services received during different stages of the pilgrim journey. Such disputes may result from service delays, inconsistent information, inadequate communication, procedural complexity, or perceptions of unfair treatment. Beyond affecting individual beneficiary satisfaction, unresolved disputes can reduce trust, increase operational costs, damage organizational reputation, and undermine confidence in the overall service ecosystem (OECD, 2022; World Bank, 2023). Recent literature increasingly suggests that dispute reduction should not be viewed merely as an operational outcome but rather as a systemic indicator of organizational effectiveness. The frequency and severity of disputes often reflect the extent to which organizations successfully align service delivery with beneficiary expectations while maintaining transparency, accountability, and procedural fairness. Consequently, lower levels of disputes indicate stronger governance practices, more efficient operational processes, higher service quality, and greater beneficiary trust. Contemporary research also emphasizes that dispute reduction is strongly influenced by the integration of Customer Experience (CX), Governance, Risk Management, and Compliance (GRC), and Big Data Analytics (BDA). Organizations that effectively utilize beneficiary feedback, complaints, service evaluations, and operational data are better positioned to identify potential sources of dissatisfaction before they escalate into formal disputes. By embedding data-driven insights into governance and operational processes, organizations can proactively address service deficiencies, improve communication, enhance procedural fairness, and strengthen beneficiary confidence. Accordingly, dispute reduction is a critical mechanism by which integrated CX–GRC practices, supported by Big Data Analytics, help improve service quality and achieve sustainable service excellence within the Hajj and Umrah service ecosystem (Dubey et al., 2021; Verhoef et al., 2021; Wamba et al., 2017).

Sustainable Service Excellence

Sustainable Service Excellence has increasingly been recognized as a long-term organizational capability that enables service providers to consistently deliver high-quality, reliable, and beneficiary-centered services while continuously adapting to changing expectations and operational challenges. Unlike traditional approaches that focus primarily on short-term service quality or customer satisfaction, sustainable service excellence emphasizes the organization›s ability to maintain superior service performance through continuous improvement, effective governance, operational resilience, innovation, and stakeholder trust. Within the Hajj and Umrah service ecosystem, sustainable service excellence is particularly important because service providers operate in a highly dynamic environment characterized by large-scale operations, diverse beneficiary needs, and the involvement of multiple organizations throughout the pilgrim journey (Bagnoli et al., 2022; Schaltegger et al., 2024). Recent studies suggest that achieving sustainable service excellence depends not only on delivering high-quality services but also on maintaining transparency, fairness, operational consistency, and beneficiary trust over time. Persistent service disputes, inconsistent service delivery, and weak governance practices can undermine organizational credibility, reduce beneficiary confidence, and limit continuous service improvement. Conversely, organizations that effectively integrate customer experience, governance, and data-driven decision-making are better positioned to deliver consistent service quality, strengthen stakeholder relationships, and sustain operational excellence in the long term (OECD, 2022; World Bank, 2023). Contemporary literature further emphasizes that sustainable service excellence emerges from the interaction of organizational capabilities rather than isolated functional improvements. Integrating Customer Experience (CX), Governance, Risk Management, and Compliance (GRC), and Big Data Analytics (BDA) enables organizations to continuously monitor service performance, anticipate beneficiary needs, improve operational efficiency, reduce service disputes, and support evidence-based decision-making. This integrated perspective provides a comprehensive foundation for achieving sustainable service excellence within the Hajj and Umrah sector by ensuring that service quality, governance effectiveness, and beneficiary satisfaction evolve together through continuous learning and improvement (Dubey et al., 2021; Schaltegger et al., 2024; Verhoef et al., 2021).

THEORY AND HYPOTHESES DEVELOPMENT

This study draws on multiple complementary theoretical perspectives to explain how Big Data–driven integration of Customer Experience (CX) and Governance, Risk Management, and Compliance (GRC) enhances pilgrim experience, reduces service disputes, and contributes to sustainable service excellence within the Hajj and Umrah service ecosystem. Specifically, Service-Dominant Logic (SDL), Agency Theory, Stakeholder Theory, Institutional Theory, the Resource-Based View (RBV), and Dynamic Capability Theory collectively provide a robust theoretical foundation for the proposed conceptual model (Barney, 1991; DiMaggio & Powell, 1983; Freeman, 1984; Meckling & Jensen, 1976; Teece, 2018; Vargo & Lusch, 2004). Service-Dominant Logic explains how value is co-created through interactions between service providers and beneficiaries,

highlighting the central role of customer experience in shaping service outcomes (Vargo & Lusch, 2004, 2017). Agency Theory and Institutional Theory emphasize the importance of governance, accountability, transparency, and regulatory compliance in reducing information asymmetry, managing operational risks, and ensuring consistent service delivery (DiMaggio & Powell, 1983; Meckling & Jensen, 1976; Tricker, 2024). Stakeholder Theory further suggests that organizations achieve superior performance when they effectively balance the expectations of beneficiaries, regulators, employees, nonprofit organizations, and other stakeholders involved in delivering Hajj and Umrah services (Freeman, 1984; Freeman et al., 2021). From a strategic perspective, the Resource-Based View (RBV) and Dynamic Capability Theory explain how organizations can transform data, governance mechanisms, and customer insights into valuable organizational capabilities that are difficult for competitors to replicate (Barney, 1991; Barney et al., 2021; Teece, 2018). Big Data Analytics enables organizations to convert large volumes of operational and beneficiary data into actionable knowledge that supports better decision-making, strengthens governance practices, improves service process efficiency, enhances beneficiary trust, and enables continuous service improvement (Dubey et al., 2021; Wamba et al., 2017). Together, these theoretical perspectives explain how customer expectations, governance mechanisms, and data-driven insights interact to improve operational performance, reduce service disputes, and achieve sustainable service excellence within the Hajj and Umrah service ecosystem.

Big Data Analytics, CX–GRC Integration, and Dispute Reduction

From a Service-Dominant Logic (SDL) perspective, value is co-created through continuous interactions between service providers and beneficiaries across multiple service touchpoints (Vargo & Lusch, 2004; Vargo & Lusch, 2017). Within the Hajj and Umrah service ecosystem, these interactions extend throughout the pilgrim journey, including registration, transportation, accommodation, guidance, mobility, and post-service support. Service disputes often emerge when beneficiaries perceive inconsistencies between their expectations and the services delivered. Big Data Analytics (BDA) enables organizations to better understand beneficiary expectations by analysing large volumes of operational and customer-generated data, including complaints, service evaluations, digital interactions, and behavioural patterns. Integrating these insights into Customer Experience (CX) and Governance, Risk Management, and Compliance (GRC) practices enables organizations to improve service alignment, enhance decision quality, and minimize expectation gaps. From an Agency Theory perspective, service disputes can be viewed as consequences of information asymmetry and misaligned interests between service providers and beneficiaries (Meckling & Jensen, 1976). Governance mechanisms including transparency, accountability, internal controls, and regulatory compliance reduce these asymmetries by promoting consistent and fair decision-making (Tricker, 2024). When supported by Big Data Analytics, governance mechanisms become more proactive, enabling organizations to continuously monitor service performance, identify operational risks, and make evidence-based decisions that improve both customer experience and governance effectiveness. Stakeholder Theory further argues that organizations achieve sustainable performance by balancing the expectations of multiple stakeholders, including beneficiaries, regulators, nonprofit organizations, service partners, and government agencies (Freeman, 1984; Freeman et al., 2021). Integrating CX with GRC ensures that beneficiary expectations are embedded within governance and operational processes, while Big Data Analytics enables organizations to systematically capture, analyse, and respond to stakeholder feedback. This integrated approach enhances transparency, procedural fairness, and beneficiary confidence, thereby reducing the likelihood of service disputes. Institutional Theory further suggests that organizations operating within highly regulated service ecosystems must conform to regulatory requirements, service standards, and societal expectations to maintain legitimacy (DiMaggio & Powell, 1983). In the Hajj and Umrah sector, compliance with quality standards, operational regulations, and beneficiary protection requirements is essential for ensuring service consistency and public trust. A Big Data–driven CX–GRC integration framework strengthens organizational legitimacy by improving regulatory compliance while simultaneously enhancing beneficiary experience and operational effectiveness. Collectively, these theoretical perspectives suggest that Big Data Analytics serves as a strategic capability that strengthens both Customer Experience and Governance, Risk Management, and Compliance practices. The integration of these capabilities is expected to reduce service disputes by improving service quality, transparency, accountability, and organizational responsiveness. Based on these theoretical arguments, the following hypotheses are proposed:

H1: Big Data Analytics positively influences Customer Experience (CX).

H2: Big Data Analytics positively influences Governance, Risk Management, and Compliance (GRC).

H3: The integration of Customer Experience (CX) and Governance, Risk Management, and Compliance (GRC) negatively influences service disputes.

CX, GRC, Sustainable Service Excellence, and Service Disputes

The relationship between Customer Experience (CX), Governance, Risk Management, and Compliance (GRC), and service dispute reduction can be explained through the development of Sustainable Service Excellence. From the Resource-Based View (RBV), organizational capabilities that consistently deliver superior service quality while effectively integrating governance practices represent valuable, rare, and difficult-to-imitate strategic

resources that contribute to sustained organizational performance (Barney, 1991; Barney et al., 2021). The integration of Customer Experience with Governance, Risk Management, and Compliance enables organizations to align beneficiary expectations with governance mechanisms, operational processes, and strategic objectives, thereby establishing the foundation for sustainable service excellence. Sustainable Service Excellence reflects an organization›s long-term capability to consistently deliver high-quality, transparent, reliable, and beneficiary-centered services while continuously improving operational performance. Within the Hajj and Umrah service ecosystem, sustainable service excellence depends on effective governance, proactive risk management, continuous service innovation, and evidence-based decision-making. Big Data Analytics strengthens this capability by transforming beneficiary feedback, complaints, operational records, and digital interactions into actionable insights that support continuous improvement. At the same time, Governance, Risk Management, and Compliance ensures that services remain standardized, transparent, accountable, and fully aligned with regulatory requirements, while Customer Experience ensures that services are designed and delivered in accordance with beneficiary expectations. Dynamic Capability Theory further suggests that organizations operating within complex service ecosystems must continuously integrate, reconfigure, and renew their organizational capabilities to respond effectively to changing beneficiary expectations and operational challenges (Teece, 2018). The integration of Big Data Analytics with Customer Experience and Governance, Risk Management, and Compliance enhances organizational adaptability by supporting continuous learning, service innovation, and governance excellence. Through the development of sustainable service excellence, organizations become better equipped to deliver consistently high-quality services, minimize operational failures, proactively address beneficiary needs, and reduce service disputes. This perspective provides the conceptual foundation for examining how Big Data–driven CX–GRC integration enhances the pilgrim experience, reduces service disputes, and achieves sustainable service excellence within the Hajj and Umrah service ecosystem. Based on these theoretical arguments, the following hypotheses are proposed:

H4: Customer Experience (CX) positively influences Sustainable Service Excellence.

H5: Governance, Risk Management, and Compliance (GRC) positively influence Sustainable Service Excellence.

Sustainable Service Excellence and Service Disputes

The relationship between Sustainable Service Excellence and service dispute reduction can be explained through Stakeholder Theory, Institutional Theory, and Dynamic Capability Theory. Stakeholder Theory suggests that organizations create long-term value by consistently meeting the expectations of their stakeholders through reliable, transparent, and high-quality services (Freeman, 1984; Freeman et al., 2021). Within the Hajj and Umrah service ecosystem, beneficiaries are more likely to perceive services as fair and satisfactory when organizations consistently deliver excellent service experiences supported by effective governance and operational excellence. Consequently, organizations that achieve sustainable service excellence are expected to experience fewer complaints and service disputes. Institutional Theory further argues that organizations operating in highly regulated environments maintain legitimacy by adhering to accepted standards, regulatory requirements, and societal expectations (DiMaggio & Powell, 1983). In the Hajj and Umrah sector, sustainable service excellence reflects an organization›s ability to consistently comply with governance requirements while delivering beneficiary-centered services. Such organizations are more likely to demonstrate transparency, accountability, and operational consistency, thereby reducing misunderstandings, service failures, and conflicts that may lead to formal disputes. Dynamic Capability Theory also suggests that organizations capable of continuously learning, adapting, and improving their service capabilities are better positioned to sustain superior performance over time (Teece, 2018). By leveraging Big Data Analytics and integrating Customer Experience with Governance, Risk Management, and Compliance, organizations can continuously refine their service delivery processes, proactively address beneficiary expectations, and prevent service failures before they escalate into disputes. Therefore, sustainable service excellence serves as a key organizational capability through which integrated CX–GRC practices contribute to reducing service disputes and improving overall organizational performance within the Hajj and Umrah service ecosystem. Based on these theoretical arguments, the following hypothesis is proposed:

H6: Sustainable Service Excellence negatively influences service disputes.

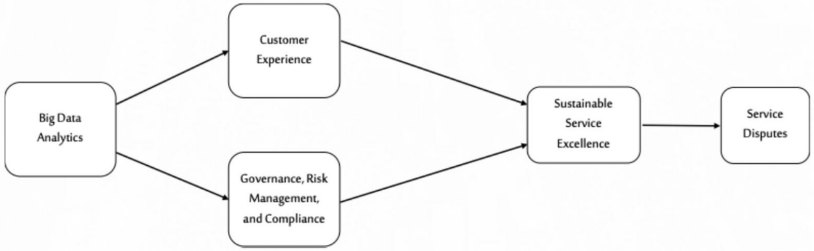


Figure 1: The Research Conceptual Model

2. METHODS

2.1 Research Design and Data Collection

This study adopted a quantitative survey-based research design to examine the relationships among Big Data Analytics (BDA), Customer Experience (CX), Governance, Risk Management, and Compliance (GRC), Sustainable Service Excellence (SSE), and Service Disputes (SD) within the Hajj and Umrah service ecosystem in Saudi Arabia. The target population consisted of managers and professionals involved in strategic planning, governance, customer experience, quality management, information technology, and data analytics. A total of 3,000 questionnaires were distributed through institutional networks and digital communication channels. After data screening and validation, 698 valid responses representing 143 organizations were retained for analysis. The questionnaire measured five organizational constructs: Big Data Analytics, Customer Experience, Governance, Risk Management and Compliance, Sustainable Service Excellence, and Service Disputes. All items were adapted from validated scales and measured using a seven-point Likert scale ranging from 1 (Strongly Disagree) to 7 (Strongly Agree).

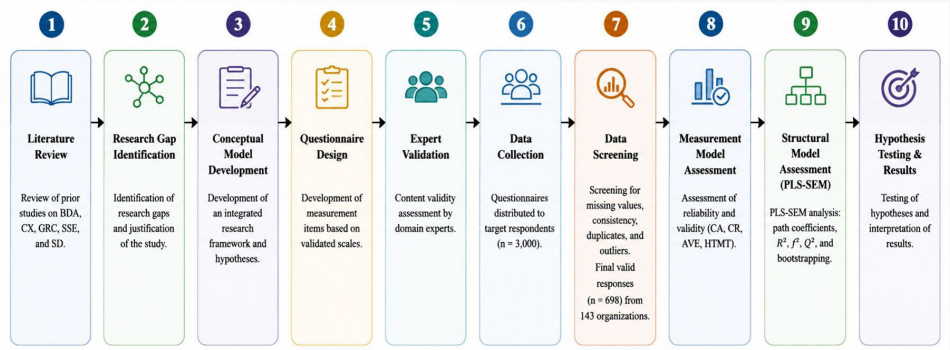


Figure 2. Research Methodology

2.2 Data Analysis

Data were analyzed using SPSS for descriptive statistics and preliminary data screening, while SmartPLS was employed to estimate the measurement and structural models. Given the predictive nature of the study, the complexity of the conceptual framework, and the integration of multiple latent constructs, Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM) was selected. Following the guidelines of Hair et al. (2022), the measurement model was evaluated through indicator reliability, Cronbach›s alpha, Composite Reliability (CR), Average Variance Extracted (AVE), and the Heterotrait–Monotrait ratio (HTMT).

The structural model was assessed using path coefficients, bootstrapping, coefficients of determination (R^2), effect sizes (f^2), and predictive relevance (Q^2).

2.3 Measurement of Constructs

The study measured five organizational constructs using previously validated scales adapted to the Hajj and Umrah service context. Table 1 summarizes the constructs and their principal sources.

Table 1. Measurement of Constructs

Construct	Measurement Source
Big Data Analytics (BDA)	Dubey et al. (2021); Günther et al. (2017); Wamba et al. (2017)
Customer Experience (CX)	Verhoef et al. (2021)
Governance, Risk Management, and Compliance (GRC)	Power (2007); Tricker (2024); OECD (2022)
Sustainable Service Excellence (SSE)	Bagnoli et al. (2022); Schaltegger et al. (2024); Verhoef et al. (2021)
Service Disputes (SD)	Eling and Lehmann (2018); OECD (2022); Verhoef et al. (2021)

All constructs were operationalized using multiple indicators adapted from the referenced studies and assessed on a seven-point Likert scale ranging from 1 (Strongly Disagree) to 7 (Strongly Agree).

3. RESULTS

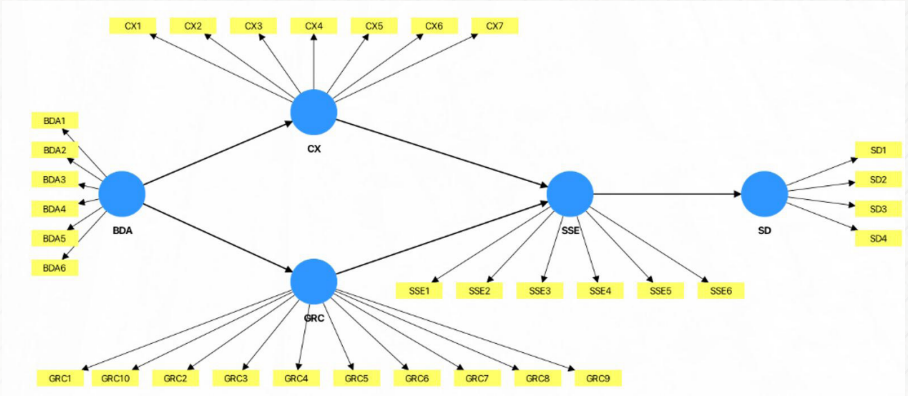


Figure 3: The Structural Model with Estimated Parameters

Table 2: Reliability and Validity Test

Construct	No. of Questions	Cronbach's Alpha	Composite Reliability	Average Variance Extracted (AVE)	DV/IV *
Big Data Analytics (BDA)	6	0,968	0,974	0,861	IV
Customer Experience (CE)	7	0,975	0,979	0,870	DV
Governance, Risk Management, and Compliance (GRC)	10	0,976	0,979	0,826	DV
Service Disputes (SD)	4	0,963	0,973	0,900	DV
Sustainable Service Excellence (SSE)	6	0,981	0,984	0,912	DV

*DV=dependent variable, IV= independent variable

Table 3: Construct Correlation - The Fornell-Larcker Criterion

Construct	BDA	CX	GRC	SD	SSE
BDA	0,928				
CX	0,810	0,933			
GRC	0,767	0,731	0,909		
SD	0,821	0,803	0,754	0,949	
SSE	0,844	0,845	0,798	0,818	0,955

Table 4: The Heterotrait-Monotrait Ratio (HTMT)

Construct	BDA	CX	GRC	SD	SSE
BDA					
CX	0,834				
GRC	0,789	0,748			
SD	0,850	0,828	0,775		
SSE	0,866	0,864	0,814	0,841	

After establishing internal consistency, reliability and convergent validity, as reported in Table 2, discriminant validity was examined to ensure that each construct represented a conceptually and empirically distinct phenomenon. Consistent with established PLS-SEM guidelines, discriminant validity was assessed using two complementary approaches: the Fornell–Larcker criterion and the heterotrait–monotrait ratio (HTMT). First, discriminant validity was evaluated using the Fornell–Larcker criterion. As presented in Table 3, the square root of the Average Variance Extracted (AVE) for each construct exceeded its correlations with all other constructs. Specifically, the square root of AVE was 0.928 for Big Data Analytics (BDA), 0.933 for Customer Experience (CX), 0.909 for Governance, Risk Management, and Compliance (GRC), 0.949 for Service Disputes (SD), and 0.955 for Sustainable Service Excellence (SSE). In every case, these values were greater than the corresponding inter-construct correlations, indicating that each construct shared more variance with its own indicators than with any other latent construct. These findings provide strong evidence of discriminant validity in accordance with the criterion proposed by Fornell and Larcker (1981). Second, discriminant validity was further assessed using the heterotrait–monotrait ratio (HTMT), which is regarded as a more rigorous assessment of construct distinctiveness. As shown in Table 4, all HTMT values were below the conservative threshold of 0.90 recommended by Henseler et al. (2015). Specifically, the highest HTMT value was 0.866 between Big Data Analytics and Sustainable Service Excellence, followed by 0.864 between Customer Experience and Sustainable Service Excellence, with all other values ranging from 0.748 to 0.850. Although these values indicate meaningful theoretical relationships among the constructs, they remain well within the recommended threshold, confirming that the latent variables are empirically distinct. Taken together, the findings from the Fornell–Larcker criterion and the HTMT analysis provide consistent and robust evidence of discriminant validity. Therefore, the measurement model demonstrates satisfactory construct distinctiveness, supporting the validity of the proposed conceptual framework and providing a sound basis for evaluating the structural model and testing the proposed hypotheses.

Table 5: Total Effects

No	Relationships	Sample	Sample Mean (M)	Standard Deviation (STDEV)	T Statistics (|O/STDEV|)	P Values	Results
1	BDA → CX	0.810	0.810	0.020	40.823	0.000**	Supported
2	BDA → GRC	0.767	0.767	0.024	31.628	0.000**	Supported
3	BDA → SSE	0.332	0.330	0.063	5.277	0.000**	Supported
4	CX → SD	0.344	0.344	0.063	5.443	0.000**	Supported
5	CX → SSE	0.385	0.386	0.055	6.952	0.000**	Supported
6	GRC → SD	0.225	0.226	0.048	4.642	0.000**	Supported
7	GRC → SSE	0.262	0.261	0.046	5.685	0.000**	Supported
8	SSE → SD	0.348	0.346	0.072	4.809	0.000**	Supported
9	BDA → GRC → SD	0.172	0.174	0.040	4.356	0.000**	Supported
10	GRC → SSE → SD	0.091	0.090	0.022	4.145	0.000**	Supported
11	BDA → CX → SD	0.279	0.279	0.054	5.206	0.000**	Supported
12	BDA → GRC → SSE	0.201	0.201	0.037	5.469	0.000**	Supported
13	BDA → CX → SSE	0.312	0.313	0.046	6.810	0.000**	Supported
14	BDA → GRC → SSE → SD	0.070	0.069	0.017	4.115	0.000**	Supported
15	BDA → SSE → SD	0.115	0.116	0.039	2.979	0.003	Supported
16	BDA → CX → SSE → SD	0.109	0.108	0.024	4.486	0.000**	Supported
17	CX → SSE → SD	0.134	0.133	0.030	4.431	0.000**	Supported

* Significant at p < 0.05, ** Significant at p < 0.01

Table 5 presents the results of the structural model, including both the direct and indirect effects among Big Data Analytics (BDA), Customer Experience (CX), Governance, Risk Management, and Compliance (GRC), Sustainable Service Excellence (SSE), and Service Disputes (SD). Overall, all hypothesized relationships were positive

and statistically significant, providing strong empirical support for the proposed Big Data–driven CX–GRC integration framework. First, Big Data Analytics demonstrated a strong and highly significant positive effect on both Customer Experience (β = 0.810, t = 40.823, p < 0.001) and Governance, Risk Management, and Compliance (β = 0.767, t = 31.628, p < 0.001). These findings indicate that organizations with stronger big data analytics capabilities are substantially more capable of enhancing customer experience while simultaneously strengthening governance practices, risk management processes, and regulatory compliance. Furthermore, Big Data Analytics also exerted a significant direct influence on Sustainable Service Excellence (β = 0.332, t = 5.277, p < 0.001), confirming its strategic role as a key organizational capability that supports continuous service improvement and long-term service excellence. Second, Customer Experience emerged as one of the principal drivers of organizational performance. Customer Experience had a significant positive effect on Sustainable Service Excellence (β = 0.385, t = 6.952, p < 0.001), representing the strongest direct determinant of service excellence in the proposed model. In addition, Customer Experience significantly reduced Service Disputes (β = 0.344, t = 5.443, p < 0.001), suggesting that delivering clear, responsive, coordinated, and customer-centered services substantially decreases service-related conflicts within the Hajj and Umrah service ecosystem.

Third, Governance, Risk Management, and Compliance also demonstrated significant positive effects on both Sustainable Service Excellence (β = 0.262, t = 5.685, p < 0.001) and Service Disputes (β = 0.225, t = 4.642, p < 0.001). These findings indicate that effective governance structures, proactive risk management, and strong compliance mechanisms contribute not only to improving organizational service excellence but also to minimizing operational disputes by promoting transparency, accountability, consistency, and procedural fairness. The results further revealed that Sustainable Service Excellence significantly contributed to the reduction of Service Disputes (β = 0.348, t = 4.809, p < 0.001). This finding suggests that organizations capable of consistently delivering high-quality, continuously improving, and well-governed services are more likely to minimize complaints, reduce conflicts, and achieve smoother service delivery. The result reinforces the proposition that sustainable service excellence represents a critical organizational capability through which customer-focused and governance-oriented practices are translated into improved operational outcomes. Beyond the direct relationships, the mediation analysis provides additional insights into the mechanisms through which Big Data Analytics enhances organizational performance.

Big Data Analytics exerted significant indirect effects on Service Disputes through Governance, Risk Management, and Compliance (β = 0.172, t = 4.356, p < 0.001), through Customer Experience (β = 0.279, t = 5.206, p < 0.001), through Sustainable Service Excellence (β = 0.115, t = 2.979, p = 0.003), and through the sequential mediation paths of Governance, Risk Management, and Compliance followed by Sustainable Service Excellence (β = 0.070, t = 4.115, p < 0.001), and Customer Experience followed by Sustainable Service Excellence (β = 0.109, t = 4.486, p < 0.001). These findings demonstrate that Big Data Analytics creates organizational value through multiple complementary pathways rather than through isolated direct effects. Similarly, Governance, Risk Management, and Compliance significantly influenced Sustainable Service Excellence, which subsequently reduced Service Disputes (β = 0.091, t = 4.145, p < 0.001), while Customer Experience also exhibited a significant sequential indirect effect on Service Disputes through Sustainable Service Excellence (β = 0.134, t = 4.431, p < 0.001). These mediation effects confirm that Sustainable Service Excellence serves as an important transmission mechanism linking both customer-oriented practices and governance capabilities with dispute reduction.

Overall, the findings provide strong empirical support for the proposed Big Data–driven CX–GRC integration framework. Big Data Analytics emerged as the foundational organizational capability driving improvements in both Customer Experience and Governance, Risk Management, and Compliance. These organizational capabilities subsequently enhanced Sustainable Service Excellence while simultaneously reducing Service Disputes through both direct and indirect pathways. Collectively, the results demonstrate that organizations can substantially improve service quality, operational consistency, and dispute management by integrating data-driven decision-making with customer-centric practices and governance mechanisms.

Consequently, the study advances the Hajj and Umrah service management literature by demonstrating that Sustainable Service Excellence is best understood as the outcome of strategically integrating Big Data Analytics, Customer Experience, and Governance, Risk Management, and Compliance within a unified organizational framework.

Model Fit

In this study, Partial Least Squares Structural Equation Modelling (PLS-SEM) was employed to evaluate the explanatory power of the proposed Big Data–driven CX–GRC integration framework. Consistent with established PLS-SEM guidelines, the explanatory capability of the structural model was assessed using the coefficient of determination (R^2), which indicates the proportion of variance in each endogenous construct explained by its predictor variables (Shmueli, 2010; Hair et al., 2022). R^2 values range from 0 to 1, with higher values indicating greater predictive and explanatory power. Following confirmation of the measurement model›s reliability and validity, the structural model was evaluated by examining the explained variance of the endogenous constructs.

Based on Cohen›s (1988) guidelines, R^2 values of approximately 0.26, 0.13, and 0.02 represent large, medium, and small explanatory effects, respectively. As reported in Table 6, the proposed model demonstrates substantial explanatory power across all endogenous constructs. Customer Experience (CX) achieved an R^2 of 0.657, indicating that Big Data Analytics explains 65.7% of the variance in CX. This represents a large explanatory effect and highlights the critical role of data-driven capabilities in enhancing customer-oriented service practices within the Hajj and Umrah service ecosystem. Similarly, Governance, Risk Management, and Compliance (GRC) recorded an R^2 value of 0.588, suggesting that Big Data Analytics explains 58.8% of the variance in governance capability. This large effect demonstrates that organizations possessing stronger big data analytics capabilities are substantially more capable of strengthening governance structures, improving risk management practices, and enhancing regulatory compliance.

The model also explains a considerable proportion of the variance in Sustainable Service Excellence (SSE), with an R^2 value of 0.814. This indicates that Big Data Analytics, Customer Experience, and Governance, Risk Management, and Compliance jointly explain 81.4% of the variance in Sustainable Service Excellence, representing the highest explanatory power among all endogenous constructs. This finding confirms that sustainable service excellence is primarily achieved through the integration of data-driven capabilities, customer-centred practices, and effective governance mechanisms. Finally, Service Disputes (SD) achieved an R^2 value of 0.730, indicating that Customer Experience, Governance, Risk Management, and Compliance, together with Sustainable Service Excellence, explain 73.0% of the variance in service disputes. This large explanatory effect suggests that the proposed framework provides substantial predictive capability for understanding and reducing service disputes within the Hajj and Umrah service ecosystem. Overall, the consistently high R^2 values across all endogenous constructs demonstrate the strong explanatory and predictive capability of the proposed research model.

The findings provide robust empirical support for the theoretical framework, confirming that Big Data Analytics serves as the foundational organizational capability driving improvements in Customer Experience and Governance, Risk Management, and Compliance, which subsequently enhance Sustainable Service Excellence and contribute to reducing Service Disputes. Collectively, these results reinforce the value of integrating data-driven decision-making, customer-centric practices, and governance mechanisms to achieve operational excellence and sustainable service outcomes within the Hajj and Umrah service ecosystem.

Table 6: Explained Variance for Dependent Variables.

Construct	R Square	Classified
CX	0.657	Large
GRC	0.588	Large
SD	0.730	Large
SSE	0.814	Large

In addition to evaluating the explanatory power of the structural model using the coefficient of determination (R^2), the predictive relevance of the proposed model was assessed using Stone–Geisser's Q^2 criterion. According to Chin (1998) and Hair et al. (2022), Q^2 values greater than zero indicate that the structural model possesses predictive relevance for a given endogenous construct, whereas values equal to or below zero suggest a lack of predictive capability. The Q^2 values were obtained using the blindfolding procedure, which evaluates the model's ability to accurately predict omitted data points. As reported in Table 6, all endogenous constructs exhibit Q^2 values substantially greater than zero, providing strong evidence of the model's predictive relevance. Customer Experience (CX) achieved a Q^2 value of 0.656, indicating high predictive accuracy in explaining customer experience using Big Data Analytics. This finding suggests that organizations possessing stronger data analytics capabilities can reliably predict and enhance customer-centred service practices within the Hajj and Umrah service ecosystem. Similarly, Governance, Risk Management, and Compliance (GRC) recorded a Q^2 value of 0.585, demonstrating considerable predictive relevance. This result indicates that Big Data Analytics provides substantial predictive capability for strengthening governance structures, improving risk management practices, and ensuring regulatory compliance across Hajj and Umrah service organizations. Sustainable Service Excellence (SSE) achieved the highest predictive relevance among all endogenous constructs, with a Q^2 value of 0.712. This finding indicates that Big Data Analytics, Customer Experience, and Governance, Risk Management, and Compliance collectively provide strong predictive capability for explaining sustainable service excellence. The result further reinforces the proposition that integrating data-driven decision-making with customer-centric practices and governance mechanisms is essential for achieving long-term service excellence. Finally, Service Disputes (SD) recorded a Q^2 value of 0.667, indicating substantial predictive relevance. This result demonstrates that Customer Experience, Governance, Risk Management, and Compliance, together with Sustainable Service Excellence, provide strong predictive power to explain and reduce service disputes within the Hajj and Umrah service ecosystem. Overall, the consistently high Q^2 values across all endogenous constructs provide robust evidence of the model's out-of-sample predictive capability. These

findings complement the previously reported high R⊠ values and further confirm the adequacy and predictive robustness of the proposed structural model. Collectively, the results reinforce the validity of the Big Data–driven CX–GRC integration framework and demonstrate its ability to reliably predict Customer Experience, Governance, Risk Management, and Compliance, Sustainable Service Excellence, and Service Disputes within the Hajj and Umrah service ecosystem.

Table 7: Stone-Geisser's Q^2

Construct	Q^2
CX	0.656
GRC	0.585
SSE	0.712
SD	0.667

To assess the overall adequacy of the proposed research model, the Goodness-of-Fit (GoF) index was employed as a global measure of model performance. The GoF index, introduced by Tenenhaus et al. (2005) and further developed by Wetzels et al. (2009), is calculated as the geometric mean of the Average Variance Extracted (AVE) of all constructs and the average coefficient of determination (R⊠) of the endogenous constructs. This approach simultaneously considers the quality of both the measurement and structural models, thereby providing a comprehensive assessment of overall model performance (Wetzels et al., 2009; Vinzi et al., 2010; Henseler & Sarstedt, 2013). Accordingly, the GoF value was calculated using the following formula:

$$GoF = \sqrt{(\overline{R^2} \times \overline{AVE})}$$

$$\text{GoF} = \sqrt{(0.874 \times 0.697)}$$
$$\text{GoF} = \sqrt{0.609}$$
$$\text{GoF} = 0.781$$

The results provide strong evidence that the proposed research model exhibits excellent overall fit. According to the Goodness-of-Fit benchmarks suggested by Wetzels et al. (2009), GoF values below 0.10 indicate no fit; values between 0.10 and 0.25 indicate a small fit; values between 0.25 and 0.36 indicate a medium fit; and values greater than 0.36 indicate a large fit. The calculated GoF value of 0.781 substantially exceeds the recommended threshold for a large model fit, demonstrating outstanding global model adequacy. This finding indicates that the proposed Big Data–driven Customer Experience–Governance, Risk Management, and Compliance (CX–GRC) integration framework possesses a high level of overall quality by combining excellent measurement properties with strong structural explanatory power. Consequently, the model provides a robust representation of the relationships among Big Data Analytics, Customer Experience, Governance, Risk Management and Compliance, Sustainable Service Excellence, and Service Disputes within the Hajj and Umrah service ecosystem.

The high GoF value further confirms the suitability of the proposed framework for explaining and predicting organizational capabilities and service outcomes in this context. To further evaluate the adequacy of the proposed structural model, model fit was assessed using the standardized root mean square residual (SRMR), the normed fit index (NFI), the squared Euclidean distance (d_ULS), and the geodesic discrepancy (d_G).

These indices provide complementary evidence regarding the overall fit between the empirical data and the proposed theoretical model within the PLS-SEM framework (Henseler et al., 2015; Hair et al., 2022). As shown in Table 7, the estimated model achieved an SRMR of 0.050, well below the recommended threshold of 0.08, indicating an excellent fit and suggesting only a small discrepancy between the observed and model-implied correlation matrices. Likewise, the saturated model produced an even lower SRMR value of 0.029, further confirming the satisfactory fit of the measurement model. The model also achieved a Normed Fit Index (NFI) of 0.909, exceeding the commonly accepted benchmark of 0.90, thereby indicating a good overall fit between the proposed model and the observed data.

Furthermore, the discrepancy measures d_ULS (1.380) and d_G (0.889) for the estimated model were relatively low and closely comparable to those obtained for the saturated model (d_ULS = 0.473 and d_G = 0.832), suggesting that the proposed model adequately reproduces the covariance structure of the observed data. Overall, the model fit statistics provide additional evidence supporting the adequacy of the proposed Big Data–driven Customer Experience–Governance, Risk Management, and Compliance (CX–GRC) integration framework.

When considered together with the strong reliability, convergent validity, discriminant validity, explanatory power (R⊠), predictive relevance (Q^2), and Goodness-of-Fit (GoF) results, these findings confirm that the proposed model demonstrates excellent measurement quality, substantial explanatory capability, strong predictive performance, and satisfactory overall model fit within the Hajj and Umrah service ecosystem.

Table 8: Model Fit Summary

Fit Index	Saturated Model	Estimated Model	Recommended Value	Assessment
SRMR	0.029	0.050	< 0.08	Excellent Fit
d_ULS	0.473	1.380	Lower is better*	Acceptable
d_G	0.832	0.889	Lower is better*	Acceptable
Chi-square	3449.008	3411.669	—	Descriptive
NFI	0.908	0.909	> 0.90	Good Fit

4. DISCUSSION AND IMPLICATIONS

The primary objective of this study was to examine how Big Data Analytics (BDA) contributes to enhancing Customer Experience (CX), strengthening Governance, Risk Management, and Compliance (GRC), achieving Sustainable Service Excellence (SSE), and ultimately reducing Service Disputes (SD) within the Hajj and Umrah service ecosystem. By developing and empirically testing a Big Data–driven CX–GRC integration framework using organization-level data collected from managers across Hajj and Umrah service organizations, this study extends the growing literature on digital transformation, governance, and service management by explaining how data-driven organizational capabilities can be translated into sustainable service outcomes. In doing so, the study responds to recent calls for more integrated and empirically grounded research that combines customer-centric management, governance mechanisms, and digital capabilities to improve service performance in large-scale religious tourism contexts. The findings demonstrate that Big Data Analytics represents the fundamental organizational capability underpinning the proposed framework. The significant positive effects of BDA on both Customer Experience and Governance, Risk Management, and Compliance indicate that organizations capable of effectively collecting, integrating, and analyzing operational and customer data are substantially better positioned to enhance service quality while simultaneously strengthening governance practices. This finding supports the Resource-Based View, which considers data and analytical capabilities as valuable strategic resources that generate sustainable competitive advantage when effectively utilized. The results further align with Dynamic Capability Theory by demonstrating that Big Data Analytics enables organizations to continuously transform operational information into actionable knowledge, thereby improving both customer-oriented practices and governance quality. The study further reveals that Customer Experience and Governance, Risk Management, and Compliance function as complementary organizational capabilities rather than independent managerial functions. Customer Experience exhibited the strongest direct effect on Sustainable Service Excellence, suggesting that delivering responsive, coordinated, transparent, and customer-centered services constitutes the primary driver of long-term service excellence. At the same time, Governance, Risk Management, and Compliance also demonstrated a significant positive influence on Sustainable Service Excellence, indicating that operational excellence cannot be sustained without effective governance structures, proactive risk management, accountability, and regulatory compliance. These findings support Service-Dominant Logic, which emphasizes value co-creation through service interactions, while simultaneously reinforcing Institutional Theory by highlighting the importance of governance mechanisms in ensuring service consistency, organizational legitimacy, and stakeholder confidence. An important contribution of this study lies in positioning Sustainable Service Excellence as the central strategic outcome of integrating customer-centric practices with governance capabilities. Rather than viewing service excellence solely as an operational objective, the findings demonstrate that it represents a higher-order organizational capability developed through the effective integration of digital intelligence, customer experience management, and governance mechanisms. The strong explanatory power of the model for Sustainable Service Excellence further confirms that sustainable excellence is achieved not through isolated service improvement initiatives but through a comprehensive organizational approach that aligns technology, governance, and customer value creation. The findings also demonstrate that Customer Experience, Governance, Risk Management, and Compliance, and Sustainable Service Excellence each contribute significantly to reducing Service Disputes. These results suggest that service disputes should not be viewed merely as operational failures requiring reactive complaint handling. Instead, disputes represent organizational outcomes that can be proactively minimized through better customer experiences, stronger governance mechanisms, and sustained service excellence. This finding extends previous tourism and service management research by repositioning dispute reduction as an indicator of organizational effectiveness rather than solely a customer service metric. The mediation analysis provides further evidence supporting the proposed theoretical framework. Big Data Analytics influences Sustainable Service Excellence and Service Disputes not only directly but also indirectly through Customer Experience and Governance, Risk Management, and Compliance. In particular, the sequential mediation effects confirm that data-driven capabilities generate organizational value by strengthening customer-oriented practices and governance mechanisms, which subsequently enhance Sustainable Service Excellence and ultimately reduce service disputes. These findings reinforce the central proposition of Dynamic Capability Theory that digital capabilities create value primarily through organizational transformation rather than through technology adoption alone. From a theoretical perspective, this study makes several important contributions. First, it integrates Big Data Analytics, Customer Experience,

Governance, Risk Management, and Compliance, Sustainable Service Excellence, and Service Disputes into a unified organizational framework, thereby bridging research streams that have traditionally evolved independently. Second, the study extends Service-Dominant Logic by demonstrating that customer value creation depends not only on service interactions but also on governance quality and organizational decision-making supported by data analytics. Third, the findings advance the Resource-Based View and Dynamic Capability Theory by providing empirical evidence that Big Data Analytics constitutes a strategic organizational capability whose value is realized through its integration with customer experience management and governance practices. Finally, the study contributes to Hajj and Umrah service research by introducing Sustainable Service Excellence as a strategic organizational capability linking digital transformation with operational performance and dispute reduction.

PRACTICAL RECOMMENDATIONS

Based on the findings of this study, the following recommendations are proposed to support the continuous improvement of the Hajj and Umrah service ecosystem:

- Develop an integrated Big Data Analytics platform to consolidate complaints, beneficiary feedback, operational records, and service evaluations from all organizations involved in Hajj and Umrah services, enabling evidence-based decision-making and continuous service improvement.

- Integrate Customer Experience (CX) with Governance, Risk Management, and Compliance (GRC) into a unified management framework to ensure that customer insights directly support governance decisions, risk mitigation strategies, and organizational performance.

- Adopt Artificial Intelligence (AI) and predictive analytics to monitor service quality, identify potential service failures, anticipate beneficiary needs, and proactively reduce service disputes before they escalate.

- Establish standardized performance indicators for Customer Experience, Governance, Sustainable Service Excellence, and Service Disputes to facilitate benchmarking and continuous performance evaluation across public, private, and nonprofit organizations.

- Strengthen data governance practices by improving data quality, interoperability, cybersecurity, privacy protection, and secure information sharing among stakeholders within the Hajj and Umrah ecosystem.

- Enhance digital integration among government agencies, nonprofit organizations, and private service providers through interoperable digital platforms that improve coordination throughout the pilgrims› journey.

- Invest in continuous training and capacity-building programs to strengthen employees› competencies in Big Data Analytics, Customer Experience management, governance, risk management, compliance, and data-driven decision-making.

- Implement continuous beneficiary feedback mechanisms across all stages of the Hajj and Umrah journey to identify service gaps, improve responsiveness, and support continuous quality improvement.

- Encourage nonprofit organizations serving pilgrims to adopt integrated digital governance frameworks that improve transparency, accountability, operational efficiency, and beneficiary trust.

- Support the objectives of Saudi Vision 2030 by accelerating digital transformation initiatives that combine Big Data Analytics, Customer Experience, and Governance, Risk Management, and Compliance to deliver world-class services, reduce service disputes, and achieve sustainable service excellence for the Guests of Allah.

5. CONCLUSION

This study investigated how Big Data Analytics (BDA) contributes to enhancing Customer Experience (CX), strengthening Governance, Risk Management, and Compliance (GRC), achieving Sustainable Service Excellence (SSE), and reducing Service Disputes (SD) within the Hajj and Umrah service ecosystem. Drawing upon Service-Dominant Logic, Agency Theory, Stakeholder Theory, Institutional Theory, the Resource-Based View (RBV), and Dynamic Capability Theory, the study developed and empirically validated a Big Data–driven CX–GRC integration framework using Partial Least Squares Structural Equation Modelling (PLS-SEM). The findings demonstrate that Big Data Analytics constitutes the foundational organizational capability driving both customer-centred service management and governance effectiveness. Organizations with stronger data analytics capabilities were found to significantly enhance Customer Experience, strengthen Governance, Risk Management, and Compliance, and directly improve Sustainable Service Excellence. Furthermore, Customer Experience and Governance, Risk Management, and Compliance jointly contributed to Sustainable Service Excellence while simultaneously reducing Service Disputes. Sustainable Service Excellence also emerged as a significant organizational capability that further reduced service disputes, highlighting its critical role in translating customer-oriented and governance-driven practices into improved operational outcomes. Beyond the

direct relationships, the study confirms that Customer Experience, Governance, Risk Management, Compliance, and Sustainable Service Excellence serve as important mechanisms through which Big Data Analytics creates organizational value. Rather than functioning solely as a technological capability, Big Data Analytics enables organizations to transform operational and beneficiary data into strategic knowledge that improves governance quality, enhances service delivery, strengthens organizational learning, and minimizes service disputes. This study makes several important contributions to the literature. First, it integrates Big Data Analytics, Customer Experience, Governance, Risk Management, and Compliance, Sustainable Service Excellence, and Service Disputes into a unified conceptual framework, extending previous research that has typically examined these constructs independently. Second, the findings advance current understanding of sustainable service management by demonstrating that Sustainable Service Excellence represents the strategic outcome of integrating customer-centric practices with governance mechanisms supported by data-driven decision-making. Third, the study contributes to the growing body of knowledge on Hajj and Umrah service management by providing empirical evidence that digital transformation and governance integration are fundamental drivers of service quality, operational excellence, and dispute reduction. Overall, the proposed Big Data-driven CX–GRC integration framework provides both theoretical and practical value for organizations operating within the Hajj and Umrah service ecosystem. By integrating data analytics, customer experience, governance, and sustainable service excellence into a unified management approach, organizations can improve service quality, enhance operational efficiency, strengthen beneficiary trust, reduce service disputes, and contribute to achieving the objectives of Saudi Vision 2030.

LIMITATIONS AND FUTURE SCOPE

Despite its theoretical and practical contributions, this study has several limitations that provide opportunities for future research. First, the study employed a cross-sectional research design, which limits the ability to establish causal relationships over time. Future studies should adopt longitudinal research designs to examine how Big Data Analytics capabilities, governance practices, and customer experience evolve and jointly influence Sustainable Service Excellence and Service Disputes across different Hajj and Umrah seasons. Second, the empirical investigation was conducted within the context of the Hajj and Umrah service ecosystem in Saudi Arabia, using Hadiyah AlHajj and the AlMutamer Association as the primary case study. Although the respondents represented managers from 143 organizations involved in serving pilgrims, the findings may not be fully generalizable to other religious tourism destinations or international pilgrimage contexts. Future research should validate the proposed framework across different countries, nonprofit organizations, government agencies, and commercial service providers to examine its broader applicability. Third, the study relied on managers› perceptions collected through structured questionnaires. Although managers are directly involved in strategic decision-making, governance, customer experience management, and digital transformation, future studies could adopt a multi-source research design by combining managerial perceptions with objective organizational performance indicators, operational records, customer complaint databases, digital platform analytics, or beneficiary satisfaction measures to further strengthen empirical validity. Finally, future research could extend the proposed framework by examining additional mediating and moderating variables that may influence the relationships identified in this study. Potential extensions include organizational culture, digital maturity, artificial intelligence adoption, organizational resilience, inter-organizational collaboration, knowledge management capability, leadership styles, organizational agility, regulatory support, and institutional trust. Such investigations would contribute to a deeper understanding of how digital capabilities and governance mechanisms jointly shape sustainable service excellence within increasingly complex service ecosystems. Overall, this study provides a strong empirical foundation for future research on data-driven governance and customer-centred service management within Hajj and Umrah services. It also offers a valuable platform for expanding interdisciplinary research at the intersection of digital transformation, governance, customer experience, and sustainable service excellence in religious tourism and other large-scale service environments.

References

1. Aguilera, R. V., Judge, W. Q., & Terjesen, S. A. (2023). Corporate governance deviance. Academy of Management Annals, 17(1), 87–121.

2. Bagnoli, L., Rossi, A., & Vagnoni, E. (2022). Financial sustainability and value creation in mission-driven organizations. Nonprofit Management & Leadership, 33(1), 67–89.

3. Barney, J. (1991). Firm resources and sustained competitive advantage. Journal of Management, 17(1), 99–120.

4. Chin, W. W. (1998). The partial least squares approach structural equation modeling. In Modern methods for business research (pp. 295–336). Lawrence Erlbaum.

5. Cohen, J. (1988). Statistical power analysis for the behavioral sciences (2nd ed.). Lawrence Erlbaum.

6. DiMaggio, P. J., & Powell, W. W. (1983). The iron cage revisited. American Sociological Review, 48(2), 147–160.

7. Dubey, R., Gunasekaran, A., Childe, S. J., et al. (2021). Sustainable supply chain

management. International Journal of Production Economics, 236, 108–123.

8. Freeman, R. E. (1984). Strategic management: A stakeholder approach. Pitman.

9. Fornell, C., & Bookstein, F. L. (1982). Two structural equation models. Journal of Marketing Research, 19(4), 440–452.

10. Fornell, C., & Larcker, D. F. (1981). Evaluating structural equation models. Journal of Marketing Research, 18(1), 39–50.

11. Hair, J. F., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2022). Partial least squares structural equation modeling. Journal of Marketing Theory and Practice, 30(4), 363–378.

12. Henseler, J., & Sarstedt, M. (2013). Goodness-of-fit indices for PLS-SEM. Computational Statistics, 28(2), 565–580.

13. Henseler, J., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2015). A new criterion for assessing discriminant validity. Journal of the Academy of Marketing Science, 43(1), 115–135.

14. OECD. (2022). G20/OECD principles of corporate governance. OECD Publishing.

15. Schaltegger, S., Hörisch, J., & Freeman, R. E. (2024). Business sustainability and stakeholder theory. Business Strategy and the Environment, 33(2), 456–470.

16. Shmueli, G. (2010). To explain or to predict? Statistical Science, 25(3), 289–310.

17. Teece, D. J. (2018). Business models and dynamic capabilities. Long Range Planning, 51(1), 40–49.

18. Tricker, B. (2024). Corporate governance: Principles, policies, and practices (5th ed.). Oxford University Press.

19. Vinzi, V. E., Trinchera, L., & Amato, S. (2010). PLS path modeling. Computational Statistics & Data Analysis, 54(11), 2903–2920.

20. Wetzels, M., Odekerken-Schröder, G., & van Oppen, C. (2009). Using PLS path modeling. MIS Quarterly, 33(1), 177–195.

21. World Bank. (2023). Islamic social finance and sustainable development. World Bank Group.

22. Power, Daniel J. «A brief history of decision support systems.» (2007).

23. Wamba, S. F., Gunasekaran, A., Akter, S., Ren, S. J. F., Dubey, R., & Childe, S. J. (2017). Big data analytics and firm performance: Effects of dynamic capabilities. Journal of business research, 70, 356-365.

24. Günther, W. A., Mehrizi, M. H. R., Huysman, M., & Feldberg, F. (2017). Debating big data: A literature review on realizing value from big data. The journal of strategic information systems, 26(3), 191-209.

25. Verhoef, P. C., Broekhuizen, T., Bart, Y., Bhattacharya, A., Dong, J. Q., Fabian, N., & Haenlein, M. (2021). Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda. Journal of business research, 122, 889-901.

26. Meckling, W. H., & Jensen, M. C. (1976). Theory of the Firm. Managerial behavior, agency costs and ownership structure, 3(4), 305-360.

27. Vargo, S. L., & Lusch, R. F. (2004). The four service marketing myths: remnants of a goods-based, manufacturing model. Journal of service research, 6(4), 324-335.

28. Vargo, S. L., & Lusch, R. F. (2017). Service-dominant logic 2025. International journal of research in marketing, 34(1), 46-67.

29. Freeman, R. E., Dmytriyev, S. D., & Phillips, R. A. (2021). Stakeholder theory and the resource-based view of the firm. Journal of management, 47(7), 1757-1770.

30. Eling, M., & Lehmann, M. (2018). The impact of digitalization on the insurance value chain and the insurability of risks. The Geneva papers on risk and insurance-issues and practice, 43(3), 359-396.

31. Tenenhaus, M., Vinzi, V. E., Chatelin, Y. M., & Lauro, C. (2005). PLS path modeling. Computational statistics & data analysis, 48(1), 159205.

نظام درون طوارئ ذكي لتوجيه الحشود وتسريع وصول الفرق الطبية إلى الحالات الطارئة في مناطق الطواف عالية الكثافة بالمسجد الحرام

ياسر عبد الرحمن*[1]، محمود الجمسى[2]، محمد سالم[1]، أحمد فرغلى[3]، عبد الملك التويجري[3]، صالح الدهش[1] - قسم الهندسة الميكانيكية والصناعية، جامعة المجمعة*[1] - قسم الهندسة الكهربائية، جامعة المجمعة[2] - قسم الهندسة المدنية والبيئية، جامعة المجمعة [3]

Smart Emergency Drone System for Crowd Guidance and Medical Team Access in High-Density Tawaf Areas at Masjid Al-Haram

Yasser Abdelrhman[1]*, Mahmoud M. Elgamasy[2], Mohamed S. Salem[1], Ahmed Farghaly[3], Abdulmalik Altuwaijiri3, and Saleh Ahmed Aldahash[1] - [1]* Mechanical and Industrial Engineering Department, Majmaah University, [2]Electrical Engineering Department, Majmaah University, [3]Civil and Environmental Engineering Department, Majmaah University

*Corresponding author: E-mail (yasser.abdelrhman@mu.edu.sa)

الملخص

يستقبل المسجد الحرام في مكة المكرمة ملايين الحجاج والمعتمرين سنويًا. وتشهد منطقة الطواف كثافات بشرية عالية خلال فترات متعددة، مما قد يؤدي إلى صعوبة الوصول السريع إلى الحالات الطبية الطارئة. وتزداد هذه التحديات بسبب تنوع اللغات بين الحجاج والمعتمرين، وصعوبة تحديد موقع الحالة بدقة داخل الحشود، إضافة إلى التأخر في إنشاء مسار آمن لوصول فرق الاستجابة الطبية.

يقترح هذا البحث نظام استجابة سريعًا وذكيًا للحالات الطارئة داخل منطقة الطواف، يعتمد على الطائرات المسيّرة المرتبطة بتطبيق هاتف ذكي لطلب المساعدة الطارئة، مع إمكانية التكامل مستقبلًا مع تطبيق نسك أو غيره من المنصات الرقمية المعتمدة لخدمات الحج والعمرة. عند تفعيل زر الطوارئ، يتم تحديد موقع الحالة، ثم تُرسل أقرب طائرة مسيّرة مناسبة إلى موقع الحالة. عند وصول الطائرة المسيّرة إلى موقع الحالة، تعمل بوصفها منارة طوارئ جوية ذكية من خلال بث رسائل صوتية متعددة اللغات، وإظهار إشارات ضوئية واضحة لتوجيه الحشود والمساعدة في إنشاء مسار آمن ومؤقت لوصول الفرق الطبية. كما يتضمن النظام كاميرا حرارية وخوارزمية ذكاء اصطناعي للتحقق الأولي من البلاغات وتقليل الإنذارات الخاطئة، بينما يتم تجميع البلاغات المتعددة الصادرة من الموقع القريب نفسه في حالة واحدة لتحسين تنظيم الاستجابة.

تم تطوير إطار هندسي تصوري وتسلسل تشغيلي مقترح للنظام. وتشير الدراسة إلى إمكانية استخدام الطائرات المسيّرة لدعم تحديد مواقع الحالات الطارئة وتوجيه الفرق الطبية داخل بيئات الطواف عالية الكثافة. ومع ذلك، لا يزال النظام في المرحلة التصورية، ويتطلب إجراء اختبارات ميدانية حقيقية، والحصول على الموافقات الرسمية، وتنفيذ تقييمات السلامة، والتطبيق المنضبط قبل أي استخدام عملي داخل المسجد الحرام أو بالقرب منه.

الكلمات المفتاحية: الحج والعمرة، المسجد الحرام، الطائرات بدون طيار، الاستجابة الطبية الطارئة، إدارة الحشود، تحديد المواقع، الذكاء الاصطناعي.

Abstract

Masjid Al-Haram in Makkah receives millions of Hajj and Umrah pilgrims annually. The Tawaf area experiences high crowd densities during many periods, which may lead to difficulties in rapidly reaching medical emergency cases. These challenges are further increased by the diversity of languages spoken by pilgrims, the difficulty of accurately locating affected individuals within the crowd, and delays in creating a safe access path for medical response teams.

This research proposes a smart rapid-response system for emergency cases within the Tawaf area based on unmanned aerial vehicles connected to a smartphone application for requesting emergency assistance, with the possibility of future integration with the Nusuk application or other authorized Hajj and Umrah digital platforms. When the emergency button is activated, the location of the case is identified, and the nearest suitable drone is dispatched to the case location. Upon arrival at the case location, the drone operates as a smart aerial emergency beacon by broadcasting multilingual voice messages and clear visual signals to guide the crowd and help create a temporary safe access path for medical teams. The system also includes

a thermal camera and artificial intelligence algorithm for preliminary verification of reports and reduction of false alarms, while multiple reports originating from the same nearby location are grouped into a single case to improve response organization. A conceptual engineering framework and a proposed operational sequence for the system have been developed. The study indicates the potential of using unmanned aerial vehicles to support the localization of emergency cases and guide medical teams within high-density Tawaf environments. However, the system is still conceptual, and real field testing, official approval, safety assessment, and controlled deployment are required before any practical application in or near Masjid Al-Haram.

Keywords: Hajj and Umrah, Grand Mosque, Unmanned Aerial Vehicles, Emergency Medical Response, Crowd Management, Localization, Artificial Intelligence.

1. Introduction

Millions of Muslim pilgrims and Umrah visitors gather to the Holy Mosque (Masjid Al-Haram) in Makkah in Saudi Arabia annually. Hajj and Umrah are among the biggest and most important religious congregations in the world. The days during which Hajj must be performed are a particular part of Dhul Hijjah (12th month in the Islamic calendar) and Umrah may be performed at any time of the year. In these rituals, there are a huge number of people from different countries, languages, cultures, ages, sizes, health conditions, and movement abilities who gather in a limited sacred area. According to previous studies, nearly three million pilgrims from over 183 countries could make Hajj every year. This creates a very complex context in terms of crowd movement, language diversity, health conditions and emergency response (Halboob et al., 2024; Showail, 2022; The_24th_Scientific_Bulletin_English, n.d.). The Tawaf is one of the most significant rituals, during which pilgrims rotate around the Kaaba in counterclockwise direction, always they are facing the left shoulder towards the Kaaba. This movement occurs within a very small and very symbolic space around the Kaaba. During peak periods, this can get very crowded and the movement becomes continuous and hard to interrupt. Hence, Hajj and Umrah are not only religious occasions, but in addition major engineering, crowd management and health challenges (Alasmari et al., 2024; Felemban et al., 2021).

Actually, crowd management in Hajj and Umrah is well organized by the Saudi authorities and supported by the most recent and professional available techniques, including high-level planning, advanced monitoring systems, artificial intelligence, computer vision, sensors, and decision-support tools. Many research studies have focused on how to estimate crowd density, crowd areas classifications, detecting congestion, and how to support responsible authorities with real-time information. For example, CNN-based image classification has been used to classify the crowd conditions in Hajj and Umrah into multiple levels, such as heavily crowded, crowded, semi-crowded, light crowded, and normal (Abdoh, 2025; Albattah et al., 2020; Alhussen et al., 2026; Almutairi et al., 2022). Other studies analyzed the collected drone images, image stitching, object detection, and crowd counting techniques during Hajj to provide decision-makers with real-time information about pilgrims and vehicles (Alaska et al., 2017; Husman et al., 2021; Wen et al., 2019; Zhu et al., 2018). Recent research also indicates that crowd management during Hajj is transferring from traditional just active monitoring toward proactive and data-driven systems, i.e., it has been proposed Urban Digital Twin frameworks, IoT sensors, GPS tracking, CCTV systems, transportation data, and predictive modelling to simulate crowd movement, predict points of congestion, and facilitate a better emergency response. Other multi-layered systems that include the integration of drones, airships, on-site sensors and AI analytics have also been suggested, to enhance the real-time monitoring of the crowd and to enable earlier intervention before overcrowding or bottlenecks occur (Ahmad et al., n.d.; Alabdulkarim et al., 2016; Al-Khaffaf et al., 2012; Almutairi et al., 2024; Amit et al., 2025; Bhuiyan et al., 2022; Khan et al., 2020; Showail, 2022).

Another important challenge in the environment of Hajj and Umrah is health and infection control. High population density, physical contact, sharing accommodation, extended walking distances, exposure to heat, fatigue, and elderly pilgrims or pilgrims suffering from chronic diseases may create potential for medical emergencies and the spread of infection. Effectively, previous studies documented that pilgrims tend to be close to one another, creating a risk of spread of viruses, particularly respiratory viruses. Studies on public health also emphasized the need for the establishment of strong preparedness systems for Hajj and Umrah, such as the implementation of surveillance, vaccination, emergency planning, environmental health control, public awareness, and the importance of communication between health authorities (Alreeme et al., 2022; Ebrahim et al., 2009; Elachola et al., 2016). Some diseases of concern are important diseases like MERS-CoV, meningococcal disease, diarrheal diseases, seasonal influenza and other respiratory diseases. In recent years, public health watch lists have also included infectious threats like influenza, meningococcal disease, mpox, polio, dengue and antimicrobial resistant pathogens which can affect Hajj and Umrah. Non-infectious threats, including heat illness, dehydration, crowd trauma, cardiometabolic events, mental fatigue and sleep deprivation, can also impact them. Therefore, rapid identification of emergency cases within dense Tawaf crowds is not only crucial about injury or collapse cases. It is also crucial for early medical intervention, decreasing delay in medical care and enabling improved health and infection-control response during

mass gathering events (Alreeme et al., 2022; Alshamrani et al., 2025; Ebrahim et al., 2024, 2025; Ridda et al., 2021). While the former studies are very significant, most of them have primarily addressed crowd monitoring, crowd density estimation, congestion prediction, prevention of disease spread, control of health situations, routing, or general decision support. These directions are complementary to the overall crowd-management system, but they do not directly solve a particular emergency-response problem inside the Tawaf crowd. This problem is locating a single emergency case, making its position visible, and guiding the medical team to it through a dense crowd with continuous and dynamic movement. The medical team could also be physically near to the emergency case, but the case may still be hard to identify because of human occlusion, continuous movement, language barriers, and the lack of a clear access part, figure 1 illustrates the situation during Tawaf.

Therefore, the main objectives of this study are:

1. To propose a smart emergency drone system for dense Tawaf crowds at Masjid Al-Haram.

2. To describe the use of mobile reporting, geofence validation, and report grouping in the early emergency stage.

3. To discuss drone selection, mission control, and preliminary case verification.

4. To present aerial beaconing as a method for guiding pilgrims and supporting medical team access.

5. To identify the expected outputs, limitations, and future testing needs of the proposed framework.

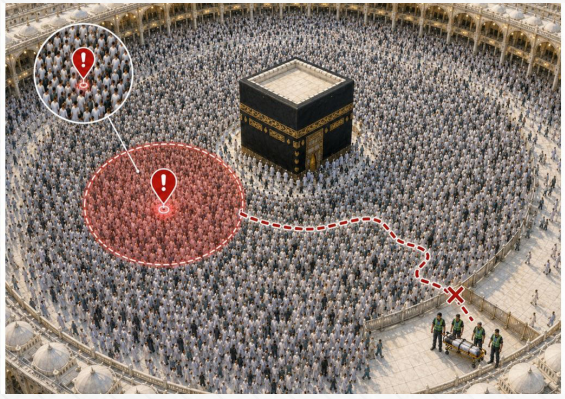


Figure 1. Illustration of the difficulty of medical access during an emergency case inside a dense Tawaf crowd. The pilgrims move as one continuous crowd block, which makes it difficult to determine the exact location of the emergency case and to open a clear path for the medical team.

2. Methodology: Conceptual Design of the Proposed Framework

In this work, the methodology is created as a conceptual engineering design. The objective is to propose a smart framework for emergency drone dispatching in dense crowds of both Hajj and Umrah pilgrims, particularly during Tawaf. At this stage, the system is not provided as a complete prototype. The work is centered on the system logic, the process sequence, the main components, and the expected role of the drone in helping the medical team reach the emergency case in shortest possible time.

The central issue considered here is not only the emergency itself, but also finding the emergency case among a dense and moving crowd. In Tawaf, the medical team could be in the vicinity of the emergency case but may not be able to determine the exact location due to human occlusion, constant motion, language barriers, and the lack of an accessible path. The proposed solution is therefore oriented toward minimizing location uncertainty, making the emergency case visible from above, and coordinating the medical team without taking its role. Figure 2 illustrates the proposed framework five layers of the conceptual methodology; reporting layer, report grouping layer, dispatch layer, localization and verification layer, and the aerial guidance layer.

2.1 System Logic and Main Layers

The proposed system has five connected layers. The first layer is the user reporting layer. An emergency message is sent by a pilgrim or a nearby person using a mobile application. The report contains the approximate location, time of report, and basic information about the request. The mobile device can also send supporting geographical information. The second layer is the report grouping layer. In the dense Tawaf crowd, several people may press the emergency button for the same case. This means that the system should not treat each call as a separate emergency. When multiple emergency calls are received within a circle of approximately 2 m radius, the system considers them as one emergency case. This can reduce repeated dispatch calls and avoid confusion when one case is reported by several people close to each other. The third layer is the dispatch layer. After grouping the reports, the platform assigns the nearest available drone based on availability, battery status, distance to the reported area, and mission status. In this conference-stage study, this process is described at the system level without going into the detailed algorithmic design.

The fourth layer is the localization and verification layer. The drone first navigates to the approximate position, then improves the location accuracy using more than one source, such as GPS, UWB, BLE, and vision checking. When the drone arrives at the target area, it does not directly switch on the lights or loudspeaker messages. It first checks the emergency report using the built-in camera and thermal camera. The collected

information is then analyzed using an AI-based algorithm to assess whether the emergency report is likely to be true or false. The fifth layer is the aerial guidance layer. This layer begins only when the emergency case has been verified. Once verified, the drone stays above or near the medical case, emits a light signal, and broadcasts short multilingual messages to help pilgrims create a temporary open path for the medical team. The operational sequence of the proposed framework is discussed in detail in the Results and Discussion section, where each implementation step is linked with its expected functional output.

2.2 Aerial Beaconing and Crowd Guidance

In the proposed framework, the role of the drone is not to be used for patient transportation. Its main role is to act as an intelligent aerial emergency beacon only. After the emergency case is checked and verified, the drone hovers above or near the case at a safe and logic operational height and makes the location visible to the medical team. The concept of the beaconing includes turning on special light signals and short multilingual voice messages in different languages to help pilgrims open a temporary path. All detailed functional outputs of these stages are discussed later in the Results and Discussion section.

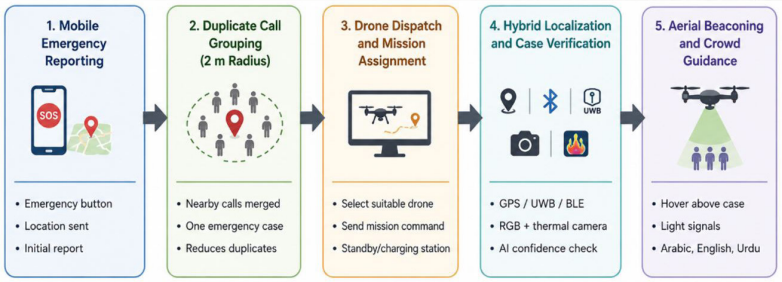


Figure 2. Methodology of the proposed smart emergency drone framework. The figure shows the five main functional layers: mobile emergency reporting, duplicate call grouping, drone dispatch and mission assignment, hybrid localization and case verification, and aerial beaconing and crowd guidance.

3. Results and Discussion: Functional Outputs of the Proposed Framework

The Results and Discussion section is about the expected results from the framework. The proposed system is a conceptual design, and this section does not contain any actual field results or experimental measurements. Rather than that, it details the expected outcome of each major component of the proposed system. These outputs are discussed in the same sequence in which they are performed in the implementation sequence, because each step shows a contribution in supporting emergency response within the dense Tawaf crowd, as seen in the flowchart in Figure 3. The key point is that the drone cannot be controlled from the cellphone. The mobile application is only used to initiate emergency reports. The next decisions are then handled by the dispatch server. It processes the request, groups repeated reports, determines the emergency location, chooses the appropriate drone, and controls the drone mission. This is significant, as Tawaf is a heavily populated, sensitive, and regulated area.

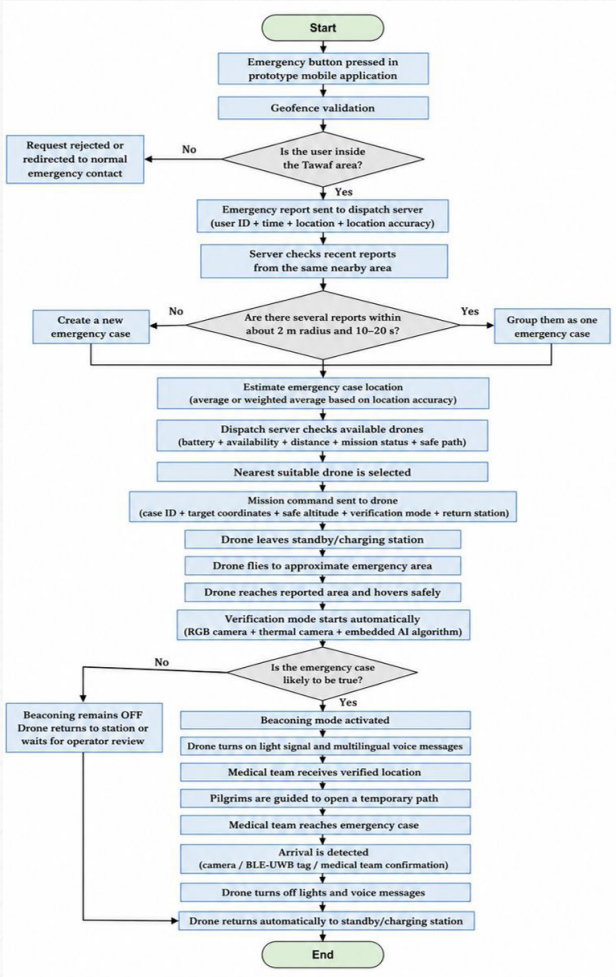


Figure 3. Implementation flowchart of the proposed smart emergency drone response framework.

3.1 Mobile Emergency Reporting and Geofence Validation

The first result from this part is a validated digital emergency report. At the prototype level, the emergency reporting function could be a simple mobile interface. This function can be incorporated into Nusuk or any other official platform for Hajj and Umrah in the future. Hence, this study does not claim that Nusuk has been modified. It just indicates one possible way for future integration. The emergency button is for use within the Tawaf area only. That is why the Tawaf area is considered a digital geofence boundary. When the emergency button is pressed, the system verifies the user location. If the user is outside the Tawaf boundary, the request is rejected or redirected to the normal emergency contact as illustrated in Figure 4. If the user is within the boundary, his/her request is accepted, and a digital emergency report is sent to the dispatch server.

At this point, it is not about drone movement. The output is a verified emergency report containing the user ID, emergency report time, location coordinates, and location accuracy. This is crucial, since it prevents a random request or a request from outside the area from triggering the emergency drone system. There is some previous research to support this step on mobile emergency notification systems. For instance, Salazar Cazco et al. (Cazco et al., 2025) created an emergency notification app that includes mobile geolocation, backend services, Firebase Realtime Database, and Google Maps API. On average, their system reduced response time by 53.92% compared with the traditional notification process. This helps justify the use of mobile-based emergency reporting as a first step. This concept is further developed in the present study into a drone-assisted emergency response system based on aerial beaconing.

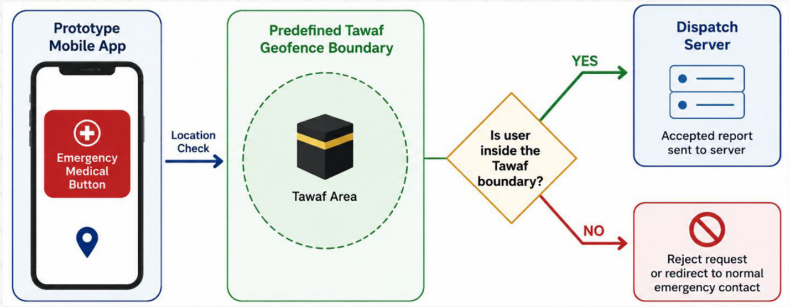


Figure 4. Mobile emergency reporting and Tawaf geofence validation stage. The emergency button is activated only when the user is inside the predefined Tawaf boundary. Requests from outside the boundary are rejected or redirected to the normal emergency contact. Accepted requests are sent to the dispatch server as verified digital emergency reports.

3.2 Report Grouping and Emergency Location Estimation

The second result is a single estimate of the emergency location, rather than many repeated reports. During Tawaf, many pilgrims may report the same medical case at almost the same time when the crowd is dense. The positions they report might be slightly different due to location accuracy errors in mobile devices and people's movement. In order to minimize this problem, the system aggregates nearby reports that are received within a short time interval. For the initial design value, reports within approximately 2 m radius and received within 10–20 seconds are considered as a single emergency case. The grouping is followed by estimating one target location using the average or weighted average of the reported points. Reports with better location accuracy have a greater influence on the final estimated location as illustrated in Figure 5. At the end of this stage, there is one emergency target point. This reduces unnecessary dispatch decisions and provides the drone with a better starting location. The values for the radius and the time window are not fixed values, but must be optimized later by simulation or controlled testing.

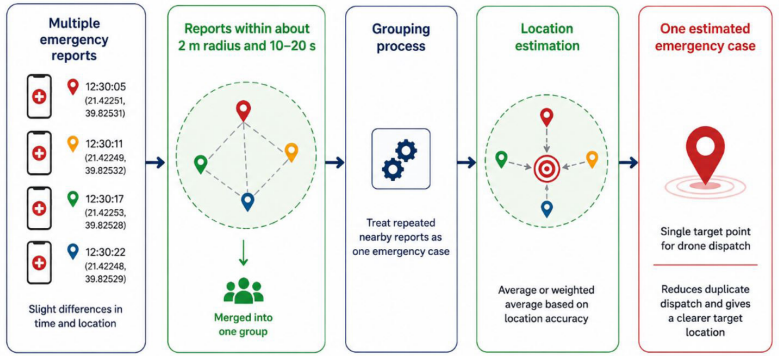


Figure 5. Report grouping and emergency location estimation. Several nearby reports related to the same medical case are grouped into one emergency case, and one estimated target location is generated for drone dispatch.

3.3 Preliminary Virtual Simulation of Report Grouping

In order to have a computational check for the report grouping step, a preliminary virtual simulation was done in Python. The simulation was only directed towards the report grouping rule and not to simulate the entire movement of the Tawaf congregation. The emergency reports were represented as points in the two-dimensional space of the local area and their reporting time in seconds. Reports were clustered when they were within 2m and within 20s of each other. Three scenarios were tested; Reported repeated

instances around one emergency case was scenario 1. Scenario 2 was the reports of two emergency cases that occurred in two different locations. Scenario 3 was for reports from nearby locations, but with a delayed reporting time. The group output results in each scenario are summarized in Table 1. The preliminary simulation indicated the proposed grouping rule had a logical behavior for the cases tested. It combined multiple reports from the same emergency case, isolated reports from different cases in space, and prevented late reports from being directly added to previous reports. Thus these initial design values of 2 m radius and 10–20 s can be taken as initial values. These values are, however, not final and optimized and should be further simulated, controlled and tested in the field before implementing in the Tawaf area.

Table 1. Preliminary virtual simulation results for the report grouping algorithm.

Scenario	Description	No. of reports	Groups found	Interpretation
Scenario 1	Repeated reports around one emergency case	10	1	Repeated reports were grouped as one case
Scenario 2	Reports around two separated emergency cases	12	2	Two separated cases were kept as two groups
Scenario 3	Nearby reports with delayed reporting time	10	2	Delayed reports were treated as a separate group or review case

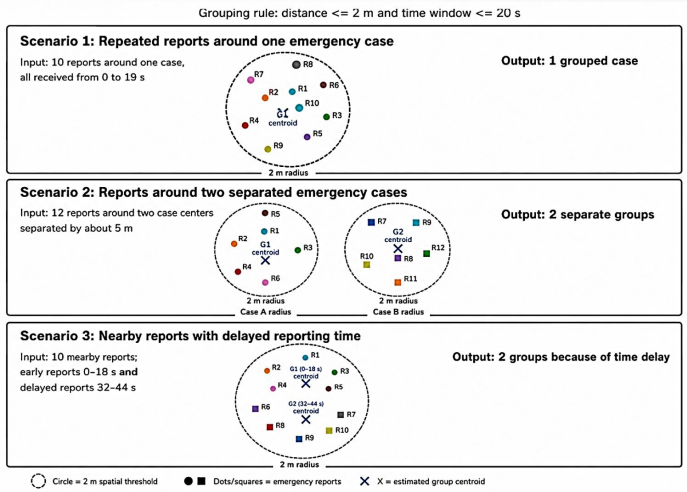


Figure 6. Preliminary virtual simulation of the proposed report grouping logic. The figure shows three tested scenarios: repeated reports around one emergency case, reports around two separated emergency cases, and nearby reports with delayed reporting time.

3.4 Drone Dispatch and Mission Command

The third result is a controlled drone mission command. After estimating the emergency location, the dispatch server checks the available drones. There are many other factors to consider besides distance when choosing the drone. The drone should also have sufficient battery life, a safe flight path, the appropriate mission status, and a defined return station as illustrated in Figure 7.

The mission command consists of the case ID, approximate target coordinates, safe flight height, verification mode, and return station. The drone then departs its standby or charging station and heads toward the approximate emergency site. At this stage, however, the light signal and voice messages are still disabled. The functional output at this step is a drone going into verification mode, not public alarm mode. This is essential because it will not cause any disturbance to pilgrims before the emergency case is checked.

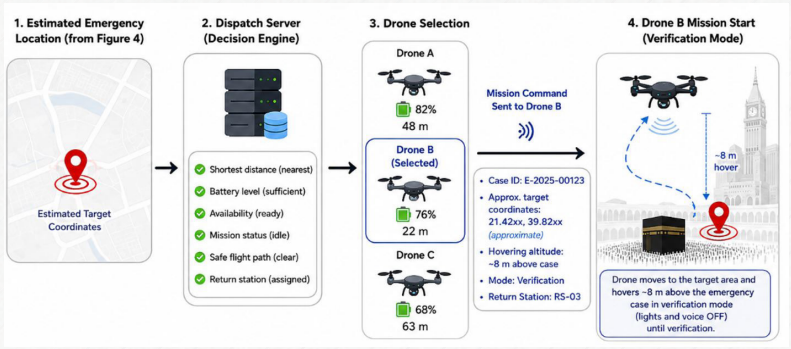


Figure 7. Drone dispatch and mission command. The dispatch server selects the nearest suitable drone based on battery, availability, distance, mission status, and safe path, then sends the drone to the approximate emergency location in verification mode.

If there is more than one drone in the same area, the dispatch server shouldn›t just choose the one that›s closest. The selection should consider distance to the emergency case, battery level, current mission status, safe flight path, and/or assigned return or charging station. A single mission should be in effect at a time for each drone. So, if a drone gets assigned to an emergency case, it is set to available-to-assigned-or-on-mission.

Report grouping algorithm is applied first when two or more emergency cases are reported close to each other in order to decide whether the two or more cases are the

same or different cases. The dispatch server then allocates drones to the confirmed cases based on the availability of the drones and suitability to meet the operational requirements. If there are several drones that can fit in the same case, the Server will choose the one that has the best overall mission condition. This will minimize task conflicts and prevent multiple emergency missions from utilizing the same drone.

3.5 Case Verification Using RGB Camera, Thermal Camera, and AI

The fourth output is a verification decision before beaconing. Once the drone arrives at the area, it does not directly activate the light and voice messages. Instead, it goes into verification mode using the RGB camera, thermal camera, and built-in AI algorithm. The RGB camera may be used to detect visual evidence of a person lying down, unusual crowd gathering, or movement that deviates from the normal Tawaf flow. Supporting thermal information can be provided by the thermal camera. The AI algorithm then checks if the emergency report is likely to be true or not. The outcome should be a confidence-based decision. When the confidence level is low, the beaconing mode does not turn on, and the drone returns to its station or waits for operator review. If the confidence is high, the drone can enter beaconing mode as illustrated in Figure 8. This step is necessary to help minimize false alarm activation. Beaconing should begin only after verification because unnecessary light or sound signals in Tawaf may cause disturbance.

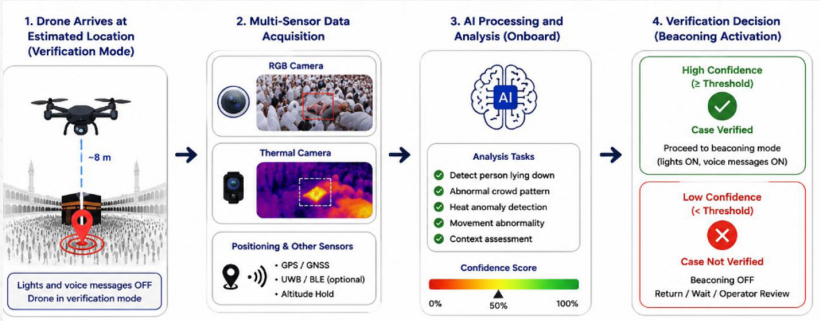


Figure 8. Case verification stage using RGB camera, thermal camera, and embedded AI. The drone checks the reported area before activating beaconing. If the emergency case is not verified, beaconing remains off.

3.6 Aerial Beaconing and Medical Team Guidance

The fifth output is a visible emergency location and a guided access path. When the emergency case is confirmed, the drone starts aerial beaconing. The drone flies at a safe operating altitude above or near the location of the case and makes the location visible from above using light signals.

The drone also sends out short voice messages in multiple languages, which can be heard by nearby pilgrims. An appropriate Arabic message is:

"من فضلك افسح الطريق، هناك حالة طبية تحتاج مساعدة."

English and Urdu may also be used for the same message. The purpose is not to force the crowd, but to make the emergency situation clear and to urge pilgrims to create an open path for a short time. Meanwhile, the verified location is relayed to the medical staff. As such, the medical team is digitally guided by the system and visually guided by the drone above the case as illustrated in Figure 9.

This will result in better visibility and easier access. The medical team does not rely only on verbal descriptions and approximate coordinates. The emergency case is marked from above, and nearby pilgrims are given clear instructions to cooperate.

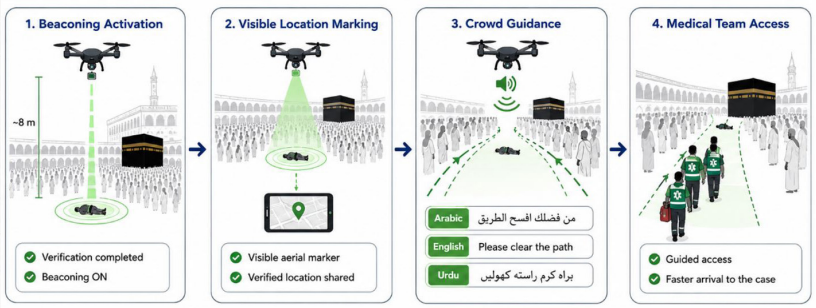


Figure 9. Aerial beaconing and medical team guidance. After verification, the drone marks the emergency location using light signals and broadcasts short multilingual messages to help open a temporary path for the medical team.

3.7 Medical Team Arrival and Automatic Return

The final outcome is the successful completion of the mission. After the medical team arrives, the drone should not stay above the emergency case. So, the system must be able to detect if the medical team has arrived at the case. This can be accomplished using camera recognition, BLE/UWB/RFID tag detection, or manual confirmation from the medical team's device. A practical implementation can use two or more methods to minimize errors. Once the arrival of the medical team has been detected, the drone automatically shuts down the light and voice messages and returns to its standby or charging station as illustrated in Figure 10. The functional output is that the drone

completes its role without the need for continuous presence. This decreases noise, reduces disturbance, conserves battery, and prepares the drone for the next emergency mission.

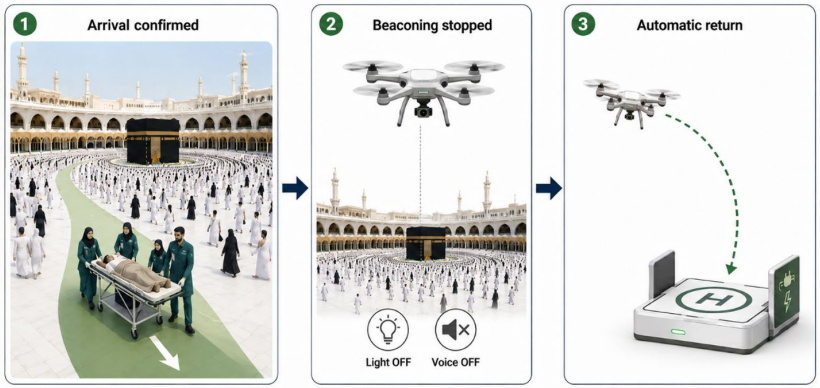


Figure 10. Mission completion and automatic drone return. After the medical team reaches the emergency case, beaconing is stopped and the drone returns automatically to its standby or charging station.

3.8 Overall Functional Outcome and Limitations

The overall functional outcome of the proposed framework is a structured emergency-response sequence: Mobile report validation, geofence validation, report grouping, location estimation, drone dispatch, case verification, aerial beaconing, medical team guidance, and automatic return. This sequence, as illustrated in Figure 11, aims to mitigate five issues in dense Tawaf emergency response. First, it reduces location uncertainty by merging multiple nearby reports into a single target location. Second, it minimizes repeated response efforts by grouping reports related to the same case. Third, it helps prevent false alarm activation since beaconing is not turned on until the case is verified. Fourth, it enhances medical access, as the emergency location becomes visible from above and helps pilgrims open a temporary path. Fifth, it reduces the response time to find and take after of the fallen patient.

These outputs are functional and conceptual. They do not demonstrate any reduction in response time within Tawaf because no actual field experiment has been conducted. The following aspects should be tested in future research: geofence accuracy, grouping accuracy, localization error, drone dispatch time, verification time, false alarm rate, beacon visibility, voice-message clarity, medical team arrival time, mission duration, and automatic return reliability.

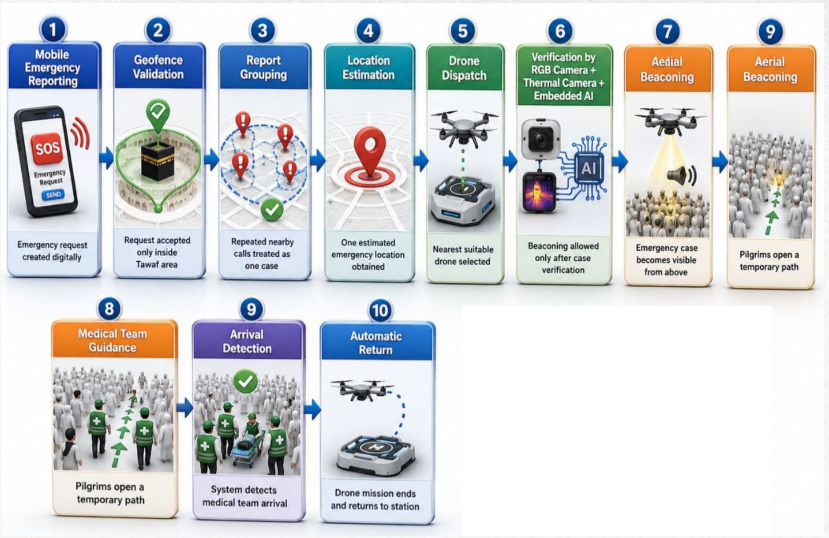


Figure 11. Implementation-Based Functional Results of the proposed framework.

4. Conclusions

A smart emergency drone framework for dense Tawaf crowds was proposed in this study. The drone is not used to carry the patient. It is used as an aerial emergency beacon to help in locating the medical case and guiding the medical team. The proposed sequence includes mobile emergency report, geofence validation, report grouping, location estimation, drone dispatch, case verification, aerial beaconing, medical team guidance, and automatic return. The expected benefit is a decrease in location uncertainty, repeated reports, false alarm activation, and difficulty of medical access. But these are still predicted outcomes.

5. Recommendations

The system is recommended to be developed step by step, not as a single complete system from the start. The first part should be mobile emergency reporting and geofence validation, because it is the easiest part to test. Grouping radius and time window, such as 2 m and 10–20 s, are not definitive values. They need testing and adjustment. Before light and/or voice activation, the drone must verify the case using RGB camera, thermal camera, and AI algorithm. All real uses must be conducted only after official approval, safety study, privacy protection, and flight authorization.

6. Future Work

Future work will involve testing each part separately before full integration. The critical tests include geofence accuracy, grouping accuracy, location error, drone dispatch time, verification time, false alarm rate, beacon visibility, voice-message clarity, medical team arrival time, and automatic return reliability. First, simulation or controlled experiments should be performed. This should be followed later by real Tawaf application, if approved by the responsible authorities.

7. Limitations

This work is limited to conceptual design. It does not contain a real Tawaf field experiment.

7.1 Regulatory and Security Considerations

Another important limitation is related to regulatory and security approval. The Tawaf area is in the highly sensitive environment of Masjid Al-Haram, and is a strictly controlled area. Hence, the use of drones in and around this area is not a regular technical use. Any actual implementation of the proposed system would need to be officially approved, have special flight permission, be assessed for safety, and be directly coordinated with the authorities responsible. There are also a number of operational and security considerations to think about prior to deployment. They range from crowd safety, safe flight paths, emergency landing, protection of privacy, cyber security, and communication reliability, to procedures for drone failure. Technical agreements and official authorizations would also be necessary for integration with official Hajj and/or Umrah digital platforms. At this stage, the proposed system should be considered as a conceptual system, rather than as a system that can be directly implemented in Masjid Al-Haram. The design values suggested (e.g., 2 m radius and 10-20 s time window) are only preliminary design values. In some instances, AI verification might lead to the wrong decision. Other potential concerns with drone use might be safety, noise, battery, communications delay, crowd acceptance, and official permission.

References

Abdoh, E. S. (2025). Utilizing information technology to address challenges in Hajj and Umrah: A narrative review. Journal of Information Studies & Technology (JIS&T), 2025(2), 12. https://doi.org/10.5339/JIST.2025.12

Ahmad, A., Ur Rehman, F., Qamar, A. M., Qadah, T. M., & Yasein, M. S. (n.d.). Surveying Challenges for Enhancing Precision in Hajj Crowd Simulation. Retrieved https://ssrn.com/abstract=4645327

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/10.1007/978-3-319-39910-2_23/TABLES/1

Alaska, Y. A., Aldawas, A. D., Aljerian, N. A., Memish, Z. A., & Suner, S. (2017). The impact of crowd control measures on the occurrence of stampedes during Mass Gatherings: The Hajj experience. Travel Medicine and Infectious Disease, 15, 67–70. https://doi.org/10.1016/J.TMAID.2016.09.002

Alasmari, A. M., Farooqi, N. S., & Alotaibi, Y. A. (2024). Recent trends in crowd management using deep learning techniques: a systematic literature review. In Journal of Umm Al-Qura University for Engineering and Architecture (Vol. 15, Number 4, pp. 355–383). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. https://doi.org/10.1007/s43995-024-00071-3

Albattah, W., Khel, M. H. K., Habib, S., Islam, M., Khan, S., & Kadir, K. A. (2020). Hajj crowd management using CNN-based approach. Computers, Materials and Continua, 66(2), 2183–2197. https://doi.org/10.32604/CMC.2020.014227

Alhussen, A., Ansari, A. S., & Author, C. (2026). Hajj & Umrah Crowd Management Using Artificial Intelligence & Augmented Reality. https://doi.org/10.21203/RS.3.RS-7728289/V1

Al-Khaffaf, H. S. M., Haron, F., Sarmady, S., Talib, A. Z., & Abu-Sulyman, I. M. (2012). Crowd parameter extraction from video at the main gates of Masjid al-Haram. Advances in Intelligent and Soft Computing, 133 AISC, 727–736. https://doi.org/10.1007/978-3-642-27552-4_96

Almutairi, M. M., Apostolopoulou, D., Halikias, G., Abi Sen, A. A., & Yamin, M. (2022). A Framework for Comprehensive Crowd and Hajj Management. Proceedings of the 2022 9th International Conference on Computing for Sustainable Global Development, INDIACom 2022, 63–68. https://doi.org/10.23919/INDIACOM54597.2022.9763174

Almutairi, M. M., Apostolopoulou, D., Stupples, D., Sen, A. A. A., Yamin, M., & Halikias, G. (2024). Integrative Technologies for Real-Time Crowd Management: A Case Study of the Hajj. Proceedings of the 18th INDIAcom; 2024 11th International Conference on Computing for Sustainable Global Development, INDIACom 2024, 203–211. https://doi.org/10.23919/INDIACOM61295.2024.10498228

Alreeme, S., Bokhary, H., & Craig, A. T. (2022). Transmission of Antimicrobial Resistant Bacteria at the Hajj: A Scoping Review. International Journal of Environmental Research and Public Health, 19(21). https://doi.org/10.3390/ijerph192114134

Alshamrani, M., Alhazmi, S., Alafif, T., Qadah, T. M., Aljabri, M., Al-Eidarous, W., &

Alhawsawi, A. (2025). From data to insights: a comprehensive analysis of pilgrims stress and fatigue during Hajj using wearable remote sensing systems. Journal of King Saud University Computer and Information Sciences 2025 37:5, 37(5), 94-. https://doi.org/10.1007/S44443-025-00095-2

Amit, P., Sinha, A., & Kumar, H. (2025). Hajj Crowd Control for Better Management of Pilgrims. Lecture Notes in Civil Engineering, 475 LNCE, 553–579. https://doi.org/10.1007/978-981-97-1757-6_41

Bhuiyan, M. R., Abdullah, J., Hashim, N., & Al Farid, F. (2022). Video analytics using deep learning for crowd analysis: a review. Multimedia Tools and Applications, 81(19), 27895–27922. https://doi.org/10.1007/S11042-022-12833-Z

Cazco, S., Fuentes, D., Padilla, P., Jiménez, R., Pozo, D., Alejandro Salazar Cazco, S., Alejandro Dávila Fuentes, C., Margarita Padilla Padilla, N., Belén Ramos Jiménez, R., & Gabriela Del Pozo Naranjo, J. (2025). Optimization of Emergency Notification Processes in University Campuses Through Multiplatform Mobile Applications: A Case Study. Computers 2025, Vol. 14, Page 453, 14(11), 453. https://doi.org/10.3390/COMPUTERS14110453

Ebrahim, S. H., Alahmed, B., Ali, A., Koya, S. F., & Memish, Z. A. (2025). Watch list of diseases and public health signals, Hajj-Umrah, 2025–2026. Mass Gathering Medicine, 4, 100042. https://doi.org/10.1016/J.MGMED.2025.100042

Ebrahim, S. H., Memish, Z. A., Uyeki, T. M., Khoja, T. A. M., Marano, N., & McNabb, S. J. N. (2009). Pandemic H1N1 and the 2009 Hajj. Science, 326(5955), 938–940. https://doi.org/10.1126/SCIENCE.1183210

Ebrahim, S. H., Zumla, A., Wong, J., Ur Rahman, M., Al-Abri, S. S., Al Rabeeah, A. A., & Memish, Z. A. (2024). Reducing the risk of highly pathogenic avian influenza A virus H5N1 transmission during the Hajj. Nature Medicine, 30(8), 2107–2108. https://doi.org/10.1038/d41591-024-00042-0

Elachola, H., Gozzer, E., Zhuo, J., Sow, S., Kattan, R., Mimesh, S., Al-Tawfiq, J., Al-Sultan, M., & Memish, Z. (2016). Mass gatherings: A one-stop opportunity to complement global disease surveillance. Journal of Health Specialties, 4(3), 178. https://doi.org/10.4103/2468-6360.186487

Felemban, E., Sheikh, A. A., & Naseer, A. (2021). Improving response time for crowd management in hajj. Computers, 10(4). https://doi.org/10.3390/computers10040046

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.2024.3350188

Husman, M. A., Albattah, W., Abidin, Z. Z., Mustafah, Y. M., Kadir, K., Habib, S., Islam, M., & Khan, S. (2021). Unmanned Aerial Vehicles for Crowd Monitoring and Analysis. Electronics 2021, Vol. 10, Page 2974, 10(23), 2974. https://doi.org/10.3390/ELECTRONICS10232974

Khan, K., Albattah, W., Khan, R. U., Qamar, A. M., & Nayab, D. (2020). Advances and trends in real time visual crowd analysis. In Sensors (Switzerland) (Vol. 20, Number 18, pp. 1–28). MDPI AG. https://doi.org/10.3390/s20185073

Ridda, I., Mansoor, S., Briggs, R., Gishe, J., & Aatmn, D. (2021). Preparedness for Mass Gathering During Hajj and Umrah 48. https://doi.org/10.1007/978-3-030-36811-1_48

Showail, A. J. (2022). Solving Hajj and Umrah Challenges Using Information and Communication Technology: A Survey. IEEE Access, 10, 75404–75427. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3190853

The_24th_Scientific_Bulletin_English. (n.d.).

Wen, L., Du, D., Zhu, P., Hu, Q., Wang, Q., Bo, L., & Lyu, S. (2019). Drone-based Joint Density Map Estimation, Localization and Tracking with Space-Time Multi-Scale Attention Network. http://arxiv.org/abs/1912.01811

Zhu, P., Wen, L., Bian, X., Ling, H., & Hu, Q. (2018). Vision Meets Drones: A Challenge. http://arxiv.org/abs/1804.07437

محـــور

أثر التكامل والتنسيق في تميز تجربة ضيوف الرحمن

رفع الوعي للحجاج والمعتمرين بالحج والعمرة وتعزيز تجربة الحاج من خلال تطوير المواقيت المكانية (ميقات قرن المنازل نموذجًا)

ممدوح سليمان الوتيشي*، ريمان متعب القثامي - قسم الهندسة المدنية (برنامج الهندسة المعمارية) ، كلية الهندسة، جامعة الطائف

Enhancing Hajj and Umrah Pilgrims› Awareness and Pilgrim Experience Through the Development of Spatial Miqats (Miqat Qarn Al-Manazil as a Case Study)

Mamdooh Alwetaishi*, Reman Muteb Alqithami - Civil Engineering Department (Architectural Engineering Program) , College of Engineering, Taif University

*Corresponding author: E-mail (m.alwetaishi@tu.edu.sa)

الملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تقديم نموذج مقترح لتطوير ميقات قرن المنازل بوصفه مركزًا متكاملًا للتوعية الدينية والثقافية، بما يسهم في رفع وعي ضيوف الرحمن وتحسين تجربتهم قبل دخول مكة المكرمة.

اعتمدت الدراسة على منهجية تحليلية مدعومة بمنهج تطبيقي، شملت مراجعة الأدبيات والدراسات السابقة وتحليل مستهدفات رؤية المملكة 2030 وبرنامج خدمة ضيوف الرحمن، ودراسة الوضع القائم لميقات قرن المنازل، وتحليل أمثلة مرجعية، إضافة إلى مراجعة الأكواد والمعايير الوطنية والموجهات التصميمية لعمارة الطائف، وتحليل العناصر المعمارية للمسجد القائم، وأسفرت النتائج عن تطوير نموذج مقترح يرتكز على خمسة محاور متكاملة شملت التوعية الدينية والثقافية، والخدمات الصحية، والخدمات المساندة، وإدارة الحركة، ورفع الطاقة الاستيعابية وكفاءة البنية التحتية.

كما حافظ المشروع على الهوية المعمارية للموقع من خلال إعادة توظيف العناصر المعمارية القائمة وتطويرها وفق الموجهات التصميمية لعمارة الطائف. ويقدم البحث نموذجًا يمكن الاستفادة منه في تطوير المواقيت المكانية الأخرى، بما يدعم مستهدفات رؤية المملكة 2030، ويسهم في تحسين جودة الخدمات المقدمة لضيوف الرحمن.

الكلمات المفتاحية: ميقات قرن المنازل، المواقيت المكانية، تطوير المواقيت، وعي للحجاج والمعتمرين، عمارة الطائف.

Abstract

This study aims to propose a development model for Miqat Qarn Al-Manazil as an integrated center for religious and cultural awareness, contributing to enhancing the awareness of the Guests of Allah and improving their experience before entering Makkah.

The study adopted an analytical methodology supported by an applied approach, including a review of the literature and previous studies, an analysis of the objectives of Saudi Vision 2030 and the Pilgrim Experience Program, an assessment of the existing conditions of Miqat Qarn Al-Manazil, an analysis of relevant case studies, and a review of national codes, standards, the Taif Architectural Design Guidelines, and the architectural elements of the existing mosque. The findings resulted in a proposed model based on five integrated pillars: religious and cultural awareness, healthcare services, supporting services, movement management, and increased capacity with improved infrastructure efficiency.

The project also preserved the site›s architectural identity by reinterpreting the existing architectural elements in accordance with the Taif Architectural Design Guidelines. The proposed model provides a framework for developing other Miqats, supporting the objectives of Saudi Vision 2030 and improving the quality of services provided to the Guests of Allah.

Keywords: Miqat Qarn Al-Manazil; Hajj and Umrah; development of Miqats; Makkah; Case study.

1. المقدمة

تعد المواقيت المكانية إحدى أهم المحطات الرئيسية في رحلة الحجاج والمعتمرين، إذ تمثل نقطة البداية الفعلية لأداء النسك، ومنها يبدأ الإحرام، ليشرع الحاج والمعتمر في رحلته الإيمانية لأداء مناسك الحج والعمرة.

ومع الزيادة المستمرة في أعداد ضيوف الرحمن وتنوع جنسياتهم وثقافاتهم وتفاوت مستوى معرفتهم بأحكام ومناسك الحج والعمرة، تبرز المواقيت المكانية بوصفها محطةً رئيسية يمر بها أغلب الحجاج والمعتمرين قبل بدء مناسكهم، مما يجعلها فرصة مثالية لتعزيز وعيهم بالأحكام والإرشادات المرتبطة بأداء النسك في بداية رحلتهم. ويعد ميقات قرن المنازل من أبرز المواقيت المكانية، لما يتمتع به من موقع استراتيجي يخدم القادمين من المنطقة الوسطى والمنطقة الشرقية ودول الخليج والقادمين من خلالها، إضافةً إلى قربه من مكة المكرمة، مما يعزز مكانته بوصفه نقطة محورية لتقديم البرامج التوعوية والخدمات المساندة لضيوف الرحمن.

ومن هذا المنطلق، يرتقي دور الميقات من كونه محطة مقتصرة على الإحرام، ليعاد تعريفه إلى بيئة عمرانية وتوعوية متكاملة يمكن توظيفها لنشر الوعي الديني والثقافي، وتقديم الخدمات التي تسهم في تحسين تجربة الزوار وتحقيق مستهدفات برنامج خدمة ضيوف الرحمن ورؤية المملكة 2030.

وبناءً على ذلك، يهدف هذا البحث إلى تعزيز وعي الحجاج والمعتمرين بأحكام ومناسك الحج والعمرة من خلال تطوير ميقات قرن المنازل، ليصبح بيئةً توعوية متكاملة تدعم الجوانب الدينية، الثقافية، والخدمية بما يسهم في رفع مستوى وعي ضيوف الرحمن وإثراء تجربتهم والارتقاء بجودة الخدمات المقدمة لهم.

2. منهجية وطرق البحث

اعتمدت الدراسة على منهجية بحثية تحليلية مدعومة بمنهج تطبيقي؛ بهدف تطوير نموذج مقترح يسهم في تعزيز وعي الحجاج والمعتمرين وتحسين تجربتهم في ميقات قرن المنازل، عبر توظيفه مركزًا متكاملًا للإعداد الديني، والثقافي، والخدمي.

بدأت الدراسة بمراجعة الأدبيات والدراسات السابقة، إضافة إلى التقارير والوثائق الرسمية ذات العلاقة بالحج والعمرة، بما في ذلك رؤية المملكة 2030 وبرنامج خدمة ضيوف الرحمن، والتقارير الصادرة عن الجهات الحكومية المختصة، لتحديد التوجهات الوطنية والاحتياجات المستقبلية المرتبطة بتحسين تجربة ضيوف الرحمن. إضافة إلى تحليل الدراسات المتعلقة بالوعي الديني، والصحي، والثقافي لدى الحجاج والمعتمرين؛ لاستخلاص أبرز الاحتياجات التي ينبغي معالجتها.

وتناولت المرحلة الثانية تحليل الوضع الراهن لميقات قرن المنازل من خلال دراسة الموقع والخدمات القائمة والطاقة الاستيعابية؛ لتحديد الفجوات والتحديات التي تؤثر في جودة تجربة ضيوف الرحمن.

كما تضمنت الدراسة تحليل ثلاثة أمثلة مرجعية، في مقدمتها ميقات ذي الحليفة؛ لاستخلاص أفضل الممارسات في تكامل الوظائف، وتنظيم الحركة، وتعزيز الهوية المعمارية، والاستفادة منها في بناء النموذج المقترح. بالإضافة إلى ذلك، شملت المنهجية مراجعة الأكواد والمعايير الوطنية، ومبادرة العمارة السعودية والموجهات التصميمية لعمارة الطائف، إلى جانب تحليل العناصر المعمارية للمسجد القائم؛ لاستخلاص الأسس التصميمية والمعمارية التي استند إليها تطوير المشروع. واختتمت الدراسة بتقديم مقترح لتطوير ميقات قرن المنازل، استنادًا إلى نتائج التحليل والدراسات المرجعية، بحيث يجمع بين الوظائف التوعوية والثقافية والخدمية في بيئة متكاملة تسهم في رفع مستوى الوعي، وتحسين تجربة ضيوف الرحمن، ودعم مستهدفات المملكة في الارتقاء بجودة الخدمات المقدمة لهم.

3. النتائج والمناقشة

1.3 مستهدفات رؤية المملكة 2030 وبرنامج خدمة ضيوف الرحمن

أظهرت مراجعة وثائق رؤية المملكة 2030 وبرنامج خدمة ضيوف الرحمن توافقًا واضحًا بين مستهدفات البرنامج ومتطلبات تطوير المواقيت المكانية من خلال التركيز على تحسين جودة الخدمات، وإثراء تجربة ضيوف الرحمن، وتطوير المواقع الإسلامية والتاريخية، وتعزيز كفاءة البنية التحتية والخدمات الداعمة (برنامج خدمة ضيوف الرحمن، 2021).

كما يستهدف البرنامج رفع الطاقة الاستيعابية لاستقبال المعتمرين إلى 30 مليون معتمر بحلول عام 2030م، مع تحقيق نسبة رضا لا تقل عن 90% عن الخدمات المقدمة لهم، مما يؤكد أهمية تطوير المواقيت المكانية كونها أولى محطات رحلة الحاج والمعتمر (برنامج خدمة ضيوف الرحمن، 2021).

وأشارت التقارير الحديثة لبرنامج خدمة ضيوف الرحمن إلى استمرار النمو في أعداد المعتمرين، حيث استقبلت المملكة نحو 16 مليون معتمر خلال عام 2024م، متجاوزة بذلك المستهدف المرحلي لعام 2025م؛ الأمر الذي يؤكد الحاجة إلى تأهيل مرافق المواقيت ورفع كفاءتها التشغيلية بما يتناسب مع الزيادة المتوقعة في أعداد الزوار. كما تضمن التقرير عددًا من المبادرات الداعمة؛ كتعزيز المحتوى التوعوي والثقافي، وتطوير الخدمات الصحية، وتفعيل مراكز الإرشاد، والاستفادة من التقنيات الرقمية في تقديم المعلومات والخدمات. إلى جانب مشروع تطوير ميقات ذي الحليفة الذي قدم نموذجًا وطنيًا متكاملًا لتطوير المواقيت. بالإضافة إلى ذلك، أبرز التقرير أهمية الطريق السريع الجديد الذي يربط مكة المكرمة والطائف والرياض والمنطقة الشرقية مرورًا بميقات قرن المنازل؛ الأمر الذي يعزز الأهمية الاستراتيجية للميقات ويؤكد الحاجة إلى تطوير ورفع كفاءته التشغيلية والخدمية، بما يضمن استيعاب الأعداد المتزايدة، وتحسين جودة الخدمات المقدمة، وإثراء تجربة ضيوف الرحمن منذ بداية رحلتهم (برنامج خدمة ضيوف الرحمن، 2024).

2.3 التقرير السنوي للهيئة الملكية لمدينة مكة المكرمة والمشاعر المقدسة

أظهر التقرير السنوي للهيئة الملكية لمدينة مكة المكرمة والمشاعر المقدسة تبني الهيئة نهجًا استراتيجيًا متكاملًا لتطوير المواقيت والمساجد الواقعة خارج حدود الحرم، إلى جانب المواقع التاريخية والتراثية؛ بما يسهم في تعزيز الهوية الدينية والثقافية لمكة المكرمة، والارتقاء بجودة الخدمات المقدمة لضيوف الرحمن. وأوضح التقرير استمرار أعمال التشغيل والصيانة والتطوير في عدد من المواقيت ومنها ميقات قرن المنازل، بهدف تحسين كفاءة المرافق ورفع جودة الخدمات المقدمة للحجاج والمعتمرين (الهيئة الملكية لمدينة مكة المكرمة والمشاعر المقدسة، 2024).

كما كشف التقرير عن توجه مستقبلي لإعداد خطة شاملة لتطوير المواقيت تهدف إلى رفع كفاءة الخدمات وتحقيق الاستدامة التشغيلية وتطوير بيئات عمرانية تخدم الزوار والسكان على حد سواء؛ بما يمثل نموذجًا متقدمًا يجمع بين الاستدامة والتميز التشغيلي. وأكد التقرير اهتمام الهيئة بإثراء البعد الثقافي والتاريخي لتجربة ضيوف الرحمن من خلال تنفيذ مبادرات لترميم وتأهيل المساجد التاريخية، وإطلاق برامج لإثراء المحتوى التراثي بالتعاون مع الجهات الحكومية والقطاعين الخاص وغير الربحي، بما يعزز التكامل بين الجوانب الدينية والثقافية والخدمية. وتدعم هذه التوجهات أهمية تطوير ميقات قرن المنازل وفق نموذج متكامل يسهم في رفع الوعي وتحسين تجربة الحجاج والمعتمرين بما يتوافق مع التوجهات الوطنية (الهيئة الملكية لمدينة مكة المكرمة والمشاعر المقدسة، 2024).

3.3 نتائج تحليل الدراسات المتعلقة بوعي الحجاج والمعتمرين

1.3.3 الثقة بالمصادر الرسمية وفاعلية وسائل التوعية لدى الحجاج

أشارت دراسة وصفية كمية حديثة صادرة عن معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة عام 1445هـ، هدفت إلى تقييم فاعلية وسائل الإعلام الجديد في تعزيز الوعي الصحي لدى الحجاج، واعتمدت على عينة كبيرة بلغت (2200) حاج، إلى أن الحجاج يبدون مستوى مرتفعًا من الثقة بالمعلومات الصادرة عن الجهات الرسمية أو القنوات المعتمدة ضمن حملات الحج. ويعكس ذلك اعتمادهم على المصادر الموثوقة والرسمية عند الحصول على المعلومات الصحية والإرشادية. وانطلاقًا من هذه النتائج، يبرز تحليل الدراسة أن دمج برامج التوعية في الميقات ضمن الخطة التنظيمية الرسمية لحملات الحج يمثل خطوة أساسية لضمان حصول الحجاج والمعتمرين على معلومات دقيقة وموثوقة من مصدر رسمي موحد. كما تشير إلى أن إدراج المركز الثقافي والصحي ضمن المنظومة التنظيمية للحج والعمرة يسهم في تحويل التوعية من نشاط تكميلي إلى عنصر مؤسسي فاعل؛ مما يعزز قبول الرسائل الصحية والدينية والثقافية ويرفع من فاعليتها (معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة، جامعة أم القرى، 2024).

وبناءً على ذلك، أكدت الدراسة أهمية توحيد مصادر المعلومات المقدمة للحجاج والمعتمرين بحيث تصدر عن الجهات الحكومية المعتمدة فقط؛ بما يضمن اتساق الرسائل التوعوية ويحد من التعارض بين المعلومات التي يتلقاها الحاج قبل السفر وتلك المقدمة له عند وصوله إلى الميقات. وفي هذا الإطار يؤدي المركز الثقافي في الميقات دور منصة رسمية موحدة تعكس هوية الجهات المختصة وتسهم في تقديم التوعية ضمن إطار مؤسسي موثوق يتوافق مع سياسات الحج والعمرة (معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة، جامعة أم القرى، 2024).

وأبرزت الدراسة كذلك عددًا من التحديات التي تواجه الحجاج عند تلقي المعلومات عبر وسائل الإعلام الجديد، من أهمها الحواجز اللغوية، وصعوبة استيعاب المحتوى النصي المطول، ومحدودية القدرة على التحقق من موثوقية المصادر، إضافة إلى التباين الكبير في الخلفيات الثقافية والتعليمية. كما أظهرت النتائج أن المحتوى السمعي والبصري ولا سيما مقاطع الفيديو القصيرة المصحوبة بالتعليق الصوتي بلغات متعددة يعد الوسيلة الأكثر فاعلية وتفضيلًا لدى الحجاج، لما يتميز به من قدرة على تجاوز الفروق اللغوية ومستويات التعليم المختلفة (معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة، جامعة أم القرى،2024).

2.3.3 دور التعليم وأساليب التواصل في تعزيز وعي الحجاج

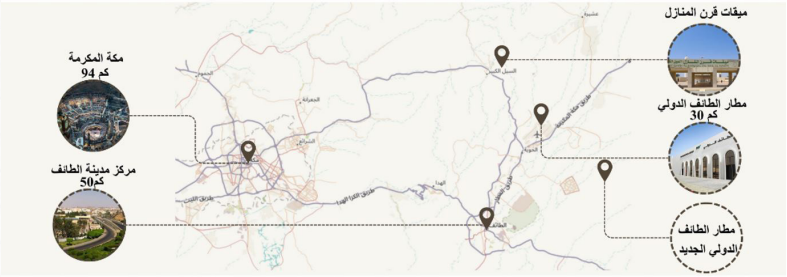
تناولت دراستان متخصصتان في التثقيف الصحي خلال التجمعات البشرية، ولا سيما خلال موسم الحج، هما دراسة Knowledge of Health Services Access Among Hajj Pilgrims in Saudi Arabia During the Hajj Season ودراسة Health Education in Mass Gatherings: A Scoping Review to Guide Public Health Preparedness and Practice، منظورين متكاملين للعوامل المؤثرة في رفع مستوى الوعي لدى الحجاج. وأظهرت نتائج الدراستين أن العامل الرئيس في فاعلية التوعية لا يقتصر على خصائص المتلقي، مثل مستواه التعليمي أو خلفيته الثقافية، وإنما يعتمد بصورة أكبر على أسلوب تقديم الرسالة وآلية إيصالها. وأوضحت الدراسة الأولى أن ارتفاع المستوى التعليمي يسهم في تعزيز معرفة الحجاج بالخدمات الصحية المتاحة والإجراءات الوقائية؛ مما يؤكد أهمية التعليم في تنمية الوعي الصحي وتعزيز السلوك الوقائي لدى الحجاج (Alsaleh وآخرون، 2025). في المقابل، كشفت الدراسة الثانية أن الوعي الصحي لا يرتبط بالضرورة بالمستوى التعليمي، إذ يمكن للأفراد ذوي المستويات التعليمية المحدودة اكتساب معرفة جيدة متى ما قُدمت الرسائل التوعوية بصورة مبسطة، وواضحة، وملائمة للخلفيات الثقافية المختلفة (Zaini وآخرون، 2025).

وبناءً على ذلك، تشير نتائج الدراستين إلى أن التحدي الرئيسي لا يكمن في اختلاف المستويات التعليمية، وإنما في فاعلية وسائل التوعية، وموثوقية مصادرها، والبيئة التي تُقدَّم فيها الرسائل التوعوية. وفي هذا السياق، تمثل المواقيت المكانية بيئة مناسبة لتنفيذ برامج توعوية منظمة؛ لما توفره من إطار رسمي وموثوق يسهم في ضمان دقة المعلومات، وتعزيز استيعابها، وترسيخها لدى الحجاج والمعتمرين.

وتتوافق هذه النتائج مع جهود المملكة العربية السعودية في تعزيز الوعي الصحي والديني ضمن منظومة الخدمات المقدمة لضيوف الرحمن، بما ينسجم مع مستهدفات رؤية المملكة 2030 الرامية إلى تحسين جودة الحياة وتعزيز التوعية. ومن هذا المنطلق، يمتد دور الميقات إلى ما هو أبعد من كونه نقطة لبدء الإحرام، ليصبح منصة متكاملة تسهم في تنمية الوعي الديني والصحي والسلوكي، وتعزز جاهزية ووعي ضيوف الرحمن طوال رحلتهم.

4.3 الأسس الداعمة لتطوير ميقات قرن المنازل

يُعد ميقات قرن المنازل أحد أهم المواقيت المكانية في المملكة العربية السعودية كما هو موضح بالشكل رقم 1؛ وذلك نظرًا لموقعه الاستراتيجي على الطريق الرئيسي الرابط بين مكة المكرمة والطائف والرياض والمنطقة الشرقية والمنطقة الجنوبية، مما يجعله نقطة عبور رئيسة للحجاج والمعتمرين القادمين عبر هذا المحور، إضافة إلى القادمين عبر مطار الطائف الدولي. كما تشهد محافظة الطائف مشروعات تنموية متسارعة، من أبرزها مشروع مطار الطائف الدولي الجديد، المصمم بطاقة استيعابية أولية تبلغ 2.5 مليون مسافر سنويًا قابلة للتوسع مستقبلًا؛ مما يعزز دوره بوصفه بوابة رئيسة لاستقبال الحجاج والمعتمرين القادمين عبره. بالإضافة إلى افتتاح الصالة الإضافية الجديدة بمطار الطائف في عام 2024 وزيادة قدرته التشغيلية إلى أكثر من مليون مسافر سنويًا مما يعكس النمو المستمر في حركة المسافرين والحاجة إلى رفع كفاءة البنية التحتية الداعمة. وتؤكد هذه المعطيات أهمية تطوير ميقات قرن المنازل بما يتواكب مع الزيادة المتوقعة في أعداد الزوار، ويسهم في تحسين جودة الخدمات المقدمة لهم منذ بداية رحلتهم (الهيئة العامة للطيران المدني، 2024؛ المركز الوطني للتخصيص، 2026).



الشكل 1: الموقع الاستراتيجي لميقات قرن المنازل وعلاقته بأبرز المعالم المحيطة.

وتشير الإحصاءات إلى أن ميقات قرن المنازل يستقبل ما يقارب 2.5 مليون زائر سنويًا، كما يبلغ متوسط مدة إقامة الحجاج والمعتمرين القادمين من خارج المملكة نحو 31 ليلة، وهو ما يتيح فرصة للاستفادة من المرحلة السابقة لدخول مكة المكرمة في تقديم برامج توعوية وإرشادية تسهم في رفع مستوى الوعي، وتعزيز الجاهزية الدينية والثقافية قبل أداء المناسك (الهيئة العامة للإحصاء، 2023). ويعد الوعي الديني والثقافي أحد أهم العوامل المؤثرة في نجاح تجربة الحجاج والمعتمرين، إلا أن أغلب الرسائل التوعوية تقدم في المطارات من خلال منشورات ومواد مكتوبة، وهذا يشكل تحديًا؛ إذ يصل كثير من الحجاج بعد رحلات سفر طويلة وهم في حالة من الإرهاق الجسدي والذهني، مما يحد من قدرتهم على استيعاب المعلومات عند وصولهم. بالإضافة إلى اختلاف اللغات والثقافات ومستويات التعليم بينهم. كما يواجه العديد منهم، ولاسيما الذين يؤدون المناسك للمرة الأولى، مشاعر رهبة وارتباك ناتجة عن الانتقال المباشر من السفر إلى أداء العبادات؛ مما يجعل الميقات المكان الأنسب للإعداد والتوعية، باعتباره الحد الفاصل بين الحياة الاعتيادية وبداية أداء النسك.

وعلى الرغم من الجهود التي تبذلها وزارة الشؤون الإسلامية والدعوة والإرشاد من خلال المبادرات التوعوية، مثل الشاشات التفاعلية، والمكتبة الإسلامية الرقمية، والبرامج التوعوية متعددة اللغات، وتطبيق تعليم الحج والعمرة الافتراضي ثلاثي الأبعاد، إلا أن وجودها في أماكن متفرقة يشكل تحديًا، إضافة إلى ما يتوافر حاليًا في ميقات قرن المنازل من مكتب للإرشاد ولوحات تعريفية الشكل رقم (2)، إلا أن هذه الجهود ما تزال بحاجة إلى بيئة متكاملة تتيح تقديم المحتوى بصورة أكثر تنظيمًا وتفاعلًا، بما يعزز فهم الحجاج والمعتمرين للمناسك، ويرفع مستوى الاستفادة من البرامج التوعوية.



الشكل 2: وسائل التوعية والإرشاد الحالية في ميقات قرن المنازل.

كما يتضح أن الوضع الحالي لميقات قرن المنازل، رغم أهميته الدينية وموقعه الاستراتيجي، لا يزال يواجه عددًا من التحديات، من أبرزها تقادم بعض المرافق، ومحدودية الطاقة الاستيعابية، وضعف سهولة الوصول الشامل والمرن لكبار السن وذوي الاحتياجات الخاصة ومصلى النساء (الشكل رقم 3)، إضافة إلى اقتصار أعمال التطوير السابقة على تحسينات تشغيلية محدودة، دون إعادة تنظيم الموقع أو تطوير منظومة الخدمات بصورة شاملة. إضافةً إلى ذلك، يفتقر الميقات إلى بيئة مكانية متكاملة تدعم البرامج التوعوية والثقافية، وتواكب الزيادة المستمرة في أعداد الحجاج والمعتمرين.



الشكل 3: مصلى النساء العلوي وآلية الوصول إليه في المسجد القائم.

وفي المقابل، تشير التوجهات الوطنية إلى اهتمام متزايد بتطوير المواقيت المكانية، حيث يجري تنفيذ مشروعات تطويرية شاملة لعدد من المواقيت، إذ بينت الهيئة الملكية لمدينة مكة المكرمة والمشاعر المقدسة إدراج ميقات قرن المنازل ضمن خططها لتطوير البنية التحتية والخدمات. وتؤكد هذه المعطيات الحاجة إلى تبني رؤية تطويرية شاملة تعيد تعريف دور الميقات، ليصبح مركزًا متكاملًا للإعداد الديني والثقافي والخدمي، بما يسهم في رفع مستوى الوعي، وتعزيز تجربة الحجاج والمعتمرين، ودعم مستهدفات رؤية المملكة 2030 وبرنامج خدمة ضيوف الرحمن (الهيئة الملكية لمدينة مكة المكرمة والمشاعر المقدسة، 2024).

5. 3 الأمثلة المرجعية

تم اختيار ثلاثة أمثلة مرجعية لدراسة التكامل بين الوظائف وتنظيمها بهدف استخلاص أبرز المبادئ التصميمية والوظيفية التي يمكن الاستفادة منها في تطوير ميقات قرن المنازل. وقد شملت الدراسة ميقات ذي الحليفة بوصفه أقرب نموذج لتطوير المواقيت المكانية، إلى جانب مركز مصر الثقافي الإسلامي وجامع السليمانية في إسطنبول؛ لما يمثلانه من نماذج ناجحة في تكامل الوظائف الثقافية والاجتماعية والتعليمية داخل المجمعات الدينية الكبيرة وإبراز الهوية المعمارية. ويوضح الجدول رقم (1) أبرز الجوانب المميزة والمبادئ المستخلصة من هذه المشاريع.

جدول 1: ملخص الأمثلة المرجعية وأبرز المبادئ المستخلصة.

المشروع	الجانب المميز	أبرز عناصر الاستفادة	المبادئ المستخلصة
ميقات ذي الحليفة	أحد المواقيت المكانية، وأقرب نموذج وطني لتطوير المواقيت.	تطوير البنية التحتية، تحسين الساحات الخارجية وأنسنتها، تحسين الحركة والخدمات.	رفع الطاقة الاستيعابية، تطوير الخدمات، تنظيم الحركة، وتحسين الكفاءة التشغيلية.
مركز مصر الإسلامي الثقافي	دمج الوظائف الدينية والثقافية في مجمع واحد.	المركز الثقافي، المعارض التفاعلية، البرامج التعليمية، تعدد الأنشطة.	دمج الوظائف الثقافية والتعليمية والإثرائية، تعدد الأنشطة ضمن مجمع واحد.
جامع السليمانية	تكامل الهوية المعمارية مع الوظيفة الدينية.	التنظيم الفراغي، ابراز المسجد كعنصر مهم، تكامل الوظائف الدينية والتعليمية والاجتماعية.	تعزيز الهوية المعمارية، تكامل الوظائف ضمن مجمع ديني واحد، وضوح التنظيم الفراغي.

1.5.3 مشروع تطوير ميقات ذي الحليفة

تعد تجربة تطوير ميقات ذي الحليفة من أبرز النماذج الوطنية لتطوير المواقيت المكانية. إذ شملت أعمال التطوير رفع الطاقة الاستيعابية للمسجد إلى أكثر من (15,000) مصلٍ، وتحسين الساحات الخارجية، وتنظيم محاور للمشاة والحركة، وتوفير مرافق وخدمات مساندة؛ بما يعزز كفاءة التشغيل ويحسن تجربة ضيوف الرحمن. كما شهد الميقات تطوير أنظمة الإرشاد، والإنارة، وتوسيع نطاق الخدمات التجارية؛ بما يواكب النمو المستمر في أعداد الزوار ومستهدفات رؤية المملكة 2030 وبرنامج خدمة ضيوف الرحمن (هيئة تطوير منطقة المدينة المنورة، 2026؛ وكالة الأنباء السعودية، 2026).

وتبين من تحليل هذه التجربة أن نجاح تطوير المواقيت لا يعتمد على توسعة المرافق فحسب، وإنما يرتكز على التكامل بين تطوير البنية التحتية، وتحسين جودة الخدمات، ورفع كفاءة التشغيل، وتنظيم الحركة؛ بما يسهم في الارتقاء بتجربة ضيوف الرحمن. وانطلاقًا من ذلك، شكلت تجربة تطوير ميقات ذي الحليفة مرجعًا مهمًا لاستخلاص مبادئ داعمة للنموذج المقترح لتطوير ميقات قرن المنازل.

6.3 المرجعيات التصميمية والتنظيمية

استند تطوير النموذج المقترح إلى مجموعة من المرجعيات التصميمية والتنظيمية التي أسهمت في توجيه القرارات المعمارية والوظيفية في المشروع. ويوضح الجدول رقم (2) أبرز هذه المرجعيات وأوجه الاستفادة منها في تطوير الميقات:

جدول 2: المراجع التصميمية والمعايير المرجعية التي استند إليها المشروع.

المرجع	المجال	انعكاسه على المشروع
كود البناء السعودي	السلامة، الإشغال، الإخلاء، المتطلبات الهندسية	تصنيف المشروع ضمن مباني التجمعات، وتحديد متطلبات السلامة وكفاءة التشغيل
اشتراطات وزارة الشؤون الإسلامية للمساجد	تصميم المسجد، المصلى، الإنارة، أماكن الضوء	توجيه تصميم المسجد ومرافقة بما يحقق جودة الأداء
اشتراطات المو اقف والحركة الرأسية	مواقف السيارات، المصاعد، السلالم الكهربائية	تحسين الوصول وتنظيم الحركة داخل الموقع والمباني
اشتراطات المباني الثقافية والسياحية	المركز الثقافي، المعارض، الفندق	دعم تصميم الفراغات الثقافية والخدمية بما يتوافق مع طبيعة المشروع
معايير الوصول الشامل	كبار السن، ذوي الاحتياجات الخاصة، سهولة الحركة	توفير بيئة ميسره وامنة لجميع فئات المستخدمين
اشتراطات الدفاع المدني السعودي	الوقاية من الحريق، الاخلاء، أنظمة الإنذار والسلامة	تعزيز السلامة العامة والاستعداد للطوارئ
العمارة السعودية وعمارة الطائف	الهوية المعمارية، المواد، الواجهات، التكوين المعماري، الفراغ العام	ربط المشروع بسياقة المحلي وتوجيه تحليل وتطوير الواجهات

1.6.3 عمارة الطائف كمرجعية تصميمية

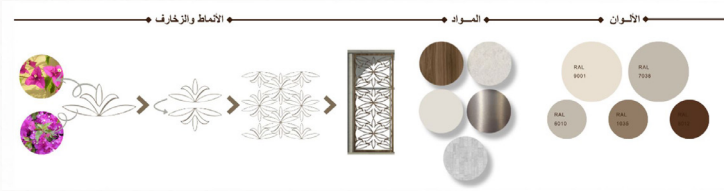
تعد مبادرة العمارة السعودية إحدى المبادرات الوطنية الهادفة إلى تعزيز الهوية العمرانية والمعمارية للمملكة العربية السعودية من خلال إعادة توظيف الخصائص

المعمارية بأسلوب يحقق التوازن بين الأصالة والحداثة، مع الحفاظ على الخصائص الثقافية والبيئية لكل منطقة. وانطلاقًا من موقع المشروع في مدينة الطائف تم الاعتماد على الموجهات التصميمية لعمارة الطائف لتقود عملية التصميم والاعتماد على مبادئها ومعاييرها. ويوضح الجدول رقم (3) أبرز السمات التصميمية لعمارة الطائف والتي شكلت الأساس المرجعي لتطوير الهوية المعمارية للمشروع (العمارة السعودية، دون تاريخ).

جدول 3: أبرز مبادئ وسمات عمارة الطائف التصميمية.

السمة	الوصف
التكوين المعماري	الاعتماد على كتل معمارية بسيطة ومتوازنة، وتسلسل هرمي واضح للعناصر، مع إبراز المباني الرئيسية ذات الأهمية الدينية او الخدمية، وتعزيز التناظر في الواجهات، والتأكيد على المحاور الرأسية والافقية.
العناصر المعمارية	استخدام الأقواس، التأكيد على المداخل وأبرزاها، استخدام الكورنيش، الحفاظ على الإيقاع المنتظم للفتحات، استخدام الأروقة.
الألوان والخامات	استخدام ألوان طبيعية هادئة وخامات مستوحاة من البيئة المحلية، مثل الحجر والخشب، مع تجنب الأسطح العاكسة واللامعة
الأنماط والزخارف	استلهام الأنماط الهندسية والزخارف من التراث المحلي، إلى جانب استلهام النقوش من النباتات المحلية وإعادة توظيفها بصورة معاصره تعزز الهوية البصرية للمشروع.
الفراغ العام	تصميم الساحات، والتشجير، والإضاءة بما يعزز من الهوية العمرانية، ويحسن جودة البيئة، ويوفر تجربة مريحة للمستخدمين.

وقد اعتمد المشروع على هذه السمات بوصفها مرجعًا تصميميًا في تطوير الهوية المعمارية، حيث تم تحليلها واستخلاص العناصر القابلة للتطبيق على المشروع بما يتناسب مع وظيفته. وشمل ذلك معالجة الواجهات، وتكوين الكتل، واختيار الألوان والمواد، وتطوير الأنماط الزخرفية المستوحاة من النباتات المحلية، وصولًا إلى هوية معمارية معاصرة تعبر عن الطابع المحلي لمدينة الطائف كما يوضح الشكل رقم (4).



الشكل 4: عناصر الهوية المعمارية المستلهمة للمشروع من الموجهات التصميمية لعمارة الطائف «العمارة السعودية» (المصدر: الباحثون)

3 .7التحليل المعماري

1.7.3 تحليل العناصر المعمارية للمسجد القائم

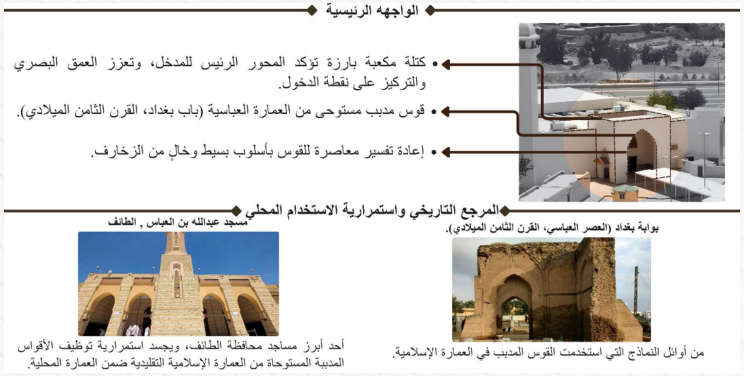
أظهر التحليل المعماري للمسجد القائم اعتماد هويته على عناصر مستمدة من العمارة الإسلامية المبكرة، شملت المئذنة ذات القاعدة المربعة، والقوس المدبب في المدخل الرئيسي، والإيقاع المنتظم للأقواس المدببة في الواجهات الجانبية (الأشكال رقم 5 و6).

يوضح التحليل أن المئذنة القائمة في ميقات قرن المنازل تستند في تكوينها إلى الطراز الإسلامي المبكر، من خلال الكتلة المربعة التي ظهرت في المآذن الأموية الأولى، والتي شكلت النموذج الأساسي لتصميم المآذن في العمارة الإسلامية. كما تحافظ المئذنة على وضوحها الهندسي وبساطة تكوينها مع إعادة توظيفها بصياغة معاصرة، في حين يعكس الجزء العلوي، المتمثل في القبة الهلالية والهلال المعدني، استمرارية الهوية البصرية للعمارة الإسلامية، بما ينسجم مع الطابع المعماري للمسجد (Diab, 2020).



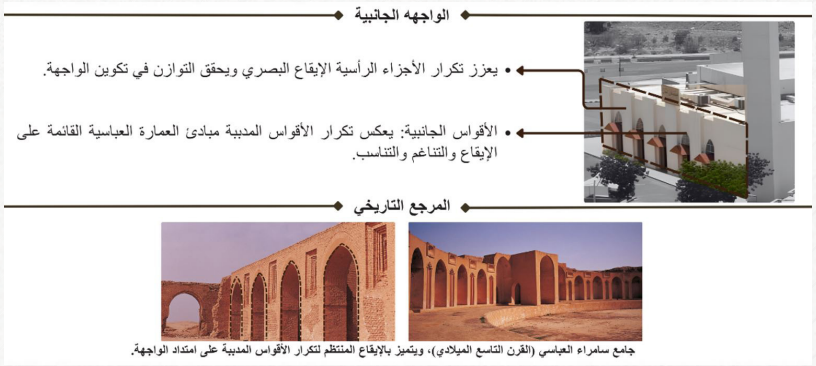
الشكل 5: التحليل المعماري للمئذنة القائمة (المصدر: الباحثون)

أظهر التحليل اعتماد الواجهة الرئيسية على كتلة مركزية يتوسطها قوس مدبب، ويُعد هذا العنصر من أبرز السمات التي برزت في العمارة العباسية، ومن أوائل أمثلتها التاريخية بوابة بغداد في الرقة. وقد أعيد توظيف هذا القوس في المسجد بصياغة معاصرة تتسم بالبساطة ووضوح الكتلة؛ بما يحقق توازنًا بين الأصالة التاريخية والطابع المعماري الحديث (Saoud, 2002).



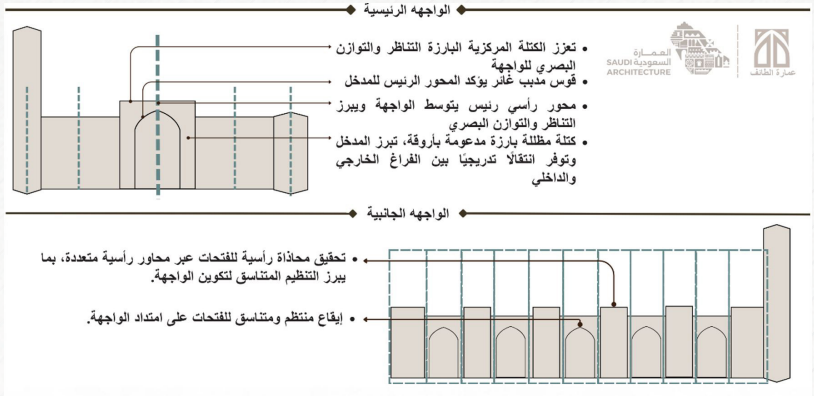
الشكل 6: التحليل المعماري للواجهة الرئيسة (المصدر: الباحثون)

أظهر التحليل اعتماد الواجهات الجانبية على التكرار المنتظم للأقواس المدببة (الشكل رقم 7)، بما يحقق إيقاعًا بصريًا ويعزز وحدة التكوين المعماري، إلى جانب تنظيم حركة الحجاج والمعتمرين. كما يعكس هذا العنصر امتدادًا للعمارة العباسية، مع إعادة توظيفه بصياغة معاصرة تحافظ على الهوية الإسلامية وتنسجم مع مبادئ العمارة الحديثة (Saoud, 2002).



الشكل 7: التحليل المعماري للواجهة الجانبية (المصدر: الباحثون)

2.7.3 توافق المسجد مع عمارة الطائف



الشكل 8: توافق تصميم المسجد مع الموجهات التصميمية لعمارة الطائف (المصدر: الباحثون)

كما أظهر التحليل توافق عدد من عناصر المسجد القائم مع الموجهات التصميمية لعمارة الطائف (الشكل رقم 8)، لاسيما وضوح المحور الرئيسي، والتناظر، ومتانة التكوين، والإيقاع المنتظم للفتحات، وإبراز المدخل الرئيسي، وهي مبادئ تعزز الهوية العمرانية المحلية. وقد شكل هذا التوافق الأساس الذي استند إليه تطوير الهوية المعمارية للمشروع؛ بما ينسجم مع الموجهات التصميمية لعمارة الطائف(العمارة السعودية).

8.3 النموذج المقترح لتطوير ميقات قرن المنازل

استنادًا إلى نتائج تحليل التوجهات الوطنية، والدراسات المتعلقة برفع وعي الحجاج والمعتمرين، ودراسة حالة تطوير ميقات ذي الحليفة، تم إعداد نموذج معماري مقترح لتطوير ميقات قرن المنازل، يهدف إلى تحويل الميقات من محطة للإحرام إلى مركز متكامل للإعداد الديني والثقافي، يسهم في رفع مستوى الوعي، وتحسين تجربة الحجاج والمعتمرين، وتعزيز جودة الخدمات المقدمة لهم قبل دخول مكة المكرمة. يوضح الشكل (9) الموقع العام للمشروع، الذي يجسد تكامل مكونات النموذج المقترح، بينما ترتكز فلسفة التطوير على خمسة محاور رئيسة تعمل بصورة متكاملة.



الشكل 9: الموقع العام للنموذج المقترح لتطوير ميقات قرن المنازل (المصدر: الباحثون)

أولًا: محور التوعية الدينية والثقافية

يوضح الشكل رقم 10 منظور عام للمسجد والمركز الثقافي ضمن النموذج المقترح للمشروع. وكما يهدف المحور الثقافي إلى رفع مستوى الوعي الديني والثقافي للحجاج والمعتمرين قبل أداء المناسك؛ من خلال إنشاء مركز ثقافي ومعرض تفاعلي يقدمان محتوى تعليميًا متعدد اللغات (الشكل رقم 11)، يعتمد على الوسائط السمعية والبصرية والتقنيات التفاعلية، بما يسهم في شرح مناسك الحج والعمرة وخلق تجربة تعليمية تفاعلية تساعدهم للاستعداد لأداء المناسك بكل طمأنينة ووعي، إلى جانب إمكانية دمج محتوى إثرائي يعرف بالتراث الإسلامي والثقافي للمملكة العربية السعودية في المعرض الثقافي وخلق بيئة توعوية وإثرائية متكاملة.



الشكل 10: منظور عام للمسجد والمركز الثقافي ضمن النموذج المقترح.



الشكل 11: منظور داخلي للمعرض التفاعلي بالمركز الثقافي.



الشكل 13 : منظور عام للفندق المقترح.



الشكل 14: منظور عام للمركز التجاري المقترح.

ثانيًا: محور الخدمات الصحية

يركز هذا المحور على توفير بيئة صحية متكاملة وآمنة للحجاج والمعتمرين؛ من خلال إنشاء مركز صحي يقدم الخدمات الوقائية والإسعافية، إضافة إلى برامج التوعية والإرشاد الصحي التي تقدم بالتكامل مع المركز الثقافي؛ بما يحقق تكاملًا بين التوعية الدينية والثقافية والصحية في منظومة واحدة. ويسهم ذلك في رفع مستوى الوعي الصحي، وتعزيز الجاهزية البدنية والوقائية للحجاج والمعتمرين قبل مواصلة رحلتهم إلى مكة المكرمة (الشكل رقم 12).



الشكل 12: منظور عام للمركز الصحي ضمن النموذج المقترح (المصدر: الباحثون)

ثالثًا: محور الخدمات المساندة

يتضمن هذا المحور توفير منظومة من المرافق والخدمات المساندة التي تلبي احتياجات الحجاج والمعتمرين خلال فترة تواجدهم في الميقات، وتشمل مرافق الإقامة القصيرة، والخدمات التجارية، والمطاعم، ومناطق الجلوس والاستراحة؛ بما يوفر بيئة مريحة تساعد الزوار على الاستعداد البدني والنفسي قبل أداء المناسك. (مرفق الأشكال رقم 13 و14 توضح مقترح الفندق والمركز التجاري كخدمات مساندة للمشروع المقترح).

رابعًا: محور التشغيل وإدارة الحركة

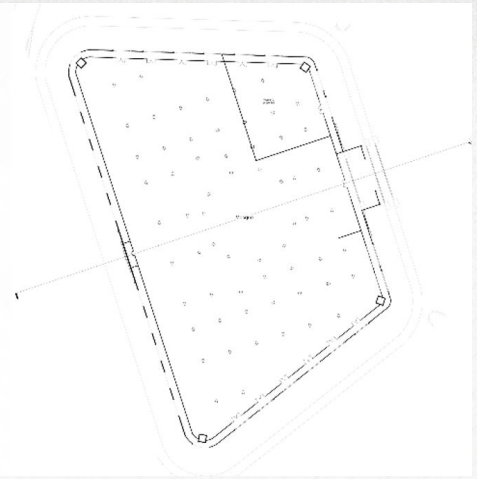
يهتم هذا المحور بتنظيم حركة الحجاج والمعتمرين داخل الميقات من خلال تطوير شبكة الحركة للمشاة والمركبات والحافلات، وتحسين عناصر الوصول الشامل، وتنظيم مواقف السيارات، ورفع كفاءة البنية التحتية؛ بما يسهم في تحقيق انسيابية الحركة، وتقليل الازدحام، وتحسين جودة الخدمات التشغيلية.

خامسًا: محور رفع الطاقة الاستيعابية وكفاءة البنية التحتية

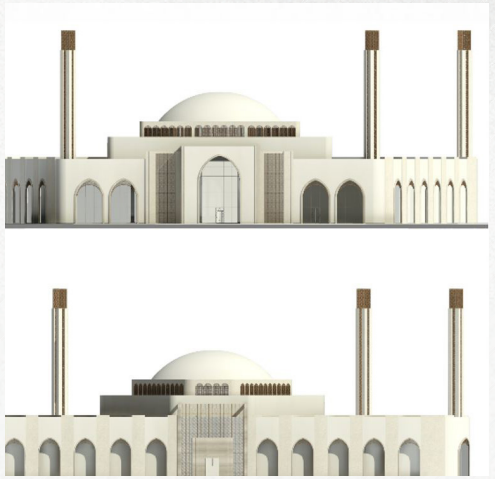
يركز هذا المحور على رفع الطاقة الاستيعابية لميقات قرن المنازل من خلال تطوير المسجد ليتسع إلى نحو (9000) مصل، وتطوير الساحات المحيطة والمرافق الخدمية؛ بما يواكب النمو المتوقع في أعداد الحجاج والمعتمرين، ويسهم في تحسين كفاءة التشغيل وجودة الخدمات. كما يشمل إعادة تنظيم الموقع ورفع كفاءة البنية التحتية؛ بما يحقق الاستخدام الأمثل للمساحات، ويعزز انسيابية الحركة، ويقلل من الازدحام، ويوفر بيئة أكثر راحة واستدامة تلبي احتياجات ضيوف الرحمن بكفاءة عالية.



الشكل 15: المنظور العام للنموذج المقترح لتطوير ميقات قرن المنازل (المصدر: الباحثون)



الشكل 16: المسقط الأفقي للمسجد المقترح.



الشكل 17: الواجهات المعمارية للمسجد المقترح.

يقوم النموذج المقترح على تكامل هذه المحاور ضمن منظومة واحدة؛ بحيث تعمل الخدمات الدينية، والثقافية، والصحية، والخدمية، والتشغيلية بصورة مترابطة، بهدف تهيئة الحجاج والمعتمرين قبل دخول مكة المكرمة. ويسهم هذا التكامل في رفع مستوى الوعي، وتحسين جودة تجربة ضيوف الرحمن، ودعم مستهدفات رؤية المملكة 2030 وبرنامج خدمة ضيوف الرحمن، كما يقدم نموذجًا يمكن الاستفادة منه في تطوير المواقيت المكانية الأخرى في المملكة.

9.3 المناقشة والنتائج

1.9.3 دور المواقيت في تعزيز الوعي قبل أداء المناسك

يبرز الوعي الديني والثقافي باعتباره أحد العوامل الرئيسة في تحسين تجربة الحجاج والمعتمرين؛ إذ يسهم في تعزيز فهم المناسك وترسيخ السلوكيات الصحيحة قبل أداء الشعائر. ويمثل الميقات المرحلة الأولى في رحلة الحج والعمرة؛ مما يجعله الموقع الأنسب لتقديم برامج التوعية والإعداد قبل دخول مكة المكرمة. ويعكس النموذج المقترح هذا التوجه من خلال توظيف الميقات بوصفه بيئة تعليمية وإرشادية متكاملة، تتجاوز دوره التقليدي كمكان للإحرام.

2.9.3 تكامل الخدمات وأثره في تحسين تجربة الحجاج والمعتمرين

يتضح أن تحقيق تجربة متكاملة للحجاج والمعتمرين لا يعتمد على توفير الخدمات الأساسية فحسب، وإنما يتطلب تكاملًا بين الجوانب الدينية، والثقافية، والصحية، والخدمية ضمن منظومة واحدة. ويجسد النموذج المقترح هذا المفهوم من خلال الربط بين برامج التوعية، والخدمات الصحية، ومرافق الإقامة والخدمات المساندة، بما يسهم في تهيئة الحجاج والمعتمرين قبل مواصلة رحلتهم إلى مكة المكرمة.

3.9.3 أثر رفع الطاقة الاستيعابية في تحسين جودة الخدمات وتجربة الحجاج

يمثل رفع الطاقة الاستيعابية أحد الركائز الأساسية لتطوير المواقيت المكانية، في ظل الزيادة المستمرة في أعداد الحجاج والمعتمرين ومستهدفات المملكة الرامية إلى استيعاب أعداد أكبر من ضيوف الرحمن مع الحفاظ على سلامتهم وراحتهم اثناء أداء المناسك. ولا يقتصر أثر زيادة الطاقة الاستيعابية على استيعاب المزيد من الزوار فحسب، بل يمتد إلى تحسين كفاءة التشغيل، وتقليل الازدحام، وتعزيز انسيابية الحركة داخل المسجد والساحات والمرافق الخدمية، بما يسهم في توفير بيئة أكثر راحة وتنظيمًا.

4.9.3 توافق النموذج المقترح مع التوجهات الوطنية

يتوافق النموذج المقترح مع التوجهات الوطنية الرامية إلى تطوير منظومة الحج والعمرة؛ من خلال الإسهام في رفع جودة الخدمات، وإثراء تجربة ضيوف الرحمن، وتعزيز الوعي الديني والثقافي. كما ينسجم مع مستهدفات رؤية المملكة 2030 وبرنامج خدمة ضيوف الرحمن، والتوجهات المستقبلية للهيئة الملكية لمدينة مكة المكرمة والمشاعر المقدسة في تطوير المواقيت ورفع كفاءتها التشغيلية والخدمية.

5.9.3 إمكانية تطبيق النموذج في المواقيت الأخرى

على الرغم من أن النموذج المقترح طُبق على ميقات قرن المنازل، إلا أن المبادئ التي يقوم عليها يمكن تكييفها وتطبيقها في المواقيت المكانية الأخرى، مع مراعاة الخصائص المكانية والتشغيلية لكل موقع. ويمنح ذلك النموذج بعدًا تطبيقيًا يمكن أن يسهم في تطوير منظومة المواقيت في المملكة؛ من خلال تعزيز دورها في التوعية والإعداد، إلى جانب دورها الأساسي في أداء شعيرة الإحرام.

4. الخلاصة

يمثل تطوير ميقات قرن المنازل فرصة لتعزيز دوره بوصفه مركزًا متكاملًا لتهيئة ضيوف الرحمن قبل دخول مكة المكرمة، إلى جانب وظيفته الأساسية المرتبطة بالإحرام. وقد تم الاستناد إلى تحليل التوجهات الوطنية، والدراسات السابقة، والأمثلة المرجعية، والأكواد والمعايير الوطنية، اضافةً إلى تحليل الهوية المعمارية للموقع؛ لتطوير نموذج مقترح يشمل الجوانب التوعوية، والثقافية، والصحية، والخدمية، ضمن بيئة متكاملة. كما تم الحفاظ على الهوية المعمارية للموقع من خلال الاعتماد على الموجهات التصميمية لعمارة الطائف وإعادة توظيف للعناصر المعمارية القائمة وتطويرها بما ينسجم مع احتياجات المشروع، مع الحفاظ على أصلها المعماري، بما يعزز ارتباط المشروع بموقعه

المميز ومكانته الدينية ويواكب مستهدفات رؤية المملكة 2030. ويمثل النموذج المقترح إطارًا مرجعيًا يمكن الاستفادة منه في تطوير المواقيت المكانية الأخرى، بما يسهم في تحسين تجربة ضيوف الرحمن والارتقاء بجودة الخدمات المقدمة لهم.

5. التوصيات

- الاستفادة من المواقيت المكانية بوصفها محطات للإعداد والتوعية، إلى جانب دورها الأساسي في أداء شعيرة الإحرام، بما يسهم في تعزيز وعي ضيوف الرحمن قبل دخول مكة المكرمة.

- مراعاة تكامل الجوانب الدينية والثقافية والصحية والخدمية عند تطوير المواقيت، بما يحقق تجربة أكثر شمولًا لضيوف الرحمن، ويستجيب لاحتياجاتهم المتنوعة.

- الاهتمام برفع الطاقة الاستيعابية للمواقيت وتطوير مرافقها بما يتناسب مع الزيادة المتوقعة في أعداد ضيوف الرحمن، مع الحفاظ على جودة الخدمات وسهولة الحركة داخل الموقع.

- الحفاظ على الهوية المعمارية للمواقيت والاعتماد على الموجهات التصميمية المحلية عند تطويرها، بما يحقق التوازن بين الأصالة والحداثة ويعزز ارتباطها بالمكان.

- إجراء دراسات مستقبلية لقياس أثر تطوير المواقيت على مستوى الوعي وجودة الخدمات وتجربة ضيوف الرحمن، والاستفادة من نتائجها في تطوير المواقيت المكانية الأخرى.

المراجع

- العمارة السعودية (دون تاريخ) الموجهات التصميمية: عمارة الطائف.

- المركز الوطني للتخصيص (2026) شركة مطارات القابضة بالتعاون مع المركز الوطني للتخصيص يعلنان عن طلب إبداء الرغبات لمطار الطائف الدولي الجديد، المركز الوطني للتخصيص. موجود في: https://ncp.gov.sa/ar/MediaCenter/News/Pages/RFP-Taif_International_Airport.aspx (تاريخ الوصول: 8 يوليو، 2026)

- الهيئة العامة للإحصاء (2023) إحصاءات الحج لعام 1444هـ / 2023م.

- الهيئة العامة للطيران المدني (2024) التقرير السنوي للهيئة العامة للطيران المدني 2024م / 1446-1445هـ.

- الهيئة الملكية لمدينة مكة المكرمة والمشاعر المقدسة (2024) التقرير السنوي لعام 2024 الهيئة الملكية لمدينة مكة المكرمة والمشاعر المقدسة.

- برنامج خدمة ضيوف الرحمن (2021) خطة تنفيذ برنامج خدمة ضيوف الرحمن 2021–2025.

- برنامج خدمة ضيوف الرحمن (2024) التقرير السنوي لبرنامج خدمة ضيوف الرحمن لعام 2024.

- معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة، جامعة أم القرى (2024) التقرير المرحلي لدراسات معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة – الموسم البحثي 1445هـ.

- هيئة تطوير منطقة المدينة المنورة (2026) أكثر من 15 مليون زائر لمسجد ميقات ذي الحليفة خلال عام 2025م وسط منظومة خدمية وتنظيمية متكاملة، هيئة تطوير منطقة المدينة المنورة. موجود في: https://mda.gov.sa/news/details/3241 (تاريخ الوصول: 8 يوليو، 2026).

- وكالة الأنباء السعودية (2026) رمضان / ميقات «ذو الحليفة» بالمدينة المنورة.. منظومة خدمات متكاملة لضيوف الرحمن، وكالة الأنباء السعودية. موجود في: https://www.spa.gov.sa/N2534483 (تاريخ الوصول: 8 يوليو، 2026

- Alsaleh, G.S. (2025) وآخرون «Knowledge of Health Services Access Among Hajj Pilgrims in Saudi Arabia During the 1445 H (2024 G) Season and Its Associated Demographic and Health-Related Factors», International Journal of Environmental Research and Public Health, 22(10), موجود في: https://doi.org/10.3390/ijerph22101472. ص 14.

- Diab, S. (2020) «Elements of Islamic architectural heritage: Minaret», WIT Transactions on the Built Environment. WITPress, موجود في: https://doi.org/10.2495/IHA200141. ص 167–178.

- Saoud Ba, R. و Salem Bsc, A. (2002) Muslim Architecture under The Abbassid Patronage (750-892AD).

تقييم برامج الشراكة المجتمعية بين جامعة أم القرى والمنظمات الحكومية في دعم إدارة المخاطر بالمشاعر المقدسة

أمينه أحمد محمد الجندي*، فاتن علي الزهراني، افنان محمد صلواتي، سارة صلاح الدين الصواف - قسم الخدمة الاجتماعية ، جامعة أم القرى

Evaluation of Community Partnership Programs between Umm Al-Qura University and Governmental Organizations in Supporting Risk Management at the Holy Sites

Amina Ahmed Al-Jendi*, Faten Ali Al-Zahrani, Afnan Mohammed Salwati and Sara Al-Sawwaf - Department of Social Work, Umm Al-Qura University

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

الملخص

تعد الشراكة المجتمعية بين منظمات الدولة مدخلاً قوياً لتحقيق التنمية المستدامة، ولاسيما الشراكات بين الجامعات والمنظمات الحكومية الأخرى لما لها من خبرات اكاديمية وبحثية وتدريبية تسخر لخدمة المجتمع وحل قضاياه. من هذا المنطلق جاءت هذه الدراسة التي تهدف الى تقييم برامج الشراكة بين جامعة أم القرى والمنظمات الحكومية في ادارة المخاطر بالمشاعر المقدسة، وذلك بهدف الوقوف على مستوى فاعلية هذه البرامج وقياس جودة مخرجاتها. ولتحقيق أهداف الدراسة، اعتمدنا في هذا البحث منهج المسح الاجتماعي بالأسلوب الكمي والكيفي (المختلط). وتمثّلت أدوات جمع البيانات في استبانة مصممه لهذا الغرض، طُبقت على عيّنة مؤلّفة من (٣٠) مفردة من العاملين والمدربين والمستشارون بمعهد البحوث والدراسات والخدمات الاستشارية بجامعة ام القرى، إلى جانب تحليل المحتوى لعدد من برامج الشراكة المجتمعية بلغت (٦) برامج. وقد خلصت الدراسة إلى عدد من النتائج، كان من أبرزها: أن برامج الشراكة المجتمعية بين المعهد والمنظمات الحكومية (وزارة الحج والعمرة – وزارة الصحة – وزارة البيئة والمياه والزراعة) في إدارة المخاطر بالمشاعر المقدسة تحقق مستويات مرتفعة إلى مرتفعة جداً في أبعاد الحوكمة والتصميم والموارد والأثر، مما يجعلها نموذجاً ناجحاً وقابلاً للتعميم. في المقابل، تُعدّ المعوقات المالية واللوجستية والتقنية التحديات الأكثر إلحاحاً، ويرى المبحوثين أن تجاوزها يستلزم توضيح الأدوار، وتخصيص ميزانيات مستقلة، وتبني التقنيات الحديثة، وخرجت الدراسة بعدد من التوصيات، في مقدّمتها: تعزيز قياس الأثر بحيث يشمل الأثر طويل المدى على الأداء وجودة الخدمات، توضيح الأدوار بين الجهات الشريكة لتقليل التداخل ورفع كفاءة التنسيق، وقدمن الدراسة نموذج تصوري لرفع مستوى الشراكة بين الجهات المعنية.

الكلمات المفتاحية: الشراكة المجتمعية، جامعة أم القرى، المنظمات الحكومية، إدارة المخاطر، معهد البحوث والدراسات والخدمات الاستشارية، المشاعر المقدسة.

Abstract

Community partnership among state organizations is a powerful approach to achieving sustainable development, particularly partnerships between universities and governmental organizations, given their academic, research, and training expertise that can be utilized to serve society and address its issues. Accordingly, this study aimed to evaluate partnership programs between Umm Al-Qura University and governmental organizations in risk management at the Holy Sites, in order to assess the effectiveness of these programs and the quality of their outcomes.

To achieve its objectives, the study adopted a social survey method using a mixed quantitative and qualitative approach. Data were collected through a questionnaire designed for this purpose and administered to a sample of 30 employees, trainers, and consultants at the Institute of Research, Studies, and Consulting Services at Umm Al-Qura University, in addition to content analysis of six community partnership programs.

The findings showed that partnership programs between the Institute and governmental organizations—the Ministry of Hajj and Umrah, the Ministry of Health, and the Ministry of Environment, Water and Agriculture—achieved high to very high levels in governance, design, resources, and impact, making them a successful and scalable model. However, financial, logistical, and technical obstacles remain the most urgent challenges. The study recommended enhancing

long-term impact assessment, clarifying partner roles, allocating independent budgets, adopting modern technologies, and proposed a conceptual model to strengthen inter-organizational partnerships.

Keywords: community partnership, Umm Al-Qura University, government organizations, risk management, Institute of Research, Studies, and Consulting Services, holy sites.

1. المقدمة

تحظى المملكة العربية السعودية بمكانة دينية عظيمة بين المجتمعات العربية والإسلامية، فهي مهبط الوحي وموطن الحرمين الشريفين، وتزداد أهميتها الاستراتيجية لاحتضانها المشاعر المقدسة التي يقصدها ملايين الحجاج والمعتمرين سنوياً لأداء مناسكهم في أجواء من الأمن والتنظيم والرعاية. كما يعكس اهتمام المملكة بخدمة ضيوف الرحمن رسالتها الإسلامية ودورها الريادي في رعاية المقدسات وتيسير شعائر الحج والعمرة، تجسيدًا لرسالتها التاريخية ومسؤوليتها الدينية والإنسانية تجاه الأمة الإسلامية بأسرها. وقد تبين هذا الاهتمام، في إطار رؤية المملكة 2030 ومستهدفاتها الطموحة في برنامج تعزيز الشخصية السعودية وبرنامج جودة الحياة، والذي يظهر توجه إستراتيجي واضح نحو تبني نماذج تنموية تشاركية تقوم على تكامل الأدوار بين مؤسسات الدولة المختلفة، باعتبار أن تقديم خدمة متكاملة لحجاج بيت الله الحرام ومعتمريه يتطلب تجاوز النمط التقليدي للعمل الحكومي المنفرد، نحو صياغة منظومات شراكة فاعلة تتكامل فيها الجهود الحكومية مع الطاقات العلمية والبحثية والمجتمعية المتاحة في الدولة. (Kingdom of Saudi Arabia, 2016).

وفي ضوء هذا التوجه، أصبحت الشراكة المجتمعية بين الجهات الحكومية والمؤسسات الأكاديمية والبحثية أحد الركائز الجوهرية التي تستند إليها المملكة في تطوير منظومتها الخاصة بخدمة الحج والعمرة، وخاصةً في الجوانب المتعلقة بإدارة المخاطر والتحديات التشغيلية التي تفرضها طبيعة هذا التجمع الإنساني الاستثنائي من حيث الكثافة العددية والتنوع الثقافي والزمني المحدود لأداء الشعائر، فالمملكة التي تستقبل في كل موسم ملايين الحجاج والمعتمرين من مختلف بقاع الأرض، تدرك أن إدارة هذا الحجم الهائل من الحشود البشرية في منطقة جغرافية محدودة يتطلب توظيف أحدث ما وصلت إليه المعارف العلمية والتقنية في مجالات إدارة الحشود، والتخطيط العمراني، والصحة العامة، والأمن، وهو ما لا يمكن تحقيقه على الوجه الأمثل إلا من خلال تكامل الجهد الحكومي التنفيذي مع الخبرة العلمية والبحثية المتراكمة في الجامعات والمؤسسات الأكاديمية المتخصصة. (Haase et al., 2016)

وفي هذا السياق، تمثل جامعة أم القرى موقعًا محوريًا واستثنائيًا، بالنظر إلى كونها المؤسسة الأكاديمية الأقرب جغرافيًا ومعرفيًا إلى الحرم المكي الشريف ومسارات أداء الشعائر، وما تتنوع به من تخصصات علمية متعددة تشمل العلوم الصحية والهندسية والاجتماعية والشرعية، فضلًا عن مراكزها البحثية المتخصصة في شؤون الحج والعمرة، كمعهد البحوث والدراسات والخدمات الاستشارية ، الذي يُعد مركزًا بحثيًّا متفرّدًا على المستوى العالمي كونه يخدم حدثًا فريدًا وتجمّعًا لا مثيل له، وقد قدّم على مدى السنوات الماضية عشرات الأبحاث المتخصصة في القضايا التخطيطية والبيئية والإنسانية المرتبطة بالحج والمشاعر المقدسة. وقد أفرزت هذه المكانة العلمية والجغرافية تطورًا تراكميًا في صياغة برامج الشراكة المجتمعية بين الجامعة وعدد من الجهات الحكومية ذات الصلة المباشرة بإدارة موسم المشاعر المقدسة، من أبرزها وزارة الحج والعمرة، والدفاع المدني السعودي، ووزارة الصحة، وأمانة العاصمة المقدسة، وقطاعات الأمن العام. وتتمثل هذه الشراكات في صور متعددة، تشمل تقديم الاستشارات العلمية المتخصصة، وإجراء الدراسات الميدانية التطبيقية، وتنفيذ البرامج التدريبية للكوادر العاملة، وتطوير الحلول التقنية والابتكارية الموجهة لمعالجة الإشكاليات التشغيلية التي تواجه الجهات التنفيذية في موسم الحج. (جامعة ام القرى، 2026) وتعد إدارة المخاطر في موسم المشاعر المقدسة، في هذا السياق، من أبرز القضايا البحثية ذات الأولوية الإستراتيجية، إذ تتقاطع فيها أبعاد متعددة تتعلق بالأمن الإنساني، والصحة العامة، والتخطيط العمراني، والاستدامة المؤسسية. ويفرض هذا التزاحم البشري غير المسبوق منظومة معقدة من المخاطر المحتملة، تتراوح بين المخاطر الصحية المتمثلة في انتشار الأمراض المعدية والإصابات الناجمة عن الإجهاد الحراري، والمخاطر الأمنية المرتبطة بالتدافع والازدحام، والمخاطر اللوجستية المتعلقة بكفاءة المرافق والخدمات، والمخاطر البيئية الناتجة عن الضغط على الموارد الطبيعية والبنية التحتية. وفي مواجهة هذا الواقع المتداخل، اصبحت الحاجة ماسة إلى تبني مقاربات تكاملية تتجاوز الأداء الانفرادي للجهات الحكومية، نحو صياغة منظومات شراكة مجتمعية تُسهم فيها المؤسسات الأكاديمية والبحثية بفعالية في دعم القدرة الوطنية على التنبؤ بالمخاطر والاستجابة لها. (وزارة المالية،٢٠٢١).

وتعد جامعة أم القرى ممثلةً في معهد البحوث والدراسات والخدمات الاستشارية أحد أهم الأذرع العلمية والاستشارية الداعمة لمنظومة الحج والعمرة، حيث يضطلع المعهد بتنفيذ البرامج التدريبية والدراسات الاستشارية وبناء الشراكات مع الجهات الحكومية ذات العلاقة، ومن أبرزها وزارة الصحة. وقد أسهم المعهد في تنفيذ عدد من الدراسات الاستشارية المرتبطة بالصحة العامة والتجمعات البشرية بالتعاون مع وزارة الصحة خلال مواسم الحج؛ بهدف تطوير الخدمات الصحية المقدمة لضيوف الرحمن وتحسين الكفاءة في إدارة الحشود (معهد البحوث والدراسات والخدمات الاستشارية، 2025). كما أكدت وزارة الصحة أهمية التعاون مع جامعة أم القرى من خلال مذكرات التفاهم والاتفاقيات المشتركة في مجالات التعليم والتدريب والأبحاث الصحية وكذلك الأوراق العلمية في هذا الجانب، بما يعزز التكامل بين المؤسسات الأكاديمية والجهات الحكومية (وزارة الصحة، 2025).

وفي سياق الشراكات الحكومية المرتبطة بخدمة ضيوف الرحمن، تبرز وزارة البيئة والمياه

والزراعة بوصفها إحدى الجهات الرئيسة التي تتضلع بأدوار محورية في المحافظة على الصحة البيئية وسلامة الغذاء وإدارة الموارد المائية والنفايات خلال موسمي الحج والعمرة. وترتبط الوزارة بمجالات تعاون متنوعة مع جامعة أم القرى ممثلةً في معهد البحوث والدراسات والخدمات الاستشارية، بما يتيح توظيف الخبرات البحثية والاستشارية في دعم الجهود الرامية إلى تعزيز الاستدامة البيئية والارتقاء بجودة الخدمات المقدمة للحجاج والمعتمرين. كما تؤكد الخطط التشغيلية للوزارة خلال موسم الحج أهمية التكامل المؤسسي في مجالات الرقابة البيئية وسلامة الأغذية وإدارة النفايات الصلبة والسائلة والحد من المخاطر البيئية المصاحبة للتجمعات البشرية الكبيرة (وزارة البيئة والمياه والزراعة، 2026). وعلى الرغم من التوسع في تطبيق برامج الشراكة المجتمعية بين جامعة أم القرى، ممثلة في معهد البحوث والدراسات والخدمات الاستشارية، وبعض المنظمات الحكومية، إلا أن الحاجة ما تزال قائمة لإجراء تقييم علمي دقيق لهذه البرامج بشكل عام، وفيما يتعلق بمدى فاعليتها في دعم اتخاذ القرار وتعزيز كفاءتها في دعم إدارة المخاطر في المشاعر المقدسة بشكل خاص. ويعود ذلك إلى محدودية الدراسات التي تناولت هذا الجانب، فضلًا عن غياب تحليل مخرجاتها وفاعليتها وبيان أثر مخرجات هذه الشراكات. وتسعى هذه الدراسة الى سد هذه الفجوة البحثية والتي تقوم على تقييم برامج الشراكة المجتمعية من خلال استخدام المنهج والادوات المناسبة لذلك.

وبناء على ماسبق، فإن مشكلة الدراسة تتحدد في التعرف على واقع برامج الشراكة المجتمعية بين جامعة أم القرى ممثلة في معهد البحوث والدراسات والخدمات الاستشارية، وبعض المنظمات الحكومية ممثلة في(وزارة الحج والعمرة-وزارة الصحة-وزارة البيئة والمياه والزراعة)، وتقييم إسهاماتها في دعم إدارة المخاطر، إلى جانب رصد التحديات التي تواجهها، واقتراح سبل تطويرها من وجهة نظر المعنيين. ويُتوقع أن تسهم نتائج هذا التقييم في بناء برامج مستقبلية قائمة على معايير جودة واضحة وقابلة للقياس، بما يعزز من فاعلية الشراكات ويحقق أهدافها التنموية.

أ. أهداف الدراسة:

وتمثل الهدف الرئيس للدراسة في: تقييم برامج الشراكة المجتمعية بين معهد البحوث والدراسات والخدمات الاستشارية بجامعة ام القرى وبعض المنظمات الحكومة في مجال دعم إدارة المخاطر بالمشاعر المقدسة. وانبثق عن هذا الهدف الرئيس مجموعة من الأهداف الفرعية هي:

1.تحديد فاعلية دور معهد البحوث والدراسات والخدمات الاستشارية في برامج الشراكة المجتمعية المتعلقة بإدارة المخاطر في المشاعر المقدسة من خلال (الحوكمة والإطار المؤسسي للشراكة - تصميم البرامج وجودة المخرجات - الموارد والقدرات ونقل المعرفة - التكامل والتطبيق والأثر).

2.تحديد فاعلية دور بعض المنظمات الحكومية في برامج الشراكة المجتمعية المتعلقة بإدارة المخاطر في المشاعر المقدسة من خلال (الحوكمة والإطار المؤسسي للشراكة - التنظيم والتنسيق - التكامل وتحقيق الأثر).

3.تحديد المعوقات التي تواجه برامج الشراكة المجتمعية في إدارة المخاطر بالمشاعر المقدسة.

4.تحديد المقترحات للتغلب على المعوقات التي تواجه برامج الشراكة المجتمعية بين معهد البحوث والدراسات والخدمات الاستشارية بجامعة ام القرى وبعض المنظمات الحكومية في إدارة المخاطر بالمشاعر المقدسة.

5.وضع نموذج تطويري لرفع كفاءة برامج الشراكة المجتمعية بين معهد البحوث والدراسات والخدمات الاستشارية بجامعة أم القرى وبعض المنظمات الحكومية في إدارة المخاطر.

ب. أهمية الدَّراسة

تكتسب الدَّراسة أهميتها في ضوء المعطيات العلمية والتطبيقية المتمثلة في الآتي:

- الأهمية العلمية:

1. قد تسهم هذه الدراسة في الفهم العميق لمفهوم الشراكة المجتمعية ومعرفة دورها في إدارة المخاطر والتنبؤ بها.

2. من المحتمل ان تسهم هذه الدراسة في إثراء الادبيات العلمية المرتبطة بإدارة المخاطر في الحشود البشرية، من خلال دراسة تقييميه في موسم الحج والعمرة في المشاعر المقدسة.

- الأهمية التطبيقية:

1. قد تدعم النتائج صناع القرار في المنظمات الحكومية في الاستفادة من الشراكات الأكاديمية التي يقدمها معهد البحوث والدراسات والخدمات الاستشارية.

2. من الممكن ان تعطي هذه الدراسة نموذجاً تصورياً لرفع كفاءة دور معهد البحوث والدراسات في دعم إدارة المخاطر وصناعة القرار.

ت. مفاهيم الدَّراسة:

- مفهوم التقييم (Evaluation): اصطلاحاً: هو عملية منهجية منظمة تهدف إلى جمع البيانات والمعلومات وتحليلها وتفسيرها، من أجل الحكم على كفاءة، أو فاعلية البرامج، أو السياسات، أو المشروعات، أو الخدمات، ومدى تحقيقها للأهداف المحددة مسبقًا، وذلك بغرض اتخاذ قرارات رشيدة تسهم في التحسين والتطوير المستمر وتعزيز كفاءة استخدام الموارد. (Patton,2015). ويقصد بمفهوم التقييم بالدَّراسة الحالية: بأنه عملية علمية منظمة تهدف إلى جمع البيانات وتحليلها فيما يخص برامج الشراكات المجتمعية بين جامعة أم القرى وبعض المنظمات الحكومية متمثلة في (وزارة الحج والعمرة-وزارة

الصحة-وزارة البيئة والمياه والزراعة). بهدف قياس مدى كفاءة هذه البرامج وفاعليتها في تحقيق الأهداف المُحددة مسبقًا، بالإضافة إلى تحديد نقاط القوة ومواطن القصور، ويستند إلى مجموعة من المؤشرات والمعايير الواضحة التي تساهم في دعم عملية اتخاذ قرارات تطويرية مستقبلية تستند إلى أسس وموضوعية.

- مفهوم البرامج (Programs): اصطلاحًا: تعرّف البرامج على أنها مجموعة من المشروعات المترابطة التي تعمل معًا بشكل متكامل لتحقيق أهداف خطة استراتيجية معينة. (Thiry,2004). وهي مجموعة من المشاريع والأنشطة المرتبطة التي تُدار بشكل منظم ومنسق لتحقيق فوائد لا يمكن الوصول إليها عند إدارتها بشكل منفصل. (وزارة التخطيط والتنمية الأقتصادية والتعاون الدولي،2022) ويقصد بمفهوم البرامج بالدَّراسة الحالية: جميع المشاريع والدورات والأنشطة والبحوث التي نفذتها جامعة أم القرى متمثلة بمعهد البحوث والدراسات والخدمات الاستشارية وبعض المنظمات الحكومية متمثلة في (وزارة الحج والعمرة-وزارة الصحة- وزارة البيئة والمياه والزراعة) بالمشاعر المقدسة.

- مفهوم الشراكة المجتمعية (Community Partnerships): اصطلاحاً: هي عدد من الأسس التي تكون وفق عقود قانونية بين طرفين او أكثر وتشمل عدداً من أشكال التعاون الايجابي سواء كان مادي، او معنوي، او خدمي، او استشاري، او رعاية صحية. (الهجلة،د.ت.) وعرَّفتها الأحمد (٢٠١٥) بأنها: إقامة ترتيبات تنظيمية بين جامعة ومؤسسة إنتاجية، وتقوم الجامعة بتقديم خبراتها العلمية العريقة للمؤسسة التي تمت الشراكة معها، وتقدم المؤسسة الدعم المالي مقابل هذه الخبرات؛ مما يسهم في تحقيق أهداف كل طرف في هذه الشراكة. ويقصد بمفهوم الشراكة المجتمعية بالدَّراسة الحالية: مظاهر التعاون بين جامعة أم القرى متمثلة بمعهد البحوث والدراسات والخدمات الاستشارية وبعض المنظمات الحكومية متمثلة في (وزارة الحج والعمرة-وزارة الصحة - وزارة البيئة والمياه والزراعة) بالمشاعر المقدسة من خلال الترتيبات التنظيمية والبرامج والمشاريع التي تحقق غايات بحثية ومعرفية ومجتمعية.

- مفهوم المنظمات الحكومية (Governmental organizations): اصطلاحاً: تعرف المنظمة بأنها كيان منظم يُشكله اشخاص لديهم هدف مشترك، وهو تنظيم رسمي للافراد والموارد والأنشطة والبرامج التي صممت لتحقيق أهداف موضوعه مسبقاً، وللمنظمات اشكال مختلفه كالمنظمات الحكومية وغير الحكومية والدولية. (Testbook,2023) ويقصد بمفهوم المنظمات الحكومية في الدَّراسة الحالية: الجهات التابعة للقطاع العام في المملكة العربية السعودية، والتي تشارك في برامج الشراكة المجتمعية مع جامعة أم القرى في مجال دعم إدارة المخاطر في المشاعر المقدسة، ويتم قياسها من خلال مؤشرات تشمل: درجة التنسيق المؤسسي، حجم المشاركة، كفاءة تنفيذ البرامج، ومستوى التكامل مع الجهات الأخرى.

- مفهوم إدارة المخاطر (Risk Management): اصطلاحاً: عرّفت المنظمة الدولية للتقييس International Organization for Standardization (2018) إدارة المخاطر بأنها أنشطة منظمة ومنسقة تستخدم في توجيه المنظمة والسيطرة عليها فيما يتعلق بالمخاطر. ويمكن تعريفها ايضا بأنها أنشطة منظمة ومنسقة تستخدم في توجية المنظمة والسيطرة عليها فيما يتعلق بالمخاطر. هي نهج منظم ومتكامل يعمل على تحديد وتقييم المخاطر التي قد تتعرض لها الجهة وقد تعيق تحقيق أهدافها، واتخاذ الإجراءات اللازمة للوقاية منها والحد من آثارها واحتمالية حدوثها (وزارة المالية،٢٠٢١). يقصد بمفهوم إدارة المخاطر في الدَّراسة الحالية: مجموعة من الإجراءات والبرامج المنظمة التي تتعاون فيها جامعة أم القرى مع الجهات الحكومية متمثلة بوزارة الصحة ووزارة الحج والعمرة ووزارة البيئة والمياه والزراعة للتعرف على المخاطر المحتملة في المشاعر المقدسة، سواء كانت مخاطر صحية، أو مخاطر بيئية، أو مخاطر تنظيمية مرتبطة بالتجمعات البشرية الكبيرة، وتحليلها وتقييمها بدقة واتخاذ التدابير الوقائية اللازمة للحد من تأثير تلك المخاطر على سلامة الحجاج والمعتمرين.

ث. الدراسات السابقة:

اشتملت الدراسات السابقة على محورين رئيسين، وهما الشراكة المجتمعية وإدارة المخاطر:

المحور الأول: الدراسات التي تناولت الشراكة المجتمعية:

- دراسة (الحازمي والصانع، 2024). بعنوان «الشراكة بين الجامعات والقطاع الخاص في بعض الدول وامكانية الاستفادة منها بالمملكة العربية السعودية» هدفت الدراسة الى التعرف على خبرة الشراكة بين الجامعات والقطاع الخاص في دولتي امريكا واستراليا في ضوء القوى العاملة والعوامل المؤثرة فيها، وتهدف بعد ذلك الى استعراض الجهود التي قدمتها المملكة العربية السعودية في تطوير مثل تلك الشراكات، والكشف عن اوجه الشبه والاختلاف بينها وبين دولتي المقارنة في مجال تلك الشراكة ، فقد استخدمت المنهج المقارن من خلال مدخل جورج بيريداي الذي يعتمد على جمع المعلومات وتنظيمها وتصنيفها بشكل دقيق، وقد قامت الدراسة على المقارنة بين الدول الثلاثة والأخذ من نماذجهم كعينة، وقد توصلت الدراسة إلى عدد من النتائج أهمها أن الجامعات السعودية أولت اهتمامًا خاصا بالشراكة بينها وبين جميع القطاعات حكومية كانت او قطاع خاصة، وذلك منذ فترة طويلة ولكن وبحسب الدراسة فقد زادت نسبة الشراكة بين الجامعات وشتى القطاعات وذلك لتحقيق الأهداف الاقتصادية والاجتماعية، واستغلال الموارد المتاحة بشكل جيد.

- دراسة (القحطاني، 2023). بعنوان «الوظيفة الثالثة للجامعات السعودية في ضوء رؤية المملكة 2030» هدفت الدراسة الى الكشف عن واقع تطبيق وظيفة خدمة المجتمع التي تكمن في الشراكة المجتمعية والتعليم المستمر والبحوث التطبيقية في ضوء رؤية 2030 وقد تمت الدراسة على عدة جامعات سعودية منها (جامعة ام القرى- جامعة الملك سعود- جامعة الملك عبدالعزيز- جامعة الملك فهد للبترول والمعادن)، وقد استخدمت الدراسة

المنهج الوصفي المسحي بأداة الاستبانة لعينة من القيادات الاكاديمية بلغ عددهم (136) فرداً، وتوصلت الدراسة الى ان تطبيق وظيفة خدمة المجتمع في الجامعات السعودية ما زال في مستوى متوسط بشكل عام، مما يشير إلى أن الجهود موجودة لكنها ليست بالمستوى المأمول لتحقيق التكامل الكامل مع مستهدفات رؤية 2030، كما أن التعليم المستمر والبحوث التطبيقية يطبّقان بشكل أفضل نسبيًا من الشراكة المجتمعية التي تُعد الأضعف.

- دراسة (الجهني، 2023). بعنوان «أثر الحوكمة على تطوير الشراكات النوعية في وزارة الحج والعمرة: دراسة استشرافية» هدفت الدراسة الى بيان أثر الحوكمة في تطوير الشراكات النوعية بوزارة الحج والعمرة مع تحديد التحديات واقتراح سبل تحسينها، واستندت الدراسة على المنهج النوعي بالاعتماد على تحليل المضمون لمجموعة من الوثائق واللوائح والأنظمة الصادرة من هيئة مجلس الوزراء والخبراء، وكانت من أبرز نتائج الدراسة أن الحوكمة تسهم بشكل واضح في تنظيم وتطوير الشراكات النوعية من خلال الامتثال والشفافية، وان هناك لوجود لوائح تنظيمية، لكن الحاجة قائمة لتفصيلها وتعزيزها بنماذج وإجراءات أوضح، كما ان شفافية وزارة الحج والعمرة في الإفصاح والتقارير تدعم تحسين جودة الخدمات والشراكات، ولهذا فأن هناك أهمية لإنشاء قاعدة بيانات دقيقة لاحتياجات ضيوف الرحمن لدعم اتخاذ القرار وتطوير الشراكات.

- دراسة (بخيت، 2023). بعنوان «الدراسة البينية ودورها في تحقيق الشراكة المجتمعية في ضوء رؤية 2030» هدفت الدراسة تحليل دور الدراسات البينية في تحقيق الدراسة المجتمعية وكيفية تعزيز هذه الشراكة بين المجتمع والحكومة وتحديد التحديات التي تواجه هذه الدراسات وابتكار الحلول لها في ضوء رؤية 2030، تتمحور البحث حول دراسة أهمية اجراء الدراسات البينية وتحليل البيانات والمعلومات فقد استخدمت منهج الوصف التحليلي لعدد من الدراسات البينية التي أجريت في الوطن العربي والمملكة العربية السعودية، وقد أكدت نتائج الدراسة ان الدراسات البينية عنصرًا محوريًا في تعزيز الشراكة المجتمعية وتحقيق التنمية المستدامة في السعودية، حيث تسهم في توحيد جهود الجامعات والمؤسسات الحكومية والمجتمع المحلي، وتدعم اتخاذ القرارات المبنية على بيانات دقيقة، كما يتطلب تفعيلها توفير الدعم المالي والتقني، وتطوير البرامج التدريبية، وتعزيز دور الجامعات في إنتاج بحوث ومشاريع تطبيقية تتوافق مع مستهدفات رؤية 2030.

- دراسة (الفجير، 2023). بعنوان «واقع الشراكة بين الإدارة المحلية والجامعات اليمنية في مجال التأهيل والتطوير التربوي» هدفت الدراسة الى التعرف على واقع الشراكة بين الجامعات اليمنية والإدارات المحلية في مجال التأهيل والتطوير التربوي، واستخدم الباحث المنهج الوصفي التحليلي، واستخدمت الدراسة أداة الاستبانة على عينة بلغت 271 من القيادات الاكاديمية والهيئة التدريسية في الجامعات اليمنية الحكومية وقيادات الإدارات المحلية ببعض المحافظات اليمنية منها حضرموت وذمار ، وأوضحت نتائج الدراسة ان هناك غياب في الاستراتيجيات المنظمة للشراكات المجتمعية بين المؤسسات التربوية والتعليمية والمؤسسات المرتبطة بها؛ على اعتبار أن كل مؤسسة تعمل بشكل مستقل عن باقي المؤسسات، إلا أن هناك بعض القواسم المشتركة بينها، ولا تتم بصورة منظمة؛ مما حد من فاعلية الشراكة المجتمعية بين مؤسسات التعليم ومنها الجامعات وباقي مؤسسات المجتمع المحلي الأخرى.

- دراسة (Leal Filho et al,2023). بعنوان « Mapping universities-communities partnerships in the delivery of the Sustainable Development Goals » وقد هدفت هذه الدراسة إلى تقييم مدى إسهام الشراكات بين الجامعات والمجتمعات في تحقيق أهداف التنمية المستدامة للأمم المتحدة، وتقديم دروس مستفادة لمؤسسات التعليم العالي. وتُصنَّف ضمن البحوث الأصيلة، واعتمدت على منهج مختلط يجمع بين التحليل الببليومتري ودراسات الحالة المقارنة. وتمثّلت أدواتها في مراجعة الأدبيات وتحليل ثماني مبادرات شراكة جامعية مجتمعية فعلية. وأُجريت على نطاق دولي متعدد المواقع شمل أوروبا، أفريقيا، أمريكا اللاتينية وآسيا. وخلصت إلى أن هذه الشراكات أثبتت قدرتها على تعزيز التعلم التعاوني وتحقيق التنمية عبر التدريب والبحث والتطوع، غير أنها أكّدت ضرورة تكثيف الجهود المشتركة وتبنّي مؤسسات التعليم العالي إجراءات أكثر فاعلية لتسريع تحقيق أهداف التنمية المستدامة.

- دراسة (الجنفاوي، 2022). بعنوان «واقع المشاركة المجتمعية لمؤسسات المجتمع المحلي في مجال التنمية المهنية بكلية التربية بجامعة الكويت» هدفت الدراسة الى التعرف على واقع المشاركة المجتمعية لمؤسسات المجتمع المحلي في مجال التنمية المهنية لأعضاء هيئة التدريس بكلية التربية بجامعة الكويت، وقد اتبعت الدراسة المنهج الوصفي المسحي، واستخدمت الاستبانة لعينة دراسة تكونت من 80 فرد من أعضاء هيئة التدريس بالجامعة محل الدراسة، وأظهرت النتائج ان واقع الشراكة المجتمعية لمؤسسات المجتمع المحلي في مجال التنمية المهنية ليس بالمستوى المأمول اذ يجب ان يرتكز على مرتكزات أساسية كإعداد وتمويل البرامج التدريبية والمشاركة في نشر المعرفة من خلال تقديم المحاضرات وورش العمل في مدارس التعليم وايضاً القيام بالأبحاث العلمية التي تناقش قضايا المجتمع.

- دراسة (بحراوي وآخرون،2020). بعنوان «دور الجامعات السعودية في تعزيز الشراكة المجتمعية للبحث العلمي في ضوء رؤية 2030» هدفت الدراسة الى تحديد دور الجامعات السعودية في دعم الشراكة المجتمعية في البحث العلمي بالجامعات السعودية والقطاع الخاص والكشف عن معوقات تحقيق هذه الشراكة في البحث العلمي بالجامعات السعودية ودعم الشراكة المجتمعية للبحث العلمي في ضوء رؤية 2030، وقد قامت هذه الدراسة على المنهج الوصفي، وتمت بجامعة ام القرى اذ كانت عينة الدراسة من أعضاء هيئة التدريس والقيادات، و تُشير نتائج الدراسة إلى أن تعزيز دور البحث العلمي في خدمة المجتمع يتطلب توفير حوافز داعمة مثل التسهيلات المالية للمؤسسات

المشاركة، والعمل على تسويق مخرجات البحث العلمي للاستفادة منها مجتمعيًا، إضافة إلى تفعيل الشراكات بين الجامعات ومؤسسات المجتمع من خلال الانفتاح وتقديم الاستشارات بكفاءات مؤهلة. كما تؤكد النتائج أهمية وضع خطط تنموية واضحة للبحث العلمي، وزيادة مصادر التمويل.

المحور الثاني: الدِّراسات التي تناولت إدارة المخاطر:

- دراسة (الفرائضي، 2025). بعنوان « آليات تفعيل دور التخطيط الاستراتيجي في تحسين الإدارة الذكية لحشود الحجاج في ضوء رؤية المملكة 2030» هدفت الدراسة الى تفعيل دور التخطيط الاستراتيجي في تحسين الإدارة الذكية لحشود الحجاج في ضوء الرؤية من خلال رصد الواقع الراهن و ما هو دور التخطيط الاستراتيجي في تحسين الإدارة الذكية، الوقوف على أبرز التحديات التي تحد من دور التخطيط الاستراتيجي في ذلك، واتبعت الدراسة المنهج الوصفي، واستخدمت الاستبانة على عينة عددها 384 فرد من العاملين في منظومة الحج والعمرة بالمملكة العربية السعودية، وقد توصلت الدراسة الى نتائج ومنها ان التخطيط الاستراتيجي في تحسين الإدارة الذكية لحشود الحج جيد نسبياً ولكن ليس بدرجة كبيرة اذ ان ابرز المعوقات تتمثل في نقص بعض المهارات لدى الأشخاص المسؤولين عن التخطيط لعملية الإدارة الذكية للحشود رغم علمهم بأهمية عملهم في قطاع الحج والعمرة وايضاً عدم توفر متطلبات التخطيط الاستراتيجي ومقوماته الأساسية بالدرجة الكافية.

- دراسة (موسى، 2025). بعنوان «تعزيز السلامة السلوكية للحشود: دراسة تحليليه، نفسية، اجتماعية لإدارة حشود الحج والعمرة: المسببات والأبعاد» هدفت الدراسة الى استخلاص بعض العوامل النفسية والاجتماعية التي تسهم في تحقيق سلامة سلوك الحشود وادارتها وتقييم المخاطر خلال أطر مرجعية لعلم النفس، وفي هذه الدراسة استخدام منهج تحليل المضمون لعدد من الدراسات السابقة التي أجريت في سيكولوجية إدارة الحشود واخضاعها للمراجعة والتحليل البعدي، وكشفت النتائج عن وجود مجموعة من المتغيرات النفسية والاجتماعية تكمن وراء تحقيق سلامة الحشود كما توصلت الدراسة الى كيفية الاستفادة من علم النفس في إدارة الحشود او التجمعات البشرية، وأكدت انه من خلال فهم المعايير الاجتماعية والسلوكيات الجماعية يمكن لمسؤولي إدارة الحشود وضع المبادئ التوجيهية والتوقعات للسلوكيات المقبولة داخل الحشد، وتعزيز التعاون والحد من احتمالات السلوكيات السلبية ومن هنا يمكن اسقاط هذه المعرفة على حشود الحج والعمرة.

- دراسة (الرشيدي، 2024). بعنوان «التخطيط الاستراتيجي لإدارة الحشود والأزمات باستخدام الذكاء الاصطناعي بالحرمين الشريفين» هدفت الدراسة إلى التعرف على دور التخطيط الاستراتيجي في إدارة الحشود والأزمات باستخدام الذكاء الاصطناعي بالحرمين الشريفين، واعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي، واجريت على عينة مكونة من 80 فردًا من العاملين في منظومة الحج والعمرة والمستفيدين من خدماتها، حيث تم جمع البيانات عن طريق الاستبانة، وقد أظهرت النتائج ارتفاع مستوى ممارسة التخطيط الاستراتيجي، وارتفاع مستوى استخدام الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود والأزمات، مع وجود علاقة ارتباطية ذات دلالة إحصائية بينهما، مما يؤكد أهمية توظيف تطبيقات الذكاء الاصطناعي، والتخطيط طويل المدى، واستقطاب الكفاءات المتخصصة لتعزيز فاعلية إدارة الأزمات.

- دراسة (weng et al,2023). بعنوان « Review of analyses on crowd-gathering risk and its evaluation methods.» «مراجعة تحليلية لمخاطر تجمع الحشود وأساليب تقييمها» هدفت الدراسة إلى استقصاء آليات الحوادث وأساليب رصد مخاطر تجمع الحشود وتقييمها، واعتمدت على منهج المراجعة الأدبية الشاملة للدراسات السابقة ذات الصلة من خلال استعراضها وتحليلها وتمت الدراسة في دولة الصين، وقد أظهرت النتائج أن أساليب رصد المخاطر تُصنَّف في ثلاثة أنواع وفق التقنيات المعتمدة، وأن مناهج تقييم مخاطر التجمع تتمحور حول ثلاثة نماذج رئيسية، مع تحديد الثغرات البحثية ونقاط البحث المستقبلية اللازمة لتطوير منظومة متكاملة لإدارة مخاطر الحشود.

- دراسة (Helbing & Johansson, 2013). بعنوان « Pedestrian, crowd and evacuation dynamics» هدفت الدراسة إلى تحليل سلوك الحشود البشرية وديناميكيات الحركة أثناء التجمعات الكبيرة وحالات الطوارئ، وذلك لفهم المخاطر المرتبطة بالكثافة العالية للحشود، فقد أُعدت الدراسة في جامعة ETH بزيورخ بسويسرا، وقد استخدمت منهج المراجعة النظرية والنمذجة الحسابية، إذ يصف الباحثان جهوداً لنمذجة سلوك المشاة وتفاعلاتهم في الحشود، مع التركيز على ديناميكيات الحشود في حالات الذعر والإخلاء وأساليب تحسين تصاميم المباني، والعوامل المؤدية إلى انهيار الحركة المنظمة، وقد أظهرت النتائج أن زيادة الكثافة تؤدي إلى سلوكيات غير متوقعة مثل التدافع، وأن التخطيط الجيد وإدارة تدفقات الحشود يسهمان بشكل كبير في تقليل المخاطر وتحسين السلامة.

- تحليل الدراسات السابقة وسبل الاستفادة منها:

يتضح من تحليل الدراسات السابقة والتي تنقسم الى محورين متكاملين؛ تناول الأول الشراكة المجتمعية بين الجامعات ومؤسسات المجتمع، حيث أكدت دراسات مثل الحازمي والصانع (2024)، والقحطاني (2023)، وLeal Filho وآخرين (2023) أن الشراكات الفاعلة تسهم في تحقيق التنمية المستدامة، وتعزيز التكامل المؤسسي، وربط البحث العلمي باحتياجات المجتمع، مع إبراز أهمية الحوكمة ووضوح الأدوار وتوافر التمويل والتنسيق الفعّال، إلا أن نجاحها يتطلب وضوح الأدوار، وجودة التنسيق، واستدامة التمويل، وتوافر قواعد بيانات داعمة. أما المحور الثاني فتناول إدارة المخاطر والحشود، وقد أظهرت دراسات الفرائضي (2025)، والرشيدي (2024)، وWeng وآخرين (2023) أهمية التخطيط الاستراتيجي، واستخدام التقنيات الحديثة والذكاء الاصطناعي، وتطوير نماذج دقيقة لتقييم المخاطر وتحسين إدارة الحشود.

ومن خلال المقارنة بين هذه الدراسات يتضح أن معظمها تناول الشراكة المجتمعية أو إدارة المخاطر كلًّا على حدة، بينما تتميز الدراسة الحالية بدمج المجالين معاً من خلال تقييم

برامج الشراكة بين جامعة أم القرى والمنظمات الحكومية وقياس إسهامها الفعلي في دعم إدارة المخاطر بالمشاعر المقدسة، والكشف عن مستوى كفاءتها ومعوقاتها في بيئة الحج. وهو ما يمثل إضافة تطبيقية واضحة وسدًّا لفجوة بحثية قائمة.

ج. الموجهات النظرية للدراسة:

تستند الدراسة إلى «نظرية الأنساق الاجتماعية» التي تفسر الشراكة المجتمعية بين جامعة أم القرى والمنظمات الحكومية بوصفها نسقًا متكاملًا تتفاعل داخله الأدوار والموارد لتحقيق أهداف مشتركة في إدارة المخاطر بالمشاعر المقدسة. كما يدعم «نموذج التنمية الاجتماعية» أهمية توظيف الخبرات الأكاديمية والبحثية والاستشارية في تطوير القدرات المؤسسية وتحسين جودة الخدمات المقدمة لضيوف الرحمن. ويتيح نموذج «ميشيل أوستن» إطارًا لتقييم مستوى نضج الشراكة من حيث التنسيق والتعاون والتكامل المؤسسي. ومن ثم تساعد هذه الأطر النظرية في تحليل مدخلات برامج الشراكة وعملياتها ومخرجاتها، والكشف عن جوانب القوة والقصور فيها. وبذلك توفر أساسًا علميًا لتقييم فاعلية الشراكة ومدى إسهامها في تحسين إدارة المخاطر ودعم مستهدفات رؤية المملكة 2030.

2 . منهجية وطرق البحث

أ. نوع الدراسة : بناء على مشكلة الدراسة واهدافها فقد صنفت هذه الدراسة كدراسة تقييمية.

ب. منهج الدراسة: اعتمدت الدراسة على منهج المسح الاجتماعي بالأسلوب الكمي والكيفي (المختلط).

ت. مجتمع وعينة الدراسة: تمثل مجتمع الدراسة في الموظفين من القادة، والإداريين، المنسقين، والمدربين في معهد البحوث والدراسات والخدمات الاستشارية بجامعة أم القرى وبعض المنظمات الحكومية متمثلة في(وزارة الحج والعمرة، وزارة الصحة، وزارة البيئة والمياه والزراعة) وذلك بسبب ارتباطهم المباشر بالتخطيط والتصميم والتنفيذ لبرامج الشراكة المجتمعية محل الدراسة.

وقد تم سحب عينة عشوائية طبقية من مجتمع الدراسة قوامها (30) مفردة من الفئات السابق ذكرها بمجتمع الدراسة، حيث مثلت كل فئة طبقة وظيفية مستقلة تم الاختيار منها بصورة عشوائية وذلك بهدف ضمان تمثيل شرائح متنوعة من مجتمع البحث.

ث. أدوات الدراسة: اعتمدت الدراسة على أداتين رئيسيتين في جمع البيانات، تمثلت الأداة الأولى في استبانة، وقد صُممت لقياس آراء افراد عينة الدراسة حول موضوع الدراسة بشكل كمي، فيما تمثلت الأداة الثانية في تحليل المحتوى، حيث استُخدمت لتحليل الوثائق والبرامج والنصوص المتعلقة بموضوع الدراسة بشكل كيفي، بهدف استخلاص كلاً من الدلالات والمؤشرات المرتبطة بأهداف الدراسة.

الأداة الأولى: الاستبانة: وقد تم تصميم الاستبانة ليشمل مرحلتين هما:

- مرحلة تصميم الاستبانة:

الجزء الأول: البيانات الأولية عن عينة الدراسة وهي (النوع -العمر-المؤهل العلمي-سنوات الخبرة-المسمى الوظيفي- مسمى البرامج المقدمة)

الجزء الثاني: تضمن محاور الدِّراسة الرئيسية وهي:

- المحور الأول: (27) عبارة تقيس فاعلية دور معهد البحوث والاستشارات في تصميم وتنفيذ برامج الشراكة المجتمعية المتعلقة بإدارة المخاطر في المشاعر المقدسة من خلال (الحوكمة والإطار المؤسسي للشراكة - الموارد والقدرات ونقل المعرفة - التكامل والتطبيق والأثر).

- المحور الثاني: تكون من (18) عبارة تقيس المعوقات التي تواجه برامج الشراكة المجتمعية في إدارة المخاطر بالمشاعر المقدسة.

- المحور ثالث: تكون من (15) عبارة تقيس المقترحات للتغلب على المعوقات التي تواجه برامج الشراكة المجتمعية بين معهد البحوث والاستشارات بجامعة ام القرى والمنظمات الحكومية محل الدراسة في إدارة المخاطر بالمشاعر المقدسة.

-المرحلة الثانية: حساب صدق وثبات أدوات الدِّراسة، جاءت على النحو التالي:

1. صدق أداة الدراسة

- الصدق الظاهري للأداة:

حيث تم عرض الأداة على عدد (٥) من أعضاء هيئة التدريس بقسم الخدمة الاجتماعية بكلية العلوم الاجتماعية بجامعة أم القرى، وتم اعتمادها وبناءً على ذلك تم صياغة الاستبيان في صورته النهائية.

2. ثبات أداة الدراسة

جدول (1) يوضح قيم كرو نباخ ألفا لمحاور الأداة وقيم الثبات الكلي

م	المحور	عدد البنود	كرونباخ ألفا
1	محور التقييم	27	0.95
2	محور المعوقات	18	0.92
3	محور المقترحات	15	0.90
	الثبات الكلي	60	0.95

وللتأكد من مدى اتصاف الأداة بخصائص الثبات فقد تم اختباره من خلال معامل (كرونباخ ألفا). تكونت أداة الاستبانة من (3) محاور، وبمجموع عبارات كلي بلغ (60) عبارة. ويتضح من الجدول رقم (1) أن قيمة كرونباخ ألفا للمحور الأول قد بلغت (0.95)، بينما بلغت في المحور الثاني (0.92)، وفي المحور الثالث (0.90). كما يتضح أن قيمة كرونباخ ألفا للأداة ككل بلغت (0.95)، وهو ما يشير إلى تمتع الأداة بثبات مرتفع.

الأداة الثانية: تحليل المحتوى

1. تحديد مادة التحليل : تم تحليل الوثائق الرسمية للبرامج التدريبية والاستشارية الخاصة بالشراكة المجتمعية بين جامعة ام القرى متمثلة بالمعهد والمنظمات الحكومية محل الدراسة، وتم اختيار (6) برامج تدريبية واستشارية بشكل قصدي.

2.مقياس التحليل: تم تصميم مقياس تحليل رباعي لتقدير مستوى التحقق وهو كالاتي: (3) متحقق بدرجة مرتفعة، (2) متحقق بدرجة متوسطة، (1) متحقق بدرجة منخفضة، (0) غير متحقق.

3.فئات ووحدات تحليل المحتوى

جدول (2) يوضح فئات ووحدات تحليل المحتوى

م	الفئة الرئيسة	الفئة الفرعية	مؤشرات التحليل	وحدة التحليل
١	الأهداف الإستراتيجية	وضوح الاهداف للمستفيدين	وجود أهداف واضحة وقابلة للقياس	فقرة
٢		مواءمة الرؤية	ارتباط المشروع برؤية المملكة 2030	فقرة
٣	المحتوى العلمي	الشمولية	تغطية جميع عناصر المشروع	فقرة
٤		الحداثة العلمية	الاستناد إلى مفاهيم ومراجع حديثة	فقرة
٥	الفئة المستهدفة	وضوح المستفيدين	تحديد الفئة المستهدفة بدقة	فقرة
٦	المهارات المتضمنة	المهارات المهنية	تنمية المهارات التطبيقية والوظيفية	نشاط
٧		المهارات التقنية	تضمين التحول الرقمي والتقنيات الحديثة	نشاط
٨	منهجية التنفيذ	وضوح الإجراءات	تحديد آليات وخطوات التنفيذ	فقرة
٩		تنوع الأساليب	استخدام التدريب وورش العمل والتطبيق العملي	نشاط
١٠	القيم المؤسسية	الجودة	التركيز على الجودة والتحسين المستمر	فقرة
١١		الابتكار	تعزيز الإبداع والحلول التطويرية	فقرة
١٢	المخرجات	مؤشرات الأداء	وجود نتائج قابلة للقياس	فقرة
١٣		الأثر التنموي	تحقيق أثر معرفي أو تدريبي أو مجتمعي	فقرة
١٤	التقويم	آليات التقييم	وجود أدوات تقييم وقياس رضا المستفيدين	فقرة

4.خطوات تطبيق الأداة

- قراءة الوثائق الخاصة بكل برنامج قراءة تحليلية.
- تفريغ البيانات في استمارة التحليل التي تم إعدادها لذلك.
- تقدير درجة تحقق كل معيار وفق المقياس الرباعي الذي تم تصميمه.
- إعادة التحليل بعد أسبوعين للتحقق من ثبات الأداة.

مبررات اختيار هذه المشاريع للتحليل

تم اختيار مجموعة من المشاريع والبرامج التابعة لمعهد البحوث والدراسات والخدمات الاستشارية بصورة قصدية وهي كالاتي:

1. مبادرة رافد الحرمين: نموذج تدريبي لتأهيل الكوادر ف خدمة ضيوف الرحمن،
2. مشروع تأهيل وترخيص العاملين بالحج 1446هـ .
3. الرقابة الصحية على الإعاشة والتغذية في مكة المكرمة والمشاعر المقدسة،
4. مركز البحث والابتكار للصحة والسلامة المهنية،
5. برنامج التدريبي ترحاب،
6. مشروع تقديم الخدمات الاستشارية في منظومة إدارة النفايات خلال موسم الحج والعمرة والدعم المساند لعمليات المركز الوطني للنفايات.، وقد تم اختيار هذه البرامج نظرًا لتنوع مجالاتها وارتباطها بالخدمات المقدمة لضيوف الرحمن، إضافة إلى ما تمثله من أبعاد تدريبية وتنظيمية وصحية وتنموية تتوافق مع أهداف الدراسة وطبيعة التحليل.

كما جاءت هذه المشروعات لكونها تمثل نماذج تطبيقية متنوعة تعكس أدوار المعهد في مجالات التأهيل والتطوير والخدمات الاستشارية.

- تم اختيار المشاريع محل الدراسة؛ لكونها تمثل نماذج متنوعة للمشاريع التدريبية والتنظيمية والصحية والبحثية والاستشارية التي ينفذها معهد البحوث والدراسات والخدمات الاستشارية.
- ارتباط هذه المشاريع المباشر بخدمة ضيوف الرحمن وتحسين جودة الخدمات المقدمة خلال موسمي الحج والعمرة.
- تنوع المشاريع بين التدريب، والتأهيل، والصحة، والسلامة، والابتكار، والاستشارات والخدمات الميدانية، بما يحقق شمولية التحليل.
- مساهمة المشاريع في تنمية الكفاءات البشرية ورفع جاهزية العاملين في القطاعات المرتبطة بالحج والعمرة.
- توافق المشاريع مع مستهدفات رؤية المملكة العربية السعودية 2030، خاصة في مجالات الجودة، وتنمية القدرات البشرية، والاستدامة.
- اشتمال المشاريع على مضامين علمية وتنظيمية وتنموية قابلة للتحليل وفق منهج تحليل المحتوى.
- احتواء المشاريع على مؤشرات ومخرجات واضحة تساعد في تفسير النتائج وتحليل الأثر

المؤسسي والتنموي للمشروعات.

- إبراز دور المعهد في تقديم المبادرات والمشاريع الاستشارية والتطويرية والتدريبية الداعمة لمنظومة الحج والعمرة.

ج. الأساليب الإحصائية: لتحقيق أهداف الدراسة وتحليل البيانات المتعلقة بها بعد جمعها فقد قمنا باستخدام العديد من الأساليب الإحصائية باستخدام برنامج الحزم الإحصائية «SPSS »، لاختبارات الصدق والثبات اعتمدت الدراسة معامل كرونباخ ألفا لقياس ثبات الأداة، وتم استخدام التكرارات والنسب والمئوية لوصف خصائص عينة الدراسة الديموغرافية، وأيضاً تم استخدام المتوسطات الحسابية، والانحراف المعياري لتحليل محاور أداة الاستبيان.

ولقياس استجابات المبحوثين اعتمدت الدراسة مقياس ليكرت الخماسي لقياس درجات الموافقة وتحديد أطوال الخلايا.

ح. حدود الدراسة:

- الحدود الموضوعية:

تقييم برامج الشراكة المجتمعية بين جامعة ام القرى متمثلة في معهد البحوث والدراسات والخدمات الاستشارية وبعض المنظمات الحكومية (وزارة الحج والعمرة- وزارة الصحة – وزارة البيئة والمياه والزراعة) في إدارة المخاطر بالمشاعر المقدسة.

- الحدود البشرية:

عينة من الموظفين، القادة، الإداريين، المنسقين، والمدربين في جامعة أم القرى متمثل بمعهد البحوث والدراسات والخدمات الاستشارية وعدد من العاملين في المنظمات الحكومية محل الدراسة، حيث بلغ عدد المستجيبين (30) مفردة.

- الحدود المكانية:

أجريت هذه الدراسة في مدينة مكة المكرمة في المملكة العربية السعودية.

- الحدود الزمنية:

اقتصرت الحدود الزمنية لهذه الدراسة على الفترة الممتدة من ٢٥ يناير 2026م إلى ٤ يونيو 2026م، وهي الفترة التي تم خلالها تطبيق أدوات الدراسة وجمع البيانات اللازمة للبحث.

3. النتائج والمناقشة

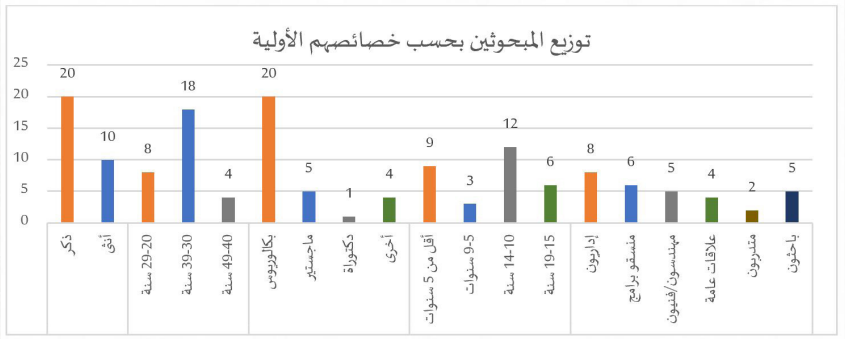
أولا: عرض النتائج المرتبطة بخصائص عينة الدراسة:

جدول(3) يوضح الخصائص الديموغرافية لعينة الدراسة

م	المتغير		التكرارات	النسب المئوية
.1	النوع	ذكر	20	%66.7
		أنثى	10	%33.3
		الإجمالي	30	%100
.2	الفئة العمرية	20- 29 سنة	8	%26.7
		30- 39 سنة	18	%60.0
		40- 49 سنة	4	%13.3
		الإجمالي	30	%100
.3	المؤهل التعليمي	بكالوريوس	20	%66.7
		ماجستير	5	%16.7
		دكتوراة	1	%3.3
		أخرى	4	%13.3
		الإجمالي	30	%100
4	سنوات الخبرة	أقل من 5 سنوات	9	%30.0
		5-9 سنوات	3	%10.0
		10- 14 سنة	12	%40.0
		15 سنة فأكثر	6	%20.0
		الاجمالي	30	%100
5	المسمى الوظيفي	اداري	8	%26.7
		منسق برامج	6	%20.0
		مهندس/ فني	5	%16.6
		مختص علاقات عامة	4	%13.3
		مدربون	2	%6.7
		باحثون	5	%16.7
		الاجمالي	30	%100
6	أسماء البرامج التي عملت بها	برنامج ترحاب مع وزارة الحج	3	%10.0
		مشروع مهارات مع صندوق تنمية الموارد البشرية	6	%20.0
		برنامج تطوير خدمات الحجاج	6	%20.0
		برنامج خدمة العملاء	4	%13.3
		برنامج التدريب والاستشارات	4	%20.0
		برنامج دعم إدارة المخاطر	5	%16.7
		الاجمالي	30	%100

يتضح من الجدول رقم (3) أن البيانات الأولية للمبحوثين تشير إلى تنوع خصائص عينة الدراسة من حيث النوع والعمر والمؤهل العلمي وسنوات الخبرة والمسمى الوظيفي والبرامج التي يعملون بها، مع غلبة الذكور والذين يمثلوا (66.7 %) من اجمالي عينة الدراسة، والفئة العمرية من 30 إلى 39 سنة هي الفئة الأعلى وتمثل (60.0 %)، وحملة درجة البكالوريوس الذين يمثلوا (66.7 %) من أجمالي عينة الدراسة.كما يتضح أن النسبة الأكبر من المبحوثين تتمتع بخبرة تتراوح بين 10 و14 سنة بما نسبته (40.0 %)، مع تنوع ملحوظ في المسميات الوظيفية تصدرها الإداريون بنسبة (26.7 %) ، ومنسقو البرامج

بنسبة (20.0 %) . كذلك توزعت العينة على عدد من البرامج المتنوعة، وكان أبرزها مشروع مهارات، وبرامج تطوير خدمات الحجاج، وبرامج التدريب والاستشارات الذين تساوا في النسبة (20.0 %)، بما يعكس تنوعًا مهنيًا وخبراتيًا.



شكل (1) يوضح الخصائص الديموغرافية لعينة الدراسة من المبحوثين

ثانياً عرض ومناقشة النتائج المرتبطة بمحاور الاستبانة:

ومن خلال تحليل نتائج محاور الاستبانة يمكن تلخيص اهم ما توصلت اليه في:

أنه يمكن تحديد مدى فاعلية برامج الشراكة المجتمعية بين معهد البحوث والدراسات والخدمات الاستشارية بجامعة أم القرى والمنظمات الحكومية (وزارة الحج والعمرة – وزارة الصحة – وزارة البيئة والمياه والزراعة) في مجال دعم إدارة المخاطر بالمرتبطة بالمشاعر المقدسة من خلال:

1. الحوكمة والإطار المؤسسي للشراكة محل الدراسة:

- أوضحت نتائج البحث ان هناك تأثير واضح للحوكمة على الشراكات المجتمعية بين معهد البحوث والدارسات والخدمات الاستشارية حيث جاء المتوسط العام لهذا المحور(4.39) وانحراف معياري (0.69) وهي استجابات مرتفعة جداً، وعزز ذلك وجود سياسات وإجراءات واضحة متفق عليها لتنظيم الشراكات المجتمعية التي يقوم بها المعهد مع المنظمات الحكومية محل الدراسة وذلك من خلال توضيح وتنظيم الأدوار وفق معايير مؤسسية بحتة.

- أشارت الدراسة الى توافق برامج الشراكة مع رؤية ورسالة مركز البحوث والدراسات والخدمات الاستشارية وبعض المنظمات الحكومية محل الدراسة وذلك من خلال توضيح علمي للأدوار البحثية والاستشارية للمعهد وتقديم خدمات تساهم في تحقيق التنمية المجتمعية وذلك استناداً الى نظرية الانساق التي تقوم على تحديد الأدوار وتوضيحها، المتمثلة في النسق الاكاديمي وهو معهد البحوث والدراسات والخدمات الاستشارية والنسق الحكومي المتمثل في المنظمات الحكومية (وزارة الحج والعمرة – وزارة الصحة – وزارة البيئة والمياه والزراعة) والنسق الاداري المتمثل في القائمين على البرامج (القادة- الاستشاريون- منسقو البرامج- المدربين) والنسق المجتمعي المتمثل في الحجاج والمعتمرين بوصفهم المستفيدين من هذه البرامج.

- اشارت نتائج الدراسة الى توفر آليات متابعة وتقييم مؤسسية (تقارير، لجان، مؤشرات أداء) ويتضح من ذلك امتلاك المعهد الى وجود آليات متابعة منظمة ودقيقة تضمن الوصول الى الأهداف وقياس مستويات الأداء وفعاليتها، وهذا ما يتوافق مع نموذج ميشيل اوستن في تحديد عدد من المعايير لتقييم كفاءة البرامج الاجتماعية ووضع مؤشرات أداء ذات فعالية كما يوفر النموذج أدوات لقياس مستوى الثقة والالتزام المؤسسي والتخطيط المشترك بين أطراف الشراكة.

2. تصميم البرامج وجودة المخرجات الخاصة بالشراكة محل الدراسة:

- أوضحت نتائج الدراسة ان الدراسات والبحوث المقدمة تتسم بالجودة العلمية (منهجية – أدوات تحليل – توثيق) حيث بلغ المتوسط العام للمحور (4.29) وانحراف معياري (0.77) وهذه استجابات مرتفعة جداً ، وذلك من خلال الالتزام بالمنهجية العلمية الرصينة من خلال طرق التحليل والتوثيق، وتعد جودة البحث العلمي شرط أساسي لا يمكن تجاوزه.

- تتسم البرامج بالاتساق مع منهجيات علمية وممارسات مهنية معتمدة في إدارة المخاطر مما يساهم في رفع كفاءتها وفعاليتها مع المخاطر، ويوضح ذلك حرص المعهد على تطبيق إجراءات منظمة ومعايير مهنية ليعزز جودة الأداء والقدرة على الوقاية من المخاطر.

- كما تشير الدراسة الى ان النماذج والأدوات المقترحة (ادلة – نماذج – مصفوفات – سيناريوهات) قابلة للتطبيق على ارض الواقع وتتسم بالاتساق مع بيانات العمل المستهدفة، ويتضح من ذلك ان النماذج والأدوات تصمم لتراعي الجانب النظري والتطبيقي، وتساهم في رفع مستوى الأداء واتخاذ القرارات اللازمة لمواجهة التحديات والمخاطر.

3. الموارد والقدرات ونقل المعرفة الخاصة بالشراكة محل الدراسة:

- أوضحت نتائج الدراسة ان فريق العمل يمتلك خبرات ميدانية – تشغيلية تساهم في تحقيق إيجابيات تعزز الجوانب النظرية والتي يمكن تمثيلها وتوظيفها في المعرفة العلمية بشكل جيد على ارض الواقع التطبيقي

- القدرة على التعامل مع متطلبات إدارة المخاطر والتوصل الى أفضل الحلول المنهجية بكفاءة واحترافية، حيث بلغ المتوسط العام

(4.16) وانحراف معياري (0.82) وهي استجابات مرتفعة لهذا المحور.

4. التكامل والتطبيق والأثر في الشراكات المجتمعية محل الدراسة:

- اشارت نتائج الدراسة الى ان الشراكة تُعد نموذجاً فعالاً وناجحاً قابلاً للتطوير وتحسين بعض الجوانب تمهيداً لجعله قابلاً للتعميم حيث بلغ المتوسط العام لهذا المحور (4.14) وانحراف

معياري (0.81) وهي استجابات مرتفعة ، ويتفق ذلك مع نموذج التنمية الاجتماعية في تحقيق أثر حقيقي وممتد في المجتمع يُمكّن من تقييم مدى اسهام برامج الشراكة في تعزيز جودة الخدمات المقدمة لضيوف الرحمن وقياس انعكاساتها الاجتماعية على المستفيدين المباشرين وغير المباشرين، كما يساهم النموذج في ترسيخ فهم دور معهد البحوث والدراسات والخدمات الاستشارية في خدمة المجتمع.

5. المعوقات التي تواجه برامج الشراكة المجتمعية محل الدراسة في دعم إدارة المخاطر:

- تشير نتائج الدراسة الى ان المعوقات التي تواجه برامج الشراكة وتحد من تطويرها بلغ متوسطها العام على هذا المحور (3.36) وانحراف معياري (1.0) وهي استجابة متوسطة، وترجع ابرز هذه المعوقات بالمحور الى محدودية الموارد المالية بسبب ارتفاع تكاليف إدارة المخاطر وما يتطلب من استعداد ووقاية واستجابة سريعة وقدرات تشغيلية مرنة ومستدامة، ويحد ذلك من تنفيذ برامج الشراكة.

- أوضحت الدراسة إدراك المبحوثين لحقيقة قلة استخدام التقنيات الحديثة مثل (أنظمة الإنذار المبكر – قواعد البيانات المشتركة – برامج وتطبيقات التواصل الآلي) والتي تعتبر من اهم التقنيات الحديثة المطلوبة في مجال إدارة المخاطر، وغياب مثل هذه الأدوات يقلل بشكل كبير من جودة البرامج وكفاءتها، ويبطء من عمليات الاستجابة وهذا ما أكدته دراسة الرشيدي (2024) على أهمية استخدام التقنيات الحديثة وتوظيف تطبيقات الذكاء الاصطناعي.

- اشارت الدراسة الى ان محدودية الإمكانيات اللوجستية مثل الموارد المادية والتجهيزات ووسائل النقل والتنسيق التشغيلي، قد تحد من كفاءة تنفيذ برامج الشراكة بين معهد البحوث والدراسات والخدمات الاستشارية والمنظمات الحكومية محل الدراسة، مما يؤثر على سرعة الإنجاز وجودة المخرجات وتحقيق الأهداف المشتركة.

6. المقترحات التي تساهم في التغلب على المعوقات:

- جاء هذا المحور بمتوسط عام (4.28) وانحراف معياري (0.64) واستجابات مرتفعة جداً، حيث اشارت النتائج الى الحاجة الى توضيح الأدوار والمسؤوليات لتحقيق مستوى من الوضوح الإداري لكونه ركناً اساسياً لتحقيق شراكة ناجحة والتقليل من ازدواجية وتضارب الأدوار والاتكالية التي تهدد أي جهود في إدارة المخاطر، وذلك يتفق مع ما جاء في دراسة عون واخرون (2019) الى انه كان هناك تحديات تواجه تفعيل الشراكة مثل ضعف التواصل ونقص المعلومات التي تخص العمل التشاركي.

- اشارت النتائج بأهمية تخصيص ميزانية مستقلة للبرامج التدريبة والبحثية المشتركة بين معهد البحوث والدراسات والخدمات الاستشارية والمنظمات الحكومية محل الدراسة بما يساهم في توفير الموارد اللازمة وتنفيذ الأنظمة المخطط لها بكفاءة، ويعزز استدامة البرامج وجودة مخرجاتها، وذلك ما أتفق مع دراسة بحراوي واخرون (2020) على أهمية زيادة مصادر التمويل مما يساهم في تحقيق اهداف التنمية المستدامة.

الخلاصة:

تُشير نتائج الاستبانة إلى أن برامج الشراكة المجتمعية بين جامعة أم القرى والمنظمات الحكومية في إدارة المخاطر بالمشاعر المقدسة تحقق مستويات مرتفعة إلى مرتفعة جداً في أبعاد الحوكمة والتصميم والموارد والأثر، مما يجعلها نموذجاً ناجحاً وقابلاً للتعميم. في المقابل، تُعدّ المعوقات المالية واللوجستية والتقنية التحديات الأكثر إلحاحاً، ويرى المبحوثين أن تجاوزها يستلزم توضيح الأدوار، وتخصيص ميزانيات مستقلة، وتبني التقنيات الحديثة.

ب. عرض ومناقشة نتائج الاداة الثانية (تحليل المحتوى):

1. مبادرة رافد الحرمين:

اتسمت مبادرة رافد الحرمين بدرجة عالية من الشمولية والتنظيم المنهجي، إذ ارتكزت على تأهيل الكوادر البشرية العاملة في خدمة ضيوف الرحمن من خلال برامج تدريبية متنوعة ومتوافقة مع متطلبات سوق العمل واحتياجات موسمَي الحج والعمرة. وقد تجلّى في هذه المبادرة وضوحٌ ملحوظ في الأهداف الاستراتيجية وارتباطٌ مباشر بمستهدفات رؤية المملكة العربية السعودية 2030، لا سيما فيما يخص الارتقاء بجودة الخدمات المقدمة للحجاج والمعتمرين. وهذا ما جاء في نموذج التنمية الاجتماعية الذي يؤكد على أهمية الشمولية والتكامل بين الجهات المختلفة لتحقيق تنمية مستدامة وأثر مجتمعي.

وقد لاحظ الباحثون أن المبادرة تميّزت بتنوع مجالاتها التدريبية وتضمينها مهارات معاصرة كالذكاء الاصطناعي وإدارة الجودة ومهارات الاتصال المؤسسي، مما يعكس توجهاً واضحاً نحو تطوير الكفاءات البشرية وفق متطلبات التحول الوطني. فضلاً عن ذلك، أبدت المبادرة اهتماماً جلياً بقياس الأثر التدريبي من خلال الإفصاح عن أعداد المستفيدين وساعات التدريب وطبيعة الشراكات المؤسسية، وهو ما يُعزز القيمة التنموية للمبادرة ويرسّخ مصداقيتها.

إلا أن التحليل أظهر حاجةً ماسّة إلى توضيح أكبر لآليات التقويم وأدوات قياس الأثر التدريبي على المدى البعيد، بما يُسهم في تعزيز موثوقية النتائج وضبط كفاءة المخرجات بصورة أكثر دقةً وموضوعية.

2. مشروع تأهيل وترخيص العاملين ومنسوبي الجهات المشاركة بموسم حج 1446هـ.

يُمثّل هذا المشروع نموذجاً تنظيمياً وتأهيلياً ذا بُعد مهني واضح، إذ انصبّ تركيزه على رفع كفاءة العاملين وإعدادهم وفق معايير تدريبية وتنظيمية صارمة، تهدف في مجملها إلى تحسين جودة الخدمات المقدمة لضيوف الرحمن. وقد كشف تحليل المحتوى عن تكامل بيّن بين الجانبين التدريبي والتنظيمي، تجلّى في التركيز على التأهيل المهني

والترخيص ورفع الجاهزية الوظيفية للعاملين، مع تحديد دقيق للفئة المستهدفة والجهات المشاركة.

ويتضح من خلال التحليل أن هذا المشروع يعكس توجهاً مؤسسياً راسخاً نحو تعزيز الجودة والحوكمة في إدارة الموارد البشرية المرتبطة بموسم الحج، وهذا ما اتفقت معه نتائج دراسة الجهني (2023)، التي أكدت أن الحوكمة الفعّالة ووضوح الإجراءات التنظيمية يسهمان في تطوير الشراكات النوعية ورفع جودة الخدمات، وهو ما يدعم برنامج تأهيل وترخيص العاملين ومنسوبي الجهات المشاركة بموسم الحج من خلال تعزيز كفاءة الكوادر وتنظيم أدوار الجهات المشاركة وقد أحرز مستوىً مرتفعاً في مؤشرات وضوح الأهداف ومنهجية التنفيذ والتزام القيم المؤسسية. إلا أن ثمة جوانب تتعلق بتفصيل أدوات التقويم وقياس الأثر المستقبلي للمخرجات التدريبية لا تزال تحتاج إلى مزيد من الإيضاح والتعمق، بما يكفل استمرارية تطوير الكفاءات وتحسين جودة الأداء المؤسسي في المواسم القادمة.

3. مشروع مركز البحث والابتكار في الصحة والسلامة المهنية :

يُجسّد هذا المشروع أحد النماذج المتقدمة في تفعيل الشراكة بين الجامعة والجهات الحكومية في مجال إدارة مخاطر الصحة والسلامة المهنية، وذلك من خلال توظيف البحث العلمي والتقنيات الحديثة لتطوير حلول وقائية واستباقية قابلة للتطبيق، وهذا ما جاءت به نتائج دراسة بحراوي وآخرون (2020) وأكدت على أهميته وهو تعزيز التعاون بين الجامعات وتوسيع الشراكات مع الجهات المختلفة، وايضاً الاهتمام بالبحث العلمي الذي يساهم في تطوير الخطط التنموية وخاصة رؤية 2030م.، ويعكس التنوع في وحدات المركز تكاملاً واضحاً بين الجانبين الأكاديمي والتطبيقي، خاصة في مجالات تحليل البيانات والذكاء الاصطناعي وتقنيات السلامة.

ويتبين من التحليل أن هذا المشروع يُعزز من فاعلية الشراكة المجتمعية في إدارة مخاطر المشاعر المقدسة، إلا أن تحقيق أثره المنشود يظل رهيناً باستمرارية ربط مخرجاته البحثية باحتياجات الجهات التشغيلية الميدانية، وترجمتها إلى سياسات وإجراءات تنفيذية فعلية قابلة للتطبيق خلال مواسم الحج والعمرة.

4. مشروع الرقابة الصحية على الإعاشة والتغذية في مكة المكرمة والمشاعر المقدسة (الإصدار الثاني):

يكشف تحليل هذا المشروع عن مستوى متقدم من التكامل المؤسسي بين جامعة أم القرى والجهات الحكومية المعنية في إدارة الأمن الغذائي والصحة العامة بوصفهما من أبرز محاور المخاطر في المشاعر المقدسة، ويتماشى ذلك بما جاءت به نظرية الانساق وذلك بالنظرَ إلى مشروع الرقابة على الأغذية والإعاشة باعتباره نسقاً متكاملاً تتفاعل فيه أنساق فرعية أكاديمية وحكومية وخدمية ومجتمعية، تتضافر لضمان سلامة غذاء الحجاج والمعتمرين في المشاعر المقدسة.

وقد اعتمد المشروع منهجية تنظيمية متدرجة ومتكاملة، شملت بناء المنظومة التشغيلية، وتأهيل الكوادر البشرية، وتنفيذ برامج التدريب، ثم الانتقال إلى التطبيق الميداني المباشر؛ مما يُجسّد نمطاً من الشراكة التشغيلية الفعلية لا المجردة من الأثر.

وتوصّل التحليل إلى أن هذا المشروع يُشكّل نموذجاً فعّالاً في إدارة المخاطر الصحية عبر آليات الشراكة المجتمعية، إذ أسهم في رفع كفاءة الرقابة الميدانية وتحسين جودة الإشراف الصحي خلال المواسم. إلا أن تطوير هذا النموذج مستقبلاً يستوجب التوسع في تطبيق التحول الرقمي في رصد البيانات لحظياً، بما يدعم سرعة اتخاذ القرار ويُعظّم فاعلية الاستجابة للمخاطر المحتملة.

5. مشروع البرنامج التدريبي "ترحاب"

يُمثّل البرنامج التدريبي "ترحاب" مشروعاً واعداً ينسجم انسجاماً واضحاً مع توجهات رؤية 2030 في تطوير جودة الخدمات المقدمة لضيوف الرحمن، إذ يتميز بتحديد دقيق للفئة المستهدفة المتمثلة في موظفي الصفوف الأولى لخدمة ضيوف الرحمن، فضلاً عن امتلاكه أدوات لقياس رضا المتدربين أسفرت عن نسب مرتفعة تجاوزت 94 %.

غير أن التحليل المعمّق يكشف عن جملة من الثغرات التي تحدّ من قيمته التدريبية والتطبيقية، إذ يفتقر البرنامج إلى الاستناد على مراجع علمية حديثة أو أطر نظرية داعمة، كما تبدو أساليبه التدريبية أحادية الطابع مقتصرةً على المحاضرات التقليدية، خاليةً من التنوع المنهجي والتوجهات الابتكارية اللازمة. ويُضاف إلى ذلك أن منظومة التقييم المعتمدة تقتصر على قياس رضا المتدرب اللحظي، دون أن ترصد الأثر الحقيقي للتدريب على الأداء الوظيفي الفعلي أو على تجربة ضيوف الرحمن بوصفهم المستفيد النهائي.

وخلص التحليل إلى أن البرنامج حقق نجاحاً كمياً ملموساً، إلا أنه يستلزم إعادة هيكلة شاملة تتضمن تعزيز الحداثة العلمية، وتنويع الأساليب التدريبية، واعتماد أدوات قياس أثر متكاملة ومستدامة، حتى يرتقي إلى مستوى البرامج التدريبية ذات الأثر المعرفي والمجتمعي الحقيقي، وهذا ما اتفقت معه دراسة الفرائضي (2025) حيث توصلت الدراسة الى عدد من النتائج ومنها ان أبرز المعوقات تتمثل في نقص بعض المهارات لدى الأشخاص المسؤولين عن التخطيط لعملية الإدارة الذكية للحشود رغم علمهم بأهمية عملهم في قطاع الحج والعمرة.

6. مشروع تقديم الخدمات الاستشارية في منظومة إدارة النفايات خلال موسم الحج والعمرة والدعم المساند لعمليات المركز الوطني للنفايات

ويُصنَّف هذا المشروع الاستشاري في مقدمة المشاريع ذات الأهمية الاستراتيجية العالية، نظراً لارتباطه المباشر بالاستراتيجية الوطنية للبيئة ومستهدفات رؤية 2030 المتعلقة بإعادة التدوير وإدارة النفايات. وقد اتسم المشروع بالشمولية في تناوله لمحاور المنظومة

البيئية، كما اتسمت آليات تنفيذه بالوضوح والتفصيل من خلال مراحل متسلسلة ومتكاملة، شملت دراسة الوضع الراهن وتحليل البيانات الموسمية وبناء قاعدة بيانات جغرافية متخصصة، مما يعكس نضجاً منهجياً واضحاً في مرحلة التخطيط.

بيد أن التحليل المعمّق أظهر جملةً من الثغرات الجديرة بالإشارة، أبرزها غياب مؤشرات قياس كمية واضحة لبعض الأهداف المحددة، ومحدودية الاستناد إلى المراجع العلمية الحديثة، يُضاف إلى ذلك ضعف توظيف التقنيات الذكية والحلول الرقمية المتقدمة التي باتت ركيزةً أساسية في مشاريع إدارة النفايات على المستوى العالمي. كما يُلاحَظ غياب آليات صريحة لقياس رضا المستفيدين وتقييم الأثر، إلى جانب محدودية الأفكار الابتكارية في مقاربة الحلول المقترحة.

وعلى الرغم من هذه الملاحظات، يتضح أن المشروع يحتفظ بأثر معرفي ومجتمعي واضح، نظراً لحساسية موضوعه وارتباطه المباشر بخدمة ضيوف الرحمن في بيئة استثنائية بالغة التعقيد. ويُوصى بتعزيز هذا المشروع الاستشاري بمؤشرات أداء قابلة للقياس والمتابعة، وتوظيف أوسع للتقنيات الحديثة، بما يكفل رفع جودة مخرجاته وضمان استدامة أثره في المواسم القادمة.

- أخيراً بناءً على استخدام أداة تحليل المحتوى يتضح من خلال استعراض المشاريع والبرامج السابقة أنها: تنتظم في منظومة متكاملة تخدم هدفاً استراتيجياً واحداً، وهو الارتقاء بجودة الخدمات المقدمة لضيوف الرحمن وفق مستهدفات رؤية 2030. وتتقاطع هذه المشاريع في عدد من السمات المشتركة، أبرزها وضوح الأهداف الاستراتيجية، والتركيز على تأهيل الكوادر البشرية، والسعي نحو تعزيز الشراكة المؤسسية بين الجهات الأكاديمية والحكومية.

غير أن التحليل يرصد جملةً من التحديات المشتركة التي تعترض معظم هذه المشاريع، في مقدمتها محدودية آليات قياس الأثر على المدى البعيد، وضعف الاستناد إلى المراجع العلمية الحديثة، وقصور توظيف التقنيات الرقمية والذكاء الاصطناعي في بعضها، وهذا ما جاءت به دراسة عياد (2022) حيث اكدت على أهمية الممارسة والمراقبة الرقمية لإدارة الحشود وخاصة التنظيم الرقمي لإدارة الحشود.

ومن ثَمّ يُوصى التحليل بأن تُولي هذه المشاريع في مراحلها القادمة مزيداً من الاهتمام بتطوير منظومات تقييم شاملة ومستدامة، واعتماد مؤشرات أداء قابلة للقياس والمتابعة، بما يضمن تحقيق الأثر المنشود وتعزيز جودة مخرجاتها على المستويين المؤسسي والمجتمعي، وهذا ما اتفق مع نموذج «ميشيل أوستن» حيث حدد عدد من المعايير لتقييم كفاءة البرامج الاجتماعية ولقد أوضح ضرورة وضع مؤشرات لكل متغير أو للإجابة على تساؤل في ضوء تدرج ثلاثي أو خماسي وتتضمن تلك المعايير (أ- هل تتوفر المصادر المستخدمة في تحقيق أهداف البرنامج؟، ب- هل البرنامج مكلف من الناحية المادية مقارنة بما يوفره من خدمات؟، ج هل استطاع البرنامج أن يغطى المنطقة أو الحيز الجغرافي المستهدف في نطاق حدوده أو اتساع البرنامج؟، ه - هل قرارات التمويل حول المستقبل قائمة على بيانات مرتبطة بتكوين البرنامج؟، و - هل تستخدم الطاقة البشرية (العاملين) بالبرنامج استخداماً جيداً.(عبدالمبدي،٢٠٢٤).

4. الخلاصة:

أسفرت الدراسة عن نموذج تصّوري مقترح لرفع كفاءة برامج الشراكة المجتمعية بين جامعة ام القرى والمنظمات الحكومية، وفيما يلي عرض مفصل لعناصره وأبعاده:

-مبررات النموذج التصوري المقترح:

1.اهتمام رؤية المملكة ٢٠٣٠ بتعزيز الشراكة بين مؤسسات التعليم العالي والقطاعات الحكومية لتحقيق التنمية المستدامة وبناء الإنسان.

٢.اهتمام رؤية المملكة ٢٠٣٠ بالارتقاء بجودة مخرجات الجامعات، وأهمية ربطها باحتياجات المنظمات الحكومية في سوق العمل.

٣.اهتمام برنامج تنمية القدرات البشرية بمواءمة مخرجات التعليم العالي مع احتياجات المنظمات الحكومية.

٤.اهتمام وزارة التعليم بتطوير منظومة التعليم الجامعي بالشراكة مع المنظمات الحكومية لرفع كفاءة العملية التعليمية.

٥.يتقاطع تخصص الخدمة الاجتماعية في أهدافه مع متطلبات تقييم الشراكات المؤسسية، من حيث تحقيق التكامل والتنسيق بين الجامعات والمنظمات الحكومية لرفع كفاءة تقديم الخدمات وتحقيق الأثر المجتمعي المنشود.

-الجهة المسؤولة عن التنفيذ:

هذا النموذج التصوري المقترح يقدم للمسؤولين القائمين على برامج الشراكة المجتمعية بين جامعة أم القرى والمنظمات الحكومية المعنية.

- اهداف النموذج التصوري:

1.تنظيم وتنسيق جهود الشراكة المجتمعية مع توضيح الأدوار المطلوبة من كل جهة.

2..توضيح القيمة المضافة للجهات الحكومية ولجامعة ام القرى باعتبار برامج الشراكة أساسا استراتيجيا لتحقيق التفاعل بين كلا من المعرفة العلمية والتطبيقية في إدارة المخاطر.

3.تقديم إطار عمل شامل ومنهجي لتقييم برامج الشراكة المجتمعية في إدارة المخاطر

بالمشاعر المقدسة لضمان جودة المخرجات وتعزيز القدرة على مواجهة التحديات المتكررة في موسمي الحج والعمرة.

4.توظيف التقنيات الحديثة وبرامج الذكاء الاصطناعي في تقييم برامج الشراكة.

5.تعزيز الحوكمة المؤسسية وضمان جودة الأداء والمخرجات.

6. ابراز النتائج والثمار لبرامج الشراكة المجتمعية ونشر الوعي بأهميتها.

جدول(4) مقترح كمثال برنامج للتدريب يعتمد على الشراكة المجتمعية بين جامعة أم القرى ومنظمة حكومية.

وصف المشروع	الوصف	المؤشرات	طرق التحقق	المخاطر
المدخلات	-اتفاقيات شراكة مجتمعية رسمية بين جامعة أم القرى والمنظمات الحكومية التي تعنى بإدارة المخاطر. -تحديد الأدوار بوضوح ودقة لكل أطراف الشراكة. -تخصيص موارد بشرية مؤهلة من طرفي الشراكة. -تخصيص ميزانية مالية للشراكة.	-عدد الاتفاقيات المبرمة بين جامعة ام القرى والمنظمات الحكومية خلال عام واحد. -حجم ميزانية برامج الشراكة.	-الخطابات والمحاضر التنسيقية بين طرفي الشراكة. -تقارير الميزانية. -تقارير اللجان المنسقة.	-ميزانية مالية غير كافية
الأنشطة	-تصميم وتنفيذ البرامج التدريبية المشتركة. -تقييم أداء المدربين. -عقد لقاءات بشكل دوري للمتابعة والتطوير. -استخدام الذكاء الاصطناعي والتقنيات الحديثة وتطبيق المنهجيات الحديثة في إدارة المخاطر	-عدد البرامج التدريبية التي تم تنفيذها فعليا بين طرفي الشراكة خلال موسمي الحج والعمرة. -نسبة استخدام وتوظيف الذكاء الاصطناعي والتقنيات الحديثة في برامج الشراكة. -عدد المستفيدين من برامج الشراكة في إدارة المخاطر.	-تقارير المتابعة الخاصة بالبرامج التدريبية. -نتائج اختبارات المتدربين (قبلية-بعدية). -تقارير استخدام التقنيات الحديثة والذكاء الاصطناعي.	ضعف في التنسيق بين طرفي الشراكة. ضعف استخدام التقنيات الحديثة والذكاء الاصطناعي. قصور في الإمكانيات اللوجستية.
المخرجات	كوادر مدربة ومؤهلة يتم استقطابها وتوظيفها مباشرة في الجهات الحكومية. شراكات نموذجية. التطور في مجال الرقابة الصحية وإدارة الحشود. برامج تدريبية وفق مؤشرات أداء دقيقة.	-نسبة الرضا عن مخرجات الشراكة بما لا يقل عن 80%. -عدد الكوادر التي تم توظيفها فعلا. -نسبة التحسن في المؤشرات المرتبطة بالأداء في برامج الصحة وبرامج السلامة	مراجعة التقارير الخاصة بتقييم الشراكة. توزيع استبانات لقياس الرضا لكل من المستفيدين والمتدربين تقارير مؤشرات الأداء.	فقدان التواصل بين طرفي الشراكة بعد انتهاء التدريب. عدم الاستناد على الأطر النظرية. عدم وجود مؤشرات أداء قابلة للقياس.
الأثر	رفع الكفاءة بين جامعة ام القرى والمنظمات الحكومية وتعزيز جودة الخدمة المقدمة للمستفيدين بما يتماشى مع مستهدفات رؤية المملكة2030.	-نسبة التحسن في جودة الخدمات المقدمة خلال عام.	الاطلاع على التقارير السنوية التي تقيس أثر الشراكة على جودة الخدمات المقدمة	تغير الأولويات واصدار قرارات تؤثر على استمرارية الشراكة

- آليات تنفيذ النموذج التصوري المقترح

لتجسيد هذا التصور وتحقيق نتائجه المرجوة، نقترح الآليات التالية:

ا. تشكيل لجنة مشتركة دائمة بين معهد البحوث والمنظمات الحكومية في محيط برامج الحج والعمرة لمتابعة تطبيق معايير التقييم واستعراض نتائجه.

2. تطبيق التقييم بشكل سنوي مع توفير خيارات إضافية للتقييم المؤقت بعد كل موسم حج.

3. إنشاء قاعدة بيانات شاملة تسجل نتائج التقييم بهدف مراقبة الأداء بمرور الوقت.

4. استخدام نتائج التقييم لصياغة خطط عمل جديدة تتجاوب مع المتغيرات الميدانية.

٥. إصدار تقارير دورية شفافة تعزز ثقافة المحاسبة المستمرة وتحفيز التحسين المؤسسي.

- المخرجات المتوقعة للنموذج التصوري

يُتوقع أن يُساهم تطبيق هذا التصور في تحقيق النتائج التالية:

ا. بناء نظام تقييم مؤسسي يضمن استدامة وجودة برامج الشراكة.

2. تعزيز التكامل بين البحث العلمي والأنشطة الميدانية لإدارة المخاطر.

3. تمكين الجهات المسؤولة من اتخاذ قرارات مستندة إلى بيانات مُوثقة ومدروسة.

٤. تقديم نموذج عملي قابل للتكرار في التعاون الأكاديمي والحكومي بمجال إدارة المخاطر والسلامة العامة.

٥.الارتقاء بمستوى استعداد الجهات المعنية لضمان سلامة ضيوف الرحمن بالمشاعر المقدسة خلال مواسم الحج والعمرة.

5. التوصيات

1. تعزيز قياس الأثر بحيث يشمل الأثر بعيد المدى على الأداء وجودة الخدمات، وليس فقط المؤشرات اللحظية وقياس بعد تطبيق البرنامج بفترة زمنية على الأقل موسم حج وعمرة واحد.

2. توضيح الأدوار بين الجهات الشريكة ووضعها في عقود الشراكة لتقليل التداخل ورفع كفاءة التنسيق.

3. توفير دعم مالي مستدام لبرامج الشراكة مع تسهيل الإجراءات المرتبطة به.

4. التوسع في استخدام التقنيات الحديثة وخاصة الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر ودعم القرار.

5. تطوير البرامج التدريبية وربطها باحتياجات الميدان مع تنويع أساليب التدريب من خلال أخذ تغذية راجعة من المستفيدين.

6. تعزيز استدامة المعرفة وبناء القدرات من خلال التدريب المستمر ونقل الخبرات.

7. ربط البحث العلمي بالتطبيق وتحويل مخرجاته إلى إجراءات عملية.

8. تطوير مؤشرات أداء واضحة لقياس كفاءة البرامج وتحسين مخرجاتها.

9. تعزيز التحول الرقمي والابتكار في إدارة العمليات والخدمات في إدارة المخاطر بالمشاعر المقدسة.

المراجع

- الأحمد، هند بنت محمد بن عبد الله (2015) ‹تفعيل الشراكة بين الجامعة والمؤسسات الإنتاجية بالمملكة العربية السعودية من وجهة نظر الخبراء›، مجلة العلوم التربوية.

- بحراوي، سلوى عبد الحفيظ، والرفاعي، غالية حامد، وحافظ، ليلى عبد الرازق (2020) ‹دور الجامعات السعودية في تعزيز الشراكة المجتمعية للبحث العلمي في ضوء رؤية المملكة 2030›، في: أبحاث المؤتمر الدولي السادس: الشراكة المجتمعية وتطوير التعليم: دراسات وتجارب، مجلد 3، القاهرة: جامعة الأزهر.

- بخيت، صفية عبد الله (2023) ‹الدراسات البينية ودورها في تحقيق الشراكة المجتمعية في ضوء رؤية 2030›، مجلة البحوث العربية، العدد 32، الجزء 1.

- برنامج تحقيق التوازن المائي (2021) الاستراتيجية الوطنية للمياه. المملكة العربية السعودية: وزارة البيئة والمياه والزراعة.

- جامعة أم القرى (2025) نبذة عن الجامعة. متاح على: uqu.edu.sa/main/AboutUs

- جامعة أم القرى (2026) نبذة عن معهد البحوث والدراسات والخدمات الاستشارية. متاح على: https://2u.pw/4xXW8K.

- الجنفاوي، فوزية عبد الله (2022) واقع المشاركة المجتمعية لمؤسسات المجتمع المحلي في مجال التنمية المهنية بكلية التربية جامعة الكويت. رسالة ماجستير، جامعة الكويت، الكويت.

- الجهني، رانية خالد (2023) ‹أثر الحوكمة على تطوير الشراكات النوعية في وزارة الحج والعمرة: دراسة استشرافية بعام 2022م›، مجلة العلوم الإنسانية والاجتماعية، 7(9)، ص ص. 96-106.

- الحازمي، ريم غازي بنيه، والصانع، منى محمد علي (2024) ‹الشراكة بين الجامعات والقطاع الخاص في بعض الدول وإمكانية الاستفادة منها بالمملكة العربية السعودية: دراسة مقارنة›، المجلة العربية للعلوم التربوية والنفسية، 8(37)، ص ص. 165-200.

- الرشيدي، عمر بن عبد الله بن محياء (2024) ‹التخطيط الاستراتيجي لإدارة الحشود والأزمات باستخدام الذكاء الاصطناعي بالحرمين الشريفين›، المجلة الدولية للعلوم التربوية والنفسية، العدد 76، ص ص. 11-55.

- رؤية المملكة العربية السعودية 2030 (2016) رؤية المملكة العربية السعودية 2030. متاح على: https://n9.cl/cwprx.

- عبد المبدي، إسلام إبراهيم (2024) ‹نموذج مقترح لقياس كفاءة أداء المنظمات المجتمعية في ضوء نموذجي نانسي هيدلمين وجاك روثمان›، مجلة دراسات في الخدمة الاجتماعية والعلوم الإنسانية، جامعة حلوان، كلية الخدمة الاجتماعية.

- عون، وفاء محمد، والشبانات، فاطمة عبد الله، وأبو حميد، ندى عبد الرحمن (2019) ‹تطوير الشراكة المجتمعية بقسم الإدارة التربوية بجامعة الملك سعود في ضوء رؤية المملكة العربية السعودية 2030›، مجلة كلية التربية، جامعة الإسكندرية.

- 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)، ص ص. 116-148.

- الفجير، عبد اللطيف حسين (2023) ‹واقع الشراكة بين الإدارة المحلية والجامعات اليمنية في مجال التأهيل والتطوير التربوي›، مجلة مركز جزيرة العرب للبحوث التربوية والإنسانية، 2(19)، ص ص. 49-70.

- الفرائضي، حمدة بنت عبد الله بن محمد (2025) ‹آليات تفعيل دور التخطيط الاستراتيجي في تحسين الإدارة الذكية لحشود الحجاج في ضوء رؤية المملكة 2030›، مجلة جامعة أم القرى للعلوم الاجتماعية، مجلد 17، ص ص. 139-154.

- القحطاني، نجوى (2023) ‹الوظيفة الثالثة للجامعات السعودية في ضوء رؤية المملكة 2030›، المجلة التربوية، جامعة سوهاج.

- مجلس الشؤون الاقتصادية والتنمية (2016) رؤية المملكة العربية السعودية 2030. متاح على: www.vision2030.gov.sa.

- معهد البحوث والدراسات والخدمات الاستشارية (2025) الملف التعريفي لمعهد البحوث والدراسات والخدمات الاستشارية. جامعة أم القرى.

- موسى، ياسر محمد (2025) ‹تعزيز السلامة السلوكية للحشود: دراسة تحليلية نفسية واجتماعية لإدارة حشود الحج والعمرة: المسببات والأبعاد›، مجلة الدراسات النفسية المعاصرة، 7(1).

- الهجلة، يوسف مسعد (د.ت.) مفهوم الشراكة المجتمعية والمساندة الاجتماعية في مجال الرعاية الصحية.

- وزارة البيئة والمياه والزراعة (2024) نبذة عن الوزارة. متاح على: https://n9.cl/ffe6vh.

- وزارة البيئة والمياه والزراعة (2026) إرشادات وزارة البيئة والمياه والزراعة لحجاج بيت الله

الحرام. متاح على: https://n9.cl/y8d22.

- وزارة التخطيط والتنمية الاقتصادية والتعاون الدولي (2022) دليل عمل إدارة المشروعات والبرامج والأداء. متاح على: mped.gov.eg.

- وزارة التعليم (د.ت.) برامج ومبادرات رؤية المملكة العربية السعودية 2030. مكتب تحقيق الرؤية.

- وزارة الحج والعمرة (2026) نبذة عن الوزارة. متاح على: www.haj.gov.sa.

- وزارة الصحة (2018) تقييم المخاطر الصحية في الحج. متاح على: https://n9.cl/i4uuu0.

- وزارة المالية (2021) الدليل الاستشاري لإدارة المخاطر: المبادئ الأساسية والممارسات التوجيهية.

- Haase, K., Al Abideen, H.Z., Al-Bosta, S., Kasper, M., Koch, M., Müller, S. and Helbing, D. (2016) 'Improving pilgrim safety during the Hajj: An analytical and operational research approach', Interfaces, 46(1), pp. 74–90.

- Helbing, D. and Johansson, A. (2013) 'Pedestrian, crowd and evacuation dynamics', in Encyclopedia of Complexity and Systems Science.

- Kingdom of Saudi Arabia (2016) Saudi Vision 2030. Council of Economic and Development Affairs.

- management—Guidelines. 2nd edn. Geneva: ISO.

- Leal Filho, W., Salvia, A.L., Paço, A., Dinis, M.A.P., Abubakar, I.R., Shiel, C., Moggi, S., Price, E., Brandli, L.L. and Fritzen, B. (2023) 'Mapping universities-communities partnerships in the delivery of the Sustainable Development Goals', Frontiers in Environmental Science, 11, Article 1246875.

- Patton, M.Q. (2015) Qualitative research & evaluation methods: Integrating theory and practice. 4th edn. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications.

- Testbook (2023) 'Difference between organization and institution', Testbook. Available at: https://testbook.com.

- Thiry, M. (2004) 'Towards a program management body of knowledge', paper presented at PMI Global Congress 2004—EMEA, Prague, Czech Republic. Newtown Square, PA: Project Management Institute.

- Weng, W., Wang, J., Shen, L. and Song, Y. (2023) 'Review of analyses on crowd-gathering risk and its evaluation methods', Journal of Safety Science and Resilience, 4(1), pp. 93–107.

نحو مياهِ زمزمَ أكثرَ أمانًا لضيوف الرحمن: تقييمُ الجسيمات البلاستيكية الدقيقة والنانوية والمعادن الثقيلة وإزالتُها بالامتزاز باستخدام الفحم الحيوي المُشترك من نوى التمر

أحمد فرغلي[1,*]، صالح الدهش[2]، عبدالملك التويجري[1]، ياسر عبدالرحمن[2]، محمود الجمسي[3]، محمد سالم[2] - [1]قسم الهندسة المدنية والبيئية، كلية الهندسة، جامعة المجمعة، [2]قسم الهندسة الميكانيكية والصناعية، كلية الهندسة، جامعة المجمعة، [3]قسم الهندسة الكهربائية، كلية الهندسة، جامعة المجمعة

Toward Safer Zamzam Water for the Guests of the Most Merciful: Assessment of Micro- and Nanoplastics and Heavy Metals and Their Adsorptive Removal Using Date Palm Pit Co-Biochar

Ahmed Farghaly[1],*, Saleh Aldahsh[2], Abdulmalik Altuwaijiri[1], Yasser Abdelrhman[2], Mahmoud M. Elgamasy[3], Mohamed S. Salem[2] - [1]Department of Civil and Environmental Engineering, College of Engineering, Majmaah University, [2]Department of Mechanical and Industrial Engineering, College of Engineering, Majmaah University, [3]Department of Electrical Engineering, College of Engineering, Majmaah University

*Corresponding author: E-mail (am.farghaly@mu.edu.sa)

الملخص

تُعدّ مياه الشرب أحد أهمّ مسارات تعرّض الإنسان لفئتين من الملوّثات المتزايدة الأهمية: الجسيمات البلاستيكية الدقيقة والنانوية، والمعادن الثقيلة السامّة. وتحمل المياه المعبّأة على وجه الخصوص أعباءً من هذه الجسيمات قد تفوق كثيرًا نظيرتها في مياه الصنبور، في حين قد تُدخِل العملياتُ الجيولوجية والبشرية عناصرَ نزرة. وتحتلّ مياه زمزم – التي يشربها عشرات الملايين من الحجّاج والمعتمرين سنويًّا وتُوزَّع عالميًّا – موقعًا بالغ الحساسية عند تقاطع الصحة العامة والمكانة الدينية وجودة الخدمة.

تُجمِّع هذه المراجعة النقدية، المستندة إلى بحثٍ منهجي في قواعد Scopus وWeb of Science وPubMed للفترة 2015–2026، الأدلّةَ المتعلقة بوجود هذه الملوّثات وتحليلها وآثارها الصحية، وتستعرض تثمين نوى التمر (Phoenix dactylifera) في صورة فحم حيوي مُركّب، وتُقيّم آليات الامتزاز ونمذجته الحركية والاتزانية والحرارية، والسلوك التنافسي، وإعادة التنشيط، وعلى نحوٍ حاسم تسرّبَ المعادن من المادة المازّة.

وإسهامُها المميّز هو دمجُ أدبيات إزالة الجسيمات البلاستيكية والمعادن الثقيلة حول مصفوفةٍ واحدةٍ عالية الأهمية تفتقر قاعدةُ أدلّتها إلى الاكتمال. وتكشف المراجعةُ أنّ السجلَّ العلمي المنشور لمياه زمزم يهيمن عليه جدلٌ غيرُ محسومٍ حول الزرنيخ ولا يتضمّن أيَّ تقييم للجسيمات البلاستيكية الدقيقة والنانوية. وتُظهر النتائجُ المُجمَّعة أنّ السعات الامتزازيةَ القصوى للفحوم الحيوية المُشتقّة من نوى التمر والمُعدَّلة بالمعادن تبلغ مئاتِ الملّيغرامات لكلّ غرام تجاه الرصاص (II)، وأنّ الفحوم الحيوية المغناطيسية المُعدَّلة تُزيل الجسيمات البلاستيكية من البوليسترين بكفاءةٍ تُراوح نحو 95–99%، وإنْ كانت هذه القيم مستمدّةً من ظروفٍ تجريبية متباينة وغيرَ قابلةٍ للمقارنة المباشرة. وعلى هذا الأساس توصي المراجعةُ ببرنامجٍ بحثيٍّ صارم وموحّدٍ مُكرَّسٍ لمياه زمزم، يضع الفحمَ الحيويَّ المُركّبَ من نوى التمر بوصفه معالجةً أوّليةً منخفضةَ التكلفة ومستدامةً تسبق أنظمةَ الأغشية القائمة، مع جعل سلامةِ المادة المازّة قيدًا حاكمًا. ويُصاغ البرنامج المقترح في إطار التكامل والتنسيق عبر منظومة خدمة مياه زمزم، بما يوائم بين حماية البيئة وتميّز تجربة ضيوف الرحمن.

الكلمات المفتاحية: ماء زمزم- الجسيمات البلاستيكية الدقيقة والمتناهية الصغر (الميكرو والنانو بلاستيك)- الادمصاص- المعادن الثقيلة -الفحم الحيوي- الاقتصاد الدائري

Abstract

Drinking water is a major route of human exposure to two contaminant classes of growing concern: micro- and nanoplastics (MNPs) and toxic heavy metals. Packaged

waters, in particular, carry MNP burdens that can greatly exceed those of tap water, while geogenic and anthropogenic processes may introduce trace metals. Zamzam water—consumed by tens of millions of pilgrims each year during Hajj and Umrah and distributed worldwide—occupies a uniquely sensitive position at the intersection of public health, religious significance, and service quality. This critical review, based on a structured search of Scopus, Web of Science, and PubMed (2015–2026), consolidates evidence on the occurrence, characterization, and health implications of MNPs and heavy metals in drinking water; synthesizes the valorization of date palm (Phoenix dactylifera) pit waste into engineered co-biochar; and appraises adsorption mechanisms, kinetic, isotherm and thermodynamic modeling, competitive multi-contaminant behavior, regeneration, and—critically—adsorbent-derived metal leaching.

Its distinct contribution is to integrate the MNP and heavy-metal removal literatures around a single, high-significance matrix for which the evidence base is presently inadequate: the peer-reviewed record on Zamzam water is dominated by an unresolved arsenic debate and contains no MNP assessment.

Reported capacities for date-palm and metal-modified biochars reach hundreds of milligrams per gram for Pb (II), and modified magnetic biochars remove polystyrene MNPs with efficiencies of ~95–99 %, although these values derive from disparate conditions and are not directly comparable. On this basis the review advances a single central recommendation: a rigorous, standardized, adsorption-focused research agenda dedicated to Zamzam water, positioning date palm pit co-biochar as a low-cost, circular-economy pre-treatment upstream of existing membrane systems, with adsorbent safety as a governing constraint. Framed around integration and coordination across the Zamzam water-service system, the proposed program aligns environmental protection with the excellence of the experience offered to the Guests of the Most Merciful.

Keywords: Zamzam water; micro- and nanoplastics; heavy metals; adsorption; date palm pit co-biochar; water safety; circular economy.

1. Introduction

Access to safe drinking water is a foundational determinant of public health. Over the past decade, the operational meaning of "safe" has broadened beyond classical microbiological and major-ion criteria to encompass two contaminant classes that conventional treatment and monitoring were not designed to address: micro- and nanoplastics (MNPs) and trace heavy metals [1,2]. The former are now documented in tap water, bottled water, food, air, and even in human placenta and blood [8,9]; the latter remain among the most persistent and toxicologically significant pollutants of natural and treated waters [1].

Nowhere is the confluence of these concerns more consequential than in Zamzam water. Drawn from a well within the Masjid al-Haram in Makkah, Zamzam is consumed by tens of millions of pilgrims annually during Hajj and Umrah, is distributed globally in bottled form, and is valued for both religious and perceived therapeutic reasons [13,14].

Its safety therefore bears directly on the experience, trust, and wellbeing of the Guests of the Most Merciful. Yet the scientific record on Zamzam water is comparatively thin, is dominated by a long-standing and unresolved debate over arsenic and dissolved trace elements, and contains no dedicated investigation of its micro- or nanoplastic content.

In parallel, Saudi Arabia generates large quantities of lignocellulosic date palm (Phoenix dactylifera) residues, of which the pits (seeds) constitute roughly one-third of fruit mass and represent the largest agricultural by-product in palm-growing regions [16]. Converting this waste into engineered biochar—and enhancing it through metal modification or co-pyrolysis to yield what is here termed "co-biochar"—offers a low-cost, locally sourced, circular-economy adsorbent well matched to the removal of both MNPs and heavy metals [15,20].

The distinct contribution of this review is to integrate two literatures usually treated separately—biochar-based removal of MNPs and of heavy metals—around a single matrix of exceptional significance, and to convert that synthesis into a concrete, standardized research agenda for Zamzam water. The specific objectives are: (i) to consolidate the evidence on the occurrence, analysis, and health implications of MNPs and heavy metals in drinking water; (ii) to critically appraise date palm pit co-biochar synthesis and adsorption fundamentals; (iii) to evaluate reported performance, competition, regeneration, and adsorbent safety, and to benchmark adsorption against alternative technologies; and (iv) to translate these threads into a defensible research program.

In doing so, the review deliberately connects a technical water-safety question to the forum's theme of integration and coordination: safeguarding Zamzam quality is inseparable from the excellence of the experience offered to the Guests of the Most Merciful, and calls for a treatment barrier that integrates smoothly with existing

infrastructure and coordinated action across the responsible entities.

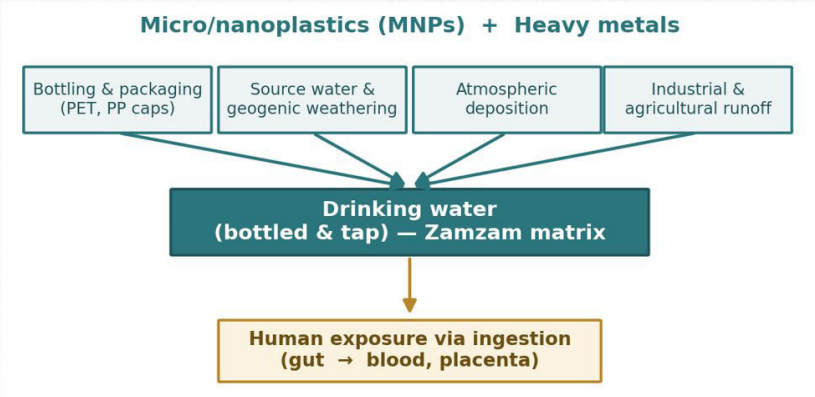


Figure 1. Principal sources and human-exposure pathways of micro/nanoplastics and heavy metals relevant to Zamzam water.

2. Methodology (Review scope and literature search)

This is a narrative critical review structured around a systematic literature search rather than a formal meta-analysis. Peer-reviewed records were retrieved from Scopus, Web of Science, and PubMed for the period 2015–2026, supplemented by seminal earlier works (e.g., foundational isotherm and kinetic theory) and by authoritative guideline documents. Search strings combined terms from three domains using Boolean operators: (a) contaminant terms—"microplastic*", "nanoplastic*", "heavy metal*", "arsenic", "lead", "cadmium"; (b) matrix terms—"drinking water", "bottled water", "Zamzam"; and (c) treatment terms—"biochar", "date palm", "adsorption", "co-pyrolysis", "modified biochar". Records were screened for relevance by title and abstract, and studies were included if they reported original occurrence data, adsorption performance, mechanistic characterization, or directly relevant review syntheses. Priority was given to studies employing date palm feedstocks, drinking-water matrices, and quantitative modeling. Grey literature was excluded except for internationally recognized guideline documents. This scope is deliberately problem-driven: it assembles the evidence needed to justify and design a Zamzam-focused adsorption study rather than exhaustively covering all biochar chemistries.

3. State of the Art and Discussion

3.1 Micro- and nanoplastics in drinking water

Microplastics are synthetic polymer particles smaller than 5 mm, while nanoplastics denote the sub-micron fraction (commonly <1000 nm, increasingly <100 nm) that behaves colloidally and can translocate across biological barriers [10,11]. In packaged water, MNPs originate substantially from packaging and bottling—abrasion of polyethylene terephthalate (PET) bottles, wear of polypropylene caps, and shedding during filling—supplemented by source-water contamination and atmospheric deposition [3,5]. Because these pathways are largely independent of original water quality, even pristine spring or well water can acquire a measurable MNP burden after bottling. The landmark multi-brand survey of Mason and colleagues reported that 93% of 259 bottles across eleven globally sourced brands contained microplastics, averaging 10.4 particles L-1 larger than 100 μm and 325 particles L-1 when 6.5–100 μm particles were included, with individual bottles exceeding 10,000 particles L-1 [3]. Recent single-particle spectroscopic imaging has extended detection into the nanoplastic regime, revealing counts orders of magnitude above earlier microplastic-only estimates [7]. Tap water is generally less contaminated than bottled water but is not MNP-free [6] (Table 1).

Table 1. Representative reported occurrence of micro/nanoplastics (MNPs) in bottled and tap drinking water.

Matrix / study focus	Method	Reported level	Note
Bottled water, 11 brands [3]	Nile Red + FTIR	93% positive; 10.4 (>100 μm) / 325 L^{-1} (≥6.5 μm)	Packaging-derived; PP caps common
Bottled mineral water [4]	μ-Raman	Hundreds–thousands L^{-1} (size-dependent)	Small (<5 μm) fraction dominant
Returnable vs single-use [5]	μ-Raman	118 ± 88 vs 14 ± 14 L^{-1}	Release rises with reuse/abrasion
Tap water, global [6]	Visual + polymer ID	81% positive; 0.0001–100 L^{-1}	Lower than bottled water
Bottled water (nanoscale) [7]	Single-particle imaging	≫ microplastic-only counts	Nanoplastics previously unmeasured

Reliable MNP assessment is analytically demanding and only partly standardized: particles are enumerated and typed by vibrational spectroscopy (micro-FTIR above ~20 μm, micro-Raman below), supported by SEM and thermal/pyrolysis techniques, under strict contamination control [10,12]. Human exposure occurs mainly through ingestion, and three concerns recur: direct particle effects, leaching of polymer additives, and the capacity of MNPs to act as vectors for co-contaminants including heavy metals [11]. The detection of microplastics in human placenta and blood underscores that these particles are not confined to the gut lumen [8,9]. Nevertheless, the health-risk evidence remains immature: the World Health Organization concluded that available data do not yet permit

a robust quantitative risk assessment, and no health-based guideline value for MNPs currently exists [17]. The case for precautionary assessment therefore rests on exposure and plausibility rather than established dose–response relationships.

3.2 Heavy metals in drinking water

Heavy metals and metalloids—notably lead (Pb), cadmium (Cd), arsenic (As), chromium (Cr), copper (Cu), nickel (Ni), and mercury (Hg)—enter drinking water through geogenic weathering, industrial and mining discharge, corrosion of distribution infrastructure, and agricultural runoff [1,20]. Their speciation, mobility, and toxicity depend strongly on pH, redox, ionic strength, and complexing ligands. Unlike organic pollutants, metals are non-biodegradable; they persist, bioaccumulate, and are toxic at trace concentrations, placing a premium on removal rather than transformation. International and regional standards—including the WHO Guidelines and Gulf/Saudi (GSO/SASO) specifications—define maximum permissible concentrations (Table 2).

Several elements are classified human carcinogens (notably As and Cr(VI)), and several (Pb, Hg) are developmental neurotoxicants for which no exposure is considered wholly without risk. The stringency of these limits—single micrograms per litre for As, Pb, and Cd—imposes a critical design constraint: any material introduced to remove metals must not itself release metals above these thresholds.

Table 2. Representative WHO drinking-water guideline values and principal health effects of key heavy metals [1].

Metal	WHO guideline (μg L^{-1})	Principal health effects
Arsenic (As)	10	Skin/lung/bladder cancer; skin lesions; cardiovascular disease
Lead (Pb)	10	Neurodevelopmental deficits; renal and cardiovascular toxicity
Cadmium (Cd)	3	Renal tubular damage; bone demineralization; carcinogen
Chromium (total)	50	Cr(VI) genotoxic and carcinogenic; dermatitis
Mercury (inorganic)	6	Renal and neurological toxicity
Copper (Cu)	2000	Gastrointestinal distress; hepatic effects at high dose
Nickel (Ni)	70	Dermal sensitization; possible carcinogen

3.3 Co-occurrence and the vector effect

MNPs and heavy metals are not independent problems. Weathered plastic surfaces develop oxygen-containing functional groups and a net negative charge that promote sorption of metal cations, so that MNPs can concentrate and transport metals through the water column and, potentially, into the body upon ingestion [11]. This has two consequences: it strengthens the case for assessing both classes together, and it favors treatment capable of simultaneous, multi-contaminant capture—precisely the profile of a porous carbonaceous adsorbent that removes both the particulate (MNP) and dissolved (metal) fractions in one unit operation, as demonstrated for magnetic biochars in co-contaminated systems [31].

3.4 Zamzam water: significance, the arsenic debate, and the MNP gap

Zamzam water is a mildly alkaline (pH ≈ 7.9–8.0), mineral-rich groundwater characterized by elevated calcium, magnesium, sodium, and bicarbonate and a distinctive trace-element signature [13,14]. Its heavy-metal status has been debated for two decades. An early, widely cited analysis reported arsenic averaging ~27 μg L-1—about three times the WHO guideline—together with elevated nitrate, in samples obtained outside Saudi Arabia [13]. Subsequent analyses of samples collected and measured within Saudi Arabia reported arsenic within permissible limits, spanning a wide range down to sub-μg L-1 values [14], and later multi-element surveys likewise placed lead, cadmium, and mercury below guideline thresholds.

A balanced reading is important: this review does not assert that Zamzam water is contaminated. The weight of in-country evidence indicates compliance with guideline limits, and the discrepant high values reported for exported or bottled samples are plausibly attributable to differences in sampling point, container leaching, preservation, and analytical method rather than to the source itself. The scientific problem is therefore epistemic rather than alarmist: the existing evidence base is insufficiently standardized and inter-comparable to support a fully confident, contemporary public-health conclusion.

Moreover, whereas the dissolved-metal profile has at least been studied, the micro/nanoplastic content of Zamzam water has not. Given that the dominant MNP source in packaged water is the bottling chain rather than the source water [3,5], and that Zamzam is distributed at enormous scale in single-use plastic containers, the absence of any dedicated, contamination-controlled MNP assessment is a genuine and consequential gap. To the author's knowledge, no published study has quantified MNPs in Zamzam water using contamination-controlled spectroscopic methods.

3.5 Zamzam water production: current practices, standards, and the value proposition of co-biochar pre-treatment

The safety of Zamzam water at the point of consumption is currently assured through a dedicated production and monitoring chain rather than through conventional municipal treatment. Since the commissioning of the King Abdullah bin Abdulaziz Zamzam Water Project at Kudai in Makkah, water is abstracted from the well and conveyed through stainless-steel pipelines to a central purification facility, where it passes through a series of sand and cartridge filters and is then sterilized by ultraviolet (UV) irradiation before storage, bottling, and distribution [37,38]. A defining principle of this process is that it is deliberately physical: no chemical disinfectant is added, so as to preserve the natural mineral composition and distinctive identity of the water. Quality is monitored on a continuing basis—chemically and microbiologically—by the Zamzam Studies and Research Centre established under the Saudi Geological Survey, with sampling across the well, storage reservoirs, and consumer outlets, and the entire treatment train is automated and centrally supervised [37]. Production and packaging are carried out in accordance with the applicable national drinking- and bottled-water standards.

This established system is highly effective for its intended targets—microbiological safety and the removal of gross particulates—while safeguarding the water›s mineral character. It is not, however, specifically designed to address the two emerging contaminant classes examined in this review. Micron-scale filtration and UV sterilization neither remove dissolved trace metals nor reliably capture sub-micron microplastics and nanoplastics, and—critically—the dominant micro/nanoplastic source in packaged water is the bottling and packaging chain itself [3,5], a stage downstream of purification. Routine monitoring, likewise, is not presently configured for contamination-controlled micro/nanoplastic enumeration. There is therefore a specific, addressable gap between what the current process controls and the contaminant classes of growing concern.

Against this backdrop, a date palm pit co-biochar adsorption stage represents a complementary rather than a competing intervention, and its potential benefits map directly onto the limitations above. First, adsorption is additive-free: in keeping with the existing filtration/UV philosophy, it introduces no disinfection chemistry, so a well-designed, leaching-controlled adsorbent could add a targeted barrier for dissolved heavy metals and for micro/nanoplastics without compromising the valued mineral identity of the water—provided that adsorbent-derived leaching is quantified and constrained.

Second, it is low-cost and locally sourced: the sorbent is derived from an abundant Saudi agricultural residue, aligning contaminant control with circular-economy and Vision 2030 objectives. Third, it is integrable: a compact adsorption unit could be positioned within the existing Kudai treatment train—upstream of, or in series with, the current filtration/UV steps and any membrane polishing—providing defense-in-depth against precisely the contaminants the present process is not designed to target. The prospective benefit is thus not to replace a proven and revered production system but to extend it with a sustainable, contaminant-specific safeguard that closes the identified gap while preserving the characteristics that make Zamzam water unique.

3.6 Date palm pit valorization and the co-biochar definition

Date palm pits constitute roughly one-third of fruit mass and are largely non-edible [16]; their dense lignocellulosic structure makes them an excellent biochar precursor, combining high fixed-carbon content with well-developed microporosity. Biochar is produced by pyrolysis (400–900 °C); temperature, heating rate, residence time, and feedstock jointly govern surface area, porosity, aromaticity, surface functionality, and ash content [19,20]. Higher temperatures raise surface area and hydrophobicity (favoring π–π and hydrophobic MNP capture), whereas lower-to-intermediate temperatures better preserve oxygen-containing groups (favoring metal complexation). Co-pyrolysis with complementary residues can tailor porosity and functionality beyond a single feedstock, yielding a composite "co-biochar."

In this review, "co-biochar" denotes date palm pit biochar engineered either by cobalt (Co) modification or, more broadly, by co-pyrolysis into composite materials for multi-contaminant capture. Distinguishing these routes on safety grounds is essential. Iron modification is the best-supported and safest metal option: Fe-modified date palm biochar dramatically increases metal uptake and confers magnetic recoverability.

Cobalt modification can introduce highly active Co-oxide sites, but cobalt is itself a regulated trace metal; introducing it into a drinking—and here, sacred—water raises the burden of proof on leaching control. Accordingly, for drinking-water application this review recommends leading with iron-modified and co-pyrolyzed composite biochars, and treating cobalt modification as an option to be pursued only with rigorous, quantified leaching validation. Materials are characterized before and after adsorption by BET, SEM-EDS, FTIR, XRD, and zeta-potential/point-of-zero-charge measurements [15,29].

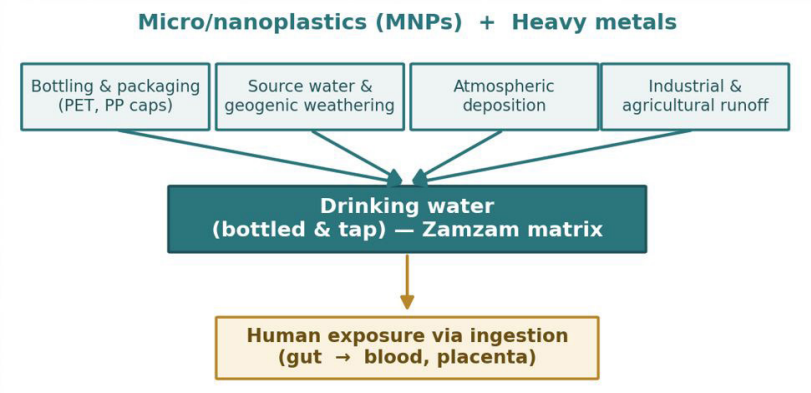


Figure 2. Representative synthesis route for date palm pit co-biochar, including modification branches and characterization.

3.7 Adsorption fundamentals: mechanisms and modeling

For heavy-metal cations, dominant pathways are surface complexation with oxygen-containing groups (–OH, –COOH), ion exchange with exchangeable cations (H+, Ca2+, Mg2+), electrostatic attraction, surface precipitation, and, for certain metals, reduction [20]. For MNPs, capture is governed by π–π stacking with aromatic polymers, hydrophobic interactions, van der Waals forces, electrostatic interactions, and physical entrapment within the pore network [30,31]. Kinetics are interpreted with pseudo-first-order and pseudo-second-order models—the latter, implying chemisorption as the rate-limiting step, predominates for metal uptake on date-palm biochars [15,21]—and with the Weber–Morris intraparticle-diffusion model. Equilibrium data are fitted to the Langmuir (monolayer, with dimensionless separation factor RL), Freundlich (heterogeneous/multilayer), Temkin, and Dubinin–Radushkevich isotherms, the last yielding a mean free energy E that distinguishes physisorption (E < 8 kJ mol-1) from chemisorption (E > 8 kJ mol-1). Thermodynamic analysis (ΔG°, ΔH°, ΔS° via the van't Hoff relationship) establishes spontaneity and discriminates physical from chemical adsorption.

$R\% = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100$	(1)
$q_e = \frac{(C_0 - C_e)V}{m}$	(2)

$q_t = \frac{(C_0 - C_t)V}{m}$	(3)
$ln(q_e - q_t) = ln\, q_e - k_1 t$	(4)

$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{t}{q_e}$	(5)
$q_t = k_{id}\sqrt{t} + C$	(6)

$q_e = \frac{q_m K_L C_e}{1 + K_L C_e}$	(7)
$R_L = \frac{1}{1 + K_L C_0}$	(8)

$q_e = K_F C_e^{\frac{1}{n}}$	(9)
$q_e = \frac{RT}{b_T} ln(K_T C_e)$	(10)

$q_e = q_m exp(-K_{DR}\varepsilon^2), E = \frac{1}{\sqrt{2K_{DR}}}$	(11)
$\Delta G° = -RT\ ln\ K_c$	(12)
$ln\ K_c = \frac{\Delta S°}{R} - \frac{\Delta H°}{RT}$	(13)

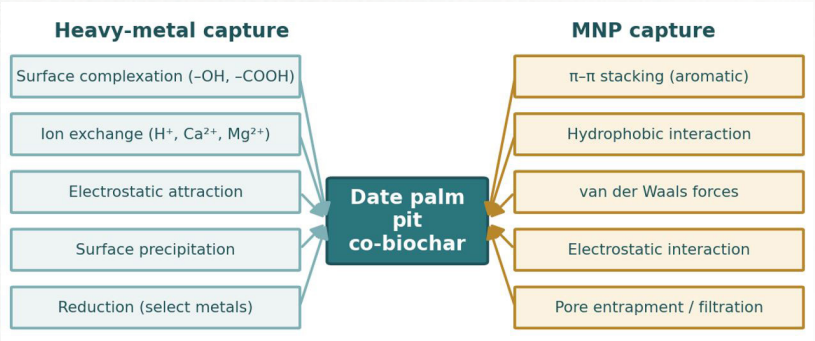


Figure 3. Principal mechanisms governing adsorptive removal of heavy metals and micro/nanoplastics on date palm pit co-biochar.

3.8 Performance of date palm and modified biochars

Reported maximum capacities derive from experiments under different pH, temperature, initial concentration, and matrix conditions, and are therefore indicative rather than directly comparable. Fe-modified date palm waste biochar achieved Langmuir maxima of 475.1 mg g-1 for Pb (II) and 48.4 mg g-1 for Cd(II), versus 160.1 and 26.8 mg g-1 for the pristine biochar—increases of roughly 197% and 89%—with pseudo-second-order kinetics [15]. Date-seed biochar removed Pb(II) efficiently in batch and fixed-bed configurations (optimal near pH 6) [16], and a two-step pyrolysis date palm biochar removed Cu(II) at 70 mg g-1, retaining >85% capacity across five cycles [22].

For MNPs, Mg/Zn-modified magnetic biochars removed 1-μm polystyrene microspheres with efficiencies of 94.8% (Fe), 98.8% (Mg), and 99.5% (Zn) [31], while pyrolysis-temperature-tuned biochar achieved Langmuir capacities of 26.7–44.9 mg g-1 for polystyrene nanoplastics in a spontaneous, temperature-dependent process [32] (Table 3).

Table 3. Representative adsorption performance of date palm–derived and modified biochars for heavy metals and MNPs (conditions differ between studies; values are indicative).

Adsorbent	Target	q_{max} / removal	Model / mechanism	Ref.
Fe-modified date palm waste biochar	Pb(II)	475.1 mg g^{-1}	Langmuir; PSO; chemisorption	[15]
Fe-modified date palm waste biochar	Cd(II)	48.4 mg g^{-1}	Langmuir; PSO	[15]
Pristine date palm waste biochar	Pb/Cd	160.1 / 26.8 mg g^{-1}	Langmuir; PSO	[15]
Date-seed biochar (550 °C)	Pb(II)	batch + column; pH ≈ 6	Complexation; exchange	[16]
Two-step pyrolysis date palm biochar	Cu(II)	70 mg g^{-1}; >85% / 5 cycles	PSO; exothermic	[22]
Date-seed biochar (competitive)	Pb/Cd	reduced in binary system	Competitive sorption	[18]
Mg/Zn-modified magnetic biochar	PS microplastics	94.8–99.5% removal	Electrostatic; chem. bonding	[31]
Biochar (pyrolysis-tuned)	PS nanoplastics	26.7–44.9 mg g^{-1}	Spontaneous; T-dependent	[32]

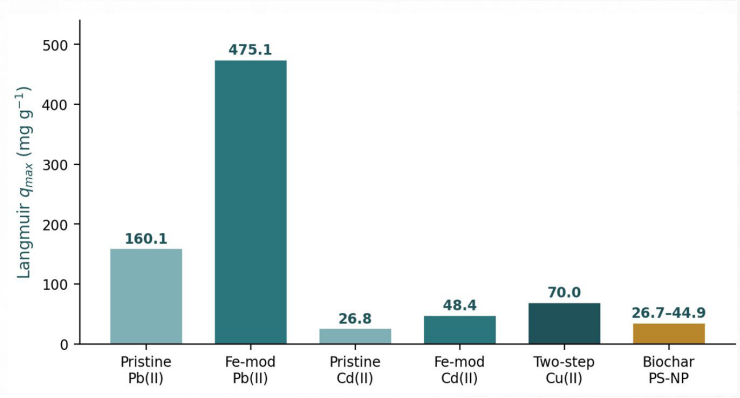


Figure 4. Reported Langmuir maximum adsorption capacities for pristine and modified date palm biochars (indicative; see Table 3).

3.9 Competitive and matrix effects

Real waters contain multiple co-existing solutes, and competition materially affects performance. In binary metal systems, date-seed and palm-shell biochars show reduced uptake relative to single-solute conditions, with Pb(II) typically outcompeting Cd(II) owing to its lower hydrolysis constant and higher affinity for surface complexation [18,29]. Elevated ionic strength and competing cations (Ca2+, Mg2+—abundant in Zamzam water) further suppress metal sorption, while solution pH exerts first-order control through surface charge and metal speciation [29]. These realities make competitive, matrix-representative testing indispensable for any Zamzam-focused study.

3.10 Comparison with other removal technologies

Coagulation–flocculation and sand/media filtration are established but only partially effective against sub-micron particles and dissolved metals; membrane processes (UF/NF/RO) are highly effective but energy-intensive, fouling-prone, and generate concentrate streams; and advanced oxidation degrades organics but neither removes metals nor suits particulate MNPs [40].

Against this backdrop, adsorption offers low cost, operational simplicity, high efficiency for both particulate and dissolved species, and—when the sorbent is a waste-derived biochar—environmental sustainability [30] (Table 4). Crucially, adsorption and membranes are complementary rather than competing: a low-cost biochar adsorption stage upstream of an existing RO/UF system can reduce particulate and metal loading, mitigate fouling, and provide defense-in-depth—the deployment logic adopted here.

Table 4. Qualitative comparison of principal technologies for removing MNPs and heavy metals from drinking water.

Adsorbent	Target	q_{max} / removal	Model / mechanism	Ref.
Fe-modified date palm waste biochar	Pb(II)	475.1 mg g^{-1}	Langmuir; PSO; chemisorption	[15]
Fe-modified date palm waste biochar	Cd(II)	48.4 mg g^{-1}	Langmuir; PSO	[15]
Pristine date palm waste biochar	Pb/Cd	160.1 / 26.8 mg g^{-1}	Langmuir; PSO	[15]
Date-seed biochar (550 °C)	Pb(II)	batch + column; pH ≈ 6	Complexation; exchange	[16]
Two-step pyrolysis date palm biochar	Cu(II)	70 mg g^{-1}; >85% / 5 cycles	PSO; exothermic	[22]
Date-seed biochar (competitive)	Pb/Cd	reduced in binary system	Competitive sorption	[18]
Mg/Zn-modified magnetic biochar	PS microplastics	94.8–99.5% removal	Electrostatic; chem. bonding	[31]
Biochar (pyrolysis-tuned)	PS nanoplastics	26.7–44.9 mg g^{-1}	Spontaneous; T-dependent	[32]

3.11 Regeneration, reusability, and adsorbent safety

Date palm biochars have shown good reusability—retaining more than 85% of capacity over five acid-assisted cycles for Cu(II) [22]—although repeated regeneration progressively alters surface functionality and pore structure, gradually eroding performance. For metal-modified materials, and cobalt-modified biochar in particular, control of adsorbent-

derived leaching is not a peripheral caveat but a governing design criterion. A material introduced to remove heavy metals must not release cobalt (or iron) at concentrations approaching health-based limits; for a sacred drinking water consumed devotionally and in large single servings, the acceptable burden of proof is exceptionally high. The relevant benchmark for a pre-treatment feeding a membrane system is stricter than the drinking-water-at-tap limit, because the objective is to protect both the consumer and the downstream membrane. Leaching of the modifier must therefore be quantified explicitly under representative pH and matrix conditions across fresh, exhausted, and regenerated states, with iron-based or co-pyrolyzed composites preferred where they meet performance targets and a post-treatment polishing barrier (RO/UF) assumed.

3.12 Challenges and research gaps

Despite encouraging performance data, several gaps constrain translation. First, MNP-removal studies overwhelmingly employ idealized monodisperse polystyrene rather than heterogeneous, weathered particles. Second, most adsorption work uses synthetic single-solute solutions, underrepresenting competitive, high-hardness matrices such as Zamzam. Third, nanoplastic-specific removal remains sparsely studied. Fourth, adsorbent-derived metal leaching from modified biochars is inconsistently reported. Fifth, and most directly relevant, there is a complete absence of any occurrence or adsorption study conducted on Zamzam water itself.

4. Conclusions

Micro- and nanoplastics and heavy metals are complementary and interacting threats to drinking-water safety, and packaged waters are a particularly relevant exposure route. Zamzam water, consumed at vast scale and of deep religious significance, is precisely the matrix for which the current evidence base is inadequate: its heavy-metal record is unstandardized and contested, and its micro/nanoplastic content is entirely unstudied. Date palm pit co-biochar—engineered from an abundant Saudi agricultural residue—offers a scientifically grounded, low-cost, and sustainable adsorbent capable of capturing both contaminant classes through well-characterized mechanisms, with reported capacities reaching hundreds of milligrams per gram for lead and high removal efficiencies for polystyrene MNPs, provided that adsorbent-derived leaching is rigorously controlled. The decisive next step is not further generic adsorption screening but a dedicated, standardized, safety-conscious research program applied directly to Zamzam water. Pursuing it would simultaneously advance environmental science, circular-economy valorization, and the quality of service provided to the Guests of the Most Merciful. Realizing it will require integrating the proposed pre-treatment within the existing Zamzam supply chain and close coordination among the water authority, research institutions, and quality regulators, so that scientific advance translates directly into a measurably safer and better experience for the Guests of the Most Merciful.

5. Recommendations

The central recommendation of this review is unambiguous: the community should undertake a rigorous, standardized, adsorption-focused research program dedicated specifically to Zamzam water, using date palm pit co-biochar as the core material. Such a program simultaneously resolves an outstanding public-health question, establishes a first-of-its-kind MNP baseline, and delivers a sustainable, locally sourced technology, while rewarding integration and coordination across the entities responsible for Zamzam quality. A five-work-package roadmap is proposed:

WP1 — Standardized baseline. Establish a pre-registered, contamination-controlled protocol; quantify heavy metals (harmonized instrumentation) and provide the first systematic MNP inventory (μ-FTIR/Raman, SEM) across on-site tap and bottled Zamzam.

WP2 — Co-biochar synthesis and optimization. Produce date palm pit co-biochar (iron-modified and co-pyrolyzed composites as primary routes; cobalt as a leaching-validated option) across a designed range of pyrolysis temperature and modifier loading; characterize by BET, SEM-EDS, FTIR, XRD, and zeta potential.

WP3 — Adsorption performance and mechanism. Determine kinetics, isotherms, and thermodynamics for representative heavy metals and MNPs, including competitive and matrix-representative (high Ca/Mg) systems, with post-adsorption mechanistic confirmation.

WP4 — Regeneration, leaching, and safety. Evaluate multi-cycle reusability and, critically, quantify adsorbent-derived cobalt/iron leaching against membrane-protection thresholds across fresh, exhausted, and regenerated states.

WP5 — Integration, techno-economics, and demonstration. Validate the material in fixed-bed and pilot configurations upstream of existing RO/UF systems, and include a preliminary cost and life-cycle appraisal to assess scalability to the volumes at which Zamzam is distributed.



Figure 5. Proposed five-work-package research roadmap positioning date palm pit co-biochar as a green pre-treatment for Zamzam water.

Table 5. Key research gaps and recommended actions for a Zamzam-focused adsorption program.

Research gap	Recommended action
No MNP baseline for Zamzam water	Contamination-controlled μ-FTIR/Raman + SEM survey of tap and bottled Zamzam
Conflicting, unstandardized metal (As) data	Harmonized, blank-controlled multi-element re-measurement across sources
Idealized MNP surrogates	Include weathered/environmentally aged and nanoscale particles
Single-solute testing	Competitive, matrix-representative (high Ca/Mg, real Zamzam) experiments
Under-reported adsorbent leaching	Quantify Co/Fe release against membrane-protection thresholds
No integrated treatment demonstration	Fixed-bed and pilot testing upstream of existing RO/UF

References

[1] World Health Organization (2017). Guidelines for Drinking-water Quality, 4th ed. incorporating the 1st addendum. Geneva: WHO.

[2] Cox, K.D.; Covernton, G.A.; Davies, H.L.; Dower, J.F.; Juanes, F.; Dudas, S.E. (2019). Human consumption of microplastics. Environmental Science & Technology 53 (12), 7068–7074.

[3] Mason, S.A.; Welch, V.G.; Neratko, J. (2018). Synthetic polymer contamination in bottled water. Frontiers in Chemistry 6, 407.

[4] Oßmann, B.E.; Sarau, G.; Holtmannspötter, H.; Pischetsrieder, M.; Christiansen, S.H.; Dicke, W. (2018). Small-sized microplastics and pigmented particles in bottled mineral water. Water Research 141, 307–316.

[5] Schymanski, D.; Goldbeck, C.; Humpf, H.U.; Fürst, P. (2018). Analysis of microplastics in water by micro-Raman spectroscopy: release of plastic particles from different packaging into mineral water. Water Research 129, 154–162.

[6] Kosuth, M.; Mason, S.A.; Wattenberg, E.V. (2018). Anthropogenic contamination of tap water, beer, and sea salt. PLoS ONE 13 (4), e0194970.

[7] Qian, N.; Gao, X.; Lang, X.; et al. (2024). Rapid single-particle chemical imaging of nanoplastics by SRS microscopy. Proceedings of the National Academy of Sciences 121 (3), e2300582121.

[8] Ragusa, A.; Svelato, A.; Santacroce, C.; et al. (2021). Plasticenta: first evidence of microplastics in human placenta. Environment International 146, 106274.

[9] Leslie, H.A.; van Velzen, M.J.M.; Brandsma, S.H.; Vethaak, A.D.; Garcia-Vallejo, J.J.; Lamoree, M.H. (2022). Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood. Environment International 163, 107199.

[10] Ivleva, N.P. (2021). Chemical analysis of microplastics and nanoplastics: challenges, advanced methods, and perspectives. Chemical Reviews 121 (19), 11886–11936.

[11] Amobonye, A.; Bhagwat, P.; Raveendran, S.; Singh, S.; Pillai, S. (2021). Environmental impacts of microplastics and nanoplastics: a current overview. Frontiers in Microbiology 12, 768297.

[12] Koelmans, A.A.; Mohamed Nor, N.H.; Hermsen, E.; Kooi, M.; Mintenig, S.M.; De France, J. (2019). Microplastics in freshwaters and drinking water: critical review and assessment of data quality. Water Research 155, 410–422.

[13] Shomar, B. (2012). Zamzam water: concentration of trace elements and other characteristics. Chemosphere 86 (6), 600–605.

[14] Al-Barakah, F.N.; Al-Jassas, A.M.; Aly, A.A. (2017). Water quality assessment and hydrochemical characterization of Zamzam groundwater, Saudi Arabia. Applied Water Science 7 (7), 3985–3996.

[15] Alghamdi, A.G.; Alasmary, Z. (2023). Efficient remediation of cadmium- and lead-contaminated water by using Fe-modified date palm waste biochar-based adsorbents. International Journal of Environmental Research and Public Health 20 (1), 802.

[16] Mahdi, Z.; Yu, Q.J.; El Hanandeh, A. (2018). Removal of lead(II) from aqueous solution using date seed-derived biochar: batch and column studies. Applied Water Science 8 (6), 181.

[17] World Health Organization (2019). Microplastics in drinking-water. Geneva: WHO.

[18] Saravanakumar, K.; Naveen Prasad, B.S.; Senthilkumar, R.; Reddy Prasad, D.M.;

Venkatesan, D. (2021). Single and competitive sorption potential of date seed-derived biochar during removal of lead(II) and cadmium(II) ions. Environmental Progress & Sustainable Energy 40 (4), e13690.

[19] Tan, X.; Liu, Y.; Zeng, G.; et al. (2015). Application of biochar for the removal of pollutants from aqueous solutions. Chemosphere 125, 70–85.

[20] Mohan, D.; Sarswat, A.; Ok, Y.S.; Pittman, C.U. (2014). Organic and inorganic contaminants removal from water using biochar as low-cost adsorbents: a critical review. Bioresource Technology 160, 191–202.

[21] Inyang, M.I.; Gao, B.; Yao, Y.; et al. (2016). A review of biochar as a low-cost adsorbent for aqueous heavy-metal removal. Critical Reviews in Environmental Science and Technology 46 (4), 406–433.

[22] Al-Wabel, M.I.; et al. (2024). Date palm waste biochar via two-step pyrolysis for Cu(II) removal from aqueous solutions. Processes 12 (6), 1189.

[23] Thabet, W.M.; Ahmed, S.B.; Abdelwahab, O.; Soliman, N.F. (2020). Enhancement adsorption of lead and cadmium ions from waste solutions using chemically modified palm fibers. Egyptian Journal of Chemistry 63 (12), 4917–4927.

[24] Ghanim, A.N. (2023). Utilization of date pits-derived bio-adsorbent for heavy metals in wastewater treatment: a review. Al-Qadisiyah Journal for Engineering Sciences 16 (1), 58–69.

[25] Langmuir, I. (1918). The adsorption of gases on plane surfaces of glass, mica and platinum. Journal of the American Chemical Society 40 (9), 1361–1403.

[26] Freundlich, H. (1906). Über die Adsorption in Lösungen. Zeitschrift für Physikalische Chemie 57, 385–470.

[27] Ho, Y.S.; McKay, G. (1999). Pseudo-second-order model for sorption processes. Process Biochemistry 34 (5), 451–465.

[28] Weber, W.J.; Morris, J.C. (1963). Kinetics of adsorption on carbon from solution. Journal of the Sanitary Engineering Division (ASCE) 89 (2), 31–59.

[29] Nguyen, T.B.; Chen, W.H.; et al. (2023). Adsorption kinetics of cadmium and lead by biochars in single- and bi-solute brackish water systems. ACS Omega 8 (37), 33538–33549.

[30] Cheng, S.; et al. (2022). Biochar for the removal of contaminants from soil and water: a review. Biochar 4, 62.

[31] Wang, J.; Sun, C.; Huang, Q.X.; Chi, Y.; Yan, J.H. (2021). Adsorption and thermal degradation of microplastics from aqueous solutions by Mg/Zn modified magnetic biochars. Journal of Hazardous Materials 419, 126486.

[32] Ganie, Z.A.; Khandelwal, N.; Tiwari, E.; Singh, N.; Darbha, G.K. (2021). Biochar-facilitated remediation of nanoplastic contaminated water: effect of pyrolysis temperature induced surface modifications. Journal of Hazardous Materials 417, 126096.

[33] Dubinin, M.M.; Radushkevich, L.V. (1947). The equation of the characteristic curve of activated charcoal. Proceedings of the USSR Academy of Sciences 55, 331–333.

[34] Temkin, M.I.; Pyzhev, V. (1940). Kinetics of ammonia synthesis on promoted iron catalysts. Acta Physicochimica URSS 12, 217–222.

[35] Rillig, M.C.; Lehmann, A. (2020). Microplastic in terrestrial ecosystems. Science 368 (6498), 1430–1431.

[36] Enfrin, M.; Dumée, L.F.; Lee, J. (2019). Nano/microplastics in water and wastewater treatment processes: origin, impact and potential solutions. Water Research 161, 621–638.

[37] Saudi Geological Survey (SGS), Zamzam Studies and Research Centre (ZSRC). Monitoring and quality assurance of Zamzam water: chemical and microbiological surveillance. Jeddah, Saudi Arabia.

[38] King Abdullah bin Abdulaziz Zamzam Water Project (Kudai, Makkah), General Presidency for the Affairs of the Grand Mosque and the Prophet›s Mosque. Purification (filtration and ultraviolet sterilization), bottling, and distribution of Zamzam water.

تحسين الراحة الحرارية للحجاج حول المسجد الحرام: تقييم المناخ المحلي لاستراتيجيات التخفيف من الحرارة

أمجد ازمير[1]، باسط مير[1]، هيثم سالم[2]، فرقان طاهر[1]، سامي الغامدي*[1] - برنامج العلوم والهندسة البيئية، قسم العلوم والهندسة البيولوجية والبيئية، جامعة الملك عبد الله للعلوم والتكنولوجيا *[1]، كلية الهندسة والعمارة، قسم الهندسة المدنية، جامعة أم القرى *[2]

Enhancing Pilgrim Thermal Comfort Around Masjid Al Haram: A Microclimate Assessment of Heat Mitigation Strategies

Amjad Azmeer[1], Basit Afaq Mir[1], Haytham Salim[1,2], Furqan Tahir[1] and Sami G. Al-Ghamdi[1]* - [1]*Environmental Science and Engineering Program, Biological and Environmental Science and Engineering Division, King Abdullah University of Science and Technology (KAUST), [2]Civil Engineering Department, Umm Al-Qura University

*Corresponding author: E-mail (sami.alghamdi@kaust.edu.sa)

الملخص

يُعد التخفيف من حدة الحرارة في البيئات العمرانية تحديًا بالغ الأهمية في المناطق الحارة القاحلة، لا سيما في المواقع ذات الكثافة السكانية العالية، حيث يتعرض أعداد كبيرة من الأفراد لظروف حرارية خارجية قاسية. ويستقبل المسجد الحرام في مكة المكرمة ملايين الحجاج سنويًا، ويعاني العديد منهم من إجهاد حراري شديد خلال فصل الصيف.

تقيّم هذه الدراسة استراتيجيات التخفيف من الحرارة التي تعظّم فوائد التبريد وتحدّ في الوقت ذاته من التنازلات المحتملة، بهدف تحسين الراحة الحرارية للحجاج. وقد تم تطوير نموذج مناخي محلي ثلاثي الأبعاد عالي الدقة لمنطقة المسجد الحرام والبيئة الحضرية المحيطة به، بدقة مكانية تبلغ نحو 5 أمتار، باستخدام بيانات Voxcity، ثم جرى تحسينه بالاعتماد على صور الأقمار الصناعية لتمثيل المباني ومواد الأسطح والسمات الحضرية بدقة. واُستخدم برنامج ENVI-met V9 لمحاكاة التفاعلات المناخية الدقيقة في ظل ظروف صيفية تمثيلية. كما تم تقييم الظروف الحرارية الأساسية باستخدام مؤشر المناخ الحراري العالمي (UTCI)، الذي يدمج درجة حرارة الهواء، ودرجة الحرارة الإشعاعية المتوسطة، والرطوبة، وسرعة الرياح لتقدير الإجهاد الحراري البشري.

أظهرت النتائج أن الإجهاد الحراري يشتد على مدار اليوم، ليبلغ مستويات قوية جدًا إلى متطرفة خلال فترة ما بعد الظهر، بينما يستمر الإجهاد الحراري المعتدل إلى القوي بعد غروب الشمس. وقيّمت الدراسة أداء التبريد للتدخلات الحالية والمقترحة باستخدام المواد المبردة. وقد أسهم رخام تاسوس، المستخدم على نطاق واسع في محيط المسجد الحرام نظرًا لارتفاع انعكاسيته للإشعاع الشمسي، في خفض امتصاص الحرارة السطحية وتحسين الظروف الحرارية المحيطة على مستوى المشاة بنحو 1.3 درجة مئوية. كما أدى تطبيق طلاءات الأسقف المبردة على المباني المحيطة إلى توسيع نطاق فوائد التبريد إلى ما يتجاوز الأسطح الرخامية، محققًا انخفاضًا أكثر انتشارًا في درجات الحرارة الحضرية. ويوفر إطار النمذجة المطوّر أداة قيّمة لتقييم استراتيجيات التخفيف من الحرارة، ويمكن توسيع نطاقه مستقبلًا لتقييم تدخلات إضافية، بما في ذلك البنية التحتية الخضراء وفوائدها المشتركة المحتملة للراحة الحرارية، وكفاءة الطاقة، ومرونة المدن.

الكلمات المفتاحية: المسجد الحرام، استراتيجيات التخفيف من الحرارة، المواد الباردة، ENVI-met, المناخ المحلي

Abstract

Urban heat mitigation is a critical challenge in hot arid regions, particularly in high-density urban environments where large numbers of people are exposed to extreme outdoor temperatures. Masjid Al-Haram in Makkah welcomes millions of pilgrims annually, many of whom experience significant thermal stress during the summer season. This study evaluates heat mitigation strategies that maximize cooling

benefits while minimizing potential trade-offs to improve thermal comfort for pilgrims. A high-resolution three-dimensional microclimate model of the Masjid Al-Haram precinct and its surrounding urban environment was developed at approximately 5 m spatial resolution using Voxcity data and refined through satellite imagery to accurately represent buildings, surface materials, and urban features. ENVI-met V9 was used to simulate microscale climate interactions under representative summer conditions. Baseline thermal conditions were assessed using the Universal Thermal Climate Index (UTCI), which integrates air temperature, mean radiant temperature, humidity, and wind speed to evaluate human thermal stress. The results show that heat stress intensifies throughout the day, reaching very strong to extreme levels during the afternoon, while moderate to strong heat stress persists after sunset.

The study assessed the cooling performance of existing and proposed cool material interventions. Thassos marble, widely used around Masjid Al-Haram because of its high solar reflectance, reduced pedestrian-level air temperature by approximately 1.3 °C. Applying cool roof coatings to surrounding buildings further extended the cooling benefits beyond the marble surfaces, producing a more widespread reduction in urban temperatures. The developed modelling framework provides a valuable tool for evaluating heat mitigation strategies and can be extended to assess future interventions, including green infrastructure, and their potential co-benefits for thermal comfort, energy efficiency, and urban resilience.

Keywords: Masjid-Al-Haram, Heat Mitigation Strategies, Cool Materials, ENVI-met, Microclimate

1. Introduction

Urban environments face mounting exposure to thermal extremes as climate change and accelerating urbanisation converge. The most recent projections of the Intergovernmental Panel on Climate Change indicate that heatwave events with a historical ten-year return period will become markedly more frequent and more intense (IPCC, 2024). Because urban fabric is typically composed of materials characterised by high thermal mass and low albedo, cities retain absorbed heat more effectively than their rural surroundings.

The compounding of climate warming with the urban heat island (UHI) effect therefore amplifies thermal stress within urban areas; more than 13,000 cities, home to an estimated 1.7 billion inhabitants, are now subject to intensifying overheating (Tuholske et al., 2021), with consequent detriment to human health and quality of life. Sustained exposure to elevated temperatures is associated with heightened incidence of heat-related morbidity and mortality, and with escalating pressure on healthcare provision.

Addressing these challenges in arid contexts has focused attention on a number of mitigation strategies (Mir et al., 2026), chief among them green infrastructure and cool materials. Green infrastructure (GI) constitutes an effective means of urban cooling (Azmeer et al., 2024a). It comprises an interconnected system of natural, semi-natural, and engineered vegetated elements including tree canopies, green open spaces, green roofs, and vertical greening systems, each conferring distinct ecosystem services that modulate the urban microclimate (Bartesaghi Koc et al., 2017).

The deployment of GI for heat mitigation assumes particular significance in arid regions (Cheung et al., 2021), where appreciable temperature reductions can be realised notwithstanding constrained water resources (Halder et al., 2025; Mir et al., 2025). Cooling is delivered principally through three mechanisms: evapotranspiration, shading, and albedo enhancement (Azmeer et al., 2024b). In the case of evapotranspiration, vegetation utilises incident solar energy to convert liquid water to vapour, thereby substituting latent heat flux for sensible heat flux and lowering ambient air temperature (Wong et al., 2021)

Cool roof technologies, by contrast, rely either on intrinsically reflective materials or on the retrofitting of reflective coatings to existing roof surfaces. These systems reflect incoming solar radiation while efficiently re-emitting absorbed thermal energy. The technology has evolved across successive generations: first-generation materials combined high thermal emissivity with broadband reflectivity across the solar spectrum; second-generation materials achieved elevated reflectance concentrated in the near-infrared region; and the current generation variously termed «super-cool» or radiative cooling materials attains exceptionally high solar reflectance (Santamouris & Vasilakopoulou, 2023). Cool materials exhibiting solar reflectivity of up to 80% have been shown to attenuate peak urban temperatures by as much as 3 °C under hot climatic conditions (Santamouris, 2016).

The present study examines the cooling potential of heat mitigation strategies applied to Masjid al-Haram in Makkah. It is guided by the following research questions:

- What is the thermal influence of the Thasos marble employed at Masjid al-Haram?

- To what extent does increasing the albedo of rooftops surrounding Masjid al-Haram affect local thermal conditions?

- Which factors principally govern thermal comfort at the site?

2. Methodology (Materials and methods)

This study adopted a scenario-based numerical modelling approach to evaluate the influence of cool materials on the outdoor microclimate and pedestrian thermal comfort around Masjid Al-Haram in Makkah, Saudi Arabia. The study area is characterized by a hot-arid climate, dense urban development, large pedestrian plazas, extensive paved surfaces, and substantial variation in building height and urban geometry. These characteristics, together with the large number of pilgrims using the surrounding outdoor spaces, increase exposure to severe thermal conditions during summer. The model domain covered approximately 1.06 km², with dimensions of 1,375 m × 770 m, and included the Masjid Al-Haram complex, surrounding buildings, roads, pedestrian areas, paved surfaces, and existing vegetation. Particular attention was given to the extensive Thassos marble surfaces around the mosque and the rooftops of the surrounding buildings because of their influence on solar absorption, surface heat storage, and pedestrian-level thermal conditions.

The methodological workflow consisted of three main stages: model development, model settings and simulation, and post-processing. Model development included geospatial database creation, three-dimensional model generation using VoxCity, definition of the study area, and selection of the computational grid. The simulation stage included the assignment of buildings, vegetation, surface materials, meteorological boundary conditions, and heat-mitigation scenarios. The final stage involved spatial heat analysis, comparison of temperature differences between scenarios, and assessment of outdoor thermal comfort using the Universal Thermal Climate Index.

The three-dimensional urban model was developed using VoxCity, an open-source Python-based toolkit for integrating geospatial datasets and generating grid-based semantic city models for environmental simulations. Microsoft Building Footprints were used to represent building geometries, Overture Maps provided building-height information, OpenStreetMap was used to represent roads and land-cover features, and High-Resolution Global Canopy Height Maps were used to characterize existing vegetation. The selected datasets were reviewed against satellite imagery to evaluate their spatial consistency and suitability for representing the study area. Building footprints, surface classifications, roads, vegetation, and major pedestrian spaces were manually inspected and refined where necessary.

The generated urban model was converted into an ENVI-met-compatible computational domain. A horizontal grid resolution of 5 m × 5 m was applied, while the initial vertical grid resolution was 5 m. A vertical telescoping factor of 20% was used above the lower section of the model to reduce computational requirements while maintaining relatively high resolution near pedestrian level. Building heights were assigned using the Overture Maps dataset. Conventional building walls and roofs were represented using the ENVI-met moderate-insulation material profile, identified as material ID 000000, except where roof properties were modified in the cool-roof scenario. Existing palm trees were represented using a custom three-dimensional palm configuration described as a small, dense palm with a medium trunk, corresponding to ENVI-met plant ID 01PMDS. Grass-covered areas were represented using the dense-grass profile with ENVI-met ID 0200XX.

Microclimate simulations were conducted using ENVI-met V5.9, a three-dimensional numerical modelling system that simulates interactions among atmospheric flow, buildings, vegetation, soils, surface materials, radiation, temperature, and humidity. ENVI-met calculates airflow and heat transfer by solving the governing equations for momentum, turbulence, energy, moisture, and radiation for each computational grid cell and time step. The applicability of ENVI-met for representing fine-scale interactions among buildings, surfaces, vegetation, and the atmosphere has been demonstrated in previous urban microclimate studies, including applications in hot and arid environments.

A representative summer day, 15 June 2024, was selected for the simulations. Hourly meteorological boundary conditions were obtained from Open-Meteo and introduced using the ENVI-met full-forcing configuration. The meteorological inputs included air temperature, relative humidity, wind speed, and wind direction. Specific humidity at an elevation of 2,500 m was set to 7 g kg^{-1}, while the aerodynamic roughness length at the reference point was set to 0.01 m. The same meteorological forcing, simulation period, urban geometry, grid resolution, and vegetation characteristics were applied across all scenarios to ensure that differences in the simulated conditions were primarily attributable to the modified surface materials.

The spatial configuration of the model was quality-checked by comparing the generated domain with satellite imagery. The positions and approximate dimensions of the major buildings, roads, pedestrian plazas, marble surfaces, vegetation, and surrounding urban structures were visually examined. Where observational meteorological measurements

are available, the model should additionally be validated by comparing simulated and measured air temperature, relative humidity, wind speed, and wind direction at corresponding locations and times. Validation performance may be quantified using statistical indicators such as mean bias error, mean absolute error, root-mean-square error, and the coefficient of determination. In the absence of field observations for the selected simulation day, the assessment should be described as geometric verification and model plausibility evaluation rather than full meteorological validation.

Two material-based modelling experiments were developed. The first experiment evaluated the cooling influence of the Thassos marble (Albedo of 0.85) used across the pedestrian spaces surrounding Masjid Al-Haram. All other model characteristics, including buildings, vegetation, meteorological forcing, and surrounding land-cover properties, were maintained.

The comparison was used to determine the magnitude and spatial extent of the cooling associated with Thassos marble and to evaluate whether its influence extended beyond the marble-covered areas.

The second experiment evaluated the effect of applying high-albedo cool-roof coatings (Again with Albedo 0.85 compared to 0.4) to buildings surrounding Masjid Al-Haram. In this scenario, the conventional roof materials were replaced with a reflective roof coating, while building geometry, wall materials, vegetation, ground surfaces, and meteorological conditions remained unchanged.

The results were compared with the reference roof configuration to determine whether increasing rooftop solar reflectance could reduce pedestrian-level air temperatures and extend cooling beyond the immediate building surfaces. The solar reflectance, thermal emissivity, thermal conductivity, heat capacity, density, and thickness of the reference and modified materials should be reported in the final manuscript to ensure that the scenarios are reproducible.

All simulations were performed on a workstation equipped with an Intel Xeon Gold 6330 processor operating at 2.00 GHz and 256 GB of RAM. A complete simulation day required approximately 50 hours of computation, corresponding to approximately two hours of processing for each simulated hour. Simulation outputs were analysed using the ENVI-met post-processing environment and additional GIS or Python-based tools used to produce temperature-difference and thermal-comfort maps.

Scenario performance was assessed by calculating the difference between the intervention and reference simulations for each grid cell and analysis time. The air-temperature difference was calculated as:

$$\Delta T_a(x,y,t) = T_{a,\text{scenario}}(x,y,t) - T_{a,\text{reference}}(x,y,t)$$

where T_(a,scenario) represents the simulated air temperature under the marble or cool-roof configuration and T_(a,reference)represents the corresponding temperature under the reference configuration. Negative values indicate cooling, whereas positive values indicate warming. The analysis considered both the maximum localized cooling and the wider spatial extent of temperature reductions across pedestrian-accessible areas.

The principal variables extracted from the simulations included pedestrian-level air temperature, surface temperature, relative humidity, wind speed, wind direction, mean radiant temperature, and UTCI. Air temperature was used as the primary indicator of the cooling performance of the material interventions. Surface temperature was examined to identify changes in solar-energy absorption and heat storage. Mean radiant temperature was considered because reflective materials may reduce surface heating while simultaneously increasing reflected shortwave radiation received by pedestrians.

Relative humidity and wind speed were included because they affect convective and evaporative heat exchange between the human body and the surrounding atmosphere.

Outdoor thermal comfort was assessed using UTCI, which combines air temperature, mean radiant temperature, relative humidity, and wind speed to estimate human thermal stress. UTCI values between 9 and 26°C were classified as no thermal stress, values between 26 and 32°C as moderate heat stress, values between 32 and 38°C as strong heat stress, values between 38 and 46°C as very strong heat stress, and values between 46 and 60°C as extreme heat stress.

Representative outputs were examined at 08:00, 12:00, 16:00, and 22:00 to characterize morning, midday, afternoon, and nighttime conditions. In addition to mapped UTCI values, the proportion of pedestrian-accessible areas within each heat-stress category was examined to determine whether the interventions reduced the magnitude, spatial extent, and duration of severe thermal stress.

The entire 3D model is shown in Figure 2, this ENVI-met models are constructed using VoxCity, an open-source Python toolkit designed for the creation of grid-based 3D

city models and environmental simulations (Fujiwara et al., 2025). VoxCity streamlines the workflow by integrating processes such as building extraction, grid generation, and environmental parameterization based on available datasets. The datasets for the different layers that were chosen are listed in Table 1. These datasets were chosen based on the best match to satellite imagery and from the recommendations given by the developer (Fujiwara et al., 2025).

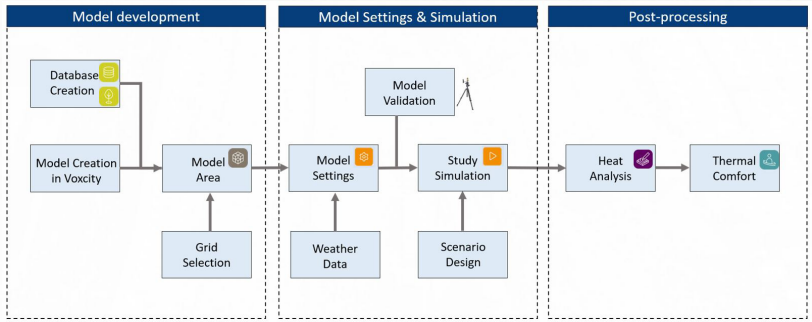


Figure 1. Methodological flowchart of the simulation process, which includes three main stages: model development, simulation, and post-processing.

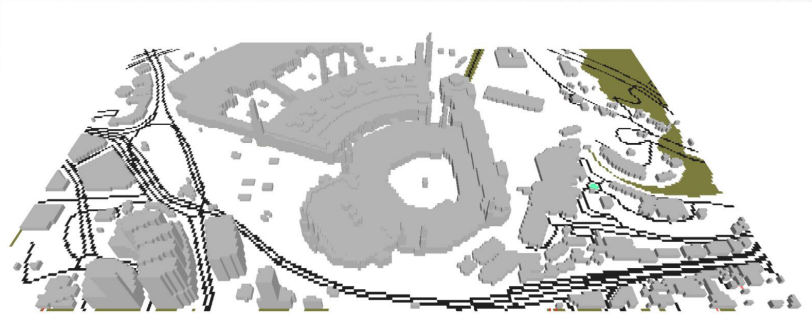


Figure 2. 3D model of Masjid-Al Haram which was used for this study.

Table 1. Datasets used in VoxCity to construct the ENVI-met neighborhood models.

Attribute	Data Layer
Building Footprint	Microsoft Building Footprints
Building Heights	Overture
Landcover	Open Street Maps
Canopy Height Source	High Resolution Global Canopy Maps

Table 2. ENVI-met configuration and input parameters for the four neighborhood simulations. The table summarizes the simulation period, model resolution, domain dimensions, meteorological forcing, vegetation representations, and building materials

Variable		Details
Simulation period		15th June 2024
Model domain	Size of grid cells (Δx, Δy, Δz)	5.0, 5.0, 5.0 (vertical grid with a telescoping factor of 20%)
	Grid dimensions (Δx, Δy, Δz)	(Area: 1375m x 770m) – 1.06 km2
Meteorology inputs	Weather station data (full forcing)	Open Meteo Data
	Specific humidity in 2500 m	7 g/kg
	Roughness length at reference	0.01
Plants	Custom 3D trees	Palm, medium trunk, dense, small (ENVI-met ID: 01PMDS)
	1D grass	Grass Dense (ENVI-met ID: 0200XX)
Buildings	Roofs and Walls	Moderate Insulation (ENVI-met ID: 000000)

3. Results and Discussion

The baseline simulation demonstrated a pronounced deterioration in outdoor thermal conditions throughout the day, followed by a relatively slow recovery after sunset. At 07:00, the domain-average air temperature was 31.89°C and the UTCI was 34.80°C, corresponding to strong heat stress. By 08:00, the average UTCI had increased to 38.60°C, placing the precinct within the very strong heat-stress category. The spatial distribution presented in Figure 3 indicates that exposed pedestrian areas experienced the highest thermal stress, while locations shaded by buildings exhibited comparatively lower UTCI values. This spatial contrast confirms that exposure to direct solar radiation and the availability of shade are major determinants of pedestrian thermal comfort around Masjid Al-Haram. Thermal conditions deteriorated rapidly during the late morning. At 12:00, the domain-average air temperature reached 41.75°C, while the UTCI increased to 48.21°C, indicating extreme heat stress. Extreme heat-stress conditions persisted from approximately 11:00 until 16:00. The maximum UTCI of 50.58°C occurred at 14:00, whereas the maximum air temperature of 43.81°C occurred later, at 16:00. The difference between the timing of the air-temperature and UTCI peaks demonstrates that outdoor thermal comfort was not governed by air temperature alone. At 14:00, direct shortwave radiation remained high at approximately 709 W m^{-2} and wind speed was 2.17 m s^{-1}.

By 16:00, direct shortwave radiation had declined to approximately 586 W m^{-2}, while wind speed had increased to 2.90 m s^{-1}. The reduction in radiative exposure and the increase in ventilation therefore moderated physiological heat stress at 16:00, despite the slightly higher air temperature.

This finding directly addresses the third research question concerning the factors controlling thermal comfort around Masjid Al-Haram. Air temperature was an important contributor, but the results show that solar and radiant exposure, wind conditions, and the thermal characteristics of surrounding surfaces also strongly influenced UTCI. Large exposed plazas were particularly vulnerable because pedestrians received substantial direct and reflected solar radiation, while shaded locations benefited from reduced mean radiant temperature. This is consistent with Salata et al. (2017), who demonstrated that shading and urban geometry can substantially improve outdoor thermal comfort during heatwaves. The present results nevertheless show that the existing shade distribution was insufficient to prevent very strong and extreme heat stress across much of the precinct during the daytime.

Thermal discomfort remained substantial after the decline in solar radiation. At 18:00, the average UTCI was still 39.38°C, corresponding to very strong heat stress. It subsequently decreased to 34.91°C at 19:00, 33.91°C at 20:00, and 32.71°C at 21:00, all of which remained within the strong heat-stress category. By 22:00, the domain-average air temperature was still 33.53°C and the UTCI was 31.03°C, corresponding to moderate heat stress. The persistence of elevated nighttime conditions can be attributed to heat accumulated by buildings and paved surfaces during the day and subsequently released after sunset. This delayed cooling is particularly important at Masjid Al-Haram because pilgrim activity continues throughout the evening and nighttime, reducing opportunities for physiological recovery following daytime heat exposure.

The first intervention examined the influence of the highly reflective Thassos marble used across the pedestrian surfaces surrounding Masjid Al-Haram. Figure 4 shows that the cooling effect was not confined to the modified surfaces but extended into adjacent parts of the model domain during noon. A maximum localized air-temperature reduction of approximately 1.32°C was simulated. The strongest cooling was concentrated around the marble-covered areas and extended predominantly toward the eastern and southeastern parts of the domain. During the late-morning period, the prevailing winds were mainly westerly to northwesterly, supporting the interpretation that cooler near-surface air generated over the marble was transported toward downwind pedestrian areas.

The hourly domain-average results indicate that the performance of the marble varied substantially over the day. Between 07:00 and 18:00, the Thassos-marble scenario produced an average air-temperature reduction of approximately 0.18°C and an average UTCI reduction of approximately 0.15°C relative to the baseline. The maximum domain-average air-temperature reduction was 0.30°C at 12:00, accompanied by a UTCI reduction of 0.28°C. At 08:00, the air-temperature reduction was only 0.06°C because the surface had not yet received the sustained solar loading required to produce a pronounced difference between the conventional and reflective materials. Cooling strengthened during the late morning and remained evident into the afternoon, although its magnitude declined as incoming solar radiation decreased.

The temporal behavior confirms that the cooling mechanism of the Thassos marble was primarily associated with its high solar reflectance. Direct and diffuse incoming shortwave radiation remained identical between the baseline and marble simulations, while reflected shortwave radiation increased in the marble scenario. The largest domain-average increase in reflected shortwave radiation was approximately 0.63 W m^{-2} at 13:00. Changes in wind speed were negligible, generally remaining below 0.004 m s^{-1}, indicating that the reduction in air temperature was not caused by substantial changes in ventilation. Instead, the higher albedo reduced the proportion of incoming solar energy absorbed by the surface, limiting surface heating, sensible heat transfer, and the warming of adjacent air.

Relative humidity increased slightly in the marble scenario, with a maximum domain-average increase of approximately 0.61 percentage points. Because the intervention did not introduce an additional moisture source, this increase should primarily be interpreted as a consequence of the lower air temperature: cooler air produces a higher relative humidity when the absolute moisture content remains approximately unchanged. The result therefore does not indicate an evapotranspirative cooling mechanism comparable to that provided by vegetation.

The cooling effect of the marble became negligible during the nighttime. By 22:00, the domain-average air-temperature reduction was less than 0.01°C. This indicates that the primary advantage of the reflective marble occurred during periods of solar

exposure and that it had limited influence on the persistent nighttime heat stored within the wider urban fabric. The intervention therefore improved daytime conditions but did not substantially address the delayed release of heat from surrounding buildings and conventional paved surfaces after sunset.

The second intervention combined the existing Thassos marble with high-albedo coatings applied to the roofs of surrounding buildings. As shown in Figure 5, the combined scenario produced a more continuous and spatially extensive cooling pattern across the model domain during noon. The maximum localized air-temperature reduction increased only slightly, from approximately 1.32°C under the marble-only scenario to 1.36°C under the combined scenario. However, the relatively small change in the localized maximum does not fully represent the benefit of the cool roofs. Their principal contribution was to increase the spatial coverage and domain-average magnitude of cooling rather than substantially intensify the cooling at the location already benefiting most from the marble.

Between 07:00 and 18:00, the combined scenario produced an average air-temperature reduction of approximately 0.28°C and an average UTCI reduction of approximately 0.24°C. The daylight-average air-temperature reduction was approximately 60% greater than that produced by the marble alone. The maximum domain-average cooling occurred at 11:00, when air temperature decreased by 0.48°C and UTCI decreased by 0.44°C relative to the baseline. At 12:00, the corresponding reductions were 0.40°C and 0.34°C, respectively. Cooling remained evident during the afternoon; at 16:00, when the baseline air temperature reached its daily maximum, the combined intervention reduced air temperature by approximately 0.20°C and UTCI by 0.19°C.

The incremental contribution of the cool roofs can be estimated by comparing the combined scenario with the marble-only scenario. During daylight hours, adding the reflective roof coatings provided an additional average air-temperature reduction of approximately 0.11°C and an additional UTCI reduction of approximately 0.09°C. The largest additional air-temperature reduction was approximately 0.19°C at 13:00. These results demonstrate that modifying roof properties can influence conditions at pedestrian level, even though the treated surfaces are located above the street. When applied across multiple buildings, cooler roofs absorb less solar energy and release less sensible heat into the surrounding atmosphere, creating a cumulative cooling effect that extends beyond individual buildings.

The combined scenario increased domain-average reflected shortwave radiation by up to approximately 0.90 W m^{-2}. In most hours, the reduction in UTCI was slightly smaller than the corresponding reduction in air temperature. For example, at 12:00, air temperature decreased by 0.40°C, while UTCI decreased by 0.34°C. This suggests that the benefit of the lower air temperature was partially moderated by changes in other thermal-comfort variables, including reflected radiation and minor changes in wind speed. Reflective surfaces should therefore not be evaluated using air temperature alone. Mean radiant temperature, UTCI, visual glare, and exposure to reflected shortwave radiation must also be considered, particularly in open pedestrian areas where limited shade is available to intercept reflected solar energy.

Neither the marble-only nor the combined scenario changed the domain-average UTCI stress category during the hottest hours. Extreme heat stress continued from approximately 11:00 to 16:00 under both intervention scenarios. The cool materials therefore reduced the intensity of thermal exposure but were insufficient, when applied independently, to shift precinct-wide conditions into a lower heat-stress category. Localized category changes may nevertheless have occurred close to treated surfaces, particularly near shaded edges, building entrances, waiting areas, and pedestrian corridors. Such localized improvements remain meaningful because even modest reductions can lower cumulative thermal exposure for pilgrims spending extended periods outdoors.

The maximum localized cooling of approximately 1.32–1.36°C is consistent with previous research demonstrating the capacity of reflective materials to mitigate urban overheating. However, it remains below the upper-end reductions of approximately 3°C reported for extensive cool-material deployment in hot climates (Santamouris, 2016). Direct comparison should be made cautiously because cooling performance depends on intervention coverage, background climate, surface properties, urban morphology, wind conditions, analysis height, and whether results are reported as localized maxima or domain averages. In the present study, the treated surfaces represented only part of a large and geometrically complex urban domain, explaining why average reductions were considerably smaller than the localized maximum values.

The findings collectively address the first two research questions. Thassos marble provided measurable daytime cooling by reducing solar absorption at pedestrian level, while high-albedo roof coatings extended the cooling effect across a wider area. The combination of ground-level and rooftop interventions was therefore more effective than the marble alone, particularly in terms of spatial reach and average cooling. Cool materials also offer practical advantages in an arid environment because they are passive, require no operational energy, and do not consume irrigation water. They may additionally

reduce roof heat gains and building cooling demand, although building-energy performance was not explicitly evaluated in the present study. Several limitations should be considered when interpreting the results. The simulations represented a single summer day and therefore did not capture seasonal variation, multi-day heat accumulation, exceptional heatwaves, or changes in wind direction and atmospheric conditions. The model had not been fully validated using pedestrian-level observations for the selected simulation date, meaning that the results should be interpreted primarily as comparative estimates of scenario performance. The 5 m grid resolution may also have smoothed narrow shaded areas, small surface-material transitions, and localized conditions close to building façades. The simulations assumed constant material properties, whereas the reflectance of marble and roof coatings may decline because of dust accumulation, weathering, cleaning practices, and surface ageing. The analysis did not explicitly account for crowd-generated anthropogenic heat, temporary shading installations, detailed pilgrim movement, or variations in clothing, age, activity, acclimatization, and individual heat vulnerability. Furthermore, reflective materials may create potential trade-offs associated with glare and increased radiant exposure. These factors should be examined before the simulated benefits are translated into large-scale implementation. Despite these limitations, the modelling framework provides a valuable basis for comparing interventions and identifying areas where targeted heat-mitigation measures can provide the greatest benefit.

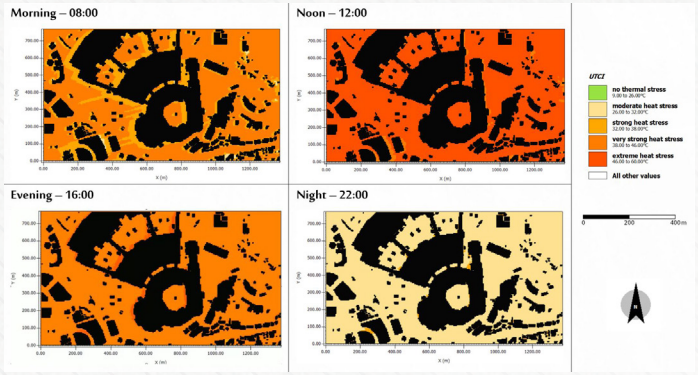


Figure 3. Spatial distribution of Universal Thermal Climate Index (UTCI) across the Masjid al-Haram study area at 08:00, 12:00, 16:00, and 22:00 on 15 June 2024. UTCI values are classified according to standard thermal stress categories, ranging from no thermal stress to extreme heat stress. Maps are presented in the WGS 84 / UTM Zone 37N coordinate reference system (EPSG:32637), with distances expressed in metres.

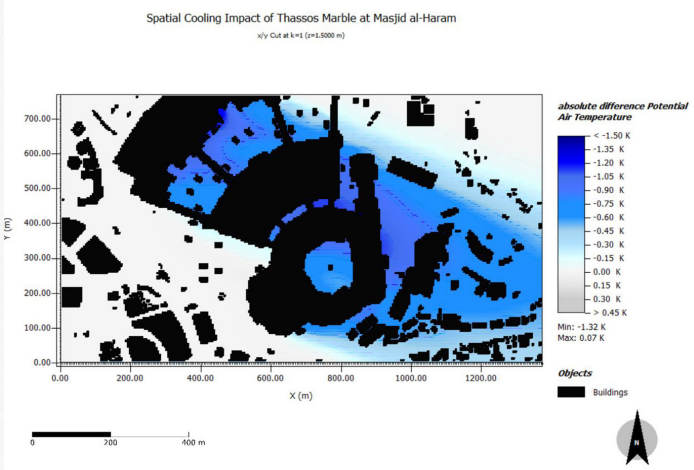


Figure 4. Spatial distribution of the noon (12:00) air-temperature cooling effect of Thassos marble across the Masjid al-Haram study area on 15 June 2024. Negative values indicate reductions in air temperature relative to the baseline scenario. The map is presented in WGS 84 / UTM Zone 37N (EPSG:32637), with distances expressed in metres.

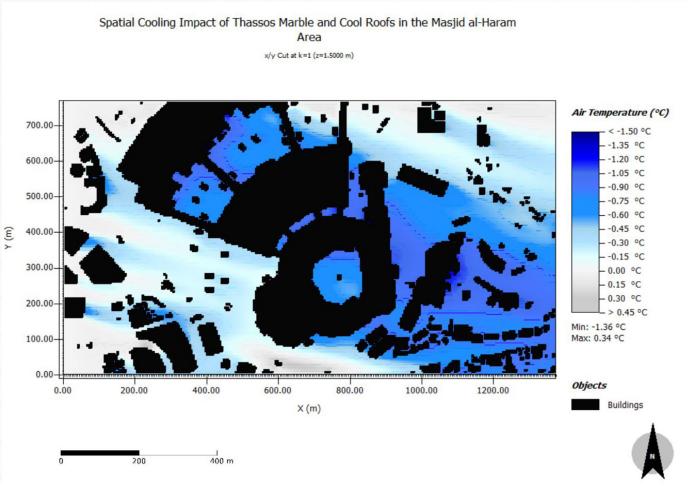


Figure 5. Spatial distribution of the noon (12:00) air-temperature cooling effect of Thassos marble combined with cool roofs on surrounding buildings across the Masjid al-Haram study area on 15 June 2024. Negative values indicate reductions in air temperature relative to the baseline scenario. The map is presented in WGS 84 / UTM Zone 37N (EPSG:32637), with distances expressed in metres.

4. Conclusions

This study evaluated the efficacy of cool material interventions in mitigating outdoor thermal stress within the Masjid al-Haram precinct in Makkah, a setting in which extreme summer conditions coincide with exceptionally high pedestrian densities. A high-resolution three-dimensional microclimate model of the precinct and its surrounding urban fabric was developed at approximately 5 m spatial resolution, using Voxcity data refined through satellite imagery to represent building morphology, surface materials, and urban features with fidelity. Microscale climatic interactions were simulated in ENVI-met V9 under representative summer conditions, and human thermal stress was quantified using the Universal Thermal Climate Index (UTCI), which integrates air temperature, mean radiant temperature, humidity, and wind speed.

The baseline assessment revealed a pronounced diurnal intensification of thermal stress, with conditions escalating to very strong and extreme categories during the afternoon and moderate to strong heat stress persisting beyond sunset. This nocturnal persistence is of particular consequence in a context of continuous pilgrim activity, as it curtails the opportunity for physiological recovery that would ordinarily accompany the evening decline in ambient temperature.

With respect to the interventions examined, Thassos marble, already deployed extensively across the precinct owing to its high solar reflectance, was found to reduce pedestrian-level air temperature by approximately 1.3 °C, confirming the material›s contribution to the ameliorating of local thermal conditions. The application of cool roof coatings to the surrounding building stock extended cooling benefits beyond the marble-clad surfaces themselves, yielding a more spatially distributed attenuation of urban temperatures. Taken together, these findings indicate that surface albedo modification constitutes a viable and scalable heat mitigation lever in this hyper-arid, high-density context, and that the coupling of ground-level and rooftop interventions produces cooling effects of greater spatial reach than either measure applied in isolation.

Beyond the specific results reported here, the principal contribution of this work lies in the modelling framework itself, which provides a transferable instrument for the prospective appraisal of heat mitigation strategies within the precinct and comparable urban settings. Future work should extend the framework to evaluate green infrastructure, whose cooling operates through evapotranspiration and shading in addition to albedo enhancement, and to interrogate the trade-offs inherent to such measures under conditions of constrained water availability. Further investigation of the co-benefits associated with these interventions, spanning thermal comfort, building energy performance, and broader urban resilience, would strengthen the evidence base upon which heat adaptation strategies for Makkah and analogous hot arid cities may be formulated.

5. Recommendations

The existing Thassos marble should be maintained as an important component of the heat-mitigation strategy around Masjid Al-Haram. Its high solar reflectance provided measurable localized cooling during the daytime without requiring additional water or operational energy. Maintaining this performance will require regular cleaning and monitoring because dust deposition and surface ageing may reduce reflectance over time. Future material assessments should therefore consider aged rather than only initial solar reflectance, together with thermal emissivity, durability, slip resistance, glare, cleaning requirements, and compatibility with the architectural and cultural character of the precinct.

The application of high-albedo roof coatings to surrounding buildings should be investigated through phased pilot projects. Priority should be given to large roof surfaces located close to heavily used pedestrian areas and along prevailing upwind directions, where the accumulated reduction in sensible heat could influence a larger proportion of the precinct. Pilot areas should be instrumented before and after application to measure roof and pavement surface temperature, pedestrian-level air temperature, mean radiant temperature, shortwave and longwave radiation, wind conditions, and UTCI. Monitoring should continue over multiple seasons to determine how performance changes with dust accumulation and material degradation.

The spatial outputs should be used to identify priority heat-exposure zones, including entrances, queuing areas, transport connections, open prayer areas, pedestrian crossings, and routes between Masjid Al-Haram and surrounding accommodation. Heat-mitigation measures should be concentrated in locations with high pedestrian density, prolonged waiting periods, limited shade, and persistent thermal stress. The orientation of new structures and landscape interventions should preserve existing ventilation pathways and avoid obstructing prevailing winds.

Planning and material standards could establish minimum performance requirements for suitable roof and pavement materials, including initial and aged solar reflectance and

thermal emissivity. However, such standards should require assessment of pedestrian thermal comfort rather than relying only on surface-temperature or albedo targets. Reflective materials that lower air and surface temperatures may still increase reflected radiation or glare in exposed areas. Implementation guidelines should therefore consider mean radiant temperature, UTCI, visual comfort, maintenance frequency, and the relationship between reflective surfaces and surrounding façades.

Future work should focus particularly on combining cool materials with green infrastructure and engineered shading. Cool materials reduce the amount of solar energy absorbed by urban surfaces, while vegetation provides complementary cooling through shading and evapotranspiration. Shading from trees can directly reduce mean radiant temperature, which is especially important because the present results showed that reductions in air temperature alone were insufficient to change the domain-average heat-stress category. Vegetation may also intercept part of the shortwave radiation reflected by high-albedo surfaces, potentially limiting the radiative trade-offs associated with extensive reflective-material application.

Future simulations should therefore assess combinations of Thassos marble, cool roofs, drought-tolerant trees, shaded green pockets, vegetated pedestrian corridors, green roofs, vertical greenery, and lightweight shading structures. Tree selection should prioritize species that provide broad and dense canopies while remaining suitable for Makkah's climate, spatial constraints, crowd-management requirements, and maintenance conditions. Palms can contribute to the identity and landscape character of the area but should be complemented, where appropriate, by broader-canopy trees that provide more continuous pedestrian shade.

Because water availability is a major consideration in hot-arid environments, green-infrastructure scenarios should quantify both cooling benefits and irrigation requirements. Potential options include treated wastewater, subsurface or drip irrigation, soil-moisture-controlled irrigation, drought-tolerant species, and scheduling during periods that minimize evaporative losses. The cooling achieved per unit of water should be included as an optimization indicator so that improvements in thermal comfort do not create unsustainable water demands.

The modelling framework should ultimately be used to optimize combinations of interventions rather than assessing each measure independently. Relevant performance criteria should include air-temperature reduction, surface-temperature reduction, mean radiant temperature, UTCI, the number of pedestrian-hours removed from extreme heat stress, spatial coverage of cooling, building-energy savings, water consumption, installation and maintenance costs, durability, glare, life-cycle environmental impacts, and cultural compatibility. A multi-criteria assessment would enable decision-makers to identify interventions that provide the greatest thermal benefit with the lowest environmental and operational burden.

Future research should extend the simulation period to include multiple summer days, heatwave episodes, different seasons, and years in which Hajj occurs during particularly hot periods. The model should be validated using fixed meteorological stations and mobile pedestrian-level measurements conducted across exposed, shaded, marble-covered, and conventionally paved locations. Infrared surface-temperature measurements and direct measurements of shortwave and longwave radiation would help clarify the relationships among surface albedo, air temperature, mean radiant temperature, and UTCI.

The effects of crowd density and pilgrim movement should also be incorporated into future assessments. Anthropogenic heat released by dense crowds, variations in walking speed and metabolic activity, time spent in queues, and cumulative exposure along commonly used routes could substantially influence actual thermal risk. Dynamic thermal-comfort assessments should therefore evaluate the conditions experienced by pilgrims along complete journeys rather than only at fixed locations.

Finally, future analysis should extend beyond outdoor microclimate to evaluate associated public-health, energy, water, and resilience outcomes. Linking the microclimate model with building-energy simulations could quantify the cooling-energy savings provided by reflective roofs. Health-risk assessments could estimate reductions in severe heat exposure among different pilgrim groups, while life-cycle and cost analyses could support long-term investment decisions. An integrated approach combining cool materials, green infrastructure, shading, ventilation, and heat-health management would provide a more effective and resilient strategy for improving thermal comfort around Masjid Al-Haram than any individual intervention applied alone.

References

- Azmeer, A., Tahir, F., & Al-Ghamdi, S. (2024a). Towards SDG 11: How Urban Greenery Can Help Us Build Sustainable Cities. Front. Young Minds. https://doi.org/10.3389/

frym.2024.1419477

- Azmeer, A., Tahir, F., & Al-Ghamdi, S. G. (2024b). Progress on green infrastructure for urban cooling: Evaluating techniques, design strategies, and benefits. Urban Climate, 56, 102077. https://doi.org/10.1016/j.uclim.2024.102077

- Bartesaghi Koc, C., Osmond, P., & Peters, A. (2017). Towards a comprehensive green infrastructure typology: a systematic review of approaches, methods and typologies. Urban Ecosystems, 20(1), 15-35. https://doi.org/10.1007/s11252-016-0578-5

- Cheung, P. K., Livesley, S. J., & Nice, K. A. (2021). Estimating the cooling potential of irrigating green spaces in 100 global cities with arid, temperate or continental climates. Sustainable Cities and Society, 71, 102974. https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102974

- Fujiwara, K., Tsurumi, R., Kiyono, T., Fan, Z., Liang, X., Lei, B., Yap, W., Ito, K., & Biljecki, F. (2025). VoxCity: A Seamless Framework for Open Geospatial Data Integration, Grid-Based Semantic 3D City Model Generation, and Urban Environment Simulation. arXiv preprint arXiv:2504.13934.

- Halder, N., Kumar, M., Deepak, A., Mandal, S. K., Azmeer, A., Mir, B. A., Nurdiawati, A., & Al-Ghamdi, S. G. (2025). The Role of Urban Greenery in Enhancing Thermal Comfort: Systematic Review Insights. Sustainability, 17(6).

- IPCC. (2024). IPCC Special Report on Climate Change and Cities. IPCC. https://doi.org/https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2024/08/Outline-of-Special-Report-on-Climate-Change-and-Cities.pdf

- Mir, B. A., Nurdiawati, A., & Al-Ghamdi, S. G. (2025). Assessing the environmental impact of freshwater use in LCA: established practices and current methods [10.1039/D4EW00641K]. Environmental Science: Water Research & Technology, 11(2), 196-221. https://doi.org/10.1039/D4EW00641K

- Mir, B. A., Nurdiawati, A., & Al-Ghamdi, S. G. (2026). Guiding Decarbonizing of the Built Environment: Trends, methods, and approaches for carbon benchmarking in buildings. Buildings, 16(4), 708. https://doi.org/10.3390/buildings16040708

- Salata, F., Golasi, I., Petitti, D., de Lieto Vollaro, E., Coppi, M., & de Lieto Vollaro, A. (2017). Relating microclimate, human thermal comfort and health during heat waves: An analysis of heat island mitigation strategies through a case study in an urban outdoor environment. Sustainable Cities and Society, 30, 79-96. https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.01.006

- Santamouris, M. (2016). Cooling the buildings – past, present and future. Energy and Buildings, 128, 617-638. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.07.034

- Santamouris, M., & Vasilakopoulou, K. (2023). Building Better - Less - Different: Clean Energy Transition and Digital Transformation

Advanced Super-cool Materials to Mitigate Urban Overheating. In Fundamentals - Case Studies-Strategies(pp.100-106).Birkhäuser.https://doi.org/10.1515/9783035627176-022

- Tuholske, C., Caylor, K., Funk, C., Verdin, A., Sweeney, S., Grace, K., Peterson, P., & Evans, T. (2021). Global urban population exposure to extreme heat. Proceedings of the National Academy of Sciences, 118(41), e2024792118. https://doi.org/10.1073/pnas.2024792118

- Wong, N. H., Tan, T., Kolokotsa, D., & Takebayashi, H. (2021). Greenery as a mitigation and adaptation strategy to urban heat. Nature Reviews Earth & Environment, 2. https://doi.org/10.1038/s43017-020-00129-5

- Fujiwara, K., Tsurumi, R., Kiyono, T., Fan, Z., Liang, X., Lei, B., Yap, W., Ito, K., & Biljecki, F. (2025). VoxCity: A Seamless Framework for Open Geospatial Data Integration, Grid-Based Semantic 3D City Model Generation, and Urban Environment Simulation. arXiv preprint arXiv:2504.13934.

- Salata, F., Golasi, I., Petitti, D., de Lieto Vollaro, E., Coppi, M., & de Lieto Vollaro, A. (2017). Relating microclimate, human thermal comfort and health during heat waves: An analysis of heat island mitigation strategies through a case study in an urban outdoor environment. Sustainable Cities and Society, 30, 79-96. https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.01.006

العمران التكتيكي كأداة للتوازن المكاني بين إسكان الحجاج ومنظومة النقل بقطار المشاعر المقدسة

عماد عبدالرزاق شافعي فلمبان*[1]، أحمد محمد عبد الرحمن شحاتة [2] - كلية الحاسبات، جامعة أم القرى*[1]، شركة المدينة الأولى للاستشارات[2]

Tactical Urbanism as a Tool for Achieving Spatial Balance Between Pilgrim Accommodation and the Train System

Emad A. S. Felemban[1]*, Ahmed M A Shehata[2] - [1]* Department of Computer and Network Engineering, Umm Al Qura University, [2]Urban & Environmental Engineering, First City for Consultations

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

الملخص

تفرض الطبيعة الطبوغرافية المعقدة لمشعر منى قيوداً مكانية صارمة على جهود التنمية، حيث يقع المشعر في واد تحيط به الجبال شمالاً وجنوباً، لا تتجاوز مساحته المستوية القابلة للتطوير 54% من إجمالي مساحته الشرعية. وفي ظل هذه المحدودية تتقاطع شبكة مسارات الحركة السطحية المخصصة للحشود و الحافلات مما يخلق تحديات تشغيلية من الممكن ان تؤثر على السلامة وسلاسة الحركة.

تنطلق هذه الدراسة من رصد ضعف التكامل الوظيفي والمكاني بين مواقع مخيمات الحجاج ومواقع محطات قطار المشاعر المقدسة بسبب تمركز مسار القطار ومحطاته في أقصى جنوب مشعر منى بمحاذاة السلسلة الجبلية مع وجود معظم مخيمات الحجاج المخدومين بمنظومة القطار في الجهة الشمالية منه. وهذا أنشأ اختلالاً مكانياً كبيراً، إذ تضطر تدفقات الحجاج المستخدمة لمحطات القطار على اختراق وقطع الطرق السطحية الرئيسية للوصول إلى هذه المحطات. وتخلق التقاطعات بين مسارات حركة المشاة ومسارات حركة الحافلات، نقاط اختناق حرجة تفرض تحديات تشغيلية قاسية في أوقات الذروة. وقد أكدت تقارير الجهات القائمة على تنظيم وسلامة الحشود، بأن هذه التقاطعات تهدد انسيابية التفويج وسلامة الحشود في أوقات الذروة.

ولمواجهة هذا التحدي، تتبنى الدراسة منهجية «العمران التكتيكي» (Tactical Urbanism) لتطوير معالجات مكانية قابلة للاختبار والتعديل والتدرج. اعتماداً على تحليل بيئي وطبوغرافي وعمراني ومروري للعلاقات بين المحطات والمخيمات وشبكة مسارات الحركة، وعلى تقييم تجارب مشابهه. حيث يتيح هذا المنهج اختبار الحلول قبل تحويلها إلى استثمارات دائمة، مما يدعم التعلم ويخفض من مخاطر التنفيذ. وتخلص الدراسة إلى حزمة من التدخلات تشمل رفع الكثافة البنائية والسكانية للمناطق العمرانية حول المحطات، مع الربط المباشر بين مباني الإقامة وأرصفة الاركاب المرفوعة عن سطح الارض، وتطوير بعض المواقع إلى الجنوب من المحطات، ودراسة توسيع نطاق خدمة القطار، مع وضع إطار لدمج الحلول المقترحة في المخططات الهيكلية المستقبلية للمشاعر المقدسة.

الكلمات المفتاحية: التخطيط العمراني، قطار المشاعر المقدسة، إدارة الحشود، العمران التكتيكي.

Abstract

The complex topography of the Mina holy site imposes stringent spatial constraints on development efforts. Situated within a valley bounded by mountains to the north and south, Mina has developable level land comprising no more than 54% of its total legally designated area. Within this constrained setting, the surface circulation network serving pedestrian crowds intersects with bus routes, creating operational challenges that may affect both public safety and the smooth flow of movement.

This study stems from observing the weak functional and spatial integration between the locations of pilgrim camps and the Al Mashaaer Al Mugaddassah Metro stations. This is largely attributable to the concentration of the rail alignment and its stations at the extreme southern edge of Mina, adjacent to the mountain range, while most camps served by the rail system are located in its northern area. This arrangement has created a significant spatial imbalance, requiring pilgrims

heading to the metro stations to traverse and cross major surface roads. Intersections between pedestrian movement routes and bus corridors consequently form critical bottlenecks that impose severe operational challenges during peak periods. Reports issued by authorities responsible for crowd organization and safety have confirmed that these intersections threaten both the continuity of group movement and crowd safety at times of peak demand. To address this challenge, the study adopts a Tactical Urbanism approach to develop spatial interventions that are testable, adaptable, and scalable. The approach is informed by environmental, topographical, urban, and traffic analyses of the relationships among metro stations, pilgrims' camps, and the circulation network, in addition to an assessment of comparable case studies. This methodology enables proposed solutions to be tested before they are converted into permanent investments, thereby supporting iterative learning and reducing implementation risks. The study concludes with a package of interventions that includes increasing built and population densities in urban areas surrounding the stations; establishing direct connections between accommodation buildings and elevated boarding platforms; developing selected sites south of the stations; examining the potential expansion of the metro service area; and establishing a framework for integrating the proposed solutions into future structural plans for the Holy Sites.

Keywords: tactical urbanism, Public Transportation , Crowd Management, Train Stations, Pilgrims Housing, modeling, crowd simulation.

1. المقدمة:

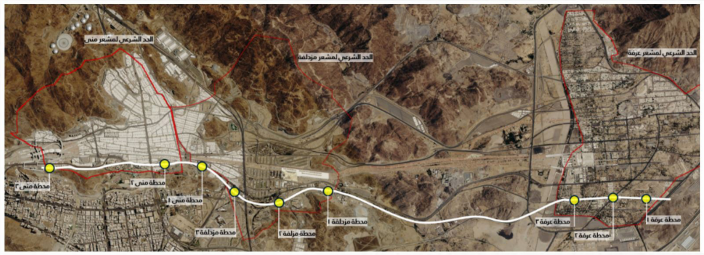
تقع المشاعر المقدسة إلى الشرق من مكة المكرمة وتمتد بطول يصل إلى خمسة عشر كيلومترا. ويخدم هذه المسافة عدد من خطوط المواصلات أهمها وأحد أكثرها قدرة وأكثرها استدامة هو مسار قطار المشاعر المقدسة الجنوبي والذي أنشئ عام 2010 م. ويخدم هذا المسار تسع محطات للإركاب بالإضافة لمحطة خدمة رئيسية خارج المشاعر المقدسة. وقد تمت مراعاة المعايير التالية عند تصميم هذا الخط (شحاتة، 2023) والتي يعرضها الشكل رقم 1 كما يلي:

- أن يكون المسار إلى أقصى جنوب المشاعر.

- أن تقع المحطات الثلاث المخصصة لخدمة كل مشعر داخل الحدود المكانية لهذا المشعر.

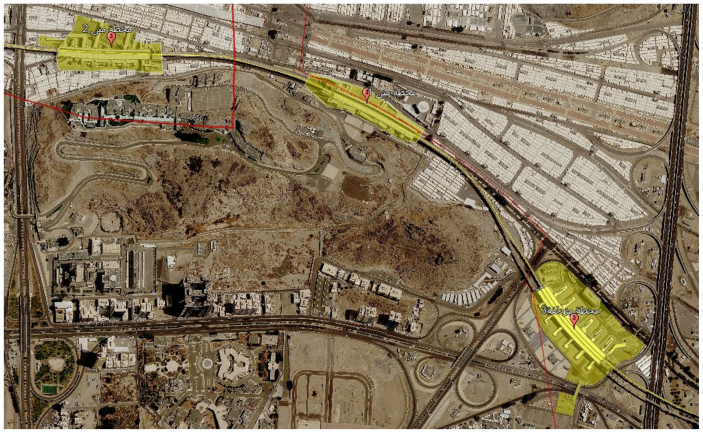
- أن يكون المسار والمحطات بالكامل معلقين بحيث يكون المشروع إضافة لخدمات النقل الحالية ولا يقتطع منها.

وتستخدم محطات مشعر عرفات إلى الشرق في حركتي وصول ومغادرة الحجاج للمشعر خلال التصعيد ومدته 15 ساعة والافاضة والتي تمتد من المغرب الى منتصف الليل، بينما تستخدم محطات مشعر مزدلفة في حركتي الوصول والمغادرة للمشعر خلال النفرة ومدتها 8 ساعات، بينما تخدم محطات منى عمليات التروية يوم الثامن من ذي الحجة وعملية رمي الجمرات خلال أيام التشريق وهي الفترة الأكثر استخداماً من حيث طول فترات التشغيل، حيث تبلغ مدة التشغيل خلالها 68 ساعة (وزارة الحج والعمرة، 2025).



شكل رقم 1 مسار قطار المشاعر المقدسة وموقع المحطات التسعة التي تخدم عملية الاركاب على كامل المسار. (المصدر: الباحثين تم تطويرها عن صور فضائي (Google, 2025)).

وعليه فقد قام الباحثان بدراسة الوضع الراهن لمحطات القطار الأكثر كثافة واستخداماً والتي تخدم مخيمات مشعر منى، وهي محطات مزدلفة 3 ومنى 1 ومنى 2. والتي يعرضها الشكل رقم 2. وقد شملت الدراسة التكوين الطوبوغرافي واستعمالات الأراضي ومواقع الخيام التي يخدمها كل واحدة من المحطات. بالإضافة للطاقة الاستيعابية لتلك المخيمات. ومسارات الحركة من المخيمات إلى محطات القطار والتقاطعات والتداخلات المرورية بين حركة الحجاج المشاة ومسارات الحافلات.



شكل رقم 2 محطات قطار المشاعر بمنطقة مخيمات مشعر منى (مزدلفة 3 ومنى 1 ومنى2). (المصدر: الباحثين تم تطويرها عن صور فضائي (Google, 2025)).

2. الوضع الراهن لمحطات القطار ومحيطها العمراني:

يظهر التحليل المكاني وجود انفصال وظيفي بين قطاعات الإسكان المخصص لمستخدمي القطار في الشمال وبين محطات الركوب الواقعة جنوباً. ويعرض الشكل رقم (3) العلاقات المكانية بين المحطات الثلاث والمحيط العمراني لكل منها (مخيمات الحجاج ومحاور الحركة والتكوين الطوبوغرافي)، بما في ذلك تقاطع مسارات الحجاج مع الطرق المخصصة لحركة الحافلات، وقد اوصت الدراسات السابقة وتقارير الجهات التشغيلية بأهمية إيجاد حلول الربط المباشر بين مواقع الإسكان مع المحطات التي تخدمها (وزارة الحج والعمرة، 2025).

- التكوين الطوبوغرافي: يخدم تلك المحطات ساحات أرضية في منسوب المخيمات ويحدها من الجنوب مناطق جبلية ترتفع حوالي 60 متر أعلى من منسوب ساحات المحطات. أما خط القطار وأرصفة الإركاب فهي معلقة على ارتفاع 10 أمتار من الساحات الأرضية ويخدمها عناصر ربط رأسية متعددة منها منحدرات وسلالم ومصاعد وسلالم متحركة.

- الاستعمالات: تبلغ مساحة ساحات المحطات حوالي 100 الف متر2 لكل محطة. وتستخدم في عمليات تفويج الحجاج ووحدات إدارية مؤقته للعاملين. ويمر أسفل خط القطار شارع رئيسي (طريق الملك عبدالعزيز) والذي يقع عليه العديد من المباني الخدمية مثل مبنى شركة كدانة للتنمية والتطوير ومبنى مستشفى منى العام والعديد من الجهات الخدمية مثل شركة الكهرباء وغيرها من الوحدات الحكومية. أما الوحدات السكنية المجاورة للمحطات يه تتكون من خيام من طابق واحد تتجمع في كتل سكنية صغيرة.

- شبكة الطرق والحركة: تضم المنطقة محاور حركة أرضية متوازية تمتد من الشرق إلى الغرب (طريق سوق العرب وطريق الجوهرة وطريق الملك فيصل وطريق المشاة رقم 1 وطريق الملك عبدالعزيز) ويقطعها محاور حركة معلقة تمتد من الشمال للجنوب (جسر الملك خالد وجسر الملك عبدالله وجسر الملك فيصل).

3. الفجوات الناتجة عن الاختلال المكاني:

وقد أمكن تحديد المشكلات العمرانية التالية كفجوات ناتجة عن ضعف العلاقة التبادلية بين محطات القطار والمخيمات المخصصة:

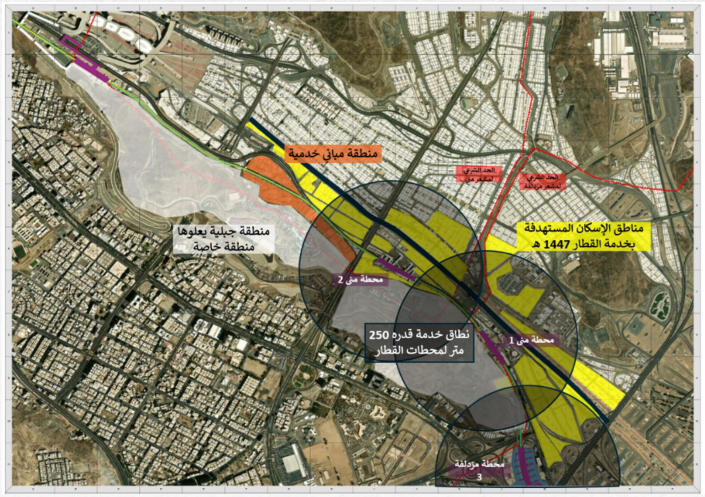
- خلخلة الكتلة العمرانية وانخفاض الكثافة البنائية حول المحطات، أدي إلى نقص كفاءة النقل الجماعي ونقص مواءمة الكثافات السكانية مع القدرة الاستيعابية للمحطات وكبر نطاقات الوصول الآمن إلى المحطات. وقد أشارت المواصفات والمعدلات العالمية إلى أن المسافات القصوى للوصول الى محطات النقل الجماعي يجب أن تتراوح بين 500 و800 م وفقا لطبيعة نظام النقل (NASEM, 2026). حيث يؤدي امتداد مسافات المشي إلى المحطات إلى تأخر الوصول وعمليات الاركاب، وقد اعتمدت الدراسة نطاق خدمة تحليلي محافظ نصف قطره 250 متراً كمستهدف لحركة الحجاج لتحقيق سهولة الوصول للمحطات، وهو نطاق خاص بهذه الدراسة وليس معياراً عاماً ثابتاً (نظراً لأن غالبية الحجاج من كبار السن، ويتزامن موسم الحج مع ظروف مناخية قاسية). ويبين التحليل أن هذا النطاق لا يغطي إلا جزءاً محدوداً من المخيمات، كما يعرضه الشكل رقم 3، مما يشير إلى الحاجة لإيجاد حل لضعف العلاقة المكانية بين الإسكان والمحطات (NASEM, 2026).

- تعرض الحجاج لحمل حراري كبير نتيجة سيرهم لمئات الامتار من المخيمات لمحطات القطار ولا سيما في مواسم الحج الواقعة ضمن الفترات الأشد حرارة، وهذا يؤثر سلبا على صحتهم وقدرتهم على الحركة خاصة كبار السن. حيث توصي منظمة الصحة العالمية بتقليل تعرض الحجاج خصوصاً كبار السن لأشعة الشمس المباشرة (WHO, 2023)، وقد وثق يزلي وزملاؤه (Yezli, 2024) تصاعد درجات الحرارة بمكة المكرمة بمعدل درجتين عن المعدل العالمي خلال الثلاثين عاماً الماضية وجود علاقة طردية بين معدل الإصابة بضربات الشمس والاجهاد الحراري ودرجة الحرارة وأن معدل الوفيات بين الحجاج المرتبط بالتعرض للحمل الحراري الزائد يزيد بمقدار 4.5% عن المعدل الطبيعي لسكان مكة المكرمة وهذا يعكس مدى هشاشة الحجاج تجاه التعرض للحرارة.

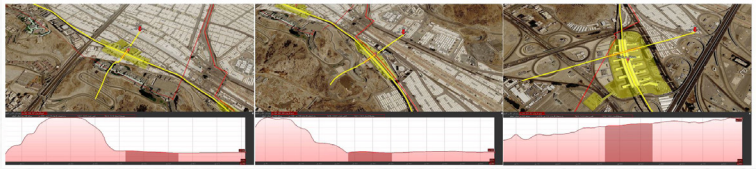
- وجود تحديات تشغيلية في تنظيم حركة الحجاج المشاة من المخيمات إلى المحطات عند التقاطعات مع الطرق السطحية الرئيسية ومسارات الحافلات (التي تمتد من الشرق للغرب) خاصة في أوقات الذروة وأهم هذه المسارات طريق سوق العرب و الجوهرة عند التقاء وادي محسر، وقد أكدت المواصفات والمعايير العالمية للتنمية الموجهة بالنقل، أهمية قياس الوصول وفق مسارات مشي فعلية ومتصلة وآمنة، لا وفق المسافة الطولية وحدها (NASEM, 2026).

- وجود عائق طبيعي إلى الجنوب من محطتي منى 1 و2 يتمثل في حد جبلي يبلغ ارتفاعه حوالي 60 متراً ويعلوه بعض المنشآت الخاصة، ما يمثل حاجزا يمنع التوسع العمراني ويستلزم حلولاً متدرجة تراعي استقرار المنحدرات وتصريف المياه ومتطلبات السلامة الإنشائية، كما تظهره القطاعات العرضية بالمحطات الثلاثة بالشكل رقم 5. (الديماتي، 2025 واللجنة الوطنية لكود البناء السعودي، 2024).

- تضمن تصميم المحطات أن تكون أرصفة الاركاب أعلى من منسوب الطرق المجاورة بعشرة أمتار تقريباً مما أستدعى وجود منحدرات طويلة ودرجات لربط منسوب أرصفة الإركاب بمستوى الساحات الأرضية بصورة ترهق الحجاج، ولا سيما كبار السن والأشخاص ذوي الإعاقة أو محدودي الحركة، وهذا أيضاً استدعى وجود ساحات تفويج أرضية استقطعت من مساحات المخيمات المتاحة. مما يتطلب إيجاد حلول مأمونة ومستدامة تتبع متطلبات الوصول الشامل. (اللجنة الوطنية لكود البناء السعودي، 2024).



شكل رقم 3 الموقع الجغرافي والعلاقات المكانية لمحطات القطار في مشعر منى. (المصدر: الباحثين تم تطويرها عن مصور فضائي (Google, 2025)).



أ - محطة مزدلفة 3 ب - محطة منى 1 ج- محطة منى 2

شكل رقم 4 التكوين الطبوغرافي لمحيط محطات القطار الثلاثة في مشعر منى. (المصدر: الباحثين تم تطويرها عن مصور فضائي (Google, 2025)).

4. العمران التكتيكي كمدخل للتطوير العمراني:

أدى ظهور متغيرات اجتماعية وبيئية واقتصادية جديدة خلال العقود الماضية إلى ظهور الحاجه لابتكار جذري في التصميم العمراني وأساليبه ومنهجية إجراء عمليات التطوير والتغيير، وقد شكلت إمكانية التراجع عن التطوير وإعادة التوظيف ركيزة أساسية في التوجهات الجديدة في إدارة العمران وإحداث التغييرات فيه. حيث أدت الحاجة لإيجاد حلول سريعة مصممة خصيصًا لتطوير مناطق حضرية بذاتها، إلى ظهور تكتيكات وممارسات جديدة للاستخدام محدود المدة للمساحات الحضرية، وقد ارتبطت تلك الممارسات تقليديًا بالتجارب ذاتية التنظيم وغير المؤسسية، لكن في السنوات الأخيرة أدرجت تلك التكتيكات محددة المدة كممارسات عملية في مجال التصميم العمراني (Martin, 202)، مما أعطى مفهوم «محدد المدة» معنى جديدًا.

بعد أن كان العمران التكتيكي يعرف بأنه تدخل «محدود المدة»، انتقل إلى تحديد إجراءات قصيرة الأجل قابلة للتراجع والتطوير والتوسع بسهولة، مما يسمح باختبار ردود فعل المدن والمجتمعات تجاه تلك الاجراءات قبل إدراجها بشكل دائم في استراتيجيات التخطيط الحضرية للمدن. ووفقاً لهذا المنظور، شكل هذا التوجه أداة قيمة لتصميم عمراني يستجيب لعالم يتسم فيه المستقبل بكثرة المتغيرات وتسارعها ضمن أطر زمنية تزداد قصراً يوماً بعد يوم (Rossitti, 2023). وقد بدأ استخدام مصطلح العمران التكتيكي في الممارسة العمرانية وانتشاره عام 2010 في أمريكا الشمالية، وذلك تحت تأثير ظواهر عودة السكان إلى المدن، والركود الاقتصادي الكبير، وانتشار الإنترنت، وتزايد الفجوة بين الحكومة والمجتمعات. وقد انتشر هذا النهج بعد ذلك بسرعة في أوروبا، وتم تطبيقه في العديد من التجارب ذات الصلة في مجال التخطيط العمراني التكتيكي. والتي تضمنت عمل تكييف للتطبيقات الأمريكية لتلائم خصوصية البيئة الحضرية الأوروبية.

1.4. تعريف العمراني التكتيكي:

يعرف العمران التكتيكي بأنه نهج تدريجي لتطوير المدن والبيئة المبنية، يعتمد على تدخلات محدودة النطاق وقابلة للتعديل، تنفذ خلال مدة قصيرة نسبياً بهدف اختبار الأفكار وتحسينها قبل الالتزام بالحلول الرأسمالية الدائمة. ولا يتميز هذا النهج بانخفاض التكلفة وحده، بل بوجود رؤية طويلة المدى، وآلية واضحة للقياس والتعلم، وإمكانية الانتقال من التجربة إلى التثبيت أو التعديل أو الإلغاء (Lydon & Garcia, 2015; NACTO, 2012). وقد طبق على مدى العقدين الماضيين من قبل مجموعة واسعة من الجهات الفاعلة، بدءاً من المسؤولين في القطاع العام والشركات الخاصة وصولاً للمنظمات غير الربحية والمواطنين. وتكمن سمته الرئيسية المشتركة مع أساليب العمران المؤقت الأخرى في استناده إلى عملية مفتوحة وتكرارية، حيث يوظف الإمكانات المرتبطة بالمشاركة المجتمعية لتقديم استجابات مدروسة ومرنة للأماكن العامة. (Bochra, 2024).

2.4. أنماط العمران التكتيكي:

يمكن تصنيف أنماط التصميم العمراني التكتيكي وفقاً للجهات المنظمة لعملياته وأهداف تطبيقه على النحو التالي: (Fontes, 2025; Surya, 2024)

- مبادرات تروج لها المجتمعات المحلية لتجاوز عمليات تنفيذ المشاريع التقليدية، مما يتيح لها إثبات إمكانية التغيير بشكل مباشر وممارسة «حقها في المدينة».

- مبادرات تستخدمها الأمانات والمطورون العقاريون والمنظمات غير الربحية لإشراك المجتمعات المحلية خلال مراحل التصميم والتطوير.

- أداة تمثل المرحلة صفر، حيث تستخدمها المدن أو المطورون لاختبار التدخلات العمرانية قبل تنفيذها بشكل دائم، وهذا هو النمط المستهدف بالتطبيق خلال تلك الدراس. (Yassin,2019)

3.4. أسس واستراتيجيات تبني العمران التكتيكي:

حجم وطبيعة التدخل في المشاريع التجريبية تتحدد بقدرة التدخل على تغيير الوضع الراهن وتوليد معرفة مؤسسية لأثر التغيير الكامل والمستدام في العمران وتوفير احتياجات المستخدمين (Bertolini, 2020). ومن اهم عوامل نجاح التدخلات التكتيكية:

- إشراك أصحاب المصلحة والجهات ذات العلاقة في تشخيص المشكلة واختبار البدائل، بما يعزز الانتماء وملكية الحل وبالتالي قابليته للتطبيق.

- رصد تفاعل الحشود مع التصميم المقترح على أرض الواقع أو من خلال عمليات محاكاة، ثم تعديل المقترح للتأكد من النتائج قبل التنفيذ.

- بناء الحلول على تحليل متكامل يشمل البيئة والطبوغرافيا والعمران والنقل وسلوك الحجاج والطاقة التشغيلية، بدلاً من معالجة مشكلات في أحد تلك المحاور بشكل منعزل.

- إجراء تقييم لتجارب مماثلة محلية ودولية، مع مراعاة خصوصية المشاعر المقدسة وأنشطة الحج والثقافات المتباينة للحجاج.

- تحديد خط أساس ومؤشرات قياس أداء، كأساس للقرار بشأن تثبيت التدخل أو تعديله.

4.4. خصائص العمران التكتيكي:

للعمران التكتيكي خمسة خصائص أساسية يمكن تلخيصها فيما يلي:

- التدخلات قصيرة المدى ومنخفضة التكلفة: تعتمد هذه الاستراتيجية على استخدام تقنيات ومواد مؤقتة ورخيصة التكلفة ومتوفرة بسهولة لتحقيق نتائج فورية ومباشرة دون الحاجة لالتزامات مالية أو سياسية ضخمة وطويلة المدى. يساهم هذا الأسلوب في تقليل حواجز البدء أمام الجهات ذات العلاقة والامانات لتجربة ممارسات غير مخططة مسبقاً في النسيج العمراني. (Salama, 2023)

- القابلية للتوسع والأثر طويل المدى: على الرغم من أن هذه التدخلات تبدأ كإجراءات مؤقتة وصغيرة الحجم، إلا أن هدفها النهائي هو العمل كمحفز لإجراء تطوير عمراني مستدام وتغييرات دائمة في السياسات العامة والتخطيط الهيكلي للمناطق العمرانية. ويتضح ذلك في تطور مبادرات مثل «يوم بمواقف السيارات» التي بدأت كحديقة مؤقتة واحدة في موقف سيارات بفرانسيسكو لتتحول إلى حركة عالمية ألهمت برامج بلدية وسياسات رسمية دائمة. (Surya, 2024).

- المشاركة المجتمعية والبناء الاجتماعي: تقوم هذه الاستراتيجية على المشاركة النشطة والمباشرة لكافة لأطراف ذات العلاقة والشركاء من القطاع الثالث في كافة المراحل. وتتجاوز المشاركة مجرد الاستشارة التقليدية إلى إشراك كافة أطراف المجتمع في التنفيذ والإنشاء والصيانة، مما يعزز «الذكاء الجماعي» ويوجه المخرجات لتلائم المتطلبات والاحتياجات الحقيقية (Jiang, 2019) .

- المرونة وسرعة الاستجابة والتوجه نحو الفعل: تتميز بالتركيز على المبادرة والعمل السريع بدلاً من الانخراط في دراسات مطولة. وقد برزت هذه الاستراتيجية كأداة حاسمة لـ «تخطيط الطوارئ» أثناء جائحة كوفيد-19 لإعادة تهيئة الشوارع العامة مثل ما حدث بصحن وساحات المسجد الحرام بسرعة فائقة لتمكين المصلين والطائفين من التباعد الاجتماعي الآمن اثناء أداء شعائرهم (Messeidy, 2019).

- دورة «ابنِ – قيم - تعلم» والتكرار: تعتمد على توظيف التدخلات المؤقتة كنماذج أولية تجريبية لاختبار الفرضيات الحضرية على أرض الواقع. ثم يتم رصد وقياس نتائج التجربة من خلال الملاحظة المباشرة والتغذية الراجعة من المستخدمين والمشغلين، ومن ثم تستخدم هذه الدروس لتعديل التصميم وتحسينه في دورات تكرارية مستمرة، مما يقلل بشكل كبير من مخاطر الفشل المالي والتصميمي عند تنفيذ المشاريع الدائمة مستقبلاً (Rossitti, 2023).

5.4. تجارب عالمية في توظيف العمرات التكتيكي في التغيير المرن في العمران:

تناول الكثير من الباحثين العديد من تجارب المدن في تبني استراتيجيات العمران التكتيكي بالبحث والتحليل وهي تندرج تحت المجالات الرئيسية التالية (Rossitti,2023; Hend, 2019; Bochra, 2024) :

- مجال النقل والتنقل المواصلات والذي شمل تجارب مثل إغلاق شوارع المدارس مؤقتاً لدعم جودة الهواء في لندن، وتجارب تنظيم المرور بطلاء الطرق في كوبنهاغن، وتخصيص ممرات للدراجات السريعة في سويسرا.

- مجال تأهيل وتنشيط الفراغات العامة والمهملة مثل تجارب تعزيز الأحياء الصديقة للمشاة في الهند، ممرات المشاة والربط البصري بين منتزهات أبوظبي ودبي، وإعادة إحياء النسيج العمراني التاريخي بناءً على الهوية الثقافية والدينية في حي «سربل» بأصفهان، وفي غوانغتشو وجاكرتا وسورابايا.

- مجالات التنمية المجتمعية من خلال النشاط الفني والثقافي مثل استخدام الفنون الأدائية وفنون الشارع لإعادة التفكير في الحدود بين الخاص والعام (مثل أعمال تجمع أوبرافيرا في ريو دي جانيرو) ومكافحة التهميش الاجتماعي للشباب في إيطاليا، وإشراك الأطفال في التصميم التشاركي للمدينة (مثل تجارب تصميم المدن مع الأطفال في روسيا).

والجدول رقم (1) يعرض تحليلا تفصيلياً لعدد من تلك المشروعات وأهم الدروس المستفادة من تجاربها، حيث يمكن اختصارها في أهمية اختبار الحلول عبر نموذج تكتيكي مؤقت

«المرحلة صفر» يحسم نجاح القرار الاستراتيجي. وأن العمران التكتيكي يعمل كعامل محفز ومسرع للتجديد الحضري، ولكنه لا يخلق طفرة اقتصادية مستقلة بذاتها في المدى القصير. وأن التدرج يتيح للأطراف المشاركة يساعد على تقبلهم وبناء الثقة قبل أي تعديل استراتيجي دائم.

جدول رقم (1) مشروعات تم تنفيذها باستخدام العمراني التكتيكي والدروس المتفادة منها:

اسم المشروع والمدينة	الأهداف	طبيعة التدخل	الدروس المستفادة
وسط مدينة ملبورن (ملبورن، أستراليا)	– تحسين أنماط استخدام الأراضي وتطوير شبكة النقل. – إعادة تقديم الفراغات الحضرية العامة للمشاة والحياة الاجتماعية.	إغلاق تكتيكي مؤقت للشوارع خلال منتصف النهار (وقت الغداء) لتشجيع السكان على المشي والتجمع.	التدرج والمرونة في تطبيق التدخلات يقلل المقاومة المجتمعية، حيث يتيح الإغلاق المؤقت (الجزئي) فرصة حقيقية للمجتمع والتجار لتجربة الفراغ الحضري الآمن وتقبله بمرور الوقت لبناء الثقة قبل أي تعديل استراتيجي دائم.
ممر المشاة بالقاهرة التاريخية (القاهرة، مصر)	– إحياء وتجديد النسيج العمراني للمدينة التاريخية القديمة والحفاظ عليه. – تحويل المنطقة لمركز جذب سياحي وتنشيط الاقتصاد.	تحويل المحور والعمود الفقري الرئيسي للمدينة التاريخية (القاهرة الفاطمية) لممر مشاة دائم مع ترميم وحفظ المعالم الأثرية.	ضرورة مراعاة البعد الاجتماعي والطبقي للسكان المحليين، فالسعي وراء الجذب السياحي والمظاهر الجمالية الرسمية دون إشراك حقيقي للمجتمع المحلي قد يؤدي إلى صراع مستمر وخوف مشروع من التهجير أو الإقصاء الاجتماعي.
الضوء الأخضر لوسط مدينة نيويورك، أمريكا.	– معالجة الازدحام المروري الحاد وتحسين تدفق الحركة. – تحسين مستويات الأمان المروري في شارع برودواي وتقليل انبعاث عوادم السيارات السامة.	إغلاق تكتيكي مؤقت لساحتي تايمز سكوير وهيرالد سكوير بالكامل أمام المركبات وتجهيزهما بأثاث ومقاعد خفيفة ورسومات طلاء أرضية.	اختبار الحلول عبر نموذج تكتيكي مؤقت "المرحلة صفر" يحسم نجاح القرار الاستراتيجي، حيث يتيح قياس المؤشرات الحقيقية (الأمان، حركة القدم، التجارة) بناء قرارات التطوير الكبرى على بيانات واقعية وحقائق واضحة بدلاً من التوقعات والنظريات الجافة.
برنامج الساحات المفتوحة ميلانو، إيطاليا.	– إعادة المساحات العامة والشوارع غير المستغلة لتكون مركزاً للتجمع والحياة المجتمعية بالأحياء. – اختبار التدخلات وإجراء التعديلات تكتيكياً قبل التنفيذ النهائي الدائم.	تحويل تقاطعات الطرق ومواقف السيارات إلى ساحات مشاة صالحة للعيش مجهزة بألوان طلاء أرضية، مقاعد، أحواض نباتات، وطاولات ألعاب (تنس طاولة).	العمران التكتيكي يعمل كعامل محفز ومسرع للتجديد الحضري القائم بالفعل، ولكنه لا يخلق طفرة اقتصادية مستقلة بذاتها في المدى القصير، ويجب تقييم هذه المشروعات التشاركية بمدى تحقيقها للأثر الاجتماعي وتمكين المجتمعات بدلاً من حصرها في مؤشرات عقارية أو مالية محضة.
مشروع ساساري، إيطاليا	– تحرير مساحة بجوار مدرسة ابتدائية من سيطرة السيارات وتحويلها لفراغ عام آمن للمشاة والأطفال.	إزالة مواقف السيارات وإنشاء مساحة جلوس مخصصة للأطفال بجوار المدرسة الابتدائية.	مشاريع الفراغات المدرسية التكتيكية توفر أماناً مباشراً وتساعد في إعادة تقييم الجاذبية العامة للحي، مما يسهم في عكس اتجاه تدهور الأسعار العقارية وبدء التعافي الاقتصادي والاجتماعي التدريجي.

5. الحلول والمعالجات التكتيكية المقترحة لمعالجة المشكلات العمرانية بمحيط محطات قطار المشاعر:

تنطلق الأهداف العمرانية من مبدأ مواءمة توزيع الإقامة مع الطاقة التشغيلية للنقل، وتحسين الوصول الراجع إلى المحطات، ورفع كفاءة استعمال الأرض في نطاقات شديدة المحدودية. ويتسق ذلك مع مبادئ التنمية الموجهة بالنقل التي تربط الكثافة والاستعمال المختلط وشبكات المشاة المتصلة بمحاور النقل الجماعي، ومع مستهدفات برنامج خدمة ضيوف الرحمن في تحسين البنية الأساسية وسهولة الرحلة وجودة الخدمات (ITDP, 2017 ورؤية السعودية 2030، 2021).

- وصول سهل وربط مباشر بين المحطات والمخيمات المحيطة
- تغطية كامل مساحات المخيمات المجاورة للمسار.
- إنشاء كتلة عمرانية متكاملة الخدمات وذات كثافة متوازنة واستعمالات متكاملة.

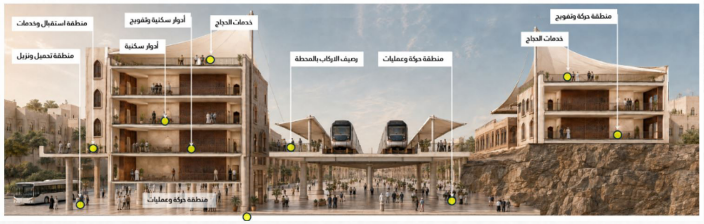
وترتكز خطة المعالجة المقترحة على تنفيذ عدد من السياسات التكتيكية وصولا للأهداف الاستراتيجية.

1.5. رفع الكثافة البنائية للمنطقة المحيطة بالمحطات من خلال:

تقترح الدراسة تطوير نطاقات المخيمات المجاورة للمحطات تدريجياً بوحدات إقامة متعددة الطوابق، على أن ترتبط الكثافة المقترحة بالطاقة التشغيلية الفعلية لكل محطة والممرات المؤدية إليها. ويتيح ذلك تقليل مساحة النطاق المطلوب لخدمة العدد نفسه من الحجاج، وتحويل جزء من الطلب من حركة أفقية طويلة إلى حركة رأسية منظمة داخل المباني. ويتفق هذا التوجه مع مبادئ التنمية الموجهة بالنقل التي تشجع التكثيف الملائم والاستعمال المتكامل في نطاقات الوصول إلى المحطات (ITDP, 2017 and Emad 2021). كما تقترح الدراسة ربط الطوابق الملائمة في مباني الإقامة مباشرة بمنسوب أرصفة الركوب عبر جسور أو ممرات معلقة، بما يقلل الصعود والنزول المتكرر ويحد من الحاجة إلى ساحات تفويج أرضية واسعة، على أن تخضع هذه الروابط لمتطلبات الوصول الشامل، والحماية من الحريق والإخلاء، والفصل بين اتجاهات الحركة (ITDP, 2018)، وألا تعتمد على نقطة دخول أو خروج واحدة (اللجنة الوطنية لكود البناء السعودي، 2024). ويعرض الشكل 5 التصور المكاني لتوزيع المباني حول محطتي منى 1 ومنى 2 و مزدلفة 3 ومحاور ربطها بأرصفة المحطة بينما يعرض الشكل رقم 6 قطاعاً عرضياً يوضح توزيع مكونات المشروع الخدمية السكنية على الأدوار مع المحافظة على الاستعمالات الأرضية الحالية.



شكل رقم 5: موقع عام لمحطات القطار يوضح فكرة رفع الكفاءة الوظيفية للعمران من خلال زيادة الكثافة البنائية والسكانية للمنطقة المحيطة. (المصدر: الباحثين تم تطويرها عن مصور فضائي Google, 2025).

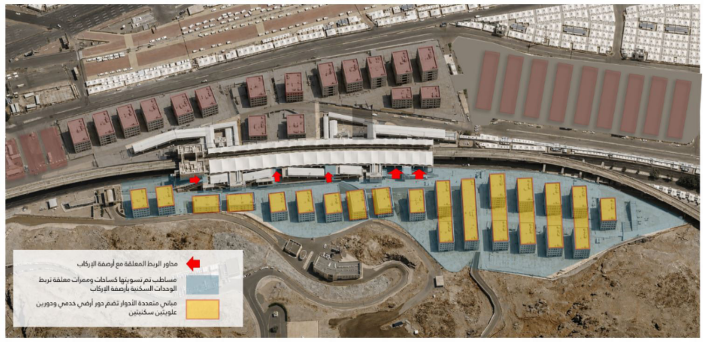


شكل رقم 6: قطاع رأسي يوضح توزع المكونات الخدمية للمباني وآلية الربط بين المحطة والمباني المقترحة.

2.5. توظيف المناطق الجبلية إلى جنوب من المحطات:

كما تقترح الدراسة استثمار أجزاء مختارة من المنطقة الجبلية جنوب خط القطار من خلال مصاطب ومباني متدرجة تصل إلى منسوب قريب من مستوى أرصفة الركوب، بما يرفع الكفاءة الوظيفية والكثافة البنائية لنطاق المحطة ويستفيد من فروق المناسيب بدلاً من التعامل معها كعائق فقط. غير أن هذا التدخل يجب أن يسبقه تحليل جيوتقني وإنشائي وهيدرولوجي تفصيلي يختبر استقرار المنحدرات وتصريف مياه الأمطار وتأثير أعمال القطع والردم على المنشآت القائمة.

ويؤكد الديماتي (Eldamaty, 2025) أهمية توظيف نماذج الارتفاعات والانحدار في دعم قرارات التطوير في وادي منى، إلى جانب الالتزام بمتطلبات السلامة والإخلاء الواردة في كود البناء السعودي (اللجنة الوطنية لكود البناء السعودي، 2024). ويعرض الشكل رقم 7 آلية زيادة المساحة المستغلة جنوب خط القطار بعمل تسويات يتم تصميمها بما يتلاءم مع ظروف كل موقع.



شكل رقم 7: مقترح رفع الكفاءة البنائية بتسوية المناطق الجبلية واضافة مباني متعددة الطوابق يتم ربطها مع محطات القطار في منسوب أرصفة الاركاب. (المصدر: الباحثين تم تطويرها عن مصور فضائي (Google, 2025)).

6. مرحلية الحلول والتدرج التجريبي:

نظرًا للحساسية المكانية والتشغيلية لمشعر منى، وضخامة كثافات الحشود خلال فترات زمنية محدودة، لا ينبغي الانتقال المباشر من التصور التخطيطي إلى التنفيذ الدائم للحلول المقترحة. بل يجب إخضاع كل تدخل لمسار مرحلي يبدأ بالتشخيص والمحاكاة، ثم الاختبار المحدود، فالتجريب التشغيلي المنضبط، وصولًا إلى التوسع أو التثبيت الدائم. ويعكس هذا المسار جوهر العمران التكتيكي بوصفه أداة للتعلم المؤسسي وخفض مخاطر الاستثمار، وليس مجرد وسيلة لتنفيذ منشآت مؤقتة منخفضة التكلفة. وتؤكد دراسات العمران التكتيكي أن قيمة التدخل التجريبي ترتبط بوجود فرضية قابلة للاختبار، وخط أساس واضح، ومؤشرات أداء قابلة للقياس، وآلية محددة للانتقال من التجربة إلى التعديل أو التوسع أو الإلغاء. كما توصي استراتيجيات التصميم المرحلي بالانتقال من المواد والعناصر المؤقتة إلى التدخلات شبه الدائمة، ثم إلى التصميم النهائي بعد إثبات الأداء الفعلي (Lydon & Garcia, 2015; Bertolini, 2020; NACTO, 2012.). وبناءً على ذلك، تقترح الدراسة تنفيذ الحلول العمرانية الواردة في القسم السابق من خلال المراحل التنفيذية الآتية:

1.6. المرحلة الأولى: بناء خط الأساس وتحديد فرضيات الاختبار:

تسبق هذه المرحلة أي تدخل مادي، وتهدف إلى توصيف الوضع الراهن مكانيًا وتشغيليًا وتحديد المشكلة التي يفترض أن يعالجها كل حل. ويجري خلالها إنشاء قاعدة بيانات جغرافية وتشغيلية موحدة تتضمن التوزيع المكاني لأعداد الحجاج والطاقة الاستيعابية، لكل محطة ونطاق خدمة، ومسافات المشي الفعلية بين المخيمات والمحطة وزمن الرحلة إلى رصيف الإركاب، ومواقع تقاطع المشاة مع الحافلات والمركبات الخدمية، ومناسيب الأرض واستقرار المنحدرات ومسارات تصريف مياه الأمطار في المواقع الجنوبية.

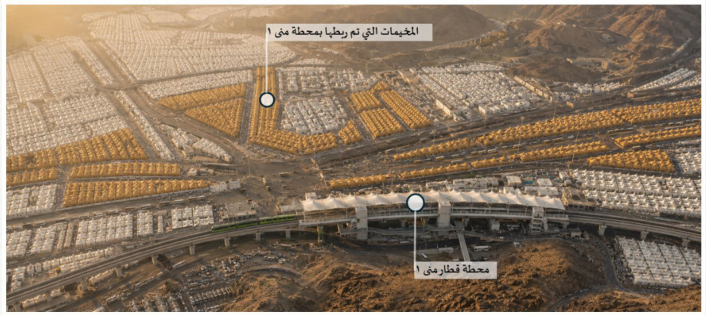
2.6. المرحلة الثانية: المحاكاة التشغيلية للحل الكامل:

تبدأ التجارب بأقل التدخلات المادية تأثيرا على الوضع القائم بالمخيمات وأكثرها قابلية للتعديل. وتشمل محاكاة مواقع الجسور والمصاعد ومناطق الانتظار قبل إنشائها. ويمكن تطبيق هذه المرحلة من خلال: إنشاء نموذج رقمي لحركة الحجاج بين المخيمات والمحطات، وإجراء تجارب ميدانية خارج فترة الذروة باستخدام مجموعات محدودة تمثل خصائص الحجاج المختلفة، وتمثيل الممرات العلوية المقترحة افتراضيًا أو أرضيًا، وقياس أثرها المتوقع في توزيع التدفقات، واختبار برامج تفويج زمنية بديلة وربطها بمواعيد القطارات والطاقة المتاحة على الأرصفة، بالإضافة إلى عمل سيناريوهات التعطل أو إغلاق أحد المسارات أو خروج مصعد من الخدمة.

3.6. المرحلة الثالثة: النموذج التجريبي محدود النطاق

بعد اجتياز المحاكاة ومراجعة السلامة، تقترح الدراسة تنفيذ نموذج تجريبي يتم تنفذه على محطة منى 1 شريطة لا يقتطع في مرحلته التجريبية من مخيمات السكن ولا ينتقص من الخدمات سواء بالمخيمات او محطة القطار ويستهدف حجاج المخيمات التي تتقاطع مساراتها مع مسارات حركة الحافلات والأبعد مسافة.

وفيما يلي عرض لمراحل تنفيذ رفع الكثافة حول محطات القطار والتي تقترح الدراسة أن تتم من خلال رفع الكثافة حول محطات القطار بإنشاء نطاق عمراني متكامل من منشآت خفيفة متعددة الطوابق يتم ربطها بأرصفة الاركاب المعلقة بشكل مباشر. وقد تم اختيار محطة منى 1 والتي تتحقق فيها المعايير السابقة. والشكل رقم 8 يعرض نموذج ثلاثي الابعاد لمنطقة المخيمات التي تم تخصيص محطة منى 1 لخدمة حجاجها والذين بلغ عددهم كما جاء بخطة التفويج 105,00حاج.



شكل رقم 8: لقطة منظورية تعرض محطة قطار منى 1 والخيام المخصصة لنقل الحجاج بالقطار في الوضع الراهن.

وتقترح الدراسة التدرج وفقا للمراحل التالية:

1. المرحلة الأولى (الاختبار المحدود): يتم خلالها بناء منشآت معدنية خفيفة سريعة التركيب يتم إنشاؤها من أربعة طوابق كما هو موضح بالشكل رقم 9 بطاقة استيعابية 12,500 حاج.

ويختبر من خلال تلك المرحلة مؤشرات الأداء نقل جزء من إقامة الحجاج إلى نطاق أقرب للمحطة، مثل العلاقة بين عدد المقيمين والحصة التشغيلية المخصصة للمحطة، وقدرة الحركة الرأسية داخل المباني. وأزمنة خروج الحجاج وتوزيع كثافاتهم على الممرات. وأساليب التحكم في حركة الحشود ومدى رضا المستفيدين عن انخفاض مسافة المشي ومدى الحاجة إلى ساحات التفويج الأرضية (Shehata, 2016).



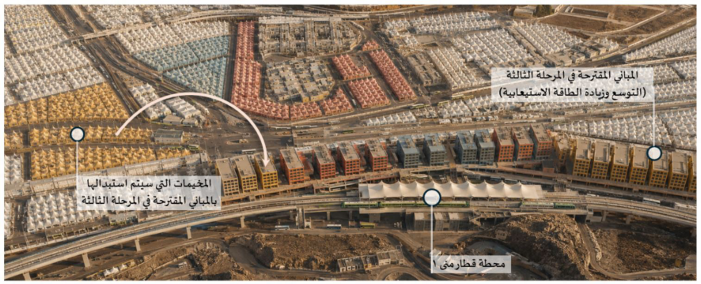
شكل رقم 9: لقطة منظورية تعرض المباني المقترحة و المخيمات التي سيتم استبدالها في مرحلة الاختبار المحدود.

2. المرحلة الثانية (التشغيل التجريبي المنضبط) : بعد تقييم مؤشرات الأداء ونتائج الاختبار المحدود واجراء التطوير المطلوب وفقا لنتائج تلك الدراسة، يتم البدء في مرحلة التشغيل التجريبي المنضبط والتي يعرضها الشكل رقم 10وتتضمن رفع استيعابية المشروع بما يعادل 25,000 حاج. وبعد تحليل ودراسة أثر رفع الطاقة الاستيعابية ومدى تحقق متطلبات الإخلاء والحماية من الحريق وإتاحة الاستخدام الواردة في الأكواد الهندسية الحاكمة لعمليات الإخلاء والحماية من الحرائق والتحكم بالحشود، واتخاذ أي إجراءات تشغيلية لازمة لرفع الكفاءة الوظيفية للمشروع (Shehata, 2016).



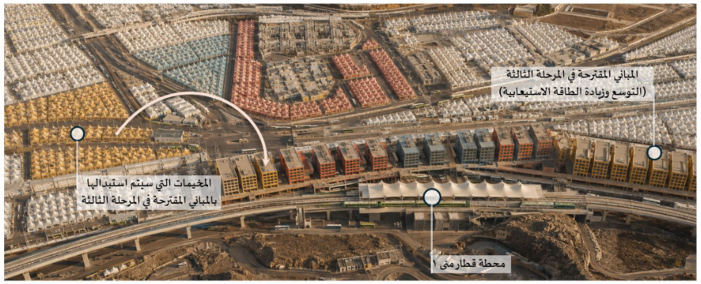
شكل رقم 10: لقطة منظورية تعرض مرحلة التشغيل التجريبي المنضبط لزيادة الطاقة الاستيعابية للحل المقترح.

3. المرحلة الثالثة (التوسع وزيادة الطاقة الاستيعابية) : تتضمن تلك المرحلة إضافة منشآت لاستيعاب 28,000 حاج والتي يعرضها الشكل رقم 11، ضمن دائرة مشي تقدر ب 250 متر ومع توفير مداخل للوحدات السكنية في نفس منسوب الدور الأرضي ومنسوب ارصفة الاركاب وضمان تدرج كامل في دراسة آليات التحكم وإدارة حركة الحشود وسلامة المستخدمين..



شكل رقم 11: لقطة منظورية تعرض مرحلة التوسع وزيادة الطاقة الاستيعابية لنقل تبعية جانب من حجاج الخيام إلى المباني المقترحة.

4. المرحلة الرابعة (التنفيذ الكاملة للمشروع): خلال هذه المرحلة يتم تنفيذ الطاقة الاستيعابية الكاملة للمحطة (120,000 حاج) من خلال تنفيذ سياسة التسوية للمنطقة الجبلية لتحقيق التوازن في عمليات التحميل والتنزيل بين أرصفة المحطة الجنوبية والشمالية ويعرض الشكل رقم 12 منشآت كامل المشروع والذي يتضمن إضافة منشآت لاستيعاب 55,000 حاج. وبهذا يكون قد تم استيعاب نفس عدد الحجاج بالمخيمات وهي تشكل طاقة مضافة لاستيعابية مشعر منى مع الحفاظ على كامل ساحات وخدمات محطة القطار المستهدفة بالتطوير (منى 1).



شكل رقم 12: لقطة منظورية تعرض مرحلة التوسع وزيادة الطاقة الاستيعابية لنقل تبعية جانب من حجاج الخيام إلى المباني المقترحة.

تجدر الإشارة أن المقترح يتضمن تنفيذ وصلات علوية أو ممرات لربط المباني مع بعضها البعض، مع مراعاة المتطلبات الإنشائية ومتطلبات الحريق والإخلاء والوصول الشامل. ويقاس أثر تنفيذ مراحل المشروع بعد التجريب الأول والثاني والثالث في تقليل مسافات المشي والحاجة الانتقالات الرأسية المتكررة. وخفض الحاجة لساحات التفويج الأرضية، ومنع تركز الحشود عند نقطة اتصال المباني بالأرصفة، مع الحفاظ على ربط أرصفة الاركاب بالمحطات بمنسوب الطريق من خلال المنحدرات الحالية وإعادة توظيف ساحات التفويج الحالية.

8. الخلاصة

خلصت الدراسة إلى أن التحدي الرئيس في منطقة مخيمات منى لا يرتبط بنقص البنية التحتية للنقل وحده، وإنما بوجود اختلال مكاني ووظيفي بين توزيع إسكان الحجاج وتوزيع محطات قطار المشاعر. فقد أدى تمركز المحطات في الجانب الجنوبي وتركز غالبية المخيمات شمال مسار القطار إلى امتداد مسافات المشي، وعبور الحجاج لمحاور حركة الحافلات والطرق السطحية، وتكوين نقاط تعارض واختناق خلال الفترات الحرجة. كما ساهم ارتفاع أرصفة القطار عن مستوى الأرض، والطبيعة الطوبوغرافية المحيطة، وانخفاض الكثافة البنائية للمخيمات، في زيادة المساحات الأرضية المطلوبة للتفويج والصعود إلى المحطات.

وتبين الدراسة أن معالجة هذا الاختلال تتطلب الانتقال من مفهوم المحطة المنفصلة التي تخدم مخيمات بعيدة إلى مفهوم نطاق المحطة المتكامل، بحيث ترتبط الطاقة الاستيعابية للإقامة بالطاقة التشغيلية للنقل، وتربط مباني السكن بالأرصفة على مناسيب متقاربة، وتفصل تدفقات المشاة عن حركة الحافلات، وتوزع نقاط الدخول والخروج بما يقلل تركّز الحشود.

كما أظهرت الحلول المقترحة إمكانية رفع الكفاءة المكانية لمنظومة قطار المشاعر من خلال أربع مسارات متكاملة:

1. رفع الكثافة البنائية والإسكانية في النطاق المباشر حول المحطات.
2. إنشاء روابط علوية مباشرة بين مباني الإقامة وأرصفة القطار.
3. استثمار بعض المواقع الجنوبية والمناطق الجبلية بواسطة مبانٍ متدرجة ومصاطب مدروسة.
4. توسيع نطاق خدمة القطار من خلال تطوير محيط محطة مزدلفة (3) ودراسة إضافة محطة في الحيز غير المخدوم.

ويقدم العمران التكتيكي في هذا السياق منهجاً انتقالياً بين التخطيط والتنفيذ، إذ يسمح باختبار المسارات والعلاقات الرأسية وأنظمة التوجيه والفصل بين التدفقات قبل تحويلها إلى عناصر دائمة. غير أن نجاح هذا المنهج مشروط بوجود قياس منهجي للأداء، وإدارة مؤسسية موحدة، وربط واضح بين نتائج الاختبارات والقرارات الاستثمارية طويلة المدى.

وتؤكد الأدبيات أن قيمة التجارب العمرانية لا تتحقق بمجرد كونها مؤقتة، وإنما بقدرتها على إحداث تعلم مؤسسي وتغيير مستدام في منظومة الحركة والتخطيط. (Bertolini, 2020).

9. التوصيات:

بناءً على نتائج الدراسة، توصي الدراسة بما يلي:

أولاً: توصيات عاجلة للتخطيط والتحليل:

- إعداد مخطط تكاملي لمحطات قطار المشاعر ومناطق الإسكان، يتعامل مع المحطة والمخيمات وشبكات المشاة والحافلات بوصفها منظومة مكانية واحدة.

- إنشاء قاعدة بيانات جغرافية موحدة تشمل مواقع الحجاج، والطاقة الاستيعابية، ومواعيد التفويج، ومسارات المشاة، وحركة الحافلات، والطبوغرافيا، ومرافق الطوارئ، وربطها بمنصة تشغيلية آنية.

- إجراء محاكاة متكاملة للحشود والنقل لكل بديل مقترح، بحيث تشمل الوصول إلى المحطة، والانتظار، والدخول إلى الرصيف، والصعود إلى القطار، وليس الطاقة النظرية للرصيف أو القطار فقط.

- إعداد دراسة تفصيلية لنطاق خدمة كل محطة تستند إلى زمن الوصول الفعلي، والانحدار، والحرارة، والعمر والقدرة الحركية للحجاج، بدلاً من الاعتماد على مسافة أفقية ثابتة وحدها.

ثانياً: توصيات التدخل التجريبي:

- اختيار محطة واحدة لتطبيق مشروع تجريبي متكامل، يتضمن تحسين الإرشاد، وفصل حركة المشاة، وتعديل مناطق الانتظار، واختبار رابط مباشر مع أحد مباني الإقامة المقترحة.

- تنفيذ التجارب على مراحل تبدأ بالمحاكاة والتنفيذ الجزئي، ثم التشغيل المحدود، ثم التوسع التدريجي، مع إجراء مراجعة مستقلة للسلامة قبل كل مرحلة.

- اعتماد آلية موحده لتقييم التدخلات مع تحديد خط الأساس، ومؤشرات النجاح، ومدة التجربة، والجهة المسؤولة عن القياس، وشروط التحويل إلى حل دائم.

ثالثاً: توصيات التطوير العمراني:

- إعطاء الأولوية لتطوير المناطق المحيطة بمحطات القطار بوحدات إقامة متعددة الطوابق، بشرط ربط عدد الحجاج المقيمين بالطاقة التشغيلية المعتمدة للمحطة.

- إنشاء الممرات المعلقة المباشرة بين مباني الإقامة والأرصفة، مع الفصل بين اتجاهي الوصول والمغادرة كلما سمحت الظروف المكانية.

- إعادة تقييم ساحات التفويج الأرضية بعد تنفيذ الربط المباشر، وإعادة توظيف المساحات المستعادة في الإقامة أو الخدمات أو مسارات الطوارئ.

- إجراء دراسات جيوتقنية وإنشائية وبيئية تفصيلية قبل تطوير سفوح المنطقة الجنوبية، مع المحافظة على استقرار المنحدرات، وتصريف مياه الأمطار، وخصوصية المنشآت القائمة.

- إعداد مخطط تفصيلي لمحيط محطة مزدلفة (3) يحدد مواقع الإقامة المقترحة، وعلاقاتها بمواقف الحافلات واستراحات النزول، ومسارات الإخلاء والوصول إلى المحطة.

- دراسة جدوى المحطة الإضافية المقترحة في ضوء تأثيرها في زمن التوقف، والفاصل الزمني بين القطارات، والطاقة الاستيعابية للخط، وتوزيع الطلب على المحطات الأخرى، فلا ينبغي اعتماد محطة جديدة اعتماداً على الفجوة الجغرافية وحدها.

رابعاً: توصيات السلامة وجودة تجربة الحاج:

- الفصل المكاني بين حركة المشاة والحافلات في نقاط التعارض الحرجة، واستخدام الفصل الزمني فقط في المواقع التي يتعذر فيها الفصل الإنشائي.

- تطبيق مبادئ التصميم الشامل في جميع المسارات، بما يشمل الانحدارات المناسبة، والمصاعد، والأسطح غير المنزلقة، ومناطق الراحة، والتوجيه البصري، والسمعي.

- رفع مستوى الراحة الحرارية من خلال تظليل المسارات ومناطق الانتظار، وتقليل زمن التعرض الخارجي، وتوزيع نقاط المياه والإسعاف بصورة مرتبطة بحركة الحجاج.

- مراقبة كثافات الحشود وسرعاتها واتجاهاتها لحظياً، وربط أنظمة الاستشعار بغرفة التحكم لاتخاذ إجراءات مبكرة قبل وصول التدفقات إلى حالات التوقف والازدحام الحرج.

وبذلك، لا تقتصر القيمة التخطيطية للحلول المقترحة على زيادة الطاقة الاستيعابية أو تقليل مسافة المشي، بل تتمثل في إعادة بناء العلاقة بين الإسكان والنقل والتفويج ضمن منظومة مكانية متعددة المستويات، قادرة على التكيف مع تغير أعداد الحجاج وخطط التشغيل، وقابلة للتطوير التدريجي من تدخلات تكتيكية مقاسة إلى مشروعات هيكلية مستدامة..

المراجع

- اللجنة الوطنية لكود البناء السعودي. (2024). الكود السعودي العام: SBC 201-CR-2024. المركز السعودي لكود البناء. تم تحميل المرجع في 2026/7/5 من الرابط التالي: https://view.protectedpdf.com/qhxkte

- رؤية السعودية 2030. (2021). خطة تنفيذ برنامج خدمة ضيوف الرحمن 2021-2025. وثيقة برنامج تحقيق الرؤية. تم التحميل في 2026/7/5 من الرابط التالي: https://www.iau.edu.sa/sites/default/files/vission2030sheetaabic.pdf

- شحاتة أحمد والظواهري عمرو. (2023). توظيف الامكانات العمرانية الكامنة بمنى في خدمة زوار مكة المكرمة. أبحاث المؤتمر الدولي الرابع عشر حول الهندسة والعمارة والتكنولوجيا. المجلد 1. العدد 1. https://doi.org/10.21625/baheth.v1i1.190 IEREK Press

- وزارة الحج والعمرة. (2025). الخطة التشغيلية لمنظومة التفويج وإدارة الحركة لموسم حج

1446هـ (وثيقة تشغيلية غير منشورة).

- A. H. Salama, A. Wanas, and N. M. Abdel-Moneim, (2023). Transforming Cairo's downtown with tactical urbanism: Translating informal activities into formal enhancements for a thriving urban life, Ain Shams Engineering Journal, Sept. 2023, https://doi.org/10.1016/j.asej.2023.102504.

- A. J. C. Fontes, R. R. de Mattos, C. R. Ferraz, and L. R. O. Santos, (2025). "Projeto da(na) rua," Seminario Internacional de Investigación en Urbanismo, Jan, https://doi.org/10.5821/siiu.12874.

- Bertolini, L. (2020). From "streets for traffic" to "streets for people": Can street experiments transform urban mobility? Transport Reviews, 40(6), 734-753. https://doi.org/10.1080/01441647.2020.1761907

- Eldamaty, T. A. (2025). Urban analysis with GIS and remote sensing techniques to aid the development process: A case study of Mina Valley, Mecca, KSA. Journal of Umm Al-Qura University for Engineering and Architecture, 16, 501-509. https://doi.org/10.1007/s43995-025-00122-3

- Emad Felemban, Adil A. Sheikh, Atif Naseer. (2021). Improving Response Time for Crowd Management in Hajj. Computers, MDPI. https://doi.org/10.3390/computers10040046

- F. Jiang, S. Ware, and W. Gao, (2019). Crossing Boundaries–Tactical Urbanism Practices in Guangzhou City, KnE Social Sciences, pp. 134-148-134–148, Nov. 2019, https://doi.org/10.18502/KSS.V3I27.5522

- Helbing, D., Johansson, A., & Al-Abideen, H. Z. (2007). Dynamics of crowd disasters: An empirical study. Physical Review E, 75, 046109. Retrieved in 25/6/2026 from: https://doi.org/10.1103/PhysRevE.75.046109

- Hend Yassin. (2019). Livable city: An approach to pedestrianization through tactical urbanism, Alexandria Engineering Journal 58(1). https://doi.org/10.1016/j.aej.2019.02.005

- Institute for Transportation and Development Policy (ITDP) & UN-Habitat. (2018). Streets for walking and cycling: Designing for safety, accessibility, and comfort in African cities. Retrieved in 25/6/2026 from: https://itdp.org/publication/africa-streets-walking-cycling/

- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (NASEM). (2026). Transit Capacity and Quality of Service Manual, 4th edition, Washington, DC: The National Academies; https://doi.org/10.17226/29449

- Lydon, M., & Garcia, A. (2015). Tactical urbanism: Short-term action for long-term change. Island Press. Retrieved in 1/7/2026 from: https://doi.org/10.5822/978-1-61091-567-0

- National Association of City Transportation Officials (NACTO). (2012). Interim design strategies: From pilot to permanent. Retrieved in 31/6/2026 from: https://nacto.org/publication/urban-street-design-guide/interim-design-strategies/

- R. E. Messeidy, (2019). Tactical Urbanism as an Approach to Reuse Residual Spaces, The Journal of Engineering Research, vol. 3, no. 12, pp. 41–47, https://doi.org/10.21608/ERJENG.2019.125750.

- Rossitti, M., Oppio, A., Torrieri, F., & Dell'Ovo, M. (2023). Tactical Urbanism Interventions for the Urban Environment: Which Economic Impacts? Land, 12, 1457. https://doi.org/10.3390/land12071457

- Shehata A. M. & El-Zawahry A. M. Z, (2016.) Post-occupancy evaluation of pilgrims' accommodation: a case study of Mina in Makkah city, WIT Transactions on Ecology and The Environment, Vol 204, https://doi.org/10.2495/SC160541

- World Health Organization (WHO). (2023). General health advice and guidelines for pilgrims. https://www.emro.who.int/media/news/general-health-advice-and-guidelines-for-pilgrims.html

- Yezli, S., Ehaideb, S., Yassin, Y., Alotaibi, B., & Bouchama, A. (2024). Escalating climate-related health risks for Hajj pilgrims to Mecca. Journal of Travel Medicine, 31(4), taae042. https://doi.org/10.1093/jtm/taae042

- Martin, M.; Hincks, S.; Deas, I.9. (2020). Temporary Use in England's Core Cities: Looking beyond the Exceptional. Urban Studies. V. 57(16), PP. 3381–3401. https://doi.org/10.1177/0042098019898076

- Bochra Hadj Kilani, Najem Dhaher, (2024) Tactical Urbanism: From Temporary Action to Sustainable Urban Regeneration, HAL open science, https://doi.org/10.32388/3WQAT5

- V. S.- Surya and A. Geetha, (2024). Tactical Urbanism: An Approach for Transportation Improvement," International Journal For Multidisciplinary Research, vol. 6, no. 2, https://doi.org/10.36948/ijfmr.2024.v06i02.17785.

محـــور

حوكمة البيانات وتبادل المعلومات بين الجهات

اكتساب وحمل البكتيريا المقاومة للمضادات الحيوية بين حجاج بيت الله الحرام: مراجعة منهجية وتحليل بعدي لحمل المكورات الرئوية

محمد عزت البيه[1]*، علاء طلال قمصاني[2] - [1]قسم الأحياء، الكلية الجموم الجامعية، جامعة أم القرى، [2]قسم علم الحيوان، كلية العلوم، جامعة المنصورة

Acquisition and Carriage of Antimicrobial-Resistant Bacteria Among Hajj Pilgrims: A Systematic Review and Meta-Analysis of Pneumococcal Carriage

Mohamed E. Elbeeh[1]*, Alaa Talal Qumsani[2] - [1]Department of Biology, Al-Jamoum University College, Umm Al-Qura University, [2]Department of Zoology, Faculty of Science, Mansoura University r Meteorology

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

الملخص

الخلفية. يجمع موسمُ الحج ما بين مليونين وثلاثة ملايين حاج قادمين من أكثر من 180 دولة، وهو وسطٌ معروف باكتساب البكتيريا المقاومة لمضادات الميكروبات (ARB) وانتشارها عالميًا [1،2]. وما نُشر من تجميعاتٍ سابقة كان وصفيًا نوعيًا، ولم يتناول التحليلُ البَعْدي الوحيد السابق سوى حمل النيسرية السحائية. وقد هدفنا إلى مراجعة انتشار حمل البكتيريا المقاومة واكتسابه بين الحجاج مراجعةً منهجية، وإلى تجميع النتائج كميًا حيثما كان ذلك مسوَّغًا من الناحية المنهجية. الطرائق. التزامًا ببيان PRISMA 2020 (البروتوكول مسجَّل في OSF Registries على الرابط https://osf.io/wna6j؛ وقد اكتمل التسجيل بعد بدء استخلاص البيانات، ويُفصَح عنه بوصفه تسجيلًا بأثر رجعي)، بحثنا في قواعد PubMed/MEDLINE وEurope PMC وCochrane CENTRAL وOpenAlex وSemantic Scholar حتى 6 أغسطس 2026 دون قيدٍ على اللغة، وتتبَّعنا مراجعَ الدراسات المشمولة، وتحقَّقنا من اكتمال البحث بمقابلته بقوائم الدراسات المشمولة في ثلاث تجميعاتٍ سابقة بحثت في Scopus وEmbase [14،15،48]. وشملت معاييرُ الأهلية الدراساتِ الأترابية (قبل-بعد) أو المقطعية التي تُبلِّغ عن حملٍ مؤكَّد بالاستزراع أو بالطرائق الجزيئية لدى الحجاج، مع بَسْطٍ ومقامٍ صالحَين للاستعمال. وقام مراجعان بالفرز والاستخلاص على نحوٍ مستقل، وخضعت جميعُ القيم وبيانات الاستشهاد للتحقق من مصادرها الأصلية، واستُبعِد تربٌ فرنسي مسحوب (PMID 33411174). وتُعرَض نِسَبُ الأتراب المفردة مع فترات ثقة 95 % محسوبة بطريقة ويلسون، واقتُصِر التجميع على الأتراب المستقلة التي قاست الكائنَ نفسه في التوقيت نفسه.

النتائج. شُمِلت سبع عشرة دراسة (مواسم 2004–2018). وكان الانتشار بعد الحج أعلى ما يكون لحمل نوع الراكدة البومانية (38.9 %؛ فترة ثقة 95 %: 29.5–49.2؛ بالاعتماد على الواسم الجوهري blaOXA-51، وهو ليس نمطًا ظاهريًا مقاومًا للكاربابينيم) وللمعويات المنتِجة لبيتا-لاكتاماز واسعة الطيف/CTX-M (32.6%؛ 26.7–39.0؛ مقابل 9.2 % قبل الحج)، وأدنى للمكورة العنقودية الذهبية المقاومة للميثيسيلين (10.2 %؛ 8.1–12.9) وللمعويات الحاملة للمورِّثة mcr-1 (9.1%؛ 6.0–13.7) وللسالمونيلا متعددة المقاومة (4.7 %؛ 2.1–9.8)؛ وجميعها تقديراتٌ من تربٍ واحد ينتمي إلى أسرة أتراب مرسيليا. وقد أظهر التحقق من المصادر أنَّ رقمَين نُشِراً بوصفهما «اكتسابًا» هما في حقيقتهما انتشارٌ بعد الحج، وقد أُعيدت تسميتهما هنا. ولم يُبلِّغ سوى مصدرَين عن الاكتساب الحادث بين الحجاج السالبين قبل الحج (المكورة العنقودية الذهبية المقاومة للميثيسيلين 8.3 %؛ 6.3–10.7، والمكورة الرئوية 6.2 %؛ 4.7–8.0). وكان حملُ المكورة الرئوية بالاستزراع بعد الحج هو الحصيلة الوحيدة القابلة للتجميع: 6.0 % (3.4–9.3) عبر أربعة أتراب مستقلة (ن = 3324)، مع تباينٍ شديد (I^2 = 92 %) فسَّره أصلُ الحاج وتصميمُ أخذ العينات تفسيرًا شبه كامل (حجاج جنوب آسيا وجنوب شرقها والسعودية 7.7 %؛ 6.8–8.8 و I^2 = 0 %، مقابل الحجاج الماليزيين 1.8 %؛ P < 0.001، أي ما يقارب 97 % من إحصاءة Q الكلية). وظلَّ التقدير النقطي ثابتًا تحت تحويل اللوجيت، وعند حذف دراسةٍ واحدة في كل مرة (5.3–7.7 %)، وبإضافة ترب خامس (6.3 %؛ 4.3–8.8)، غير أنَّ دقته لم تثبت: إذ اتسعت فترة هارتونغ-كناب إلى 1.7–12.7 %، وامتدَّت فترة التنبؤ 95 % من 0.2 % إلى 26.9 %. وارتفعت المقاومة المتعددة داخل المكورات الرئوية المحمولة من 11 % إلى 32 % بعد الحج في الترب الهندي (P = 0.0002).

الاستنتاجات. يرتبط الحجُّ باكتساب ملموس للبكتيريا المقاومة لمضادات الميكروبات، وعلى رأسها المعويات المنتِجة لبيتا-لاكتاماز واسعة الطيف/CTX-M. ولأنَّ التقديرات المعرَّفة بالمقاومة مستمدَّةٌ من أسرة أترابٍ واحدة، ولأنَّ الحصيلة الوحيدة القابلة للتجميع تعتمد على أصل الحاج بدلًا من أن تكون متجانسة، فينبغي أن توجِّه التفسيرَ تقديراتٌ

مُصنَّفة بحسب أصل الحجاج، لا رقمٌ مجمَّعٌ واحد. وتبقى الأولوية لدراسات حملٍ معيارية متعددة الجنسيات بتصميم قبل-بعد ومنهجياتٍ موحَّدة.

الكلمات المفتاحية: الحج؛ مقاومة مضادات الميكروبات؛ بيتا-لاكتاماز واسعة الطيف (ESBL)؛ المكورة العنقودية الذهبية المقاومة للميثيسيلين (MRSA)؛ الحمل الجرثومي؛ الاكتساب؛ التجمعات البشرية الكبرى؛ مراجعة منهجية؛ تحليل بَعْدي.

Abstract

Background. The Hajj gathers two to three million pilgrims from more than 180 countries and is a recognised setting for the acquisition and global dissemination of antimicrobial-resistant bacteria (ARB) [1,2]. Existing syntheses are qualitative, and the only prior meta-analysis addressed Neisseria meningitidis carriage. We aimed to systematically review, and where methodologically defensible to pool, the prevalence and acquisition of ARB carriage among pilgrims.

Methods. Following PRISMA 2020 (protocol on OSF Registries, https://osf.io/wna6j; registration completed after data extraction had begun and disclosed as retrospective), we searched PubMed/MEDLINE, Europe PMC, Cochrane CENTRAL, OpenAlex and Semantic Scholar to 6 August 2026 without language restriction, citation-chased included studies, and cross-checked completeness against the included-study lists of three prior syntheses that had searched Scopus and Embase [14,15,48]. Eligible studies were cohort (before-after) or cross-sectional studies reporting culture- or molecular-confirmed ARB carriage in pilgrims with a usable numerator and denominator. Two reviewers screened and extracted independently; all values and citation metadata were source-verified, and a retracted French cohort (PMID 33411174) was excluded. Single-cohort proportions are reported with Wilson 95% confidence intervals (CIs); pooling was restricted to independent cohorts measuring the same organism at the same timepoint.

Results. Seventeen studies (2004-2018 seasons) were included. Post-Hajj prevalence was highest for A. baumannii species carriage (38.9%, 95% CI 29.5-49.2; intrinsic blaOXA-51 marker, not a carbapenem-resistant phenotype) and ESBL/CTX-M-producing Enterobacterales (32.6%, 26.7-39.0; pre-Hajj 9.2%), and lower for MRSA (10.2%, 8.1-12.9), mcr-1 Enterobacterales (9.1%, 6.0-13.7) and MDR Salmonella (4.7%, 2.1-9.8); all are single-cohort estimates from one Marseille cohort family, and source-verification showed that two figures published as 'acquisition' are in fact post-Hajj prevalence and are relabelled here. Only two sources report incident acquisition among pre-Hajj-negative pilgrims (MRSA 8.3%, 6.3-10.7; S. pneumoniae 6.2%, 4.7-8.0). Post-Hajj S. pneumoniae culture carriage was the only poolable outcome: 6.0% (3.4-9.3) across four independent cohorts (n=3,324) with extreme heterogeneity (I-squared 92%) that pilgrim origin and sampling design explained almost entirely (South/Southeast-Asian and Saudi 7.7%, 6.8-8.8, I-squared 0%, versus Malaysian 1.8%; P<0.001, about 97% of total Q). The point estimate was stable under a logit transform, leave-one-out omission (5.3-7.7%) and a fifth cohort (6.3%, 4.3-8.8), but its precision was not: the Hartung-Knapp interval widened to 1.7-12.7% and the 95% prediction interval spanned 0.2-26.9%. Multidrug resistance within carried pneumococci rose from 11% to 32% after the Hajj in the Indian cohort (P=0.0002).

Conclusions. The Hajj is associated with substantial acquisition of ARB, most markedly ESBL/CTX-M-producing Enterobacterales. Because the resistance-defined estimates derive from a single cohort family and the one poolable outcome is origin-dependent rather than homogeneous, origin-stratified estimates rather than a single pooled figure should guide interpretation. Standardised, multinational, before-after carriage studies with harmonised methods are the priority.

Keywords: Hajj; antimicrobial resistance; ESBL; MRSA; carriage; acquisition; mass gatherings; systematic review; meta-analysis.

1. Introduction

The Hajj is among the largest recurrent human mass gatherings worldwide, bringing two to three million pilgrims from more than 180 countries into intense, prolonged contact within the Holy Sites over a few days [1-2]. Antimicrobial resistance is among the leading global health threats, associated with an estimated 1.27 million deaths attributable to bacterial AMR in 2019 [3], and mass gatherings pose distinctive transmission risks for communicable disease [4-5]. This density, together with shared accommodation, high antibiotic use, and the mixing of microbial flora from every continent, creates conditions favourable to the acquisition and onward, cross-border dissemination of antimicrobial-resistant bacteria (ARB) [2,6]. Primary cohort studies have repeatedly reported acquisition of extended-spectrum beta-lactamase-producing Enterobacterales (ESBL-E), methicillin-resistant Staphylococcus aureus (MRSA), and multidrug-resistant Gram-negative organisms carrying determinants such as blaCTX-M, blaNDM and mcr-1 [7] during the pilgrimage [8-13]. However, existing evidence syntheses on AMR at the Hajj are qualitative — two systematic reviews [14,48] and a scoping review [15] — and the only published meta-analysis is limited to Neisseria meningitidis carriage [16]. No study has quantitatively synthesised the prevalence and acquisition of ARB carriage

among pilgrims. We addressed this gap and — recognising that the primary evidence is dominated by a single cohort family and that only post-Hajj pneumococcal carriage was measured in several independent cohorts — pooled only where independent cohorts allowed a defensible estimate. We therefore frame this work as a systematic review with an (exploratory) meta-analysis of pneumococcal carriage.

2. Materials and Methods

2.1. Protocol and registration:This systematic review and meta-analysis followed the PRISMA 2020 statement [17]. The protocol was prepared in accordance with PRISMA-P and registered on OSF Registries (https://osf.io/wna6j). We disclose without qualification that the registration was completed after data extraction had begun, and that the review is therefore retrospectively registered. To allow readers to judge what this does and does not compromise, we state explicitly which elements were fixed before any data were extracted and which were not. The research question, the eligibility criteria, the definition of acquisition (new carriage post-Hajj among participants negative pre-Hajj), the requirement for a usable numerator and denominator, the exclusion of retracted articles, the dual independent screening and extraction procedure, and the rule that pooling would be attempted only across independent cohorts measuring the same organism at the same timepoint were all specified before extraction and are unchanged. The subgroup analysis by pilgrim origin was pre-specified as exploratory. Three analytical decisions were taken after the data were seen and are reported here as post-hoc rather than pre-specified: the choice of the Freeman-Tukey double-arcsine transformation, the addition of REML/Hartung-Knapp and prediction intervals in response to the small number of cohorts, and the decision not to compute a cross-organism pooled estimate. Because the review pools published aggregate counts that were fixed before this work began, and because every extracted value is source-verified and the analysis script is deposited, the scope for outcome-reporting bias is limited; nonetheless, retrospective registration remains a genuine methodological limitation and is restated in Section 5. The registration record, the verified dataset, the source-verification log, the search log and the analysis script are publicly accessible as Supplementary Material.

2.2. Eligibility criteria: We included cohort (before-after) or cross-sectional studies reporting culture- or molecular-confirmed ARB carriage in Hajj pilgrims with a usable numerator and denominator. We excluded reviews, case reports (<5 participants), studies of hospital clinical isolates without a pilgrim denominator, environmental/animal-only samples, and retracted articles; the retracted 2017/2018 French cohort (PMID 33411174; Retraction Note PMID 39612141) [18] was excluded throughout.

2.3. Information sources and search: The search was completed on 6 August 2026 and is reported in full in Supplementary Material S1 (search log), which gives every database, the verbatim query string, the date run and the number of records returned. We searched five bibliographic sources without language restriction: PubMed/MEDLINE, Europe PMC, the Cochrane Library CENTRAL, OpenAlex and Semantic Scholar. Search terms combined the setting (Hajj OR Umrah OR pilgrim* OR Makkah OR Mecca), organisms and resistance determinants (ESBL OR "extended-spectrum beta-lactamase" OR MRSA OR carbapenem* OR blaCTX-M OR blaNDM OR mcr-1) and the outcome (carriage OR coloni* OR acquisition OR prevalence). We additionally citation-chased the reference lists of all included studies and of relevant reviews. The five sources returned 1,817 records (Europe PMC 1,029; OpenAlex 403; Semantic Scholar 307; PubMed/MEDLINE 77; CENTRAL 1); after removal of 469 duplicates, 1,348 unique records were screened, 32 full texts were assessed, and 16 studies were included from database searching (Figure 1). One point of detail is stated so that the coverage window is unambiguous: the PubMed/MEDLINE query retained the protocol-specified cut-off of 1 January 2026, whereas the other four sources were run without a date cap to 6 August 2026. Because Europe PMC indexes the whole of MEDLINE, no MEDLINE record published between those two dates could have been missed; the Europe PMC arm covers that window. We report transparently that Scopus, Embase and Web of Science could not be searched directly, because these three subscription indices were not available to the authors through the Saudi Digital Library at any point during the review. Rather than leave the search incomplete, we closed this gap in two ways, both of which are auditable from the Supplementary Material. First, we searched OpenAlex, an open bibliographic index built from Crossref, PubMed and repository deposits whose reference and record coverage has been shown to equal or exceed that of Web of Science and Scopus [49], together with Semantic Scholar; these are the closest available open equivalents of the missing indices and, unlike PubMed, they index journals outside MEDLINE. Second, we performed a formal completeness cross-check against the included-study lists of the three prior evidence syntheses of AMR at the Hajj that did search Scopus and/or Embase: a systematic review that searched Cochrane, MEDLINE, Scopus and Embase and screened 5,559 titles to include 44 studies [48], a scoping review that screened 2,214 records to include 51 studies [15], and an earlier systematic review that searched PubMed, Scopus and Google Scholar to include 31 publications [14]. We extracted every included-study list in full (126 study slots in total), applied our own eligibility criteria to each, and identified 13 unique primary studies of pilgrim carriage that met our criteria. Twelve of those 13 studies (92.3%) were already in our included set. The single study we had not retrieved was Mohd Baharin et al. 2021 [47], a cross-sectional PCR survey of 189 returning Malaysian Hajj pilgrims published in a Scopus-indexed but non-MEDLINE journal; it has now been

screened, source-verified and included, bringing the total to 17 studies. This is precisely the class of record that a PubMed-anchored search is expected to miss, and its recovery is the direct evidence that the gap has been closed rather than argued away. The cross-check also runs in the opposite direction: four of our included studies (Benkouiten 2014 [29], Ismail 2017 [35], Azeem 2017 [36] and Badahdah 2020 [38]) appear in none of the three Scopus- or Embase-searched syntheses, so the union of our search and theirs is larger than either alone. Accordingly, we no longer describe any estimate as awaiting a further database search; the search is complete as reported, and the residual uncertainty in the pooled estimate is a function of the number and heterogeneity of the primary cohorts, not of the search. Screening procedure. All 403 records retrieved by OpenAlex, and every record from any source whose title or abstract contained a setting term (Hajj, Umrah, pilgrim, Makkah or Mecca), were adjudicated individually by both reviewers. The remaining high-volume, low-yield records - overwhelmingly hospital and community microbiology reports matching a resistance term alone - were triaged by an explicit, pre-specified keyword algorithm whose rules and per-record decisions are published in the screening log so that any reader can re-run or contest them; a safety scan of the 51 records carrying a carriage term without a setting term confirmed that none described a pilgrim population. All 32 full texts were read in full by both reviewers.

2.4. Study selection, data extraction and verification: Two reviewers (A.T.Q. and M.E.E.) independently screened titles/abstracts and full texts and independently extracted study metadata, N, pre/post/acquisition counts, specimen, detection method and breakpoint; disagreements were resolved by consensus, and per-record decisions and reviewer agreement are documented in the Screening Log (Supplementary S3). Every extracted value was source-verified against the primary full text, and — in this revision — each citation's bibliographic metadata (authors, journal, year, volume/issue and DOI) was additionally verified against PubMed and CrossRef, in a documented verification log (Supplementary Verification Report). The log records discrepancies and their resolution, including correction of the mcr-1 figures (the denominator of 218 previously used belongs to a different report; the source itself gives 2/129 before and 11/129 after the Hajj in 2013 and 1/92 before and 9/90 after in 2014), relabelling of two published 'acquisition rates' that are in fact post-Hajj prevalence, correction of a mislabelled Escherichia coli denominator that is in fact an ETEC denominator, confirmation that the retracted study was excluded, and confirmation that the Benkouiten 2012 nasal pneumococcal dataset (reference 29) is represented once only. The verified dataset distinguishes studies, cohort datasets and organism-level observations to avoid ambiguity in counting, and is provided in full so that selection and extraction can be independently audited.

2.5. Risk of bias and certainty: Cross-sectional prevalence estimates were appraised with the Joanna Briggs Institute (JBI) checklist [19] and before-after cohort studies with the Newcastle-Ottawa Scale (NOS) [20]; a per-study, domain-level appraisal table (one row per study, one column per JBI/NOS item with the judgement) is provided in the Supplementary Material (S5). Given the small number of studies per outcome, formal small-study/publication-bias testing (e.g., Egger's test) was not appropriate and was not performed. Certainty of evidence was rated narratively following GRADE principles for prevalence outcomes [21]; the pooled S. pneumoniae estimate was judged low certainty (few cohorts, indirectness of pilgrim origin, and reliance on open indices in place of Scopus, Embase and Web of Science) and single-cohort estimates very low certainty. Most estimates originate from a single research programme, one of whose Hajj cohorts has been retracted (Section 5).

2.6. Statistical analysis: Acquisition was defined a priori as new carriage at the post-Hajj timepoint among participants who were negative pre-Hajj; because this counts new acquirers, an acquisition proportion can exceed the net change in prevalence when concurrent clearance occurs (as for S. pneumoniae). Where a primary study reported its acquisition proportion against the full cohort denominator rather than against the pre-Hajj-negative subset, we retained the published denominator so that every figure is traceable to its source; this applies to the S. pneumoniae acquisition row and shifts that estimate by less than one percentage point. Where a source reported percentages without counts, the counts were back-calculated and are identified as review-derived in Table 1 and in Supplementary S4; this applies to the Indian pneumococcal cohort and to the post-Hajj numerator of the Saudi 2015 cohort. Where a source reported an acquisition proportion without excluding pilgrims positive before the Hajj, the figure is reported as post-Hajj prevalence and any incident-acquisition value we derive from it is labelled as derived and as assuming no clearance. Single-cohort proportions are reported with Wilson score 95 % CIs [22]. Pooling was undertaken only across independent cohorts measuring the same organism at the same timepoint. Proportions were stabilised with the Freeman-Tukey double-arcsine transformation [23-24], combined with a DerSimonian-Laird random-effects model [25] and back-transformed using the harmonic-mean sample size; heterogeneity was quantified with I-squared, tau-squared and Cochran's Q [26]. Because the pooled outcome rested on only four cohorts, we did not rely on the DerSimonian-Laird confidence interval alone: we additionally estimated the between-study variance by restricted maximum likelihood (REML) and applied the Hartung-Knapp-Sidik-Jonkman (HKSJ) adjustment, which uses a t-distribution with k-1 degrees of freedom and is more reliable when the number of studies is small, and we computed a 95% prediction interval

(t-distribution, k-2 degrees of freedom). To guard against the known bias of the inverse double-arcsine transform [27], a logit-transform random-effects analysis was run as a further sensitivity analysis. Because the pooled point estimate, its DerSimonian-Laird CI, its HKSJ CI and the prediction interval convey different and increasingly conservative pictures, we emphasise the HKSJ interval, the prediction interval and the origin-stratified pattern over the DerSimonian-Laird point estimate. Because several organism estimates derive from the same Marseille cohort family and acquisition of biologically distinct organisms does not estimate a common parameter, no single cross-organism pooled acquisition estimate was computed. A pre-specified exploratory subgroup analysis by pilgrim origin (South/Southeast-Asian and Saudi versus Malaysian) was performed for the pneumococcal outcome, with a Cochran's Q test for subgroup differences (Q-between on 1 degree of freedom) and the proportion of total heterogeneity attributable to origin. Molecular (qPCR) carriage cohorts, and the one Australian cohort measured during rather than after the Hajj, were analysed separately because assay type and sampling timepoint strongly affect apparent prevalence. Analyses used Python (NumPy, SciPy, statsmodels); the analysis script and the tabulated numerators/denominators are provided in the Supplementary Material so that every estimate is reproducible, and the implementation was cross-checked against standard metaprop methods [28]. Sensitivity analyses for the pooled outcome. Because the reviewer-identified concern that a pooled estimate rests on only four cohorts is a real limitation of the evidence rather than of the arithmetic, we pre-empted it with four independent robustness checks rather than a single headline figure. (i) A logit-transform random-effects analysis guarded against the known bias of the inverse double-arcsine transform [27]. (ii) REML estimation of the between-study variance with the Hartung-Knapp-Sidik-Jonkman adjustment replaced the DerSimonian-Laird interval, which is anticonservative when k is small, and a 95% prediction interval was computed on k-2 degrees of freedom. (iii) A leave-one-out analysis re-estimated the pooled proportion with each cohort omitted in turn, to establish whether any single cohort drives the result. (iv) A fifth cohort - the large Saudi serial cross-sectional survey [39], excluded from the primary analysis because it sampled at the during/end-Hajj rather than the post-Hajj timepoint - was added in a design-relaxed sensitivity analysis, raising the pooled denominator from 3,324 to 4,937. We report all four checks alongside the primary estimate and interpret the pooled value only in the light of their agreement.

3. Results

3.1. Study selection and characteristics: The search of 6 August 2026 identified 1,817 records across five sources (Europe PMC 1,029; OpenAlex 403; Semantic Scholar 307; PubMed/MEDLINE 77; Cochrane CENTRAL 1). After removal of 469 duplicates, 1,348 unique records were screened, of which 1,315 were excluded at title/abstract and one could not be retrieved; 32 full texts were assessed and 16 excluded, leaving 16 studies included from database searching. The completeness cross-check against three prior Scopus- and Embase-searched syntheses [14,15,48] added one further eligible study (Mohd Baharin 2021 [47]), giving seventeen included studies (Figure 1; Supplementary Screening Log), representing seven pilgrim origins (France/Marseille, Indonesia, India, Australia, Saudi Arabia, Malaysia and a multinational sampling frame) across the 2004-2018 Hajj seasons. To remove any ambiguity in the count, the seventeen included primary publications are, explicitly: (1) Leangapichart 2016, ESBL/CTX-M [8]; (2) Leangapichart 2016, mcr-1 [9]; (3) Leangapichart 2016, A. baumannii/blaOXA-51 [10]; (4) Leangapichart 2017, ESBL/CTX-M acquisition [12]; (5) Olaitan 2015, MDR Salmonella [31]; (6) Dao 2024, MRSA [11]; (7) Harimurti 2021, S. pneumoniae [33]; (8) Ganaie 2018, S. pneumoniae [13]; (9) Memish 2016, S. pneumoniae [34]; (10) Ismail 2017, S. pneumoniae [35]; (11) Azeem 2017, S. pneumoniae and MRSA [36]; (12) Memish 2006, MRSA [40]; (13) Benkouiten 2014, S. pneumoniae (qPCR, 2012 season) [29]; (14) Memish 2015, S. pneumoniae surveys [39]; (15) Badahdah 2020, S. pneumoniae (PCR) [38]; (16) Abd El Ghany 2017, enteric ARB genes [32]; and (17) Mohd Baharin 2021, S. pneumoniae and K. pneumoniae (PCR) [47]. These seventeen studies correspond to the rows of Table 1 and the Verified Dataset (Supplementary S2), one study contributing two rows; Azeem 2017 contributes two organism-level rows (S. pneumoniae and MRSA) but is one study, so the eighteen data rows of Table 1 map to seventeen distinct publications. References 30 and 37 are cited only as contextual French molecular cohorts and are not counted among the seventeen included studies, because their carriage estimates overlap the Benkouiten 2012 dataset (reference 29) or lacked an independently extractable numerator. These comprise the resistance-defined organism cohorts (ESBL/CTX-M, mcr-1, A. baumannii, MDR Salmonella, MRSA) and several independent S. pneumoniae and MRSA carriage cohorts. The French (Marseille) pneumococcal cohorts were included as molecular (qPCR) carriage data [29], analysed separately from culture-based cohorts. The newly added Malaysian survey [47] is likewise molecular and was sampled only after return and only in pilgrims reporting respiratory symptoms, so it is reported with the molecular cohorts and is not pooled with the culture-based estimates. To avoid ambiguity, "study" refers to a primary publication, and several studies each contributed more than one organism-level observation. Study characteristics, including the cohort family to which each dataset belongs, are summarised in Table 1. Designs were prospective before-after cohorts, except the Australian and Malaysian datasets, which are cross-sectional; specimens were rectal, naso/oropharyngeal or respiratory; and detection used culture and/or PCR. The resistance-defined estimates derive from the same France/Marseille cohort family and are therefore

correlated; the Indonesian, Indian, Saudi, Malaysian and Australian datasets are mutually independent.

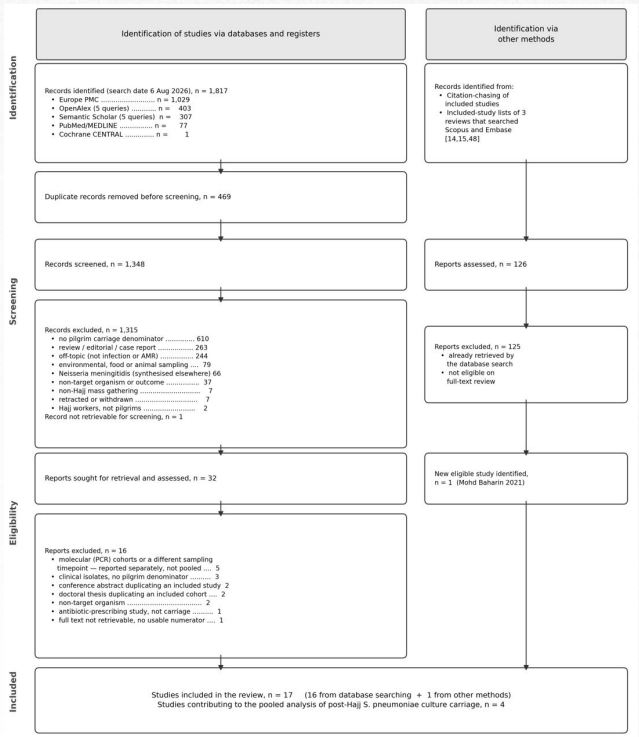


Figure 1. PRISMA 2020 flow diagram. Search completed 6 August 2026 across Europe PMC, OpenAlex, Semantic Scholar, PubMed/MEDLINE and Cochrane CENTRAL (1,817 records; 469 duplicates removed; 1,348 screened). Scopus, Embase and Web of Science were not accessible to the authors; completeness was instead established by searching OpenAlex and Semantic Scholar and by cross-checking the included-study lists of three prior syntheses that had searched Scopus and/or Embase [14,15,48], which yielded one additional eligible study. Seventeen studies were included; four contributed to the pooled analysis. All record-by-record decisions are in the Supplementary Screening Log.

3.2. Acquisition of resistant-organism carriage during the Hajj: Carriage after the Hajj was substantial but varied markedly by organism (Figure 2; Table 2). A distinction that the primary literature does not consistently make is load-bearing here and is applied throughout: post-Hajj PREVALENCE counts every colonised pilgrim, including those already colonised before departure, whereas INCIDENT ACQUISITION counts only new carriage among pilgrims who were negative before the Hajj. Source-verification at this revision (Supplementary S4) established that only two of the included sources report incident acquisition, and that two figures published as 'acquisition rates' are in fact post-Hajj prevalence. Post-Hajj prevalence was highest for A. baumannii species carriage (38.9%, 95% CI 29.5-49.2) and ESBL/CTX-M-producing Enterobacterales (32.6%, 26.7-39.0; 71/218, reference 12, against a pre-Hajj prevalence of 9.2%, 20/218), and lower for MRSA (10.2%, 8.1-12.9; 62/606), mcr-1 Enterobacterales (9.1%, 6.0-13.7; 20/219 across the 2013 and 2014 seasons) and MDR Salmonella (4.7%, 2.1-9.8) [31]. Incident acquisition is reported by only two sources: MRSA 8.3% (6.3-10.7; 50/606) [11] and S. pneumoniae 6.2% (4.7-8.0; 50/813) [33], the latter a colonisation rather than a resistance outcome. For ESBL/CTX-M and mcr-1 we additionally report an incident-acquisition value derived by subtracting the pre-Hajj carriers, which assumes no clearance during the pilgrimage and is therefore an estimate rather than a reported figure: approximately 25.8% (20.2-32.3; 51/198) and 7.8% (4.9-12.1; 17/218) respectively. Each of these is a single-cohort estimate. Because all five resistance-defined estimates derive from the same Marseille cohort family and the organisms are biologically distinct, we deliberately did not compute a single cross-organism pooled figure: such a value would not estimate any real-world quantity and would violate the independence assumption of the random-effects model.

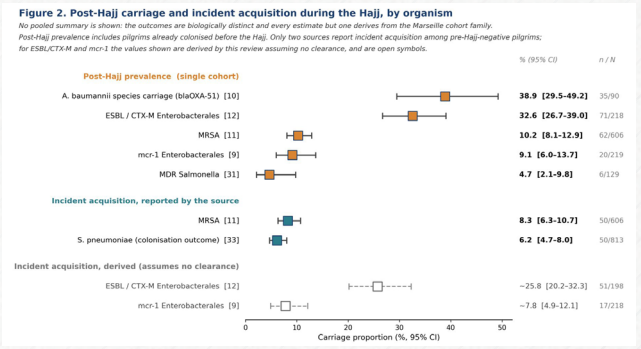


Figure 2. Post-Hajj carriage and incident acquisition during the Hajj, by organism. Single-cohort estimates with Wilson 95% CIs; no pooled summary is shown because the outcomes are biologically distinct and every estimate but one derives from the Marseille cohort family. Post-Hajj prevalence (orange) includes pilgrims already colonised before departure. Incident acquisition among pre-Hajj negatives (teal) is reported by only two sources. Open symbols are incident-acquisition values derived by this review assuming no clearance, and are not figures reported by the primary studies. Each row is labelled with its numerator, denominator and reference number, so that the ESBL/CTX-M post-Hajj prevalence (71/218, reference 12) is not conflated with the 10.1% to 32.6% prevalence rise in the smaller 2013 cohort (reference 8). The A. baumannii row is species carriage detected by the intrinsic blaOXA-51 marker, not carbapenemase carriage.

3.3. A. baumannii carriage and ESBL/CTX-M-producing Enterobacterales: In the 2014 Marseille rectal cohort, A. baumannii — absent before the Hajj — was detected in 35/90 (38.9%) post-Hajj rectal samples and 21/90 (23.3%) pharyngeal samples by blaOXA-51 real-time PCR [10]. Because blaOXA-51-like is an intrinsic, chromosomal species-identification marker for A. baumannii, this 38.9% represents acquisition of A. baumannii carriage, not of a carbapenem-resistant phenotype. Among the A. baumannii isolates typed, an acquired carbapenemase (blaOXA-72, in an imipenem-resistant strain) was identified in a single isolate; separately, one post-Hajj E. coli carried blaNDM-5 together with blaCTX-M-15 [10]. Acquired carbapenemases were therefore sporadic rather than characteristic of the 38.9%. For mcr-1, verification at this revision replaced the figures carried in the previous version: the source reports 2/129 before and 11/129 after the Hajj in 2013 (P=0.0104) and 1/92 before and 9/90 after in 2014 (P=0.0091), giving a post-Hajj prevalence of 20/219 (9.1%, 6.0-13.7) and 23 mcr-1-positive pilgrims in total [9]; incident acquisition is not reported by the source. The denominator of 218 used previously belongs to the separate 2017 CTX-M report and had been carried across in error (Supplementary S4). For ESBL/CTX-M-producing Enterobacterales two quantities that coincide numerically must be kept apart. In the 2013 Marseille rectal cohort (N=129), the prevalence of ESBL/CTX-M carriage rose from 10.1% before to 32.6% after the Hajj (P<0.001) [8]. In the paired 2013-2014 cohort (N=218), post-Hajj prevalence was also 32.6% (71/218), against a pre-Hajj prevalence of 9.2% (20/218) [12]. The source of the latter describes 32.6% as an acquisition rate, but our verification shows that it is post-Hajj prevalence: the season-specific figures of 31.0% for 2013 and 34.8% for 2014 applied to the season-specific denominators of 129 and 89 give 40 and 31 pilgrims, summing to exactly the 71 post-Hajj positives, so the 20 pilgrims already positive before the Hajj were not netted out (Supplementary S4). We therefore report 71/218 as post-Hajj prevalence and give a derived incident acquisition of approximately 51/198 (25.8%, 20.2-32.3) explicitly as an assumption-dependent calculation. The two cohorts overlap and are not independent, so the estimate is reported once. Independently of the Marseille programme, a multinational molecular analysis of pilgrims with medically attended diarrhoea across the 2011-2013 seasons found blaCTX-M-15 and blaNDM to be the most common resistance genes, detected in 25/62 (40.3%) Salmonella-positive and 16/48 (33.3%) ETEC-positive stool samples [32]; this corroborates the circulation of ESBL- and carbapenemase-gene-carrying Enterobacterales beyond the Marseille programme, although it rests on culture-independent gene detection in symptomatic stool rather than on carriage in recovered isolates, so gene-to-organism attribution is unconfirmed.

3.4. Post-Hajj S. pneumoniae carriage and pneumococcal resistance: Four independent cohorts measured post-Hajj S. pneumoniae carriage by culture: Indonesia (8.2%, 67/813) [33], India (8.2%, 66/807) [13], Saudi Arabia (7.1%, 82/1,155) [34] and Malaysia (1.8%, 10/549) [35]. A Freeman-Tukey random-effects meta-analysis gave 6.0% (95% CI 3.4-9.3), with extreme heterogeneity (I-squared 92%; tau-squared 0.015; Q=39.3, df=3, P<0.001) and a wide 95% prediction interval of 0.2-26.9% (n=3,324; Figure 3). Because the estimate rests on only four cohorts, we did not rely on the DerSimonian-Laird interval alone: the Hartung-Knapp-Sidik-Jonkman adjustment widened the 95% CI to 1.7-12.7%, and a logit-transform sensitivity analysis reproduced the point estimate (6.1%, 95% CI 4.2-8.8). The DerSimonian-Laird CI (3.4-9.3) excludes only the Malaysian estimate, while the HKSJ interval and the 95% prediction interval are far wider; the pooled point estimate should therefore not be over-interpreted. The heterogeneity is structured by pilgrim origin - South/Southeast-Asian and Saudi pilgrims carried 7.1-8.2% versus 1.8% in Malaysian pilgrims - and this origin-dependent pattern, not the single pooled value, is the substantive finding. The one independent Australian cohort measured nasopharyngeal carriage during the Hajj by nucleic acid testing rather than culture (cross-sectional, 14.2%, 26/183) [36]; because this is a different sampling timepoint, it is reported separately and was not entered into the pooled analysis. Molecular (qPCR/PCR) cohorts were also analysed separately, as they report systematically higher or otherwise non-comparable carriage: French pilgrims 7.3%->19.5% (2012; nasal) [29], with further respiratory bacterial carriage data from the 2013 season [30], a later French cohort 1.8%->9.8% [37], a post-hoc estimate of 22.4% (50/223) from a randomised trial in which the relevant swabs were taken six to eleven months after the Hajj, so it measures late post-Hajj community carriage rather than Hajj-period carriage [38], and, newly added at this revision, 6.9% (13/189; 95% CI 4.1-11.4) by singleplex ply PCR among symptomatic returning Malaysian pilgrims [47]. A Saudi during/end-Hajj cross-sectional culture survey gave 7.5% [39]. Critically, resistance within carried pneumococci rose after the Hajj even where carriage prevalence was stable: the multidrug-resistant fraction increased from 11% to 32% in the Indian cohort - an absolute increase of about 21 percentage points (P=0.0002) [13] - and antibiotic-non-susceptible carriage rose from 2.5% to 6.1% in the Saudi survey [39]. This selection for resistance, rather than the carriage prevalence itself, is the pneumococcal ARB signal of interest. A pre-specified exploratory subgroup analysis by pilgrim origin made the structure of this heterogeneity explicit (Figure 3). Among South/Southeast-Asian and Saudi pilgrims (Indonesia, India, Saudi Arabia; k=3) carriage was homogeneous at 7.7% (95% CI 6.8-8.8) with no residual heterogeneity (I-squared 0%; Q=1.2, df=2), whereas Malaysian pilgrims carried 1.8% (0.8-3.1). The test for subgroup differences was highly significant (Q-between=38.1, df=1, P<0.001), and pilgrim origin accounted for approximately 97% of the total heterogeneity. The extreme overall I-squared of 92% is therefore not unexplained noise but an origin effect: once pilgrims

are grouped by origin the within-group estimates are consistent, and a single pooled figure is uninformative precisely because it averages across two distinct populations. Robustness of the pooled estimate to the small number of cohorts. Four pre-planned sensitivity analyses were run (Methods 2.6), and all four agree. A leave-one-out analysis moved the pooled estimate only between 5.3% and 7.7%: omitting Indonesia gave 5.3% (2.2-9.7), omitting India 5.4% (2.2-9.7), omitting Saudi Arabia 5.6% (2.1-10.7) and omitting Malaysia 7.7% (6.8-8.8). No single cohort therefore drives the point estimate; what the Malaysian omission removes is not the estimate but the heterogeneity, since I-squared falls from 92% to 0% once that cohort is excluded - the clearest possible demonstration that the heterogeneity is an origin effect rather than random noise. Relaxing the timepoint criterion to admit the large Saudi serial cross-sectional survey [39] as a fifth cohort raised the denominator to 4,937 and gave a concordant 6.3% (95% CI 4.3-8.8) with I-squared 90% (tau-squared 0.010; Q=40.9, df=4, P<0.001) and a logit-scale estimate of 6.6% (5.1-8.6); the confidence interval narrows from 5.9 to 4.5 percentage points, but heterogeneity is essentially unchanged, confirming that adding cohorts does not resolve the origin effect. We therefore retain the four-cohort analysis as primary and report the pooled figure as an exploratory secondary outcome, subordinate to the origin-stratified estimates.

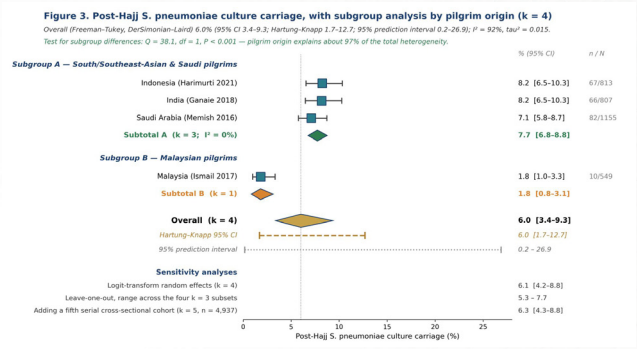


Figure 3. Post-Hajj S. pneumoniae culture carriage, with subgroup analysis by pilgrim origin (random-effects, Freeman-Tukey, DerSimonian-Laird; k=4). Overall estimate 6.0% (95% CI 3.4-9.3; Hartung-Knapp 1.7-12.7; 95% prediction interval 0.2-26.9%); I-squared 92%, tau-squared 0.015. Subgroup A (South/Southeast-Asian and Saudi; k=3) = 7.7% (6.8-8.8) with I-squared 0%; Subgroup B (Malaysian; k=1) = 1.8% (0.8-3.1). Test for subgroup differences Q=38.1, df=1, P<0.001 - pilgrim origin explains about 97% of the total heterogeneity, so the origin-stratified estimates, not the single pooled value, are the interpretable summary. Sensitivity analyses concur: logit transform 6.1% (4.2-8.8); leave-one-out range 5.3-7.7%; addition of a fifth serial cross-sectional cohort [39] 6.3% (4.3-8.8), I-squared 90%. The Australian estimate (14.2%) was measured during the Hajj and is shown separately; molecular (qPCR/PCR) cohorts are also not pooled.

3.5. Post-Hajj MRSA carriage: MRSA carriage data were available from three independent cohorts: the French (Marseille) respiratory cohort, in which carriage more than doubled during the pilgrimage (4.1%⊠10.2%; acquisition 8.3%, i.e. 50/606) [11]; the Australian cohort, in which no MRSA was detected (0/93; all isolates methicillin-sensitive) [36]; and a 2004 multinational cross-sectional survey in which MRSA carriage was low (6/411, 1.46%; mecA-positive) [40]. Because these three cohorts differ in design, specimen type, sampling timepoint and pilgrim origin, we report them descriptively and do not compute a pooled MRSA estimate (Figure 4). We note that an earlier draft pooled a further, "multinational" MRSA estimate; that data point could not be traced to a documented source in our verification log and has been removed.

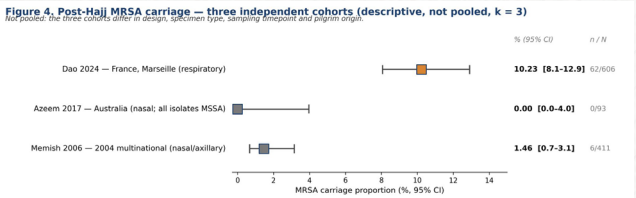


Figure 4. Post-Hajj MRSA carriage across three independent cohorts (Marseille respiratory, Australian nasal, and a 2004 multinational cross-sectional survey; descriptive, not pooled, k=3). Memish 2006 = 1.46% (6/411).

3.6. Summary of estimates: A synthesis of the single pooled outcome and the organism-specific single-cohort estimates is given in Table 2.

3.7. Concentration of the evidence base and its effect on each estimate: Because the dependence of this literature on one research programme determines how far any of these numbers can travel, we quantify it rather than merely noting it. Seven of the seventeen included studies (41%) belong to the Marseille/VITROME cohort family [8-12,29,31]; ten (59%) do not. The concentration is not evenly distributed across outcomes, and this is the operative point. All four resistance-defined acquisition estimates (ESBL/CTX-M, mcr-1, MDR Salmonella and MRSA), together with the A. baumannii species-carriage estimate, come from that single family, so each is a single-cohort estimate in French pilgrims and none can be armonized to pilgrims of other origins. By contrast, the pooled pneumococcal analysis contains no Marseille cohort at all: all four contributing cohorts (Indonesia, India, Saudi Arabia, Malaysia) are mutually independent and independent of that programme, so the meta-analysed outcome is by construction unaffected by the concentration: excluding the Marseille family would remove no cohort from it. Independent corroboration exists for two of the resistance-defined signals: blaCTX-M-15 and blaNDM were the commonest resistance genes in a multinational analysis of pilgrims from 40

countries [32], and MRSA carriage was measured independently in Saudi/multinational [40] and Australian [36] pilgrims. Separately, the newly added Malaysian survey detected blaKPC and blaOXA-48 together in the same two of the four K. pneumoniae-positive samples [47] – the first carbapenemase-gene signal in returning pilgrims reported outside the Marseille programme. No independent replication exists for the mcr-1, A. baumannii or MDR Salmonella estimates, all three of which are single-season observations in French pilgrims, which should therefore be read as hypothesis-generating observations from one French cohort rather than as pilgrim-wide parameters.

4. Discussion

This is, to our knowledge, the first attempt to quantitatively synthesise the acquisition and carriage of antimicrobial-resistant bacteria among Hajj pilgrims beyond N. meningitidis. The consistent signal across organisms and cohorts is that the pilgrimage is associated with substantial acquisition of ARB, with ESBL/CTX-M-producing Enterobacterales carried by roughly one-third of pilgrims after the Hajj in the best-characterised cohort, against under one in ten before it, and with high-diversity A. baumannii carriage acquired by nearly 40% of that cohort. We are deliberately careful to separate species carriage from resistance phenotype: the A. baumannii signal is one of species acquisition detected by an intrinsic marker, within which acquired carbapenemases (blaOXA-72; and blaNDM-5 in one E. coli) were sporadic rather than typical [10]. A supplementary search also identified two eligible resistance-characterised studies outside our organism scope — ciprofloxacin-resistant Neisseria meningitidis carriage among Hajj and Umrah pilgrims (Yezli et al. 2023, 3,921 travellers, post-Hajj acquisition 1.10%; and Yezli et al. 2022, 616 Umrah pilgrims, carriage 0.49% with a ciprofloxacin-resistant isolate) [45,46] — noted for completeness because ciprofloxacin is used for meningococcal chemoprophylaxis; meningococcal carriage has been meta-analysed separately [16] and is not pooled here. These magnitudes are concordant with the qualitative conclusions of previous reviews [14-15] and with wider evidence that international travel drives ESBL acquisition [41]. We refrained from collapsing organism-specific signals into a single headline pooled figure, because the underlying estimates are largely non-independent and biologically heterogeneous; doing so would overstate the strength and generality of the evidence. The dominant resistance signal is for Gram-negative organisms, especially ESBL/CTX-M-producing Enterobacterales, mirroring global trends in community ESBL carriage and the role of the gut as a resistance reservoir [42]. The detection of blaNDM-5 and mcr-1 in returning pilgrims [9-10] is of particular concern, since carbapenems and colistin are last-line agents [43]; even low acquisition frequencies translate, at the scale of millions of pilgrims, into a substantial global flux of high-risk resistance genes. The independent detection of blaKPC and blaOXA-48 in K. pneumoniae carried by returning Malaysian pilgrims [47] indicates that this flux is not confined to the French cohorts in which it was first described. For S. pneumoniae, culture carriage pooled to a heterogeneous 6.0% post-Hajj (I-squared 92%) and was strongly dependent on pilgrim origin. A formal subgroup analysis confirmed that origin accounts for essentially all of this heterogeneity (test for subgroup differences P<0.001; about 97% of the total Q), with the Asian/Saudi subgroup internally homogeneous (I-squared 0%), so the origin-stratified estimates rather than the pooled value should inform interpretation. The marked rise in the multidrug-resistant fraction within carried strains [13] indicates, in addition, that the Hajj may select for resistance even where armonized d prevalence is unchanged – a more informative endpoint than carriage acquisition alone. The rise in MRSA carriage in the French cohort, against an entirely methicillin-sensitive Australian cohort, highlights the influence of pilgrims' countries of origin on baseline resistance and cautions against a single global MRSA figure. A distinctive feature of this evidence base, which the reader should weigh, is its dependence on a single research programme (the Marseille/VITROME group), one of whose Hajj cohorts (PMID 33411174) has been retracted and shares senior authorship with a retained study in our dataset (Dao 2024 [11]). We excluded the retracted cohort throughout and independently re-verified the reported values of every retained study against its primary tables; the retained studies are separate peer-reviewed publications. Section 3.7 quantifies the concentration: seven of seventeen studies, but all four resistance-defined acquisition estimates and the A. baumannii estimate, originate from that family, while the pooled pneumococcal outcome contains none of its cohorts and is therefore unaffected. The practical consequence is that our conservative analytical choices – reporting single-cohort estimates individually, declining cross-organism pooling, and subordinating the pooled pneumococcal estimate to the origin-stratified figures with HKSJ, prediction and leave-one-out analyses reported alongside – are load-bearing rather than merely cautious, and the confidence attached to the correlated Marseille estimates should be tempered accordingly. Breaking this dependence requires before-after carriage cohorts recruited outside France; that is the single most valuable contribution the next round of Hajj research could make. These findings support concrete measures: pre-travel counselling and antimicrobial stewardship for pilgrims, judicious antibiotic use during the season, reinforced infection prevention in mass-catering and accommodation, and integrated One Health surveillance — including wastewater-based monitoring [44] — able

to detect resistance signals in near real time and link them to service-continuity planning in the Holy Sites.

5. Strengths and Limitations

Strengths include a PRISMA-guided approach with the great majority of methods fixed before extraction (Section 2.1), a search across five bibliographic sources completed on 6 August 2026 and documented query-by-query, a formal completeness cross-check against three prior syntheses that had searched Scopus and Embase, exclusion of a retracted study, dual independent screening and data extraction with disagreements resolved by consensus, fully source-verified extraction of both reported values and citation metadata with a transparent verification log, a deposited analysis script, and a deliberately conservative analytical strategy that reports single-cohort estimates individually and pools only where independent cohorts permit, with REML/HKSJ, prediction, leave-one-out and design-relaxed sensitivity analyses rather than a single fragile point estimate. All estimates are reproducible from the tabulated numerators and denominators. Limitations are important, and four in particular constrain how these results should be used. First, and most consequentially, much of the evidence – particularly for ESBL/CTX-M, A. baumannii, mcr-1 and Salmonella – derives from a single French (Marseille) research programme measured repeatedly, so these estimates are correlated and cannot be armonized to pilgrims of other origins; that programme also produced the retracted 2017/2018 cohort, which we excluded throughout. Section 3.7 quantifies exactly which estimates this affects and which it does not. Second, only post-Hajj S. pneumoniae culture carriage was measured in enough independent cohorts (four) to meta-analyse, and heterogeneity was extreme (I-squared 92%). With only four cohorts the DerSimonian-Laird confidence interval is unreliable, which is why we report the wider Hartung-Knapp interval, the prediction interval, a leave-one-out analysis and a five-cohort design-relaxed analysis alongside it, and why we present the origin-stratified estimates as the interpretable summary. The resistance-defined organism estimates remain single-cohort, and no cross-organism pooled estimate is defensible. Third, the review was retrospectively registered: registration on OSF was completed after data extraction had begun. Section 2.1 sets out which elements were fixed beforehand and which three analytical choices were made after the data were seen, so that readers can weigh this directly rather than take it on trust. Fourth, Scopus, Embase and Web of Science could not be searched directly for lack of institutional access. We mitigated this by searching OpenAlex and Semantic Scholar and by cross-checking three Scopus- and Embase-searched syntheses, which recovered 12 of the 13 eligible primary studies they contain and yielded one study we had missed (now included [47]); the residual risk of a missed study indexed in Embase alone, in a language or journal reached by none of our five sources, cannot be excluded but is small. Two further constraints are noted for completeness: with so few studies per outcome, publication bias could not be formally assessed by Egger's test or funnel plot; and one Umrah S. aureus/MRSA carriage report (Johargy et al. 2011) was excluded not because its numerators are unextractable – they are recoverable from a secondary source [14] – but because it appeared in a non-indexed regional journal whose reported values we could not source-verify against an accessible primary full text, a criterion we applied uniformly. Fifth, and identified by the source-verification pass conducted at this revision, the primary literature itself is inconsistent about what it measures: two reports publish post-Hajj prevalence under the label 'acquisition', one prints a percentage that does not match its own numerator and denominator, and several report percentages without counts. We have relabelled, recomputed or footnoted each of these and documented every discrepancy in Supplementary S4, but the underlying consequence stands – a reader of the primary reports alone would overstate acquisition. Sixth, seven of the seventeen included studies have no legally retrievable full text, so their risk of bias could be appraised on the abstract alone (Supplementary S5); the resulting low scores reflect non-retrievability rather than demonstrated methodological failure, and an evidence base on antimicrobial resistance at a gathering of two to three million people that cannot be independently audited is itself a finding. These constraints define the agenda for a definitive analysis: armonized d, multinational, before-after carriage studies with armonized specimens, methods and breakpoints.

6. Conclusions

The Hajj is associated with substantial acquisition of antimicrobial-resistant bacteria, most markedly ESBL/CTX-M-producing Enterobacterales, together with high-diversity A. baumannii carriage in which acquired carbapenemases were detected sporadically, and with pilgrims potentially re-importing high-risk resistance genes worldwide. Because much of the quantitative evidence still rests on a single cohort family, and the one outcome that could be meta-analysed was extremely heterogeneous in a way explained almost entirely by pilgrim origin, these organism-specific estimates should guide, but not yet close, the evidence base. Coordinated multinational surveillance, antimicrobial stewardship for pilgrims, and integrated One Health early warning are priorities for protecting pilgrim and global health.

Declarations: Ethics approval and consent: This is a systematic review and meta-analysis of previously published, aggregate data. It did not involve human participants, identifiable

personal data, animals, or any new intervention; ethics committee approval and informed consent were therefore not required. Ethical approval and consent were obtained by the investigators of each primary study included. Protocol registration: OSF Registries, https://osf.io/wna6j. Registration was completed after data extraction had begun and is disclosed as retrospective; Section 2.1 states which elements were pre-specified and which three analytical decisions were post-hoc. The registration record is publicly accessible. Data and code availability: All extracted data, per-study provenance, the full search log with verbatim query strings and record counts, the record-level screening log, the source-verification log and the analysis script (Python) are provided as publicly accessible Supplementary Material (Search Log S1, Verified Dataset S2, Screening Log S3, Verification Report S4 and Risk-of-Bias Appraisal S5). Author contributions: M.E.E. conceived the study and performed the literature search. M.E.E. and A.T.Q. independently screened records and extracted data; M.E.E. performed source verification and the statistical analysis. M.E.E. drafted the manuscript; A.T.Q. contributed to interpretation and critically revised the manuscript for important intellectual content. Both authors read and approved the final version.

Funding: This research received no external funding. Conflicts of interest: The authors declare no conflict of interest.

Table 1. Characteristics of the seventeen included studies (search of PubMed/MEDLINE, Europe PMC, Cochrane CENTRAL, OpenAlex and Semantic Scholar completed 6 August 2026, with a completeness cross-check against three Scopus/Embase-searched syntheses).

Study (year)	Cohort family	Origin	Hajj yr	Design	Organism	Specimen	N	Pre %	Post %	Acq % (95% CI)	Source
Leangapichart 2016	Marseille	France	2013	cohort	ESBL-E / CTX-M	Rectal	129	10.1	32.6	—	PMC4862463
Leangapichart 2017	Marseille	France	2013–14	cohort	ESBL-E / CTX-M (acq)	Rectal	218	—	—	32.6 (26.7–39.0)	PMID 28549141
Leangapichart 2016	Marseille	France	2014	cohort	A. baumannii (blaOXA-51)	Rectal	90	0	38.9	38.9 (29.5–49.2)	PMC5038294
Leangapichart 2016	Marseille	France (+Maghreb)	2013-14	cohort	mcr-1 Enterobacterales	Rectal	Rect al 219	1.4	9.1	— (not reported)	
Olaitan 2015	Marseille	France	2013	cohort	Salmonella (MDR)	Rectal	129	0	4.7	4.7 (2.1–9.8)	IJAA 2015
Dao 2024	Marseille	France	2014–18	cohort	MRSA	Respiratory	606	4.1	10.2	10.2	PMC11652606
Harimurti 2021	Indonesia	Indonesia	2015	cohort	S. pneumoniae (culture)	Nasopharyngeal	813	8.6	8.2	6.2 (4.7–8.0)	PMC7837496
Ganaie 2018	India	India	2016	cohort	S. pneumoniae (culture)	Naso/oropharyngeal	807	6.5	8.2	—	PMID 29625178
Memish 2016	Saudi-2015	Multinational (Saudi)	2015	cohort	S. pneumoniae (culture)	Nasopharyngeal	1155	1.8	7.1	—	PMID 27189624
Ismail 2017	Malaysia	Malaysia	2013	cross-sec.	S. pneumoniae (culture)	Sputum/OP	549	—	1.8	—	JMID 2017;7:56
Azeem 2017	Australia	Australia	2014	cross-sec.	S. pneumoniae	Nasopharyngeal	183	—	14.2*	—	PMID 28352634
Azeem 2017	Australia	Australia	2014	cross-sec.	MRSA	Nasal	93	—	0	—	PMID 28352634
Memish 2006	Saudi-2004	Multinational	2004	cross-sec.	MRSA	Nasal/axillary	411	—	1.46	—	PMID 16951775
Benkouiten 2014	Marseille	France	2012	cohort (qPCR)	S. pneumoniae (mol.)	Nasal	169	7.3	19.5	—	PMID 24248810
Memish 2015	Saudi-2011/12	Multinational (Saudi)	2012	cross-sec.	S. pneumoniae	Nasopharyngeal	1613	4.4*	7.5*	—	PMID 25636939
Badahdah 2020	Saudi/Aus	Multinational	2017	RCT	S. pneumoniae (PCR)	Oropharyngeal	223	—	22.4	—	PMID 32125434
Abd El Ghany 2017	Multinational	40 countries	2011–13	cross-sec.	MDR Salmonella / CTX-M / NDM	Stool	544	—	see text	—	PMID 28930004
Mohd Baharin 2021	Malaysia-2016	Malaysia	2016	cross-sec.	S. pneumoniae (singleplex ply PCR); K. pneumoniae (mdh PCR)	Throat	189	—	6.9	—	Malays J Microbiol 2021;17:254

Rows sharing the "Marseille" cohort family are correlated and were not treated as independent. Azeem 2017 contributes two organism rows (S. pneumoniae and MRSA) but is one study, so the eighteen data rows correspond to seventeen distinct primary publications (Section 3.1). A. baumannii was detected by the intrinsic blaOXA-51 species marker (rectal 35/90 = 38.9%; pharyngeal 21/90 = 23.3%); an acquired carbapenemase (blaOXA-72) was found in a single isolate only. "Acq %" is new carriage post-Hajj among participants negative pre-Hajj (Wilson 95% CI), reported against the denominator published by the source study (Methods 2.6). *During-/end-Hajj (cross-sectional) timepoint, not pooled with post-Hajj cohorts. The mcr-1 row was corrected at this revision: the source reports 2/129 before and 11/129 after the Hajj in 2013 and 1/92 before and 9/90 after in 2014, giving a post-Hajj prevalence of 20/219 (9.1%); the previously printed denominator of 218 belonged to a different report. The Dao 2024 post-Hajj value is 62/606 = 10.2%; the source prints 10.6%, which does not match its own numerator and denominator. Counts for the Indian cohort (52 and 66 of 807) and the post-Hajj count for the Saudi 2015 cohort (82 of 1,155) are back-calculated from percentages published without counts. Mohd Baharin 2021, added at revision from the completeness cross-check, sampled returning pilgrims reporting respiratory symptoms by PCR only (S. pneumoniae 13/189 = 6.9%, 95% CI 4.1-11.4; K. pneumoniae 4/189, of which two carried blaKPC and two blaOXA-48); it is reported with the molecular cohorts and is not pooled with the culture-based estimates.

Table 2. Summary of the meta-analysed pneumococcal outcome and the organism-specific single-cohort estimates.

Outcome	k	Estimate % (95% CI)	I² (%)	Analysis type / reason not pooled
Post-Hajj S. pneumoniae culture carriage	4	6.0 (3.4–9.3); HKSJ 1.7–12.7; PI 0.2–26.9	92	Pooled, Freeman-Tukey RE (exploratory secondary outcome; high heterogeneity explained by pilgrim origin)
ESBL/CTX-M post-Hajj prevalence (pre-Hajj 9.2%)	1	32.6 (26.7–39.0)	—	Single cohort (Marseille family); relabelled from 'acquisition' after source verification. Derived incident acquisition ~25.8% (20.2-32.3), assumes no clearance
A. baumannii post-Hajj carriage (blaOXA-51)	1	38.9 (29.5–49.2)	—	Single cohort; species carriage, not resistance
mcr-1 post-Hajj prevalence	1	9.1 (6.0-13.7)	—	Single cohort (Marseille family), 20/219 across 2013 and 2014; corrected at this revision. Derived incident acquisition ~7.8% (4.9-12.1)
MRSA post-Hajj prevalence / incident acquisition	1	10.2 (8.1-12.9) / 8.3 (6.3-10.7)	—	Single cohort (Marseille family); the only resistance-defined outcome for which incident acquisition is reported by the source
MDR Salmonella post-Hajj prevalence	1	4.7 (2.1–9.8)	—	Single cohort (Marseille family)
S. pneumoniae carriage acquisition	1	6.2 (4.7–8.0)	—	Single cohort; colonisation outcome
Post-Hajj MRSA carriage	3	Not pooled (see text)	—	Descriptive; cohorts differ in design/timepoint
S. pneumoniae during-Hajj carriage (Australia)	1	14.2 (9.9–20.0)	—	Single cross-sectional; different timepoint, not pooled
S. pneumoniae during/end-Hajj carriage (Saudi)	1	7.5 (6.3–8.9)	—	Single cross-sectional; different timepoint
S. pneumoniae carriage by PCR (post-hoc)	1	22.4 (17.4–28.3)	—	Single molecular; not pooled with culture
MRSA carriage (Memish 2006)	1	1.46 (0.7–3.1)	—	Single cross-sectional
Salmonella/ESBL genes in pilgrim diarrhoea	1	CTX-M/NDM 40.3% of Salmonella+	—	Single molecular; symptomatic stool
Post-Hajj S. pneumoniae culture carriage - sensitivity: + serial cross-sectional cohort [39]	5	6.3 (4.3-8.8); logit 6.6 (5.1-8.6)	90	Design-relaxed sensitivity analysis (n=4,937); concordant with primary
Post-Hajj S. pneumoniae culture carriage - sensitivity: leave-one-out	3 each	range 5.3-7.7	0-95	No single cohort drives the estimate; I-squared falls to 0% when Malaysia is omitted
S. pneumoniae carriage by PCR, symptomatic returning pilgrims (Malaysia) [47]	1	6.9 (4.1-11.4)	—	Single molecular, symptomatic sampling frame; not pooled

Only the first row is pooled; all others are single-cohort, descriptive or sensitivity analyses. A subgroup analysis by pilgrim origin (Figure 3) gave Asian/Saudi 7.7% (6.8-8.8; I-squared 0%) versus Malaysian 1.8% (0.8-3.1), with a significant test for subgroup differences (Q=38.1, df=1, P<0.001). HKSJ = Hartung-Knapp-Sidik-Jonkman-adjusted 95% CI; PI = 95% prediction interval; RE = random-effects. No cross-organism pooled acquisition estimate was computed (Methods 2.6). The A. baumannii and S. pneumoniae acquisition rows are carriage (colonisation) outcomes, not resistance-defined outcomes. Post-Hajj prevalence includes pilgrims colonised before the Hajj; incident acquisition counts only new carriage among pre-Hajj-negative pilgrims. Values labelled 'derived' are calculated by this review assuming no clearance and are not reported by the primary studies. The three sensitivity rows were added at revision and are described in Methods 2.6 and Section 3.4; all relabelling and correction is documented in Supplementary S4.

References

1. Haseeb A, Saleem Z, Faidah HS, et al. Threat of antimicrobial resistance among pilgrims with infectious diseases during Hajj: lessons learnt from COVID-19 pandemic. Antibiotics 2023;12(8):1299. https://doi.org/10.3390/antibiotics12081299 (PMID 37627718)

2. Alotaibi BM, Yezli S, Bin Saeed AA, 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 2017;24(3):taw087. https://doi.org/10.1093/jtm/taw087 (PMID 28355612)

3. Antimicrobial Resistance Collaborators (Murray CJL, Ikuta KS, Sharara F, et al.). Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019: a systematic analysis. Lancet 2022;399(10325):629-55. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)02724-0

4. Memish ZA, Steffen R, White P, et al. Mass gatherings medicine: public health issues arising from mass gathering religious and sporting events. Lancet 2019;393(10185):2073-84. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)30501-X

5. Hoang VT, Gautret P. Infectious diseases and mass gatherings. Curr Infect Dis Rep 2018;20(11):44. https://doi.org/10.1007/s11908-018-0650-9

6. Hoang VT, Dao TL, Ly TDA, et al. The dynamics and interactions of respiratory pathogen carriage among French pilgrims during the 2018 Hajj. Emerg Microbes Infect 2019;8(1):1701-10. https://doi.org/10.1080/22221751.2019.1693247 (PMID 31749410)

7. Liu YY, Wang Y, Walsh TR, et al. Emergence of plasmid-mediated colistin resistance mechanism MCR-1 in animals and human beings in China. Lancet Infect Dis 2016;16(2):161-8. https://doi.org/10.1016/S1473-3099(15)00424-7

8. Leangapichart T, Dia NM, Olaitan AO, Gautret P, Brouqui P, Rolain JM. Acquisition of extended-spectrum beta-lactamases by Escherichia coli and Klebsiella pneumoniae in gut microbiota of pilgrims during the Hajj pilgrimage of 2013. Antimicrob Agents Chemother 2016;60(5):3222-6. https://doi.org/10.1128/AAC.02396-15 (PMID 26976866)

9. Leangapichart T, Gautret P, Brouqui P, et al. Acquisition of mcr-1 plasmid-mediated colistin resistance in Escherichia coli and Klebsiella pneumoniae during Hajj 2013 and 2014. Antimicrob Agents Chemother 2016;60(11):6998-9. https://doi.org/10.1128/AAC.01486-16

10. Leangapichart T, Rolain JM, Memish ZA, et al. Acquisition of a high diversity of bacteria during the Hajj pilgrimage, including Acinetobacter baumannii with blaOXA-72 and Escherichia coli with blaNDM-5. Antimicrob Agents Chemother 2016;60(10):5942-8. https://doi.org/10.1128/AAC.00669-16

11. Dao TL, Hoang VT, Gautret P. Respiratory carriage of methicillin-resistant Staphylococcus aureus-encoding gene in Hajj pilgrims. J Epidemiol Glob Health 2024;14(4):1662-7. https://doi.org/10.1007/s44197-024-00322-5 (PMID 39470975).

12. Leangapichart T, Tissot-Dupont H, Raoult D, Memish ZA, Rolain JM, Gautret P. Risk factors for acquisition of CTX-M genes in pilgrims during Hajj 2013 and 2014. J Antimicrob Chemother 2017;72(9):2627-35. https://doi.org/10.1093/jac/dkx155 (PMID 28549141)

13. Ganaie F, Nagaraj G, Govindan V, Basha R, Hussain M, Ashraf N, Ahmed S, Ravi Kumar KL. Impact of Hajj on the S. pneumoniae carriage among Indian pilgrims during 2016 – a longitudinal molecular surveillance study. Travel Med Infect Dis 2018;23:64-71. https://doi.org/10.1016/j.tmaid.2018.04.002

14. Leangapichart T, Rolain JM, Memish ZA, Al-Tawfiq JA, Gautret P. Emergence of drug resistant bacteria at the Hajj: a systematic review. Travel Med Infect Dis 2017;18:3-17. https://doi.org/10.1016/j.tmaid.2017.06.008 (PMID 28652197)

15. Alreeme S, Bokhary H, Craig AT. Transmission of antimicrobial-resistant bacteria at the Hajj: a scoping review. Int J Environ Res Public Health 2022;19(21):14134. https://doi.org/10.3390/ijerph192114134

16. Alhajaji R, Alfahmi M, Alamri SA, et al. Neisseria meningitidis carriage among Hajj and Umrah pilgrims: a systematic review and meta-analysis. Eur J Med Res 2025;30(1):710. https://doi.org/10.1186/s40001-025-02926-4 (PMID 40765002)

17. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ 2021;372:n71. https://doi.org/10.1136/bmj.n71

18. Retraction Note: Acquisition of multidrug-resistant bacteria and encoding genes among French pilgrims during the 2017 and 2018 Hajj. Eur J Clin Microbiol Infect Dis 2025;44(2):461. https://doi.org/10.1007/s10096-024-05004-5 (PMID 39612141). Retracted original: Hoang VT, Dao TL, Ly TDA, et al. Eur J Clin Microbiol Infect Dis 2021;40(6):1199-207. https://doi.org/10.1007/s10096-020-04122-0 (PMID 33411174)

19. Munn Z, Moola S, Lisy K, Riitano D, Tufanaru C. Methodological guidance for systematic reviews of observational epidemiological studies reporting prevalence and cumulative incidence data. Int J Evid Based Healthc 2015;13(3):147-53. https://doi.org/10.1097/XEB.0000000000000054

20. Wells GA, Shea B, O'Connell D, et al. The Newcastle-Ottawa Scale (NOS) for assessing the quality of nonrandomised studies in meta-analyses. Ottawa Hospital Research Institute. https://www.ohri.ca/programs/clinical_epidemiology/oxford.asp

21. Guyatt GH, Oxman AD, Vist GE, et al. GRADE: an emerging consensus on rating quality of evidence and strength of recommendations. BMJ 2008;336(7650):924-6. https://doi.org/10.1136/bmj.39489.470347.AD

22. Wilson EB. Probable inference, the law of succession, and statistical inference. J Am Stat Assoc 1927;22(158):209-12. https://doi.org/10.1080/01621459.1927.10502953

23. Freeman MF, Tukey JW. Transformations related to the angular and the square root. Ann Math Stat 1950;21(4):607-11. https://doi.org/10.1214/aoms/1177729756

24. Barendregt JJ, Doi SA, Lee YY, et al. Meta-analysis of prevalence. J Epidemiol Community Health 2013;67(11):974-8. https://doi.org/10.1136/jech-2013-203104

25. DerSimonian R, Laird N. Meta-analysis in clinical trials. Control Clin Trials 1986;7(3):177-88. https://doi.org/10.1016/0197-2456(86)90046-2

26. Higgins JPT, Thompson SG. Quantifying heterogeneity in a meta-analysis. Stat Med 2002;21(11):1539-58. https://doi.org/10.1002/sim.1186

27. Schwarzer G, Chemaitelly H, Abu-Raddad LJ, Rücker G. Seriously misleading results using inverse of Freeman-Tukey double arcsine transformation in meta-analysis of single proportions. Res Synth Methods 2019;10(3):476-83. https://doi.org/10.1002/jrsm.1348

28. Nyaga VN, Arbyn M, Aerts M. Metaprop: a Stata command to perform meta-analysis of binomial data. Arch Public Health 2014;72(1):39. https://doi.org/10.1186/2049-3258-72-39

29. Benkouiten S, Gautret P, Belhouchat K, et al. Acquisition of Streptococcus pneumoniae carriage in pilgrims during the 2012 Hajj. Clin Infect Dis 2014;58(4):e106-9. https://doi.org/10.1093/cid/cit749

30. Benkouiten S, Charrel R, Belhouchat K, et al. Respiratory viruses and bacteria among pilgrims during the 2013 Hajj. Emerg Infect Dis 2014;20(11):1821-7. https://doi.org/10.3201/eid2011.140600

31. Olaitan AO, Dia NM, Gautret P, et al. Acquisition of extended-spectrum cephalosporin- and colistin-resistant Salmonella enterica by pilgrims during Hajj. Int J Antimicrob Agents 2015;45(6):600-4. https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2015.01.010

32. Abd El Ghany M, Alsomali M, Almasri M, et al. Enteric infections circulating during Hajj seasons, 2011-2013. Emerg Infect Dis 2017;23(10):1640-9. https://doi.org/10.3201/eid2310.161642

33. Harimurti K, Saldi SRF, Dewiasty E, et al. Streptococcus pneumoniae carriage and antibiotic susceptibility among Indonesian pilgrims during the Hajj, 2015. PLoS One 2021;16(1):e0246122. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0246122

34. Memish ZA, Al-Tawfiq JA, Almasri M, et al. A cohort study of the impact and acquisition of nasopharyngeal carriage of Streptococcus pneumoniae during the Hajj. Travel Med Infect Dis 2016;14(3):242-7. https://doi.org/10.1016/j.tmaid.2016.05.001

35. Ismail N, Zainuddin NA, Deris ZZ, et al. Streptococcus pneumoniae acquisition among vaccinated Malaysian Hajj pilgrims and its associated factors, 2013. J Microbiol Infect Dis 2017;7(2):56-62. https://doi.org/10.5799/jmid.vi.328784

36. Azeem MI, Tashani M, Badahdah AM, et al. Surveillance of Australian Hajj pilgrims for carriage of potentially pathogenic bacteria: data from two pilot studies. World J Clin Cases 2017;5(3):102-11. https://doi.org/10.12998/wjcc.v5.i3.102 (PMID 28352634).

37. Hoang VT, Meftah M, Anh Ly TD, et al. Bacterial respiratory carriage in French Hajj pilgrims and the effect of pneumococcal vaccine and other preventive measures: a prospective cohort survey. Travel Med Infect Dis 2019;31:101343. https://doi.org/10.1016/j.tmaid.2018.10.021

38. Badahdah AM, Bakarman MA, Khatami A, et al. Meningococcal and pneumococcal carriage in Hajj pilgrims: findings of a randomized controlled trial. J Travel Med 2020;27(4):taaa032. https://doi.org/10.1093/jtm/taaa032

39. Memish ZA, Assiri A, Almasri M, et al. Impact of the Hajj on pneumococcal transmission. Clin Microbiol Infect 2015;21(1):77.e11-8. https://doi.org/10.1016/j.cmi.2014.07.005 (PMID 25636939)

40. Memish ZA, Balkhy HH, Almuneef MA, et al. Carriage of Staphylococcus aureus among Hajj pilgrims. Saudi Med J 2006;27(9):1367-72. PMID 16951775.

41. Arcilla MS, van Hattem JM, Haverkate MR, et al. Import and spread of extended-

spectrum beta-lactamase-producing Enterobacteriaceae by international travellers (COMBAT study). Lancet Infect Dis 2017;17(1):78-85. https://doi.org/10.1016/S1473-3099(16)30319-X

42. Woerther PL, Burdet C, Chachaty E, Andremont A. Trends in human fecal carriage of extended-spectrum beta-lactamases in the community. Clin Microbiol Rev 2013;26(4):744-58. https://doi.org/10.1128/CMR.00023-13

43. van Duin D, Doi Y. The global epidemiology of carbapenemase-producing Enterobacteriaceae. Virulence 2017;8(4):460-9. https://doi.org/10.1080/21505594.2016.1222343

44. Aarestrup FM, Woolhouse MEJ. Using sewage for surveillance of antimicrobial resistance. Science 2020;367(6478):630-2. https://doi.org/10.1126/science.aba3432

45. Yezli S, Yassin Y, Mushi A, et al. Carriage of Neisseria meningitidis among travelers attending the Hajj pilgrimage, circulating serogroups, sequence types and antimicrobial susceptibility: a multinational longitudinal cohort study. Travel Med Infect Dis 2023;53:102581. https://doi.org/10.1016/j.tmaid.2023.102581 (PMID 37178946).

46. Yezli S, Yassin Y, Mushi A, et al. Carriage of Neisseria meningitidis among Umrah pilgrims: circulating serogroups and antibiotic resistance. Infect Drug Resist 2022;15:4685-96. https://doi.org/10.2147/IDR.S375096 (PMID 36039322).

47. Mohd Baharin IE, Hasan H, Nik Mohd Noor NZ, Mohamed M. Molecular detection of selected zoonotic respiratory pathogens and the presence of virulence and antibiotic resistance genes via PCR among Kelantan Hajj pilgrims. Malays J Microbiol 2021;17(3):254-65. https://doi.org/10.21161/mjm.200839

48. Pao LT, Tashani M, King C, Rashid H, Khatami A. Antimicrobial resistance associated with mass gatherings: a systematic review. Trop Med Infect Dis 2025;10(1):2. https://doi.org/10.3390/tropicalmed10010002

49. Culbert JH, Hobert A, Jahn N, Haupka N, Schmidt M, Donner P, Mayr P. Reference coverage analysis of OpenAlex compared to Web of Science and Scopus. Scientometrics 2025;130(4):2475-92. https://doi.org/10.1007/s11192-025-05293-3.

تطوير البنية التحتية الرقمية لتعزيز التكامل الاتصالي بين الجهات المشاركة في إدارة الحج دراسة تحليلية في ضوء نظرية ثراء الوسيلة

تغريد إبراهيم حسان الأحمدي - قسم الإعلام ، جامعة أم القرى

Developing Digital Infrastructure to Enhance Communicative Integration Among Entities Participating in Hajj Management: An Analytical Study in Light of Media Richness Theory

Tagreed Ibrahim Hassan Alahmadi - Media Department, Umm Al-Qura University

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

الملخص

يمثل موسم الحج بيئة اتصالية بالغة التعقيد، استقبلت نسخته لعام 1447هـ/2026م أكثر من 1.7 مليون حاج وحاجة (1,707,301)، بزيادة تناهز 2% عن موسم 1446هـ (الهيئة العامة للإحصاء، 2025، 2026)، من نحو 165 جنسية، ضمن كثافة تفاعل بين أكثر من مائة جهة مشاركة وتنوع لغوي يتجاوز خمسًا وعشرين لغة. تنطلق الورقة من إشكالية التشتت المعلوماتي الناتج عن تعدد المنصات الرقمية العاملة في منظومة الحج دون تكامل بنيوي كافٍ بينها، وهو ما يُحدث اختلالات في تدفق الاتصال أفقيًا بين الجهات التشغيلية، وعموديًا بين هذه الجهات والحاج المتلقي والمنتج للمعلومة معًا.

وتهدف الدراسة إلى تحليل دور التكامل الرقمي في تحسين فعالية الاتصال داخل هذه المنظومة، مستندة إلى نظرية ثراء الوسيلة (Daft and Lengel, 1986) وامتدادها في نظرية توسع القناة (Carlson and Zmud, 1999)، إطارًا يفترض تفاوت كفاءة القنوات تبعًا لسرعة التغذية الراجعة وتعدد الإشارات والتكيف اللغوي وثراء الرمزية. وتعتمد منهجًا وصفيًا تحليليًا يشمل، إلى جانب نُسُك وتوكلنا وبصير وسواهر، بطاقة نُسُك الذكية والمنظومة الصحية الرقمية (صحتي، ومستشفى صحة الافتراضي، ومركز 937) ومركز العمليات الإعلامي الموحد للحج ومبادرة «طريق مكة»، استنادًا إلى بيانات رسمية عقب اختتام الموسم نحو 54 مليون تفاعل عبر نُسُك، وأكثر من 35 مليون مستخدم لتوكلنا، ومليون ومئتي ألف خدمة صحية، وتغطية إعلامية دولية تجاوزت 11 مليار مشاهدة (وكالة الأنباء السعودية، 2026؛ صحيفة عكاظ، 2026).

وتخلص إلى إطار تفسيري للعلاقة بين ثراء الوسيلة وفعالية التكامل في سياقات الحشود الضخمة، مبيّنة أن فجوة الثراء بين الجهات التشغيلية والحاج مباشرة، رغم استمرارها في أغلب المنصات، بدأت تضيق في قطاعات كالخدمة الصحية؛ مع توصيات إجرائية تمهّد لمرحلة ميدانية لاحقة تشمل مقابلات مع مسؤولي الاتصال.

الكلمات المفتاحية: التكامل الاتصالي، نظرية ثراء الوسيلة، البنية الرقمية، إدارة الحشود، التشتت المعلوماتي، التحول الرقمي الحكومي.

Abstract

The Hajj season is an exceptionally complex communicative environment; its 1447H/2026 edition received more than 1.7 million pilgrims (1,707,301), roughly 2 percent above the 1446H season (General Authority for Statistics, 2025, 2026), representing about 165 nationalities, over one hundred participating entities, and more than twenty-five languages. The paper addresses information fragmentation arising from the multiplicity of digital platforms operating without sufficient structural integration, disrupting communication flow horizontally among operational entities and vertically toward the pilgrim, who is both a recipient and a producer of information. It analyses the role of digital integration in enhancing communication effectiveness, drawing on Media Richness Theory (Daft and Lengel, 1986) and its extension, Channel Expansion Theory (Carlson and Zmud, 1999), which link channel efficiency to feedback speed, cue multiplicity, language variety, and symbol richness. Adopting a descriptive-analytical method, the study covers Nusuk, Tawakkalna, Baseer, Sawaher, the smart Nusuk Card, the digital health ecosystem (Sehhaty, the Seha Virtual Hospital, and the 937 call centre), the Unified Media Operations Centre, and the Makkah Route initiative, drawing

on post-season statistics recording around 54 million Nusuk interactions, over 35 million Tawakkalna users, more than 1.2 million health services, and international media coverage exceeding 11 billion views (Saudi Press Agency, 2026; Okaz, 2026). It proposes an interpretive framework for media richness and communicative integration in mass-gathering contexts, showing that the gap between operationally- and pilgrim-oriented richness is narrowing in domains such as health services, and closes with procedural recommendations ahead of a subsequent fieldwork phase involving interviews with communication officials.

keywords: Communicative Integratio - Smart Crowds - Digital Infrastructure.

المقدمة

يستقطب موسم الحج سنويًا أكثر من مليوني حاج من أكثر من مائة وثمانين دولة (Alghamdi, Bharathy and Pileggi, ٢٠٢٦)، ضمن بيئة تشغيلية تتداخل فيها اختصاصات عشرات الجهات الحكومية وغير الربحية والخاصة، بدءًا من وزارة الحج والعمرة، مرورًا بوزارة الداخلية ووزارة الصحة ووزارة الإعلام، وصولًا إلى الهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي (سدايا) والقطاعات الأمنية والتشغيلية الميدانية. شهدت السنوات الأخيرة تحولًا رقميًا متسارعًا في هذه المنظومة، تمثّل أبرز ملامحه في إطلاق وزارة الحج والعمرة للمنصة الحكومية الموحدة «نُسُك» عام ٢٠٢٢م بوصفها بوابة رقمية تجمع خدمات كانت موزعة سابقًا بين عدة جهات (وكالة الأنباء السعودية، ٢٠٢٢)، إضافة إلى تفعيل التطبيق الوطني الشامل «توكلنا» لاستعراض تصاريح الحج والتحقق منها ميدانيًا بالتكامل مع منصة «تصريح» التابعة لوزارة الداخلية (وكالة الأنباء السعودية، ٢٠٢٦ج)، وتوظيف الهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي منصتي «بصير» و«سواهر» القائمتين على الرؤية الحاسوبية والنماذج اللغوية الكبيرة لإدارة الحشود ومتابعتها لحظيًا (وكالة الأنباء السعودية، ٢٠٢٥). يتضح حجم هذا التحول بجلاء أكبر حين يُقرأ في سياق تراكمي لا سياق موسم واحد. فقد استقبل موسم حج ١٤٤٧هـ (١,٧٠٧,٣٠١) حاج وحاجة، بزيادة طفيفة تناهز ٢٪ عن موسم ١٤٤٦هـ الذي استقبل (١,٦٧٣,٢٣٠) حاج وحاجة (الهيئة العامة للإحصاء، ٢٠٢٥، ٢٠٢٦)؛ وهو نمو عددي متواضع نسبيًا، لكنه ترافق مع توسع تقني لافت في القنوات الرقمية المخصصة لخدمة هذا العدد شبه المستقر من الحجاج. ووفق ما أفاد به الناطق الرسمي باسم وزارة الحج والعمرة، فإن مؤشر رضا الحجاج، الذي ارتفع تدريجيًا من ٧٤٪ عام ١٤٤٣هـ إلى ٧٨٪ عام ١٤٤٤هـ ثم ٨١٪ عام ١٤٤٥هـ (Hameed, ٢٠٢٥)، بلغ وفق مصادر رسمية لاحقة ٩١٪ في موسم ١٤٤٦هـ (جريدة الرياض، ٢٠٢٥). وبصرف النظر عن اختلاف أدوات القياس المحتمل بين هذين المصدرين، فإن المسار العام تصاعدي، ويتزامن زمنيًا مع تكثيف الاستثمار في المنصات الرقمية موضوع هذه الورقة، وهو تزامن يستحق التدقيق النظري لا الاكتفاء بالإشارة إليه عرضياً

لكن تعدد هذه المنصات وتنوع الجهات المشغّلة لها يطرح إشكالية بحثية جوهرية تتصل بمدى التكامل البنيوي بينها. فرغم وجود جهود تكامل ثنائية موثقة، مثل ربط «توكلنا» بمنصة «تصريح» لعرض تصاريح الحج (صحيفة المدينة، ٢٠٢٦)، يظل هذا التكامل في كثير من الأحيان تكاملًا وظيفيًا محدود النطاق بين طرفين لا تكاملًا بنيويًا شاملًا عبر المنظومة بأكملها. وتُعرف هذه الظاهرة في أدبيات الاتصال التنظيمي بالتشتت المعلوماتي (Information Fragmentation)، وهي حالة تنشأ حين تتوزع المعلومات والخدمات عبر أنظمة رقمية متعددة غير مترابطة بما يكفي، فيضطر المستخدم إلى التنقل بين قنوات متفرقة لاستكمال احتياجه المعلوماتي (Felemban et al., ٢٠٢٠؛ Showail, ٢٠٢٢). وفي سياق الحج تحديدًا، حيث يمثل الحاج مستخدمًا متعدد اللغات ومتفاوت الإلمام الرقمي، لا يُعد هذا التشتت قضية تقنية بحتة بقدر ما هو اختلال في تدفق الاتصال على مستويين: مستوى أفقي بين الجهات التشغيلية المشاركة في إدارة الحج، ومستوى عمودي بين هذه الجهات والحاج الذي يمثل في آنٍ واحد متلقيًا للتوجيهات ومنتجًا للمعلومة الميدانية عبر قنوات التغذية الراجعة الرسمية وغير الرسمية على حد سواء وتستند هذه الورقة إلى نظرية ثراء الوسيلة (Media Richness Theory)، بوصفها الإطار التحليلي الرئيس الذي يُفصَّل في القسم التالي، لتفسير التفاوت في كفاءة القنوات الاتصالية العاملة داخل منظومة الحج. وتتناول الدراسة على هذا الأساس تساؤلين رئيسين: الأول، ما مدى توافق التكامل الاتصالي القائم بين المنصات الرقمية الحالية في منظومة الحج ومتطلبات العمليات التشغيلية المختلفة؟ والثاني، كيف يختلف تأثير وأداء هذه القنوات الرقمية بين سيناريوهات الغموض المعلوماتي المرتفع، كحالات الطوارئ، والمهام الروتينية المنخفضة الغموض؟ وتكتسب الإجابة عن هذين التساؤلين أهمية مضاعفة في ضوء استهداف برنامج خدمة ضيوف الرحمن، أحد برامج رؤية المملكة ٢٠٣٠، رفع الطاقة الاستيعابية لمنظومة خدمات ضيوف الرحمن إلى ثلاثين مليون معتمر بحلول عام ٢٠٣٠م (برنامج خدمة ضيوف الرحمن، بدون تاريخ)، وهو استهداف يجعل من كفاءة البنية الاتصالية الرقمية شرطًا لازمًا لتحقيق هذا التوسع دون الإخلال بجودة التجربة الدينية والثقافية لضيوف الرحمن.

أهداف الدراسة

- تحليل مدى التكامل البنيوي بين المنصات الرقمية العاملة داخل منظومة الحج (نُسُك، توكلنا، بصير، سواهر، بطاقة نُسُك الذكية، المنظومة الصحية الرقمية، مركز العمليات الإعلامي الموحد، ومبادرة «طريق مكة»)، في ضوء نظرية ثراء الوسيلة وتوسع القناة.

- الكشف عن مواطن التشتت المعلوماتي الناتجة عن غياب التكامل البنيوي الشامل بين هذه المنصات، أفقيًا بين الجهات التشغيلية وعموديًا بين هذه الجهات والحاج.

- تصنيف القنوات الاتصالية المدروسة بحسب درجة ثرائها، ومدى ملاءمتها لمهام عالية الغموض كحالات الطوارئ مقارنة بالمهام الروتينية منخفضة الغموض.

- تفسير العلاقة بين تراكم خبرة المستخدم بالقنوات الرقمية عبر المواسم المتعاقبة وارتفاع مؤشرات رضا الحجاج، استنادًا إلى نظرية توسع القناة.

- صياغة توصيات إجرائية تسهم في تضييق الفجوة بين الثراء الموجّه للجهات التشغيلية والثراء

الموجّه للحاج مباشرة، تمهيدًا للمرحلة الميدانية اللاحقة من الدراسة

الإطار النظري والدراسات السابقة

صاغ Daft and Lengel (١٩٨٤, ١٩٨٦) نظرية ثراء الوسيلة (Media Richness Theory) امتدادًا لنظرية معالجة المعلومات التنظيمية، منطلقين من فرضية أن كفاءة أي وسيلة اتصالية في نقل المعنى وتقليل الغموض (Equivocality) تتحدد بأربعة عوامل رئيسة: سرعة التغذية الراجعة التي تتيحها الوسيلة، وتعدد الإشارات الحسية المصاحبة للرسالة (نصية، صوتية، بصرية)، وقدرة الوسيلة على التكيف مع اللغة الطبيعية للمستخدم بدل الترميز الجامد، وثراء الرمزية المستخدمة فيها. وتفترض النظرية أن المهام عالية الغموض، كحالات الطوارئ والفقدان والاستفسارات المعقدة، تتطلب قنوات اتصال غنية تتيح تفاعلًا آنيًا وتغذية راجعة سريعة، في حين تكفي القنوات الأقل ثراءً، كالإشعارات النصية، لأداء المهام الروتينية المتكررة كالتذكير بالمواعيد. وقد وجّه Carlson and Zmud (١٩٩٩) نقدًا بنّاءً للصياغة الأصلية للنظرية عبر ما أسمياه نظرية توسع القناة (Channel Expansion Theory)، مفادها أن إدراك الفرد لثراء وسيلة معينة ليس ثابتًا بحكم خصائصها التقنية وحدها، بل يتطور مع تراكم خبرة المستخدم بالوسيلة وبموضوع الرسالة وبالطرف الآخر في الاتصال؛ أي إن الوسيلة نفسها قد تُدرَك أكثر ثراءً كلما تكرر استخدامها وتوسعت خبرة مستخدميها بها. ولهذا الامتداد صلة مباشرة بسياق الحج، حيث تتكرر التجربة الاتصالية سنويًا لكل من الجهات المشغّلة والحجاج العائدين، بما يفتح الباب أمام تفسير محتمل لاطراد مؤشرات الرضا عبر المواسم المتعاقبة (Hameed, ٢٠٢٥؛ جريدة الرياض، ٢٠٢٥)، بوصفه، جزئيًا على الأقل، أثرًا تراكميًا لتوسع الخبرة بالقناة لا لتغير جوهري في بنيتها التقنية فحسب. وقد تناولت أدبيات متخصصة تطبيقات التقنية الرقمية في سياق الحج من زوايا متعددة. فقد قدّم Felemban (٢٠٢٠) مسحًا تقنيًا شاملًا لحلول إدارة الحشود الرقمية في الحج، فيما استعرض Showail (٢٠٢٢) التحديات التقنية والاتصالية التي تواجه الحج والعمرة عبر أدبيات تقنية المعلومات والاتصال. ووظّف Abalkhail and Al Amri (٢٠٢٢) تحليل SWOT لتقييم تجربة المملكة في إدارة حشود الحج بالذكاء الاصطناعي، وخلصا إلى أن من أبرز نقاط الضعف صعوبة استمرارية التنسيق الفوري بين الجهات المتعددة تحت الضغط الزمني الحاد لموسم الحج. أما Alghamdi, Bharathy and Pileggi (٢٠٢٦)، في دراسة قائمة على خمس وعشرين مقابلة معمقة مع مختصي عمليات الحج، فقد بيّنت أن الشبكات الاجتماعية والمنصات الرقمية تؤدي أربع وظائف متداخلة في هذا السياق: التنسيق بين الجهات، واستشعار الإشارات البيئية وردود فعل الحجاج، والتكيّف عبر تعديل السياسات والخدمات، والتواصل مع الجمهور المتنوع لغويًا. وفي الاتجاه ذاته، أظهرت دراسة Gazzawe and Albahar (٢٠٢٤) حول توظيف الذكاء الاصطناعي في تخفيف الازدحام المروري بمكة المكرمة أن الحلول التقنية القطاعية، وإن كانت فعالة ضمن نطاقها الضيق، تحتاج إلى منظومة اتصال بينية (Interoperability) تربطها بمنظومة الخدمات الموجهة للحاج مباشرة.

وتضيف دراستان حديثتان صدرتا عام ٢٠٢٥م بعدًا نظريًا يخدم أسئلة هذه الورقة مباشرة. فقد قدّم Alqahtani, Syamsunur and Jusoh (٢٠٢٥) مراجعة منهجية شاملة لعقدين من الأدبيات (٢٠٠٠-٢٠٢٥) حول تقنيات النقل والحشود الذكية في الحج، خلصا فيها إلى أن تحديات التشغيل البيني وتكامل البيانات على نطاق واسع لا تزال قائمة رغم التقدم التقني المطرد في كل قطاع على حدة، وهو استنتاج يتقاطع تمامًا مع إشكالية هذه الورقة. من جهة أخرى، ناقش Alhazmi (٢٠٢٥) إشكاليات الخصوصية في الرعاية الصحية الرقمية الذكية خلال الحج والعمرة، مقترحًا أطرًا تعتمد التعلم الفيدرالي (Federated Learning) والحوسبة الطرفية-السحابية لتقديم خدمات صحية شخصية دون المساس بسرية بيانات الحاج؛ وهو ما يمنح خلفية نظرية مباشرة لتحليل المنظومة الصحية الرقمية الذي تتناوله هذه الورقة في قسم النتائج، بوصفها إحدى أكثر القنوات ثراءً في اتجاه الحاج مباشرة، لا في الاتجاه التشغيلي الداخلي فقط كما هي الحال في أغلب المنصات الأخرى.

منهجية وطرق البحث

تعتمد الدراسة منهجًا وصفيًا تحليليًا متعدد المستويات يُنفَّذ على مرحلتين متكاملتين. تتمثل المرحلة الأولى، وهي موضوع هذه الورقة، في التحليل النظري والوثائقي للبنية التقنية للمنصات الرقمية الأساسية في منظومة الحج، وهي: نُسُك بوصفها المنصة الحكومية الموحدة التابعة لوزارة الحج والعمرة، وتوكلنا بوصفه التطبيق الوطني الشامل المرتبط بمنصة التصاريح التابعة لوزارة الداخلية، وبصير وسواهر بوصفهما منصتين تقنيتين طوّرتهما الهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي بالشراكة مع وزارة الداخلية لإدارة الحشود ومراقبتها (وكالة الأنباء السعودية، ٢٠٢٥؛ اليوم السابع، ٢٠٢٦). وتوسّع هذه النسخة من الورقة نطاق التحليل الوثائقي، مقارنة بالصياغة الأولية، ليشمل ثلاث طبقات اتصالية إضافية: بطاقة نُسُك الذكية بوصفها أداة الربط الفعلي بين الهوية والتصريح والحضور الميداني، والمنظومة الصحية الرقمية المتمثلة في تطبيق «صحتي» ومستشفى صحة الافتراضي ومركز الاتصال الموحد (٩٣٧)، ومركز العمليات الإعلامي الموحد للحج بوصفه آلية التنسيق الاتصالي الرسمي بين الجهات تجاه الجمهور المحلي والدولي، إضافة إلى مبادرة «طريق مكة» بوصفها نموذجًا لتكامل ما قبل السفر بين عشر جهات حكومية وشريك رقمي خاص. ويقوم هذا التحليل الموسّع على مصادر أولية رسمية، تشمل البيانات الصحفية والإعلانات الرسمية الصادرة عن وكالة الأنباء السعودية (واس) والجهات المعنية، إلى جانب الأدبيات الأكاديمية المحكّمة ذات الصلة بتقنية المعلومات والاتصال في سياق الحج (Felemban et al., ٢٠٢٠؛ Showail, ٢٠٢٢؛ Abalkhail and Al Amri, ٢٠٢٢؛ Alghamdi, Bharathy and Pileggi, ٢٠٢٦؛ Alqahtani, Syamsunur and Jusoh, ٢٠٢٥؛ Alhazmi, ٢٠٢٥). وقد تزامن إعداد هذه الورقة، مع انتهاء موسم الحج ١٤٤٧هـ فعليًا (نهاية مايو ٢٠٢٦م)، مما أتاح الاستفادة من نوعين إضافيين من البيانات الميدانية الثانوية التي نُشرت رسمياً بعد الموسم مباشرة: الأول بيانات كمية، تتمثل في الإحصاءات الرسمية الصادرة عن الهيئة العامة للإحصاء ووزارة الحج والعمرة ووزارة الصحة والهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي (سدايا) حول مؤشرات استخدام المنصات

خلال الموسم؛ والثاني بيانات نوعية، وهي التصريحات الرسمية المنشورة لمسؤولي التشغيل والاتصال في الجهات المعنية، كمتحدثي مركز العمليات الأمنية الموحدة ووزارة الصحة ووزارة الحج والعمرة، والتي وردت في بيانات وكالة الأنباء السعودية (واس) ووسائل الإعلام الرسمية أثناء الموسم وبعده، بما في ذلك محاضر الإيجازات الصحفية الثلاثة التي عقدها مركز العمليات الإعلامي الموحد للحج (وكالة الأنباء السعودية، ٢٠٢٦). وقد وُظِّف هذان النوعان من البيانات في قسم النتائج والمناقشة أدناه بوصفهما شواهد ميدانية ثانوية تسند التصنيف النظري القائم على نظرية ثراء الوسيلة. غير أن هذه البيانات الثانوية، على قيمتها، لا تُغني عن الشق الميداني الأولي المخطط له في هذه الدراسة، والمتمثل في إجراء مقابلات شبه مقننة مباشرة مع مسؤولي العمليات الاتصالية والتقنية في الجهات المشاركة، وذلك لتعميق الفهم النوعي لآليات التنسيق الداخلية التي لا تظهر في البيانات الإحصائية المعلنة، ولاختبار التصنيف النظري المقترح في هذه الورقة اختبارًا مباشرًا، خصوصًا فيما يتصل بتفسير اطراد مؤشرات الرضا المشار إليه في المقدمة: هل يعكس هذا الاطراد أثر التكامل البنيوي فعليًا، أم يعكس بدرجة أكبر أثر تراكم الخبرة بالقناة كما تفترض نظرية توسع القناة (Carlson and Zmud, ١٩٩٩)، أم مزيجًا من الاثنين معًا؟ وبناءً على ذلك، فإن ما يرد في قسم النتائج والمناقشة أدناه يجمع بين قراءة نظرية وقراءة تجريبية أولية مستندة إلى بيانات ميدانية ثانوية حقيقية صادرة عن الجهات الرسمية عقب موسم حج ١٤٤٧هـ، مع بقاء المقابلات المباشرة مرحلة لاحقة مكمّلة لا غنى عنها لتعميق النتائج والتحقق منها بشكل مباشر. ولتحليل كل منصة رقمية، تم توظيف عوامل نظرية ثراء الوسيلة الأربعة (Daft and Lengel, ١٩٨٦) بوصفها معايير تصنيف: سرعة التغذية الراجعة التي تتيحها المنصة للحاج أو للجهة التشغيلية، وتعدد الإشارات والرموز التي تحملها الرسالة الاتصالية عبر المنصة (نصية، بصرية، صوتية، تفاعلية)، ومدى تكيّف المنصة مع التنوع اللغوي والثقافي لمستخدميها، وثراء الرمزية المستخدمة في نقل المعنى. وأُضيف إلى هذه المعايير، تأسيسًا على القراءة النظرية الموسّعة في القسم السابق، معيار خامس تكميلي هو اتجاه الوسيلة (Directionality): أي ما إذا كان ثراؤها موجّهًا أساسًا للجهات التشغيلية الداخلية أم للحاج مباشرة، وذلك لتفسير التمايز الذي كشفت عنه المنصات الإضافية المدرجة في هذه النسخة من التحليل. وتظل هذه المعايير أداة تحليلية أولية تخضع للتنقيح في ضوء نتائج المرحلة الميدانية اللاحقة



شكل (1): مخطط مبسّط لمرحلتي منهجية الدراسة

النتائج والمناقشة

يكشف التحليل الوثائقي لبنية المنصات الرقمية الثماني المدروسة في هذه النسخة الموسّعة، مقروءًا في ضوء البيانات الرسمية المعلنة عقب اختتام موسم حج ١٤٤٧هـ، عن تمايز وظيفي واضح بينها من حيث درجة ثراء الوسيلة واتجاهها. فبعض هذه المنصات يوجّه ثراءه أساسًا نحو الجهة التشغيلية الداخلية، وبعضها الآخر يوجهه مباشرة نحو الحاج، فيما تقف فئة ثالثة، أضيفت في هذا التحليل الموسّع، على الحدّ الفاصل بين الاتجاهين.

سجّل تطبيق نُسُك خلال الموسم نحو ٥٤ مليون تفاعل للحجاج، وتجاوز عدد مستخدميه ١,٣ مليون حاج، فيما بلغت مرات استخدام الخدمات الإسلامية فيه أكثر من ٦ ملايين مرة، وتجاوز عدد الإشعارات التوعوية والإرشادية والصحية المقروءة نحو ٢٢ مليون إشعار، واستفاد أكثر من ٥١٨ ألف حاج من خدمة «المطوف الرقمي»، واستخدم نحو ٩٥٩ ألف حاج خرائط نُسُك (صحيفة عكاظ، ٢٠٢٦ج). وتعكس هذه الأرقام ثراءً معلوماتيًا مرتفعًا نسبيًا موجّهًا مباشرة للحاج، لا سيما في بُعدَي تعدد الإشارات والتكيف اللغوي. ويتصل بهذا التطبيق عضويًا نظام آخر أُدرج للمرة الأولى في موسم ١٤٤٧هـ: بطاقة نُسُك الذكية المزوّدة بأنظمة استشعار مرتبطة ببياناتها ومفعّلة في مشعر منى، والتي تتيح تنظيم تفويج الحجاج وفق بيانات لحظية دقيقة، وتربط الهوية الشخصية بمنصة التصاريح الموحدة، بما يرفع كفاءة التحقق الميداني (وكالة الأنباء السعودية، ٢٠٢٦أ). وقد وُزِّع من هذه البطاقة، في نسختها التي سبقت الاستشعار الذكي خلال موسم ١٤٤٦هـ، أكثر من ١,٦ مليون بطاقة على الحجاج و٩٠ ألف بطاقة على العاملين، وهو نطاق انتشار يجعل منها أقرب إلى بنية تحتية شبه شاملة لا مجرد أداة تعريف هامشية. وعلى الرغم من أن ثراء البطاقة بحد ذاتها محدود من حيث تعدد الإشارات (رمز استجابة سريع وتقنية اتصال قريب المدى بالأساس)، فإنها تؤدي وظيفة تكاملية حاسمة بوصفها المفتاح الموحّد الذي يربط هوية الحاج بخدمات نُسُك وتصاريح توكلنا معًا، وهو ما يجعلها أقرب في التصنيف النظري إلى «قناة تمكينية» لا قناة اتصال بالمعنى المباشر.

في المقابل، يؤدي تطبيق توكلنا دورًا تكامليًا محوريًا، إذ تجاوز عدد مستخدميه ٣٥ مليون مستفيد، وضم أكثر من ١٣٠٠ خدمة رقمية بالتعاون مع أكثر من ٣٥٠ جهة حكومية، ودعم ١٩ لغة عالمية شملت العربية والإنجليزية والإندونيسية والأردية والتركية والبنغالية وغيرها (وكالة الأنباء السعودية، ٢٠٢٦ج؛ العربية، ٢٠٢٦أ)، وهو ما يمنحه ثراءً مرتفعًا في بُعد التكيف اللغوي، غير أن دوره الأساسي يظل تحقّقيًا رقابيًا لا تفاعليًا بالمعنى الذي تفترضه النظرية للقنوات الغنية.

أما على مستوى الطبقة التشغيلية الداخلية، فقد شغّلت منصة سواهر التابعة لسدايا ووزارة الداخلية خلال الموسم أكثر من ٥,٠٠٠ كاميرا في ٨٠ موقعًا، مدعومة بـ٣١ لوحة بيانات و١٦ خوارزمية ذكاء اصطناعي، وبمشاركة أكثر من ٦٠٠ مستخدم تشغيلي، بما مكّن الجهات المختصة من متابعة المواقع عالية الكثافة والاستجابة السريعة للمتغيرات الميدانية وإحصاء الحجاج بدقة (اليوم السابع، ٢٠٢٦)؛ فيما واصلت منصة بصير أداء دورها في متابعة الحشود ودعم سلامتهم وانسيابية حركتهم عبر تقنيات الرؤية الحاسوبية والنماذج اللغوية الكبيرة (اليوم السابع، ٢٠٢٦).

وقد استكملت سدايا هذه المنظومة خلال موسم ١٤٤٧هـ بتفعيل مراكز عمليات متنقلة ذكية (MOCS)، تضم أنظمة مركزية مرتبطة بالبنية التحتية الرقمية للهيئة وكاميرات ذكية ولوحات تحكم تفاعلية، بما يقرّب التحليل اللحظي ودعم القرار من موقع الحدث الميداني نفسه بدل الاقتصار على غرف عمليات ثابتة (الموطن، ٢٠٢٦). وتؤكد هذه الأرقام مجتمعة الفرضية النظرية القائلة بأن ثراء بصير وسواهر ومراكزها المتنقلة مرتفع في بُعدَي تعدد الإشارات وسرعة التغذية الراجعة، لكنه موجّه أساسًا إلى الجهات التشغيلية لا إلى الحاج مباشرة، مما يُبقي على الفجوة بين الطبقتين موضع اهتمام نظري وتطبيقي

تكسر المنظومة الصحية الرقمية هذا النمط جزئيًا، إذ تجمع بين ثراء مرتفع في تعدد الإشارات وسرعة التغذية الراجعة من جهة، وتوجّهٍ مباشر نحو الحاج من جهة أخرى، بما يجعلها الحالة الأقرب في هذا التحليل إلى القناة «الغنية الموجّهة للمستفيد النهائي» التي تفترضها النظرية للمهام عالية الغموض كحالات الطوارئ الصحية. فقد قدّمت المنظومة الصحية لضيوف الرحمن أكثر من مليون ومئتي ألف خدمة صحية (١,٢٠٦,٠٣٥) حتى اليوم العاشر من ذي الحجة، وباشرت فرقها الطبية (٤٦٦) حالة إجهاد حراري بكفاءة فورية، إلى جانب استقبال أكثر من مليون اتصال (١,٠٨٢,٦٢٨) عبر مركز الاتصال الموحد ٩٣٧ (وكالة الأنباء السعودية، ٢٠٢٦و). ويُلاحَظ أن هذا الرقم التراكمي النهائي يتجاوز بكثير الرقم الذي أورده وزير الصحة فهد الجلاجل في تصريح مبكر لقناة العربية بتاريخ ٢٠ مايو، أي قبل بدء موسم الحج الفعلي، حين أشار إلى أن المنظومة الصحية «قدّمت ١٢٣ ألف خدمة للحجاج حتى الآن»، مؤكدًا جاهزية جميع المواقع لاستقبال حالات الإجهاد الحراري (العربية، ٢٠٢٦ب)؛ وهو تفاوت طبيعي ناتج عن اختلاف المرحلة الزمنية بين التصريحين، لا تناقضًا بين المصدرين. ويقدّم مركز الاتصال ٩٣٧ خدماته بسبع لغات عالمية، فيما يتيح تطبيق «صحتي» استشارات طبية فورية عبر قنوات صوتية ومرئية وكتابية معًا، مع إمكانية مشاركة التقارير الطبية ومناقشة نتائج الفحوصات وإصدار الوصفات إلكترونيًا؛ وهذا التعدد في قنوات الإشارة نفسها، داخل تطبيق واحد، هو بالضبط ما تصفه نظرية ثراء الوسيلة بالقناة عالية الثراء. ويضيف مستشفى صحة الافتراضي بُعدًا تحليليًا آخر عبر خدمة «رفيق رحلتك»، التي تستخدم أجهزة استشعار ذكية لمتابعة المؤشرات الحيوية للحجاج بشكل مستمر والتنبؤ المبكر بأي تراجع صحي، إلى جانب تحليل الصور الطبية بالذكاء الاصطناعي ودعم تشخيص السكتات الدماغية عن بُعد. وإذا صحّ وصف الفجوة بين الطبقة التشغيلية الداخلية والطبقة الموجّهة للحاج بأنها إشكالية مركزية في هذه الورقة، فإن المنظومة الصحية الرقمية تقف استثناءً جزئيًا مهمًا يستحق مزيدًا من الدراسة الميدانية: كيف تسنّى لقطاع واحد الجمع بين ثراء داخلي (تحليل الصور بالذكاء الاصطناعي، الاستشعار الحيوي المستمر) وثراء مباشر تجاه الحاج (استشارة صوتية أو مرئية فورية بسبع لغات) في آنٍ واحد، بينما تعثّرت قطاعات أخرى في تحقيق هذا الجمع؟

ويوضح الجدول رقم (١) تصنيفًا موسّعًا لهذه المنصات الثماني وفق أبعاد نظرية ثراء الوسيلة الأربعة، مضافًا إليها بُعد الاتجاه (Directionality) المقترح في هذه الورقة، مسندًا إلى البيانات الميدانية أعلاه.

جدول 1. تصنيف المنصات والآليات الاتصالية الثماني وفق أبعاد نظرية ثراء الوسيلة، مسندًا إلى بيانات موسم حج 1447هـ.

الاتجاه الأساسي	التكيف اللغوي والشخصي	تعدد الإشارات وثراء الرمزية	سرعة التغذية الراجعة	المنصة/الآلية
نحو الحاج مباشرة	مرتفعة (تعدد لغوي واسع)	متوسطة (نصوص، خرائط، صوت)	متوسطة (إشعارات وذكاء اصطناعي محادثي)	نُسُك (وزارة الحج والعمرة)
مزدوج (تمكيني للطرفين)	غير منطبق (بنية تعريف)	منخفضة (QR وNFC بالأساس)	مرتفعة داخليًا (استشعار لحظي)	بطاقة نُسُك الذكية
نحو الجهات، وتحقّقيًا نحو الحاج	مرتفعة (19 لغة)	منخفضة (بيانات ورمزية رسمية)	منخفضة إلى متوسطة (تحقّق آني من التصاريح)	توكلنا (منصة وطنية شاملة)
نحو الجهات التشغيلية	منخفضة (موجّهة للجهات لا للحاج)	مرتفعة (رؤية حاسوبية ونماذج لغوية)	مرتفعة داخليًا / منخفضة تجاه الحاج	بصير (سدايا)
نحو الجهات التشغيلية	غير منطبق (بنية تحتية تشغيلية)	مرتفعة (كاميرات ولوحات بيانات)	مرتفعة داخليًا / متعدمة تجاه الحاج	سواهر ومراكزها المتنقلة (سدايا ووزارة الداخلية)
نحو الحاج مباشرة، مع تغذية داخلية	مرتفعة (سبع لغات)	مرتفعة (صوت، صورة، نص، استشعار حيوي)	مرتفعة (استجابة فورية صوتية ومرئية)	المنظومة الصحية الرقمية (صحتي/937/صحة الافتراضي)
نحو الجهات (تنسيق) والجمهور العالمي (توزيع)	مرتفعة (تغطية دولية متعددة اللغات)	مرتفعة (إيجاز صحفي متعدد الوسائط)	مرتفعة في الإيجاز الصحفي، متوسطة في التوزيع	مركز العمليات الإعلامي الموحد للحج
نحو الحاج مباشرة، مع تكامل أفقي بيني بين الجهات	مرتفعة (خدمة حجاج 10 دول عبر 17 منفذًا بتنسيق عشر جهات)	مرتفعة (تأشيرة إلكترونية، خصائص حيوية، تحقق جوازات متكامل)	مرتفعة (إنهاء إجراءات الحاج خلال 40 ثانية)	مبادرة «طريق مكة» (وزارة الداخلية)

المصدر: تصنيف الباحث استنادًا إلى الوثائق والإحصاءات الرسمية المشار إليها في المتن.

بينما يعرض الجدول رقم (٢) أبرز المؤشرات الكمية الرسمية المعلنة لكل منصة أو آلية اتصالية خلال موسم حج ١٤٤٧هـ، بما يشمل الطبقات الإضافية التي تناولتها هذه النسخة الموسّعة من الورقة.

جدول 2. أبرز المؤشرات الكمية الرسمية لأداء المنصات والآليات الاتصالية خلال موسم حج 1447هـ/2026م.

الاتجاه الأساسي	التكيف اللغوي والشخصي	تعدد الإشارات وثراء الرمزية	سرعة التغذية الراجعة	المنصة/الآلية
نحو الحاج مباشرة	مرتفعة (تعدد لغوي واسع)	متوسطة (نصوص، خرائط، صوت)	متوسطة (إشعارات وذكاء اصطناعي محادثي)	نُسُك (وزارة الحج والعمرة)
مزدوج (تمكيني للطرفين)	غير منطبق (بنية تعريف)	منخفضة (QR وNFC بالأساس)	مرتفعة داخليًا (استشعار لحظي)	بطاقة نُسُك الذكية
نحو الجهات، وتحقّقيًا نحو الحاج	مرتفعة (19 لغة)	منخفضة (بيانات ورمزية رسمية)	منخفضة إلى متوسطة (تحقّق آني من التصاريح)	توكلنا (منصة وطنية شاملة)
نحو الجهات التشغيلية	منخفضة (موجّهة للجهات لا للحاج)	مرتفعة (رؤية حاسوبية ونماذج لغوية)	مرتفعة داخليًا / منخفضة تجاه الحاج	بصير (سدايا)
نحو الجهات التشغيلية	غير منطبق (بنية تحتية تشغيلية)	مرتفعة (كاميرات ولوحات بيانات)	مرتفعة داخليًا / متعدمة تجاه الحاج	سواهر ومراكزها المتنقلة (سدايا ووزارة الداخلية)
نحو الحاج مباشرة، مع تغذية داخلية	مرتفعة (سبع لغات)	مرتفعة (صوت، صورة، نص، استشعار حيوي)	مرتفعة (استجابة فورية صوتية ومرئية)	المنظومة الصحية الرقمية (صحتي/937/صحة الافتراضي)
نحو الجهات (تنسيق) والجمهور العالمي (توزيع)	مرتفعة (تغطية دولية متعددة اللغات)	مرتفعة (إيجاز صحفي متعدد الوسائط)	مرتفعة في الإيجاز الصحفي، متوسطة في التوزيع	مركز العمليات الإعلامي الموحد للحج
نحو الحاج مباشرة، مع تكامل أفقي بيني بين الجهات	مرتفعة (خدمة حجاج 10 دول عبر 17 منفذًا بتنسيق عشر جهات)	مرتفعة (تأشيرة إلكترونية، خصائص حيوية، تحقق جوازات متكامل)	مرتفعة (إنهاء إجراءات الحاج خلال 40 ثانية)	مبادرة «طريق مكة» (وزارة الداخلية)

المصدر: بيانات رسمية معلنة عقب اختتام موسم حج ١٤٤٧هـ (انظر المراجع).

ولتوفير سياق كمي تراكمي لقراءة هذه المؤشرات، يقارن الجدول رقم (٣) بين أبرز مؤشرات موسمي حج ١٤٤٦هـ و١٤٤٧هـ، بوصفه محاولة أولية لربط اتساع النطاق الرقمي بمعدل نمو

أعداد الحجاج الفعلي

جدول 3. مقارنة بين أبرز مؤشرات موسمي حج 1446هـ و1447هـ.

الاتجاه الأساسي	التكيف اللغوي والشخصي	تعدد الإشارات وثراء الرمزية	سرعة التغذية الراجعة	المنصة/الآلية
نحو الحاج مباشرة	مرتفعة (تعدد لغوي واسع)	متوسطة (نصوص، خرائط، صوت)	متوسطة (إشعارات وذكاء اصطناعي محادثي)	نُسُك (وزارة الحج والعمرة)
مزدوج (تمكيني للطرفين)	غير منطبق (بنية تعريف)	منخفضة (QR وNFC بالأساس)	مرتفعة داخليًا (استشعار لحظي)	بطاقة نُسُك الذكية
نحو الجهات، وتحقّقيًا نحو الحاج	مرتفعة (19 لغة)	منخفضة (بيانات ورمزية رسمية)	منخفضة إلى متوسطة (تحقّق أني من التصاريح)	توكلنا (منصة وطنية شاملة)
نحو الجهات التشغيلية	منخفضة (موجّهة للجهات لا للحاج)	مرتفعة (رؤية حاسوبية ونماذج لغوية)	مرتفعة داخليًا / منخفضة تجاه الحاج	بصير (سدايا)
نحو الجهات التشغيلية	غير منطبق (بنية تحتية تشغيلية)	مرتفعة (كاميرات ولوحات بيانات)	مرتفعة داخليًا / منعدمة تجاه الحاج	سواهر ومراكزها المتنقلة (سدايا ووزارة الداخلية)
نحو الحاج مباشرة، مع تغذية داخلية	مرتفعة (سبع لغات)	مرتفعة (صوت، صورة، نص، استشعار حيوي)	مرتفعة (استجابة فورية صوتية ومرئية)	المنظومة الصحية الرقمية (صحتي/937/صحة الافتراضي)
نحو الجهات (تنسيق) والجمهور العالمي (توزيع)	مرتفعة (تغطية دولية متعددة اللغات)	مرتفعة (إيجاز صحي متعدد الوسائط)	مرتفعة في الإيجاز الصحي، متوسطة في التوزيع	مركز العمليات الإعلامي الموحد للحج
نحو الحاج مباشرة، مع تكامل أفقي بيني بين الجهات	مرتفعة (خدمة حجاج 10 دول عبر 17 منفذًا بتنسيق عشر جهات)	مرتفعة (تأشيرة إلكترونية، خصائص حيوية، تحقق جوازات متكامل)	مرتفعة (إنهاء إجراءات الحاج خلال 40 ثانية)	مبادرة «طريق مكة» (وزارة الداخلية)

المصدر: الهيئة العامة للإحصاء (٢٠٢٥، ٢٠٢٦).

يُظهر الجدول أعلاه نموًا عامًا في أعداد الحجاج بنسبة تقارب ٢٪، مع تراجع طفيف في أعداد حجاج الداخل مقابل نمو أكبر نسبيًا في أعداد حجاج الخارج، وهو نمط يزيد من الضغط على القنوات متعددة اللغات تحديدًا (نُسُك وتوكلنا والمنظومة الصحية)، بما يفسر جزئيًا التوسع الذي شهدته هذه القنوات في عدد اللغات المدعومة والخدمات المقدمة مقارنة بالمواسم السابقة. وبصرف النظر عن التفسير الدقيق لهذا التزامن، الذي تبقى المقابلات الميدانية اللاحقة كفيلة بتوضيحه، فإن اتساق اتجاه النمو العددي مع اتساع النطاق الرقمي يدعم أطروحة الورقة القائلة بأن التوسع في القنوات ليس تحسينًا تقنيًا معزولًا، بل استجابة تنظيمية لضغط تشغيلي متصاعد.

ويُعد مركز العمليات الأمنية الموحدة (٩١١) بمنطقتي مكة المكرمة والمدينة المنورة الشاهد الميداني الأوضح على إمكانية تحقيق تكامل أفقي بنيوي حقيقي؛ إذ استقبل خلال موسم حج ١٤٤٧هـ نحو نصف مليون مكالمة أمنية وخدمية وإنسانية في آنٍ واحد، بزمن استجابة قياسي لم يتجاوز ثانيتين، عبر كوادر وطنية تتحدث أكثر من ثماني لغات (وكالة الأنباء السعودية، ٢٠٢٦ح). وأكد المتحدث الرسمي لمركز العمليات الأمنية عبدالعزيز الغامدي أن المركز «يعمل على توحيد أرقام الطوارئ وغرف العمليات خلال موسم الحج»، بما يجمع البلاغات الأمنية والخدمية والإنسانية في قناة واحدة بدلًا من توزّعها بين جهات متعددة (نيوز الشرق، ٢٠٢٦). ويمثل هذا النموذج تجسيدًا عمليًا للمعمارية الاتصالية الموحدة التي تفترضها هذه الورقة نظريًا، ويقدّم دليلًا ميدانيًا على أن التكامل الأفقي الكامل، حين يُطبَّق فعليًا على مستوى القناة لا على مستوى التطبيق فحسب، يرفع من ثراء الوسيلة وسرعة الاستجابة معًا. ويتكرر نمط التكامل الأفقي هذا، بصيغة مختلفة، في مركز العمليات الإعلامي الموحد للحج التابع لوزارة الإعلام، الذي عقد خلال الموسم ثلاثة إيجازات صحفية جمعت في كل مرة متحدثين رسميين من وزارات الحج والداخلية والصحة والنقل والبيئة تحت مظلة واحدة، بمشاركة أكثر من ٤٠ جهازًا حكوميًا (وكالة الأنباء السعودية، ٢٠٢٦ز). وأفاد رئيس المركز صالح الثبيتي بأن أعمال المركز أسفرت عن إنتاج أكثر من ٦٤٠٠ مادة إعلامية وأكثر من ١٢٠٠ استضافة تلفزيونية، فيما بلغ إجمالي التغطيات الدولية أكثر من ١٠٠ ألف مادة إعلامية بحجم تفاعل تجاوز ١١ مليار مشاهدة، إلى جانب تحقيق وكالة الأنباء السعودية أكثر من ٦ مليارات وصول رقمي عبر منصاتها وبث أكثر من ٧٣٠٠ مادة وخبر بالشراكة مع ٤٢ وكالة أنباء عربية وإسلامية وعالمية (جريدة الرياض، ٢٠٢٦). ويستحق هذا النموذج قراءة نظرية خاصة: فالإيجاز الصحفي نفسه قناة اتصال بالغة الثراء وفق معايير النظرية، إذ يجمع بين التفاعل المباشر مع الصحفيين وتعدد المتحدثين وسرعة الرد على الاستفسارات؛ غير أن أثره الفعلي يتحقق حين يتحول محتوى هذا الاجتماع الغني، محدود العدد من حيث الحضور المباشر، إلى ملايين القطع الإعلامية منخفضة الثراء نسبيًا الموزّعة على جمهور عالمي يُقدَّر بمليارات المشاهدات. وهذا التحول من ثراء عالٍ محدود الانتشار إلى ثراء أقل واسع الانتشار، وهو ما يمكن تسميته اصطلاحًا «تناقص الثراء بالتوزيع»، يمثل امتدادًا عمليًا جديرًا بالبحث لنظرية ثراء الوسيلة في سياقات الاتصال الحكومي الجماهيري، لم تتناوله الصياغة الأصلية للنظرية التي طُوّرت أساسًا لسياقات الاتصال التنظيمي الداخلي محدود الجمهور.

وسبق هذه الإيجازات الثلاثة، في مرحلة التحضير للموسم، مؤتمر صحفي حكومي جمع خمسة وزراء معنيين مباشرة بمنظومة الحج (الحج والعمرة، والبلديات والإسكان، والنقل والخدمات اللوجستية، والصحة، والإعلام)، أكد خلاله وزير الصحة فهد الجلاجل جاهزية القطاع الصحي، مشيرًا إلى منهجية استباقية متكاملة بدأت منذ نهاية الموسم السابق (صحيفة عكاظ، ٢٠٢٦أ؛ وكالة الأنباء السعودية، ٢٠٢٦ب). ويعكس عقد مؤتمر جامع كهذا قبل بدء الموسم، إلى جانب الإيجازات الثلاثة أثناءه، نمطًا مؤسسيًا متكررًا من التنسيق الاتصالي الأفقي بين الوزارات، لا فعلًا عرضيًا مرتبطًا بواقعة بعينها كما هي الحال في مركز ٩١١.

وعلى مستوى التكامل السابق لمرحلة السفر ذاتها، تقدّم مبادرة «طريق مكة»، التابعة لوزارة الداخلية، نموذجًا أكثر تعقيدًا من حيث عدد الأطراف المتكاملة. فقد اختتمت المبادرة موسم ١٤٤٧هـ بعد خدمة ٣٨٨,٦٩٤ حاجًا عبر ١٧ منفذًا في عشر دول، من بينها السنغال وبروناي دار السلام للمرة الأولى، ونفّذت ١٢٢٧ رحلة عبر ٣٨ محطة خدمة و٦٠ حقيبة متنقلة و١٢٠ جهاز كاونتر متنقلًا مدعّمًا بالذكاء الاصطناعي، بما أتاح إنهاء إجراءات دخول الحاج الواحد، شاملة إصدار التأشيرة إلكترونيًا وأخذ الخصائص الحيوية وإنهاء إجراءات الجوازات، خلال أربعين ثانية فقط (وكالة الأنباء السعودية، ٢٠٢٦د؛ صحيفة عكاظ، ٢٠٢٦ب). وتنفّذ المبادرة بالتكامل بين عشر جهات حكومية سعودية على الأقل، هي وزارات الداخلية والخارجية والصحة والحج والعمرة والإعلام، إلى جانب الهيئة العامة للطيران المدني وهيئة الزكاة والضريبة والجمارك وسدايا والهيئة العامة للأوقاف وبرنامج خدمة ضيوف الرحمن والمديرية العامة للجوازات، وبشراكة رقمية مع القطاع الخاص ممثلًا في مجموعة stc (صحيفة صراحة، ٢٠٢٦). ويُعد هذا العدد من الأطراف المتكاملة رقميًا، مقترنًا بزمن الاستجابة شديد الانخفاض، دليلًا ميدانيًا إضافيًا، إلى جانب مركز ٩١١، على أن

طبقة التشغيل البيني (Interoperability Layer) الموصى بها في هذه الورقة ليست افتراضًا نظريًا بحتًا، بل نموذج مُطبَّق فعليًا في قطاعات محددة من رحلة الحاج، وتحديدًا في مرحلتي الطوارئ الأمنية (٩١١) وما قبل السفر (طريق مكة)، بينما تظل مراحل الوصول والإقامة وأداء المناسك، التي تغطيها نُسُك وتوكلنا بشكل رئيس، أقل اكتمالًا من حيث التكامل البنيوي الشامل

وفي المقابل، ما زال الحاج بحاجة إلى تطبيقين منفصلين على الأقل لإتمام رحلته الرقمية الأساسية: نُسُك للخدمات والإرشاد، وتوكلنا للتصاريح والتحقق، رغم الربط التقني القائم بينهما عبر منصة «تصريح» التابعة لوزارة الداخلية (صحيفة المدينة، ٢٠٢٦؛ ksa-gate، ٢٠٢٦). وأكد مسؤول في سدايا أن تطبيق توكلنا «يوحد البيانات الشخصية والوثائق الرسمية في لوحة معلومات رقمية واحدة» (ksa-gate، ٢٠٢٦)، وهو تصريح يعكس نجاح التكامل الخلفي (Back-end) بين قواعد البيانات، لكنه لا يلغي التشتت الظاهري (Front-end) الذي يواجهه الحاج نفسه حين يضطر إلى التنقل بين تطبيقين منفصلين لغرضين مترابطين وظيفيًا. ويظهر هذا النمط من التكامل الخلفي الصرف، بمعزل عن أي واجهة تخص الحاج مباشرة، بوضوح أكبر في عمل مؤسسة البريد السعودي «سبل»، التي قدّمت خلال الموسم خدمة البريد الرسمي لأكثر من ٣٢٠ جهة حكومية في مكة المكرمة والمدينة المنورة والمشاعر المقدسة، وعالجت أكثر من ٥٠ ألف مراسلة ووثيقة رسمية بين هذه الجهات (وكالة الأنباء السعودية، ٢٠٢٦هـ)؛ فهذا حجم كبير من التكامل الأفقي الفعلي بين الجهات، لكنه يبقى بطبيعته غير مرئي تمامًا للحاج، وهو ما يعزز التمييز الذي تقترحه هذه الورقة بين تكامل داخلي غزير الحجم ومحدود الأثر المباشر على تجربة المستفيد النهائي. ويؤكد هذا التمايز بين التكامل الخلفي والتكامل الظاهري فرضية مركزية في هذه الورقة: أن التشتت المعلوماتي في سياق الحج ليس بالضرورة غيابًا للتكامل التقني، بل قد يكون نتاج فجوة بين تكامل تقني حقيقي في الخلفية وتجربة اتصال غير موحدة في واجهة المستخدم، وهي فجوة تتسق مع ما تشير إليه نظرية ثراء الوسيلة من أن ثراء القناة يُقاس من منظور المستقبل (الحاج) لا من منظور البنية التقنية وحدها.

وعلى مستوى التكامل الأفقي الأوسع بين الجهات التشغيلية، تشير دراسة Alghamdi, Bharathy and Pileggi (٢٠٢٦) إلى أن الشبكات الاجتماعية والمنصات الرقمية تؤدي أربع وظائف متداخلة في هذا السياق: التنسيق بين الجهات، واستشعار الإشارات البيئية وردود فعل الحجاج، والتكيّف عبر تعديل السياسات والخدمات، والتواصل مع الجمهور المتنوع لغويًا. وتقترح هذه الدراسة أن وظيفتي التنسيق والاستشعار غالبًا ما تُدارا عبر قنوات داخلية أو غير رسمية، في حين تبقى وظيفة التواصل الرسمي مع الحاج أقل مرونة، وهو نمط يتقاطع مع نموذجي مركز ٩١١ ومركز الإعلام الموحد اللذين ناقشتهما الورقة أعلاه، بوصفهما استثناءين ناجحين وحّدا وظيفتي التنسيق والتواصل المباشر في قناة واحدة. أما على المستوى العمودي، فتشير المعطيات المتاحة إلى أن الحاج لا يقتصر دوره على تلقي المعلومة الرسمية، بل يمارس دورًا فاعلًا في إنتاجها عبر منصات غير رسمية كمنصة إكس والواتساب، وهو ما رصدته دراسة Alghamdi, Bharathy and Pileggi (٢٠٢٦) في بُعد الاستشعار (Sensing)، حيث تُستخدم هذه القنوات غير الرسمية بوصفها مقياسًا حساسًا لرصد الشواغل العامة والاستجابة لها بسرعة تفوق أحيانًا سرعة القنوات الرسمية ذاتها. ومن زاوية أخرى، تكشف دراسة Abalkhail and Al Amri (٢٠٢٢) أن من أبرز نقاط الضعف والتهديدات المحتملة في هذه المنظومة صعوبة استمرارية التنسيق الفوري بين الجهات المتعددة تحت الضغط الزمني الحاد لموسم الحج، وهو ما يتقاطع مع ما تخلص إليه هذه الورقة من أن التشتت المعلوماتي لا ينشأ عن نقص الحلول التقنية بقدر ما ينشأ عن غياب معمارية موحدة على مستوى واجهة المستخدم. ويتفق مع هذا الاستنتاج ما توصّل إليه Alqahtani, Syamsunur and Jusoh (٢٠٢٥) من أن تحديات التشغيل البيني وتكامل البيانات على نطاق واسع لا تزال قائمة رغم عقدين من التطور التقني القطاعي المتراكم. كذلك تُظهر دراسة Gazzawe and Albahar (٢٠٢٤) أن الحلول التقنية القطاعية، وإن كانت فعالة ضمن نطاقها الضيق، تحتاج إلى منظومة اتصال بينية تربطها بمنظومة الخدمات الموجهة للحاج مباشرة، تمامًا كما يوضح تحسّن كفاءة إجراءات السفر في مبادرة «حاج بلا حقيبة»، التي اختصرت مدة إنهاء إجراءات السفر في المطارات من ساعتين إلى ١٥ دقيقة، وخفّضت الملاحظات الرقابية بنسبة ٣٩٪ مقارنة بموسم حج ١٤٤٦هـ (صحيفة عكاظ، ٢٠٢٦ج)، بما يكمل الدليل الكمي الذي قدّمته مبادرة «طريق مكة» أعلاه على أن التكامل الإجرائي الفعلي، حين يُطبَّق، يُترجَم إلى كفاءة اتصالية وتشغيلية ملموسة.

وإذا جُمعت خيوط هذا التحليل الموسّع معًا، يتضح أن التكامل الاتصالي في منظومة الحج ليس حالة ثنائية بين متحقق وغير متحقق، بل طيف متدرّج يختلف باختلاف مرحلة رحلة الحاج والجهة المعنية: تكامل شبه مكتمل في الطوارئ الأمنية (٩١١) وما قبل السفر (طريق مكة)، وتكامل خلفي قوي لكنه ظاهريًا مجزأ في التصاريح والخدمات (توكلنا ونُسُك)، وثراء مرتفع لكنه أحادي الاتجاه نحو الجهات في الرصد والمراقبة (بصير وسواهر)، وثراء مرتفع ومزدوج الاتجاه بصورة استثنائية في القطاع الصحي (صحتي و٩٣٧)، وأخيرًا تكامل غزير الحجم لكنه غير مرئي للحاج على الإطلاق في اللوجستيات الحكومية البحتة (سبل). وهذا التفاوت بحد ذاته، لا غياب التكامل المطلق، هو ما تقترح هذه الورقة أنه المدخل الأدق لفهم إشكالية التشتت المعلوماتي في سياقات الحشود الدينية الضخمة.

الخلاصة

خلصت هذه الورقة، في ضوء التحليل النظري والوثائقي الموسّع لبنية ثماني طبقات اتصالية رئيسة في منظومة الحج، مسنودًا ببيانات ميدانية ثانوية حقيقية صادرة عقب اختتام موسم حج ١٤٤٧هـ، إلى أن التكامل الاتصالي داخل هذه المنظومة لا يمكن قراءته بوصفه مسألة تقنية محضة، ولا بوصفه حالة ثنائية بين تكامل تام وتشتت تام، بل بوصفه طيفًا متدرجًا يتصل بمدى ملاءمة ثراء كل وسيلة للمهمة التي تؤديها وللجمهور الذي تخاطبه ولمرحلة رحلة الحاج التي تخدمها. وقد أظهر التصنيف المستند إلى نظرية ثراء الوسيلة (Daft and Lengel, ١٩٨٦) وامتدادها في نظرية توسع القناة (Carlson and Zmud, ١٩٩٩)، والمسند بأرقام

رسمية فعلية تجاوزت في مجموعها ٥٤ مليون تفاعل عبر نُسُك، و٣٥ مليون مستخدم لتوكلنا، ومليونًا ومئتي ألف خدمة صحية، وا١ مليار مشاهدة إعلامية دولية، وجود تمايز وظيفي بين طبقة تشغيلية داخلية عالية الثراء (بصير وسواهر ومراكز سدايا المتنقلة) وطبقة موجّهة للحاج لا يزال تكاملها الظاهري جزئيًا في أغلبها (نُسُك وتوكلنا) رغم التكامل الخلفي القوي بين قواعد بياناتها، مع استثناء جزئي لافت تمثّله المنظومة الصحية الرقمية التي جمعت بين الثراء الداخلي والثراء الموجّه للحاج معًا

وقدّم نموذجا مركز العمليات الأمنية الموحدة (٩١١) ومبادرة «طريق مكة» دليلًا ميدانيًا ملموسًا على أن التكامل الأفقي الكامل على مستوى القناة، لا التطبيق فقط، ممكن التحقيق فعليًا ويرفع من كفاءة الاستجابة، فيما كشف تحليل مركز العمليات الإعلامي الموحد للحج عن ظاهرة إضافية تستحق البحث النظري المستقل، وهي تناقص ثراء الرسالة كلما اتسع نطاق توزيعها من إيجاز صحفي محدود الحضور إلى محتوى جماهيري يبلغ مليارات المشاهدات. كما بيّنت الورقة أن القنوات غير الرسمية تؤدي، وفق أدبيات الاختصاص، دورًا تعويضيًا مهمًا في سد فجوة التكامل الظاهري، بما يستدعي إعادة النظر في موقعها ضمن المعمارية الاتصالية الرسمية للحج، وأن اطراد مؤشرات رضا الحجاج عبر المواسم المتعاقبة، وإن تعذّر الجزم بتفسيره السببي دون بيانات ميدانية أولية، يتزامن زمنيًا مع اتساع النطاق الرقمي بما يستحق اختبارًا مباشرًا لاحقًا. وتبقى هذه الاستنتاجات، رغم استنادها إلى بيانات كمية ونوعية ثانوية حقيقية أوسع نطاقًا من الصياغة الأولية لهذه الورقة، بحاجة إلى تعميق عبر مقابلات مباشرة مع مسؤولي الاتصال في الجهات المشاركة.

التوصيات

١. إنشاء طبقة برمجية موحدة لتبادل البيانات (Interoperability Layer) تربط منصات نُسُك وتوكلنا وبصير وسواهر ببروتوكول موحد، بما يتيح انسياب المعلومة الواحدة عبر المنصات دون ازدواجية أو تعارض، مستفيدة من التجربة العملية المطبقة فعليًا في مبادرة «طريق مكة».

٢. اعتماد استراتيجية اتصالية متدرجة الثراء (Richness-Tiered Strategy) تخصص القنوات عالية الثراء والتغذية الراجعة الفورية للحالات عالية الغموض كالطوارئ وحالات الفقدان، وتكتفي بالقنوات الرشيقة للمهام الروتينية المتكررة.

٣. توسيع تغطية القنوات الرقمية متعددة اللغات بما يتناسب مع اللغات الأكثر استخدامًا بين جنسيات الحجاج، مع مراعاة الفروق بين المنصات في عدد اللغات المدعومة حاليًا.

٤. تطوير بروتوكول رسمي للتعامل مع القنوات غير الرسمية (كإكس والواتساب) بوصفها مصدرًا شرعيًا لاستشعار الاحتياجات، مع آلية تصعيد واضحة تربطها بالاستجابة الرسمية الميدانية.

٥. إرساء آلية منهجية لمشاركة تقارير الأداء بين الجهات المشاركة عقب كل موسم حج، لتحويل الخبرة التشغيلية المتناثرة إلى معرفة تنظيمية تراكمية قابلة للاستثمار في المواسم اللاحقة.

٦. استكمال المرحلة الميدانية النوعية من هذه الدراسة عبر مقابلات شبه مقننة مباشرة مع مسؤولي الاتصال والتشغيل في الجهات المشاركة، لتعميق قراءة البيانات الكمية الرسمية المعروضة في الجداول الثلاثة والتحقق من التصنيف النظري المقترح ميدانيًا.

٧. تعميم نموذج التكامل الأفقي الكامل الذي أثبته مركز العمليات الأمنية الموحدة ٩١١ (توحيد القناة لا التطبيق فقط) على تجربة الحاج الرقمية الموجهة، بما يقلّص الحاجة إلى التنقل بين تطبيقي نُسُك وتوكلنا لإتمام مهمة واحدة مترابطة وظيفيًا.

٨. دراسة إمكانية دمج المنظومة الصحية الرقمية (صحتي ومركز ٩٣٧ ومستشفى صحة الافتراضي) ضمن طبقة التكامل الموحدة المقترحة في التوصية الأولى، بوصفها النموذج الأنضج حاليًا للجمع بين الثراء الداخلي والثراء الموجّه للحاج مباشرة، بما يمكّن من نقل آلياتها التقنية إلى منصات أخرى أقل نضجًا في هذا البعد.

٩. تمديد منطق التكامل الأفقي متعدد الجهات الذي أثبتته مبادرة «طريق مكة» في مرحلة ما قبل السفر إلى مراحل لاحقة من رحلة الحاج، خصوصًا مرحلتي الإقامة وأداء المناسك، حيث لا يزال التكامل الظاهري جزئيًا كما بيّن التحليل أعلاه.

١٠. تحويل مركز العمليات الإعلامي الموحد للحج من آلية موسمية إلى وحدة تنسيق اتصالي مؤسسية دائمة تعمل على مدار العام، بما يرسّخ ثقافة التكامل الاتصالي بين الجهات بوصفها ممارسة تنظيمية مستقرة لا استثناءً مرتبطًا بذروة موسم الحج فحسب.

محددات الدراسة

تخضع نتائج هذه الورقة لمحددات منهجية ينبغي مراعاتها عند تعميمها. أولها أن التحليل بأكمله يستند إلى بيانات ثانوية وثائقية صادرة عن الجهات الرسمية نفسها موضوع الدراسة، وهي بطبيعتها بيانات ذات طابع احتفائي غالبًا، مما يستدعي قراءتها بحذر منهجي، لا سيما مؤشرات الرضا والنجاح المعلنة، إلى حين مقارنتها ببيانات ميدانية مستقلة. وثانيها أن مقارنة مؤشرات الرضا عبر مواسم متعددة (من ٧٤٪ عام ١٤٤٣هـ إلى ٩١٪ عام ١٤٤٦هـ) تجمع بين مصادر وربما أدوات قياس مختلفة، بما يفرض حذرًا إضافيًا في تفسير هذا الاتجاه العام بوصفه دليلًا حاسمًا على أثر التكامل الرقمي، لا مجرد ارتباط زمني معه. وثالثها أن التصنيف النظري المقترح في الجدولين الأول والثاني هو تصنيف استنتاجي مبني على قراءة الباحث للبيانات المعلنة.

المراجع

أولًا: المراجع الأكاديمية المحكّمة

١. Abalkhail, A.A.A. and Al Amri, S.M.A (٢٠٢٢) Saudi Arabia›s Management of the Hajj Season through Artificial Intelligence and Sustainability. Sustainability ١٤(٢١), p.١٤١٤٢. Available at: https://doi.org/١٠.٣٣٩٠/su١٤٢١١٤١٤٢

٢. Alghamdi, A.M., Bharathy, G. and Pileggi, S.F (٢٠٢٦) Social Networks and Sustainable

Knowledge Management: Insights from Hajj Organisations. Quality & Quantity, ٦٠(٣), ١١٣٠٥-١١٢٥٩.pp .Available at: https://doi.org/١٠,١٠٠٧/s١١١٣٥-٠٢٦-٠٢٧٢١-١

٣. Alhazmi, A. (٢٠٢٥) .Privacy in Smart Digital Healthcare During Hajj and Umrah: Challenges and Recommendations .٢٠٢٥ ٢nd International Conference on Advanced Innovations in Smart Cities (ICAISC), pp.١-٠٧. Available at: https://doi.org/١٠,١١٠٩/IEEE.icaisc٦٤٥٩٤,٢٠٢٥,١٠٩٥٩٤٠٦

٤. Alqahtani, M., Syamsunur, D. and Jusoh, H (٢٠٢٥) .Smart Technologies for Crowd Management and Transportation of Pilgrims during Hajj: A Comprehensive Survey. Available at: https://doi.org/١٠,٦٥٩٥٥/febe-١١-٢٠٢٥-٠١٣٠٨

٥. Carlson, J.R. and Zmud, R.W (١٩٩٩) .Channel Expansion Theory and the Experiential Nature of Media Richness Perceptions. Academy of Management Journal, ٤٢(٢), ١٥٣-١٧٠.pp.

٦. Daft, R.L. and Lengel, R.H (١٩٨٤) .Information Richness: A New Approach to Managerial Behavior and Organizational Design. Research in Organizational Behavior, ٦, ١٩١-٢٣٣.pp.

٧. Daft, R.L. and Lengel, R.H (١٩٨٦) .Organizational Information Requirements, Media Richness and Structural Design. Management Science, ٣٢(٥), ٥٥٤-٥٧١.pp. Available at: https://doi.org/١٠,١٢٨٧/mnsc.٣٢,٥,٥٥٤

٨. 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. and Zanjir, F (٢٠٢٠) .Digital Revolution for Hajj Crowd Management: A Technology Survey. IEEE Access, ٨, ٢٠٨٥٨٣-٢٠٨٦٠٩.pp. Available at:https://doi.org/١٠,١١٠٩/ACCESS.٢٠٢٠,٣٠٣٧٣٩٦

٩. Gazzawe, F. and Albahar, M (٢٠٢٤) .Reducing Traffic Congestion in Makkah during Hajj through the Use of AI Technology. Heliyon, ١٠(١), e٢٣٣٠٤. Available at: https://doi.org/١٠,١٠١٦/j.heliyon.٢٠٢٣.e٢٣٣٠٤

١٠. Hameed, N (٢٠٢٥) .Inside the Kingdom›s Digitally Powered Vision for Hajj. Arab News, ٤ July ٢٠٢٦). (Accessed: ٨ June. Available at: https://www.arabnews.com/node/٢٦٠٣٣٨٦

١١. Showail, A.J (٢٠٢٢) .Solving Hajj and Umrah Challenges Using Information and Communication Technology: A Survey. IEEE Access, ١٠, ٧٥٤٠٤-٧٥٤٢٧.pp. Available at: https://doi.org/١٠,١١٠٩/ACCESS.٢٠٢٢,٣١٩١٦٣٦

ثانيًا: المصادر الرسمية والإخبارية

١. برنامج خدمة ضيوف الرحمن (بدون تاريخ) نبذة عن البرنامج. متاح على: https://pep.gov.sa

٢. العربية (٢٠٢٦أ) «توكلنا» يدعم الحجاج بـ١٩ لغة و١٣٠٠ خدمة رقمية خلال موسم حج ١٤٤٧هـ. ١٥ مايو. متاح على: https://www.alarabiya.net/saudi-today/hajj/١٤٤٧/٢٠٢٦/٠٥/١٥

٣. العربية (٢٠٢٦ب) الصحة السعودية لـ«العربية»: قدمنا ١٢٣ ألف خدمة صحية للحجاج حتى الآن. ٢٠ مايو. متاح على: https://www.alarabiya.net/amp/saudi-today/٢٠٢٦/٠٥/٢٠

٤. الموطن (٢٠٢٦) «سدايا» تفعّل مراكز عمليات متنقلة ذكية لدعم أعمال الحج والتحليل اللحظي. ٢٣ مايو. متاح على: https://www.almowaten.net/٢٠٢٦/٠٥/

٥. الهيئة العامة للإحصاء (٢٠٢٦) بلغ إجمالي أعداد الحجاج لموسم حج ١٤٤٧هـ (١,٧٠٧,٣٠١) حاجًا وحاجَّة. ٢٦ مايو. متاح على: https://www.stats.gov.sa/ar/w/news/١٩٤

٦. الهيئة العامة للإحصاء (٢٠٢٥) إجمالي أعداد الحجاج لموسم حج ١٤٤٦هـ بلغ (١,٦٧٣,٢٣٠) حاجًا وحاجَّة. متاح على: https://www.stats.gov.sa/ar/w/news/٤٩

٧. جريدة الرياض (٢٠٢٥) الربيعة: مؤتمر ومعرض الحج استمرارٌ لرعاية القيادة لخدمة الحرمين وقاصديهما. ٩ نوفمبر. متاح على: https://www.alriyadh.com/٢١٦٠٠٣٦

٨. جريدة الرياض (٢٠٢٦) مركز العمليات الإعلامي الموحد للحج يعقد الإيجاز الصحفي الأول. ٢٥ مايو. متاح على: https://www.alriyadh.com/٢١٩٠٤٥١

٩. صحيفة المدينة (٢٠٢٦) «توكلنا» يتيح استعراض تصاريح الحج في مداخل مكة. ٢٣ مايو. متاح على: https://www.al-madina.com/ampArticle/٩٩٠٢٧٢

١٠. صحيفة صراحة الإلكترونية (٢٠٢٦) مبادرة «طريق مكة» تختتم أعمالها لخدمة أكثر من ٣٨٨ ألف حاج من ١٠ دول. ٢٣ مايو. متاح على: https://www.sraVh.com

١١. صحيفة عكاظ (٢٠٢٦ج) «الحج والعمرة»: اختتام موسم ١٤٤٧هـ. متاح على: https://www.okaz.com.sa/local/saudi-arabia/٢٢٥٤٩٦٥

١٢. صحيفة عكاظ (٢٠٢٦ب) «طريق مكة» تختتم أعمالها في ١٠ دول عبر ١٢٢٧ رحلة. ٢٤ مايو. متاح على: https://www.okaz.com.sa/local/na/٢٢٥٠٠٠٧

١٣. صحيفة عكاظ (٢٠٢٦أ) ٥ وزراء يستعرضون جاهزية المملكة لحج ١٤٤٧. ١١ مايو. متاح على: https://www.okaz.com.sa/local/na/٢٢٤٨٢٠٥

١٤. كي إس إيه-جيت (٢٠٢٦) تصاريح الحج عبر توكلنا: دليل استعراض الخدمات الرقمية لموسم ١٤٤٧هـ. ٢٠ مايو. متاح على: https://ksa-gate.com/تطبيق-توكلنا-يتيح-استعراض-تصاريح-حج-

١٥. نيوز الشرق (٢٠٢٦) مركز العمليات الأمنية يوحد بلاغات الطوارئ في موسم الحج. ٢٧ مايو. متاح على: https://now.asharq.com/clips/١٨١٠٧٠٣

١٦. ويجو - مدونة رحّال (٢٠٢٦) تطبيق توكلنا يتيح لحجاج مبادرة طريق مكة استعراض تصاريح الحج إلكترونيًا من بلدانهم. ٨ مايو. متاح على: https://rahhal.wego.com/blog

١٧. وكالة الأنباء السعودية (واس) (٢٠٢٢) وزارة الحج والعمرة تطلق المنصة الإلكترونية الموحدة «نسك» لتيسير إجراءات قاصدي الحرمين الشريفين. ٢٦ سبتمبر. متاح على: https://www.spa.gov.sa/٢٣٨٧٢٦٩

١٨. وكالة الأنباء السعودية (واس) (٢٠٢٥) «بصير».. عين ذكية تسهر على إدارة الحشود خلال الحج. ٧ يونيو. متاح على: https://www.spa.gov.sa/N٢٣٣٦٥١٣

١٩. وكالة الأنباء السعودية (واس) (٢٠٢٦ج) «توكلنا» يتيح استعراض تصاريح الحج في مداخل مكة المكرمة ونقاط الفرز والمنافذ لتسهيل إجراءات التنقل. ٢٣ مايو. متاح على: https://www.spa.gov.sa/N٢٥٩٦٦٩٧

٢٠. وكالة الأنباء السعودية (واس) (٢٠٢٦ح) مركز العمليات الأمنية الموحدة (٩١١) بمنطقة مكة المكرمة.. عون وسند لضيوف الرحمن. ١ يونيو. متاح على: https://www.spa.gov.sa/N٢٦٠٤٣٩٩

٢١. وكالة الأنباء السعودية (واس) (٢٠٢٦أ) بطاقة «نسك» تدعم تنظيم تفويج الحجاج بأنظمة استشعار ذكية في مشعر منى. ٢ مايو. متاح على: https://www.spa.gov.sa/N٢٥٧٥٨٦٣

٢٢. وكالة الأنباء السعودية (واس) (٢٠٢٦هـ) «سبل» تدعم أعمال أكثر من ٣٢٠ جهة حكومية في موسم حج ١٤٤٧هـ. ٢٥ مايو. متاح على: https://www.spa.gov.sa/N٢٥٩٨٦٢٧

٢٣. وكالة الأنباء السعودية (واس) (٢٠٢٦و) المتحدث الرسمي لوزارة الصحة: أكثر من مليون و٢٠٠ ألف خدمة صحية قدّمتها المنظومة الصحية لضيوف الرحمن. ٢٨ مايو. متاح على: https://www.spa.gov.sa/N٢٦٠١٦٧٣

٢٤. وكالة الأنباء السعودية (واس) (٢٠٢٦ز) مركز العمليات الإعلامي الموحد للحج يعقد الإيجاز الصحفي الثالث لموسم حج ١٤٤٧هـ. ٢٨ مايو. متاح على: https://www.spa.gov.sa/N٢٦٠١٦٨٣

٢٥. وكالة الأنباء السعودية (واس) (٢٠٢٦د) مبادرة «طريق مكة» تختتم أعمالها في (١٠) دول عبر (١٧) منفذًا. ٢٣ مايو. متاح على: https://www.spa.gov.sa/N٢٥٩٦١٩٣

٢٦. وكالة الأنباء السعودية (واس) (٢٠٢٦) وزير الصحة: جاهزية متقدمة للقطاع الصحي في حج ١٤٤٧هـ. ١٣ مايو. متاح على: https://spa.gov.sa/N٢٥٨٥١٢٤

٢٧. اليوم السابع (٢٠٢٦) منظومة رقمية متكاملة.. سدايا ترفع كفاءة خدمات الحج وتيسر رحلة ضيوف الرحمن. ١ يونيو. متاح على: https://www.youm٧.com/story/٢٠٢٦/٦/١

تكامل: إطار جاهزية البيانات لدعم اتخاذ القرار المتكامل بين الجهات المشاركة في الحج في المملكة العربية السعودية

إبتسام الحربي -قسم علم البيانات، جامعة أم القرى

Takamul: A Data Readiness Framework for Integrated Decision Making among Hajj Entities in Saudi Arabia

Ebtisam Alharbi - Data Science Department, Umm Al-Qura University

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

الملخص

يُعد الحج من الفعاليات الجماهيرية المتكررة الأكثر تعقيدً ا، حيث يتطلب تنسيقًا مكثفًا بين الجهات الحكومية والخدمية في ظل ضغوط زمنية شديدة وحجم بيانات ضخمة. ونظرً ا لأن هذه الجهات تحتفظ بأنظمة وإجراءات مستقلة، تبقى بيانات الحج مجزأة وتصبح الرؤية الشاملة على مستوى المنظومة محدودة، مما يحد من فعالية إدارة الحشود والنقل والرقابة الأمنية والعمليات الصحية على الرغم من الاستثمار في المنصات الرقمية والتحليلات.

تقترح هذه الورقة إطار «تكامل»، وهو إطار لجاهزية البيانات يجعل بيانات الحج أكثر قابلية للاكتشاف والوصول والتشغيل البيني وإعادة الاستخدام بين الجهات. واتبعت الدراسة منهجية البحث التصميمي، حيث بدأت باستعراض الدراسات الأدبية المتعلقة بالحج وسياسات الحوكمة، وإجراء مقابلات مع الخبراء لبناء الإطار المبدئي، ثم تقييمه من خلال مراجعة متخصصة من قبل الخبراء. يترجم الاطار «تكامل» مبادئ FAIR إلى أربع طبقات: سياق القرار والجهات الرئيسية، وأبعاد الجاهزية القائمة على FAIR، والقدرات التمكينية، والنتائج المتوقعة.

علاوة على ذلك، يقدم «تكامل» منظورً ا مفاهيميًا ودليلًا عمليًا للنهوض بحوكمة البيانات وجاهزية الذكاء الاصطناعي في منظومة الحج، بما يتماشى مع رؤية المملكة 2030 وبرنامج خدمة ضيوف الرحمن

الكلمات المفتاحية: بيانات الحج، تكامل البيانات، مفاهيم FAIR، قابلية التشغيل البيني، اتخاذ القرار.

Abstract

Hajj is one of the most complex recurring mass gathering operations with a need for extensive coordination among government and service entities under severe time pressures and substantial data volumes. These entities maintain independent systems and processes and thus, Hajj data remains fragmented and visibility across the ecosystem is limited. In this paper, we propose Takamul, a data readiness framework to make Hajj data findable, accessible, interoperable and reusable for entities. The paper applies a design-science reasoning approach to review literature and governance policies related to the Hajj, interviews experts for the initial framework and further refines the framework through specialist review. Takamul operationalizes the FAIR principles into four layers, key Hajj entities, FAIR-based readiness dimensions, enabling capabilities, and decision making. Takamul offers a conceptual lens and practical guide for advancing data governance and AI readiness in Hajj operations, aligned with Saudi Vision 2030 and the Pilgrim Experience Program.

Keywords: Hajj data; data integration; FAIR data; interoperability; decision-making

1. Introduction

Hajj is one of the largest and most complex annual mass gatherings in the world. Millions of pilgrims and a vast array of government and service entities need to coordinate under tight temporal, spatial and regulatory constraints. Across the Hajj lifecycle, the Ministry of Hajj and Umrah, public security services, transport authorities, health providers, municipal administrations, and other stakeholders rely on extensive, heterogeneous data resources to design, monitor, and dynamically adjust operations before, during, and after the Hajj season [1]. In practice, however, these entities often operate with their own systems, formats, procedures and data governance arrangements, resulting in fragmented datasets and limited visibility across the wider ecosystem [2]. This fragmentation constrains crowd management, transport optimization, safety monitoring and health services provision despite significant investments in digital platforms, smart technologies and advanced analytics [3].

FAIR principles (Findable, Accessible, Interoperable and Reusable) have emerged internationally as influential principles for data management and stewardship, focusing on well-described, machine-actionable data that can be reused in different contexts [4, 5]. However, FAIR is largely implementation agnostic and most applications target research data and institutional repositories rather than mission-critical operational data in complex multi-actor environments such as Hajj [6, 7]. There is still a gap in translating the FAIR principles into concrete, context-sensitive readiness dimensions and indicators that take into account the governance structures, operational practices, and technical constraints that define Hajj operations and Saudi Arabia's evolving data governance landscape [8].

This paper addresses this gap by proposing Takamul as a data readiness framework for integrated decision making between Hajj entities in Saudi Arabia. Takamul is built on FAIR principles, but re-interprets them through the lens of Hajj governance and digital transformation. The framework consists of four mutually reinforcing layers: (1) key Hajj entities and their decision levels; (2) FAIR-based data readiness dimensions adapted to Hajj operations; (3) enabling capabilities in governance, digital infrastructure, organizational capacity, and analytics; and (4) expected decision and performance outcomes such as better crowd management, transport coordination, and safety and health responses. Takamul structures readiness in this way so that Hajj data can be searched for, accessed, aggregated, and reused across entities, allowing decisions to be based on more consistent and holistic views of the situation.

The study follows a design-science logic of combining problem-driven inquiry with artifact construction and iterative refinement [6]. It starts with a synthesis of literature on Hajj, digital initiatives, and national data governance policies to identify specific data problems and requirements. It then uses semi-structured interviews with experts who work directly with Hajj data in a number of entities to understand current practices, challenges and aspirations towards integrated decision making. These insights lead to the initial formulation of Takamul and the definition of practical readiness indicators. Finally, experts from the Integration Unit at the Ministry of Hajj and Umrah review and enhance the framework to ensure it is aligned with operational realities and national digital strategies.

The contribution of this paper is twofold. Conceptually, it presents Takamul as a context-specific extension of FAIR, demonstrating how global data principles can be operationalized into a readiness framework for a large-scale mass gathering characterized by complex governance and high-stakes decisions. Practically, it provides a structured perspective and a benchmark for Hajj entities to examine and improve their data preparedness for analytics and artificial intelligence applications. This contribution is in line with ongoing efforts under Saudi Vision 2030 and the Pilgrim Experience Program, which are focused on data-driven decision making and enhanced experiences for pilgrims.

2. Background

2.1 Hajj Operations and Data-Driven Management

Hajj is a complex socio-technical system, which includes religious rituals, large-scale logistics, crowd dynamics and multi-level governance across national and local entities . The management of the flows of millions of pilgrims in limited spaces and time frames requires coordinated decisions on transport, accommodation, crowd routing, health services and safety measures, all of which depend heavily on timely, accurate and integrated data [10]. Previous efforts in the management of Hajj and mass gatherings have emphasized the necessity of utilizing sensor data, surveillance systems, registration platforms and analytics in order to predict congestion, allocate resources, and respond to incidents, but recent studies also point to continuing problems with data sharing and interoperability between agencies [11, 12].

Recent national efforts such as advanced crowd monitoring platforms and AI-powered systems managed by SDAIA further highlight the strategic importance of data in

improving situational awareness and control during Hajj [13,14]. Complementary academic work has begun to demonstrate how such systems can be operationalized, including comprehensive surveys of AI applications across Hajj and Umrah rituals [15], integrated frameworks for crowd control and management [16], and open datasets built from wearable sensors to support pilgrim-activity prediction [17]. However, these technical advances take place in an environment where different entities maintain their own data infrastructure, standards and governance practices [18, 19], which can limit the degree to which data from multiple sources can be brought together into coherent operational pictures. It is in this context that the need arises for a more systematic approach to data readiness, addressing not only technology, but also governance, standards and organizational capabilities across the ecosystem.

2.1 FAIR Data Principles and Data Readiness

The FAIR principles have become a widely adopted set of guiding principles for better data management and stewardship, particularly within the scientific and research communities [4, 5]. FAIR emphasizes the need to describe data with rich metadata, assign persistent identifiers, provide access through standardized protocols, structure data with shared vocabularies and formats, and include information on licensing and provenance [4, 7]. Although FAIR is deliberately implementation-agnostic, its adoption has resulted in the creation of assessment tools and maturity models that attempt to measure the extent to which datasets and repositories conform to these principles, often focusing on research institutions and open-science infrastructures [6, 7].

At the same time, broader notions of data readiness and maturity have emerged in fields like business analytics and digital government, emphasizing that organizations need the right governance arrangements, technical infrastructures and human capabilities to make effective use of data [8]. Recent benchmarking work on data governance models for smart cities similarly shows that governance frameworks must be adapted to context-specific operational requirements rather than applied generically [20]. These models often emphasize policies, roles, standards, quality processes, and platform architectures but are rarely adapted to the particular challenges of mass-gathering operations such as Hajj, where real-time decision making, cross-agency coordination, and safety-critical requirements are critical [10]. There is therefore a need to interpret and extend FAIR to include these organizational and infrastructural dimensions, resulting in a context-specific data readiness framework that can guide operational entities in assessing and improving their ability to use data for integrated decision making.

2.3 Digital Transformation, Vision 2030, and the Pilgrim Experience Program

Saudi Vision 2030 considers data-driven decision making and digital transformation as core pillars for improving public services, including those related to Hajj and Umrah [9]. In this vision, the Pilgrim Experience Program aims to improve the quality, efficiency, and spiritual depth of the pilgrimage experience through capacity expansion, process streamlining, and service integration between government and private sectors [21]. The program's delivery plans and annual reports highlight cross-sector integration, sophisticated digital platforms like the Nusuk portal, and initiatives like the Makkah Route, designed to provide a seamless end-to-end experience for pilgrims from their home countries to their return [22, 23].

These national efforts are complemented by evolving policies and platforms on data governance that promote standardized data management, protection of personal data, and regulated data sharing across entities [24, 8, 9]. For example, national data governance platforms and sectoral policies, including for health and religious tourism domains, provide directives on data classification, quality, sharing, and privacy [24, 25, 8]. However, translating these high-level policies and program objectives into concrete, operational readiness at the level of individual Hajj entities continues to be challenging, particularly given the diversity of systems, data cultures and legacy practices. This study addresses that challenge by developing Takamul as a context-specific data readiness framework aligned with FAIR principles for integrated decision making among entities involved in Hajj operations in Saudi Arabia.

3. Methodology

3.1 Research Design

This study adopts a design-science research approach, which is well suited to contexts where the aim is to create and evaluate an artifact that addresses a relevant practical problem while contributing to knowledge [6]. In this work, the artifact is the Takamul data readiness framework for Hajj entities. Design-science research provides a structured logic in which problem identification, requirement specification, artifact design, and evaluation are closely interlinked [6]. It emphasizes both relevance, by grounding the artifact in real-world challenges, and rigor, by building on existing theory and systematically incorporating empirical insights [6, 8].

Consistent with this logic, the research proceeds through four main stages, as shown in Figure 1. First, a problem and context analysis is conducted via a review of Hajj-related literature, official reports, digital platforms, and national data governance policies to

articulate the fragmentation of data and the need for integrated decision making [1, 8]. Second, requirements and design inputs are derived from semi-structured interviews with experts who work directly with Hajj data, capturing their perspectives on current practices, barriers, and desired capabilities. Third, these inputs are used to construct the initial version of the Takamul framework, including the four layers and a set of practical readiness indicators aligned with FAIR principles and Hajj governance realities. Fourth, the framework is presented to specialists in the Integration Unit at the Ministry of Hajj and Umrah, who review, discuss, and refine its structure and content based on their operational experience.

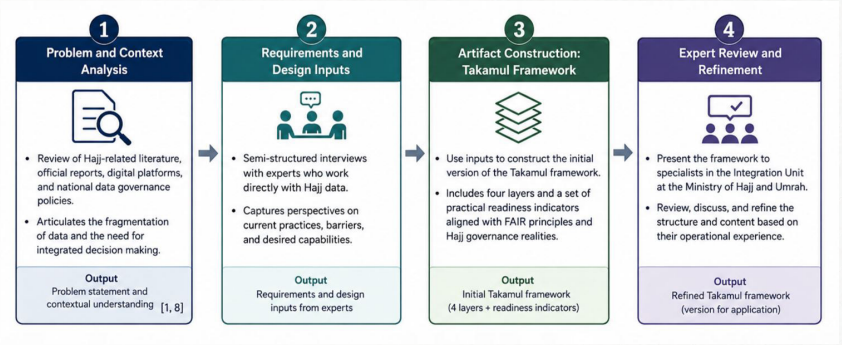


Figure 1. The research design

3.2 Data Sources and Collection

Three primary sources of data inform the design and refinement of Takamul: documentary materials, semi-structured interviews, and expert review sessions. First, documentary analysis covers academic publications on Hajj operations and crowd management, official reports from relevant ministries and agencies, descriptions of existing digital platforms and smart systems used in Hajj, and national data governance policies and guidelines [1, 9]. This analysis helps to identify recurrent challenges such as data silos, interoperability issues, and governance gaps, as well as strategic priorities linked to Vision 2030 and the Pilgrim Experience Program [8, 9]. It also provides a baseline understanding of how data are currently used to support planning, monitoring, and evaluation.

Second, semi-structured interviews are conducted with experts from several entities involved in Hajj operations, each of whom regularly works with Hajj-related data. Participants include representatives from the Ministry of Hajj and Umrah, public security, transport authorities, and health providers, as presented in Table 1. A purposive sampling strategy is used to ensure coverage of key data domains and decision contexts. The interview guide focuses on the types of data collected and managed by each entity, current data governance and sharing practices, technical infrastructures and integration mechanisms, perceived obstacles to using data for integrated decision making, and aspirations and requirements for future analytics and AI applications. Interviews are audio-recorded with consent and transcribed for analysis.

Table 1: Interview Participants

Participant ID	Hajj-related entities	Role	Years of experience
P1	The Ministry of Hajj and Umrah	Head of Business Intelligence and Data Analytics	12 years
P2		Head of Transport and Pilgrim Flow Department	15 years
P3	Public security	Head of Data Management Office	20 Years
P4	Health providers	Data Sharing Specialist	11 Years
P5	Transport authorities	Head of Data Governance Department	10 Years

Third, an expert review and refinement stage involves specialists from the Integration Unit at the Ministry of Hajj and Umrah, who play a central role in coordinating data flows and integrations across entities. In dedicated sessions, the initial version of the Takamul framework, including its four layers and proposed readiness indicators, is presented and discussed. Participants are invited to comment on the relevance, clarity, and completeness of the framework, to suggest modifications or additions, and to reflect on how it could be operationalized within existing and planned digital initiatives.

3.3 Data Analysis and Framework Construction

The analysis process is primarily qualitative and iterative, aligning with the design-science emphasis on continuous refinement of the artifact [6]. Documentary materials are examined to extract themes related to data fragmentation, interoperability, governance, and digital transformation in Hajj. These themes provide an initial structure for organizing interview data and for mapping FAIR principles onto the Hajj context. Interview transcripts are then subjected to thematic analysis [26]. Initial coding categories are informed by FAIR dimensions and by key concepts from data governance literature, such as standards, roles, policies, infrastructure, and capabilities. At the same time, inductive coding is used to capture context-specific issues emerging from participants' narratives, such as challenges associated with real-time data sharing during peak crowd movements or constraints imposed by legacy systems and cross-jurisdictional regulations. Codes are iteratively grouped into higher-level themes that describe both current states and desired future capabilities. Based on these thematic insights, the first version of the Takamul framework is constructed. The four layers are defined to reflect the decision

context and key entities, FAIR-based data readiness dimensions, enabling capabilities in governance, infrastructure, organizational capacity, and analytics, and expected decision and performance outcomes. For each FAIR dimension, a set of operational readiness indicators is formulated, capturing specific observable conditions or practices such as the existence of shared identifiers, data catalogues, secure access mechanisms, common data models, and documented provenance. During the expert review sessions, feedback from Integration Unit specialists is captured in detailed notes.

This feedback is analyzed to identify suggested adjustments to the framework's layers, dimensions, and indicators. Where experts highlight ambiguities, overlaps, or missing elements, these are addressed by refining definitions, reorganizing components, or adding new indicators. This evaluative input constitutes the final iteration of the design-science cycle in this study, resulting in a Takamul framework that is both theoretically informed and empirically grounded in the operational reality of Hajj data governance.

3. Results

3.1 Thematic Analysis

The thematic analysis identified five main themes, as illustrated in Figure 2.

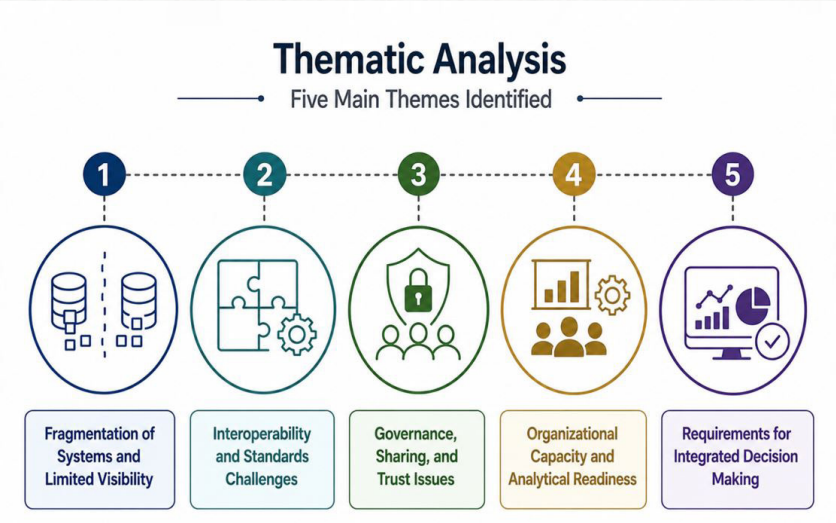


Figure 2. Five main themes identified through thematic analysis

Theme 1: Fragmentation of Systems and Limited Visibility

Despite the centrality of data to Hajj planning and operations, current practices are characterized by fragmentation across ministries, security agencies, transport providers, health services, and municipal bodies. Each entity typically maintains its own information systems, data formats, identifiers, and procedures, often optimized for internal reporting and regulatory compliance rather than cross-entity integration. As a result, datasets remain siloed, and it is difficult to assemble a coherent, near-real-time view of the overall situation during the Hajj season. This limited visibility constrains the ability of decision makers to understand how crowd movements, transport flows, accommodation occupancy, and health incidents interact across locations and time, especially during peak rituals such as Tawaf, Sa'i, and the stoning of the Jamarat.

Even where digital platforms and smart technologies have been deployed — for example, national permit portals, crowd-monitoring systems, and AI-enabled operations centers — the underlying data streams often reflect different standards and governance arrangements. Integration tends to rely on bespoke connections or manual data exchanges rather than on shared data models, catalogues, and APIs designed for interoperability . This situation creates a gap between the technical capabilities of advanced analytics and the practical reality of accessing and combining high-quality data from multiple entities in a timely and governed manner.

Theme 2: Interoperability and Standards Challenges

A major contributor to data fragmentation in Hajj operations is the lack of consistent interoperability standards across domains such as transport, crowd management, health, and accommodation. Different agencies employ diverse data structures, terminologies, and coding schemes — for instance, for locations, events, incidents, and pilgrim identifiers — which complicates the seamless exchange and integration of data. In cross-border contexts, such as the sharing of health and administrative data between origin countries and Saudi systems, interoperability efforts have begun to use international standards and frameworks, but these are not yet uniformly embedded at all stages of the Hajj data lifecycle.

This lack of standardized semantics and formats means that even when data are technically accessible, they may not be immediately usable for integrated analytics without substantial transformation, reconciliation, and quality checks. Operational teams reported that integration tasks often require ad hoc mapping and manual interventions, which are time-consuming and error-prone, particularly under the time pressure of the Hajj season. These

challenges highlight the need for readiness dimensions that explicitly address shared identifiers, reference data, common vocabularies, and agreed standards as preconditions for effective interoperability.

Theme 3: Governance, Sharing, and Trust Issues

Beyond technical constraints, data governance and sharing arrangements pose significant challenges to integrated decision making in Hajj operations. Responsibilities for data ownership, stewardship, and quality assurance are not always clearly defined across entities, leading to ambiguities about who is accountable for maintaining and sharing specific datasets. Legal and regulatory considerations, including personal data protection and security requirements, may also discourage proactive sharing or reuse of data, especially in sensitive domains such as health, security, and identity verification.

Interviewed experts described instances where agencies were reluctant to provide access to operational data or analytical outputs beyond their own boundaries, citing concerns about misuse, misinterpretation, or exposure of weaknesses in processes. In some cases, data were shared only in aggregated or delayed forms, reducing their usefulness for real-time coordination and incident response. These governance and trust issues underscore the importance of explicit policies, agreements, and stewardship roles that define how data should be classified, shared, protected, and reused among Hajj entities in ways that balance operational needs with legal and ethical obligations.

Theme 4: Organizational Capacity and Analytical Readiness

Organizational capacity constitutes another critical dimension of Hajj data challenges. The ability of entities to collect, manage, interpret, and act on data depends not only on technology but also on human skills, organizational structures, and cultures. Experts noted that data literacy and analytical capabilities vary considerably across agencies; some have dedicated data and analytics teams, while others rely on external contractors or treat data primarily as a compliance requirement rather than a strategic asset.

Moreover, the intensive nature of Hajj operations means that staff are often focused on immediate logistical demands, leaving limited time and resources to develop and institutionalize data-driven practices. Training programs, such as those offered by SDAIA Academy and sector-specific initiatives, are beginning to address these gaps, but their impact depends on the availability of FAIR-ready data and supportive governance structures. Without sufficient organizational capacity, even well-designed platforms and datasets may not translate into improved decision making, highlighting the need for readiness indicators that capture skills, roles, and processes related to data and analytics.

Theme 5: Requirements for Integrated Decision Making

The challenges identified above translate into a set of requirements for integrated decision making among Hajj entities, as expressed by experts and reflected in national strategies. First, decision makers require more coherent, cross-entity views of key operational domains, such as crowds, transport, health, and accommodation, supported by shared situational dashboards and alerts. Second, they need data that are findable and well-documented through catalogues and metadata, enabling rapid identification of relevant datasets and understanding of their provenance, quality, and constraints.

Third, secure and governed access mechanisms — such as role-based APIs and data sharing services — must allow authorized entities to retrieve and contribute data in near real time, under clearly defined policies and agreements. Fourth, interoperable data models, standards, and reference vocabularies should enable seamless combination of data from different sources without extensive manual reconciliation. Finally, reusable data and analytical assets, including historical datasets, models, and indicators, are needed to support planning, simulation, and continuous improvement across Hajj seasons.

Taken together, these requirements point to the necessity of a structured data readiness framework that integrates FAIR-aligned dimensions with governance, infrastructure, organizational capacity, and analytics capabilities, tailored specifically to the Hajj context. The Takamul framework proposed in this paper is designed to respond to these requirements by providing Hajj entities with a practical lens for assessing and enhancing their readiness for integrated, data-driven decision making.

3.2 Framework Overview

The Takamul framework is proposed as a context-specific data readiness framework for integrated decision making among Hajj entities in Saudi Arabia. It is designed to translate the FAIR principles into a set of operationally meaningful dimensions and enabling capabilities that reflect the governance structures, technical constraints, and institutional realities of the Hajj ecosystem. Rather than treating data readiness as a purely technical issue, Takamul conceptualizes readiness as a multi-layered condition in which data quality, accessibility, interoperability, governance, and analytical capacity jointly determine whether decision makers can obtain a coherent and timely understanding of operational conditions. The framework is organized into four interrelated layers as shown in Figure 3. The first layer defines the core entities involved in Hajj operations.

The second layer specifies FAIR-based data readiness dimensions tailored to the Hajj environment. The third layer identifies the enabling capabilities required to operationalize these dimensions, namely governance, digital infrastructure, organizational capacity, and analytics. The fourth layer captures the expected decision and performance outcomes that arise when data readiness is sufficiently developed across entities. These layers provide both a conceptual model for understanding readiness and a practical structure for assessment and implementation.

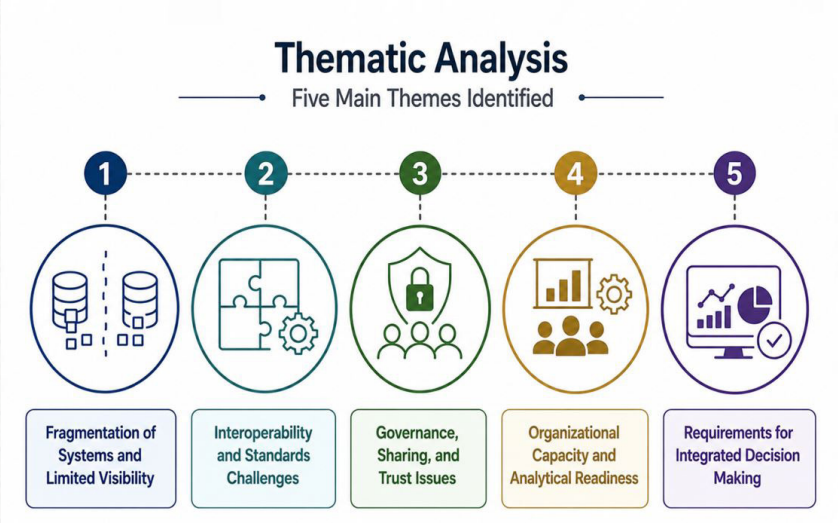


Figure 3. The Takamul Framework for Data Readiness and Integrated Decision Making in Hajj Operations

Layer One: Key Hajj Entities

The first layer of Takamul situates data readiness within the operational and institutional context of Hajj. This layer recognizes that data requirements are shaped by the diversity of entities involved in producing and using data. These entities make decisions based on multiple levels, from strategic and seasonal planning before the pilgrimage, to real-time operational coordination during rituals, to post-season evaluation and learning after the event. Each level depends on different forms of data aggregation, timeliness, and cross-entity coordination.

At the institutional level, all hajj entities generate and consume distinct yet interdependent data streams, including permit and registration records, crowd movement data, transport schedules, health incidents, accommodation statuses, and service performance indicators. It therefore anchors the framework in the practical realities of Hajj coordination, where the value of data depends on whether they can support timely, cross-entity decisions under pressure.

Layer Two: FAIR-Based Data Readiness Dimensions

The second layer of Takamul adapts the FAIR principles into Hajj-specific data readiness dimensions. In the framework, findability refers to the ability of relevant Hajj datasets to be discovered, identified, and understood across entities through clear metadata, cataloguing practices, and consistent identifiers. In operational terms, this means that decision makers and data teams should be able to determine what data exist, who owns them, how current they are, and for what purposes they can be used. Without this capability, datasets remain hidden within organizational silos, limiting their contribution to integrated decision making.

Accessibility in Takamul refers not merely to technical access, but to governed and timely access through defined protocols, permissions, and interfaces. In the Hajj context, accessibility requires secure mechanisms such as APIs, data sharing services, and role-based permissions that allow authorized users to retrieve and exchange data when needed, particularly during time-critical operational periods. Accessibility also depends on institutional trust and policy clarity, since data may be technically reachable but operationally restricted by unclear responsibilities or risk concerns.

Interoperability is treated as a central readiness condition because Hajj operations rely on combining data from multiple domains and agencies. In Takamul, interoperability includes syntactic compatibility, semantic alignment, and the use of shared standards, vocabularies, and reference models so that data from one entity can be meaningfully integrated with data from another. This dimension addresses issues such as shared location codes, event taxonomies, pilgrim identifiers, and common representations of incidents, movements, and service states. Without such interoperability, integration remains fragile, dependent on manual transformations and ad hoc reconciliation.

Reusability in the framework refers to the extent to which Hajj data can be reliably reused across operational, analytical, and strategic contexts. Reusable data are accompanied by sufficient provenance, documentation, quality controls, legal clarity, and contextual information to support both immediate operational use and longer-term analysis, forecasting, and AI applications. In the Hajj environment, reusability is especially important because historical datasets can support scenario planning, capacity optimization, and learning

across successive seasons.

Layer Three: Enabling Capabilities

The third layer of Takamul identifies the enabling capabilities that determine whether FAIR-based readiness can be achieved in practice. The first capability is governance, which includes data ownership arrangements, stewardship roles, classification rules, quality responsibilities, sharing agreements, and alignment with national data governance policies. Governance is essential because readiness depends not only on the presence of data, but also on whether institutions have agreed rules and accountability mechanisms for managing and exchanging those data.

The second capability is digital infrastructure. This includes the technical platforms, integration architectures, cloud or hybrid environments, APIs, operational dashboards, and security controls through which Hajj data are collected, stored, exchanged, and analyzed. In the Saudi Hajj context, digital infrastructure increasingly includes smart operations centers, AI-enabled monitoring systems, and unified digital platforms for permits and services, but the value of these tools depends on their ability to ingest and harmonize data from multiple sources.

The third capability is organizational capacity, which refers to the human and managerial resources needed to implement data-driven practices. This includes data literacy among decision makers, the presence of dedicated data teams, training opportunities, and a culture that recognizes data as a strategic asset rather than a by-product of operations. Variations in organizational maturity across Hajj entities mean that readiness cannot be assumed even where technical platforms are available.

The fourth capability is analytics. This includes descriptive, predictive, and AI-enabled analytical capacities that transform raw data into actionable insights for planning, monitoring, forecasting, and incident response. Emerging AI-enabled crowd-intelligence and congestion-forecasting frameworks developed for Hajj and Umrah operations illustrate the practical form this capability can take. The framework assumes that advanced analytics are only as effective as the readiness of the underlying data.

Layer Four: Decision and Performance Outcomes

The fourth layer of Takamul focuses on the outcomes expected when the preceding layers are adequately developed. At the decision level, improved data readiness should enable more integrated situational awareness, faster coordination across entities, better anticipation of bottlenecks, and more informed responses to operational disruptions. For example, interoperable and accessible crowd, transport, and health data can support unified dashboards, real-time alerts, and cross-entity response protocols that improve the ability of operational teams to manage congestion, redirect flows, and allocate medical or logistical support.

At the performance level, these decision improvements are expected to contribute to outcomes such as enhanced pilgrim safety, smoother mobility, more efficient service delivery, and stronger institutional learning across Hajj seasons. Better data readiness can also support post-season evaluation by enabling comparison across years, identification of recurring patterns, and reuse of data for forecasting and policy adjustment.

4. Discussion

4.1 Framework Logic and Practical Use

The analytical logic of Takamul lies in the interaction among its four layers. The framework assumes that decision outcomes cannot improve sustainably unless FAIR-based readiness dimensions are supported by enabling capabilities and embedded in the actual context of Hajj decision making. This layered structure also allows the framework to serve as a diagnostic and developmental tool. Entities can use it to identify whether current weaknesses stem primarily from missing metadata and standards, restricted accessibility, inadequate governance arrangements, insufficient analytical capacity, or misalignment between data practices and operational decision needs [8, 10, 27].

Practically, Takamul can be used as the basis for readiness assessment checklists, inter-agency workshops, capability roadmaps, and future maturity instruments tailored to Hajj operations. It provides a common language through which different actors can discuss data problems and priorities without reducing the issue to technology alone [24, 28]. By linking FAIR principles to governance, infrastructure, organizational capacity, and outcomes, the framework offers a structured path for moving from fragmented datasets toward more integrated and intelligent decision support in the Hajj ecosystem.

From a conceptual perspective, Takamul contributes to the ongoing evolution of data readiness and governance frameworks by demonstrating how the FAIR principles can be operationalized in a complex, mass-gathering context [4]. While FAIR was originally articulated to guide the management of scientific and research data, its emphasis on machine-actionable, well-described, accessible, and reusable data is highly relevant to operational environments where decisions must be informed by integrated information

from multiple sources [29, 30, 31]. Takamul extends this philosophy by embedding FAIR dimensions within a layered model that explicitly accounts for decision contexts, governance arrangements, infrastructural capacities, organizational skills, and analytical capabilities associated with Hajj operations [8].

This layered approach offers a conceptual lens for understanding readiness as a systemic property rather than a dataset-level attribute. It suggests that data cannot be considered ready for integrated decision making unless the surrounding ecosystem of policies, platforms, roles, and analytical practices is aligned to support FAIR-compliant flows across entities [24]. In doing so, Takamul aligns with and extends broader work on data governance and maturity models in digital government, but provides a sharper focus on mass-gathering operations, cross-agency coordination, and safety-critical decision making, which have received limited attention in existing frameworks [8, 10].

4.2 Alignment with Vision 2030 and the Pilgrim Experience Program

Practically, Takamul offers Hajj entities a structured tool for diagnosing and improving their data readiness. By specifying layers and dimensions, the framework helps organizations move beyond generic calls for better data and identify specific areas where change is needed — for example, enhancing metadata and catalogues for findability, establishing secure and governed access mechanisms, adopting common standards and identifiers for interoperability, clarifying sharing policies and stewardship roles, or building internal analytical capacity [2, 24]. This diagnostic function is particularly valuable in a multi-actor environment where each entity has different starting conditions, yet must converge toward shared readiness levels to enable integrated decision making.

The framework also has implications for cross-entity collaboration. Because Takamul provides a common vocabulary for discussing data challenges and requirements, it can support inter-agency workshops, joint planning exercises, and the co-design of integration initiatives under the Ministry's leadership. For example, entities can use the framework to define minimum readiness thresholds for participation in unified platforms or monitoring centers, agreeing on concrete indicators such as the presence of standard identifiers, APIs, and documented sharing protocols [2]. In this way, Takamul can act as a bridge between high-level national data governance policies and the practical steps required for Hajj entities to meet those policies in their daily operations.

The framework is closely aligned with the strategic directions laid out in Saudi Vision 2030 and the Pilgrim Experience Program, which emphasize data-driven governance, cross-sector integration, and enhanced service quality for pilgrims [21]. Vision 2030 documents and program delivery plans highlight the need for unified platforms, smart systems, and integrated service pathways to provide seamless experiences from pre-departure to return, supported by reliable and timely data flows across agencies [22, 23]. Takamul addresses this need by spelling out what data readiness means in practical terms for entities that must participate in such integrated journeys.

Moreover, as national initiatives such as open data portals, data sharing services, and monitoring centers mature, there is a growing need for frameworks that can guide entities in translating high-level policies into actionable readiness plans [24, 32, 33]. Takamul responds to this need by linking FAIR-aligned readiness dimensions with enabling capabilities and outcome expectations, thereby offering a roadmap for Hajj entities to contribute effectively to Vision 2030 objectives. This alignment strengthens the case for adopting the framework as part of broader data governance efforts under the Ministry of Hajj and Umrah and related bodies.

5. Conclusions

This paper has addressed the problem of fragmented Hajj data across multiple government and service entities in Saudi Arabia, a condition that constrains integrated decision making in areas such as crowd management, transport coordination, safety oversight, and health service delivery. Although substantial investments have been made in digital platforms, smart monitoring systems, and AI-enabled services, the value of these initiatives depends on the readiness of data to be found, accessed, integrated, interpreted, and reused across organizational boundaries. In response to this challenge, the paper proposed Takamul as a context-specific data readiness framework that translates the FAIR principles into an operational model tailored to the governance structures, technical environments, and decision contexts of Hajj operations.

The framework contributes conceptually by extending FAIR beyond its common use in research data management and positioning it within a high-stakes, multi-actor operational setting. Through its four interrelated layers — decision context, FAIR-based readiness dimensions, enabling capabilities, and expected outcomes — Takamul offers a more systemic understanding of what it means for data to be ready for integrated decision making. It also contributes practically by providing Hajj entities with a structured lens through which to diagnose gaps in findability, accessibility, interoperability, reusability, governance,

infrastructure, organizational capacity, and analytics readiness.

Methodologically, the study employed a design-science logic that combined document analysis, semi-structured interviews with experts from Hajj entities, and iterative review with specialists from the Integration Unit at the Ministry of Hajj and Umrah. This approach enabled the framework to be grounded in both theory and operational practice, thereby strengthening its relevance to ongoing national efforts in data governance and digital transformation. The study thus aligns with the broader objectives of Saudi Vision 2030 and the Pilgrim Experience Program, which emphasize integrated services, digital enablement, and improved experiences for pilgrims across the full pilgrimage journey.

At the same time, the study has limitations that should be acknowledged. First, the framework has been developed and refined primarily through qualitative inquiry and expert review, rather than through large-scale quantitative validation across multiple Hajj entities. Second, while the framework identifies practical readiness dimensions and indicators, it does not yet provide a fully operational measurement instrument or scoring model for benchmarking entity performance. Third, the framework is tailored to the Hajj context in Saudi Arabia, which means that some elements may require adaptation before they can be applied directly to other mass-gathering or cross-government settings.

Building on the discussion above, several recommendations follow for advancing the Takamul framework and its adoption within Hajj operations. A first priority is to convert Takamul from a conceptual framework into a formal, operational assessment instrument — such as a maturity model, diagnostic checklist, or weighted scoring system — that can be applied consistently across Hajj entities to generate comparable readiness profiles. A second priority is to pilot the framework within specific operational domains, including crowd management, transport coordination, permit systems, or health response, in order to evaluate its explanatory value and its usefulness in guiding data improvements and measuring their impact on decision quality and performance outcomes. A third recommendation is to examine how the framework can support artificial intelligence readiness more explicitly, by linking FAIR-aligned data conditions to predictive analytics, simulation, and real-time decision support capabilities within Hajj control environments, building on the growing body of AI-enabled crowd management and forecasting research.

It is further recommended that the logic of Takamul be extended to other mass-gathering contexts and to Umrah and year-round religious tourism, which share many of the same data governance and integration challenges as Hajj, albeit under different temporal and operational conditions. Comparative research across different events, sectors, and countries could refine the framework's dimensions and strengthen its generalizability to other large-scale, safety-critical environments. Pursued together, these recommendations would advance Takamul from an initial conceptual contribution toward a validated, operational tool for integrating FAIR principles, data governance, and analytics in support of integrated decision making in complex socio-technical systems such as Hajj.

References

1. Saudi Press Agency, "SDAIA, Hajj Ministry partner to strengthen data awareness among pilgrim service companies," 2025. [Online]. Available: https://www.spa.gov.sa/en/N2607948.

2. Ministry of Hajj and Umrah, "Data sharing," 2026. [Online]. Available: https://haj.gov.sa/en/Data-Sharing.

3. Saudi Press Agency, "SDAIA concludes Hajj operations with AI-driven platforms," 2025. [Online]. Available: https://www.spa.gov.sa/en/N2604267.

4. GO FAIR, "FAIR principles." [Online]. Available: https://www.go-fair.org/fair-principles/.

5. M. D. Wilkinson et al., "The FAIR guiding principles for scientific data management and stewardship," Scientific Data, vol. 3, art. 160018, 2016, doi: 10.1038/sdata.2016.18.

6. K. Peffers, T. Tuunanen, M. A. Rothenberger, and S. Chatterjee, "A design science research methodology for information systems research," Journal of Management Information Systems, vol. 24, no. 3, pp. 45–77, 2007, doi: 10.2753/MIS0742-1222240302.

7. M. D. Wilkinson, S.-A. Sansone, E. Schultes, P. Doorn, L. O. Bonino da Silva Santos, and M. Dumontier, "A design framework and exemplar metrics for FAIRness," Scientific Data, vol. 5, art. 180118, 2018, doi: 10.1038/sdata.2018.118.

8. V. Khatri and C. V. Brown, "Designing data governance," Communications of the ACM, vol. 53, no. 1, pp. 148–152, 2010, doi: 10.1145/1629175.1629210.

9. my.gov.sa, "Data regulation and cybersecurity." [Online]. Available: https://my.gov.sa/en/content/legal-regulatory-framework.

10. K. Haase, H. Z. Al Abideen, S. Al-Bosta, M. Kasper, M. Koch, S. Müller, and D. Helbing, "Improving pilgrim safety during the Hajj: An analytical and operational research approach," Interfaces, vol. 46, no. 1, pp. 74–90, 2016, doi: 10.1287/inte.2015.0833.

11. W. Halboob, H. Altaheri, A. Derhab, and J. Almuhtadi, "Crowd management intelligence framework: Umrah use case," IEEE Access, vol. 12, pp. 6752–6767, 2024, doi: 10.1109/

ACCESS.2024.3350188.

12. A. Derhab, I. Mohiuddin, W. Halboob, and J. Almuhtadi, "Crowd congestion forecasting framework using ensemble learning model and decision-making algorithm: Umrah use case," IEEE Access, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3394905.

13. Arab News, "SDAIA develops AI-powered Smart Makkah Operations Center to ensure the safety and comfort of Hajj pilgrims," Jun. 16, 2024. [Online]. Available: https://www.arabnews.com/node/2532441/saudi-arabia.

14. Leaders MENA Magazine, "SDAIA, Ministry of Hajj collaborate to digitize pilgrim services," Jan. 17, 2025. [Online]. Available: https://www.leaders-mena.com/sdaia-ministry-of-hajj-collaborate-to-digitize-pilgrim-services/.

15. A. A. Shah, "Enhancing Hajj and Umrah rituals and crowd management through AI technologies: A comprehensive survey of applications and future directions," IEEE Access, vol. 12, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3487923.

16. T. Alafif et al., "Towards an integrated intelligent framework for crowd control and management (IICCM)," IEEE Access, 2025, doi: 10.1109/ACCESS.2025.3555154.

17. N. Al-Hawsawi, A. Tridane, and S. Norah, "Open dataset for predicting pilgrim activities for crowded management during Hajj using wearable sensors," IEEE Access, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3402230.

18. Data Saudi, "Hajj sector data," 2026. [Online]. Available: https://datasaudi.sa/en/sector/hajj.

19. Ministry of Hajj and Umrah, "About the ministry," 2026. [Online]. Available: https://haj.gov.sa/en/About-the-ministry

20. Y. Bozkurt, A. Rossmann, Z. Pervez, and N. Ramzan, "Assessing data governance models for smart cities: Benchmarking data governance models on the basis of European urban requirements," Sustainable Cities and Society, vol. 130, art. 106528, 2025, doi: 10.1016/j.scs.2025.106528.

21. Saudi Vision 2030, "Pilgrim Experience Program," 2024. [Online]. Available: https://www.vision2030.gov.sa/en/explore/programs/pilgrim-experience-program.

22. Saudi Vision 2030, "Pilgrims Experience Program annual report 2023," 2023. [Online]. Available: https://www.vision2030.gov.sa/media/0hwbcwev/pep-annual-report-2023-english.pdf.

23. Arab News, "Saudi Arabia enhances pilgrimage journey with record growth, streamlined services," Jul. 5, 2025. [Online]. Available: https://www.arabnews.com/node/2607123/saudi-arabia.

24. National Data Governance Platform, "Platform overview." [Online]. Available: https://dgp.sdaia.gov.sa/.

25. Ministry of Health, "Data governance policy." [Online]. Available: https://www.moh.gov.sa/Ministry/OpenData/Documents/Data-Governance-Policy.pdf.

26. V. Braun and V. Clarke, "Using thematic analysis in psychology," *Qualitative Research in Psychology*, vol. 3, no. 2, pp. 77–101, 2006.

27. Saudi Authority for Data and Artificial Intelligence, "Official portal," 2026. [Online]. Available: https://sdaia.gov.sa/en

28. Saudi Press Agency, "SDAIA harnesses data, AI solutions to serve pilgrims during Hajj 1446 AH," May 28, 2025. [Online]. Available: https://www.spa.gov.sa/en/N2330425.

29. P. Van Damme, M. Löbe, N. Benis, N. F. de Keizer, and R. Cornet, "Assessing the use of HL7 FHIR for implementing the FAIR guiding principles: A case study of the MIMIC-IV Emergency Department module," JAMIA Open, vol. 7, no. 1, art. ooae002, 2024, doi: 10.1093/jamiaopen/ooae002.

30. A. Puura, R.-M. Soe, and S. Thabit, "Advancing interoperability of data exchange in Europe: Insights from Estonia's experience for the common European data spaces," Data in Brief, 2025, doi: 10.1016/j.dib.2025.112361.

31. H. Wahyuni, D. Mutiarin, U. Pribadi, N. S. A. Ismail, E. P. Purnomo, and W. Kumorotomo, "Maturity of data interoperability cross-organizations in supporting the concept of one employment data at the ministry and regional government levels," Cogent Social Sciences, vol. 10, no. 1, art. 2407936, 2024, doi: 10.1080/23311886.2024.2407936.

32. Ministry of Hajj and Umrah, "Open data," 2026. [Online]. Available: https://haj.gov.sa/en/Open-Data.

33. Ministry of Hajj and Umrah, "Policies and regulations," 2026. [Online]. Available: https://haj.gov.sa/en/policies-and-regulations.

منظومة التوجيه البصري الذكي: ابتكار تكاملي لتعزيز الاستجابة الاستباقية ورفع كفاءة التشغيل في خدمة ضيوف الرحمن

تهاني سعود الغامدي - مكتب إدارة المشاريع، مؤشرات لخدمات الأعمال

Smart Visual Guidance System: An Integrative Innovation to Enhance Proactive Response and Improve Operational Efficiency in Serving the Guests of Allah

Tahani Saud Al-Ghamdi - Project Management Office, Business Service muashirat

*Corresponding author: E-mail (tahani.gh.359@gmail.com)

الملخص

هدف البحث الحالي إلى تقديم نموذج مبتكر لمنظومة التوجيه البصري الذكي؛ لتعزيز الاستجابة الاستباقية ورفع كفاءة التشغيل في خدمة ضيوف الرحمن، كما هدف البحث إلى تحديد أبرز التحديات التي تؤثر على الاستجابة الاستباقية، وإلى التعرف على الخبرات الدولية في تطبيق منظومة التوجيه البصري الذكي، ولتحقيق أهداف البحث استخدمت الباحثة المنهج الوصفي التحليلي، وتوصل البحث إلى عدد من النتائج، أهمها: تقديم نموذج مبتكر للتوجيه البصري الذكي في الحج والعمرة يسهم في تقليل زمن الاستجابة، وتحسين التنسيق بين الجهات، ورفع كفاءة التفويج، والنقل، والاستجابة الصحية، بالإضافة إلى تحويل البيانات إلى توجيهات بصرية مباشرة تساعد على اتخاذ الإجراء الصحيح في الوقت المناسب، كما توصل البحث إلى عدد من التوصيات، أهمها: تبني تطبيق منظومة التوجيه البصري الذكي، باعتبارها ابتكارًا تكامليًا قادرًا على ربط البيانات اللحظية بالقرار الميداني المباشر، بما يعزز الاستجابة الاستباقية، ويرفع كفاءة التشغيل، ويدعم خدمة ضيوف الرحمن، وتعزيز جودة تجربتهم.

الكلمات المفتاحية: التوجيه البصري الذكي، الذكاء الاصطناعي، الابتكار، خدمة ضيوف الرحمن.

Abstract

The current research aimed to present an innovative model for the Smart Visual Guidance System to enhance proactive response and improve operational efficiency in serving the Guests of Allah. The research also aimed to identify the key challenges affecting proactive response and to explore international experiences in applying smart visual guidance systems. To achieve the research objectives, the researcher used the descriptive analytical method

The research reached a number of findings, most notably the development of an innovative model for smart visual guidance in Hajj and Umrah that contributes to reducing response time, improving coordination among relevant entities, and enhancing the efficiency of crowd movement management, transportation, and health response. It also contributes to transforming data into direct visual guidance that supports taking the right action at the right time

The research also reached a number of recommendations, the most important of which is adopting the application of the Smart Visual Guidance System as an integrative innovation capable of linking real-time data with direct field decision-making. This, in turn, enhances proactive response, improves operational efficiency, and supports the services provided to the Guests of Allah and the quality of their experience

Keywords: Smart Visual Guidance, Artificial Intelligence, Innovation, Serving the Guests of Allah

١. المقدمة

تعد إدارة التشغيل الميداني من أبرز القضايا المعقدة في الإدارة الحديثة، نظرًا لما لها من متطلبات بمعايير عالية تتعلق بإدارة الموارد بكفاءة، وانسيابية الحركة، والحرص على سلامة الأفراد (Felemban et al., ٢٠٢٠)، وفي ظل تسارع وتيرة التحول الرقمي أسهمت في إعادة تشكيل أساليب حديثة لإدارة التجمعات البشرية بواسطة توظيف الذكاء الاصطناعي،

والرؤية الحاسوبية، وتحليل البيانات، بالإضافة إلى توظيف تقنيات الواقع المعزز، والنظارات الذكية، لدعم اتخاذ القرار، وفي ضوء ذلك فقد أشارت الأدبيات الحديثة إلى أن القيمة التشغيلية للتقنيات المتقدمة تتمثل في قدرتها على سرعة معالجة البيانات، وتحويلها إلى إجراءات ميدانية فورية، لا سيما في البيئات الحرجة التي تتسم بسرعة التغيير (Argo et al., ٢٠٢٥).

وعلى الصعيد العالمي، فقد اتجهت الدراسات الحديثة إلى الاهتمام بدور الواقع المعزز والنظارات الذكية في دعم المستجيبين الأوائل في حالات الطوارئ، وإدارة الفعاليات الجماهيرية، نظرًا لقدرتها على تقليل الفجوة بين المعلومة والموقع الفعلي للحدث، وفي هذا السياق فقد استعرضت دراسة Argo et al (٢٠٢٥) تطور واجهات الواقع المعزز خلال العقد الأخير، وتوصلوا إلى مراجعة ٩٠ دراسة ذات صلة وثيقة من أصل ١٧٥١ دراسة، وقد أكدت مراجعتهم بوجود تحديات تتمثل في قابلية الاستخدام، وتصميم الواجهات، خصوصًا في البيئات الواقعية عالية الضغط، وتدل هذه النتيجة أن التحدي لا يتمثل فقط في تطوير تقنيات واقع معزز، بل في تصميم نماذج تشغيلية تقدم بيانات دقيقة، ومختصرة، وملائمة لطبيعة المهام الميدانية، ومما يؤكد ذلك، ما توصلت إليه دراسة Ponto et al (٢٠٢٥) أن الواقع المعزز يعد أداة محورية لتحسين الوعي المكاني، وتسهيل التعاون والتوجيه بين الفرق الميدانية في البيئات المعقدة، منتقلًا بذلك من مجرد وسيلة لعرض البيانات إلى ممكّن داعم لاتخاذ القرارات الميدانية. وفي مجال إدارة الطوارئ والحشود، فقد أظهرت الدراسات الدولية بأن النظارات الذكية تسهم في تقليل زمن الاستجابة، وتحسين جودة القرارات الميدانية، فقد رصدت دراسة Jiang et al (٢٠٢٥) فاعلية نظارات الواقع المعزز في تقليل زمن رعاية المرضى في أقسام الطوارئ خلال دورة الألعاب الآسيوية في هانغتشو مقارنة بأساليب الرعاية التقليدية، كما بينت دراسة Tian et al (٢٠٢٤) أن تصميم نظام معلومات طبي للطوارئ في التجمعات الجماهيرية قائم على آلية موحدة لتبادل البيانات ما بين الطوارئ، والفرق الميدانية، والمستشفيات يعزز من مستوى التنسيق، وتكشف هذه الدراسات عن توجه عالمي نحو بناء أنظمة معلوماتية ميدانية أكثر تكاملًا، إلا أنها في الوقت ذاته تظل غالبًا محصورة في المجال الصحي، أو في سياقات طوارئ محددة، ولا تقدم نموذجًا تشغيليًا متعدد الجهات يربط بين النقل، والحشود، والأمن، والتفويج، والصحة في بيئة واحدة. وفي ضوء ذلك فقد قدمت دراسة Apiratwarakul et al (٢٠٢٥) نموذجًا بارزًا لقدرة النظارات الذكية، إذ أوضحت كيف يمكن لتقنيات الواقع المعزز المدعومة بقياس المسافة في تحسين دقة تموضع سيارات الإسعاف في السيناريوهات الطارئة المعقدة، مما يشير إلى قدرة هذه التقنية على دعم التوجيه المكاني، والقدرة على اتخاذ القرارات في الميدان، وبالرغم من أهمية هذه الدراسات فقد ركزت على القطاع الطبي، ومع ذلك فقد أثبتت الأدبيات العالمية إمكانات النظارات الذكية والواقع المعزز في دعم الاستجابة، لكنها تكشف في الوقت نفسه عن فجوة تطبيقية تتعلق بكيفية دمج هذه التقنيات مع منصات البيانات، والذكاء الاصطناعي، وآليات توجيه الأوامر في نموذج واحد قابل للتطبيق في بيئات جماهيرية معقدة.

وفي السياق المحلي، تعد منظومة الحج والعمرة واحدة من أكثر البيئات التشغيلية تعقيدًا على مستوى العالم، حيث تجمع بين كثافة بشرية عالية، ومواقع متعددة، وأزمنة تشغيل حرجة، فضلًا عن تقاطع مهام جهات متعددة تشمل مجالات التفويج، والأمن، والنقل، والصحة، وإدارة الحشود، وقد أعلنت الهيئة العامة للإحصاء أن عدد الحجاج في موسم حج ١٤٤٧هـ/٢٠٢٦م بلغ ١,٧٠٧,٣٠١ حاجًا، منهم ١,٥٤٦,٦٥٥ حاجًا من خارج المملكة، و ١٦٠,٦٤٦ من حجاج الداخل (الهيئة العامة للإحصاء، ٢٠٢٦)، وهو ما يعكس ضخامة البيئة التشغيلية، وحجم الحاجة إلى نماذج قادرة على التعامل مع البيانات، والحركة، والاستجابة في وقت واحد، وتؤكد هذه الأرقام أن إدارة الحج والعمرة لا ترتبط فقط بحجم الحشود، بل بقدرة المنظومة التشغيلية على اتخاذ قرارات ميدانية لحظية ومخصصة، خاصة في المواقع الحرجة مثل المشاعر المقدسة، ومحطات النقل، ومسارات التفويج، ونقاط البلاغات الصحية. وقد تناولت الدراسات المرتبطة بمجال الحج والعمرة جوانب متعددة من إدارة التشغيل الميداني، وأهمية التحول الرقمي، إلا أنها كشفت عن الحاجة الملحة لوجود نماذج أكثر تكاملًا، وفي ذات السياق، فقد قدمت دراسة Felemban et al (٢٠٢٠) مسحًا شاملًا للتقنيات المستخدمة في إدارة الحشود ضمن مجالات متنوعة، كالرؤية الحاسوبية، والشبكات اللاسلكية، والتقنيات الغامرة، وتحليل البيانات، والمحاكاة، وتؤكد هذه الدراسة بأن بيئة الحج تمتلك قابلية عالية لتوظيف تقنيات متقدمة، لكنها تكشف في المقابل أن هذه التقنيات غالبًا تعرض في صورة مجالات منفصلة، الأمر الذي يبرز الحاجة إلى نموذج يدمج هذه المخرجات في مسار تشغيلي واحد ينتهي بتوجيه ميداني مباشر، كما قدمت دراسات تحليل الفيديو والرؤية الحاسوبية كدراسة Khan et al (٢٠١٧)، و Alafif et al (٢٠٢٢) ، و Shah (٢٠٢٥)، أدلة على إمكانية توظيف تقنيات التعلم الآلي والرؤية الحاسوبية في تقدير الكثافة، ورصد السلوكيات، وتصنيف مستويات الخطورة في حشود الحج، غير أن هذه الدراسات رغم أهميتها، ركزت غالبًا على مرحلة الرصد والتحليل، بينما يركز البحث الحالي على المرحلة اللاحقة والأكثر ارتباطًا بالميدان، وهي تحويل مخرجات التحليل إلى توجيهات بصرية مباشرة للمشرفين الميدانيين.

كما بينت دراسة Abdoh (٢٠٢٥) قدرة تقنيات المعلومات في معالجة تحديات الحج والعمرة المتعلقة بالسلامة، والحركة، والحشود، والاتصال، مؤكدةً على ضرورة توظيف هذه التقنيات بصورة أكثر تكاملية للتغلب على التعقيدات التشغيلية، وفي مجال النقل فقد أوضحت دراسة Gazzawe and Albahar (٢٠٢٤) أن موسم الحج يشهد ضغطًا ناتجًا عن حركة ما يقارب ٢٥٠٠٠٠ مركبة، في حين أنه يمكن تخفيف الضغط وتحسين إدارة الازدحام من خلال المراقبة اللحظية، واقتراح المسارات البديلة بواسطة توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي.

وعلى الرغم من أهمية هذه الدراسات المحلية المرتبطة بسياق الحج والعمرة، فإنها لا تزال تعالج جوانب محددة، كإدارة الحشود، والنقل، وتقنيات المعلومات، متجاوزةً أهمية خلق منظومة متكاملة تربط التدفق اللحظي للبيانات بالمشرف الميداني بصورة مباشرة، وتتضح الفجوة البحثية بصورة أكبر عند الجمع بين نتائج الدراسات العالمية والمحلية؛ فدراسة Argo et al (٢٠٢٥) أثبتت وجود فجوات في قابلية تطبيق الواقع المعزز في البيئات الواقعية، في حين أظهرت دراسة Felemban et al (٢٠٢٠) أن تنوع التقنيات المستخدمة في الحج تفتقر إلى نموذج تطبيقي موحد، كما أكدت دراسة Abdoh (٢٠٢٥) إلى الحاجة لحلول تقنية تكاملية في الحج والعمرة، بينما ركزت دراسة Gazzawe and Albahar (٢٠٢٤) على النقل والازدحام دون دمج ذلك

مع التفويج، والحشود، والصحة في منظومة توجيه واحدة، وبذلك تتمثل الفجوة البحثية في غياب نموذج ابتكاري تكاملي يوظف الذكاء الاصطناعي، والواقع المعزز، والنظارات الذكية، لتحويل البيانات اللحظية من مختلف الجهات المعنية إلى توجيهات بصرية مباشرة ومخصصة للمشرفين الميدانيين في الحج والعمرة. وتتضح أهمية سد هذه الفجوة في أن البيانات اللحظية المتعلقة بالكثافة، أو البلاغات الصحية، أو تأخر النقل، أو حالة المسارات لن تحقق أثرها التشغيلي ما لم تترجم إلى توجيه واضح، ومباشر، وقابل للتنفيذ، حيث إن الاعتماد على لوحات المتابعة، أو الرسائل التقليدية، أو الاتصال الصوتي، قد لا يكون كافيًا بشكل كبير في بيئة تتسم بالازدحام وسرعة التغيير، فالمشرف الميداني يحتاج إلى معرفة دقيقة بموقع الحدث، ودرجة الأولوية، والمسار البديل، والإجراء المطلوب، ومدة التنفيذ، وتأكيد إغلاق المهمة، ومن ثم فإن الحاجة لا تقتصر على إضافة تقنية جديدة، بل تتطلب إعادة بناء العلاقة بين البيانات، والمنصة، والقرار، والميدان. وبناءً على ما سبق، فقد جاء هذا البحث لتقديم نموذج مبتكر لمنظومة التوجيه البصري الذكي بوصفها ابتكارًا تكامليًا لتعزيز الاستجابة الاستباقية، ورفع كفاءة التشغيل في خدمة ضيوف الرحمن.

أهداف البحث

هدف البحث الحالي إلى تقديم نموذج مبتكر لمنظومة التوجيه البصري الذكي بوصفها ابتكارًا تكامليًا لتعزيز الاستجابة الاستباقية ورفع كفاءة التشغيل في خدمة ضيوف الرحمن.

ويتفرع من هذا الهدف الرئيس الأهداف الفرعية الآتية:

١. تحديد أبرز التحديات التي تؤثر على تحويل البيانات اللحظية إلى توجيهات ميدانية مباشرة، بما يسهم في تعزيز الاستجابة الاستباقية ورفع كفاءة التشغيل في خدمة ضيوف الرحمن.

٢. تحليل الخبرات الدولية الداعمة لتطبيق منظومة التوجيه البصري الذكي، واستخلاص أوجه الاستفادة منها في بيئة الحج والعمرة.

٣. تقديم نموذج مبتكر لمنظومة التوجيه البصري الذكي في الحج والعمرة، يوضح مكوناتها وآلية عملها وتطبيقها الميداني.

أهمية البحث:

تكمن أهمية البحث من خلال نتائجه التي قد تفيد فيما يلي:

١. قد تسهم الدراسة في إثراء المكتبة المحلية والعربية بمعارف حديثة حول توظيف الواقع المعزز في تطوير التشغيل الميداني وخدمة ضيوف الرحمن.

٢. قد تفيد الجهات القائمة على التخطيط والتشغيل في الحج والعمرة من خلال تقديم نموذج مبتكر يساعد على تحويل البيانات اللحظية إلى توجيهات ميدانية مباشرة تدعم اتخاذ القرار في الوقت المناسب.

٣. قد تسهم الدراسة في تعزيز الاستجابة الاستباقية للتحديات التشغيلية، من خلال التنبؤ المبكر بمؤشرات التشغيل الحرجة قبل تفاقمها ميدانيًا، مثل ارتفاع الكثافة، وتأخر النقل، والبلاغات الصحية، وتغير حالة المسارات.

٤. قد تساعد منظومة التوجيه البصري الذكي في رفع كفاءة التشغيل من خلال تقليل زمن الاستجابة، وتحسين توزيع المشرفين الميدانيين، ودعم التنسيق بين التفويج والنقل والاستجابة الصحية والجهات ذات العلاقة.

٥. قد تدعم الدراسة توجهات التحول الرقمي والابتكار المؤسسي في خدمة ضيوف الرحمن، بما ينسجم مع مستهدفات رؤية المملكة ٢٠٣٠ في تحسين جودة الخدمات، ورفع كفاءة الأداء، وتعزيز تجربة الحاج والمعتمر.

٢. منهجية وطرق البحث

اعتمد البحث الحالي على المنهج الوصفي التحليلي، لما له من ملاءمة في دراسة الظواهر الإدارية والتقنية الحديثة المرتبطة بالابتكار، وإدارة الحشود، والتحول الرقمي في بيئة الحج والعمرة، وقد استند البحث إلى مراجعة الأدبيات العلمية ذات الصلة، والدراسات السابقة المحلية والعالمية، والتقارير الرسمية، والخبرات الدولية في مجال الذكاء الاصطناعي، والواقع المعزز، والنظارات الذكية، وإدارة الحشود، والاستجابة الميدانية، بهدف بناء إطار نظري متكامل يوضح واقع التحديات التشغيلية في خدمة ضيوف الرحمن، ويحلل إمكانات توظيف التقنيات الذكية في دعم القرار الميداني، وقد تم توظيف المنهج الوصفي التحليلي لتحليل العلاقة بين البيانات، والمنصة التشغيلية المركزية، والذكاء الاصطناعي، والتوجيه البصري، والمشرف الميداني، باعتبارها مكونات مترابطة ضمن نموذج ابتكاري تكاملي، كما تم الرجوع إلى عدد من الدراسات ذات الصلة، ومنها دراسة Felemban et al (٢٠٢٠) التي تناولت التقنيات الرقمية المستخدمة في إدارة الحشود، ودراسة Owaidah (٢٠١٥) التي تناولت توظيف الواقع المعزز في إدارة حركة الحجاج، ودراسة Gazzawe and Albahar (٢٠٢٤) التي أوضحت دور الذكاء الاصطناعي، والمراقبة اللحظية في تحسين إدارة الحركة والازدحام خلال موسم الحج، كما اعتمد البحث على أسلوب التحليل المقارن لاستعراض الخبرات الدولية ذات الصلة بتطبيقات الواقع المعزز والنظارات الذكية في الطوارئ والفعاليات الجماهيرية، من خلال الرجوع إلى دراسات تناولت أنظمة معلومات الطوارئ في التجمعات الجماهيرية، واستخدام النظارات الذكية في دعم الاستجابة الطبية، وتوظيف الواقع المعزز في تعزيز الوعي الموقعي والتنسيق بين الفرق، مثل دراسات Tian et al (٢٠٢٤)، وJiang et al (٢٠٢٥)، وApiratwarakul et al (٢٠٢٥)، وPonto et al (٢٠٢٥)، كما تم الاستفادة من الدراسات المحلية والعربية، مثل دراسة طيبة (٢٠٢٥)، ودراسة قزاز وآخرون (٢٠٢٤) في دعم الإطار النظري المرتبط بتوظيف الذكاء الاصطناعي والنظارات الذكية في إدارة الحشود، ، كما اعتمد البحث على النمذجة النظرية لصياغة نموذج مقترح لمنظومة التوجيه البصري الذكي، يوضح مكوناتها الرئيسة، وآلية عملها، وتمثلت خطوات البحث في مراجعة المفاهيم الرئيسة المرتبطة بالتوجيه البصري الذكي، والذكاء الاصطناعي،

والواقع المعزز، والنظارات الذكية، وإدارة الحشود، ثم تحليل الدراسات السابقة والخبرات الدولية، ومقارنتها بخصوصية بيئة الحج والعمرة، ثم صياغة النموذج المقترح ومكوناته، ومناقشة جدواه المبدئية وآلية تطبيقه، وتحديد مؤشرات قياس أثره، أما حدود البحث انحصرت في النطاق المكاني لمنظومة الحج والعمرة بمكة المكرمة، وبخاصة المواقع عالية الكثافة في الحرم والمشاعر المقدسة، مع التركيز الموضوعي على توظيف الذكاء الاصطناعي، والواقع المعزز، والنظارات الذكية في دعم التوجيه الميداني، وتحسين القرار التشغيلي في خدمة ضيوف الرحمن.

٣. النتائج والمناقشة

يعرض هذا الفصل نتائج البحث ويناقشها في ضوء أهدافه، وبالاستناد إلى الدراسات السابقة والخبرات الدولية ذات الصلة بمنظومة التوجيه البصري الذكي، وقد تم تنظيم الفصل في ثلاثة محاور رئيسة، يمثل كل محور هدفًا من أهداف البحث، بما يحقق التكامل بين النتائج، والتحليل، والمقارنة العلمية، والتفسير النقدي في سياق الحج والعمرة.

المحور الأول: تحديد أبرز التحديات التي تؤثر على تحويل البيانات اللحظية إلى توجيهات ميدانية مباشرة

أظهرت نتائج البحث أن التحدي الأكبر في منظومة الحج والعمرة لا يتمثل في نقص البيانات أو قصور التقنيات المستخدمة، بل في وجود فجوة تشغيلية بين ما ترصده مراكز العمليات من بيانات لحظية، وقدرة المنظومة على ترجمة هذه المعطيات إلى توجيهات ميدانية فورية تصل إلى المشرف المناسب في الوقت المناسب، وتبرز ملامح هذه الفجوة في عدة جوانب، ومنها: تجزؤ البيانات بين الجهات، وتعدد الأنظمة، والوتيرة المتسارعة في الوضع الميداني، فضلًا عن الاعتماد على وسائل التواصل التقليدية، وصعوبة تحديد المشرف الأنسب للتدخل، وصعوبة توثيق تنفيذ الأوامر ميدانيًا، وتفسر هذه النتيجة بناءً على طبيعة بيئة الحج والعمرة والتي تتسم بكثافة بشرية عالية، وتعدد الجهات المعنية، والتغيرات المتسارعة في حركة الحشود، والنقل، والبلاغات الصحية، مما يجعل البيانات تفقد قيمتها التشغيلية إن لم تتحول إلى إجراء ميداني واضح، وتتفق هذه النتيجة مع ما توصلت إليه دراسة Abdoh(٢٠٢٥) والتي أكدت أن تحديات الحج والعمرة ترتبط بإدارة الحشود، والسلامة، والاتصال، وتتبع الخدمات، وأن تقنيات المعلومات أصبحت ضرورة لمعالجة هذه التحديات، غير أن البحث الحالي يتجاوز النتيجة العامة للدراسة من خلال التركيز على مرحلة أكثر دقة، وهي مرحلة تحويل المعلومات إلى توجيهات ميدانية مباشرة. كما بينت النتائج أن تعدد الجهات المعنية بخدمة ضيوف الرحمن يشكل تحديًا أمام بناء صورة تشغيلية موحدة؛ إذ تعمل مختلف الجهات كالنقل، والأمن، والصحة وغيرها ضمن أنظمة ومؤشرات مستقلة، في حين أن طبيعة الحالات الميدانية تستدعي الحاجة إلى اتخاذ قرار تكاملي يربط بين أكثر من جهة، وتتفق هذه النتيجة مع دراسة Felemban et al (٢٠٢٠) التي توصلت أن التقنيات المستخدمة في الحج كإدارة الحشود تتوزع على مجالات متعددة، مثل الشبكات اللاسلكية، والحوسبة المكانية، والرؤية الحاسوبية، وتحليل البيانات، وغيرها، إلا أن البحث الحالي لا يقتصر على تصنيف التقنيات أو عرضها، بل يناقش الفجوة التشغيلية الناتجة عن عدم دمج هذه التقنيات في مسار واحد يقود إلى القرار الميداني.

وأشارت النتائج كذلك إلى أن قنوات الاتصال التقليدية رغم أهميتها في الميدان، كالاتصال الهاتفي، والرسائل النصية، وأجهزة اللاسلكي، إلا أنها غير كافية لدعم الاستجابة الاستباقية، كونها تكتفي بنقل التوجيهات صوتيًا، أو نصيًا بمعزل عن توضيح المسارات البديلة، أو النطاق الجغرافي، أو حتى الإطار الزمني للتنفيذ، وتدل هذه النتيجة أن التحدي لا يكمن في تمرير المعلومة، بل في جودة التوجيه الميداني، حيث إن المشرف الميداني بحاجة لمعطيات متكاملة، كمعرفة موقع الحالة أو البلاغ، وما الإجراء المطلوب، ومن الجهة المعنية، وكم يستغرق التنفيذ، وتتفق هذه النتيجة مع دراسة Argo et al (٢٠٢٥) بأن واجهات الواقع المعزز يجب أن تدعم الوعي الموقعي، وتكون مختصرة دون تشتت، وقابلة للاستخدام في البيئات الواقعية عالية الضغط، ويختلف البحث الحالي في أنه ينقل الحاجة من سياق المستجيبين الأوائل بوجه عام إلى سياق الحج والعمرة، حيث تتطلب ديناميكية الحشود، وتعدد الجهات والمواقع التشغيلية إلى أنظمة توجيه قادرة على استيعاب الضغط التشغيلي. وأظهرت النتائج أيضًا بأن التحديات المرتبطة بالنقل والحركة لا يمكن فصلها عن الاستجابة الاستباقية، إذ أن أي تأخير في جدولة الحافلات، أو ازدحام نقاط التجمع قد ينتهي بتكدس في مسارات التفويج، وتتفق هذه النتيجة مع دراسة Gazzawe and Albahar (٢٠٢٤) التي توصلت أن توظيف الذكاء الاصطناعي واستخدام تقنيات الاتصال المتقدمة تسهم في تحسين إدارة الازدحام المروري في مكة المكرمة خلال موسم الحج، إلا أن البحث الحالي يوسع دلالة هذه النتيجة؛ بالنظر إلى النقل بوصفه متغيرًا تشغيليًا يؤثر في الحشود، والصحة، والسلامة، والتفويج، مما يتطلب منظومة قادرة على ربط بيانات النقل بغيرها من البيانات الميدانية.

وعلى المستوى المحلي، تتفق نتائج البحث الحالي مع دراسة طيبة (٢٠٢٥) والتي بينت أثر تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود من خلال المراقبة، والتعرف على الأنماط، وجمع البيانات، والتنبؤ، غير أن البحث الحالي يضيف إلى هذه النتيجة بعدًا تطبيقيًا يتعلق بكيفية إيصال مخرجات الذكاء الاصطناعي إلى المشرف الميداني، حيث إن التنبؤ بالكثافة أو الخطر لا يعد كافيًا ما لم يتحول إلى توجيه قابل للتنفيذ في الميدان، كما تتفق مع دراسة قزاز وآخرون (٢٠٢٤) والتي تناولت الإمكانات الفنية لاستخدام النظارات الذكية في نقل الحشود، كما أشارت إلى إمكانية توظيف النظارات في التوجيه الذكي، وتحسين التواصل، وفي البحث الحالي يختلف عنها في أنه يضع النظارات الذكية ضمن منظومة تكامل أوسع بحيث تشمل المنصة المركزية، وتحليل البيانات، وتحديد الموقع، وتوجيه الأوامر، وتوثيق التنفيذ.

ونستنتج مما سبق، أن التحديات التي تؤثر على تحويل البيانات اللحظية إلى توجيهات ميدانية مباشرة لا تقتصر على التحديات التقنية، بل تعد تحديات تكاملية ترتبط بتبادل البيانات، ووضوح الصلاحيات، واختيار المشرف المناسب، وتصميم واجهة التوجيه، وآليات قياس التنفيذ، وعليه، فإن الحاجة إلى منظومة التوجيه البصري الذكي تنبع من ضرورة سد الفجوة بين رصد المعلومة وتنفيذ القرار، وهي فجوة لا تعالجها البيانات وحدها، ولا الاتصالات التقليدية لوحدها، بل تتطلب نموذجًا تكامليًا يربط البيانات بالتحليل وبالمشرف الميداني في لحظة واحدة.

ثانيًا: تحليل الخبرات الدولية الداعمة لتطبيق منظومة التوجيه البصري الذكي

أظهرت نتائج البحث أن الخبرات الدولية المتاحة لا تقدم نموذجًا جاهزًا يتطابق كليًا مع منظومة التوجيه البصري الذكي المخصص لقطاع الحج والعمرة، لكنها تقدم أدلة علمية وتطبيقية داعمة لمكونات النموذج، مثل: توظيف النظارات الذكية، وتقنيات الواقع المعزز، ودعم القرار الميداني، وتحديد الموقع، وتخصيص المعلومات للمستخدم المناسب، وتدل هذه النتيجة على أن أصالة البحث تقوم على إعادة تركيب هذه الخبرات ضمن نموذج تشغيلي مناسب لخصوصية الحج والعمرة، وتفسر هذه النتيجة بأن بيئة الحج والعمرة تجمع بين خصائص لا تجتمع غالبًا في تجربة دولية واحدة؛ فهي بيئة دينية، عالية الكثافة، ومتعددة الجهات، ومتغيرة بوتيرة متسارعة، مما يجعل الاستفادة من الخبرات الدولية قائمة على التكيف والدمج لخدمة هذا القطاع بأفضل التقنيات الحديثة. وفي السياق الدولي ذاته، فقد أظهرت تجربة الصين Jiang et al(٢٠٢٥) التي طبقت في تجربة الألعاب الآسيوية في هانغتشو أن نظارات الواقع المعزز أثبتت فاعليتها في تسريع الاستجابة الطبية، وتقليص أوقات رعاية المرضى في أقسام الطوارئ خلال الفعاليات الكبرى، وتتوافق هذه النتيجة مع توجه البحث الحالي في توظيف النظارات الذكية في بيئة الحج لدعم الاستجابة الصحية السريعة، ولكنها تختلف من حيث نطاق الاستخدام؛ إذ ركزت نتيجة الدراسة على الطوارئ الطبية في بيئة رياضية محددة، بينما يشمل البحث الحالي البلاغات الصحية، والنقل، والتفويج، والحشود، والتنسيق بين الجهات، وتدل هذه المقارنة على أن النظارات الذكية قادرة على تقليل زمن انتقال المعلومات في التجمعات الضخمة، لكنها تحتاج في بيئة الحج والعمرة إلى دمجها ضمن منصة مركزية تخدم جهات متعدد في آنٍ واحد.

كما أظهرت دراسة Tian et al(٢٠٢٤) المطبقة في الصين أن نظام المعلومات الطبي المصمم للطوارئ في التجمعات الجماهيرية عزز من تبادل بيانات الطوارئ بين المستشفيات، وسيارات الإسعاف، والمواقع الطبية الميدانية، وتتفق هذه النتيجة مع مفهوم المنصة التشغيلية المركزية في البحث الحالي، إذ أن الاستجابة في التجمعات ذات الكثافة العالية لا تتحقق من خلال جهاز ميداني فقط، بل من خلال بنية معلوماتية تربط الميدان بغرف العمليات والجهات المعنية، كما أن البحث الحالي يشمل مجالات أكثر شمولية تتناسب مع بيئة الحج والعمرة وفي تايلاند فقد قدمت دراسة Apiratwarakul et al (٢٠٢٥) دليلًا ملموسًا على كفاءة النظارات الذكية المدعومة بالواقع المعزز في تحسين دقة توجيه مركبات الإسعاف خلال الحالات الطارئة شديدة التعقيد، من خلال عرض المسافة والتوجيه المكاني للمستجيب، وتتوافق هذه النتيجة مع التصور المقترح للنظارة الذكية في البحث الحالي، حيث يتم عرض موقع البلاغ، والمسافة، والمسار المقترح، والإجراء المطلوب أمام المشرف الميداني، ومع ذلك تبرز نقطة التمايز في شمولية التطبيق، حيث ركزت التجربة التايلاندية على نطاق الإسعاف، بينما يوسع البحث الحالي مجالات أخرى ليشمل المشرفين الميدانيين في التفويج، والنقل، والاستجابة الصحية وغيرها، ومن خلال ذلك نستدل بأن القيمة التطبيقية للنظارة الذكية لا تقتصر على المستجيب الطبي، بل يمكن أن تمتد إلى مختلف الأدوار التشغيلية عندما تدمج بمنصة تحليل وتوجيه.

وفي الولايات المتحدة، فقد قدمت دراسة Ponto et al (٢٠٢٥) برهانًا عمليًا على فاعلية الواقع المعزز في رفع مستوى الوعي المكاني للمستجيبين الأوائل، وتسهيل الملاحة المكانية، وتعزيز التنسيق المشترك، ومشاركة المعلومات، والتعاون بين الفرق في البيئات المعقدة، وتتفق هذه النتيجة مع توجه البحث الحالي حيث إن التوجيه البصري يتجاوز عرض الإشعارات مساهمًا في تعزيز إدراك المشرف للسياق المكاني والتشغيلي، كما تتفق مع دراسة Argo et al (٢٠٢٥) والتي أكدت على واجهات الواقع المعزز يجب أن تراعي قابلة الاستخدام، وبساطة العرض، وعدم التشتيت في البيئات الواقعية، وتدل هذه النتيجة على أن تطبيق النظارات الذكية في الحج والعمرة يجب ألا يتحول إلى عبء معرفي على المشرف، بل يجب أن يعرض له أقل قدر ممكن من المعلومات اللازمة لاتخاذ الإجراء الصحيح. وتبرز الخبرات الأوروبية في مجال الإدراك الموقعي حول ضرورة تخصيص المعلومات بما يتلاءم مع دور المستخدم وسياق عمله، وهو ما يتوافق مع مبدأ أساسي في منظومة التوجيه البصري الذكي، فالأوامر الميدانية لا تبث لجميع المشرفين، بل توجه إلى المشرف المناسب بناءً على معايير معينة، كالقرب المكاني، والاختصاص، والصلاحية، وتؤكد هذه الخبرة أن فاعلية المنظومة لا تقاس بسرعة التنبيهات، بل بدقة توجيه التنبيه إلى المسؤول المعني، ومن ناحية أخرى، تبرهن التطبيقات التدريبية للواقع المعزز في ألمانيا، وأستراليا، وإستونيا على أن توفير التقنية وحده لا يكفي لضمان النجاح في بيئات العمل الحساسة، بل يشترط ذلك وجود تأهيل مسبق يعتمد على محاكاة السيناريوهات المعقدة، وهو ما أكدته دراسات التدريب بالواقع المعزز في سياقات السلامة والطوارئ (Hofmann Polikarpus, ٢٠٢٢; Paes et al., ٢٠٢٤).

ومما سبق، نستنتج بأن الخبرات الدولية تتوافق مع البحث الحالي في دعم مكونات المنظومة، وتختلف في أن معظمها محدود النطاق، فبعضها في الطوارئ الطبية، وبعضها في التدريب، وبعضها في أنظمة المعلومات وغيرها، ويكمن الإسهام الفعلي في البحث الحالي من خلال دمج هذه المكونات ضمن منظومة واحدة مخصصة لبيئة الحج والعمرة، وتدل هذه النتيجة أن الابتكار لا يتمثل في النظارة الذكية وحدها، بل في التكامل بين المنصة، والبيانات، والذكاء الاصطناعي، والواقع المعزز، والمشرف الميداني.

ثالثًا: النموذج المبتكر لمنظومة التوجيه البصري الذكي في الحج والعمرة

أظهرت نتائج البحث أن النموذج المبتكر لمنظومة التوجيه البصري الذكي ينبغي أن يبنى بوصفه منظومة تشغيلية متكاملة، حيث يتكون النموذج من منصة تشغيلية مركزية، وبيانات لحظية متعددة المصادر، ومحرك ذكاء اصطناعي للتحليل والتنبؤ، ونظام تحديد موقع لحظي، ونظارات ذكية للمشرفين الميدانيين، وآلية لتوجيه الأوامر، وتوثيق التنفيذ، وتدل هذه النتيجة على أن القيمة الحقيقية للنموذج تكمن في التكامل بين عناصره؛ والتي تسهم في معالجة الفجوة الجوهرية في التشغيل، وهي ربط البيانات بالقرار ثم ربط القرار بالمشرف الميداني المنفذ.وتوصل البحث إلى أن المنصة المركزية تمثل عقل المنظومة، حيث تستقبل البيانات من أنظمة التفويج، والنقل، وإدارة الحشود، والصحة، والأمن، والمرور، بالإضافة إلى الكاميرات، والحساسات، والبلاغات الميدانية، ومن خلال توظيف الذكاء الاصطناعي تحلل هذه البيانات

وتربط بسياقها التشغيلي، بما يسمح بالتنبؤ بالمخاطر قبل تفاقمها، مثل تأخر الحافلات، أو ارتفاع الكثافة، أو تكرار البلاغات الصحية، أو وجود تكدس في مسار معين، وتتفق هذه النتيجة مع دراسة Gazzawe and Albahar (٢٠٢٤) والتي أكدت على أهمية الذكاء الاصطناعي والتحليلات الفورية في إدارة الازدحام المروري في مكة المكرمة خلال موسم الحج، وتنحصر هذه النتيجة في تحليل النقل، بينما البحث الحالي يدمجه مع التفويج، والصحة والمجالات الأخرى لبيئة الحج والعمرة ضمن نموذج تشغيلي واحد.

كما أظهرت النتائج بأن النظارة الذكية تمثل واجهة التنفيذ الميداني، حيث تعرض للمشرف تنبيهًا بصريًا مختصرًا توضح نوع الحدث، موقعه، المسافة، المسار المقترح، الإجراء المطلوب، ومدة التنفيذ، وتتوافق هذه النتيجة مع دراسة Apiratwarakul et al (٢٠٢٥) والتي أكدت على قدرة النظارات الذكية على تحسين التوجيه المكاني في الحالات الطارئة، وفي بحثنا الحالي تشمل النظارة الذكية التوجيه التشغيلي المتعدد حيث يمكن أن تدعم المشرفين الميدانيين بحسب سياق المهمة والاختصاص.

وتوصل البحث أيضًا إلى أن آلية توجيه الأوامر يجب أن تكون متخصصة للمشرف المناسب، وفقًا لمعايير تعتمد على موقعه الجغرافي، واختصاصه، وصلاحياته، وحالته التشغيلية، وتدل هذه النتيجة على أن نجاح المنظومة يرتبط بدقة التوجيه للمشرف المناسب، مما يعزز من سرعة الاستجابة وجودة التنفيذ، وتتوافق هذه النتيجة مع دراسة Argo et al (٢٠٢٥) والتي أكدت أهمية تصميم واجهات للواقع المعزز تراعي السياق وتقلل العبء المعرفي، كما تتفق مع دراسة Ponto et al (٢٠٢٥) والتي أكدت على دور الواقع المعزز في دعم الوعي الموقعي والتعاون بين الفرق المشتركة.

وتشير النتائج إلى أن التطبيق الميداني الأنسب للمنظومة ينبغي أن يكون تدريجيًا، يبدأ من موقع تشغيلي محدود مثل محطة نقل مزدحمة، أو مسار تفويج عالي الكثافة، أو نقطة بلاغات صحية متكررة، فالتدرج التشغيلي يتيح اختبار زمن وصول التنبيه، وزمن تنفيذ التوجيه، ونسبة الأوامر المنفذة، وانخفاض التكدس، وسرعة الوصول إلى البلاغ الصحي، ورضا المشرفين عن وضوح التوجيهات، وتتفق هذه النتيجة مع دراسات الواقع المعزز في البيئات الحرجة، والتي تؤكد ضرورة اختبار قابلية الاستخدام، وسير العمل قبل التوسع في التطبيق (Argo et al., ٢٠٢٥; Harari et al., ٢٠٢٥).

كما تتفق نتائج هذا المحور مع دراسة Owaidah (٢٠١٥) والتي اقترحت استخدام الواقع المعزز عبر الهاتف المحمول لدعم إدارة حركة الحجاج وتوجيه التائهين، إلا أن البحث الحالي يختلف عنها في كونه ينقل الواقع المعزز من مستوى الإرشاد الفردي عبر الهاتف إلى مستوى التوجيه التشغيلي المؤسسي عبر النظارات الذكية، كما تتفق النتائج مع دراسة Felemban et al (٢٠٢٠) والتي أوضحت تعدد التقنيات المستخدمة في إدارة الحشود لموسم الحج، ولكنها تضيف بعدًا تطبيقيًا يتمثل في دمج هذه التقنيات داخل نموذج واحد، وتتوافق النتائج أيضًا مع دراسة قزاز وآخرون (٢٠٢٤) والتي أشارت إلى قدرة الإمكانات الفنية للنظارات الذكية في إدارة الحشود، إلا أن البحث الحالي يضع النظارة الذكية ضمن منظومة تشغيلية سلسة.

وتدل مناقشة النموذج المقترح على أن منظومة التوجيه البصري الذكي تمثل ابتكارًا تكامليًا لأنها تحول البيانات من مجرد مؤشرات داخل الأنظمة إلى توجيهات بصرية مباشرة تساعد المشرف الميداني على اتخاذ الإجراء الصحيح في الوقت المناسب، كما تعزز المنظومة الانتقال من الاستجابة التفاعلية إلى الاستجابة الاستباقية، ومن الاتصال العام إلى التوجيه المخصص، ومن غرفة العمليات المنفصلة عن الميدان إلى ميدان متصل بالقرار لحظيًا، وبذلك فإن النموذج المقترح لا يستبدل الأنظمة القائمة، بل يعمل كطبقة تكامل، تربط البيانات بالقرار والتنفيذ.

مكونات النموذج:

يتكون النموذج المبتكر من ستة مكونات مترابطة وظيفيًا، تبدأ بمصادر البيانات وتنتهي بالتنفيذ الميداني والتغذية الراجعة، فالمكون الأول يسهم في صناعة القرار حيث يتمثل في مصادر البيانات اللحظية والتي تشمل بيانات التفويج، والنقل، والصحة، والمرور، والأمن، وإدارة الحشود، والكاميرات، والحساسات، بالإضافة إلى البلاغات الميدانية، ومواقع المشرفين، فنجد أن المشكلة التشغيلية لا تنتج عن غياب البيانات بل عن تفرقها بين جهات وأنظمة متعددة، لذلك فإن جمع البيانات من مصادر متنوعة ينسجم مع الاتجاهات الحديثة في إدارة الحشود، والتي تؤكد على أهمية دمج الرصد البصري، والتحليلات المكانية، والبيانات التشغيلية لدعم سلامة الحشود، وكفاءة الحركة (Felemban et al., ٢٠٢٠)، ويتمثل المكون الثاني في منصة التكامل التشغيلية المركزية، حيث تقوم باستقبال البيانات من المصادر المتعددة للجهات بشكل تكاملي، وتنبع أهمية المنصة في القرار الميداني بحيث لا يعتمد على مصدر واحد.

ويتمثل المكون الثالث في محرك الذكاء الاصطناعي والتحليل التنبؤي، حيث يعمل على تحليل البيانات اللحظية، واكتشاف الأنماط التشغيلية، والتنبؤ بالمخاطر، كالتنبؤ بارتفاع الكثافة في مسار معين، أو توقع حدوث تكدس نتيجة تأخر النقل، أو رصد تكرار البلاغات الصحية في موقع محدد، أو اقتراح مسار بديل بناءً على حالة الحركة، وتدعم دراسة Gazzawe and Albahar (٢٠٢٤) أهمية هذا المكون؛ إذ أوضحت أن توظيف الذكاء الاصطناعي والتقنيات الاتصالية المتقدمة، تسهم في تحسين إدارة الازدحام المروري خلال موسم الحج في مكة المكرمة، وذلك من خلال المراقبة اللحظية، واقتراح المسارات البديلة، كما يتمثل المكون الرابع في نظام تحديد الموقع اللحظي، والذي يربط بين المشرفين الميدانيين والبلاغات والمناطق الحرجة بالخريطة التشغيلية للمنصة، وتنبع أهميته في التوجيه الميداني من حيث موقع الحدث، وأقرب مشرف مختص، والمسار المناسب للوصول أو التدخل، ويعتمد هذا المكون على نموذج هجين يجمع ما بين نظام تحديد المواقع، وشبكات الاتصال، ونقاط التعريف المكانية في المحطات والممرات المغطاة، والشبكات المحلية اللاسلكية.

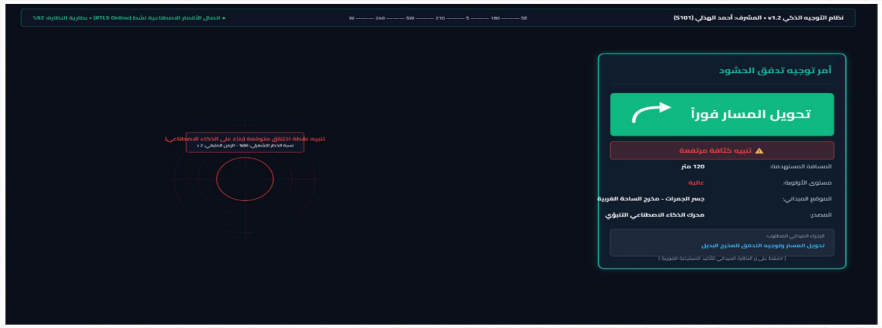
ويتمثل المكون الخامس في النظارات الذكية المدعومة بالواقع المعزز، وهي واجهة التنفيذ الميداني، حيث تقوم النظارة الذكية بعرض تنبيهات بصورة بصرية مختصرة أمام المشرف تتضمن نوع الحدث، الموقع، المسافة، مستوى الأولوية، الإجراء المطلوب، المسار المقترح، ومدة التنفيذ،

وتدعم الدراسات الدولية جدوى هذا المكون؛ فقد بينت دراسة Apiratwarakul et al (٢٠٢٥) أن النظارات الذكية المدعومة بالواقع المعزز حسنت دقة التموضع خلال الأزمات المعقدة، مما يثبت فاعليتها كأداة للتوجيه المكاني المباشر، كما أظهرت دراسة Jiang et al (٢٠٢٥) أن نظارات الواقع المعزز في الفعاليات الجماهيرية الكبرى ساهمت في تقليص أوقات الاستجابة الطبية، مما يدعم إمكانية توظيفها في بيئات عالية الكثافة مثل الحج والعمرة، ويتمثل المكون السادس في آلية توجيه الأوامر، توثيق التنفيذ، فيتم تخصيصها للمشرف المناسب، بناء على عدة معايير كموقعه، واختصاصه، وحالته وغيرها، وتنسجم هذه الآلية مع ما تؤكد عليه دراسات واجهات الواقع المعزز بأهمية تصميمها بعناية لتناسب البيئات شديدة الكثافة (Argo et al., ٢٠٢٥).



شكل (1): واجهة محاكاة مقترحة لغرفة العلميات المركزية في منظومة التوجيه البصري الذكي

المصدر: من إعداد الباحثة



شكل (2): واجهة محاكاة للتوجيه البصري عبر النظارات الذكية للمشرف الميداني

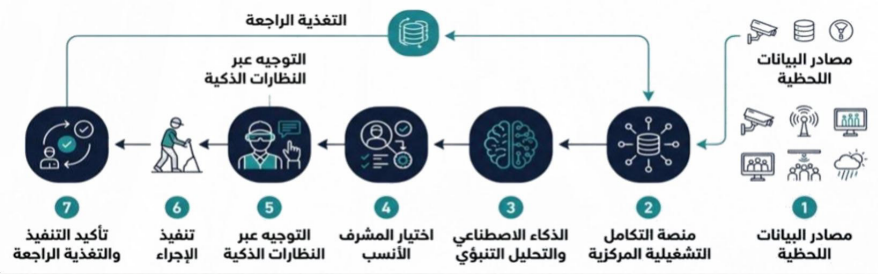
المصدر: من إعداد الباحثة

الجدوى المبدئية وآلية تطبيق النموذج المبتكر:

من حيث الجدوى المبدئية، يعد النموذج المقترح قابلًا للتطبيق من الناحية الفنية؛ نظرًا لتوافر مكوناته الأساسية وقابليتها للدمج، مثل منصات البيانات، وتحليلات الذكاء الاصطناعي، والنظارات الذكية، وتقنيات تحديد الموقع، بطريقة تكاملية من خلال الاستفادة من بيانات الجهات ذات العلاقة وإعادة توظيفها في قرارات ميدانية مباشرة، فالتحدي لا يتمثل في إنتاج البيانات، بل في ربطها وتحويلها إلى توجيهات قابلة للتنفيذ، وتؤكد الخبرات الدولية أن النظارات الذكية والواقع المعزز لم تعودا تقنيات نظرية، بل تم اختبار فعاليتها في الطوارئ الطبية، والفعاليات الكبرى، والأزمات المعقدة (Apiratwarakul et al., ٢٠٢٥; Jiang et al., ٢٠٢٥; Ponto et al., ٢٠٢٥)، وبالرغم من ذلك تبقى الجدوى الفنية متعلقة بتصميم واجهات واضحة لا تزيد العبء المعرفي على المشرف الميداني، خاصة في البيئات عالية الضغط (Argo et al., ٢٠٢٥). ومن الناحية التشغيلية يعد النموذج المبتكر ذا جدوى عالية؛ حيث إنه يعالج فجوة قائمة بين غرفة العمليات والميدان، ففي النماذج التقليدية ترصد البيانات داخل اللوحات التشغيلية، أو يتم نقلها عبر الاتصال الصوتي، إلا أن ذلك لا يضمن دائمًا وصول التوجيه الدقيق إلى المشرف المناسب في الوقت المناسب، ويعالج النموذج هذه الفجوة من خلال تحويل التوجيه إلى رسالة بصرية، ومخصصة للمشرف المناسب في سياق المهمة، مما يسهم في تقليل زمن الفهم والتنفيذ، وتقليل تشتيت الفرق الميدانية، ورفع كفاءة الاستجابة، ويتوافق ذلك مع الدراسات التي تؤكد أن إدارة الحشود في الحج تتطلب حلولًا متكاملة تتعامل مع الكثافة، والتدفق، والتنبؤ، والاتصال باعتبارها وظائف مترابطة (Felemban et al., ٢٠٢٠; Abdoh, ٢٠٢٥).

ومن الناحية الاقتصادية، يمكن النظر إلى الجدوى المبدئية للنموذج المبتكر من خلال موازنة الاستثمار الأولي في المنصة، والنظارات الذكية، والربط التقني، والتدريب، وتقنيات تحديد الموقع، مقابل الوفورات التشغيلية المتوقعة الناتجة عن تقليل زمن الاستجابة، وخفض التكدس، وتحسين توزيع الموارد، وتقليل البلاغات المتكررة، وتسريع التدخل الصحي، ورفع إنتاجية المشرفين، وتؤكد الدراسات والخبرات الدولية بأن التطبيق التدريجي في نطاق محدود قد يقلل المخاطر المالية والتشغيلية، خاصة عند تطبيقه في نقاط حرجة، كما يدعم هذا التوجه ما تؤكده دراسات الواقع المعزز على أهمية اختبار قابلية الاستخدام والتكامل مع سير العمل قبل التوسع في التطبيق (Argo et al., ٢٠٢٥; Harari et al., ٢٠٢٥).

وتبدأ آلية تطبيق النموذج المبتكر بتحديد نطاق تجريبي ذي أولوية تشغيلية عالية، ثم تحدد الجهات المشاركة، والبيانات المطلوبة من كل جهة، بعد ذلك تبنى واجهات ربط آمنة بين المنصة وأنظمة الجهات، مع تحديد صلاحيات الوصول، وآليات مشاركة البيانات، ثم تجهز النظارات الذكية، وتربط بحسابات المشرفين ونطاقاتهم التشغيلية، بحيث تتمكن المنظومة من معرفة المشرف المناوب، وموقعه، واختصاصه، وصلاحيته، وحالة مهمته، كما يتطلب التطبيق تدريب المشرفين على قراءة التنبيهات، وتأكيد التنفيذ، ورفع البلاغات، والتعامل مع سيناريوهات الطوارئ.



شكل (3): دورة عمل منظومة التوجيه البصري الذكي من الرصد إلى التنفيذ

المصدر: من إعداد الباحثة

ويتمثل الدور المحوري للنموذج المبتكر في ربط البيانات بالقرار الميداني المباشر، وتحويل الاستجابة من نمط تفاعلي يعالج المشكلة بعد وقوعها إلى نمط استباقي يتعامل مع المؤشرات المبكرة قبل تفاقمها، وتبرز أهمية هذا الدور في بيئة الحج والعمرة لكونها سريعة التغيرات الميدانية، فتأخر القرار قد يؤدي إلى تكدس أو تأخر في تقديم الخدمات أو ضغط تشغيلي، وبالتالي فإن النموذج يضيف قيمة تشغيلية من خلال جعل القرار واضحًا، ومخصصًا، ومرئيًا، وموثقًا، وقابلًا للقياس، وتتوقع الدراسة أن يسهم تطبيقه في تقليل زمن الاستجابة، وتحسين التنسيق بين الجهات، ورفع كفاءة التفويج والنقل والاستجابة الصحية، وتقليل تشتيت المشرفين، وتحسين جودة تجربة ضيوف الرحمن، بما يتفق مع الأدبيات التي تشير إلى دور الذكاء الاصطناعي في دعم إدارة الازدحام (Gazzawe and Albahar, ٢٠٢٤)، ودور النظارات الذكية في التوجيه المكاني والاستجابة السريعة في السيناريوهات الحرجة (Apiratwarakul et al., ٢٠٢٥)، ودور الواقع المعزز في تعزيز الوعي الموقعي والكفاءة التشغيلية في بيئات الاستجابة المعقدة (Ponto et al., ٢٠٢٥).



شكل (4): مؤشرات افتراضية لمحاكاة قياس أثر منظومة التوجيه البصري الذكي

المصدر: من إعداد الباحثة

وفي ضوء ما سبق، يمكن القول إن النموذج المبتكر لمنظومة التوجيه البصري الذكي يعد إضافة علمية وتطبيقية لأنه لا يكتفي باستدعاء تقنيات حديثة، بل يعيد تنظيم العلاقة بينهما داخل إطار تشغيلي واحد، فالدراسات السابقة تناولت إدارة الحشود، والذكاء الاصطناعي، والواقع المعزز، والنظارات الذكية بوصفها مجالات منفصلة، بينما يقدم النموذج الحالي تكاملًا بينها في بيئة محددة ذات خصوصية عالية في الحج والعمرة، وتكمن أهميته في أنه ينقل التقنية من مستوى الرصد أو العرض إلى مستوى التوجيه والتنفيذ، ويجعل المشرف الميداني جزءًا من دورة البيانات، ومن ثم فإن القيمة الأكاديمية للنموذج تتمثل في سد فجوة معرفية بين الدراسات التقنية والدراسات التشغيلية، بينما تتمثل قيمته التطبيقية في تقديم تصور قابل للتجربة والقياس والتطوير في خدمة ضيوف الرحمن.

النتائج:

ومما سبق، يستعرض هذا الجزء ملخصًا لنتائج البحث على النحو الآتي:

- أظهرت نتائج البحث التحليلية بأن التحدي الرئيس في بيئة الحج والعمرة لا يتمثل في نقص البيانات أو غياب التقنيات، بل في وجود فجوة تشغيلية بين البيانات اللحظية المتاحة داخل غرف العمليات والأنظمة المختلفة، وبين قدرة المنظومة على تحويل هذه البيانات إلى توجيهات ميدانية مباشرة تصل إلى المشرف المناسب في الوقت المناسب.

- بينت نتائج البحث أن تعدد الجهات العاملة في خدمة ضيوف الرحمن، مثل التفويج، والنقل، والصحة، والأمن، والمرور، يؤدي إلى تشتت البيانات وتعدد مصادرها، مما يتطلب منصة تشغيلية مركزية قادرة على دمج البيانات وتحليلها وتحويلها إلى قرارات ميدانية موحدة.

- أظهرت النتائج أن الذكاء الاصطناعي يمثل عنصرًا محوريًا في المنظومة المقترحة، من خلال تحليل البيانات اللحظية، واكتشاف الأنماط التشغيلية، والتنبؤ بالمخاطر قبل تفاقمها، مثل ارتفاع الكثافة، أو تأخر النقل، أو تكرار البلاغات الصحية.

- بينت نتائج البحث أن النظارات الذكية المدعومة بالواقع المعزز يمكن أن تمثل واجهة تنفيذ ميدانية فعالة، حيث تعرض للمشرف الميداني توجيهات بصرية مختصرة تشمل نوع الحدث، وموقعه، والمسافة، ومستوى الأولوية، والمسار المقترح، والإجراء المطلوب.

- أظهرت نتائج البحث إلى أن النموذج المبتكر يسهم في الانتقال من الاستجابة التفاعلية التي تعالج المشكلة بعد وقوعها إلى الاستجابة الاستباقية التي تتعامل مع المؤشرات التنبؤية قبل تفاقمها ميدانيًا.

- أظهرت نتائج البحث أن النموذج المبتكر يمكن أن يسهم في تقليل زمن الاستجابة، وتحسين التنسيق بين الجهات، ورفع كفاءة التفويج والنقل والاستجابة الصحية، وتحسين جودة تجربة ضيوف الرحمن.

٤. الخلاصة

خلص البحث إلى أن منظومة التوجيه البصري الذكي تمثل ابتكارًا تكامليًا قابلًا للتطبيق والتطوير في بيئة الحج والعمرة، كونها تقدم نموذجًا تشغيليًا يربط البيانات اللحظية بالتحليل ثم بالتوجيه الميداني المباشر، وتتمثل القيمة العلمية للنموذج في سد الفجوة بين وفرة البيانات التشغيلية، وبين الحاجة إلى قرار ميداني سريع ومخصص وقابل للتنفيذ، بينما تتمثل قيمته التطبيقية في دعم الاستجابة الاستباقية، ورفع كفاءة التشغيل في خدمة ضيوف الرحمن، كما يبرز البحث أن نجاح المنظومة يتطلب التكامل بين التقنية والحوكمة والتدريب، وتصميم واجهات استخدام مبسطة، بحيث لا تتحول التقنية إلى عبء إضافي على المشرف الميداني، بل تصبح أداة داعمة لاتخاذ الإجراء الصحيح في الوقت المناسب، وبذلك يمكن النظر إلى النموذج المقترح بوصفه إطارًا تطبيقيًا واعدًا لتحويل البيانات اللحظية إلى قيمة تشغيلية ملموسة، تسهم في تعزيز تجربة ضيوف الرحمن، وتحسين جودة الخدمة، ورفع مستوى التنسيق بين الجهات العاملة في منظومة الحج والعمرة.

٥. التوصيات

في ضوء النتائج التي تم التوصل إليها يوصي البحث بما يلي:

- تبني تطبيق منظومة التوجيه البصري الذكي بوصفها نموذجًا ابتكاريًا تكامليًا يربط البيانات اللحظية بالقرار الميداني المباشر في خدمة ضيوف الرحمن.

- البدء بتطبيق تجريبي محدود للمنظومة في موقع تشغيلي ذي أولوية عالية، مثل محطات النقل، أو مسارات التفويج عالية الكثافة، أو نقاط البلاغات الصحية المتكررة وذلك قبل التوسع في التطبيق.

- إنشاء منصة تشغيلية مركزية قادرة على استقبال البيانات من الجهات ذات العلاقة، مثل التفويج، والنقل، والصحة، والأمن، والمرور، ودمجها في واجهة موحدة توضح الحالة الميدانية لحظيًا وتدعم اتخاذ القرار.

- ربط المنظومة بمؤشرات أداء واضحة، مثل زمن الاستجابة، ونسبة تنفيذ التوجيهات، وزمن إغلاق البلاغ، وانخفاض التكدس، وسرعة الوصول إلى البلاغات الصحية، ورضا المشرفين عن وضوح التوجيهات.

- وضع ضوابط لحوكمة البيانات وصلاحيات الوصول وتبادل المعلومات بين الجهات، بما يضمن أمن البيانات، ووضوح المسؤوليات، وسلامة الاستخدام التشغيلي للمنظومة.

المراجع

- الهيئة العامة للإحصاء، ٢٠٢٦م، نشرة إحصاءات الحج ٢٠٢٦م، الهيئة العامة للإحصاء، متاح على: https://www.stats.gov.sa/

- طيبة، حسن عبدالقادر، ٢٠٢٥م، أثر استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي على إدارة الحشود: دراسة ميدانية على موظفي الإدارة العامة للحشود بالمسجد الحرام، مجلة العلوم الاقتصادية والإدارية والقانونية، المجلد ٩، العدد ١٠، ص ص. ٧٣-٩١.

- قزاز، عثمان بن بكر، ومجاهد، إيهاب حمدي جمعة، وعوض، أمينة رزق، ٢٠٢٤م، الإمكانات الفنية لاستخدام النظارات الذكية في نقل الحشود بطريقة استراتيجية مبتكرة: دراسة ميدانية استطلاعية، المجلة الدولية لبحوث الإعلام والاتصالات، المجلد ٤، العدد ١٥، ص ص. ٤١٣-٥٢٠.

- Abdoh, E.S., 2025, Utilizing information technology to address challenges in Hajj and Umrah: A narrative review, Journal of Information Studies & Technology, vol. 2025, no. 2, article 12.

- Alafif, T., Hadi, A., Allahyani, M., Alzahrani, B., Alhothali, A., Alotaibi, R. and Barnawi, A., 2022, Hybrid classifiers for spatio-temporal real-time abnormal behaviors detection, tracking, and recognition in massive Hajj crowds, arXiv preprint, arXiv:2207.11331. Available at: https://doi.org/10.48550/arXiv.2207.11331

- Apiratwarakul, K., Khemtong, S., Cheung, L.W., Pearkao, C. and Ienghong, K., 2025, Enhancing emergency medical services with smart glasses technology for optimal ambulance positioning in simulated critical patient care scenarios, Journal of Multidisciplinary Healthcare, vol. 18, pp. 4309-4316.

- Argo, E., Ahmed, T., Gable, S., Hampton, C., Grandi, J. and Kopper, R., 2025, Augmented reality user interfaces for first responders: A scoping literature review, arXiv preprint, arXiv:2506.09236.

- Felemban, E., Rehman, F.U., Bijabani, S.A.A. and Ahmad, A., 2020, Digital revolution for Hajj crowd management: A technology survey, IEEE Access, vol. 8, pp. 208583-208609. Available at: https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3037396

- Gazzawe, F. and Albahar, M., 2024, Reducing traffic congestion in Makkah during Hajj through the use of AI technology, Heliyon, vol. 10, no. 1, article e23304. Available at: https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e23304

- Harari, R.E., Schulwolf, S.L., Borges, P., Salmani, H., Hosseini, F., Bailey, S.K. and Eyre, A., 2025, Applications of augmented reality for prehospital emergency care: Systematic review of randomized controlled trials, JMIR XR and Spatial Computing (JMXR), vol. 2,

article e66222.

- Hofmann, J. and Polikarpus, S., 2022, Application of augmented reality in firefighters training: From Safe to SafAR, GI VR/AR Workshop 2022, Gesellschaft für Informatik e.V.

- Jiang, X., Xia, B., Ansari, M.M., Jiang, H., Qi, J., Zhang, Z., Dai, S., Zheng, P., He, Y., Liu, N., Chen, P., Luo, R., Qin, X., Miao, Y., Dai, J., Zhou, X., Wang, C., Chen, H., Xu, W. and Hong, Y., 2025, Evaluating the effectiveness of smart glasses in reducing patient care time in emergency departments: Cohort study from the Hangzhou Asian Games, JMIR Formative Research, vol. 9, no. 1, article e65617.

- Khan, S.D., Tayyab, M., Amin, M.K., Nour, A., Basalamah, A., Basalamah, S. and Khan, S.A.K., 2017, Towards a crowd analytic framework for crowd management in Masjid Al-Haram, arXiv preprint, arXiv:1709.05952. Available at: https://doi.org/10.48550/arXiv.1709.05952

- Owaidah, A.A., 2015, Hajj crowd management via a mobile augmented reality application: A case of the Hajj event, Saudi Arabia, MSc(R) thesis, University of Glasgow. Available at: http://theses.gla.ac.uk/6330/

- Paes, D., Feng, Z., King, M., Shad, H.K., Sasikumar, P., Pujoni, D. and Lovreglio, R., 2024, Optical see-through augmented reality fire safety training for building occupants, Automation in Construction, vol. 162, article 105371. Available at: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2024.105371

- Ponto, K., Hartung, L., Zhao, Y., Sprecher, B., Tredinnick, R. and Banerjee, S., 2025, EasyVizAR: Supporting first responders through the use of collaborative augmented reality tools, Applied Sciences, vol. 15, no. 21, article 11498.

- Shah, A.A., 2025, A machine learning model for crowd density classification in Hajj video frames, arXiv preprint, arXiv:2501.04911. Available at: https://doi.org/10.48550/arXiv.2501.04911

- Tian, Y., Shen, Z., Zhao, Y., Zhou, T., Li, Q., Zhang, M. and Li, J., 2024, Design of an emergency medical information system for mass gatherings, Heliyon, vol. 10, no. 20, article e39061. Available at: https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e39061

SacredGeoKB: قاعدة معرفية جغرافية دلالية للحج والعمرة

غدير رضا كردي -قسم علم البيانات، كلية الحاسبات، جامعة أم القرى

SacredGeoKB: A Semantic Geospatial Knowledge Base for Hajj and Umrah

Ghader Reda Kurdi - Department of Data Science, College of Computing, Umm Al-Qura University

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

الملخص

شهدت منظومة الحج والعمرة، في ظل التحول الرقمي، نموًا ملحوظًا في حجم وتنوع البيانات. تُدار هذه البيانات من قِبل جهات متعددة باستخدام نماذج وصيغ تمثيل متباينة، مما يخلق تحديات متعلقة بربط البيانات وتوحيد فهمها، ويُعيق تطوير التطبيقات الذكية القائمة على التكامل بين مصادر البيانات المختلفة. تقدم هذه الورقة البحثية «SacredGeoKB»؛ وهي قاعدة معرفية جغرافية ودلالية، تدمج التمثيل الأنطولوجي مع المعلومات الجغرافية المكانية، لنمذجة المعرفة في مجال الحج والعمرة. تربط القاعدة المعرفية الأماكن المقدسة بشعائر الحج، ومراحل الرحلة، والقيود الزمنية، والسياق التاريخي والديني، والخدمات التشغيلية، من خلال إطار دلالي موحد. تم بناء القاعدة المعرفية عبر مراحل تضمنت تحليل المتطلبات، وبناء النموذج الدلالي، والنمذجة الجغرافية، والتنفيذ، والتقييم.

كما تم جمع البيانات من مصادر دينية وحكومية موثوقة، وتعزيزها ببيانات مكانية بصيغة GeoJSONb . تتكون القاعدة المعرفية بنسختها الحالية من 149 مفهومًا، و620 علاقة دلالية، و55 كيانًا جغرافيًا مكانيًا. ويُظهر التقييم القائم على تحليل التغطية، والأسئلة المعيارية (Competency Questions)، ومبادئ FAIR، أن SacredGeoKB تفوقت على أنطولوجيات الحج والعمرة القائمة، وذلك عبر تقديم تغطية أكثر شمولًا، وتمثيل جغرافي مكاني، ودعم للاستدلالين الدلالي والمكاني. كما تُمثل SacredGeoKB موردًا قابلًا لإعادة الاستخدام، مما يدعم تطوير التطبيقات والخدمات الذكية في مجال الحج والعمرة.

الكلمات المفتاحية: الحج والعمرة، البيانات الجغرافية المكانية، قاعدة معرفية، الأنطولوجيا، الويب الدلالي، قابلية التشغيل البيني.

Abstract

The digital transformation of Hajj and Umrah services has led to the emergence of large volumes of heterogeneous data. These data are maintained by different organizations using incompatible models and representations, limiting semantic interoperability and hindering the development of intelligent applications. This paper presents SacredGeoKB, a geospatial semantic knowledge base that integrates formal ontology representations with geospatial information in the Hajj and Umrah domain. SacredGeoKB links sacred places with pilgrimage rituals, journey stages, temporal constraints, historical and religious context, and operational services through a unified semantic framework. The knowledge base was constructed through a multi-stage process involving requirements analysis, ontology conceptualization, geospatial semantic modeling, implementation, and evaluation. Knowledge was acquired from authoritative religious and governmental sources and enriched with GeoJSON-based spatial data. The resulting knowledge base comprises ١٤٩ ontology concepts, ٦٢٠ semantic relationships, and ٥٥ geospatial entities. Evaluation based on coverage analysis, competency questions, and FAIR principles demonstrates that SacredGeoKB extends existing Hajj and Umrah ontologies by providing broader coverage, geospatial representations, and support for semantic and spatial reasoning. The public release of SacredGeoKB provides a reusable resource for intelligent Hajj and Umrah technologies

Keywords: Hajj and Umrah, Geospatial Data, Knowledge Base, Ontology, Semantic Web, Interoperability

1. Introduction

The digital transformation of Hajj and Umrah services has accelerated significantly in recent years, driven by Saudi Vision 2030 and the continuous efforts to enhance the experience of pilgrims while improving operational efficiency. Numerous digital platforms and intelligent applications have been developed to support crowd management, navigation, transportation, health services, and religious guidance (Osman and Shaout 2014; Showail, 2022; Binsawad and Albahar, 2022). Consequently, large volumes of heterogeneous data are generated by multiple organizations involved in serving pilgrims. These include geospatial data describing sacred places and service locations; operational data supporting crowd management, transportation, and service delivery; and pilgrimage knowledge describing rituals, journey stages, historical significance, and other domain-specific concepts.

While the availability of these diverse data sources presents significant opportunities for improving digital services and operational decision-making, it also introduces substantial challenges. Data are typically maintained by different organizations using heterogeneous data models, terminologies, and representations, making it difficult to integrate, manage, and exchange data effectively across organizational boundaries.

Moreover, such heterogeneity limits semantic interoperability and reduces the effectiveness of intelligent applications that rely on a comprehensive understanding of the Hajj and Umrah domain. For example, information related to a ritual location may be distributed across multiple systems: a geospatial database stores its boundaries and coordinates, transportation systems maintain nearby transport services and road accessibility, crowd management platforms provide real-time density information, while religious knowledge repositories describe the rituals, conditions, and guidance associated with that location. Consequently, applications cannot readily infer that these heterogeneous records describe the same real-world entity, limiting their ability to perform semantic reasoning, integrate knowledge across sources, and generate coherent context-aware recommendations.

Addressing these challenges requires a shared semantic representation that establishes a common understanding of the concepts, relationships, and constraints within the Hajj and Umrah domain. Ontologies provide such a foundation by enabling semantic interoperability, integrating heterogeneous knowledge sources, and supporting machine-interpretable knowledge representation and reasoning. Despite these advantages, relatively little research has focused on developing comprehensive ontologies for the Hajj and Umrah domain (Aman et al., 2017). Existing efforts are generally limited in scope, often modeling only specific aspects of the Hajj and Umrah domain and providing limited support for geospatial representations.

This limitation is particularly significant because the Hajj and Umrah are inherently spatio-temporal journeys: the meaning and validity of many rituals depend on where and when they are performed. Consequently, integrating geospatial information with domain knowledge is essential for enabling semantic reasoning, intelligent guidance, and context-aware Hajj and Umrah applications. In addition, existing ontologies exhibit several modeling limitations which may affect semantic clarity, interoperability, and reuse. Their practical value is further constrained by the fact that most of these ontologies are not publicly available, limiting their accessibility, independent evaluation, and adoption by researchers and organizations.

This paper proposes the Sacred Geospatial Knowledge Base for Hajj and Umrah (SacredGeoKB), a semantic framework that integrates geospatial information with formal ontological representations of the Hajj and Umrah domain. By enriching conventional geospatial data with machine-interpretable knowledge, SacredGeoKB links spatial entities to the rituals performed at each location, the corresponding stages of the pilgrimage journey, their historical and religious significance, and additional domain knowledge, including temporal constraints, ritual prerequisites, operational facilities and services, and semantic relationships among sacred locations.

This unified knowledge representation is intended to serve as a shared digital infrastructure that supports data governance, interoperability and information exchange among organizations involved in Hajj and Umrah services. Furthermore, it provides a foundation for semantic reasoning and facilitates the development of intelligent, context-aware applications and decision-support systems. Accordingly, the main contribution of this work is the development and public release of SacredGeoKB, providing researchers, developers, and organizations with a comprehensive semantic and geospatial resource for building interoperable and intelligent Hajj and Umrah applications. SacredGeoKB is available through: https://github.com/ghadairesearch/SacredGeoKB.

2. Methodology

This section describes the methodology adopted to develop SacredGeoKB. The development process follows a systematic ontology engineering approach comprising five phases: (i) requirements analysis and knowledge acquisition, (ii) ontology conceptualization, (iii) geospatial semantic modeling, (iv) ontology implementation and knowledge base construction, and (v) validation and evaluation. Each phase is described in detail in the following subsections.

2.1 Requirements Analysis and Knowledge Acquisition

The first phase focused on identifying the requirements and acquiring the domain knowledge required to construct SacredGeoKB. Knowledge was collected from multiple authoritative sources, including the official websites of the Ministry of Hajj and Umrah, Imam Abdulaziz Ibn Baz, the Heritage Commission, Visit Saudi, and Almadinah. In addition, the knowledge acquisition process was supported through consultations with two domain experts, a Professor and an Associate Professor from the College of Sharia and Islamic Studies at Umm Al-Qura University, to validate the acquired knowledge and provide clarification where needed.

Geospatial data describing sacred locations were collected primarily from OpenStreetMap. Locations were identified by searching for their names in OpenStreetMap, after which the corresponding OpenStreetMap identifiers were used to query Overpass Turbo and export the associated geospatial features in GeoJSON format. In addition, publicly available maps in Google My Maps were used for locations with predefined spatial boundaries, such as the Haram boundary map. This source was identified based on the recommendation of a former Director of the Geographic Information Center at the Holy Makkah Municipality, who was familiar with authoritative geospatial resources for the region.

To guide the development of SacredGeoKB, a set of representative application scenarios and competency questions was defined (Table 1). These examples capture the types of information needs and reasoning tasks that the knowledge base is expected to support, ensuring that the knowledge base satisfies the requirements of intelligent Hajj and Umrah applications.

Table 1. Representative application scenarios and competency questions used to guide the development of SacredGeoK.

Application	Example Query / Scenario
Ritual and Journey Guidance	- Which rituals are performed at a given sacred location? - Which locations are associated with a given ritual? - What rituals should I perform on a given date (e.g. 9th of Dhu al-Hijjah)? - At which stage of Hajj or Umrah is this location typically visited? - Which sacred places belong to a specific pilgrimage stage? - Which rituals must be performed before or after a given ritual? - What is the next pilgrimage stage after completing the current ritual? - What rituals are obligatory, recommended, or prohibited at the current stage of the pilgrimage?
Context-Aware Assistance	- Given the user's current GPS coordinates, which sacred place contains the user? - What sacred sites are nearby?
Intelligent Decision Support and Reasoning	- Is the pilgrim allowed to perform a given ritual at the current stage? - Can I move from Arafah to Muzdalifah before sunset?
Location-Based Services	- Which sacred locations are located within a given geographic region (e.g. Arafah or Madina)? - Which service facilities are available within or near a sacred location?
Historical and Religious Enrichment	- What is the religious significance of a sacred/historical location (e.g. Jabal al-Rahmah)? - Which events or figures are associated with a given sacred/historical location?

2.2 Ontology Conceptualization

The conceptual model of SacredGeoKB was developed by identifying the principal concepts, properties, and semantic relationships within the Hajj and Umrah domain. The ontology captures multiple complementary dimensions of pilgrimage knowledge, including:

- Sacred locations, such as Al-Masjid al-Haram, Mina, Arafah, Muzdalifah, and Jamarat.

- Historical landmarks associated with Islamic history, such as Mount Uhud and other sites linked to significant events and figures.

- Rituals and acts of worship, including Hajj and Umrah rituals and their associated jurisprudential rulings and prerequisites.

- Pilgrimage stages and temporal information, representing the stages of the pilgrimage journey as well as significant dates and times.

- Geospatial information, including spatial representations, geographic boundaries, and topological relationships.

- Facilities and services, such as transportation, and other pilgrim services.

- Historical and religious context, including the significance of sacred sites and related

religious knowledge.

- Spatial and semantic relationships, linking locations, rituals, services, and other domain concepts.

Hierarchical "is-a" relations were used to organize domain concepts, while object and data properties were specified to represent semantic relationships among them. Examples include relationships describing where rituals are performed, the sequence of pilgrimage stages, containment relationships between sacred locations, and associations with historical or religious significance. Domain constraints and logical axioms were also incorporated to support semantic consistency and automated reasoning.

2.3 Geospatial Semantic Modeling

The geospatial component of SacredGeoKB is maintained separately from the ontology to preserve detailed spatial representations while keeping the ontology lightweight and suitable for semantic reasoning. Spatial data are represented as GeoJSON features, where each feature corresponds to a sacred location, facility, or service and is assigned a unique identifier shared with its corresponding ontology entity. Each GeoJSON feature contains the geometric representation of the entity, including a point location or polygon boundary, together with essential spatial metadata such as the feature type and data source.

The shared identifier establishes a semantic link between the geospatial dataset and the ontology, enabling spatial entities to be enriched with semantic knowledge without embedding complex geometries directly in the ontology. Through this linkage, each spatial entity is associated with rich semantic descriptions stored in the ontology, including pilgrimage rituals performed at each location, the corresponding journey stages, historical and religious significance, and other contextual knowledge. Consequently, geographic features are represented not merely as coordinates or polygons but as semantically enriched entities that support both geospatial analysis and ontology-based reasoning.

2.4 Ontology Implementation and Knowledge Base Construction

SacredGeoKB was implemented using OWL 2, providing a formal and standards representation of Hajj and Umrah knowledge that supports semantic interoperability and automated reasoning. Ontology development was carried out in Antigravity IDE using the Codex AI plugin as an ontology engineering assistant. The researcher described the desired ontology structure, relationships, and constraints in natural language, and Codex generated corresponding ontology definitions that were iteratively refined through expert review. Several prompts were used, such as: "You are an ontology engineering assistant. Create an OWL 2 representation for the following Hajj and Umrah knowledge. Define the necessary classes, object properties, datatype properties, individuals (if specified), domains, ranges, inverse properties where appropriate, and cardinality restrictions. Ensure semantic consistency, avoid duplicate concepts, use meaningful annotations (rdfs:label, rdfs:comment), and generate ontology elements compatible with Protégé and standard OWL reasoners. Base the ontology only on the information provided below". The generated ontology was subsequently imported into Protégé for validation. The validation process included checking the correctness of class hierarchies, object property domains and ranges, and the identification of duplicate concepts and modeling inconsistencies. Automated reasoning was then performed using Protégé's built-in reasoners to verify the logical consistency of the ontology.

2.5 Validation and Evaluation

The proposed SacredGeoKB was validated and evaluated from three complementary perspectives to assess its ability to represent the Hajj and Umrah domain, support interoperability and data reuse, and satisfy the information requirements of intelligent applications. Specifically, the evaluation considers (i) domain coverage and semantic richness in comparison with existing Hajj and Umrah ontologies, (ii) compliance with the FAIR principles for interoperable and reusable digital assets, and (iii) the extent to which the ontology relations and geospatial operations support representative competency questions.

2.5.1 Coverage and Semantic Richness Evaluation: To assess the comprehensiveness of the proposed knowledge base, its domain coverage and semantic richness were compared with existing Hajj and Umrah ontologies reported in the literature (Sharef et al. 2013; Youssef and Othman, 2023; Ismail et al., 2026). The comparison is based on commonly reported ontology metrics, including the number of concepts, properties, and logical axioms, together with the presence of geospatial and contextual knowledge. In addition, observations regarding ontology design choices, such as concept naming and subclass–superclass relations, were reported to highlight potential modeling limitations and differences in semantic representation.

2.5.2 FAIR-based Evaluation: To assess SacredGeoKB from a data governance perspective, the knowledge base was evaluated against the FAIR (Findable, Accessible, Interoperable, and Reusable) data principles (Wilkinson et al, 2016). The evaluation examines the extent

to which the proposed infrastructure aligns with FAIR recommendations for enabling interoperable and reusable digital assets. Table 2 summarizes the evaluation criteria adopted for each FAIR principle.

Table 2. FAIR-based evaluation criteria adopted for assessing SacredGeoKB.

FAIR Principle	Evaluation Criterion
Findable	- Unique identifiers - Multilingual labels - Descriptive metadata
Accessible	- Public availability - Public documentation
Interoperable	- Standard machine-readable formats - Integration with external resources
Reusable	- Provenance and source attribution - Extensibility and reuse

2.5.3 Competency Question Analysis:

To evaluate the ability of SacredGeoKB to represent and reason over the Hajj and Umrah domain, a set of competency questions was developed (Table 1). Competency questions define the types of queries that the knowledge base should be able to answer and are widely adopted as a standard evaluation approach.

3. Results and Discussion

3.1 Coverage and Semantic Richness Evaluation

SacredGeoKB contains 149 concepts connected through 620 semantic relationships, providing a rich semantic representation of pilgrimage entities and their interconnections. In addition, SacredGeoKB incorporates 55 geospatial entities, including 26 polygon-based regions (e.g., Mina, Arafat, Muzdalifah, Mataf, and the Kaaba) and 29 point-landmarks (e.g., gates, historical and service facilities).

Table 3 compares the coverage of SacredGeoKB with existing Hajj and Umrah ontologies. Overall, the comparison highlights that SacredGeoKB advances existing Hajj and Umrah ontologies in three complementary dimensions: domain coverage, semantic richness, and geospatial integration. In addition to modeling pilgrimage concepts and rituals, SacredGeoKB incorporates temporal information, jurisprudential knowledge, historical landmarks, facilities and services, and explicit

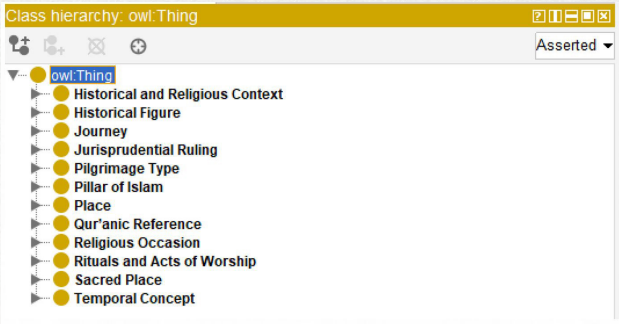


Figure 1. Top-level class hierarchy of the SacredGeoKB ontology in Protégé.

spatial representations (Figure 1). By contrast, existing ontologies generally provide limited coverage of the domain. For example, the ontology developed by Sharef et al. (2013) focuses primarily on Umrah and therefore covers only a subset of Hajj-related concepts; its representation of sacred locations is restricted to the Miqats, while the coverage of rituals and acts of worship is limited to Umrah-specific practices. Similarly, the ontology proposed by Ismail et al. (2026) reports only 17 main concepts without providing additional coverage metrics, while the Protégé screenshots suggest that several concepts, such as Hajj_Rukn and Rituals, are represented at a relatively coarse level.

Table 3. Evaluation of SacredGeoKB coverage against existing Hajj and Umrah ontologies.

Knowledge Dimension	Youssef and Othman (2023)	Ismail et al. (2026)	Sharef et al. (2013)	SacredGeoKB
Sacred places		✓	Limited	✓ (16 concepts)
Rituals and acts of worship	Limited	Limited	Limited	✓ (22 concepts)
Pilgrimage types	✓	✓		✓ (3 concepts)
Jurisprudential Ruling	Limited	Limited	Limited	✓ (6 concepts)
Qur'anic references		✓		✓ (20 concepts)
Temporal information		✓	Limited	✓ (12 concepts)
Historical landmarks				✓ (28 concepts)
Historical figures				✓ (11 concepts)
Historical and religious context				✓ (9 concepts)
Facilities and services				✓ (22 concepts)
Geospatial coordinates				✓ (55 concepts)[1]
Number of concepts	39	About 41[2]	7	149

1 These concepts are already included under broader categories such as Sacred Places and Historical Places. Therefore, they are not counted separately to avoid double counting.

2 The authors report 17 main concepts, whereas the Protégé screenshot shows 41 concepts, some of which can be further expanded.

Another limitation concerns the limited richness of semantic relations in the reviewed ontologies. In several cases, semantic representation relies heavily on subclass hierarchies, providing only limited support for modeling the diverse relationships that exist within the Hajj and Umrah domain. For example, the ontology proposed by Youssef and Othman (2023) defines only four object properties (Table 4), which primarily describe specific associations between concepts. In contrast, SacredGeoKB incorporates fourteen object properties that capture multiple dimensions of pilgrimage knowledge, including ritual performance (hostsRitual, performedAt, and performedOnDate), pilgrimage stages (visitedDuringStage, hostsStage, and performedDuringStage), temporal sequencing (precedes and follows), jurisprudential knowledge (hasRuling and hasTemporalConstraint), spatial relationships (locatedWithin), and historical and religious context (hasReligiousSignificance, associatedWithEvent, and associatedWithFigure). Collectively, these relations provide a richer semantic structure that more accurately represents the Hajj and Umrah domain Beyond the differences in domain coverage, the comparison revealed several common limitations shared by the reviewed ontologies. In particular, none of the existing ontologies are publicly available, restricting their accessibility, independent evaluation, and reuse. Moreover, the associated publications frequently provide limited implementation details, making it difficult to assess the completeness of the proposed models or reproduce their semantic structures. For instance, some studies report only a subset of ontology concepts and provide little or no information about the semantic relationships underlying the ontology. To address these limitations, SacredGeoKB has been publicly released, thereby supporting transparency, reproducibility, and reuse by researchers and organizations.

Table 4. Comparison of object and data properties across Hajj and Umrah ontologies.

Reference	Object Properties	Data Properties
Youssef and Othman (2023)	4 object properties (What he recommended, who resides outside Mecca, a resident of Mecca, and it is required to be)	
Ismail et al. (2026)	8 object properties (hasDefinition, hasStep, hasRules, hasRukn, hasPlace, hasTime, hasPerform, hasRestriction)	2 data properties (hasAyah, hasMention)
Sharef et al. (2013)	9 object properties (hasDefinition, performedBy, performedWhen, hasRituals, peakTimes, hasTypes, hasMethod, validityIs, hasDistance)	
SacredGeoKB	14 object properties (hostsRitual, performedAt, performedOnDate, visitedDuringStage, hostsStage, precedes, follows, performedDuringStage, hasRuling, hasTemporalConstraint, locatedWithin, hasReligiousSignificance, associatedWithEvent, and associatedWithFigure)	

A closer examination reveals several modeling limitations related to ontology engineering decisions. The ontology developed by Youssef and Othman (2023) exhibits several modeling limitations related to subclass–superclass relationships. In particular, the ontology appears to use the subClassOf relation to represent conditions, components, duties, and associations, even when these concepts do not correspond to true taxonomic "is-a" specializations. For example, the upper-level concept Hajj Rituals is divided into four main concepts: Hajj Sections, Hajj Commandment, Requirements of the Necessity of the Pilgrimage of Islam, and In the Prosecution. Hajj Sections captures categories of pilgrimage, Requirements of the Necessity of the Pilgrimage of Islam describes eligibility conditions, Hajj Commandment represents religious obligations, and In the Prosecution concerns proxy pilgrimage, none of which correspond to rituals in the strict sense. Furthermore, although ritual acts such as Ihram and Tawaf are represented in the ontology, they are modeled as subclasses of Umrah al-Tamattu, which is itself modeled as a subclass of Hajj al-Tamattu. This modeling choice conflates ritual acts with type of Hajj, as these concepts are more appropriately represented through semantic relations describing the rituals performed within each type of Hajj rather than through subclass hierarchies. A similar issue was observed in the ontology reported in Ismail et al. (2026) where the class Hajj_And_Umrah is modeled as a subclass of Pillars_of_Islam, although only Hajj, and not Umrah, constitutes one of the five pillars of Islam. Furthermore, the ontology includes several subclasses under Hajj_And_Umrah that represent heterogeneous concepts, such as Miqat, Eid_Al-Adha, and Hajj_Topic_in_Quran. These concepts correspond to locations, temporal events, and thematic categories, respectively, and are therefore more appropriately represented through semantic relations rather than subclass hierarchies. This modeling choice conflates different conceptual dimensions of the domain and may limit semantic clarity and interoperability. Another limitation concerns inconsistencies in concept naming. For example, the ontology proposed by Youssef and Othman (2023) employs non-uniform naming conventions, where some concepts retain the Arabic definite article in their English labels (e.g., Al-Tawaf), whereas others omit it (e.g., Ihram). In addition, several labels appear to be literal translations rather than established Hajj terminology. A similar issue was observed in (Ismail et al., 2026; Sharef et al., 2013), where several modeling limitations related to concept naming were observed. Such inconsistencies reduce semantic clarity and hinder interoperability and reuse across systems and applications. More broadly, the reviewed ontologies appear to provide labels and descriptions only in English, limiting multilingual accessibility and their applicability in diverse linguistic contexts. This limitation is particularly relevant in

the Hajj and Umrah domain, which involves pilgrims from diverse linguistic backgrounds. The lack of multilingual support may restrict interoperability and reduce the usefulness of these ontologies in multilingual applications and services. In contrast, SacredGeoKB incorporates multilingual labels and aliases to improve accessibility and facilitate integration across heterogeneous systems.

3.2 FAIR-based Evaluation

The evaluation demonstrates that SacredGeoKB aligns with the FAIR principles (Table 5). Each ontology concept and geospatial feature is assigned a unique identifier shared across the semantic and geospatial representations. Concepts are enriched with Arabic and English labels and descriptive metadata, including the creator, title, identifier, publisher, publication date, summary, and keywords, thereby facilitating discovery and retrieval. SacredGeoKB is publicly available and accompanied by documentation describing its structure and usage.

Interoperability is supported through the use of standard machine-readable formats, namely OWL for semantic knowledge and GeoJSON for geospatial data, as well as through integration with external resources such as OpenStreetMap identifiers.

The ontology-based structure of SacredGeoKB facilitates the addition of new concepts, relationships, and geospatial entities while maintaining semantic consistency. Furthermore, provenance information and source attribution support the reuse of the knowledge base in AI-driven applications, digital services, and cross-organizational information exchange.

Table 5. Assessment of SacredGeoKB against the FAIR principles.

FAIR Principle	Evaluation Criterion	Compliance in SacredGeoKB
Findable	- Unique identifiers - Multilingual labels - Descriptive metadata	Shared identifiers, Arabic/English labels, and metadata annotations
Accessible	- Public availability - Public documentation	Publicly released ontology and GeoJSON files with documentation
Interoperable	- Standard machine-readable formats - Integration with external resources	OWL/RDF and GeoJSON formats; links to OpenStreetMap identifiers
Reusable	- Provenance and source attribution - Extensibility and reuse	Documented sources and extensible ontology structure

3.3 Competency Question Analysis

The competency questions defined during the requirements analysis phase were used to guide the design of SacredGeoKB and to assess whether it supports the required information needs. Table 6 summarizes representative competency questions together with the ontology relations and geospatial operations involved in answering them. Queries such as "Which rituals are performed at a given sacred location?" and "What rituals should I perform on a given date?" rely primarily on semantic relations defined within the ontology, whereas location-aware questions, such as "Which sacred place contains the user?" and "What sacred sites are nearby?", require the integration of ontology concepts with GeoJSON-based geospatial operations. Overall, the competency questions illustrate the potential of SacredGeoKB to support semantic, spatial, and context-aware reasoning by combining OWL-based knowledge representation with geospatial data.

Table 6. Mapping competency questions to ontology relations and geospatial operations in SacredGeoKB.

Query / Scenario	Supporting ontology relations and geospatial operations
- Which rituals are performed at a given sacred location?	hostsRitual
- Which locations are associated with a given ritual?	performedAt (inverse: hostsRitual)
- What rituals should I perform on a given date (e.g. 9th of Dhu al-Hijjah)?	performedOnDate
- At which stage of Hajj or Umrah is this location typically visited?	visitedDuringStage
- Which sacred places belong to a specific pilgrimage stage?	hostsStage (inverse: visitedDuringStage)
- Which rituals must be performed before or after a given ritual?	precedes, follows
- What is the next pilgrimage stage after completing the current ritual?	precedes, follows
- What rituals are obligatory, recommended, or prohibited at the current stage of the pilgrimage?	performedDuringStage, hasRuling
- Given the user's current GPS coordinates, which sacred place contains the user?	Geospatial containment
- What sacred sites are nearby?	Geospatial proximity
- Is the pilgrim allowed to perform a given ritual at the current stage?	performedDuringStage, hasRuling
- Can I move from Arafah to Muzdalifah before sunset?	precedes, hasTemporalConstraint
- Which sacred locations are located within a given geographic region (e.g. Arafah or Madina)?	locatedWithin
- Which service facilities are available within or near a sacred location?	locatedWithin, Geospatial proximity
- What is the religious significance of a sacred/historical location (e.g. Jabal al-Rahmah)?	hasReligiousSignificance
- Which events or figures are associated with a given sacred location?	associatedWithEvent, associatedWithFigure

4. Conclusions

This paper introduced SacredGeoKB, a geospatial semantic knowledge base that was developed to address the fragmentation of pilgrimage-related knowledge across heterogeneous data sources and to provide a unified representation of the Hajj and Umrah domain. By combining

sacred locations, rituals, pilgrimage stages, temporal constraints, historical and religious knowledge, and operational services within a unified framework, SacredGeoKB bridges the gap between traditional ontological representations and geospatial information systems. The proposed knowledge base combines semantic knowledge represented in OWL with geospatial entities represented in GeoJSON, enabling both ontology-based reasoning and spatial analysis.

The knowledge base was validated through coverage and semantic richness analysis, FAIR-based evaluation, and competency-question analysis. The evaluation results indicate that SacredGeoKB offers broader domain coverage than existing Hajj and Umrah ontologies while incorporating geospatial representations and contextual knowledge that are largely absent from previous efforts. Furthermore, the FAIR-based assessment demonstrates that the knowledge base supports discoverability, accessibility, interoperability, and reuse through the adoption of standard formats, multilingual metadata, shared identifiers, and documented provenance. As a publicly available resource, SacredGeoKB contributes a reusable semantic infrastructure for researchers, developers, and organizations working on Hajj and Umrah technologies. In particular, the integration of semantic and geospatial knowledge provides a foundation for future intelligent applications, including context-aware guidance systems, digital companions, decision-support tools, and cross-organizational information exchange.

5. Recommendations

Several directions can further extend SacredGeoKB and enhance its practical value. Future work may enrich the knowledge base by incorporating additional religious and jurisprudential knowledge, as well as multilingual content, to better support pilgrims from diverse cultural and linguistic backgrounds. Expanding semantic links to external knowledge resources and conducting user-centered evaluations with pilgrims and service providers would also provide deeper insights into the usability and real-world effectiveness of the proposed framework. Future research could additionally explore the integration of SacredGeoKB with large language models to enable context-aware and adaptive guidance throughout the pilgrimage journey. Finally, although the present work establishes the semantic and geospatial foundations of the Hajj and Umrah domain, subsequent studies should focus on the design, implementation, and evaluation of end-user applications built upon SacredGeoKB, such as intelligent digital companions, navigation and guidance systems, and decision-support platforms for pilgrims and service organizations.

References

- Aman, Muhammad, Said, A.B.M., Kadir, S.A. and Baharudin, B.A.H.A.R.U.M., 2017. A review of studies on ontology development for Islamic knowledge domain. Journal of Theoretical and Applied Information Technology, 95(14), pp.3303-3311.

- Binsawad, M. and Albahar, M., 2022. A technology survey on IoT applications serving Umrah and Hajj. Applied Computational Intelligence and Soft Computing, 2022(1), p.1919152.

- Ismail, R., Makhtar, M., Hasan, H., Mamat, A.R. and Patria, L., 2026. Ontology Model for Hajj using Ontology Development 101 Methodology. Journal of Advanced Research Design, 141(1), pp.241-256.

- Osman, M. and Shaout, A., 2014. Hajj guide systems-past, present and future. International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, 4(8), pp.25-31.

- Sharef, N.M., Murad, M.A., Mustapha, A. and Shishechi, S., 2013, December. Semantic question answering of umrah pilgrims to enable self-guided education. In 2013 13th International Conference on Intellient Systems Design and Applications (pp. 141-146). IEEE.

- Showail, A.J., 2022. Solving Hajj and Umrah challenges using information and communication technology: A survey. IEEE Access, 10, pp.75404-75427.

- Wilkinson, M.D., Dumontier, M., Aalbersberg, I.J., Appleton, G., Axton, M., Baak, A., Blomberg, N., Boiten, J.W., da Silva Santos, L.B., Bourne, P.E. and Bouwman, J., 2016. The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship. Scientific data, 3(1), pp.1-9.

- Youssef, F.Y. and Othman, Z.I., 2023. The Hierarchical Classification for The Rituals of Hajj Using Ontology. Journal of Al-Qadisiyah for computer science and mathematics, 15(1), pp.Page-79.

إطار مفاهيمي لحوكمة تبادل البيانات في عمليات الحج والعمرة

نورين مسفر القحطاني -معهد المدن الذكية، مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية

HUDGEF: A Conceptual Framework for Governing Data Exchange in Hajj and Umrah Operations

Nurayn Mesfer Alqahtani -Smart Cities Institute, King Abdulaziz City for Since and Technology

*Corresponding author: E-mail (nualqahtani@kacst.gov.sa)

الملخص

تتضمن عمليات الحج والعمرة منظومة معقدة متعددة الجهات، تحتاج فيها الجهات الحكومية والتشغيلية والخدمية إلى تبادل البيانات لدعم التخطيط والتنسيق وصنع القرار. وتدير هذه الجهات أنواعًا متعددة من البيانات، تشمل حركة الحشود، والنقل، والتصاريح، والحوادث، والإسكان، والطاقة الاستيعابية للخدمات، والتنبيهات التشغيلية. وفي المملكة العربية السعودية، تتوافق هذه الحاجة مع التوجه الوطني نحو الحكومة الرقمية، والخدمات العامة القائمة على البيانات، وتعزيز حوكمة البيانات. كما تؤكد الجهود الوطنية التي تقودها جهات مثل هيئة الحكومة الرقمية والهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي على مجالات حوكمة رئيسية، تشمل تصنيف البيانات، ومشاركة البيانات، والبيانات المفتوحة، وحرية المعلومات، وحماية البيانات الشخصية.

وعلى الرغم من أن تبادل البيانات يمكن أن يحسن الكفاءة التشغيلية وجودة الخدمات، فإنه يطرح في الوقت نفسه تحديات حوكمية تتعلق بملكية البيانات، وتصنيفها، وجودتها، وخصوصيتها، وأمنها، والمساءلة عنها. لذلك، تقترح هذه الورقة إطارًا مفاهيميًا لحوكمة تبادل البيانات بين الجهات المشاركة في عمليات الحج والعمرة. ويتكون الإطار المقترح، والمسمى إطار حوكمة وتبادل بيانات الحج والعمرة (HUDGEF)، من خمس طبقات: فهرس بيانات موحد، وتصنيف البيانات، وتقييم جودة البيانات، وسير عمل محكوم لمشاركة البيانات، والتدقيق والمساءلة.

صُمم الإطار لتوجيه الجهات في تحديد مجموعات البيانات المتاحة، وتوضيح ملكيتها، وتقييم حساسيتها، وقياس جاهزيتها، وتحديد شروط مشاركتها، وتوثيق قرارات تبادل البيانات. وتعتمد الورقة منهجية التصميم المفاهيمي مدعومة بسيناريو تشغيلي توضيحي. ويوضح السيناريو كيف يمكن لجهة نقل أن تطلب بيانات كثافة الحشود من جهة إدارة الحشود لتحسين توزيع الحافلات. ويقيّم الإطار هذا الطلب بناءً على الغرض من الاستخدام، وحساسية البيانات، وجودتها، والضوابط المطلوبة، قبل التوصية بما إذا كان ينبغي مشاركة البيانات مباشرة، أو مشاركتها بشروط، أو مشاركتها بعد تجميعها، أو إخفاء هوية أصحابها، أو رفض مشاركتها. وتكمن مساهمة هذه الورقة في تقديم إطار HUDGEF بوصفه نموذجًا مفاهيميًا تطبيقيًا منظمًا ومخصصًا للمجال، يدعم التبادل المسؤول للبيانات في البيئات الخدمية المعقدة، ويُكمّل أسس حوكمة البيانات الوطنية التي وضعها مكتب إدارة البيانات الوطنية (NDMO) والهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي (SDAIA)، ولا يحل محلها، وذلك في سياق الجهود المستمرة التي تبذلها المملكة العربية السعودية لتعزيز الحوكمة الرقمية وتحسين جودة الخدمات العامة المدعومة بالبيانات

الكلمات المفتاحية: حوكمة البيانات، تبادل البيانات، تصنيف البيانات، الإطار المفاهيمي، جودة البيانات، المساءلة، عمليات الحج والعمرة

Abstract

Hajj and Umrah operations involve a complex multi-entity ecosystem in which governmental, operational, and service entities need to exchange data to support planning, coordination, and decision-making. These entities manage different types of data, including crowd movement, transportation, permits, incidents, accommodation, service capacity, and operational alerts. In Saudi Arabia, this need aligns with the national direction toward digital government, data-driven public services, and stronger data governance. National efforts led by entities such as the Digital Government Authority and the Saudi Data & AI Authority emphasize key governance areas, including data classification, data sharing, open data, freedom

of information, and personal data protection. Although data exchange can improve operational efficiency and service quality, it also introduces governance challenges related to data ownership, classification, quality, privacy, security, and accountability. This paper proposes a conceptual framework for governing data exchange among entities involved in Hajj and Umrah operations. The proposed framework, named the Hajj and Umrah Data Governance and Exchange Framework (HUDGEF), consists of five layers: a unified data catalog, data classification, data quality assessment, governed data-sharing workflow, and audit and accountability. The framework is designed to guide entities in identifying available datasets, clarifying ownership, assessing sensitivity, evaluating data readiness, defining sharing conditions, and documenting data-sharing decisions. The paper adopts a conceptual design approach supported by an illustrative operational scenario. The scenario demonstrates how a transportation entity may request crowd-density data from a crowd management entity to improve bus allocation. The framework evaluates the request based on purpose, sensitivity, quality, and required controls before recommending whether the data should be shared directly, shared under conditions, aggregated, anonymized, or rejected. The contribution of this paper lies in proposing HUDGEF as a structured, domain-specific, and applied conceptual framework for responsible data exchange in complex service environments that complements, rather than replaces the national data governance foundations established by NDMO/SDAIA, particularly within Saudi Arabia's ongoing efforts to strengthen digital governance and improve the quality of data-enabled public services

Keywords: Data governance; data exchange; Hajj and Umrah; conceptual framework; data classification; data quality; accountability; inter-entity collaboration

1. Introduction

Saudi Arabia has placed strong emphasis on digital government and data governance as part of its national transformation agenda. Vision 2030 highlights the expansion of digital services, data sharing platforms, transparency, accountability, and stronger governance of online government services [1]. In parallel, the Digital Government Authority (DGA) has developed a Digital Government Regulatory Framework to institutionalize policies, standards, and guidelines for digital government work, improve government service quality, and support integration among government entities [2].

Within this national context, Hajj and Umrah operations represent one of the most critical service ecosystems in Saudi Arabia. These operations require continuous coordination among multiple entities responsible for transportation, crowd management, permits, accommodation, health services, emergency response, service quality, and visitor experience. Because service demand, crowd density, and movement patterns change rapidly across locations and time periods, timely data exchange is essential for improving operational planning, resource allocation, service responsiveness, and decision-making [3].

However, the value of data exchange depends not only on the availability of digital systems, but also on the presence of effective data governance. Data governance provides the technical, policy, and regulatory frameworks needed to manage data across its life cycle and across policy domains [4]. Without governance, entities may face problems such as inconsistent data definitions, unclear data ownership, limited metadata, poor data quality, uncontrolled access, and inappropriate sharing of sensitive information. These risks become more significant when data is exchanged across organizational boundaries and used to support operational decisions, as data access and sharing policies must balance data reuse benefits with risks related to trust, transparency, and protection of individuals and organizations [5].

Saudi Arabia's data governance direction provides an important foundation for addressing these risks. The DGA identifies information policies related to freedom of information, data classification, and open data, including classifying data according to sensitivity and accessibility and defining standards for managing and sharing open data [6]. SDAIA's Data Sharing Policy also emphasizes legitimate purpose, authorized access, transparency, collective accountability, data security, and ethical data use. It further states that data sharing should include metadata and clear classification levels, and that relevant controls should be determined to protect shared data [7].

Accordingly, there is a need for a structured framework that enables entities across the Hajj and Umrah ecosystem to exchange data securely, measurably, and accountably. To address this need, this paper proposes the Hajj and Umrah Data Governance and Exchange Framework (HUDGEF), an applied conceptual model specifically designed for Hajj and Umrah operations. HUDGEF is not intended to replace the national data governance direction established by the Saudi Data and Artificial Intelligence Authority (SDAIA) and the National Data Management Office (NDMO); rather, it operates within and complements this national foundation. While NDMO and SDAIA provide overarching policies and standards for data classification, data sharing, open data, freedom of information, personal data protection, and related data management domains, HUDGEF

translates these foundations into practical data-sharing arrangements for entities involved in Hajj and Umrah operations. It integrates data cataloging, data classification, data quality assessment, governed data-sharing workflows, and auditability to support operational decision-making while mitigating the risks associated with uncontrolled data exchange.

2. Research Problem

Although Hajj and Umrah operations rely on diverse operational datasets, effective data exchange among participating entities may be constrained by several governance challenges. These challenges include unclear data ownership, inconsistent data formats, incomplete metadata, varying levels of data sensitivity, insufficient data quality assessment, and limited traceability of data-sharing decisions [8][9].

The core problem is that a dataset may be technically available but not necessarily ready, reliable, or appropriate for sharing. For example, crowd movement data may support transportation planning, but it may also include sensitive location-based information. Permit-related data may help estimate expected movement volumes, but it may contain personal identifiers that require privacy controls. Similarly, incident data may support faster response, but it may require classification, aggregation, or access restrictions before being shared. Therefore, the main research problem addressed in this paper is the absence of a practical and domain-specific conceptual framework that supports secure, high-quality, and accountable data-sharing decisions among entities involved in Hajj and Umrah operations.

3. Research Question and Objectives

This paper addresses the following research question: How can a conceptual data governance and exchange framework be designed to support secure, high-quality, and accountable data sharing among entities involved in Hajj and Umrah operations?

The objectives of this paper are to:

- Propose a data governance and exchange framework suitable for the multi-entity environment of Hajj and Umrah operations.
- Define the main components required to govern data exchange, including data cataloging, classification, quality assessment, sharing workflows, and auditability.
- Develop a data quality scoring mechanism to assess dataset readiness before sharing.
- Demonstrate how rule-based and AI-supported logic can assist initial data classification, data quality issue detection, and sharing recommendations.
- Present an illustrative operational scenario showing how governed data exchange can support transportation and crowd management decisions.
- Provide a practical conceptual model that can be adapted to other complex government and service ecosystems.

4. Methodology

This study adopts a conceptual framework development approach. The aim is not to build or evaluate a fully implemented technical system. The aim is to design a structured model that explains how data exchange among Hajj and Umrah entities can be governed in line with NDMO and SDAIA requirements. Conceptual framework development is used in research to organize concepts, clarify relationships among constructs, and guide later empirical work. Guidance on building conceptual frameworks and designing conceptual papers is available in both foundational and recent methodological literature [21][22][23][24].

The methodology follows five steps. First, the study identifies the main governance challenges of inter-entity data exchange in Hajj and Umrah operations. These challenges include unclear data ownership, inconsistent metadata, different sensitivity levels, limited quality assessment before sharing, and weak traceability of sharing decisions.

Second, the study reviews related concepts from three groups of sources. The first group includes Saudi national instruments such as NDMO and SDAIA policies and standards, the Personal Data Protection Law, and Digital Government Authority information policies. The second group includes international references such as DAMA-DMBOK, DCAM, COBIT, ISO/IEC 25024, and NIST security and privacy guidance. The third group includes Hajj and Umrah ICT studies and research on inter-organizational data sharing.

Third, the five HUDGEF layers were selected through conceptual synthesis. The selection was based on four criteria: relevance to inter-entity sharing decisions, alignment with NDMO domains and SDAIA policy requirements, coverage of the request-to-decision process, and feasibility of use in Hajj and Umrah operations. Based on these criteria, the retained layers are as follows. The Unified Data Catalog supports discoverability and ownership, which are needed before governed exchange can take place. Data Classification is included because sensitivity determines the conditions under which data may be shared. Data Quality Assessment is included because data availability alone does not mean that the data are ready for operational use. The Governed Data-Sharing Workflow is included because policy principles require a clear request, review, and approval path. Audit and Accountability is included because responsible sharing requires a record of decisions and controls. Other national domains remain important, such as open data publication or analytics maturity,

but they are treated as related context rather than core layers of HUDGEF.

Fourth, the validity of the layers was assessed conceptually. Each layer was mapped to at least one NDMO domain or SDAIA policy requirement. The request-to-decision flow was checked for internal coherence across cataloging, classification, quality assessment, workflow, and audit. The layers were also checked against the research problem, especially ownership, sensitivity, readiness, purpose, controls, and accountability. Applicability was then demonstrated through an illustrative operational scenario. This form of validity is suitable for an early-stage conceptual framework and does not claim statistical generalizability.

Fifth, the study presents an illustrative scenario in which a transportation entity requests crowd-density data. The paper also proposes a structured expert-review protocol and applies a criteria-based checklist to the scenario as an initial practical validation step, subject to available data.

5. Background and Related Works

5.1 Data Governance in Multi-Entity Environments

Data governance refers to the policies, roles, processes, standards, and controls used to manage data as an organizational asset. In multi-entity environments, data governance becomes more complex because data is produced, maintained, requested, shared, and reused by different stakeholders. This requires clear definitions of data ownership, stewardship responsibilities, access rights, sensitivity levels, sharing conditions, metadata requirements, and accountability mechanisms [4][5][9]. In Hajj and Umrah operations, these governance requirements are particularly important because operational decisions may depend on data exchanged across several entities, such as transportation, crowd management, accommodation, emergency response, and service quality monitoring. Therefore, effective data governance helps ensure that exchanged data is understandable, controlled, reliable, and traceable.

5.2 Data Classification and Sensitivity

Data classification supports responsible data exchange by helping entities determine how data should be protected, accessed, and shared. In Saudi Arabia, the Digital Government Authority identifies the Data Classification Policy and Regulations as a framework for classifying data according to sensitivity and accessibility [6]. This is relevant to Hajj and Umrah operations because datasets may vary significantly in sensitivity. Aggregated crowd counts may be shared under operational controls, while individual-level movement traces, permit records, health-related information, or personal identifiers require stronger restrictions. Therefore, classification should be performed before data exchange to determine the appropriate sharing conditions.

5.3 Data Quality

Data quality is essential for operational decision-making because inaccurate, incomplete, outdated, inconsistent, or duplicated data can lead to unreliable decisions [10]. In Hajj and Umrah operations, decisions related to transportation, crowd management, incidents, accommodation, and service capacity may depend on timely and reliable information. This paper addresses data quality through five practical dimensions: completeness, timeliness, consistency, logical accuracy, and uniqueness. These dimensions are directly relevant to operational datasets such as crowd-density records, bus location feeds, incident reports, permit-related indicators, and accommodation capacity data.

5.4 Personal Data Protection

Some Hajj and Umrah datasets may contain personal data, such as names, identification numbers, phone numbers, health-related information, or permit-related records. In Saudi Arabia, the Personal Data Protection Law protects individuals' personal data and defines obligations for data controllers [11]. Accordingly, any framework for data exchange in this context should treat personal data as a high-risk category and consider privacy-preserving controls such as masking, anonymization, aggregation, access approval, purpose limitation, and limited retention.

5.5 Security and Privacy Controls for Data Exchange

Responsible data exchange in Hajj and Umrah operations requires attention to both privacy and security. In Saudi Arabia, personal data handling must follow the Personal Data Protection Law and related SDAIA and NDMO requirements [11]. At the international level, NIST guidance is widely used for protecting the confidentiality, integrity, and availability of information systems and data.

Several NIST references are relevant to HUDGEF. The NIST Privacy Framework supports privacy risk management in data processing and sharing [26]. NIST Special Publication 800-53 provides security and privacy control families, including access control and audit and accountability, that can inform conditional sharing requirements [27]. NIST Special Publication 800-37 presents a risk management approach that moves from categorization and control selection to assessment, authorization, and monitoring [28]. This sequence is consistent with the classify, assess, decide, and audit logic used in

HUDGEF. NIST Special Publication 800-122 also provides practical guidance for protecting personally identifiable information [29].

These references support Layer 2 through clearer treatment of personal and sensitive data, Layer 4through conditional controls such as least privilege, purpose limitation, aggregation, and masking, and Layer 5 through stronger audit and accountability. Security and privacy are therefore treated as part of the sharing decision, not as later technical additions.

5.6 Data Sharing and Open Data Policy Context

Data sharing and open data policies provide an important foundation for governing public-sector information. The Digital Government Authority identifies open data policy and regulations as regulatory standards for managing and sharing open data [6]. SDAIA's Data Sharing Policy also emphasizes principles such as legitimate purpose, authorized access, transparency, collective accountability, data security, and ethical data use [7].

However, not all operational data can be treated as open data. Hajj and Umrah operational data may include internal, restricted, confidential, time-sensitive, or location-based information. Therefore, a governance framework is needed to distinguish between different levels of data sensitivity before exchange.

5.7 Comparative Analysis of Existing Frameworks

Existing frameworks, standards, and policy instruments provide useful foundations for data governance, data management maturity, IT governance, and regulated data sharing. DAMA-DMBOK provides broad guidance on data management knowledge areas [12]. DCAM focuses on assessing data management capability and maturity [13]. COBIT addresses governance and management of enterprise information and technology [14].

NDMO and SDAIA instruments provide the Saudi national baseline for data management and personal data protection. This baseline covers domains such as data governance, catalog and metadata, data quality, classification, sharing and interoperability, open data, personal data protection, and data security [6][7][11][25]. Hajj and Umrah ICT studies discuss digital technologies for operational and service challenges [3][8]. These sources are important, but they do not by themselves provide a domain-specific conceptual workflow for evaluating data-sharing requests among Hajj and Umrah entities.

Table 1 compares NDMO/SDAIA, DAMA-DMBOK, DCAM, COBIT, and HUDGEF. The comparison shows how existing references support the topic and why a domain-specific applied framework is still needed.

Table 1. Comparison of NDMO/SDAIA, DAMA-DMBOK, DCAM, COBIT, and HUDGEF

Dimension	NDMO / SDAIA	DAMA-DMBOK	DCAM	COBIT	HUDGEF (Proposed)
Primary focus	National data management, governance, and personal data protection	General data management body of knowledge	Data management capability and maturity assessment	Governance and management of enterprise information and technology	Applied conceptual framework for inter-entity data exchange in Hajj and Umrah
Sector specificity	Saudi public-sector regulatory context	General	General	General enterprise IT governance	Hajj and Umrah multi-entity operations
Role relative to HUDGEF	National foundation that HUDGEF complements	Broad reference for data management practices	Maturity and capability reference	Control and governance reference	Domain workflow that applies selected national and international principles
Multi-entity data-sharing workflow	Policy principles and standards, not a Hajj and Umrah request workflow	General guidance	Capability-oriented	Control-oriented	Core design focus
Data catalog and ownership	Strong coverage through catalog, metadata, and governance domains	Addressed within data management	Addressed as a capability	Indirectly addressed through governance controls	Explicitly addressed in Layer 1
Data classification	Strong national policy and standards coverage	Addressed generally	Addressed as a capability	Indirectly addressed through information governance	Explicitly addressed in Layer 2
Data quality before sharing	Strong domain coverage, with limited Hajj and Umrah operational scoring	Addressed as a knowledge area	Capability assessment	Addressed indirectly	Explicitly addressed in Layer 3 through a readiness score
Privacy and personal data	Strong coverage through the PDPL and related domains	Addressed generally	Addressed generally	Addressed through controls	Integrated into classification and sharing controls
Security controls	Strong coverage through data security and protection, with NCA alignment	Addressed generally	Addressed generally	Strong control orientation	Embedded in conditional sharing and audit mechanisms
Contribution to this study	Regulatory baseline	Foundational knowledge reference	Maturity reference	IT governance reference	Domain-specific applied model linking national policy to operational data-sharing decisions
Main limitations for this study	Broad national scope rather than a Hajj and Umrah request workflow	Broad and not domain-specific	Maturity-focused rather than request-focused	Focused on IT governance rather than data-exchange requirements	Conceptual and requires further empirical validation

HUDGEF contributes academically by offering a structured model of governed data exchange for a complex multi-entity service environment. In practical terms, it helps entities decide whether a dataset should be shared directly, shared under conditions, improved before sharing, or rejected. Relative to NDMO and SDAIA, HUDGEF does not create a competing national regime. It offers an applied way to carry out selected national requirements during operational data sharing. Relative to DAMA-DMBOK, DCAM, and COBIT, HUDGEF is narrower in scope. Its focus is the inter-entity sharing decision, bringing together catalog metadata, classification, quality readiness, workflow controls, and audit ability in one domain-specific model.

6. Research Gap

Although existing frameworks, standards, policies, and studies provide valuable foundations for data governance, data management, regulated data sharing, and digital transformation in Hajj and Umrah, they do not directly provide a domain-specific conceptual workflow for evaluating data-sharing requests among Hajj and Umrah entities. The key gap is the lack of a structured model that evaluates data-sharing requests based on ownership, purpose of use, sensitivity level, data quality, required controls, and auditability. This paper addresses this gap by proposing HUDGEF, a conceptual framework that integrates data cataloging, classification, quality assessment, governed sharing workflow, and audit accountability to support responsible inter-entity data exchange in Hajj and Umrah operations. HUDGEF should therefore be read as a complementary applied layer. It helps Hajj and Umrah entities apply NDMO and SDAIA requirements in day-to-day data-sharing decisions. It is not presented as a competing national framework.

7. Proposed Conceptual Framework: HUDGEF

This paper proposes the Hajj and Umrah Data Governance and Exchange Framework (HUDGEF) as a conceptual model for governing data exchange among entities involved in Hajj and Umrah operations. It provides a structured governance model that explains how data-sharing requests can be evaluated before data is exchanged. HUDGEF consists of five main layers as shown in Table2. These layers are designed to ensure that data exchange decisions are based on ownership, purpose, sensitivity, quality, required controls, and traceability. The framework supports three possible outcomes for each data-sharing request: direct sharing, conditional sharing, or rejection. Conditional sharing may require controls such as aggregation, anonymization, masking, access restriction, or limited retention.

Table 2. Main layers of HUDGEF

Layer	Name	Purpose
1	Unified Data Catalog	Documents datasets, owners, metadata, and sharing eligibility.
2	Data Classification	Classifies datasets according to sensitivity, personal data indicators, and operational risk.
3	Data Quality Assessment	Assesses whether the dataset is complete, timely, consistent, accurate, and unique enough for decision-making.
4	Governed Data-Sharing Workflow	Controls how entities request, review, approve, reject, or conditionally share data.
5	Audit and Accountability	Records all requests, decisions, controls, responsible parties, and timestamps.

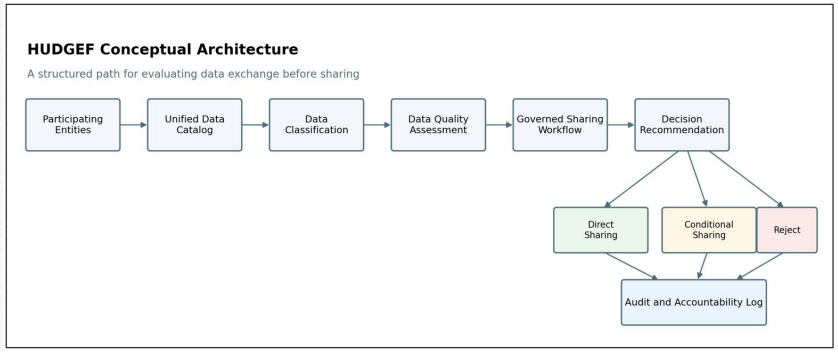


Figure 1. Conceptual architecture of the proposed Hajj and Umrah Data Governance and Exchange Framework

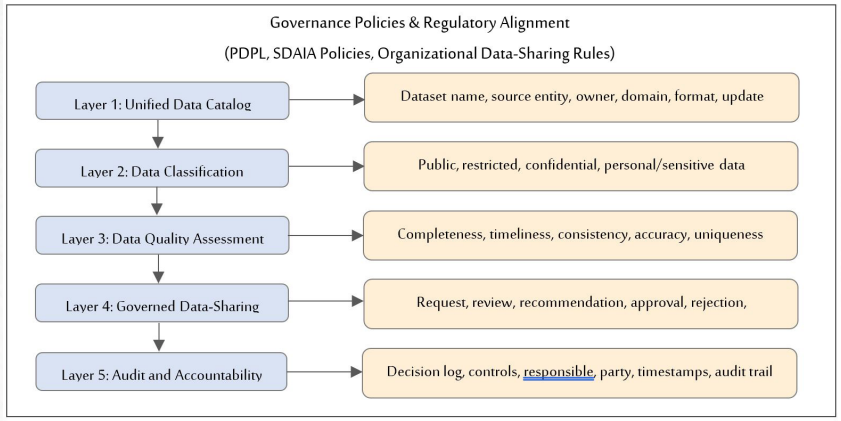


Figure 2. Main layers and Core functions of HUDGEF

Figure 1 presents the overall conceptual architecture of HUDGEF. It shows how data exchange requests move through the main governance process, starting from participating entities and passing through data cataloging, classification, quality assessment, governed workflow, and decision recommendation. The framework supports three possible outcomes: direct sharing, conditional sharing, or rejection. All outcomes are recorded in the audit and accountability log. Figure 2 further details the five layers of the framework and their core functions. It shows that each layer is aligned with governance policies and regulatory requirements, including data catalog metadata, sensitivity classification, data quality dimensions, governed request handling, and audit records. Together, the two

figures illustrate both the overall flow of HUDGEF, and the specific governance functions embedded in each layer.

7.1 Alignment of HUDGEF with NDMO and SDAIA Domains and Policies

As HUDGEF is designed to complement Saudi Arabia's national data governance framework, each of its layers is mapped to the relevant NDMO domains and SDAIA policies. Table 3 presents this alignment and demonstrates that HUDGEF neither replaces nor redefines existing national requirements. NDMO and SDAIA establish what must be governed at the national level, whereas HUDGEF specifies how selected requirements can be operationalized when one entity within the Hajj and Umrah ecosystem requests data from another. Thus, HUDGEF translates national requirements into an applied, domain-specific structure for managing inter-entity data-sharing requests in Hajj and Umrah operations.

Table 3. Mapping of HUDGEF layers to NDMO domains and SDAIA/NDMO policies

HUDGEF Layer	Primary NDMO Domain(s)	Relevant SDAIA/NDMO Policy Focus	How HUDGEF Complements the National Foundation
Layer 1: Unified Data Catalog	Data Catalog and Metadata; Data Governance	Metadata discoverability, ownership clarity, controlled dataset inventory	Provides an operational catalog schema for Hajj and Umrah domains such as transport, crowd management, permits, incidents, accommodation, and service capacity
Layer 2: Data Classification	Data Classification; Personal Data Protection	Data Classification Policy, sensitivity levels, personal data indicators	Turns classification requirements into pre-sharing sensitivity checks for operational datasets
Layer 3: Data Quality Assessment	Data Quality	Fitness-for-purpose quality controls and measurable quality characteristics	Adds a practical readiness score before sharing so available data are not assumed to be usable
Layer 4: Governed Data-Sharing Workflow	Data Sharing and Interoperability; Data Governance	Data Sharing Policy principles such as legitimate purpose, authorized access, transparency, accountability, security, and ethical use	Converts policy principles into a request, review, recommendation, and approval process
Layer 5: Audit and Accountability	Data Governance; Data Security and Protection; Personal Data Protection	Traceability, accountability, and controlled handling of shared data	Records requests, decisions, controls, responsible parties, and timestamps for later review
Cross-cutting controls	Personal Data Protection; Data Security and Protection; Data Classification	PDPL obligations, NCA-aligned security expectations, classification-driven controls	Places privacy and security controls such as aggregation, masking, least privilege, and limited retention inside sharing outcomes

7.2 Unified Data Catalog Layer

The unified data catalog provides a structured inventory of datasets available across participating entities. The catalog does not expose full datasets to all entities. Instead, it provides controlled metadata that allows authorized users to understand what data exists, who owns it, what it contains, how frequently it is updated, and under what conditions it may be shared [15]. Table 4 presents the proposed metadata fields for this layer.

Table 4. Proposed metadata fields for the unified data catalog [16]

Metadata Field	Description
Dataset Name	Official name of the dataset.
Data Owner	Entity responsible for approving access.
Data Steward	Unit or person responsible for maintaining the dataset.
Dataset Description	Brief description of dataset content and purpose.
Data Domain	Transportation, crowd management, permits, health, accommodation, incidents, or service capacity.
Data Format	CSV, Excel, JSON, API, database table, or dashboard feed.
Update Frequency	Real-time, hourly, daily, weekly, or seasonal.
Last Updated	Latest update date or timestamp.
Personal Data Indicator	Yes or No.
Initial Sharing Eligibility	Shareable, conditionally shareable, or not shareable.
Preliminary Required Controls	Aggregation, anonymization, masking, approval, agreement, access restriction, or retention limit.

7.3 Data Classification Layer

The classification layer identifies the sensitivity level of each dataset. It may use a combination of rule-based logic and AI-supported detection, as recent work on structured sensitive data detection shows that machine learning and rule-based methods can support the identification of sensitive data categories in datasets [17]. For a conceptual paper, the AI component is presented as decision support, not as an automatic approval mechanism. It can review dataset metadata, column names, sample values, descriptions, and intended to suggest a preliminary classification based on the SDAIA-aligned classification levels: Public, Restricted, Secret, and Top Secret. However, the final classification decision remains with the data owner or governance team and should be validated according to the dataset context, potential impact, and disclosure risk. Based on sensitive data detection principles and national data classification guidance [18], Table 5 presents examples of detected data elements, their possible risks, and suggested preliminary classifications.

Table 5. Examples of classification rules [18]

7.4 Data Quality Assessment Layer

The data quality assessment layer evaluates whether a dataset is reliable enough to support operational decision-making. A dataset may be correctly classified and owned, but still unsuitable for sharing if it contains missing values, outdated records, inconsistent formats, or duplicate entries. The proposed quality score uses five practical dimensions: completeness, timeliness, consistency, accuracy, and uniqueness. These dimensions are aligned with

common data quality measurement concepts defined in ISO/IEC 25024:2015 [10]. Table 6 presents the proposed quality dimensions, their descriptions, and example checks.

Table 5. Examples of classification rules [18]

Detected Data Element	Possible Risk	Suggested Classification
Name, national ID, passport number, phone number	Personal identification and privacy exposure	Restricted
Health status or medical incident	Sensitive personal or health data	Secret
Real-time crowd location	Operational sensitivity	Restricted or Secret
Individual movement trace	Privacy and operational risk	Secret
Aggregated crowd count by zone	Lower privacy risk	Public or Restricted
Public service information	Minimal disclosure impact	Public
Bus route schedule without live location	Operational information	Public or Restricted; if operationally sensitive

Table 6. Data quality dimensions

Dimension	Description	Example Check
Completeness	Measures the percentage of non-missing required values.	Missing zone IDs or timestamps.
Timeliness	Measures whether the data is updated within the required time window.	Crowd data updated within the last 15 minutes.
Consistency	Measures whether values follow standard formats.	Date format, location code, or zone naming.
Accuracy	Measures whether values are reasonable and valid.	Crowd density cannot be negative.
Uniqueness	Measures of whether duplicate records exist.	Duplicate incident IDs or repeated bus records.

The overall quality score is calculated as an equal-weighted mean of five dimensions:

Data Quality Score = (Completeness + Timeliness + Consistency + Logical Accuracy + Uniqueness) / 5.

This scoring method is justified in three ways:

First, the selected dimensions are consistent with measurable data quality characteristics discussed in ISO/IEC 25024 and related data quality metrics literature. These sources support the use of quantified quality characteristics and aggregated metric values for decision support [10][19].

Second, equal weighting is used as a clear baseline for a conceptual operational framework. At this stage, empirically calibrated weights for Hajj and Umrah datasets are not available. Equal weights therefore avoid undocumented preference for one dimension over another. This approach is suitable as an initial scoring model when expert-elicited or statistically derived weights have not yet been developed. The framework can later be refined through Analytic Hierarchy Process methods, expert weighting workshops, or risk-based weights once entity-specific evidence is available.

Third, the 80% readiness threshold is proposed as a practical decision rule, not as a universal constant. Threshold-based rules are commonly used in quality and readiness decisions to convert a continuous score into a clear action. An 80% level suggests that a dataset is largely fit for the intended operational use. Governance authorities may raise or lower the threshold according to data class, decision criticality, or peak-season risk.

In HUDGEF, a score below 80% leads to a recommendation for data improvement rather than automatic rejection. This helps protect operational decisions from low-readiness data while still allowing improvement before exchange. Future work should calibrate the threshold with authority-approved testing.

Using illustrative dimension scores of 92%, 88%, 85%, 90%, and 95%, the overall score is 90%. This score exceeds the proposed readiness threshold and can support conditional sharing when purpose and sensitivity conditions are also met.

7.5 Governed Data-Sharing Workflow Layer

The governed workflow defines how one entity requests data from another and ensures that data exchange is not conducted informally or without appropriate documentation. This approach is consistent with SDAIA's Data Sharing Policy, which emphasizes legitimate purpose, authorized access, transparency, accountability, metadata, data classification, and appropriate controls for protecting shared data [7].

The requesting entity submits a formal request specifying the purpose and duration of use, as well as the required data fields. HUDGEF then retrieves the dataset metadata, verifies its classification and quality, evaluates the request against the stated purpose and applicable controls, and generates an initial recommendation. The data owner reviews this recommendation and decides whether to approve, reject, or modify the proposed data-sharing arrangement.

For requests involving medium- or high-sensitivity data, the governed workflow applies additional safeguards aligned with the PDPL and informed by relevant NIST guidance.

These safeguards include purpose limitation, data minimization, role-based and need-to-know access, encryption of data in transit and at rest where applicable, aggregation or anonymization before disclosure, defined retention and secure disposal requirements, and comprehensive audit logging of data access and sharing decisions.

By integrating these safeguards into the workflow, HUDGEF translates national data-governance requirements and internationally recognized security practices into operational controls for data exchange among entities involved in Hajj and Umrah operations.

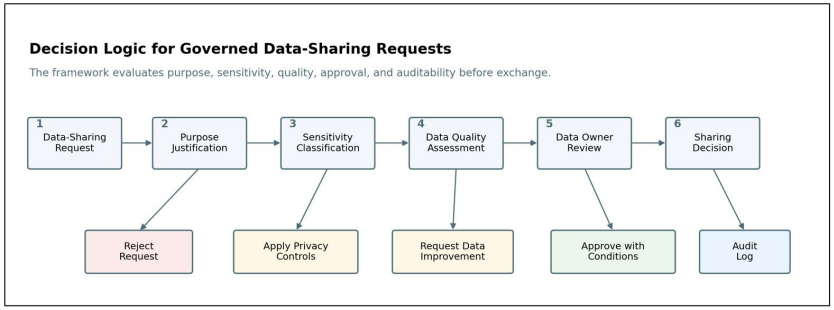


Figure 3. Decision logic for governed data-sharing requests

Figure 3 presents the decision logic used by HUDGEF. The logic evaluates each request according to purpose, personal data indicators, operational sensitivity, and data quality. The outcome can be rejection, request for data improvement, or approval with governance controls. Table 7 operationalizes selected principles from SDAIA's Data Sharing Policy within the proposed HUDGEF framework.

These decision types show that data exchange is not treated as a simple approve-or-reject process. Instead, the framework allows different outcomes depending on the purpose of use, sensitivity level, quality score, and required governance controls.

For example, low-risk and high-quality datasets may be shared directly, while sensitive datasets may require aggregation, anonymization, or masking before sharing. If the request is not justified or the data quality is insufficient, the framework may recommend rejection or data improvement before any exchange takes place.

Table 7. Proposed data-sharing decision types in HUDGEF

Decision Type	Meaning
Direct Sharing	The dataset is low-risk and meets quality requirements.
Conditional Sharing	The dataset can be shared after applying controls.
Aggregated Sharing	Only summarized data can be shared.
Anonymized Sharing	Identifiers must be removed or masked before sharing.
Rejected	The request is not justified, or the dataset is too sensitive.
Requires Data Improvement	The dataset quality is insufficient for the intended use.

7.6 Audit and Accountability Layer

The audit and accountability layer ensures that all data-sharing decisions are traceable. This is important for governance, compliance, and post-event review because effective data-sharing governance requires clear accountability, metadata, classification, and appropriate controls [7]. In addition, traceability mechanisms help organizations reconstruct what decision was made, when it was made, and who authorized it [20].

As shown in Figure 4, each request should have a traceable audit record that includes the request ID, requesting entity, data owner, purpose of use, classification result, quality score, sharing decision, and applied controls. Additional metadata, such as timestamps, approval authority, and access duration, may also be included depending on organizational requirements.

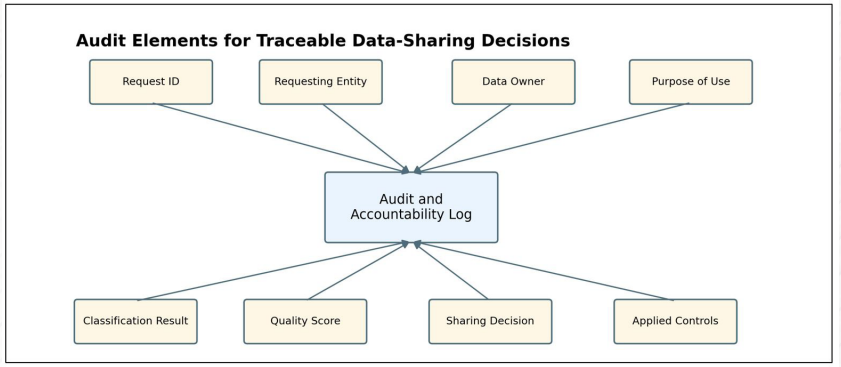


Figure 4. Audit and accountability elements for data-sharing decisions

7.7 Integrated Conceptual Framework of HUDGEF

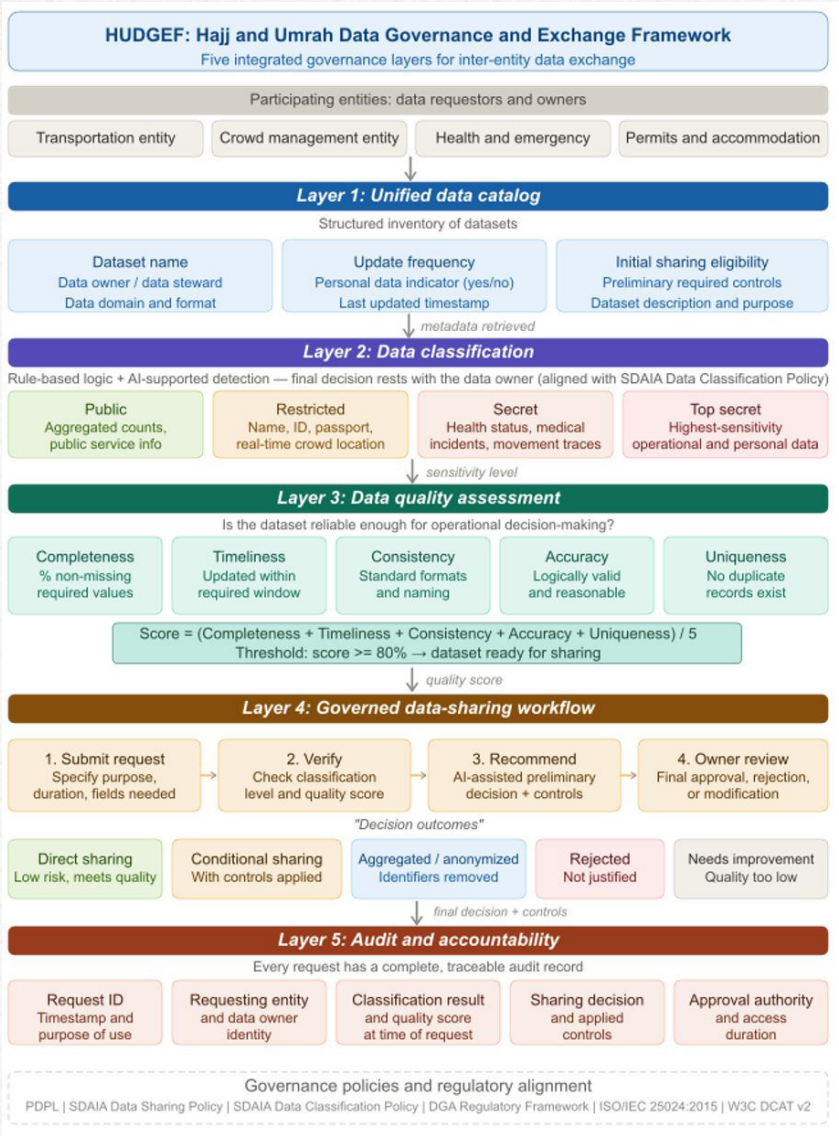


Figure 5. Integrated Conceptual Framework of the Hajj and Umrah Data Governance and Exchange Framework (HUDGEF)

8. Illustrative Application Scenario

To demonstrate the applicability of the proposed conceptual framework, this section presents an illustrative scenario involving data exchange between a crowd management entity and a transportation entity. The purpose of the scenario is to show how the framework can guide data-sharing decisions in a structured and accountable manner. During peak movement periods, the transportation entity requires crowd-density indicators to improve bus allocation and reduce congestion.

The requested data is owned by the crowd management entity. Since crowd-density data may include operationally sensitive location information, the request should be evaluated before any data is exchanged.

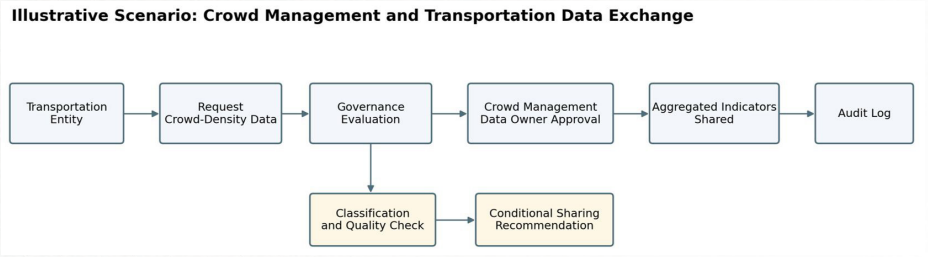


Figure 6. Illustrative scenario of governed data exchange between crowd management and transportation entities

Table 8. Scenario-based governance questions

Governance Question	Example in the Scenario
What data is requested?	Crowd density by zone and time interval.
Who owns the data?	Crowd management entity.
Why is the data requested?	To improve bus allocation and reduce congestion.
Does it contain personal data?	No direct identifiers in the requested version.
Is it operationally sensitive?	Yes, because it is location-based operational data.
Is it reliable enough for use?	Assessed through data quality dimensions.
Can it be shared?	Yes, under conditions.
What controls are needed?	Aggregation, access restriction, retention limit, and audit logging.

Table 9. Framework recommendation for the illustrative scenario

Evaluation Aspect	Result
Purpose Justification	Valid operational purpose.
Contains Personal Data	No direct personal identifiers in the requested version.
Operational Sensitivity	Yes, crowd-density by zone.
Data Quality Score	Illustrative score: 90%.
Risk Level	Medium.
Recommended Decision	Conditional sharing.
Required Controls	Aggregate by zone and time interval; restrict access; log usage.
Final Approval	Data owner approval required.

The recommended decision is conditional sharing. The crowd-density data may be shared only in aggregated form by zone and time interval. Individual-level movement traces, personal identifiers, or high-resolution location details should not be shared. This scenario illustrates how the framework balances operational value with governance requirements.

9. Preliminary Validation

The evaluation of HUDGEF examines its logical coherence and practical value in supporting data-sharing decisions. Given that the framework has not yet undergone large-scale deployment or comprehensive empirical testing, the evaluation is limited to two components: applying predefined criteria to an illustrative operational scenario and outlining a structured protocol for subsequent expert review.

Table 10. Criteria-Based Validation of the Illustrative Scenario

Validation Criterion	Evidence from the Scenario	Result
Decision transparency	The framework explicitly evaluates the request's purpose, data ownership, sensitivity level, quality, and applicable controls.	**Satisfied**
Policy complementarity	The resulting recommendation remains consistent with SDAIA data-sharing principles and relevant data-classification and privacy requirements.	**Satisfied**
Data quality before sharing	A readiness score is calculated and compared with the proposed 80% threshold before a sharing recommendation is issued.	**Satisfied**
Risk-proportionate controls	Conditional sharing is accompanied by safeguards such as data aggregation, access restrictions, retention limits, and audit logging.	**Satisfied**
Auditability	The relevant request details, assessment results, controls, decisions, responsible parties, and timestamps can be recorded in the audit layer.	**Satisfied**

9.1 Criteria-Based Scenario Validation

The illustrative transportation and crowd-management scenario was evaluated against five criteria derived from the research objectives: decision transparency, policy complementarity, data quality assessment before sharing, risk-proportionate controls, and auditability. Table 10 presents the results.

The results indicate that HUDGEF can generate a structured, transparent, policy-aligned, and auditable recommendation for the illustrative operational request. However, these results demonstrate the framework's internal logical applicability rather than its effectiveness in a live operational environment.

9.2 Proposed Expert-Review Protocol

Subject to the availability of relevant experts and access to participating organizations, HUDGEF may be evaluated further through a structured expert-review process. The proposed protocol consists of the following steps:

1. Recruit five to eight experts representing data governance, NDMO or SDAIA policy interpretation, Hajj and Umrah operations, cybersecurity and privacy, and transportation or crowd management.

2. Provide each expert with a concise overview of HUDGEF, definitions of its five layers, its mapping to relevant NDMO domains and SDAIA policies, the proposed data-quality scoring method, and the illustrative scenario.

3. Ask each expert to evaluate the framework's clarity, completeness, alignment with NDMO and SDAIA requirements, operational usefulness, and auditability using a five-point Likert scale.

4. Collect qualitative feedback concerning missing controls, the suitability of the proposed 80% readiness threshold, potential implementation barriers, and recommended improvements.

5. Analyze the quantitative ratings and qualitative comments to identify areas of agreement, disagreement, and insufficient clarity.

6. Revise the framework's terminology, layer definitions, scoring method, and decision rules where significant gaps or consistent expert concerns are identified.

This protocol offers a systematic pathway for progressing from the current scenario-based assessment to stronger empirical validation. It may also support the refinement of HUDGEF before conducting broader organizational case studies or field trials.

9.3 Scope and Limitations of the Present Validation

The validation presented in this study is preliminary and limited to a criteria-based assessment of an illustrative scenario. It demonstrates HUDGEF's logical applicability and readiness for structured expert review but does not establish its effectiveness across all organizations involved in Hajj and Umrah operations. Furthermore, the expert-review protocol described above is proposed and has not yet been implemented; therefore, no expert ratings or empirical findings are claimed in this paper.

Future research should implement the proposed expert-review protocol, test HUDGEF through multiple organizational case studies, evaluate the proposed quality dimensions and readiness threshold using operational data, and examine the framework's effectiveness across different types of data-sharing requests and participating entities.

10. Expected Governance Value

Although HUDGEF is conceptual, it provides expected value in several areas. It improves dataset discoverability by requiring a unified catalog. It clarifies ownership by identifying data owners and stewards. It reduces inappropriate sharing by requiring classification and controls. It supports decision quality by assessing data readiness before exchange. It improves transparency by logging requests, decisions, and applied controls. Finally, it supports post-event review by preserving a record of data-sharing decisions. These expected benefits are summarized in Table 11.

Table 11. Expected governance value of HUDGEF

Expected Value	Explanation
Improved discoverability	Entities can identify available datasets and their owners.
Ownership clarity	Each dataset has a defined data owner and steward.
Reduced governance risk	Sensitive datasets are not shared without classification and controls.
Better decision support	Data quality is assessed before the dataset is used operationally.
Consistency	Similar requests can be evaluated using the same decision logic.
Accountability	All requests, decisions, and controls are recorded.
Post-event learning	Audit records support review and continuous improvement.

11. Discussion

The proposed HUDGEF framework addresses a central challenge in complex service ecosystems: how to exchange data across entities without compromising governance, privacy, security, or data quality. In Hajj and Umrah operations, timely data exchange is essential for operational responsiveness; however, rapid sharing must be balanced with data classification, quality assessment, approval controls, and auditability. This balance aligns with Saudi Arabia's broader direction toward digital government, regulated data sharing, data classification, and personal data protection.

HUDGEF supports this balance by combining five governance layers into a structured data exchange process. The unified data catalog improves discoverability and clarifies data ownership. The classification layer reduces the risk of inappropriate sharing by identifying the sensitivity level of each dataset. The data quality assessment layer ensures that shared data is reliable enough to support operational decision-making. The governed workflow layer enables consistent evaluation of data-sharing requests based on purpose, sensitivity, quality, and approval requirements. Finally, the audit and accountability layer records requests, decisions, applied controls, and approval responsibilities, supporting traceability, transparency, and post-event review.

As a conceptual framework, HUDGEF provides an early academic contribution by defining the structure, logic, and expected value of governed data exchange before technical implementation. Its main contribution lies in adapting general data governance principles and Saudi data-sharing directions to the specific operational needs of Hajj and Umrah, where multiple entities require timely, secure, and accountable access to data. Unlike general data governance frameworks, HUDGEF focuses on inter-entity data-sharing decisions in a dynamic operational environment. It also integrates data classification and data quality assessment directly into the sharing decision process, recognizing that a dataset may be technically available but either insufficiently reliable for decision-making or too sensitive to share without additional controls. By embedding accountability through an audit layer, the framework strengthens governance over data-sharing decisions and supports more transparent, responsible, and reviewable data exchange across Hajj and Umrah entities.

12. Research Limitations

This study has several limitations. First, HUDGEF is conceptual and has not yet been implemented as a production system across Hajj and Umrah entities. Second, the data quality model uses equal weights and an illustrative 80% threshold. Both need empirical calibration by data domain and decision criticality. Third, practical validation in this paper is limited to scenario-based assessment and a proposed expert-review protocol. It is not a completed multi-entity field deployment. Fourth, security and privacy controls are described at the

governance design level. They do not replace detailed cybersecurity architecture, threat modeling, or entity-specific PDPL compliance programs. Fifth, the framework focuses on inter-entity sharing decisions and does not fully cover adjacent NDMO domains such as master data management, analytics value realization, or open data portal publishing. These limitations bound the current claims and keep the contribution at the level of an applied conceptual foundation.

13. Recommendations

Based on the framework design and validation discussion, several recommendations are proposed.

1. Adopt HUDGEF as a complementary operational layer, not as a replacement for NDMO and SDAIA policies.

2. Pilot the five-layer workflow between at least two operational entities, such as crowd management and transportation, during planning exercises before peak season.

3. Establish a unified metadata catalog with clear data owners, stewards, personal data indicators, and preliminary sharing eligibility.

4. Require pre-sharing quality scoring and document any threshold exceptions approved by the data owner.

5. Include privacy and security controls in sharing decisions, such as aggregation, masking or anonymization, least-privilege access, encryption where applicable, and retention limits.

6. Keep protected audit records for all sharing requests, decisions, controls, and approvals.

7. Align local implementation guides with NDMO domains and with SDAIA requirements for data sharing, classification, and personal data protection.

14. Future Research

Future research can move in several directions. A formal expert-panel validation should be conducted using the protocol proposed in this paper, with reporting of agreement on framework clarity and usefulness. A prototype that includes a catalog, request workflow, quality scoring, and audit log should be implemented and evaluated for decision time, control compliance, and user acceptance. Dimension weights and readiness thresholds should also be calibrated for different Hajj and Umrah data domains and risk classes. Further work can extend HUDGEF with stronger privacy risk measures and cybersecurity control baselines mapped to NIST and national cybersecurity requirements. Comparative case studies across seasons or entities would help test the framework beyond the illustrative scenario.

15. Conclusion

This paper proposed HUDGEF, a conceptual data governance and exchange framework for Hajj and Umrah operations. The framework supports structured data exchange through five layers: a unified data catalog, data classification, data quality assessment, a governed data-sharing workflow, and audit and accountability. Its main contribution lies in providing a domain-specific approach that translates national data governance principles into layered decision logic, readiness assessment, and auditability for inter-entity data-sharing requests. In this respect, HUDGEF complements rather than replaces the national data governance foundations established by NDMO and SDAIA. The illustrative scenario showed how crowd-density data could be shared with a transportation entity under appropriate controls, including aggregation, access restrictions, and audit logging. By integrating these elements, HUDGEF provides a practical conceptual model for improving trust, consistency, and accountability in data-sharing decisions. It also supports operational decision-making by ensuring that shared datasets are appropriately classified, sufficiently reliable, and governed by clearly defined approval conditions. HUDGEF therefore provides a useful foundation for responsible inter-entity data exchange within complex service ecosystems such as Hajj and Umrah.

References

[1] Kingdom of Saudi Arabia, Saudi Vision 2030, 2016. Accessed: May 20, 2026. [Online]. Available: https://www.vision2030.gov.sa/media/rc0b5oy1/saudi_vision203.pdf

[2] Digital Government Authority, Digital Government Regulatory Framework, 2023. Accessed: May 20, 2026. [Online]. Available: https://dga.gov.sa/en/regulatory_framework

[3] E. S. Abdoh, "Utilizing information technology to address challenges in Hajj and Umrah: A narrative review," J. Inf. Stud. Technol., 2025.

[4] Organisation for Economic Co-operation and Development, "Data governance," Accessed: May 20, 2026. [Online]. Available: https://www.oecd.org/en/topics/sub-issues/data-governance.html

[5] Organisation for Economic Co-operation and Development, Going Digital Guide to Data Governance Policy Making. Paris, France: OECD Publishing, 2022. Accessed: May 20, 2026. [Online]. Available: https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/

publications/reports/2022/12/going-digital-guide-to-data-governance-policy-making_28519d90/40d53904-en.pdf

[6] Digital Government Authority, "Freedom of information," 2025. Accessed: May 20, 2026. [Online]. Available: https://dga.gov.sa/en/information-policy

[7] Saudi Data and Artificial Intelligence Authority, Data Sharing Policy, 2020. Accessed: May 20, 2026. [Online]. Available: https://sdaia.gov.sa/ndmo/Files/PoliciesEn.pdf

[8] A. Showail, "Solving Hajj and Umrah challenges using information and communication technology: A survey," IEEE Access, vol. 10, pp. 82619–82642, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3190853.

[9] I. Jussen, F. Möller, J. Schweihoff, A. Gieß, G. Giussani, and B. Otto, "Issues in inter-organizational data sharing: Findings from practice and research challenges," Data Knowl. Eng., vol. 152, Art. no. 102280, 2024, doi: 10.1016/j.datak.2024.102280.

[10] International Organization for Standardization, Systems and Software Engineering—Systems and Software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE)—Measurement of Data Quality, ISO/IEC 25024:2015, 2015. Accessed: May 20, 2026. [Online]. Available: https://www.iso.org/standard/35749.html

[11] Saudi Data and Artificial Intelligence Authority, "Data protection law." Accessed: May 20, 2026. [Online]. Available: https://sdaia.gov.sa/en/Research/Pages/DataProtection.aspx

[12] DAMA International, "DAMA-DMBOK." Accessed: May 20, 2026. [Online]. Available: https://dama.org/learning-resources/dama-data-management-body-of-knowledge-dmbok/

[13] EDM Association, "DCAM: Data Management Capability Assessment Model." Accessed: May 20, 2026. [Online]. Available: https://edmcouncil.org/frameworks/dcam/

[14] ISACA, "COBIT." Accessed: May 20, 2026. [Online]. Available: https://www.isaca.org/resources/cobit

[15] N. Jahnke, B. Otto, and H. Österle, "Data catalogs in the enterprise: Applications and integration," Datenbank-Spektrum, vol. 23, pp. 161–171, 2023.

[16] World Wide Web Consortium, Data Catalog Vocabulary (DCAT)-Version 2, W3C Recommendation, Feb. 4, 2020. [Online]. Available: https://www.w3.org/TR/vocab-dcat-2/

[17] V. Ku□ina, A.-M. Petric, M. Bari□i□, and A. Jovi□, "CASSED: Context-based approach for structured sensitive data detection," Expert Syst. Appl., vol. 223, Art. no. 119924, Aug. 2023, doi: 10.1016/j.eswa.2023.119924.

[18] Saudi Data and Artificial Intelligence Authority, Data Classification Policy, National Data Governance Policies, May 2020. Accessed: May 22, 2026. [Online]. Available: https://sdaia.gov.sa/ar/SDAIA/about/Documents/Data%20Classification%20Policy.pdf

[19] B. Heinrich, M. Kaiser, and M. Klier, "Requirements for data quality metrics," J. Data Inf. Qual., vol. 9, no. 2, 2018. Accessed: May 20, 2026. [Online]. Available: https://epub.uni-regensburg.de/36889/1/Requirements%20for%20Data%20Quality%20Metrics.pdf

[20] V. Ojewale, H. Suresh, and S. Venkatasubramanian, "Audit trails for accountability in large language models," arXiv preprint arXiv:2601.20727, 2026. Accessed: May 20, 2026. [Online]. Available: https://arxiv.org/abs/2601.20727

[21] Y. Jabareen, "Building a conceptual framework: Philosophy, definitions, and procedure," Int. J. Qual. Methods, vol. 8, no. 4, pp. 49–62, 2009.

[22] E. Jaakkola, "Designing conceptual articles: Four approaches," AMS Rev., vol. 10, nos. 1–2, pp. 18–26, 2020, doi: 10.1007/s13162-020-00161-0.

[23] F. Ullah, "A beginner's guide to developing review-based conceptual frameworks in the built environment," Architecture, vol. 1, no. 1, pp. 5–24, 2021, doi: 10.3390/architecture1010003.

[24] J. Paul, P. Khatri, and H. K. Duggal, "Frameworks for developing impactful systematic literature reviews and theory building: What, why, and how?," J. Decis. Syst., 2023, doi: 10.1080/12460125.2023.2197700.

[25] National Data Management Office, National Data Management and Personal Data Protection Standards. Riyadh, Saudi Arabia: Saudi Data and Artificial Intelligence Authority. [Online]. Available: https://sdaia.gov.sa/en/SDAIA/about/Documents/PoliciesEN.pdf

[26] National Institute of Standards and Technology, NIST Privacy Framework: A Tool for Improving Privacy Through Enterprise Risk Management, Version 1.0. Gaithersburg, MD, USA: NIST, Jan. 2020.

[27] Joint Task Force, Security and Privacy Controls for Information Systems and Organizations, NIST Special Publication 800-53, Revision 5. Gaithersburg, MD, USA: National Institute of Standards and Technology, Sep. 2020.

[28] Joint Task Force, Risk Management Framework for Information Systems and Organizations: A System Life Cycle Approach for Security and Privacy, NIST Special Publication 800-37, Revision 2. Gaithersburg, MD, USA: National Institute of Standards and Technology, Dec. 2018.

[29] E. McCallister, T. Grance, and K. Scarfone, Guide to Protecting the Confidentiality of Personally Identifiable Information (PII), NIST Special Publication 800-122. Gaithersburg, MD, USA: National Institute of Standards and Technology, Apr. 2010.

محـــور

محور قياس أداء الكفاءة التشغيلية في المشاعر المقدسة

إطار مقترح لتبني وحوكمة وكلاء الذكاء الاصطناعي لتعزيز الكفاءة التشغيلية في الحج

أميره بنت محمد الحربي - علوم الحاسب الآلي والذكاء الاصطناعي ، جامعة أم القرى

A proposal to adopt and govern artificial intelligence agents to improve operational efficiency in Hajj

Amirah Alharbi - Computer Science and Artificial Intelligence Department, Umm AlQura University
*Corresponding author: E-mail (amnharbi@uqu.edu.sa)

الملخص

تتناول هذه الدراسة مقترحًا لتبني وحوكمة وكلاء الذكاء الاصطناعي بوصفهم أدوات تشغيلية قادرة على دعم الكفاءة التشغيلية في موسم الحج، مع تركيز خاص على إدارة الحشود وجدولة التفويج في منشأة الجمرات. وتنطلق الدراسة من أن إدارة الحشود في الحج تمثل أحد أكثر التحديات التشغيلية تعقيدًا، بسبب ارتفاع الكثافة البشرية، وتعدد المسارات، والحاجة إلى قرارات لحظية تستجيب للتغيرات الميدانية بسرعة ودقة. وفي هذا السياق، يمكن للوكلاء الأذكياء أن يسهموا في مراقبة الكثافة، وتحليل التدفق، والتنبؤ بالاختناقات، واقتراح إعادة توزيع التفويج بما يرفع الكفاءة التشغيلية ويعزز السلامة.

غير أن القيمة الحقيقية لهذه الوكلاء لا تتحقق بمجرد امتلاكها لقدرات تحليلية أو تنبؤية، بل تتطلب إطارًا حوكميًا واضحًا ينظم صلاحياتها، وآليات مراقبتها، وحدود استقلالها، ومسؤوليات الجهات المشغلة لها. لذلك، تهدف هذه الدراسة إلى بناء إطار مفاهيمي يربط بين الكفاءة التشغيلية، والوكلاء الأذكياء، والحوكمة، بحيث يتيح تبني هذه التقنيات في بيئة الحج بصورة آمنة ومنضبطة وقابلة للمساءلة. وتعتمد الدراسة منهجًا وصفيًا تحليليًا يركز على الأدبيات الحديثة في إدارة الحشود، والذكاء الاصطناعي، وحوكمة الأنظمة الوكيلة، تمهيدًا لصياغة إطار مقترح يمكن تطويره لاحقًا إلى دراسة حالة تطبيقية.

الكلمات المفتاحية: الذكاء الاصطناعي، الوكلاء الاذكياء، الحوكمة، الكفاءة التشغيلية، الحج، الجمرات، التفويج، إدارة الحشود.

Abstract

This study proposes the adoption and governance of artificial intelligence (AI) agents as operational tools capable of supporting operational efficiency during the Hajj season, with a particular focus on crowd management and scheduling at the Jamarat facility. The study begins with the premise that crowd management during Hajj is one of the most complex operational challenges due to high human density, multiple pathways, and the need for real-time decisions that respond quickly and accurately to field changes. In this context, intelligent agents can contribute to density monitoring, flow analysis, bottleneck prediction, and suggesting redistribution of pilgrims to enhance operational efficiency and safety.

However, the true value of these agents lies not merely in their analytical or predictive capabilities, but also in a clear governance framework that regulates their powers, monitoring mechanisms, limits of their independence, and the responsibilities of their operators. Therefore, this study aims to develop a conceptual framework linking operational efficiency, intelligent agents, and governance, enabling the safe, controlled, and accountable adoption of these technologies in the Hajj environment. This study employs a descriptive-analytical approach, focusing on recent literature in crowd management, artificial intelligence, and the governance of proxy systems, as a prelude to formulating a proposed framework that can later be developed into an applied case study.

Keywords: Artificial intelligence, intelligent agents, governance, operational efficiency, Hajj, Jamarat, crowd management.

1. المقدمة

تمثل إدارة الحشود في موسم الحج تحديًا تشغيليًا بالغ التعقيد، نظرًا لتداخل العوامل الزمنية والمكانية والبشرية والتنظيمية في بيئة ذات كثافة عالية وحساسية استثنائية. ويظهر هذا التحدي بوضوح في منشأة الجمرات، حيث تتطلب حركة الحجاج والتفويج المتتابع تنسيقًا دقيقًا بين غرف العمليات والجهات الميدانية والمنظومات التقنية الداعمة. ومع تزايد الاعتماد على الحلول الذكية في إدارة الحشود، برزت الحاجة إلى نماذج أكثر تقدمًا من الأنظمة التقليدية، قادرة على التحليل الفوري، والتنبؤ، ودعم القرار، وربما تنفيذ بعض الإجراءات التشغيلية ضمن حدود محددة [1] . ينطلق هذا البحث من مفهوم الكفاءة التشغيلية بوصفه قدرة المنظومة على تحقيق أهدافها بأفضل توظيف ممكن للوقت والموارد والجهد، مع الحفاظ على الجودة والسلامة وتقليل الهدر . وفي السياق العام، تشير الكفاءة التشغيلية إلى مدى قدرة النظام على العمل بانسيابية وفاعلية وموثوقية. أما في سياق الحج، فإنها تعني قدرة المنظومة التشغيلية على استيعاب أعداد كبيرة من الحجاج، وضبط حركة التفويج، وتقليل زمن الانتظار، وتفادي نقاط الاختناق، والحفاظ على أعلى درجات السلامة والانضباط . ومن ثم، فإن الكفاءة التشغيلية في هذه الدراسة ليست مفهومًا إداريًا مجردًا، بل معيارًا عمليًا لقياس جودة إدارة الحشود في بيئة شديدة الحساسية[2] . ولتحويل هذا المفهوم إلى أداة بحثية قابلة للقياس، تعتمد الدراسة على مجموعة من المؤشرات التشغيلية التي تعكس الأداء الفعلي، مثل: زمن الانتظار، وكثافة الحشود، ومعدل الانسيابية، وعدد نقاط الاختناق، وزمن الاستجابة للحالات الطارئة، ونسبة الالتزام بجدولة التفويج، ومستوى الاستفادة من الطاقة الاستيعابية للممرات والجسور، ودقة التنبؤ بالازدحام. وتمثل هذه المؤشرات الأساس الذي يمكن من خلاله تقييم ما إذا كانت الوكلاء الأذكياء تضيف قيمة حقيقية إلى المنظومة التشغيلية أم لا. وفي هذا الإطار، يبرز مفهوم الوكلاء الأذكياء بوصفه أحد أهم التحولات الحديثة في تطبيقات الذكاء الاصطناعي. فالوكلاء الأذكياء هي أنظمة برمجية قادرة على إدراك البيانات، وتحليل السياق، واتخاذ قرارات أو اقتراح إجراءات متعددة الخطوات لتحقيق هدف محدد [3] . وتمتاز هذه الوكلاء بأنها لا تقتصر على إنتاج مخرجات ثابتة، بل تتفاعل مع البيئة التشغيلية وتعيد ضبط سلوكها وفقًا للمتغيرات الجديدة . وفي بيئة الحج، يمكن توظيفها في مراقبة الحشود، وتحليل الكثافة، وتنبيه غرف العمليات، واقتراح إعادة توزيع التفويج أو تعديل الجدولة بما ينسجم مع الوضع الميداني اللحظي. غير أن تبني هذه الوكلاء في بيئة تشغيلية عالية الحساسية لا يمكن أن يتم بمعزل عن الحوكمة. فالحوكمة هنا تعني مجموعة السياسات والضوابط والآليات التي تحدد ما يمكن للوكلاء فعله، ومن يراقبها، وكيف تُسجل قراراتها، ومتى يجب أن تتدخل الرقابة البشرية. وتشمل الحوكمة كذلك تحديد مستويات الاستقلالية، وآليات المراجعة، وضبط البيانات، وتوزيع المسؤولية بين الجهات التقنية والتشغيلية والتنظيمية . ومن ثم، فإن الحوكمة لا تُطرح هنا بوصفها قيدًا على الابتكار، بل بوصفها شرطًا لضمان أن يكون التبني التقني آمنًا، وفعّالًا، وقابلًا للمساءلة [4].

وتنبع أهمية هذه الدراسة من سعيها إلى بناء مقترح علمي يجمع بين ثلاث دوائر متداخلة: الكفاءة التشغيلية، والوكلاء الأذكياء، والحوكمة، في سياق تطبيقي شديد الخصوصية هو الحج. كما أن التركيز على هذا الموضوع يكتسب أهمية إضافية بالنظر إلى التوجه المتزايد نحو استخدام الذكاء الاصطناعي والتحليلات الذكية في دعم إدارة الحشود والتفويج داخل المشاعر المقدسة. وعليه، فإن هذه الدراسة تسعى إلى تقديم إطار أكاديمي موجز وواضح يمكن أن يشكل أساسًا لاحقًا لدراسة حالة تطبيقية في منشأة الجمرات، مع الحفاظ على التوازن بين الطموح التقني ومتطلبات السلامة والحوكمة .

مشكلة الدراسة

تشهد بيئة الحج، ولا سيما في منشأة الجمرات، مستوى مرتفعًا من التعقيد التشغيلي نتيجة الكثافة البشرية الكبيرة، وتعدد المسارات، وحساسية التوقيت، وضرورة التنسيق الدقيق بين التفويج والمراقبة والاستجابة الفورية للمتغيرات الميدانية. وعلى الرغم من التطور الملحوظ في استخدام التقنيات الذكية والتحليلات اللحظية في إدارة الحشود، فإن الأدبيات الحديثة ما تزال تشير إلى وجود فجوة بين القدرة التقنية على التحليل والتنبؤ، وبين القدرة المؤسسية على تحويل هذه القدرات إلى قرارات تشغيلية موثوقة وقابلة للمساءلة . وتزداد هذه الفجوة وضوحًا عند الانتقال من الأنظمة الداعمة للقرار إلى الوكلاء الأذكياء القادرين على التأثير المباشر في عمليات المراقبة والتفويج وجدولة الحركة .

وتتمثل المشكلة الجوهرية في أن تبني وكلاء الذكاء الاصطناعي في الحج قد يحقق مكاسب مهمة في الكفاءة التشغيلية، مثل تقليل زمن الانتظار، وتحسين الانسيابية، والتنبؤ بالاختناقات، ورفع سرعة الاستجابة ، إلا أن هذه المكاسب لا يمكن ضمانها ما لم تُحكم هذه الوكلاء ضمن إطار تنظيمي واضح يحدد حدود الاستقلالية، وآليات الرقابة، ومسؤوليات الجهات المعنية، ومستويات التدخل البشري عند الحاجة. وبذلك، لا تقتصر الإشكالية على هل يمكن استخدام الوكلاء الأذكياء في الحج، بل تتجاوز ذلك إلى كيف يمكن تبنيهم وحوكمتهم بما يحقق الكفاءة التشغيلية دون الإخلال بالسلامة أو الانضباط أو المساءلة .

ينطلق هذا البحث من السؤال الرئيس الآتي:

كيف يمكن تبني وحوكمة وكلاء الذكاء الاصطناعي بما يسهم في تحسين كفاءة التشغيل في الحج، وبخاصة في إدارة الحشود وجدولة التفويج في منشأة الجمرات؟

ويتفرع عن هذا السؤال الرئيس الأسئلة الفرعية الآتية:

1. ما المقصود بالكفاءة التشغيلية في السياق العام، وكيف تُعرَّف في بيئة الحج؟

2. ما المؤشرات التشغيلية الأكثر ملاءمة لقياس الكفاءة في إدارة الحشود والتفويج؟

3. ما طبيعة الوكلاء الأذكياء، وما الأدوار التي يمكن أن يؤدوها في دعم القرار التشغيلي في الحج؟

4. ما الإطار الحوكمي اللازم لضبط استقلالية هذه الوكلاء وصلاحياتها وآليات مساءلتها؟

5. كيف يمكن تحقيق التوازن بين الفعالية التشغيلية من جهة، ومتطلبات السلامة والامتثال والرقابة البشرية من جهة أخرى؟

أهداف الدراسة

تهدف هذه الدراسة إلى ما يأتي:

1. تأصيل مفهوم الكفاءة التشغيلية من حيث دلالته العامة، ثم تحديده في سياق الحج بوصفه معيارًا لنجاح إدارة الحشود وجدولة التفويج .

2. تحديد المؤشرات الرئيسة التي يمكن الاستناد إليها في قياس الكفاءة التشغيلية في منشأة الجمرات، مثل زمن الانتظار، وكثافة الحشود، ومعدل الانسيابية، ونقاط الاختناق، وزمن الاستجابة، والالتزام بالجدولة .

3. توضيح مفهوم وكلاء الذكاء الاصطناعي ودورهم المحتمل في دعم القرار التشغيلي، وتحليل الحشود، والتنبؤ، واقتراح التدخلات التشغيلية .

4. بناء تصور علمي لمفهوم الحوكمة في سياق الوكلاء الأذكياء، من حيث الصلاحيات، والرقابة، والتوثيق، والمساءلة، والتدخل البشري .

5. اقتراح إطار أولي لتبني وحوكمة الوكلاء الأذكياء في الحج، بحيث يكون قابلًا للتطبيق في بيئات التشغيل عالية الحساسية .

6. تهيئة أساس علمي لدراسة حالة لاحقة يمكن من خلالها اختبار هذا الإطار على الواقع التشغيلي في منشأة الجمرات أو في مسارات التفويج المرتبطة بها .

أهمية الدراسة

تنبع أهمية هذه الدراسة من كونها تتناول موضوعًا يجمع بين الأهمية التشغيلية العالية والتحول التقني المتسارع والحساسية المؤسسية والتنظيمية في آن واحد. فالحج بوصفه من أكبر التجمعات البشرية السنوية يفرض متطلبات دقيقة في إدارة الحشود، والتفويج، وضبط الانسيابية، والحد من الاختناقات، وهو ما يجعل أي تحسين في الكفاءة التشغيلية ذا أثر مباشر على السلامة وجودة الأداء. وفي هذا السياق، يكتسب توظيف وكلاء الذكاء الاصطناعي أهمية خاصة، لأن هذه الوكلاء لا تقتصر على دعم التحليل، بل يمكن أن تسهم في تحويل البيانات اللحظية إلى قرارات تشغيلية أكثر سرعة ومرونة. ومن ثم، فإن الدراسة تأتي استجابة لحاجة عملية ملحّة تتمثل في تطوير أدوات أكثر فاعلية لإدارة العمليات في منشأة الجمرات وسائر بيئات الحج التشغيلية.

وتتجلى الأهمية العلمية للدراسة في أنها تسهم في ربط ثلاثة مجالات غالبًا ما تُتناول بصورة منفصلة في الأدبيات: الكفاءة التشغيلية، والوكلاء الأذكياء، والحوكمة . فالأدبيات المتخصصة في إدارة الحشود في الحج ركزت بدرجات متفاوتة على التقنيات الذكية، والتحليلات التنبؤية، وأنظمة المراقبة، لكنها ما تزال بحاجة إلى إطار أكثر تحديدًا يوضح كيف يمكن تبني الوكلاء الأذكياء داخل هذه المنظومة بصورة منضبطة وقابلة للمساءلة. كما أن الأدبيات الحديثة في حوكمة الوكلاء تشير بوضوح إلى أن التنفيذ الفعلي لا يمكن أن يعتمد على القدرات التحليلية وحدها، بل يحتاج إلى حوكمة تشغيلية تشمل الصلاحيات، والرقابة، والتوثيق، وآليات التدخل البشري. وبذلك، تسهم هذه الدراسة في سد فجوة معرفية تربط بين "إمكانات التبني"و"شروط التبني المسؤول".

أما الأهمية التطبيقية، فتتمثل في أن النتائج المتوقعة من هذا البحث يمكن أن تساعد الجهات المعنية بالحج في بناء تصور عملي لتبنّي الوكلاء الأذكياء دون الإخلال بمتطلبات السلامة والانضباط المؤسسي . فوجود إطار حوكمة واضح يتيح للجهات التشغيلية الاستفادة من قدرات الذكاء الاصطناعي في رصد الكثافة، والتنبؤ بالازدحام، وإعادة توجيه التفويج، مع الحفاظ على الرقابة البشرية عندما تتطلب الحالة ذلك. كما أن الدراسة قد تفيد في تصميم سياسات تشغيلية أو لوائح داخلية تضمن أن تكون قرارات الوكلاء قابلة للتفسير والمراجعة والتدقيق، وهو أمر بالغ الأهمية في بيئات حساسة ومعقدة مثل الحج .

وتكتسب الدراسة أيضًا أهمية مؤسسية واستراتيجية؛ إذ إن تبني وكلاء الذكاء الاصطناعي في الحج يتقاطع مع توجهات أوسع نحو التحول الرقمي والاعتماد على التقنيات الذكية في تحسين جودة الخدمات وإدارة الموارد. ومن ثم، فإن تطوير إطار حوكمة مناسب لا يخدم الكفاءة التشغيلية فحسب، بل يعزز أيضًا الثقة المؤسسية، ويحد من المخاطر، ويساعد في بناء نموذج يمكن تعميمه على مواسم لاحقة أو على بيئات تشغيلية مشابهة. وعلى هذا الأساس، فإن أهمية الدراسة لا تقتصر على الجانب العلمي النظري، بل تمتد إلى الجوانب العملية والتنظيمية والاستراتيجية المرتبطة بإدارة الحج.

حدود الدراسة

تتحدد هذه الدراسة بعدة حدود منهجية وموضوعية ومكانية وزمانية ينبغي توضيحها لضبط نطاق البحث وتجنب التوسع غير المقصود.

أولًا، الحد الموضوعي: تركز الدراسة على تبني وحوكمة وكلاء الذكاء الاصطناعي بوصفها أدوات داعمة للكفاءة التشغيلية، ولا تتناول جميع تطبيقات الذكاء الاصطناعي في الحج، ولا

تتوسع في الجوانب الروبوتية أو الطبية أو الخدمية إلا بقدر ما يخدم موضوع البحث. كما أن الاهتمام الرئيس ينصب على الجوانب التشغيلية المرتبطة بالحشود والتفويج، لا على الجوانب العقدية أو الفقهية أو الاجتماعية للحج.

ثانيًا، الحد المكاني: تركز الدراسة على منشأة الجمرات كمثال باعتبارها البيئة التشغيلية الأكثر حساسية من حيث كثافة الحركة وتعقيد التفويج، مع إمكانية الإشارة إلى بعض العناصر المرتبطة بمسارات الحجاج أو غرف العمليات أو الإسناد التقني إذا كانت ذات صلة مباشرة بالإطار المقترح . ولا تهدف الدراسة إلى تحليل جميع المشاعر المقدسة بالتفصيل، بل تتخذ الجمرات نموذجًا مركزيًا للتطبيق.

ثالثًا، الحد الزماني: تنظر الدراسة إلى موسم الحج بوصفه الإطار الزماني الرئيسي، وبالأخص الفترات التشغيلية الأكثر كثافة، دون الخوض في تحليلات تاريخية موسعة إلا عند الحاجة لتوضيح تطور الأدوات أو الممارسات. وهذا الحد الزماني ضروري لأن معايير الكفاءة التشغيلية في الحج تتغير بحسب المرحلة الزمنية والضغط التشغيلي في كل موسم.

رابعًا، الحد المنهجي: تتبنى الدراسة منهجًا وصفيًا تحليليًا في مرحلتها الحالية، يهدف إلى بناء إطار مفاهيمي ومقترح أولي، بالاستناد إلى الأدبيات الحديثة في إدارة الحشود، والذكاء الاصطناعي، وحوكمة الوكلاء. ولا تزعم الدراسة في مرحلتها الأولى تقديم قياس ميداني كامل أو اختبار تجريبي للإطار، بل تضع الأساس النظري والمنطقي الذي يمكن تطويره لاحقًا إلى دراسة حالة أو نموذج تطبيقي.

خامسًا، حدود البيانات: تعتمد الدراسة على المصادر المنشورة والأدبيات المتاحة والتقارير الفنية والبحثية المرتبطة بالحج وإدارة الحشود وحوكمة الوكلاء. ولا تشمل الدراسة بيانات تشغيلية سرية أو ميدانية غير متاحة للباحث، وهو ما يجعل إطارها المقترح ذا طبيعة نظرية تطبيقية قابلة للتطوير لاحقًا متى توافرت البيانات اللازمة.

وبذلك، فإن هذه الحدود لا تُعد نقصًا في الدراسة، بل وسيلة لضبطها منهجيًا وتحديد مسارها العلمي بشكل واضح ومتماسك.

المنهجية

تعتمد هذه الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي بوصفه الأنسب لدراسة موضوع يجمع بين تحليل المفاهيم، ورصد الفجوات، وبناء إطار مقترح للتبني والحوكمة. ويُستخدم هذا المنهج هنا لفهم طبيعة الكفاءة التشغيلية في الحج، وتحليل دور الوكلاء الأذكياء في دعمها، ثم استنباط متطلبات الحوكمة اللازمة لضبط هذا الاستخدام. كما يسمح المنهج الوصفي التحليلي بربط الأدبيات النظرية بالتطبيقات العملية دون الحاجة – في هذه المرحلة – إلى تنفيذ تجربة ميدانية أو نموذج محاكاة كامل .

وتعتمد الدراسة في جانبها التحليلي على مراجعة أدبية انتقائية نقدية تشمل ثلاثة محاور رئيسة:

1. الأدبيات المرتبطة بإدارة الحشود في الحج والكفاءة التشغيلية .
2. الأدبيات المرتبطة بالوكلاء الأذكياء وأنظمة الذكاء الاصطناعي الوكيلة .
3. الأدبيات المرتبطة بحوكمة الوكلاء، والحوكمة التشغيلية، وآليات التحكم في الوقت الحقيقي .

ومن خلال هذه المراجعة، تسعى الدراسة إلى استخلاص العناصر المشتركة بين هذه المحاور، ثم صياغتها في صورة إطار مقترح يوضح:

- ما الذي ينبغي أن يتبناه النظام من قدرات؟
- وما الحدود التي ينبغي أن يلتزم بها؟
- وكيف يمكن مراقبته وتقييمه ومساءلته؟

كما يمكن وصف هذا التوجه بأنه بناء نظري تطبيقي، لأن الدراسة لا تكتفي بسرد المفاهيم، بل توظفها في بناء إطار حوكمي موجه لبيئة تشغيلية محددة هي الحج والجمرات . وفي مراحل لاحقة، يمكن توسيع هذه المنهجية إلى دراسة حالة أو تحليل ميداني أو قياس تجريبي إذا توافرت البيانات التشغيلية اللازمة. أما في هذه المرحلة، فإن غاية المنهج هي تقديم تصور علمي متماسك وعملي قابل للتطبيق.

الدراسات السابقة المرتبطة

أولًا: الكفاءة التشغيلية (Operational efficiency)

تُعد الكفاءة التشغيلية أحد المفاهيم المركزية في الدراسات الإدارية والتشغيلية، إذ تشير إلى قدرة النظام على تحقيق أهدافه باستخدام أقل قدر ممكن من الموارد، وفي أقصر وقت ممكن، مع الحفاظ على الجودة والسلامة والموثوقية . وفي البيئات التي تتسم بالتعقيد العالي، لا تقاس الكفاءة التشغيلية فقط بسرعة الإنجاز، بل بمدى قدرة المنظومة على الاستجابة للمتغيرات، وتقليل الهدر، وتحقيق الاتساق بين التخطيط والتنفيذ. ومن ثم، فإن الكفاءة التشغيلية تجمع بين البعد الكمي المتمثل في الزمن والموارد، والبعد النوعي المتمثل في سلامة القرار ودقته واستقراره [5]. وفي سياق الحج، تكتسب الكفاءة التشغيلية معنى أكثر تحديدًا وحساسية، لأنها ترتبط مباشرة بإدارة الحشود، وجدولة التفويج، وتوزيع الحركة في أوقات محددة، والتعامل مع الازدحام في المواقع ذات الكثافة المرتفعة، ولا سيما منشأة الجمرات. وتشير الأدبيات الحديثة إلى أن التحسين في الكفاءة التشغيلية في الحج يعتمد على أدوات مثل المراقبة اللحظية، والتحليل التنبؤي، والاتصالات الذكية، والبنية التقنية التي تدعم اتخاذ القرار بسرعة وفاعلية . ولهذا، فإن قياس الكفاءة التشغيلية في هذا السياق لا بد أن يشمل مؤشرات

مثل زمن الانتظار، وكثافة الحشود، ومعدل الانسيابية، ونقاط الاختناق، وزمن الاستجابة للحالات الطارئة، ونسبة الالتزام بجدولة التفويج [2]

وعليه، فإن الكفاءة التشغيلية في هذه الدراسة لا تُفهم بوصفها مجرد تحسن في الأداء، بل بوصفها معيارًا لمدى نجاح المنظومة في إدارة حركة الحشود بصورة آمنة ومنظمة ومرنة، مع التكيّف مع التغيرات اللحظية التي تفرضها طبيعة موسم الحج . ويترتب على هذا الفهم أن أي مقترح لتبني وكلاء الذكاء الاصطناعي يجب أن يثبت قدرته على تحسين تلك المؤشرات التشغيلية، لا أن يضيف تعقيدًا إضافيًا إلى المنظومة القائمة ,

ثانيًا: الوكلاء الأذكياء(Artificial Agents)

الوكلاء الأذكياء هم أنظمة برمجية تتمتع بدرجة من الاستقلالية، بحيث يمكنها إدراك البيانات، وتحليل السياق، واتخاذ قرارات أو اقتراح إجراءات متعددة الخطوات لتحقيق هدف محدد . وتمتاز هذه الأنظمة بأنها لا تكتفي بإنتاج مخرجات ثابتة، بل تتفاعل مع البيئة، وتعيد توجيه سلوكها وفقًا للمدخلات الجديدة، وقد تعمل بالتنسيق مع أنظمة أخرى أو ضمن أطر صلاحيات محددة. وفي الأدبيات الحديثة، يُنظر إلى الوكلاء الأذكياء بوصفهم نقلة نوعية في استخدامات الذكاء الاصطناعي، لأنهم يجمعون بين القدرة التحليلية والقدرة التنفيذية بدرجات متفاوتة [3].

وفي بيئات التشغيل المعقدة مثل الحج، يمكن أن تؤدي هذه الوكلاء أدوارًا متعددة، منها مراقبة الحشود، وتحليل التدفق، والتنبؤ بالازدحام، وإصدار التوصيات، وربما تنفيذ بعض الإجراءات التشغيلية ضمن حدود محددة سلفاً . وتبرز أهميتهم في كونهم قادرين على استيعاب بيانات متعددة المصادر – مثل الكاميرات، وأجهزة الاستشعار، والمنصات التشغيلية، وأنظمة الاتصالات – ثم تحويلها إلى مؤشرات أو قرارات تشغيلية قابلة للاستخدام في الزمن الحقيقي. وهذا ما يجعلهم مناسبين بصورة خاصة لبيئات ديناميكية مثل الجمرات، حيث تتغير الأنماط التشغيلية بسرعة، ويصبح التأخير في القرار ذا تكلفة عالية على مستوى السلامة والكفاءة [6]. غير أن الاستقلالية التي تمنحها هذه الوكلاء لا يمكن النظر إليها كميزة تقنية فقط، بل ينبغي التعامل معها بوصفها سمة تتطلب الضبط والرقابة . فكلما زادت قدرة الوكيل على التأثير في القرار التشغيلي، زادت الحاجة إلى حوكمة دقيقة تحدد صلاحياته، وتُعرّف حدود تدخله، وتضمن إمكانية التتبع والمراجعة. ومن هنا، لا يكون السؤال هو ما إذا كانت الوكلاء قادرة على الأداء، بل كيف يمكن تشغيلها بحيث تكون مفيدة وموثوقة وآمنة في آن واحد [7] .

ثالثًا: الحوكمة التشغيلية في بيئات الحج

مفهوم الحوكمة (Governance)

تُعد الحوكمة (Governance) أحد المفاهيم الأساسية في الإدارة الحديثة، وتشير بصورة عامة إلى مجموعة المبادئ، والسياسات، والهياكل التنظيمية، والضوابط، وآليات اتخاذ القرار، التي تضمن توجيه المنظمة ومراقبة أعمالها وتحقيق المساءلة والشفافية وإدارة المخاطر بما يحقق أهدافها الإستراتيجية. ولا تقتصر الحوكمة على الامتثال للأنظمة واللوائح، بل تمتد لتشمل توزيع الأدوار والمسؤوليات، وآليات الرقابة، واتخاذ القرار، والتحسين المستمر، بما يضمن الاستخدام الرشيد للموارد وتحقيق القيمة للمستفيدين(OECD; ISO/IEC 42001) [8][9].

وفي السنوات الأخيرة، توسع مفهوم الحوكمة ليشمل الأنظمة الرقمية والذكاء الاصطناعي، حيث أصبحت الحوكمة تُعنى أيضًا بتنظيم دورة حياة الأنظمة الذكية، وتحديد المسؤوليات، وضمان الشفافية، وإدارة المخاطر، والإشراف البشري، بما يحقق الاستخدام المسؤول والموثوق للتقنيات الحديثة .[10] (NIST AI RMF, 2023)

الحوكمة من منظور التكامل (Governance as an Integration Mechanism)

لا تقتصر الحوكمة على كونها إطارًا للرقابة أو الامتثال، وإنما تمثل آلية لتكامل مكونات المنظومة التشغيلية وربطها ضمن إطار موحد لاتخاذ القرار. ففي البيئات المعقدة، تتوزع المسؤوليات بين جهات تشغيلية وتقنية وتنظيمية متعددة، كما تتدفق البيانات من مصادر مختلفة، وتتداخل القرارات عبر مستويات إدارية وتشغيلية متباينة. ومن ثم، تؤدي الحوكمة دورًا محوريًا في تنسيق هذه المكونات، وتحديد العلاقات فيما بينها، وضبط تدفق البيانات، وتوزيع الصلاحيات، وتوحيد آليات اتخاذ القرار.

ومن هذا المنظور، لا تُعد الحوكمة مجرد مجموعة من السياسات، بل تمثل الإطار الذي يحقق التكامل بين الأشخاص، والعمليات، والتقنيات، والبيانات، بحيث تعمل جميعها بصورة منسقة لتحقيق الأهداف التشغيلية للمؤسسة. ويزداد هذا الدور أهمية في البيئات التي تعتمد على الذكاء الاصطناعي والوكلاء الذكية، حيث تتطلب عملية اتخاذ القرار تكاملًا مستمرًا بين مصادر البيانات، والخوارزميات، وغرف العمليات، ومتخذي القرار البشريين.

وفي سياق هذه الدراسة، يُنظر إلى الحوكمة بوصفها آلية تكامل وتشغيل (Operational Integration Mechanism)، تهدف إلى ضمان انسجام الوكلاء الذكية مع السياسات المؤسسية، وربط قراراتها بالعمليات التشغيلية، وتحديد حدود استقلاليتها، وآليات التدخل البشري، بما يحقق التكامل بين التقنية والعمليات التشغيلية، ويضمن تحسين الكفاءة التشغيلية مع المحافظة على السلامة، والامتثال، والمساءلة.

تمثل الحوكمة التشغيلية الإطار الذي ينظم العلاقة بين الإمكانات التقنية للوكلاء الأذكياء وبين متطلبات السلامة والرقابة والمساءلة المؤسسية . وهي لا تقتصر على وضع السياسات العامة، بل تمتد إلى تحديد مستويات الصلاحية، وآليات المراقبة، وقواعد التدخل البشري، ومتطلبات التوثيق، ومسارات الإبلاغ والمراجعة . وفي سياق الوكلاء الأذكياء، تصبح الحوكمة

التشغيلية ضرورة أساسية، لأن هذه الأنظمة قد تتخذ قرارات مؤثرة في حركة الحشود أو في جدولة التفويج أو في إعادة توزيع الموارد، وهو ما يستلزم أن تكون قراراتها قابلة للتفسير والتدقيق[4]. وفي بيئات الحج، تأخذ الحوكمة التشغيلية بعدًا أكثر حساسية بسبب طبيعة الحدث نفسه، إذ تتطلب العملية التشغيلية تنسيقًا متكاملًا بين الجهات الميدانية، وغرف العمليات، والأنظمة التقنية، مع ضرورة الحفاظ على أعلى درجات السلامة والانسيابية[11] . وقد أظهرت الأدبيات والتجارب الحديثة أن تطبيق الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود خلال الحج يسهم في تحسين التوزيع، وتقليل زمن الاستجابة، وتعزيز القدرة على اتخاذ القرار اللحظي[6] ، لكنه في الوقت نفسه يتطلب بنية حوكمة واضحة حتى لا تتحول الأتمتة إلى مصدر للمخاطر لذلك، فإن الحوكمة التشغيلية او التكامل في خدمات الحج يجب أن تشمل على الأقل:

1. تحديد الصلاحيات التشغيلية لكل وكيل.
2. ضبط مستويات الاستقلالية.
3. توثيق كل إجراء أو توصية صادرة عن الوكيل.
4. وجود آلية تدخل بشري عند تجاوز الحدود أو ظهور مؤشرات خطر.
5. مراجعة الأداء بعد التنفيذ لتحسين القرارات المستقبلية .

وتكتسب هذه الحوكمة أهمية إضافية في منشأة الجمرات، لأن أي خلل في القرارات التشغيلية قد يترتب عليه ازدحام، أو تأخير في التفويج، أو اختلال في الانسيابية، أو زيادة في المخاطر الميدانية . ومن ثم، فإن الحوكمة التشغيلية لا تمثل عنصرًا إداريًا ثانويًا، بل هي شرط أساسي لنجاح تبني الوكلاء الأذكياء في الحج، وضمان أن تتحول قدرتهم التقنية إلى قيمة تشغيلية فعلية دون الإضرار بمقاصد السلامة والنظام .

التحديات الأمنية وتأثيرها على الحوكمة

تُعد التحديات الأمنية من أكثر العوامل تأثيرًا في نجاح حوكمة وكلاء الذكاء الاصطناعي، ولا سيما في البيئات التشغيلية الحساسة مثل الحج، حيث تتداخل متطلبات السلامة مع كثافة البيانات وتعدد الجهات وارتفاع درجة الحساسية الزمنية. فكلما زادت قدرة الوكيل على اتخاذ قرارات أو تنفيذ إجراءات تشغيلية، زادت معه المخاطر المرتبطة بالوصول غير المصرح به، أو تجاوز الصلاحيات، أو تغير مسار التنفيذ بصورة لا يمكن التنبؤ بها مسبقًا [12] . وتكمن المشكلة الأساسية في أن الحوكمة التقليدية غالبًا ما تُبنى على المراجعة اللاحقة، بينما تتطلب الأنظمة الوكيلة ضوابط تعمل وقت التنفيذ لضمان أن السلوك الفعلي للوكيل يظل داخل الحدود المسموح بها .

وفي بيئة الحج، تتضاعف هذه الإشكالية لأن الوكيل قد يتعامل مع بيانات تشغيلية مباشرة مرتبطة بكثافة الحشود، أو بخطط التفويج، أو بمواقع الحركة، أو بقنوات اتصال ميدانية؛ وهي كلها بيانات تتطلب حماية عالية من العبث أو التسرب أو سوء الاستخدام. كما أن أي خلل أمني في هذا السياق لا يقتصر أثره على النظام التقني نفسه، بل قد ينعكس مباشرة على الانسيابية والسلامة وجودة القرار التشغيلي . لذلك، فإن الأمن في هذا البحث لا يُنظر إليه بوصفه مسألة تقنية منفصلة، بل بوصفه شرطًا أساسي لنجاح الحوكمة التشغيلية .

ومن أبرز التحديات الأمنية التي تؤثر في الحوكمة ما يلي:

1. تجاوز الصلاحيات أو اتساع نطاقها، عندما يُمنح الوكيل قدرة على الوصول إلى أدوات أو بيانات أكثر من حاجته الفعلية .
2. ضعف التتبع والتدقيق، بحيث يصعب إعادة بناء سلسلة القرار بعد تنفيذ الإجراء .
3. الهوية غير الواضحة للوكيل، خاصة إذا كان يستخدم صلاحيات مستعارة أو موروثة من المستخدم البشري، مما يضعف المساءلة .
4. الخطر التراكمي، حين تؤدي قرارات الوكيل إلى قرارات لاحقة في أنظمة أخرى، فينشأ أثر متسلسل يصعب ضبطه .
5. ضعف الفصل بين التوصية والتنفيذ، وهو ما قد يجعل التوصية الخاطئة تتحول بسرعة إلى فعل تشغيلي غير مرغوب .

وتؤثر هذه التحديات مباشرة في تصميم الحوكمة. فبدلًا من الاكتفاء بسياسات عامة، يصبح من الضروري اعتماد حوكمة وقت التنفيذ تقوم على التقييد المسبق للصلاحيات، والتحقق من كل عملية وصول، وتسجيل كل خطوة، وربط الأوامر بالهوية المؤسسية للوكيل، مع وجود آليات إيقاف آمن عند الاشتباه في السلوك غير الطبيعي. وهذا ما تؤكده الأدبيات الحديثة في حوكمة الوكلاء، التي ترى أن السؤال لم يعد: "هل لدى المؤسسة سياسة؟" بل: "هل توجد ضوابط قابلة للتنفيذ تمنع الوكيل من تجاوز حدوده أثناء العمل؟ [13]

وفي هذا السياق، تصبح السجلات التدقيقية جزءًا من الحوكمة وليس مجرد مخرجات جانبية، لأنها توفر دليلًا على ما حدث، ومتى حدث، ومن الذي سمح به، وما الذي استخدمه الوكيل من موارد أو أدوات. كما أن اعتماد مبدأ الحد الأدنى من الامتيازات، والفصل بين الهوية البشرية وهوية الوكيل، ومنع الامتيازات الموروثة غير المنضبطة، كلها عناصر ضرورية لتقليل المخاطر الأمنية التي قد تقوض الحوكمة من الداخل .

وبناءً على ذلك، فإن التحديات الأمنية لا تُضعف الحوكمة فقط، بل تعيد تعريفها. فالحوكمة الفعالة في بيئات الحج يجب أن تكون حوكمة تشغيلية-أمنية في آن واحد،

أي أنها لا تكتفي بتنظيم الأدوار والصلاحيات، بل تشمل أيضًا مراقبة السلوك أثناء التنفيذ، والتحقق من الهوية، والتوثيق، والاستجابة السريعة عند وقوع الانحراف. ومن دون هذا التكامل، تصبح الحوكمة شكلية وغير كافية لضمان أن تبقى الوكلاء الأذكياء ضمن حدود الأمان والكفاءة المطلوبة .

الإطار المقترح لتبني وحوكمة الوكلاء الأذكياء (Framework for AI Agent Governance)

ينطلق الإطار المقترح من فكرة أن تبني الوكلاء الأذكياء في بيئة الحج لا ينبغي أن يُفهم بوصفه قرارًا تقنيًا فقط، بل بوصفه قرارًا تشغيليًا ومؤسسيًا يتطلب ضبطًا دقيقًا منذ مرحلة التصميم وحتى مرحلة التشغيل والمراجعة . فالوكلاء الأذكياء، بحكم قدرتهم على تحليل البيانات واتخاذ أو اقتراح قرارات متعددة الخطوات، يمكن أن يضيفوا قيمة مهمة إلى إدارة الحشود وجدولة التفويج، غير أن هذه القيمة لا تتحقق إلا إذا جرى تأطيرها ضمن بنية حوكمة تحكم ما يُسمح للوكلاء بفعله، وكيف تُراقب أعمالهم، وما الأدلة التي تُحفظ لتفسير قراراتهم لاحقًا. ويقوم الإطار المقترح على أن التبني الفعال للوكلاء الأذكياء في الحج يمر عبر أربع طبقات مترابطة (كما هو مبين في الشكل 1 بالأسفل): طبقة الإعداد والتبني، وطبقة التمكين التشغيلي، وطبقة الحوكمة التشغيلية، وطبقة التقييم والتحسين المستمر . ولا تُعد هذه الطبقات مراحل منفصلة تمامًا، بل حلقات متداخلة تتفاعل فيما بينها لضمان أن يكون استخدام الوكلاء الأذكياء محكومًا بالكفاءة والمساءلة والسلامة في آن واحد . في الجزء التالي سنقوم بشرح تفصيلي لهذا الاطار.



شكل (1): ملخص اطار تبني وحوكمة وكلاء الذكاء الاصطناعي.

أولًا: طبقة الإعداد والتبني

تبدأ هذه الطبقة بتحديد الحاجة التشغيلية الفعلية إلى الوكلاء الأذكياء داخل منظومة الحج، وبخاصة في المواقع عالية الكثافة مثل منشأة الجمرات . وفي هذه المرحلة، تُحدَّد السيناريوهات التي قد تستفيد من تدخل الوكلاء، مثل مراقبة كثافة الحشود، اقتراح توقيتات التفويج، التنبؤ بالاختناقات، أو دعم غرف العمليات في اتخاذ القرار اللحظي . كما ينبغي في هذه المرحلة تحديد الهدف التشغيلي بدقة، حتى لا يُستخدم الوكيل في مهام لا تضيف قيمة حقيقية إلى الأداء .

ويستند التبني هنا إلى مبدأ أن التقنية لا تُعتمد لأنها متقدمة، بل لأنها تحل مشكلة تشغيلية محددة , . لذلك، يجب أن يسبق أي تبني تحليل واضح للفجوة بين الوضع القائم والوضع المستهدف، مع بيان أين يمكن للوكلاء الأذكياء أن يُحدثوا فرقًا ملموسًا في مؤشرات الكفاءة التشغيلية مثل زمن الانتظار، والازدحام، والانسيابية، ونقاط الاختناق . ومن ثم، فإن طبقة الإعداد تمثل مرحلة الاختيار الواعي لا مجرد الإضافة التقنية.

ثانيًا: طبقة التمكين التشغيلي

بعد تحديد الحاجة، تأتي طبقة التمكين التشغيلي، وهي الطبقة التي تتحول فيها الفكرة إلى قدرة عملية داخل البنية الميدانية والتقنية . وتشمل هذه الطبقة تجهيز مصادر البيانات، وتحديد قنوات الإدخال، وضبط واجهات الاتصال بين الوكيل والأنظمة التشغيلية، وربط الوكيل بغرف العمليات أو منصات المراقبة أو أنظمة التفويج . كما تشمل تحديد ما إذا كان الوكيل سيعمل في وضع المراقبة فقط، أم في وضع التوصية، أم في وضع التنفيذ المحدود، أم في وضع التنفيذ المشروط بموافقة بشرية .

وفي بيئة الحج، يُفضَّل أن يكون التشغيل التدرجي هو النهج المعتمد، بحيث يبدأ الوكيل في مستوى منخفض من الاستقلالية، ثم تُرفع الصلاحيات تدريجيًا بعد التحقق من موثوقيته. ويتيح هذا النهج اختبار قدرة الوكيل على العمل ضمن سياق شديد الحساسية دون تعريض المنظومة لمخاطر غير محسوبة . كما ينبغي في هذه الطبقة بناء منظومة اتصال آمنة بين الوكيل والجهات ذات الصلة، بحيث تُضبط الأولويات التشغيلية وتُمنع القرارات الخارجة عن حدود التفويض .

ثالثًا: طبقة الحوكمة التشغيلية

تمثل الحوكمة التشغيلية قلب الإطار المقترح، لأنها تحدد كيف يُستخدم الوكيل الذكي وما هي الحدود التي لا يجوز له تجاوزها . وهذه الطبقة تشمل مجموعة من العناصر الأساسية:

1. حوكمة الصلاحيات

تُحدد ما إذا كان الوكيل يملك فقط حق التوصية أم يملك حق التنفيذ الجزئي أم يحتاج إلى موافقة بشرية قبل أي إجراء ذي أثر تشغيلي مباشر . وفي بيئة الجمرات، يُفضل أن تكون الصلاحيات تدريجية ومحددة بوضوح، بحيث لا يتخذ الوكيل قرارات تغيير مسار أو تفويج

واسع إلا ضمن قواعد معتمدة سلفًا .

2. حوكمة البيانات والقرارات

وتعني تسجيل كل ما يفعله الوكيل: ما البيانات التي اعتمد عليها؟ ما القرار الذي اقترحه؟ هل تم تنفيذه؟ ومن وافق عليه؟ . ويجب أن تكون هذه السجلات قابلة للمراجعة والتدقيق، حتى يمكن تفسير الأداء وتحسينه بعد انتهاء الموسم. فالعبرة هنا ليست فقط بأن يكون القرار صحيحًا، بل أن يكون قابلًا للتتبع والتفسير.

3. حوكمة التدخل البشري

وتقتضي وجود آلية واضحة للتدخل عندما يتجاوز الوكيل حدًا معينًا من المخاطر أو عندما تتعارض توصياته مع معايير السلامة أو مع قرارات الجهة المشغلة . وهذا يعكس مبدأ أن الوكيل الذكي في الحج يجب أن يكون داعمًا للقرار لا بديلًا كاملًا عن الإشراف البشري في الحالات الحرجة.

4. حوكمة الامتثال والسلامة

وتشمل التأكد من أن كل تصرفات الوكيل منسجمة مع اشتراطات الأمن والسلامة وإدارة الحشود والأنظمة التنظيمية ذات الصلة . وفي بيئة عالية الحساسية مثل الحج، يُعد هذا البعد أساسيًا، لأن أي خلل تشغيلي قد تكون له آثار مباشرة على سلامة الحشود .

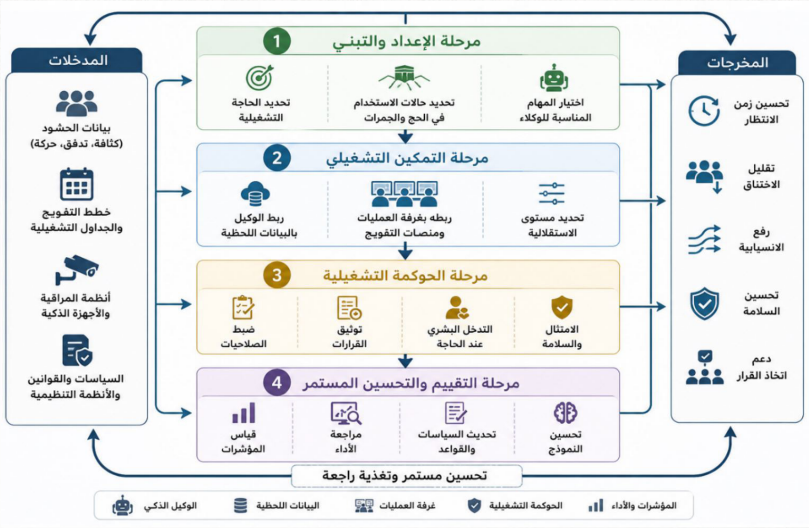
5. حوكمة المسؤولية المؤسسية

وتعني تحديد من يملك القرار النهائي، ومن يراجع الأداء، ومن يتحمل المسؤولية عند وقوع خطأ أو خلل. ويجب أن تكون هذه المسؤولية موزعة على نحو واضح بين الجهة التشغيلية والجهة التقنية والجهة الرقابية، حتى لا يحدث غموض مؤسسي في إدارة الوكلاء .

رابعًا: طبقة التقييم والتحسين المستمر

لا يكتمل الإطار المقترح إلا إذا أُضيفت إليه طبقة رابعة تقوم على التقييم المستمر وتحسين الأداء. ففي نهاية كل دورة تشغيلية، يجب مراجعة أثر الوكلاء على مؤشرات الكفاءة التشغيلية: هل انخفض زمن الانتظار؟ هل تحسنت الانسيابية؟ هل خفّت نقاط الاختناق؟ هل زادت دقة التنبؤ؟ كما ينبغي تحليل مدى التزام الوكلاء بضوابط الحوكمة، ومدى فاعلية التدخل البشري عند الحاجة.

وتسمح هذه الطبقة بتحويل التجربة التشغيلية إلى معرفة تراكمية، بحيث لا يبقى الوكيل مجرد أداة منفصلة، بل يصبح جزءًا من منظومة تعلم مؤسسي مستمر ومن خلال هذا التقييم، يمكن تعديل الصلاحيات، أو تحسين قواعد القرار، أو تطوير قنوات البيانات، أو حتى إعادة تصميم بعض عمليات التفويج نفسها.



شكل (1): الاطار التفصيلي لمقترح تبني وحوكمة وكلاء الذكاء الاصطناعي في الحج.

خلاصة الإطار

بناءً على ما سبق، يقوم الإطار المقترح في الشكل 2 على مبدأ جوهري مفاده أن تبني الوكلاء الأذكياء في الحج يجب أن يكون تبنيًا مشروطًا بالحوكمة، لا تبنيًا تقنيًا مجردًا . فالقيمة التشغيلية لا تتحقق إلا عندما تُدمج القدرة التحليلية للوكلاء ضمن بنية مؤسسية تحدد لهم الأدوار والصلاحيات والحدود، وتضمن تتبع قراراتهم، وتربط أداءهم بمؤشرات تشغيلية واضحة . وبهذا المعنى، فإن الإطار المقترح لا يهدف فقط إلى تحسين الأداء، بل إلى ضمان أن يكون تحسين الأداء نفسه آمنًا، قابلًا للمساءلة، ومتعينًا على خدمة أهداف الحج التشغيلية .

دراسة حالة تطبيقية افتراضية : وكيل مراقبة الجمرات ووكيل تحديث التفويج

1. مدخل دراسة الحالة

تُعد منشأة الجمرات من أكثر البيئات التشغيلية حساسية في موسم الحج، نظرًا لتقاطع كثافة الحشود مع ضيق المسارات وتوقيتات الحركة المتزامنة، وهو ما يجعل أي اضطراب في الانسيابية ذا أثر مباشر على السلامة والكفاءة التشغيلية . وقد تناولت الأدبيات السابقة نماذج متعددة لإدارة حشود الحج اعتمادًا على الذكاء الاصطناعي والرؤية بالحاسوب، أو المحاكاة المعتمدة على الصور الحية، أو التنبؤ بكثافة الحشود باستخدام الشبكات العصبية والتعلم الآلي . وفي هذا السياق، تقترح هذه الدراسة حالة تطبيقية

مبسطة تتكون من وكيلين فقط: وكيل لمراقبة جسر الجمرات ووكيل آخر لتحديث خطة وجدولة التفويج، وذلك بهدف توضيح كيف يمكن للوكلاء الأذكياء أن يعملوا بصورة متكاملة ضمن إطار حوكمي وتشغيلي واضح . (Operational Integration governance)

ويقوم هذا النموذج المصغر على فرضية أن فصل وظيفة الرصد عن وظيفة إعادة الجدولة يتيح فهماً أوضح لتدفق القرار التشغيلي، ويُسهّل حوكمة الصلاحيات، ويجعل مؤشرات الأداء أكثر قابلية للقياس والمراجعة. كما أن هذا الفصل يسمح للجهات المشغلة بالتحكم في درجة الاستقلالية الممنوحة لكل وكيل، بحيث يظل النظام مرنًا من جهة، ومضبوطًا وخاضعًا للمساءلة من جهة أخرى .

2. الوكيل الأول: وكيل مراقبة جسر الجمرات

1.2 الدور الوظيفي

يتولى هذا الوكيل مهمة مراقبة الوضع التشغيلي وكثافة الحشود بشكل لحظي في محيط الجمرات، من خلال تحليل البيانات القادمة من الكاميرات، أو التحليلات البصرية، أو أي مصادر استشعار متاحة . ويهدف هذا الوكيل إلى تحويل الصورة الميدانية الخام إلى مؤشرات تشغيلية ذات معنى، مثل الكثافة اللحظية، ومعدل التدفق، ومؤشر الاختناق، ومؤشر الخطر، والانحراف عن النمط الطبيعي للحركة .

2.2 المؤشرات التي يقيسها

يمكن أن تشمل مؤشرات وكيل المراقبة ما يأتي:

- الكثافة اللحظية في كل مسار من مسارات الجمرات .
- معدل التدفق داخل المسار أو عند نقاط الدخول والخروج .
- عدد نقاط الاختناق أو الازدحام غير الطبيعي .
- مؤشر الخطر التشغيلي، وهو مؤشر مركب يحدد مدى الحاجة للتدخل .
- زمن الاستجابة المطلوب قبل حدوث تفاقم في الكثافة .

3.2 مخرجاته

لا يصدر هذا الوكيل قرارات تنظيمية مباشرة، بل يرسل تقارير أو تنبيهات آنية إلى وكيل التفويج أو إلى غرفة العمليات، تتضمن توصيف الوضع الحالي وتقديرًا لمستوى الخطر , . ويمكن أن يكون مخرجه في صورة:

- حالة آمنة.
- حالة ازدحام متزايد.
- حالة حرجة تستلزم تعديل التفويج.
- حالة طوارئ تحتاج تدخلاً بشريًا مباشرًا .

3. الوكيل الثاني: وكيل تحديث التفويج

1.3 الدور الوظيفي

يتلقى هذا الوكيل مخرجات وكيل المراقبة، ثم يقوم بتحديث خطة التفويج وجدولتها بما يتلاءم مع الواقع التشغيلي الفعلي , , . وهو لا يتعامل مع الصورة الميدانية مباشرة، بل يعتمد على المؤشرات التي يزوده بها الوكيل الأول، ثم يحولها إلى توصيات أو تعديلات تشغيلية , , .

2.3 وظائفه الرئيسة

تشمل وظائف وكيل تحديث التفويج ما يلي:

- اقتراح تأخير دفعة تفويج عندما تكون الكثافة مرتفعة .
- اقتراح تقديم دفعة أخرى عندما تنخفض الكثافة ويصبح المسار متاحًا .
- إعادة توزيع المجموعات على مسارات بديلة إذا ظهرت نقاط اختناق .
- رفع توصية إلى المشرف البشري إذا تجاوزت المؤشرات الحد الآمن .
- تحديث الجدول التشغيلي دوريًا وفق دورة زمنية قصيرة .

3.3 مؤشرات أدائه

يمكن تقييم هذا الوكيل عبر مؤشرات مثل:

- الالتزام بالجدول المعدل
- زمن الانتظار قبل التفويج
- عدد التعديلات التي اقترحها
- أثر التعديل على الانسيابية
- عدد الحالات التي تطلبت تدخلًا بشريًا

4. التفاعل بين الوكيلين

يعتمد النموذج المقترح على تفاعل متسلسل ودوري بين الوكيلين. فوكيل مراقبة الجمرات يبدأ بجمع البيانات وتحويلها إلى مؤشرات تشغيلية، ثم يرسل تلك المؤشرات إلى وكيل تحديث التفويج وبعدها يقوم وكيل التفويج بتحليل الوضع واتخاذ أحد ثلاثة مسارات:

1. الإبقاء على الجدول الحالي إذا كانت المؤشرات ضمن الحدود الآمنة.

2. تعديل الجدولة إذا ظهرت مؤشرات ازدحام متوسطة أو متزايدة.

3. إصدار تنبيه تصعيدي إلى المشرف البشري إذا تجاوزت المخاطر حدود التعديل الآلي.

ويُفهم هذا التفاعل بوصفه حلقة قرار تشغيلية لا تعمل بمعزل عن الحوكمة، بل داخلها، فكلما أرسل وكيل المراقبة إشارة جديدة، أعاد وكيل التفويج تقييم الخطة، ثم حفظ التغيير في السجل التشغيلي، بما يسمح بمراجعة كل قرار لاحقًا. وبذلك، تتحول العملية من تفويج جامد إلى تفويج ديناميكي يوازن بين السلامة والكفاءة .

5. الإطار التشغيلي للحالة

يمكن تمثيل السيناريو التشغيلي على النحو الآتي:

1. تبدأ الدورة التشغيلية عند توفر بيانات مباشرة من الجمرات.

2. يحلل وكيل المراقبة البيانات ويحدد مستوى الكثافة والانسيابية.

3. يرسل المؤشرات إلى وكيل تحديث التفويج.

4. يقيم وكيل التفويج الحاجة إلى تعديل الخطة.

5. إذا كانت المؤشرات آمنة، يستمر الجدول الحالي.

6. إذا ارتفعت المخاطر، يُعاد ضبط الخطة أو تُؤجل إحدى الدفعات.

7. إذا بلغت المخاطر مستوى حرجًا، يُرفع القرار إلى المشرف البشري .

هذا التسلسل يوضح أن النظام المقترح لا يهدف إلى استبدال الإشراف البشري، بل إلى رفع جودة القرار التشغيلي عبر توزيع الأدوار بين الرصد والتحليل والتعديل، مع الإبقاء على نقطة تدخل بشرية عند الحاجة (Human-in-the-loop)

6. القيمة العلمية والعملية للدراسة الحالة

تكمن أهمية هذه الحالة التطبيقية في أنها تجعل الإطار النظري السابق قابلاً للفهم والاختبار . فبدلاً من الحديث العام عن الذكاء الاصطناعي في الحج، يقدّم هذا النموذج مثالًا عمليًا واضحًا على كيفية تقاسم الوظائف بين وكيل يراقب ووكيل يقرر، وعلى كيفية تحويل البيانات اللحظية إلى قرارات تفويج أكثر مرونة . كما يتيح هذا النموذج وضع مؤشرات حوكمة دقيقة، مثل عدد مرات التعديل، وعدد التنبيهات، وعدد التدخلات البشرية، مما يدعم التقييم بعد الموسم ويغني عملية التحسين المستمر .

وتشير الأدبيات المتعلقة بحشود الحج المذكورة سابقاً إلى أن النماذج المعتمدة على الوكلاء، والتحليل البصري، والنمذجة المعتمدة على المحاكاة، أثبتت إمكانات واعدة في الحد من التكدس وتحسين الانسيابية، خاصة في المواقع ذات الكثافة العالية مثل رمي الجمرات. وعليه، فإن دراسة الحالة المقترحة هنا تمثل تبسيطًا منهجيًا لتلك الاتجاهات، مع تركيز خاص على الوضوح التشغيلي والحوكمة التنفيذية .

الخاتمة

خلصت هذه الدراسة إلى أن تبني وكلاء الذكاء الاصطناعي في بيئة الحج، ولا سيما في إدارة الحشود وجدولة التفويج في منشأة الجمرات، يمثل فرصة واعدة لتعزيز الكفاءة التشغيلية من خلال تحسين الانسيابية، وتقليل زمن الانتظار، ودعم القرار اللحظي، والتعامل بصورة أكثر مرونة مع التغيرات الميدانية. وتبين أن القيمة المضافة للوكلاء الأذكياء لا تكمن في قدرتهم على التحليل فحسب، بل في قدرتهم على تحويل البيانات اللحظية إلى تدخلات تشغيلية أكثر دقة وسرعة، وهو ما يتسق مع الاتجاهات الحديثة في استخدام الذكاء الاصطناعي لدعم إدارة الحشود في مواسم الحج .

وفي المقابل، أوضحت الدراسة أن هذه الإمكانات لا يمكن توظيفها بصورة فعالة ومستدامة إلا ضمن إطار حوكمة تشغيلي واضح يحدد الصلاحيات، ويفرض التوثيق، ويضمن وجود تدخل بشري عند الحاجة، ويؤسس لمسار قابل للمساءلة والمراجعة . وقد بيّن الإطار النظري أن الحوكمة التشغيلية ليست عنصرًا ثانويًا، بل هي شرط رئيسي لنجاح التبني المسؤول للوكلاء الأذكياء، خاصة في البيئات عالية الحساسية مثل الحج، حيث يمكن لأي قرار تشغيلي غير منضبط أن ينعكس مباشرة على السلامة وجودة الحركة والانسيابية ومن ثم، فإن الدراسة تدعم رؤية مفادها أن التحول نحو الوكلاء الأذكياء في الحج يجب أن يكون تحولًا حوكميًا بقدر ما هو تحول تقني.

كما خلصت الدراسة إلى أن الإطار المقترح – القائم على طبقات الإعداد والتبني، والتمكين التشغيلي، والحوكمة التشغيلية، والتقييم المستمر – يوفر أساسًا علميًا وعمليًا يمكن البناء عليه في تطوير تطبيقات أكثر تخصصًا في المستقبل . وبذلك، تسهم هذه الدراسة في سد جزء من الفجوة بين إمكانات الذكاء الاصطناعي التوكيلي ومتطلبات التطبيق الآمن في الحج، مع التأكيد على أن النجاح الحقيقي لا يقاس فقط بقدرة النظام على العمل، بل بقدرته على العمل بكفاءة، وبضبط، وبمسؤولية .

التوصيات

في ضوء ما توصلت إليه الدراسة، توصي بما يأتي:

1. تبني الوكلاء الأذكياء تدريجيًا في العمليات التشغيلية المرتبطة بالحج، بدءًا من مهام المراقبة والتحليل والتوصية، ثم التوسع المشروط إلى مهام أكثر تأثيرًا بعد التحقق من موثوقية الأداء .

2. إنشاء إطار حوكمي تشغيلي واضح مستند على الأطر العالمية والمحلية مثل سدايا

SDAIA يحدد مستويات الاستقلالية، وقواعد التدخل البشري، وآليات التوثيق، ومسارات المساءلة في حال وقوع أخطاء أو انحرافات .

3. ربط الوكلاء الأذكياء بمؤشرات أداء تشغيلية دقيقة مثل زمن الانتظار، والانسيابية، والكثافة، ونقاط الاختناق، ودقة التنبؤ، بحيث يصبح تقييم الوكيل مبنيًا على أثره الفعلي في الكفاءة التشغيلية .

4. اعتماد سجل تدقيق تشغيلي غير قابل للتلاعب يوثق بيانات الإدخال، والقرارات المقترحة، والقرارات المنفذة، والجهات التي وافقت أو تدخلت، بما يدعم المراجعة والتحسين بعد الموسم .

5. تعزيز التكامل بين الجهات التشغيلية والتقنية والتنظيمية حتى لا تعمل الوكلاء الذكية بصورة معزولة عن غرف العمليات أو الجهات الرقابية، ولضمان وضوح المسؤولية المؤسسية .

6. إجراء تجارب ميدانية أو دراسات حالة لاحقة في منشأة الجمرات أو في مسارات التفويج المرتبطة بها، لاختبار الإطار المقترح وتحليل أثره على الأداء التشغيلي بصورة عملية .

7. تطوير أدلة تشغيلية وسياسات داخلية خاصة باستخدام الوكلاء الأذكياء في الحج، تتضمن معايير السلامة، وحدود الصلاحية، وآلية الإيقاف الآمن، ومؤشرات الإنذار المبكر .

8. توسيع نطاق البحث مستقبلًا ليشمل المقارنة بين الأطر الحوكمية المختلفة للوكلاء الأذكياء في بيئات تشغيلية مشابهة، بهدف بناء نموذج أكثر نضجًا وقابلية للتعميم .

المراجع

[1] Abalkhail, A.A.A. and Al Amri, S.M.A., 2022. Saudi Arabia's management of the Hajj season through artificial intelligence and sustainability. Sustainability, 14(21), p.14142.

[2] Reffat, R., 2012. An intelligent computational real-time virtual environment model for efficient crowd management. International Journal of Transportation Science and Technology, 1(4), pp.365-378.

[3] Acharya, D.B., Kuppan, K. and Divya, B., 2025. Agentic AI: Autonomous intelligence for complex goals—A comprehensive survey. IEEe Access, 13, pp.18912-18936.

[4] Koch, C., 2026. From governance norms to enforceable controls: A layered translation method for runtime guardrails in agentic ai. arXiv preprint arXiv:2604.05229.

[5] Slack, N., Brandon-Jones, A. and Burgess, N., 2022. Operations management 10th edition. Pearson.

[6] Alafif, T., Jassas, M., Abdel-Hakim, A.E., Alfattni, G., Althobaiti, H., Ikram, M., Alharbi, A., Alsharif, H., Alshamrani, M., Alharbi, E. and Alsubait, T., 2025. Towards an integrated intelligent framework for crowd control and management (IICCM). IEEE Access.

[7] Botti, V., 2025. Agentic AI and Multiagentic: Are We Reinventing the Wheel?. arXiv preprint arXiv:2506.01463.

[8] OECD, "AI Principles," Organisation for Economic Co-operation and Development, 2024. https://www.oecd.org/en/topics/ai-principles.html

[9] UNESCO, "Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence," UNESCO, 2024. https://www.unesco.org/en/articles/recommendation-ethics-artificial-intelligence

[10] ISO/IEC, ISO/IEC 42001:2023 Artificial intelligence — Management system, International Organization for Standardization, 2023. https://www.iso.org/standard/42001.html

[11] Judijanto, L. and Hutagaluh, O., 2024. Integration Of Financial And Operational Management In The Organisation Of Hajj And Umrah. International Journal Of Financial Economics, 1(2), pp.581-590.

[12] Murugesan, S., 2025. The rise of agentic AI: implications, concerns, and the path forward. IEEE Intelligent Systems, 40(2), pp.8-14.

[13] Morgan, H., 2026. AI Governance Control Stack for Operational Stability: Achieving Hardened Governance in AI Systems. arXiv preprint arXiv:2604.03262.

التعلم المعزز للتحكم التكيفي في تدفق الحشود باستخدام الحواجز الديناميكية

الهنوف العليان*[1]، خاه وانغ[2]، اماني العنيزان[3] - علوم الحاسب, جامعة الأميرة نورة بنت عبدالرحمن*[1]، علوم الحاسب, جامعة كولج لندن[2]، باحث مستقل[3]

Reinforcement Learning for Adaptive Crowd Flow Control Using Dynamic Barriers

Alhanof Alolyan1*, He Wang[2] and Amani Alonayzan[3] - [1]*Computer Science, Princess Nourah University, [2]Computer Science, University College London, [3]Individual Researcher

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

الملخص

تُستخدم حواجز تنظيم الحشود على نطاق واسع للتحكم في حركة المشاة خلال الفعاليات الجماهيرية الكبرى، مثل مواسم الحج، بهدف تنظيم التدفق والحد من الازدحام. إلا أن توزيع الحواجز بطريقة ثابتة برغم نجاحه في تنظيم الحركة بصورة عامة قد يؤدي إلى توقفات غير ضرورية واختناقات. ويُعد تحديد التوزيع الأمثل للحواجز تحديًا بسبب عدم توفر بيانات مرجعية توضح أفضل مواقع للحواجز في مختلف سيناريوهات الحشود.

لذلك، تقترح هذه الدراسة إطارًا يعتمد على المحاكاة والتعلّم المعزز لتحسين توزيع الحواجز دون الحاجة إلى بيانات تدريب موسومة. تبدأ المنهجية بإنشاء بيئة محاكاة واقعية انطلاقًا من مشهد حشود مُجزّأ، بما يعكس التوزيع الحقيقي للمشاة. ثم تُستخدم هذه البيئة لتدريب وكيل يعتمد على خوارزمية Soft Actor-Critic (SAC) لتعديل مواقع الحواجز بصورة مستمرة بهدف تقليل توقفات المشاة وتحسين انسيابية الحركة مع الحفاظ على فعالية تنظيم التدفق. ويتميز الإطار المقترح بقدرته على استكشاف تكوينات جديدة للحواجز لم تُلاحظ سابقًا في البيانات الواقعية، مما يوفر حلولًا مبتكرة تتجاوز الأساليب التقليدية. وأظهرت نتائج التقييم، باستخدام أعداد مختلفة من المشاة لم تُستخدم أثناء التدريب، تفوق السياسة المتعلمة على التوزيع اليدوي للحواجز من خلال تقليل التوقفات وتحسين كفاءة الحركة. وتؤكد هذه النتائج فاعلية دمج الرؤية الحاسوبية، ومحاكاة الحشود، والتعلّم المعزز في تطوير حلول ذكية لتحسين إدارة الحشود والبنية التحتية المخصصة لتنظيمها. الكود متاح على GitHub عبر الرابط التالي: https://github.com/HanoCat/RLForHajjProject.git

الكلمات المفتاحية: التعليم المعزز، إدارة الحشود، الحواجز، تدفق الحشود.

Abstract

Crowd barriers are widely used to regulate pedestrian movement during large public events such as pilgrimages. However, fixed barrier layouts often create unnecessary stopping and local congestion even when they successfully control the overall crowd flow. Finding better barrier configurations is difficult because there is no dataset that provides the best barrier placement for a given crowd scene. We address this challenge by introducing a simulation-driven reinforcement learning framework that learns barrier configurations without requiring labelled training data. Starting from a segmented crowd scene, we construct a realistic simulation environment that reproduces the observed pedestrian distribution. This environment is then used to train a Soft Actor-Critic (SAC) agent that continuously adjusts barrier positions to improve pedestrian movement. Unlike supervised approaches the proposed framework allows the agent to explore barrier configurations that have never been observed in real data. We evaluate the learned policy under unseen numbers of pedestrians. The learned policy consistently outperforms the existing manually designed barrier configuration by reducing pedestrian stops while maintaining effective flow regulation. These results demonstrate that combining computer vision crowd simulation and reinforcement learning provides an effective framework for optimizing crowd control infrastructure. The source code is available on GitHub: https://github.com/HanoCat/RLForHajjProject.git

Keywords: Crowd simulation, reinforcement learning, Soft Actor-Critic (SAC), barrier optimization, pedestrian flow, crowd management, autonomous decision .making

1. Introduction

Crowd barriers are commonly used to regulate pedestrian movement in dense public spaces. However, manually designed layouts can create unnecessary stopping behaviour and local congestion. This is especially problematic when barriers are intended to regulate the overall crowd flow while avoiding inefficient movement locally. Existing crowd simulation methods mainly focus on modelling pedestrian behaviour or providing interactive tools for manually designing crowd control layouts rather than learning barrier configurations automatically [1][2]. Reinforcement learning has also been applied to crowd simulation and evacuation planning by learning pedestrian behaviours or tuning simulation parameters [3][4]. However, learning how to optimize physical barrier configurations from an observed crowd scene has less attention. We propose a simulation-driven framework for adaptive crowd barrier control. Starting from a segmented crowd image, we construct a pedestrian simulation that reproduces the observed crowd distribution.

This simulation serves as the environment for (SAC) that learns continuous barrier configurations. The reward encourages smooth pedestrian movement by reducing stopping behaviour and local congestion while preserving the intended flow regulation of the barriers. Unlike supervised learning, our framework does not require labelled examples of optimal barrier placements and allows exploration beyond manually designed layouts. Experiments demonstrate that the learned policy consistently outperforms the existing ground-truth configuration and generalizes to unseen crowd sizes.

2. Methodology

Figure 1 illustrates the proposed framework, which consists of two main stages. First, a crowd image, we first annotate the walkable regions, obstacles, and barrier locations using CVAT [5]. The extracted geometry is converted into a JuPedSim simulation environment [6]. Pedestrian head locations are detected using P2PNet [7] and each pedestrian is assigned an initial position and a destination according to the segmented scene.

This process produces a realistic simulation that preserves the observed crowd distribution while allowing different barrier configurations to be evaluated. Unlike collecting real barrier-control data, the simulation provides unlimited interactions for reinforcement learning.

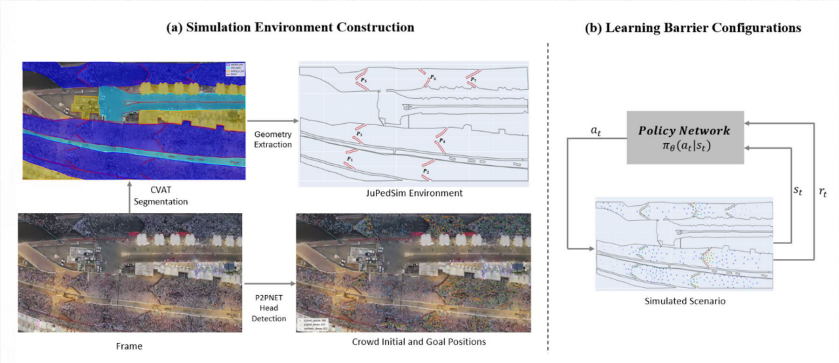


Figure 1. Proposed framework for learning adaptive barrier configurations in pilgrimage crowd management. (a) Semantic CVAT segmentation and P2PNet head detection are used to transform real-world crowd scenes into a JuPedSim environment with extracted geometry and crowd initialization states. (b) The reinforcement learning policy learns adaptive barrier configurations through interaction with the simulated crowd dynamics, avoiding manually engineered control rules and threshold selection.

Second, the generated simulation is formulated as a reinforcement learning environment where (SAC) learns continuous barrier configurations. At each time step t, the state is defined as s_t={N,B_t,P_t}, where Ndenotes the number of pedestrians, B_trepresents the current configuration of all barrier pairs, and P_t={(x_i,y_i,v_i)}_(i=1)^Ndenotes the simulated crowd state, including the position and speed of each pedestrian. The action vector a_tcontinuously adjusts the translation (Δx□,Δy)and rotation (Δθ)of every barrier pair. The reward is defined as r_t=-C, where

$$C = \lambda_s R_{\text{stop}} + \lambda_v \left(1 - \frac{\bar{v}}{v_{\max}}\right),$$

where R_stopis the proportion of stopped pedestrians, v ¯is the mean pedestrian speed, v_maxis the desired maximum walking speed, and λ_s+λ_v=1. This objective encourages barrier configurations that reduce stopping while maintaining smooth pedestrian movement.

3. Results and Discussion

Figure 2 shows the training process of the proposed SAC agent. The critic losses decrease steadily while the actor converges to a stable policy, indicating consistent learning throughout training. Figure 3 compares the learned policy with the ground-

truth (GT), all-open, and all-closed barrier configurations across different crowd sizes, including unseen numbers of pedestrians.

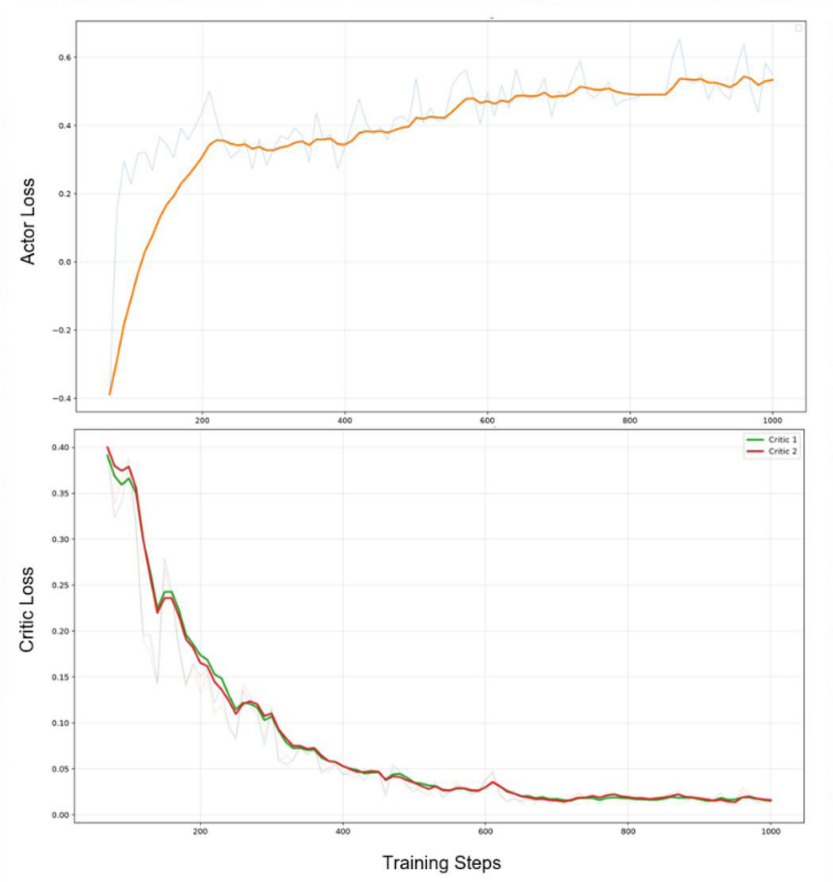


Figure 2 . Training curves of the proposed RL agent over training steps. The top plot shows the actor loss, while the bottom plot presents the losses of the two critic networks. Faint lines denote the raw training values, and solid lines show the exponentially smoothed trends. The critic losses steadily decrease and converge, indicating stable value-function learning, while the actor loss gradually stabilizes as the policy converges.

The all-open configuration achieves the highest throughput and lowest stopping ratio because pedestrians move without physical restrictions. However, completely removing barriers is not a practical solution since barriers are required to regulate pedestrian flow at the global level. In contrast, the all-closed configuration produces severe congestion and the poorest performance.

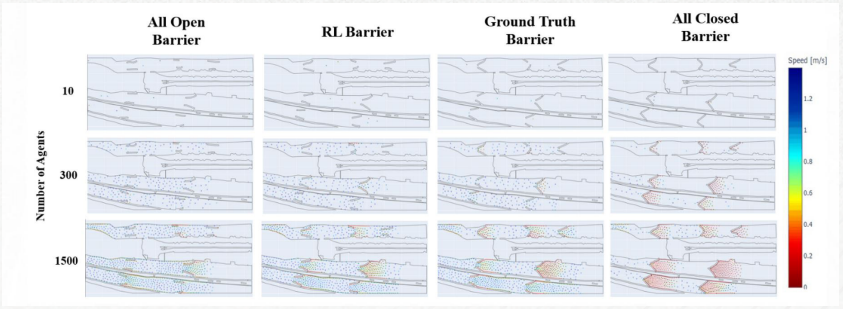


Figure 3 Qualitative comparison of barrier configurations under different crowd sizes. The proposed RL policy reduces local congestion while preserving the intended flow regulation compared with the existing ground-truth (GT) configuration. Results are shown for 10, 300, and 1500 pedestrians. The policy was trained only on crowd sizes between 100 and 700 pedestrians. Therefore, the scenarios with 10 and 1500 pedestrians demonstrate the policy›s ability to generalize to unseen number of agents.

The proposed policy learns a better compromise by adapting barrier configurations to the current crowd density. Compared with the GT layout, our method increases throughput (5.098 vs. 4.604 agents/s), improves the normalized pedestrian velocity (0.942 vs. 0.887), and reduces the stopped ratio (0.072 vs. 0.104).

Table 1. Overall performance comparison across all evaluation scenarios. The table reports the mean and standard deviation of pedestrian throughput, normalized velocity, and stopped ratio for the proposed RL policy, the random baseline, and the reference barrier configurations. Arrows (↑/↓) indicate whether higher or lower values are desirable.

	Throughput (agents/s) ↑	Velocity [0,1] ↑	Stopped Ratio [0,1] ↓
GT	4.604 ± 2.966	0.887 ± 0.223	0.104 ± 0.076
All Open	5.447 ± 3.544	1.000 ± 0.134	0.035 ± 0.023
All Closed	1.991 ± 1.287	0.304 ± 0.097	0.642 ± 0.075
RL (ours)	5.098 ± 3.302	0.942 ± 0.155	0.072 ± 0.075

Figure 4 further shows that the learned configurations consistently reduce local congestion while maintaining effective crowd regulation across different number of agents.

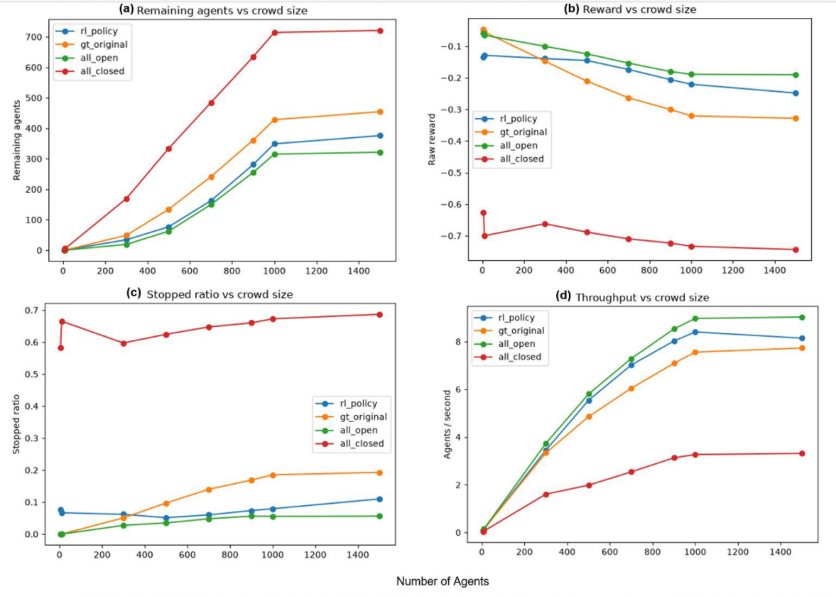


Figure 4. Performance comparison between the proposed RL-based adaptive barrier control (Ours) and the original barrier configuration (Ground Truth) under increasing crowd sizes. (a) Number of remaining agents at the end of the simulation (lower is better). (b) Mean reward obtained by each method. (c) Ratio of stopped agents (lower is better). (d) Pedestrian throughput (agents/s, higher is better). The proposed method maintains lower congestion and higher throughput as crowd density increases.

4. Conclusions

This paper presents a practical framework for learning crowd barrier configurations in the absence of optimal training data are unavailable. Instead of relying on manually designed layouts or predefined control rules, the proposed approach constructs a learning environment directly from an observed crowd scene and enables reinforcement learning to discover effective barrier configurations through interaction. Compared with the existing ground-truth (GT) barrier configuration, the proposed method increased pedestrian throughput by approximately 10.73% (from 4.604 to 5.098 agents/s), improved normalized pedestrian velocity by approximately 6.20% (from 0.887 to 0.942), and reduced the stopped-pedestrian ratio by approximately 30.77% (from 0.104 to 0.072). These results demonstrate that the learned policy provides a better balance between improving pedestrian movement and preserving the intended role of barriers in regulating crowd flow. Furthermore, the policy generalizes to unseen crowd sizes without additional supervision or scene-specific tuning, demonstrating the potential of simulation-driven reinforcement learning for intelligent crowd-management systems.

5. Recommendations

1. Incorporate perspective correction and scene calibration using known measurements, such as corridor widths, barrier dimensions, or site maps, to establish an accurate pixel-to-meter transformation.

2. Investigate faster simulation engines to reduce the computational cost associated with the large number of pedestrian simulations required during reinforcement learning.

3. Explore more sample-efficient reinforcement learning methods to reduce training requirements and improve the scalability of the proposed framework.

4. Extend the proposed framework to multiple crowd scenes and live crowd observations to evaluate its generalizability and support future real-world deployment.

References

[1] Montana Gonzalez, L.R. and Maddock, S., 2021. A sketch-based interface for real-time control of crowd simulations that incorporate dynamic knowledge. Journal of Virtual Reality and Broadcasting, 16(3).

[2] Charalambous, P., Pettre, J., Vassiliades, V., Chrysanthou, Y. and Pelechano, N., 2023. Greil-crowds: Crowd simulation with deep reinforcement learning and examples. ACM Transactions on Graphics (TOG), 42(4), pp.1-15.

[3] Zhao, Y. and Geraerts, R., 2022, August. Automatic Parameter tuning via reinforcement learning for crowd simulation with social distancing. In 2022 26th International Conference on Methods and Models in Automation and Robotics (MMAR) (pp. 87-92). IEEE.

[4] Zhang, Y., Yang, B. and Zhu, J., 2024. A double‐layer crowd evacuation simulation method based on deep reinforcement learning. Computer Animation and Virtual Worlds, 35(3), p.e2280.

[5] Sekachev, B., Manovich, N. and Zhavoronkov, A., 2019. Computer vision annotation tool. Zenodo.

[6] Wagoum, A.K., Chraibi, M., Zhang, J. and Lämmel, G., 2015, December. JuPedSim: an open framework for simulating and analyzing the dynamics of pedestrians. In 3rd Conference of Transportation Research Group of India (Vol. 12).

[7] Song, Q., Wang, C., Jiang, Z., Wang, Y., Tai, Y., Wang, C., Li, J., Huang, F. and Wu, Y., 2021. Rethinking counting and localization in crowds: A purely point-based framework. In Proceedings of the IEEE/CVF international conference on computer vision (pp. 3365-3374).

فاعلية خدمات الرعاية العاجلة في منشآت المشاعر الصحية خلال موسم الحج: دراسة مختلطة المنهج

فايزة أحمد حسانين*، سعود حامد الحساني، أبوبكر عوض يوسف - الإدارة التنفيذية للجودة والإعتمادات ، تجمع مكة المكرمة الصحي

Effectiveness of Urgent Care Services in Al-Mashaer Healthcare Facilities During the Hajj Season: A Mixed-Methods Evaluation

Fayza Ahmed Hassanin*, Saud Hamid Alhassani, Abu-Bakr Awad Yousif - Quality and Accreditations Executive Administration, Makkah Health Cluster

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

الملخص

خلفية الدراسة: تفرض التجمعات البشرية الكبرى، ومنها موسم الحج، ضغوطاً استثنائية على الأنظمة الصحية، ومع ذلك لا تزال فاعلية خدمات الرعاية العاجلة داخل المشاعر المقدسة غير مقيَّمة بصورة كافية.

المنهجية: أُجريت دراسة رصدية مختلطة المنهج في 25 مركز للرعاية العاجلة بمنشآت المشاعر الصحية خلال موسم حج 1447هـ. استُخرجت البيانات التشغيلية والسريرية من السجلات الإلكترونية، وقُيّست تجربة المرضى باستبيان رضا ثنائي اللغة من 18 بنداً، وكان المؤشر الرئيس زمن الانتظار من التسجيل حتى التقييم السريري الأول.

النتائج: من أصل 38,543 زيارة، توفرت أزمنة صالحة لـ 35,990 زيارة. بلغ متوسط العمر 46.4 ± 14.3 سنة، وشكّل الذكور 71.1 %، ومثّلت الحالات منخفضة الحدة 86.1 % من الزيارات. وبلغ وسيط زمن التقييم 9 دقائق (المدى الربيعي 5–18)، وجرى تقييم 90% خلال 35 دقيقة. وعُولج 97.7 % وخرجوا مباشرة، وحُوّل 0.5 %. وبلغ متوسط الرضا لدى 201 مستجيب 4.02 ± 0.49 من 5، غير أن الموافقة على معقولية زمن الانتظار كانت الأدنى بين البنود (63.2 %)، وكانت صعوبة الوصول إلى المركز أكثر التحديات ذكراً (49.7 %).

الخلاصة: قدّمت الشبكة رعاية آنية وحافظت على الطاقة الاستيعابية للمستشفيات، ويكمن العبء المتبقي في الوصول إلى الخدمة لا في سرعة تقديمها بعد الوصول.

الكلمات المفتاحية: الحج؛ التجمعات البشرية؛ الرعاية العاجلة؛ زمن التقييم السريري؛ ازدحام أقسام الطوارئ؛ المنهج المختلط؛ المملكة العربية السعودية.

Abstract

Background: Mass gatherings such as the Hajj pilgrimage place extraordinary demands on healthcare systems, yet the effectiveness of urgent care services within the holy sites remains insufficiently evaluated.

Methods: A convergent mixed-methods observational study was conducted across 25 urgent care centers in Al-Mashaer healthcare facilities during the 1447 AH Hajj season. Operational and clinical data were extracted from electronic records, and patient experience was assessed using an 18-item bilingual satisfaction survey. The primary outcome was door-to-assessment time.

Results: Of 38,543 encounters, 35,990 had valid timestamps. Mean age was 46.4 ± 14.3 years and 71.1% were male. Low-acuity presentations (CTAS IV–V) accounted for 86.1% of visits. Median door-to-assessment time was 9 minutes (IQR 5–18), with 90% assessed within 35 minutes. Overall, 97.7% were treated and discharged and 0.5% transferred. Respiratory infection was the leading diagnosis (15.3%). Among 201 survey respondents, the mean satisfaction score was 4.02 ± 0.49 of 5, yet agreement that waiting time was reasonable was the lowest of any item (63.2%), and difficulty reaching the center was the commonest challenge (49.7%).

Conclusion: The network delivered timely care and preserved hospital capacity. The remaining burden lies in reaching the service rather than in throughput once inside it.

Keywords: Hajj; mass gatherings; urgent care; door-to-assessment time; emergency department crowding; mixed-methods research; Saudi Arabia.

1. Introduction

Mass gatherings present unique challenges to healthcare systems because they require the rapid delivery of safe, accessible, and high-quality healthcare services under conditions of extreme demand. Among mass gathering events worldwide, the Hajj pilgrimage is one of the largest and most complex, attracting millions of pilgrims from more than 180 countries to a confined geographical area over a short period (Memish et al., 2019; Memish et al., 2024). The combination of high population density, climatic stress, language diversity and the physical demands of religious rituals creates a healthcare environment that differs substantially from routine healthcare delivery. Consequently, healthcare providers must maintain operational efficiency while ensuring patient safety and quality of care despite fluctuating and often unpredictable demand.

Saudi Arabia has developed an extensive healthcare infrastructure to support pilgrims during Hajj, including seasonal hospitals, urgent care centres, primary healthcare facilities, emergency departments, ambulance services and mobile medical teams (Ministry of Health Saudi Arabia, 2025). These services play a pivotal role in the early assessment and management of acute illness, reducing unnecessary emergency department utilisation and facilitating timely referral of patients requiring advanced care. Effective urgent care services are therefore essential to maintaining healthcare system resilience during the pilgrimage.

Previous studies have consistently reported that respiratory infections, heat-related illness, musculoskeletal injuries, trauma and exacerbations of chronic disease constitute the most common reasons for healthcare utilisation during Hajj (Gautret et al., 2020; Al-Tawfiq and Memish, 2022). These conditions require prompt clinical assessment, timely treatment and efficient patient flow to prevent clinical deterioration and reduce pressure on higher levels of care. As pilgrim numbers continue to increase, maintaining acceptable waiting times while preserving care quality has become an increasingly important performance objective for healthcare organisations.

Although considerable attention has been devoted to emergency preparedness, infectious disease surveillance, disaster response and hospital readiness during Hajj, relatively little research has comprehensively evaluated the effectiveness of urgent care services operating within the holy sites. Most published studies have focused either on the epidemiological characteristics of patient presentations or on healthcare utilisation patterns, with limited integration of operational performance indicators, patient-reported outcomes and healthcare providers' experiences. This fragmented evidence limits understanding of how organisational processes influence healthcare quality during periods of extreme demand.

Evaluating healthcare quality in urgent care settings requires assessment beyond traditional clinical outcomes. Donabedian's structure–process–outcome framework provides a useful conceptual basis for understanding healthcare performance by linking organisational resources and care processes with patient outcomes (Donabedian, 2005). Similarly, the Institute of Medicine identifies timeliness, safety, effectiveness, patient-centredness, efficiency and equity as fundamental dimensions of healthcare quality (Institute of Medicine, 2001). Within the context of Hajj, these dimensions become particularly relevant because delays in care, communication barriers, workforce distribution and resource allocation may directly affect both operational performance and patient outcomes.

Quantitative indicators alone, however, cannot fully explain why operational challenges occur during mass gatherings. Understanding frontline healthcare providers' experiences is essential for identifying organisational barriers that are not routinely captured within hospital information systems. Integrating quantitative service performance indicators with qualitative insights from physicians, nurses and allied health professionals provides a more comprehensive evaluation of urgent care effectiveness and generates actionable recommendations for future Hajj seasons (Fetters et al., 2019).

This mixed-methods study therefore aims to evaluate the effectiveness of urgent care services across Al-Mashaer healthcare facilities during the Hajj season by integrating operational performance measures, clinical outcomes and healthcare providers' perspectives. The findings are expected to inform healthcare planning, optimise resource allocation and support continuous quality improvement for future mass gathering healthcare services.

2. Methodology (Materials and methods)

2.1 Study design: This study employed a convergent mixed-methods observational design to evaluate the effectiveness of urgent care services delivered during the Hajj season 1447 AH across Al-Mashaer healthcare facilities in Makkah, Saudi Arabia (Creswell and Plano Clark, 2024). Quantitative and qualitative data were collected concurrently, analysed separately and subsequently integrated during interpretation. The quantitative component evaluated operational efficiency and clinical outcomes using routinely

collected electronic healthcare data, while the qualitative component explored healthcare providers' experiences regarding operational challenges, patient safety, workforce issues, communication and opportunities for service improvement. This approach was selected because quantitative indicators alone cannot fully explain the organisational factors influencing service delivery during mass gatherings.

2.2 Study Setting: The study was conducted across 25 urgent care centers within Al-Mashaer healthcare facilities that serve pilgrims during the Hajj season. These centers are located in Mina, Arafat, and Muzdalifah and provide urgent medical assessment and treatment for pilgrims presenting with non-life-threatening conditions. Urgent care clinics function as an intermediate level of care between primary healthcare services and hospital emergency departments. Their primary role is to provide rapid assessment, stabilisation, treatment and referral when required, thereby reducing unnecessary emergency department utilisation while maintaining patient safety during periods of exceptionally high demand.

2.3 Study population and eligibility criteria: The study comprised three complementary participant groups corresponding to the quantitative and qualitative components. The quantitative component included all patients who attended participating urgent care clinics during the Hajj season and who completed urgent care management within those facilities. All triage categories (CTAS I–V) were eligible for inclusion, reflecting the full case mix managed by the urgent care network. Encounters with incomplete electronic records and those in which patients were transferred directly to inpatient wards or critical care units before completion of urgent care management were excluded from the analysis.

The qualitative component included healthcare professionals working in urgent care services throughout the Hajj season. Purposive sampling was used to recruit participants representing different professional disciplines — emergency physicians, resident physicians, triage nurses, registered nurses, allied health professionals, and operational and support service personnel — in order to ensure diversity of perspectives and operational experience. Sampling continued until thematic saturation was achieved, whereby no substantially new concepts emerged during data analysis.

2.4 Data collection: A. Electronic medical records (EMR). Records were retrospectively reviewed to obtain patient demographic characteristics, presenting complaints, diagnoses, referral status, hospital admissions, discharge disposition, symptom stabilisation and documented complications.

B. Health information system (HIS). Operational performance indicators were extracted from the health information system, including registration time, clinical assessment time and the interval from registration to first clinical assessment (door-to-assessment time).

C. Patient satisfaction survey. Patient experience was evaluated using an electronically administered questionnaire adapted from the validated Patient Satisfaction Questionnaire Short Form (PSQ-18) and distributed through a secure QR-code platform in both Arabic and English. The instrument comprised 18 statements rated on a five-point Likert scale (1 = strongly disagree to 5 = strongly agree) and grouped into four domains: accessibility and availability of services (5 items), emergency responsiveness and preparedness (5 items), quality and safety of care (5 items), and overall satisfaction (3 items). Two open-ended questions asked respondents to describe the challenges they encountered and the improvements they would recommend. Responses were collected between 27 May and 13 July 2026; 201 complete responses were received, with no missing item data. Internal consistency of the 18-item scale was excellent (Cronbach's alpha = 0.936). Free-text responses were coded inductively into descriptive categories, and responses referring to more than one category were counted under each.

D. Qualitative interviews. Semi-structured individual interviews were conducted with healthcare providers working in urgent care clinics. A standardised interview guide explored operational workflow, patient flow challenges, workforce adequacy, resource availability, communication and coordination, patient safety, infection prevention practices, staff preparedness, competency requirements, technology utilisation and recommendations for future Hajj seasons. Interviews were conducted in a confidential setting after informed consent was obtained.

2.5 Outcome Measures: The primary outcome was door-to-assessment time, defined as the interval between patient registration and first clinical assessment. Secondary outcomes included hospital referral rate, hospital admission rate, clinical stabilisation at discharge, complication rate within 24 hours, patient-reported satisfaction and operational barriers identified through qualitative interviews.

2.6 Data analysis: Statistical analyses were performed using IBM SPSS Statistics version 25 (IBM Corp., Armonk, NY, USA). Continuous variables were assessed for normality using the Shapiro–Wilk test and summarised as mean ± standard deviation (SD) or median with interquartile range (IQR), as appropriate. Categorical variables were summarised using frequencies and percentages. Differences in door-to-assessment time between healthcare facilities were examined using the Kruskal–Wallis test. Associations between waiting

time and patient characteristics were examined using binary logistic regression, with prolonged waiting defined as a door-to-assessment time exceeding 30 minutes (Hosmer et al., 2019). Statistical significance was established at a two-sided p-value below 0.05.

Satisfaction responses were summarised as item and domain means with standard deviations, and as the proportion of respondents selecting agree or strongly agree. Internal consistency was assessed using Cronbach's alpha. Free-text responses were coded into descriptive categories and reported as counts and percentages of substantive responses.

Interview transcripts were analysed using Braun and Clarke's six-phase thematic analysis approach (Braun and Clarke, 2006; Braun and Clarke, 2022), comprising familiarisation with the transcripts, generation of initial codes, identification of candidate themes, review and refinement of themes, definition and naming of final themes, and production of an integrated narrative supported by representative participant quotations. Coding was performed iteratively, with themes refined through constant comparison across interviews until conceptual coherence was achieved. Themes were developed inductively to reflect participants' lived experiences of urgent care delivery during Hajj, and reporting followed the COREQ criteria (Tong et al., 2007).

Following separate analyses, findings from both components were integrated using a convergent mixed-methods approach. Quantitative service performance indicators were interpreted alongside qualitative themes, and areas of convergence, complementarity and divergence were identified in order to generate practical recommendations for future Hajj healthcare planning.

2.7 Ethical considerations: Ethical approval was obtained from the Institutional Review Board of King Abdullah Medical City, and the study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki and Good Clinical Practice guidelines. All patient data extracted from electronic systems were de-identified prior to analysis. Participation in the patient satisfaction survey was voluntary and anonymous. Healthcare providers participating in qualitative interviews provided informed consent before data collection, and confidentiality was maintained throughout the study. Reporting of the quantitative component followed the STROBE statement (von Elm et al., 2007).

3. Results and Discussion

3.1 Baseline characteristics of the study population: A total of 38,543 urgent care encounters were included in the analysis. The mean patient age was 46.4 ± 14.3 years, with a median of 46 years (IQR 36–58) and a range of 1–101 years. Male patients accounted for 71.1% of encounters and female patients for 28.9%. Most encounters were classified as CTAS level IV (45.3%) or level V (40.8%), indicating that the majority of presentations were of lower acuity and appropriate for urgent care management, whereas high-acuity presentations (CTAS I–II) represented only 1.0% of visits. Hajj pilgrims constituted 79.5% of the study population, confirming the seasonal role of Al-Mashaer facilities. Baseline characteristics are presented in Table 1.

Table 1. Baseline characteristics of urgent care encounters during the Hajj season (N = 38,543).

Characteristic	Value	n (%)
Age (years)		
Mean ± SD	46.4 ± 14.3	—
Median (IQR)	46 (36–58)	—
Range	1–101	—
Gender		
Male	—	27,407 (71.1)
Female	—	11,134 (28.9)
Unspecified	—	2 (<0.1)
Triage acuity (CTAS)		
CTAS I	—	188 (0.5)
CTAS II	—	215 (0.6)
CTAS III	—	4,940 (12.8)
CTAS IV	—	17,464 (45.3)
CTAS V	—	15,736 (40.8)
Patient category		
Hajj pilgrims	—	30,636 (79.5)
Army personnel	—	2,787 (7.2)
Residents	—	1,870 (4.9)
Citizens	—	1,452 (3.8)
Employees	—	1,304 (3.4)
Other categories	—	494 (1.3)

CTAS = Canadian Triage and Acuity Scale; IQR = interquartile range; SD = standard deviation.

3.2 Operational performance: Operational performance analysis included 35,990 encounters with valid registration and clinical assessment timestamps, after exclusion of records with missing or implausible time values. The median door-to-assessment time was 9 minutes (IQR 5–18) and the mean waiting time was 18.3 ± 34.8 minutes. Ninety per cent of patients were assessed within 35 minutes and 95% within 60 minutes (Table 2), indicating that the majority of encounters received timely clinical evaluation despite the high patient volume of the Hajj season. Timely assessment is widely recognised as

one of the most important indicators of emergency and urgent care performance (Morley et al., 2018; NHS England, 2024), and the observed median compares favourably with internationally reported benchmarks.

Table 2. Operational performance indicators for door-to-assessment time (n = 35,990).

Indicator	Value
Records analysed for waiting time	35,990
Mean door-to-assessment time, minutes (SD)	18.3 (34.8)
Median door-to-assessment time, minutes (IQR)	9 (5–18)
Minimum waiting time, minutes	0
Maximum waiting time included, minutes	696
90th percentile, minutes	35
95th percentile, minutes	60

3.3 Door-to-assessment time according to triage acuity: Door-to-assessment time varied across CTAS categories (Table 3). Patients classified as CTAS IV and V had the shortest median waiting time (9 minutes), whereas patients classified as CTAS I and II demonstrated longer median waiting times of 23.5 and 22.0 minutes, respectively. Although all median waiting times remained below the predefined benchmark of 30 minutes, the longer intervals observed among higher-acuity patients warrant further exploration. Plausible explanations include documentation practices in which resuscitation is initiated before formal registration of the assessment timestamp, the concentration of critically ill patients in resuscitation areas where clinical care precedes electronic documentation, and operational constraints during peak demand periods. Because immediate clinical intervention for CTAS I–II patients may be delivered before the assessment event is recorded, the door-to-assessment metric may systematically overestimate true waiting time in this subgroup, and should be interpreted with caution (Bullard et al., 2017).

Table 3. Door-to-assessment time according to CTAS triage level (n = 35,990).

CTAS level	Valid encounters	Median (IQR), minutes	Mean, minutes
CTAS I	148	23.5 (12.8–44.5)	45.1
CTAS II	198	22.0 (10.0–42.8)	38.7
CTAS III	4,607	10.0 (5.0–21.0)	25.3
CTAS IV	16,196	9.0 (5.0–17.0)	17.3
CTAS V	14,841	9.0 (5.0–18.0)	16.7
Total	**35,990**	**9.0 (5.0–18.0)**	**18.3**

Standard deviations for the mean door-to-assessment time were not available in the source dataset and require verification before submission.

3.4 Clinical outcomes and patient disposition: The overwhelming majority of encounters (97.7%) were managed successfully and discharged directly from the urgent care clinics (Table 4). Only 0.5% of patients required transfer to another hospital, and formal hospital admission was rare (8 encounters; <0.1%). The proportion of patients who left without being seen (LWBS) was 1.2%, and discharge against medical advice occurred in only 0.1% of encounters. These findings indicate that the urgent care system managed the vast majority of patients without escalation to higher levels of care, thereby preserving emergency department capacity for critically ill patients (Carter et al., 2020; Sun et al., 2019). The low LWBS proportion is a further indicator of acceptable patient flow despite extraordinary operational pressure.

Table 4. Patient disposition following urgent care management (N = 38,543).

Disposition	n	%
Discharged after treatment	37,638	97.7
Left without being seen (LWBS)	458	1.2
Transferred to another hospital	211	0.5
Absconded	94	0.2
Discharged against medical advice	53	0.1
Referred to primary healthcare	37	0.1
Triage clinic discharge	33	0.1
Admitted	8	<0.1
Other dispositions	11	<0.1
Total	**38,543**	**100.0**

The named categories account for 38,532 encounters; the residual of 11 encounters is reported as "other dispositions" so that the table reconciles with the total. This value was recorded inconsistently in the source dataset and requires verification.

3.5 Clinical Case Mix: Respiratory tract infections represented the largest diagnostic category (Table 5). Acute upper respiratory infection was the most frequently recorded diagnosis (15.3%), followed by acute nasopharyngitis (12.2%). Musculoskeletal conditions, including ankle and foot muscle strain and low back pain, together with headache and gastroenteritis, were also common. Heat-related illness accounted for 504 encounters (1.3%) and did not rank among the ten most frequent diagnoses. This disease profile is consistent with the established epidemiology of Hajj, in which prolonged physical exertion, crowd density, environmental exposure and close interpersonal contact increase the transmission of respiratory infection and the incidence of physical strain (Gautret et al., 2020; Hoang and Gautret, 2021). The comparatively small contribution of heat-related illness may reflect the effectiveness of national heat mitigation strategies, including public awareness campaigns,

shaded walking routes, water distribution, cooling stations and continuous public health surveillance (Ministry of Health Saudi Arabia, 2025).

Table 5. Ten most frequent final diagnoses among urgent care encounters.

Rank	Final diagnosis	n	% of total visits
1	Acute upper respiratory infection, unspecified	5,885	15.3
2	Acute nasopharyngitis (common cold)	4,712	12.2
3	Muscle strain, ankle and foot	1,782	4.6
4	Pain, unspecified	1,176	3.1
5	Low back pain	1,112	2.9
6	Headache	1,095	2.8
7	Acute pharyngitis, unspecified	1,049	2.7
8	Muscle strain, site unspecified	786	2.0
9	Gastroenteritis and colitis, unspecified	697	1.8
10	Acute tonsillitis, unspecified	653	1.7

3.6 Variation in workload and operational performance across facilities: Urgent care services were delivered across 25 facilities during the Hajj season, and patient volume was unevenly distributed (Table 6). MENA Center 24 UCC received the highest number of visits (3,697; 9.6%), followed by Center 19 UCC (8.2%) and Center 25 UCC (8.0%). Collectively, the ten busiest facilities managed 27,192 encounters, approximately 70.5% of all urgent care activity, indicating substantial variation in operational workload across sites.

Table 6. Distribution of urgent care visits across healthcare facilities (N = 38,543).

Rank	Facility	Visits	% of total
1	MENA – Center 24 UCC	3,697	9.6
2	MENA – Center 19 UCC	3,160	8.2
3	MENA – Center 25 UCC	3,072	8.0
4	MENA – Center 17 UCC	2,939	7.6
5	MENA – Center 22 UCC	2,698	7.0
6	MENA – Center 23 UCC	2,655	6.9
7	MENA – Center 15 UCC	2,503	6.5
8	MENA – Center 13 UCC	2,297	6.0
9	MENA – Center 20 UCC	2,109	5.5
10	MENA – Center 16 UCC	2,062	5.4
—	Remaining 15 facilities	11,351	29.5
Total	**25 facilities**	**38,543**	**100.0**

The number of visits in the remaining facilities is derived as the residual required to reconcile the ten listed facilities with the overall total and requires verification against the source dataset.

Median door-to-assessment time ranged from 5 minutes at Center 23 UCC to 18 minutes at Center 19 UCC among the ten highest-volume sites (Table 7). The difference in waiting times between facilities was statistically significant (Kruskal–Wallis H = 5756.54, $p < 0.001$), yet all facilities maintained median waiting times below 20 minutes. Given the very large sample, statistical significance does not by itself establish clinical or operational importance; the absolute differences observed are modest and remain within acceptable operational limits. The variation therefore most plausibly reflects differences in patient volume, geographical location, staffing patterns and local workflow organisation rather than deficiencies in service quality. The qualitative interviews supported this interpretation: participants consistently described an effective triage process while identifying registration bottlenecks, fluctuating patient surges and temporary workforce shortages during peak pilgrimage periods as the principal contributors to delay.

Table 7. Operational performance across the ten highest-volume healthcare facilities.

Facility	Valid encounters	Median waiting time (minutes)	Mean waiting time (minutes)
MENA – Center 23 UCC	2,531	5	9.45
MENA – Center 13 UCC	2,175	6	10.84
MENA – Center 15 UCC	2,365	8	14.85
MENA – Center 21 UCC	1,929	8	12.25
MENA – Center 25 UCC	2,941	8	13.12
MENA – Center 24 UCC	3,523	9	16.68
MENA – Center 22 UCC	2,577	11	19.26
MENA – Center 17 UCC	2,842	12	16.34
MENA – Center 20 UCC	1,953	13	19.04
MENA – Center 19 UCC	2,906	18	31.88

Kruskal–Wallis test across all 25 facilities: H = 5756.54, $p < 0.001$.

3.7 Predictors of prolonged waiting time: Binary logistic regression was performed to identify factors associated with prolonged waiting time, defined as a door-to-assessment time exceeding 30 minutes (Table 8). Increasing age was independently associated with a higher likelihood of prolonged waiting (adjusted OR 1.016 per year of age; 95% CI 1.014–1.018; $p < 0.001$), while male patients were less likely than female patients to experience prolonged waiting (adjusted OR 0.684; 95% CI 0.640–0.732; $p < 0.001$). Because of quasi-complete separation arising from the large number of facility categories and sparse observations within some CTAS levels, a fully adjusted model including facility- and acuity-level variables could not be estimated reliably. The model presented is therefore adjusted for age and sex only, and the estimates should be regarded as unadjusted for case mix and site. Mixed-effects logistic regression with facility as a random effect is recommended for future

analyses (Harrell, 2015).

Table 8. Logistic regression model for prolonged door-to-assessment time (>30 minutes).

Variable	Adjusted OR	95% CI	p-value
Age (per additional year)	1.016	1.014–1.018	<0.001
Male sex (vs female)	0.684	0.640–0.732	<0.001

CI = confidence interval; OR = odds ratio. The model is adjusted for age and sex only.

3.8 Patient-reported experience and satisfaction: A total of 201 complete satisfaction responses were received, with no missing item data. Respondents were predominantly non-Saudi pilgrims (89.6%), and 95.0% had attended an urgent care centre; the remainder attended a primary healthcare centre (4.0%) or a hospital (1.0%). Just over half of respondents were female (56.2%), and 84.1% were aged between 30 and 50 years. The presenting conditions reported by respondents were heat-related illness (25.4%), injury or trauma (23.4%), cardiovascular conditions (20.4%), respiratory illness (17.4%) and other conditions (13.4%). Respondent characteristics are summarised in Table 9.

Table 9. Characteristics of patient satisfaction survey respondents (n = 201).

Characteristic	n	%
Age group		
Less than 30 years	14	7.0
30–40 years	100	49.8
41–50 years	69	34.3
Above 50 years	18	9.0
Gender		
Female	113	56.2
Male	88	43.8
Nationality		
Non-Saudi	180	89.6
Saudi	21	10.4
Type of facility attended		
Urgent care centre	191	95.0
Primary healthcare centre	8	4.0
Hospital	2	1.0
Reported presenting condition		
Heat-related illness	51	25.4
Injury or trauma	47	23.4
Cardiovascular condition	41	20.4
Respiratory illness	35	17.4
Other	27	13.4

The mean score across the full 18-item scale was 4.02 ± 0.49 out of 5, and 76.6% of all item responses were agree or strongly agree. Domain scores followed a consistent gradient (Table 10). Overall satisfaction (4.18 ± 0.62) and quality and safety of care (4.17 ± 0.55) were rated most highly, followed by emergency responsiveness and preparedness (3.96 ± 0.56), while accessibility and availability of services received the lowest domain score (3.83 ± 0.57). At item level, the highest-rated statements concerned the interpersonal and safety dimensions of care: feeling safe while receiving the service (4.32 ± 0.62; 91.5% agreement) and being treated with respect and professionalism (4.26 ± 0.67; 88.6%). The lowest-rated statement in the entire instrument was that the waiting time for urgent care services was reasonable (3.81 ± 0.73), endorsed by only 63.2% of respondents. Perceived ease of access to services (67.2%) and availability of facilities near the holy sites (68.7%) were the next lowest. The pattern is therefore consistent across the instrument: pilgrims rated the care they received once they reached a clinician substantially more favourably than their ability to reach that clinician.

Table 10. Patient satisfaction domain and item scores (n = 201).

Domain and item	Mean ± SD	Agreement (%)
Accessibility and availability of services (5 items)	**3.83 ± 0.57**	**67.3**
Urgent care services were easy to access	3.82 ± 0.71	67.2
Healthcare facilities were available near the holy sites	3.81 ± 0.69	68.7
Ambulance services were available when needed	3.84 ± 0.68	67.7
Waiting time for urgent care services was reasonable	3.81 ± 0.73	63.2
Healthcare staff were easily reachable during emergencies	3.89 ± 0.71	69.7
Emergency responsiveness and preparedness (5 items)	**3.96 ± 0.56**	**73.7**
Staff responded quickly to emergencies	3.90 ± 0.73	70.1
Medical equipment and supplies were available when needed	3.90 ± 0.74	67.2
Coordination between ambulance and hospital staff was effective	3.97 ± 0.70	74.6
Emergency procedures were well organised	3.95 ± 0.71	73.1
The urgent care team was well trained to handle emergencies	4.08 ± 0.65	83.6
Quality and safety of care (5 items)	**4.17 ± 0.55**	**84.1**
I received appropriate medical care for my condition	4.12 ± 0.70	82.1
Staff treated patients with respect and professionalism	4.26 ± 0.67	88.6
Treatment was provided in a timely manner	4.01 ± 0.75	76.1
Communication between staff and patients was clear	4.11 ± 0.69	82.1
I felt safe during the healthcare service	4.32 ± 0.62	91.5
Overall satisfaction (3 items)	**4.18 ± 0.62**	**84.7**
Overall, I am satisfied with urgent care services	4.18 ± 0.71	84.1
Healthcare services met my expectations	4.14 ± 0.74	83.1
Urgent care services improved my health condition	4.22 ± 0.67	87.1
Total scale (18 items)	**4.02 ± 0.49**	**76.6**

Items were rated on a five-point Likert scale (1 = strongly disagree to 5 = strongly agree).

Agreement denotes the proportion of responses of agree or strongly agree. Cronbach's alpha for the 18-item scale = 0.936.

Free-text responses reinforced this pattern (Table 11). Of 169 substantive descriptions of difficulties, the most frequently reported were difficulty reaching the centre or its distance from the camps (49.7%), crowding inside the healthcare centre (42.6%) and long waiting time (30.8%). Clinical concerns were comparatively rare: only 1.2% mentioned workforce shortage and 0.6% medication unavailability.

Of 179 substantive improvement suggestions, the most common were increasing the number of urgent care centres (28.5%), providing comfortable waiting areas and additional seating (27.9%) and improving transport to and from the centres (24.6%). Notably, 7.3% of respondents spontaneously proposed speeding up registration procedures, and 5.6% requested interpreters.

Table 11. Patient-reported challenges and improvement suggestions (free-text responses).

Category	n	% of substantive responses
Challenges reported (n = 169)		
Difficulty reaching the centre or distance from the camps	84	49.7
Crowding inside the healthcare centre	72	42.6
Long waiting time	52	30.8
Insufficient seating in the waiting area	19	11.2
Communication and language difficulty	3	1.8
Workforce shortage	2	1.2
Medication unavailability	1	0.6
Improvements suggested (n = 179)		
Increase the number of urgent care centres	51	28.5
Provide comfortable waiting areas and more seating	50	27.9
Improve transport to and from the centres	44	24.6
Increase medical and nursing workforce	28	15.6
Improve medication availability	13	7.3
Provide directional signage	13	7.3
Speed up registration procedures	13	7.3
Increase health awareness campaigns	11	6.1
Provide interpreters	10	5.6
Provide more roadside ambulance units	2	1.1

Responses could refer to more than one category and were counted under each, so percentages exceed 100%. Responses stating that no difficulty was encountered, and expressions of thanks, were excluded from the denominator.

3.9 Reconciling operational performance with patient experience: Placing the operational and patient-reported findings side by side produces the most instructive result of this study. Objectively, waiting was short: the median door-to-assessment time was 9 minutes and 90% of patients were assessed within 35 minutes. Subjectively, waiting was the weakest aspect of the entire service: the statement that waiting time was reasonable attracted the lowest agreement of any of the 18 items (63.2%), and long waiting was volunteered as a difficulty by 30.8% of respondents. The two findings are not contradictory once the measured interval is examined. Door-to-assessment time begins at registration, whereas the pilgrim's experience of waiting begins when they set out from the camp. The free-text responses locate the burden precisely in that unmeasured interval: distance and difficulty reaching the centre (49.7%), crowding on arrival (42.6%) and nowhere to sit while waiting (11.2%).

This has a direct operational implication. Further compression of the door-to-assessment interval is unlikely to improve the patient experience, because that interval is already short and is not what pilgrims are describing. The improvements they themselves propose — more centres closer to the camps, better transport, and adequate seating in waiting areas — address travel and physical waiting conditions rather than clinical throughput. A service that measures only the intervals recorded in its information system will therefore systematically overlook the part of the pathway that patients experience as the delay. This is consistent with the distinction between technical quality and patient-centredness recognised in the Institute of Medicine framework (Institute of Medicine, 2001), and reinforces the value of collecting patient-reported measures alongside operational indicators (World Health Organization, 2023).

Two further observations qualify the satisfaction findings. First, the respondent profile differs markedly from the encounter population: 56.2% of respondents were female compared with 28.9% of recorded encounters, and 25.4% reported heat-related illness compared with 1.3% of recorded diagnoses. The satisfaction sample is therefore not representative of urgent care attenders, and its scores should not be generalised to the full encounter population. Second, the 201 responses represent approximately 0.5% of all encounters, so the survey is best read as an indicative account of patient experience rather than a precise estimate.

3.10 Integration of quantitative and qualitative findings: Integration of the two components demonstrated a high degree of convergence between operational performance indicators and healthcare providers' experiences (Table 12). Quantitative analyses showed short waiting

times, high discharge rates and low transfer rates across the network; qualitative interviews attributed these outcomes to standardised triage procedures, multidisciplinary teamwork and flexible staff deployment. Conversely, the statistically significant variation in waiting time between facilities corresponded with participants' accounts of temporary registration bottlenecks, fluctuating patient arrivals and workforce constraints during peak periods. Rather than contradicting the quantitative findings, these qualitative insights explain the observed variability and identify concrete targets for improvement, illustrating the complementarity that a convergent design is intended to achieve (O'Cathain et al., 2010).

Table 12. Joint display of quantitative findings and qualitative themes.

Quantitative finding	Qualitative theme	Integrated interpretation
Median waiting time of 9 minutes	Efficient triage process	Standardised triage supported timely patient assessment.
97.7% discharged from urgent care	Effective clinical management	Most patients were appropriately managed at the urgent care level.
Significant variation between facilities	Registration bottlenecks	Workflow and registration processes contributed to performance variation.
Low transfer rate (0.5%)	Strong interfacility coordination	Appropriate referral pathways preserved hospital capacity.
Low LWBS rate (1.2%)	Teamwork and flexible staffing	Operational resilience minimised patient attrition despite high demand.

3.11 Comparison with previous studies: The present findings are consistent with the growing literature describing the healthcare demands of mass gathering events. Respiratory tract infections predominated, in line with previous reviews demonstrating that respiratory illness is the most common health problem among pilgrims because of overcrowding, prolonged close contact, environmental exposure and international population mixing (Gautret et al., 2020; Yezli and Khan, 2021). The predominance of low-acuity presentations further supports the strategic role of urgent care services in managing non-life-threatening conditions before escalation to emergency departments. Whereas previous Hajj research has focused primarily on infectious disease, emergency preparedness or intensive care utilisation, comparatively few studies have evaluated operational performance indicators such as waiting time and patient flow using large-scale electronic record datasets; the present study therefore contributes evidence on urgent care effectiveness as a component of Hajj healthcare delivery (Yezli and Alotaibi, 2022; Al Knawy and Memish, 2021).

3.12 Strengths and limitations: This study has several strengths. It includes one of the largest reported urgent care datasets collected during a Hajj season, comprising more than 38,000 encounters across 25 facilities, and the mixed-methods design enabled evaluation of both measurable operational outcomes and frontline professionals' experiences. The use of routinely collected electronic record data enhances the real-world applicability of the findings.

Several limitations should be acknowledged. The satisfaction survey has three specific constraints. Its 201 responses represent approximately 0.5% of encounters and were obtained without a defined sampling frame, so a response rate cannot be calculated. The respondent profile differs materially from the encounter population in both sex distribution and reported presenting condition, indicating selection bias. Finally, 180 of the 201 responses (89.6%) were submitted in mid-July 2026, several weeks after the pilgrimage, so these ratings rest on retrospective recall rather than immediate post-visit report and are subject to recall bias.

Several further limitations apply to the operational analysis. First, the retrospective nature of the electronic record analysis precludes causal inference. Second, some records contained missing or implausible timestamps and were excluded from operational analyses, although the proportion excluded was small relative to the overall dataset. Third, the door-to-assessment interval depends on the accuracy of electronic timestamping and may not capture care initiated before formal documentation, particularly for high-acuity patients. Fourth, the study reflects a single Hajj season, and performance may differ across years because of changes in pilgrim numbers, environmental conditions and resource allocation. Finally, although the qualitative component enriched interpretation, participant perspectives may not fully represent all healthcare professionals working during Hajj.

4. Conclusions

Urgent care services within Al-Mashaer healthcare facilities demonstrated strong operational performance during the Hajj season, managing the vast majority of patients while maintaining short waiting times and minimising the need for hospital escalation. A median door-to-assessment time of 9 minutes, a discharge rate of 97.7% and a hospital transfer rate of 0.5% indicate that the urgent care model functioned effectively as an intermediate level of care and preserved emergency department capacity for critically ill pilgrims. The integration of quantitative operational indicators with qualitative insights from frontline healthcare professionals highlights the resilience of this model during one

of the world's largest recurring mass gatherings, while also identifying registration workflow and peak-period surge management as the principal targets for further improvement. Patient-reported experience adds an important qualification: pilgrims rated the care they received highly, but rated access to that care least favourably of all, locating the remaining burden in the journey to the centre and the conditions on arrival rather than in clinical throughput.

5. Recommendations

First, decentralised urgent care services should continue to be developed and resourced as a core component of surge capacity planning for Hajj and comparable mass gatherings, given their demonstrated capacity to manage the majority of presentations safely and rapidly.

Second, standardised real-time operational dashboards incorporating waiting time, patient flow, triage distribution and disposition outcomes should be implemented across all facilities so that performance variation is identified early and addressed through data-driven decisions.

Third, electronic health record analytics should be integrated with dynamic workforce allocation. Predictive models based on historical attendance patterns could assist healthcare leaders in redistributing clinical staff proactively in anticipation of demand peaks.

Fourth, improvement efforts should extend beyond workforce numbers alone. Optimising patient registration, strengthening interfacility communication, expanding digital monitoring and standardising workflow are likely to yield greater operational benefit at lower resource cost.

Fifth, service improvement should address the access pathway that patients themselves identify. The measures they proposed — siting urgent care capacity closer to the camps, improving transport between camps and centres, and providing adequate shaded seating in waiting areas — target the part of the pathway that operational indicators do not currently capture. Extending routine measurement beyond the door-to-assessment interval to include travel and on-site waiting conditions would allow this to be monitored.

Sixth, the satisfaction survey should be administered at the point of discharge with a defined sampling frame, so that a response rate can be calculated and recall bias avoided.

Seventh, the documentation of assessment timestamps for high-acuity patients should be reviewed so that door-to-assessment time accurately reflects the point of first clinical contact, and future analyses should employ mixed-effects models that account for clustering within facilities.

6. Acknowledgments

The authors express their sincere appreciation to the healthcare professionals and administrative teams working in Al-Mashaer healthcare facilities during the Hajj season for their commitment and support in facilitating this study. The authors also acknowledge the Makkah Health Cluster for providing access to the routinely collected operational data used in this research.

References

1. Al Knawy, B.; Memish, Z.A. (2021). Health system preparedness for Hajj. Saudi Medical Journal 42 (5), pp. 469–476.

2. Al-Tawfiq, J.A.; Memish, Z.A. (2022). Health risks during Hajj. Clinical Microbiology and Infection 28 (2), pp. 159–166.

3. Braun, V.; Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. Qualitative Research in Psychology 3 (2), pp. 77–101.

4. Braun, V.; Clarke, V. (2022). Thematic Analysis: A Practical Guide. London: Sage.

5. Bullard, M.J.; Musgrave, E.; Warren, D. et al. (2017). Revisions to the Canadian Emergency Department Triage and Acuity Scale (CTAS) guidelines. CJEM 19 (S2), pp. S18–S27.

6. Carter, E.J.; Pouch, S.M.; Larson, E.L. (2020). The relationship between emergency department crowding and patient outcomes. BMJ Open 10, e034873.

7. Creswell, J.W.; Plano Clark, V.L. (2024). Designing and Conducting Mixed Methods Research. 4th ed. London: Sage.

8. Donabedian, A. (2005). Evaluating the quality of medical care. The Milbank Quarterly 83 (4), pp. 691–729.

9. Fetters, M.D.; Curry, L.A.; Creswell, J.W. (2019). Achieving integration in mixed methods designs. Health Services Research 54, pp. 2134–2142.

10. Gautret, P.; Benkouiten, S.; Memish, Z.A. (2020). Hajj-associated respiratory infections. Emerging Infectious Diseases 26 (10), pp. 2460–2467.

11. Harrell, F.E. (2015). Regression Modeling Strategies. 2nd ed. New York: Springer.

12. Hoang, V.T.; Gautret, P. (2021). Infectious diseases and mass gatherings. Travel Medicine and Infectious Disease 40, 101923.

13. Hosmer, D.W.; Lemeshow, S.; Sturdivant, R.X. (2019). Applied Logistic Regression. 3rd ed. Hoboken: Wiley.

14. Institute of Medicine (2001). Crossing the Quality Chasm: A New Health System for the 21st Century. Washington DC: National Academies Press.

15. Memish, Z.A.; Al-Tawfiq, J.A.; Al-Rabeeah, A.A. (2024). Hajj: preparations, challenges and public health implications. The Lancet 403, pp. 1165–1177.

16. Memish, Z.A.; Steffen, R.; White, P. et al. (2019). Mass gatherings medicine: public health issues arising from mass gathering religious and sporting events. The Lancet 393, pp. 2073–2084.

17. Ministry of Health Saudi Arabia (2025). Hajj Health Requirements and Recommendations 2025. Riyadh: Ministry of Health.

18. Morley, C.; Unwin, M.; Peterson, G.M. et al. (2018). Emergency department crowding: a systematic review. Emergency Medicine Journal 35, pp. 421–428.

19. NHS England (2024). Urgent and Emergency Care Performance Standards. London: NHS England.

20. O'Cathain, A.; Murphy, E.; Nicholl, J. (2010). Three techniques for integrating qualitative and quantitative methods in health services research. BMJ 341, c4587.

21. Sun, B.C.; Hsia, R.Y.; Weiss, R.E. et al. (2019). Effect of emergency department crowding on outcomes. Annals of Emergency Medicine 74, pp. 735–742.

22. Tong, A.; Sainsbury, P.; Craig, J. (2007). Consolidated criteria for reporting qualitative research (COREQ). International Journal for Quality in Health Care 19 (6), pp. 349–357.

23. von Elm, E.; Altman, D.G.; Egger, M. et al. (2007). The STROBE statement. PLoS Medicine 4 (10), e296.

24. World Health Organization (2023). Quality Health Services. Geneva: WHO.

25. Yezli, S.; Alotaibi, B. (2022). Healthcare planning for Hajj. Travel Medicine and Infectious Disease 46, 102272.

26. Yezli, S.; Khan, A. (2021). The Hajj and Umrah mass gatherings. Travel Medicine and Infectious Disease 41, 102042.

تنفيذ وتقييم أداء برنامج مركزي لاختبار الكفاءة الخارجية بشأن جودة الأداء في المختبرات وبنوك الدم خلال موسم الحج 1447 هـ: دراسة متعددة المراكز لتحسين الجودة في المجموعة الصحية بمكة المكرمة

الدكتور محمد الدوسري1*، الدكتورة أمل المطري2، الدكتورة سماح الصبحي3 ، د. حامد مولوي1، عبدالرحمن المالكي1، أحمد الأحمدي1، مسعود الغامدي1، روبى مومنة1، موسى الأحمدي4، مروان الجحدلي1، طارق المحمادي5، رياض القرشي6، أروى الزايدي2، أحمد الغامدي7، محمد الثبيتي7 - 1المختبر وبنك الدم، مستشفى الملك عبد العزيز، مجموعة مكة المكرمة للرعاية الصحية، 2المختبر وبنك الدم، مستشفى الولادة والاطفال ، مجموعة مكة المكرمة للرعاية الصحية، 3كلية العلوم الطبية التطبيقية، جامعة أم القرى، مستشفى الولادة والاطفال، 4المختبر وبنك الدم، مستشفى مكة العام، مجموعة مكة الصحية، 5المختبر وبنك الدم، مركز الفحص الطبي الشامل، مجموعة مكة المكرمة للرعاية الصحية، 6المختبر وبنك الدم، مستشفى حراء العام، مجموعة مكة المكرمة للرعاية الصحية، 7المختبر وبنك الدم، مستشفى الملك فيصل، مجموعة مكة المكرمة للرعاية الصحية

Implementation and Performance of a Centralized External Proficiency Testing Program on Laboratory and Blood Bank Quality Performance During Hajj 1447 AH: A Multi-Center Quality Improvement Study in the Makkah Health Cluster

Mohammad Aldosari[1]*, Amal Almatary[2], Samah Alsubhi[3], Hamid Mowalwei[1], Abdulrahaman Almalki[1], Ahmed Alahmadi[1], Masud Alghamdi[1], Roba Momenah[1], Mousa Alahmadi[4], Marwan Aljahdali[1], Tariq Almehmadi[5], Riyad Alqurashi[6], Arwa Alzaydi[2], Ahmad Alghamdi[7], Mohammed Althobaity[7] - [1]*Laboratory and blood bank, King Abdulaziz Hospital, Makkah healthcare cluster, [2]Laboratory and blood bank, Maternity and children Hospital, Makkah healthcare cluster, [3]Faculty of Applied Medical Sciences, Umm AlQura University, Maternity and children Hospital, [4]Laboratory and blood bank, Makkah general Hospital, Makkah healthcare cluster, [5]Laboratory and blood bank, Comprehensive medical checkup center, Makkah healthcare cluster, [6]Laboratory and blood bank, Herr general Hospital, Makkah healthcare cluster, [7]Laboratory and blood bank, King Faisal Hospital, Makkah healthcare cluster

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

الملخص

الخلفية: تلعب المختبرات الطبية وبنوك الدم في المشاعر دوراً حاسماً في دعم خدمات الرعاية الصحية خلال موسم الحج. وخلال موسم الحج 1447 هـ، تم تنفيذ برنامج مركزي لاختبار الكفاءة الخارجية (PT) بهدف تعزيز الكفاءة التشغيلية في المختبرات وبنوك الدم.

الهدف: تقييم تنفيذ وأداء برنامج اختبار الكفاءة الخارجية في خدمات المختبرات وبنوك الدم خلال موسم الحج 1447 هـ، ومقارنة الأداء التحليلي الكمي مع المختبرات المركزية.

الطرق: في هذه الدراسة الاستباقية، تم توزيع عينات اختبار الكفاءة (PT) المجهولة المصدر (التي تغطي الكيمياء السريرية، وأمراض الدم، وعلامات القلب، والتخثر، وغازات الدم، واختبارات بنوك الدم) يوميًا على المختبرات المشاركة. واستخدمنا برنامجي Excel و Jamovi 2.7 لإجراء التحليل. تم تلخيص النتائج المستمرة (القيم المطلقة لمؤشر SDI) ومقارنتها بين مختبرات المشاعر والمختبرات المركزية باستخدام اختبار مان-ويتني U (α=0.05). وتم حساب الارتباط التسلسلي الثنائي للرتبة كمقياس لحجم التأثير.

النتائج: من أصل 480 تقييمًا مخططًا له، تم إكمال 470 تقييمًا (97.9 ٪)، بما في ذلك 392 تقييمًا كميًا و78 تقييمًا نوعيًا. بشكل عام، صُنفت 79.6 % من العينات المقدمة على أنها «ممتازة»، و3.8 % على أنها «جيدة»، و16.6 % على أنها «مقبولة»، دون وجود أي نتائج «غير مقبولة». حققت جميع البرامج الكمية أداءً مقبولاً بنسبة 100 % (|مؤشر SDI| <2.0). كان متوسط مؤشر SDI 0.58±0.25 لمستشفيات المشاعر المقدسة و0.61±0.28 للمختبرات المركزية، دون وجود فرق ذي دلالة إحصائية بين المجموعتين

(U=65,593؛ p=0.139) وحجم تأثير ضئيل (rrb=-0.063).

الاستنتاجات: حقق نموذج اختبار الكفاءة الخارجية مشاركة عالية، وأداءً كميًّا مقبولاً بنسبة 100 ٪، وأداءً تحليليًّا يضاهي أداء المختبرات المرجعية خلال موسم الحج. تدعم هذه النتائج جدوى اختبار الكفاءة الخارجية في الوقت الفعلي كإطار قابل للتوسع لضمان الجودة في أنظمة الرعاية الصحية الخاصة بالتجمعات الجماهيرية، مع ما يترتب على ذلك من آثار محتملة على موثوقية التشخيص وسلامة المرضى. وينبغي أن تقيّم الدراسات المستقبلية النتائج على مستوى المرضى والفعالية من حيث التكلفة.

الكلمات المفتاحية: اختبار الكفاءة الخارجية، مراقبة الجودة الداخلية، تقييم الجودة الخارجية، اختبار الكفاءة الخارجية، الحج، طب التجمعات الجماهيرية، جودة المختبرات، الكفاءة التشغيلية، مؤشر SDI، تحسين الجودة، سلامة المرضى، مشاعر الحج، المختبر السريري، برنامج راندوكس الدولي لتقييم الجودة.

Abstract

Background: Medical laboratories and blood banking in the Mashaer play a critical role in supporting healthcare services during Hajj. During Hajj 1447 AH, a centralized Proficiency test (PT) program was implemented to strengthen operational efficiency .in laboratories and blood banking

Objective: To evaluate the implementation and performance of a centralized PT program across laboratory and blood bank services during Hajj 1447 AH and to .compare quantitative analytical performance with benchmark laboratories

Methods: In this prospective study, blinded PT samples (covering Clinical Chemistry, Hematology, Cardiac Markers, Coagulation, Blood Gas, and Blood Bank testing were distributed daily to participating laboratories. We used Excel and Jamovi 2.7 for analysis. Continuous outcomes (absolute SDI values) were summarized and compared between Mashaer vs benchmark labs using the Mann–Whitney U test (⊠=0.05). The .rank-biserial correlation was computed as an effect size

Results: Of 480 planned assessments, 470 (97.9%) were completed, including 392 quantitative and 78 qualitative assessments. Overall, 79.6% of submissions were classified as Excellent, 3.8% as Good, and 16.6% as Accepted, with no Unaccepted results. All quantitative programs achieved 100% acceptable performance (|SDI| <2.0). Mean SDI was 0.58±0.25 for Holy Mashaer hospitals and 0.61±0.28 for benchmark laboratories, with no significant difference between groups (U=65,593; p=0.139) and .a negligible effect size (rrb=-0.063)

Conclusions: The centralized PT model achieved high participation, 100% acceptable quantitative performance, and analytical performance comparable with benchmark laboratories during Hajj. These findings support the feasibility of centralized, real-time PT as a scalable quality-assurance framework for mass-gathering healthcare systems, with potential implications for diagnostic reliability and patient safety. .Future studies should evaluate patient-level outcomes and cost-effectiveness

Keywords: Proficiency test, Internal Quality Control, External Quality Assessment, External Proficiency Testing, Hajj, Mass Gathering Medicine, Laboratory Quality, Operational Efficiency, SDI, Quality Improvement, Patient Safety, Holy Mashaer, Clinical Laboratory, Randox International Quality Assessment Scheme

1. Introduction

Mass gatherings place substantial pressure on healthcare systems because large populations converge in restricted geographic areas over short periods, creating unique challenges for healthcare delivery, disease surveillance, emergency preparedness, and diagnostic services (1-3). The Hajj pilgrimage, which annually attracts average two million pilgrims from over 180 countries, is widely recognized as one of the largest recurrent mass gatherings worldwide (2-5). Healthcare facilities operating during Hajj must manage high patient volumes, compressed clinical decision-making timelines, and increased risks of communicable diseases, heat-related illnesses, cardiovascular emergencies, trauma, and other acute medical conditions (3, 5, 6). These operational demands require highly reliable diagnostic services to support timely and accurate patient management.

Clinical laboratories and transfusion services are essential components of healthcare delivery during Hajj. Laboratory results guide critical clinical decisions, support infectious disease surveillance, facilitate emergency response, and ensure safe transfusion practice (7-9). Under surge-capacity conditions, however, increased testing volumes and operational pressures may increase the risk of analytical variability, delayed detection of quality issues, and inter-site performance differences (10). Consequently, robust laboratory quality-management systems are required to ensure diagnostic reliability throughout the Hajj period.

International laboratory quality standards emphasize the complementary roles of Internal Quality Control (IQC), External Quality Assessment (EQA), and Proficiency

Testing (PT) in maintaining analytical quality (11-14). PT is particularly valuable because it provides an objective assessment of laboratory performance by comparing laboratory results with assigned target values and peer-group results (12, 13). Participation in PT program is a fundamental requirement of ISO 15189-accredited medical laboratories and is widely regarded as a cornerstone of continuous quality improvement, laboratory harmonization, and competency assessment (13, 14). Beyond evaluating analytical accuracy, PT programs can identify systematic errors, support staff competency development, facilitate benchmarking, and strengthen quality governance across healthcare networks (13-16).

While the benefits of PT in routine laboratory practice are well established (11, 13, 14), reports describing centralized PT implementation across multiple hospitals during mass-gathering events such as Hajj remain limited. This knowledge gap is important because mass-gathering medicine requires rapid coordination across multiple laboratories operating under exceptional workload conditions while maintaining consistent diagnostic quality (1, 3, 5).

To address this gap, the Makkah Health Cluster implemented a centralized External PT program during Hajj 1447 AH across hospitals serving pilgrims in the Holy Mashaer. The program combined standardized pre-Hajj training, daily blinded PT challenges, centralized electronic reporting, real-time performance monitoring, benchmarking, and corrective-action support. Unlike traditional PT approaches that provide retrospective feedback, the centralized model enabled continuous oversight throughout the operational period.

The present study aimed to evaluate the implementation and performance of this centralized PT program on laboratory and blood bank quality performance across eight Mashaer laboratories. Specifically, the study aimed to assess analytical performance, participation rates, inter-hospital consistency, benchmarking against established reference laboratories, and the operational feasibility of implementing a centralized PT framework during one of the world's most complex healthcare-supported mass gatherings. The findings provide evidence regarding the role of centralized PT programs in strengthening laboratory quality, diagnostic resilience, and transfusion safety within mass-gathering healthcare systems.

2. Methodology (Materials and methods)

2.1 Study Design and Setting

This prospective multicenter quality-improvement study was conducted during Hajj 1447 AH across eight hospitals located in Mina and Arafat within the Makkah Health Cluster, Saudi Arabia. The study period corresponded to the operational Hajj season (5–14 Dhu al-Hijjah 1447 AH; 22–31 May 2026).

The participating hospitals provided laboratory and transfusion services for pilgrims during the Hajj period. All PT samples were processed using routine laboratory workflows, including the same instrumentation, reagents, analytical procedures, quality-control systems, and personnel used for patient testing. Results were submitted electronically through a centralized reporting platform and monitored in real time by a dedicated quality-management team.

2.2 Participating Disciplines and Training Program

Six laboratory disciplines were included in the centralized PT program: Clinical Chemistry, Hematology, Coagulation, Cardiac Markers, Blood Gas Analysis, and Blood Bank Testing.

Prior to Hajj, participating laboratory personnel completed a structured training program designed to standardize PT implementation across all sites. Training consisted of face-to-face workshops (n = 35 participants) and virtual sessions (n = 80 participants). Educational content covered PT procedures, result interpretation, reporting requirements, quality indicators, root-cause analysis, and corrective-action processes.

2.3 Centralized PT Intervention

The intervention utilized the Randox International Quality Assessment Scheme (RIQAS) External Quality Assessment program. Daily blinded PT samples were distributed to participating hospitals throughout the Hajj operational period. Following routine analysis, results were submitted electronically to a centralized monitoring platform.

A central laboratory quality team reviewed submitted results daily, generated benchmarking reports, investigated performance deviations, and coordinated corrective actions when required. The program was supported by standardized pre-Hajj training, centralized result monitoring, inter-hospital performance benchmarking, and real-time quality oversight to ensure consistent analytical performance across all participating hospitals.

2.4 Outcome Measures

The primary outcome was acceptable analytical performance, defined as an absolute Standard Deviation Index (|SDI|) of less than 2.0 for quantitative testing programs.

Secondary outcomes included PT participation and completion rates, the distribution of performance classifications (Excellent, Good, Accepted, and Unaccepted), program-specific analytical performance based on SDI values, hospital-level performance variability, comparisons between Mashaer laboratories and benchmark laboratories, and the magnitude

of differences between groups as assessed using effect-size analysis.

2.5 Statistical analysis

All data were analyzed using Microsoft Excel and Jamovi version 2.7 (The Jamovi Project, Sydney, Australia). Quantitative performance was evaluated using the SDI for each analyte (per ISO 15189-compliant PT scoring). Variables were summarized by number of observations (n), mean ± standard deviation (SD), median, range, and 95% confidence interval (CI). Categorical performance categories (Excellent, Good, Accepted, Unaccepted) were summarized by frequency and percentage.

Comparisons between the two independent groups (Mashaer laboratories vs. national benchmark laboratories) were performed using the Mann–Whitney U test (two-sided). This non-parametric test was chosen because SDI is a continuous outcome with unknown normality, and the two groups are independent. The Mann–Whitney U statistic, corresponding p-value, and rank-biserial correlation (effect size) were reported. Any result with a p-value < 0.05 was considered statistically significant. The rank-biserial correlation (rrb) was computed from the U statistic using the formula $rrb = 2U/(n_1 n_2) - 1$, where $|rrb|<0.1$ indicates a negligible effect.

3. Results

3.1 Participation and Overall Performance

Of 480 scheduled PT assessments across the eight Mashaer laboratories (covering all quantitative laboratories and blood banks), 470 submissions (97.9%) were completed and available for analysis. Ten assessments scheduled for the final operational day were not performed because the corresponding facilities had undergone planned closure; therefore, these were considered operationally unavailable rather than missing analytical results.

These 470 results include 392 quantitative SDI values (5 programs × varying n per program) and 78 qualitative blood bank evaluations. No results were lost. The overall performance classification (Table 1) showed that 374/470 (79.6%) of submissions achieved Excellent performance, 18 (3.8%) were Good, 78 (16.6%) were Accepted, and 0 (0%) were Unaccepted. (All Accepted results were from the qualitative blood bank testing, since all quantitative SDI values were < 2.0)

Table 1. Performance categories for all analyzable PT submissions across Mashaer laboratories.

Classification	n	% of 470 submissions
Excellent	374	79.6 %
Good	18	3.8 %
Accepted	78	16.6%
Unaccepted	0	0.0%
Total	470	100.0%

3.2 Quantitative program performance

Table 2 summarizes the analytic performance for each quantitative program. All five programs (Chemistry, Hematology, Cardiac Markers, Coagulation, Blood Gas) remained well within acceptable limits (absolute SDI <2.0 for all samples). Mean SDI varied by discipline, ranging from 0.45 (±0.14) in Clinical Chemistry to 0.78 (±0.24) in Hematology. The median SDI values were similar to the means suggests stable laboratory performance with no evidence of extreme deviations during the study period. All program achieved 100% acceptable performance (no Unaccepted results). The tight confidence intervals and ranges (see Table 2) indicate stable performance throughout.

Table 2. Descriptive statistics of absolute SDI values by quantitative program (Mashaer laboratories only). All samples remained within the acceptable <2.0 limit.

Program	n	Mean SDI	SD	Median	Range of SDI value	95% CI	Acceptable
Chemistry	78	0.45	0.14	0.43	0.26–1.18	0.42–0.48	100.0%
Hematology	78	0.78	0.24	0.75	0.37–1.69	0.73–0.83	100.0%
Cardiac	79	0.48	0.25	0.45	0.03–1.09	0.42–0.54	100.0%
Coagulation	78	0.54	0.22	0.53	0.04–1.33	0.49–0.59	100.0%
Blood Gas	79	0.63	0.21	0.62	0.22–1.17	0.58–0.68	100.0%

3.3 laboratory-level performance

The Laboratories' performance across different Mashaer hospitals was examined. Mean SDI per hospital ranged from ~0.50 to 0.66, all <1.0. (For example, Alharam Emergency Hospital: n=50, mean SDI=0.50±0.27; Mina Bridge Hospital: n=50, mean SDI=0.66±0.20). No hospital had any result approaching the 2.0 limit, supporting strong inter-site agreement within the Mashaer laboratory network. The highest individual SDI value was 1.69, which remained below the predefined acceptability threshold of 2.0. These findings demonstrate consistent analytical performance across participating hospitals (see Table 3).

Table 3. Descriptive statistics of absolute SDI values by Laboratories across different Mashaer hospitals. All samples remained within the acceptable <2.0 limit.

Hospital	N	Mean SDI	SD	Median	Range of SDI value	95% CI
Alharam Emergency	50	0.50	0.27	0.48	0.03–1.33	0.42-0.58
East Arafat Hospital	45	0.53	0.23	0.48	0.15–1.14	0.46-0.6
Jabal Al Rahma Hospital	47	0.56	0.23	0.54	0.18–1.30	0.5-0.62
Mina AL Wadi Hospital	50	0.60	0.28	0.57	0.04–1.69	0.54-0.66
Mina Bridge Hospital	50	0.66	0.20	0.63	0.32–1.08	0.6-0.72
Mina Emergency Hospital	50	0.56	0.21	0.54	0.21–1.18	0.5-0.62
Mina New Street Hospital	50	0.63	0.30	0.52	0.10–1.27	0.55-0.71
Namira Hospital	50	0.57	0.23	0.54	0.05–1.16	0.51-0.63

3.4 Comparison with Benchmark Laboratories

A Mann–Whitney U test was used to compare all quantitative SDI values from Mashaer laboratories(n=392) with those from national benchmark laboratories (n=357). Descriptive statistics are shown in Table 4. The mean SDI was slightly higher in the benchmark group (0.61 vs 0.58 in Mashaer laboratories), but this difference was not statistically significant (U=65,593, p=0.139). The effect size (rank-biserial correlation) was rrb = –0.063, a negligible magnitude, indicating virtually no practical difference between the groups and suggesting that the intense, temporary Hajj setting did not degrade lab quality relative to routine benchmarks, confirming that analytical performance was comparable between the two settings. The SDI distributions demonstrated considerable overlap, with similar median values and interquartile ranges between Mashaer and benchmark laboratories, consistent with the non-significant Mann–Whitney U test result (p = 0.139) (see Fig. 1, boxplot).

Table 4. Comparison of SDI between Mashaer laboratories and benchmark laboratories. No significant difference was observed (p=0.139); effect size rrb=–0.063 (negligible).

Group	N	Mean SDI	SD	Median SDI
Mashaer laboratories	392	0.58	0.25	0.54
Benchmark Laboratories	357	0.61	0.28	0.59
Statistical Test	**U statistic**	**p-value**	**Rank-biserial correlation**	
Mann–Whitney U	65,593	0.139	-0.063	

Figure 1. Distribution of SDI values in Mashaer (n = 392) and benchmark laboratories (n = 357). Box plots show the median, interquartile range (IQR), whiskers, and outliers. No statistically significant difference was observed between groups (Mann–Whitney U = 65,593; p = 0.139; rank-biserial correlation = –0.063

4. Discussion

This prospective quality-improvement study demonstrates that a centralized external PT model can be successfully implemented during the Hajj, maintaining high laboratory performance under challenging conditions. Key outcomes included a 97.9% PT assessment completion rate, 100% acceptable quantitative results, and analytical performance comparable to benchmark laboratories. These findings support the view that rigorous external quality assessment (EQA) is achievable in mass-gathering healthcare settings and contributes to resilient diagnostics.

The Centralized PT was Effective. All 470 analyzable PT submissions from eight Mashaer laboratories met acceptability criteria (zero Unaccepted results). In fact, 79.6% were classified as Excellent. This is remarkable given the Hajj context: high patient loads, mobile populations, and temporary facilities. It suggests that daily blinded PT, combined with electronic reporting and oversight, effectively safeguarded analytical quality. As reported by Sciacovelli et al., EQA/PT is a "valuable tool in the quality improvement process," providing objective evidence of competence (16). In this study, PT revealed no major weaknesses, which in itself highlights successful preparation (equipment calibration, standardization, and staffing).

From a mass-gathering perspective, maintaining reliable lab services is critical. Our findings imply that the centralized PT approach strengthened diagnostic resilience during Hajj. Reliable and timely lab results support quicker clinical decisions and safer transfusions, contributing to public health. The WHO notes that well-coordinated planning has prevented major outbreaks during recent Hajj seasons. Similarly, rigorous quality control (such as centralized PT) helps prevent diagnostic errors that could compromise response to health threats.

The program included pre-Hajj training on PT procedures and quality indicators. Such training likely underpinned the uniform performance seen across laboratories. Literature emphasizes that standardization of procedures and staff competency are key to achieving consistent results. Moreover, the exceptionally high participation rate reflects strong organizational commitment by the Makkah health authorities. Such coordination aligns with best practices in emergency preparedness and ensures that PT serves as a learning opportunity rather than a punitive test.

Regarding the comparison with Benchmark Labs, the Mann–Whitney analysis showed no significant difference between Mashaer and Benchmark Labs (p=0.139) and a negligible

effect size (rrb≈−0.063). In practical terms, the SDI distributions were almost identical. In the context of lab accreditation, such equivalence is notable: ISO 15189 and ISO/IEC 17043 (the international standard for PT providers) emphasize collaboration with accredited EQA/PT programs (11, 12). Our results imply that the Hajj lab network, supported by centralized PT, demonstrated analytical performance comparable with that observed in the benchmark laboratory group in Saudi Arabia. This finding aligns with reports indicating that EQA participation provides objective data on service quality and facilitates continuous improvement.

Patient Safety Implications

From a patient-safety perspective, the consistently acceptable analytical performance observed across participating laboratories has important clinical implications. Laboratory quality is closely linked to timely diagnosis, appropriate treatment, and safe transfusion practice, particularly during high-demand mass-gathering settings such as Hajj. In the present study, all quantitative PT results remained within the predefined acceptable SDI threshold, with no Unaccepted results identified across the 470 analyzable submissions. The centralized model, incorporating daily blinded PT, real-time monitoring, benchmarking, and corrective-action mechanisms, provided an additional layer of quality assurance designed to identify analytical deviations that could potentially affect routine clinical testing. Maintaining reliable analytical performance may therefore contribute to reducing the risk of laboratory-related diagnostic errors, delayed clinical decisions, and unsafe transfusion practices. Although direct patient outcomes were not measured, the findings support the role of centralized PT as an upstream patient-safety intervention that strengthens diagnostic reliability and clinical confidence during Hajj.

Economic Considerations and Future Evaluation

The centralized PT model may also provide economic value by identifying analytical performance problems early and supporting standardized corrective actions across multiple laboratories. Although the present study did not perform a formal economic evaluation, future research should assess the total cost of implementing centralized PT against the direct and indirect costs associated with laboratory quality failures. Program costs should include PT materials and subscriptions, staff training, personnel time, sample distribution and transportation, electronic reporting, centralized monitoring, and corrective-action activities. Potential avoided costs may include repeat analyses, unnecessary reagent and consumable use, additional staff workload, troubleshooting and instrument downtime, delayed clinical decision-making, additional diagnostic investigations, and costs associated with preventable diagnostic or transfusion-related errors. Such analyses could include cost-effectiveness, cost-benefit, or return-on-investment approaches to determine whether centralized PT provides measurable economic value alongside improvements in laboratory quality and patient safety.

Strengths and Limitations

A major strength of this study is the prospective, multicenter implementation of a standardized PT program under real-world mass-gathering conditions across eight hospitals. However, several limitations should be acknowledged. First, the study did not include patient-level clinical outcomes; therefore, the observed laboratory performance cannot be directly linked to clinical events or patient outcomes. Second, the study covered a single Hajj season, which limits assessment of long-term sustainability and reproducibility. Third, the economic impact of the centralized PT model was not directly evaluated. Future studies should incorporate patient-safety indicators, turnaround times, transfusion-related outcomes, and formal cost-effectiveness analyses across multiple Hajj seasons.

To conclude, the centralized external PT program implemented during Hajj 1447 AH achieved high participation, consistent excellence in analytical results, and comparable performance to established benchmarks. By integrating pre-event training, daily blinded PT challenges, electronic data reporting, and real-time oversight, the model provides a scalable, quality-assurance framework for future Hajj seasons and other mass-gathering events. Such programs enhance diagnostic resilience and laboratory standardization, ultimately supporting patient safety and effective healthcare delivery in extreme operational settings.

4.Conclusions

The centralized PT model achieved high participation and maintained consistently acceptable analytical performance across Mashaer laboratories during Hajj 1447 AH, with results comparable to those of benchmark laboratories. By integrating standardized pre-Hajj training, daily blinded PT, centralized electronic reporting, benchmarking, and real-time quality oversight, the program provided a practical and scalable framework for strengthening laboratory quality assurance and diagnostic resilience during mass-gathering healthcare operations. Although direct patient outcomes were not assessed, the findings support the potential role of centralized PT in promoting diagnostic reliability, transfusion safety, and quality governance during Hajj and other large-scale healthcare events.

5. Recommendations

- Future studies should evaluate the clinical and operational impact of centralized proficiency testing programs by examining their association with laboratory turnaround times, transfusion safety indicators, diagnostic accuracy, and other healthcare quality metrics during Hajj.

- Longitudinal studies spanning multiple Hajj seasons are recommended to assess the sustainability, reproducibility, and long-term effectiveness of centralized proficiency testing programs in maintaining laboratory quality under mass-gathering conditions.

- Economic evaluations should be conducted to determine the cost-effectiveness of centralized proficiency testing models compared with conventional decentralized quality-assurance approaches, while exploring the integration of real-time digital quality dashboards to support performance monitoring and decision-making.

References

1.Organization WH. Public health for mass gatherings: key considerations. Geneva: World Health Organization; 2015.

2.Memish ZA, Steffen R, White P, Dar O, Azhar EI, Sharma A, et al. Mass gatherings medicine: public health issues arising from mass gathering religious and sporting events. Lancet. 2019;393(10185):2073-84.

3.Memish ZA, Stephens GM, Steffen R, Ahmed QA. Emergence of medicine for mass gatherings: lessons from the Hajj. Lancet Infect Dis. 2012;12(1):56-65.

4.Ahmed QA, Arabi YM, Memish ZA. Health risks at the Hajj. Lancet. 2006;367(9515):1008-15.

5.Yezli S AB, Alawam AH, Ahmed QA, Memish ZA. Mass gatherings and mass gathering health. Saudi Med J. 2016;37(6):560–7.

6.Shafi S, Dar O, Khan M, Azhar EI, McCloskey B, Zumla A, et al. The annual Hajj pilgrimage-minimizing the risk of ill health in pilgrims from Europe and opportunity for driving the best prevention and health promotion guidelines. Int J Infect Dis. 2016;47:79-82.

7.Plebani M. Errors in clinical laboratories or errors in laboratory medicine? Clin Chem Lab Med. 2006;44(6):750-9.

8.Lippi G PM. The importance of laboratory medicine in the medical decision-making process. Clin Chem Lab Med. 2010;48(2):139–40.

9.Plebani M. Quality indicators to detect pre-analytical errors in laboratory testing. Clin Biochem Rev. 2012;33(3):85-8.

10.Sciacovelli L, Plebani M. The IFCC Working Group on laboratory errors and patient safety. Clin Chim Acta. 2009;404(1):79-85.

11.Standardization IOf. ISO 15189:2022 Medical laboratories—Requirements for quality and competence. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization (IOS); 2022. Report No.: ISO 15189:2022.

12.Standardization IOf. ISO/IEC 17043:2023 Conformity assessment—General requirements for the competence of proficiency testing providers. Geneva: International Organization for Standardization 2023. Report No.: ISO/IEC 17043:2023.

13.Miller WG. The role of proficiency testing in achieving standardization and harmonization between laboratories. Clin Biochem. 2009;42(4-5):232-5.

14.T. B. Evidence-based laboratory quality management. Clin Biochem Rev. 2018;39(3):113–9.

15.Plebani M, Astion ML, Barth JH, Chen W, de Oliveira Galoro CA, Escuer MI, et al. Harmonization of quality indicators in laboratory medicine. A preliminary consensus. Clin Chem Lab Med. 2014;52(7):951-8.

16.Sciacovelli L, O'Kane M, Skaik YA, Caciagli P, Pellegrini C, Da Rin G, et al. Quality Indicators in Laboratory Medicine: from theory to practice. Preliminary data from the IFCC Working Group Project "Laboratory Errors and Patient Safety". Clin Chem Lab Med. 2011;49(5):835-44

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

عمار عبدالباسط الصائغ*، عمار فؤاد أربعين - معهد خادم الحرمين الشريفين 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 Alsaig*, Ammar Arbaaeen - The Custodian of Two Holy Mosques Institute for Hajj and Umrah research, Umm Al-Qura University
*Corresponding author: E-mail (aasaig@uqu.edu.ssa)

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 المفتاحية: 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.

Keywords: Artificial Intelligence (AI), Centralized Data Systems, Pilgrim Experience Analysis, Data-Driven Decision Support Systems (DDS), Customer Satisfaction Prediction, Big Data, Religious Tourism.

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(Abrardi et al., 2022).

كما يمكن 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 بناء 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 استراتيجية مبنية على تحليلات دقيقة للبيانات. حيث يمكن من خلال هذا البحث ونموذج النظام معرفة الرضى التكاملي في مختلف مناطق الحج والعمرة ونقاط الرحلة. كما يمكن من خلال نتائج هذا البحث من استخراج خارطة متكاملة لتجربة الحشود والمكاسب والآلام التي يمروا 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

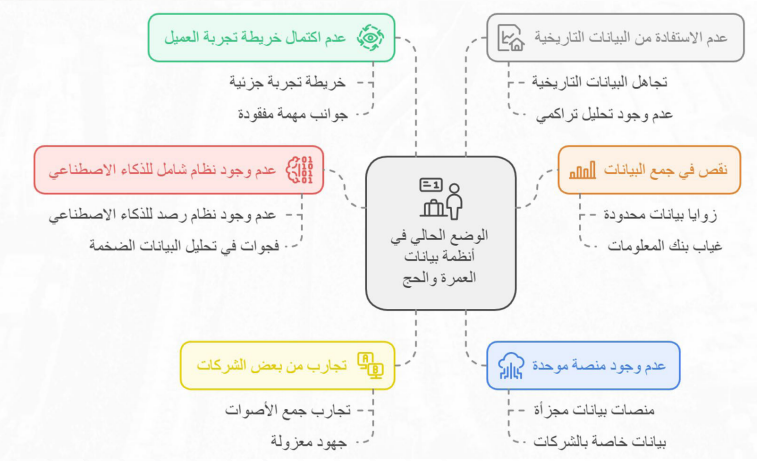
تحسين القرارات الاستراتيجية وتحقيق الاستدامة المالية، مما يعود بالفائدة على الشركات العاملة في قطاع الحج والعمرة بشكل مباشر وتعود على كامل القطاع الداعم بشكل غير مباشر.

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 and Gill, 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.



تحديد مشكلة الدراسة



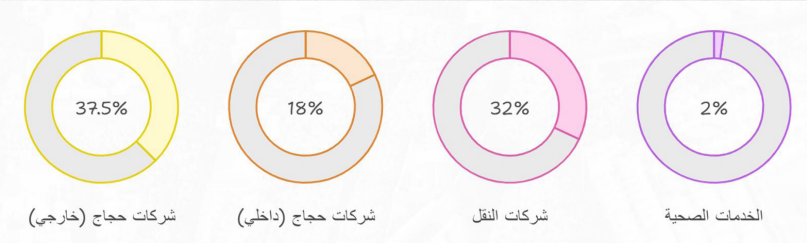
شكل 2 الوضع الحالي لتقييم أنظمة استبيان الحج والعمرة

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 الرضى العام لايمكن الوصول له بشكل دقيق وآني – شكل 2.

1.2 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 ومراحلة الرحلة لا يقل عن 250 استبيان مختلف لكيان ودراسة مختلفة. ويعتبر هذا الرقم رقم كبير 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 أولا يغطي فقط 25% من الكيانات ولا يتكامل مع بعضه البعض. ومع وجود جهود لوزارة الحج والعمرة في قياس رضا المستفيدين عبر محطات رحلة ضيوف الرحمن [15]، فإن هذه الجهود تُنفَّذ بأدوات الوزارة الخاصة ولا تشمل توحيد الاستبيانات التي تنفذها بقية الكيانات أو إعادة استخدامها، كما أن كثيراً من التحليلات التكاملية يتم بأثر رجعي بعد انتهاء الموسم. ولذلك يظل الوصول إلى صورة دقيقة وآنية لرضا الحشود على مستوى القطاع بأكمله متعذراً، لاختلاف النماذج وأهداف الجمع وغيرها من الأسباب المختلفة.

وكما يوضح – شكل 3 – فقد شمل الاستطلاع الميداني ثلاث شركات من شركات حجاج الداخل و32 شركة من شركات حجاج الخارج و26 شركة من شركات النقل، إضافة إلى خمسة أو أكثر من مقدمي الخدمات الصحية، وذلك للوقوف على استعدادهم لجمع استبيانات الرضا حال توفر نظام مركزي وكانت اجابة الاستبيان تدعم توجه البحث بشكل كبير.



شكل 3 نسبة الكيانات التي تم استبيانها من العدد المعتمد

2.2 أداة الاستطلاع الميداني ومنهجية احتساب النتائج

أُجري الاستطلاع الميداني على كيانات القطاع لا على الحجاج والمعتمرين، وذلك للوقوف على «جاهزية السوق» لنظام مركزي. وبلغ عدد الكيانات المستجيبة ما لا يقل عن 66 كياناً موزعة على أربع فئات: ثلاث شركات من شركات حجاج الداخل، و32 شركة من شركات حجاج الخارج، و26 شركة من شركات النقل، وخمسة أو أكثر من مقدمي الخدمات الصحية، وذلك خلال موسم 1445هـ. واعتُمد أسلوب العينة الميسّرة (Convenience Sampling) نظراً لتعذر الحصول على إطار معاينة موحد للقطاع؛ ولذلك لا تُعد العينة ممثلة إحصائياً لكامل الكيانات، ولم يُحتسب لها هامش خطأ أو مستوى ثقة. وتتكون أداة الاستطلاع من المحاور الرئيسية الموضحة في – شكل 4 – وهي: إجراء الاستبيانات، والحاجة إلى نظام مركزي، وقدرة الدفع، واعتبار التكلفة، وعدم وجود نظام جاهز. وقد صيغت أسئلة كل محور بصيغة تقيس موافقة الكيان من عدمها على العبارة موضع القياس. [يُستكمل من الباحثَين: العدد الدقيق لأسئلة الأداة، ونص الأسئلة، ومقياس الاستجابة المستخدم، وإجراءات التحقق من صدق الأداة وثباتها؛ ويُوصى بإرفاق الأداة كاملة في ملحق.]

أما طريقة التوزيع فقد تمت عبر التواصل المباشر مع ممثلي الكيانات خلال الموسم. [يُستكمل من الباحثَين: قناة التوزيع الفعلية (مقابلة ميدانية / اتصال هاتفي / نموذج إلكتروني)، والفترة الزمنية الدقيقة للجمع، وعدد الدعوات المرسلة، ومعدل الاستجابة.] وفيما يخص احتساب النسب المئوية المعروضة في – شكل 5 – فهي تمثل نسبة الكيانات التي أبدت موافقتها على العبارة إلى إجمالي الكيانات المستجيبة على المحور نفسه، مقرَّبةً إلى أقرب عدد صحيح [يُستكمل من الباحثَين: الأساس العددي (n) لكل محور من محاور شكل 5، إذ قد يختلف عدد المستجيبين من محور إلى آخر]. أما النسب المعروضة في – شكل 3 – فتمثل نسبة الكيانات التي شملها الاستطلاع في كل فئة إلى العدد المعتمد للكيانات في تلك الفئة، وليست نسبة من إجمالي العينة.

3. النتائج والمناقشة

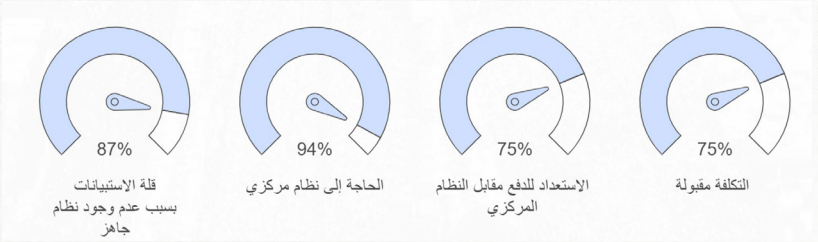
تنويه منهجي: تنقسم هذه الورقة إلى ثلاثة مستويات من الأدلة يجب عدم الخلط بينها. الأول: القسم 2.1 وصدر القسم 3 (الأشكال 3 و4 و5 و6)، وهي نتائج الاستطلاع الميداني الفعلي الذي أجراه الباحثان على كيانات القطاع، وتُعد النتائج المقيسة الوحيدة في هذه الورقة. الثاني: القسم 3.1، وهو دراسة مقارنة تحليلية مستندة إلى الأدبيات المنشورة لا إلى بيانات ميدانية جمعها الباحثان. الثالث: الأقسام من 3.2 إلى 3.6 والقسم 5، وهي تصف مواصفات النظام المقترح (CSRS) وتصميمه ومخرجاته المتوقعة، وهو نظام لم يُطبَّق ولم يُختبَر تشغيلياً حتى تاريخ إعداد هذه الورقة؛ ومن ثم فإن كل ما يرد فيها من فوائد أو مؤشرات هو نتائج متوقعة قابلة للاختبار وليست نتائج مقيسة.

حيث استهدف الاستبيان زوايا مختلفة كما هي مستعرضة في – شكل 4 – 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 – شكل 5 – يستعرض نتائج الاستبيان التكاملية لجميع الفئات التي تم استطلاع رأيهم. حيث بيّن 87 % من الكيانات المستجيبة أن قلة الاستبيانات تعود إلى عدم توفر نظام جاهز، وأن ما يعوق إجراءها هو التكلفة والجهد المصاحب للتحليل والتنقيح وتجهيز مؤشرات الأداء ومواءمتها مع مؤشرات الأداء المعتمدة وغيرها من المتطلبات الأخرى. كما عبّر 94 % منهم عن الحاجة إلى نظام مركزي، وأبدى 75 % استعداداً للدفع مقابل الاشتراك فيه، فيما رأى 75 % أن التكلفة المطروحة مقبولة.

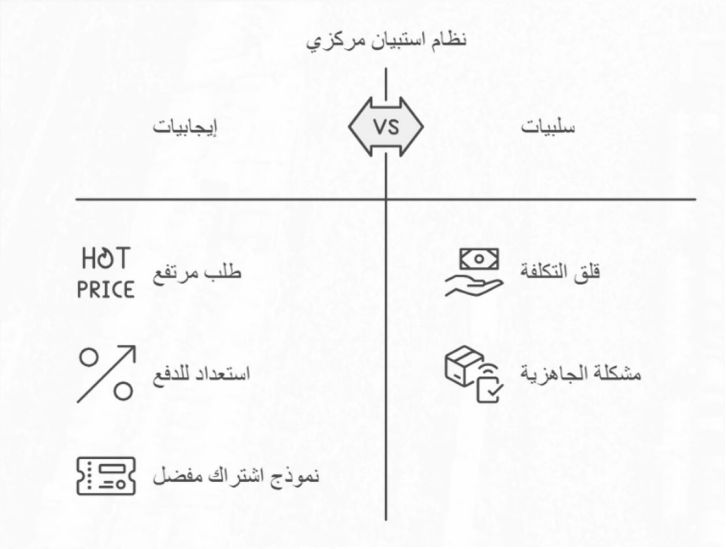


شكل 3 نسبة الكيانات التي تم استبيانها من العدد المعتمد



شكل 3 نسبة الكيانات التي تم استبيانها من العدد المعتمد

وبالتالي فإن 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

1.3 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 واستفادة. 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 et al., 2023).

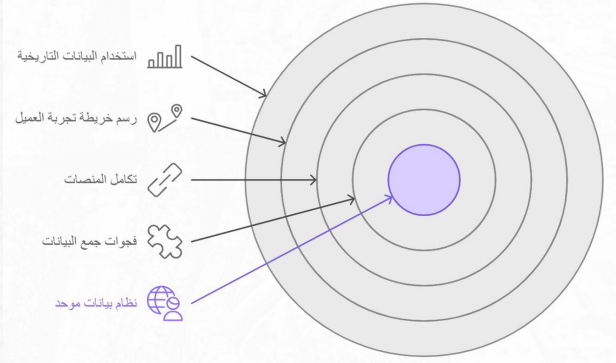
هذا التوحيد يتيح للشركات والجهات المعنية الاعتماد على معايير محددة تضمن التزام كافة الأطراف بالسياسات المعمول بها، في حين أن الأنظمة المتفرقة تواجه تحديات متزايدة في تطبيق سياسات الخصوصية بسبب تعدد المصادر والمناطق التي تجمع البيانات منها. أما فيما يتعلق بإعادة استخدام الاستبيانات، فالأنظمة المركزية 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 (Wilkinson et al., 2016).

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 (Rinnan, 2005)

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

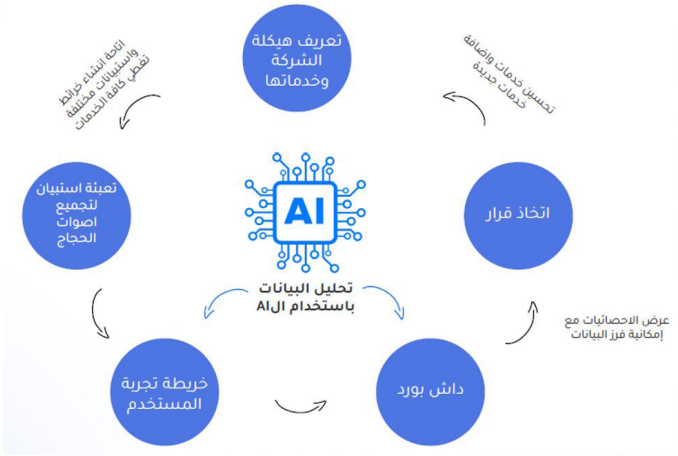
المعايير	النظام المركزي لجمع الاستطلاعات	الجهود الفردية لكل جهة
جمع البيانات	موحد ومعياري عبر جميع الجهات	مجزأ، حيث تجمع كل جهة البيانات بشكل مستقل
دقة البيانات	عالية، مع آليات تحقق قوية	متغيرة، تعتمد على قدرات كل جهة على حدة
الكفاءة من حيث التكلفة	فعّال من حيث التكلفة على المدى الطويل بفضل تقليل التكرار	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

2.3 الحل المقترح (تصميم مقترح لم يُطبَّق بعد)



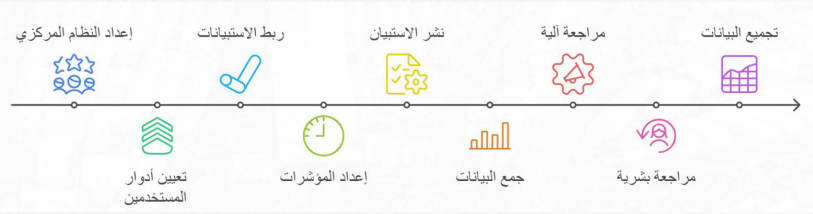
شكل 7 مستويات الحل المقترح

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(Nwachukwu and Affen, 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 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.



شكل 7 مستويات الحل المقترح

3.3 مراحل العمل في الحل المقترح



شكل 9 مراحل الحل المقترح للنظام المركزي

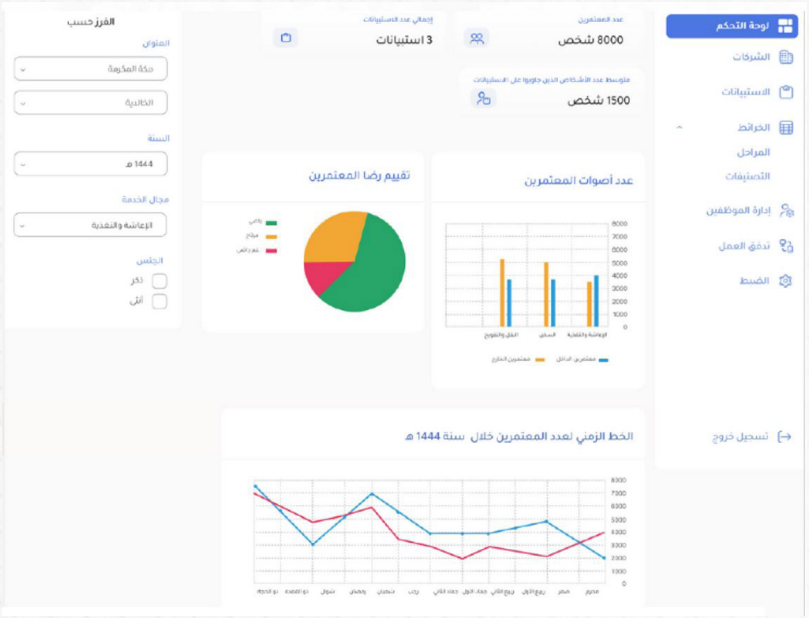
وكما يبين - شكل 9 - فإن مراحل العمل في الحل تتكون من الآتي: في البداية، تعتمد الشركة على نظام مركزي يمكنها من استخدام استبيانات موجودة مسبقًا أو إنشاء استبيانات جديدة حسب الحاجة. هذا النظام يوفر إمكانية تخصيص الاستبيانات بناءً على نوع البيانات التي ترغب الشركة في جمعها. هذا يتيح مرونة كبيرة في التعامل 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.

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 - شكل 10 -.



شكل 10 نموذج مبسط من لوحة التحكم

4.3 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 و ResNet وVGGNet لتعزيز دقة التحليل. وباستخدام TensorFlow Object Detection API و Elasticsearch سيتم تمكين البحث عن الصور بناءً على العناصر الموجودة فيها.

وأخيرًا، في مجال تحليل البيانات النصية، سيتم الاعتماد 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.

خطة التوسع والتكامل واقتصاديات 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 – شكل 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 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.



شكل 7 مستويات الحل المقترح

6.3 الفوائد المتوقعة من الحل المقترح (غير مقيسة)

أ. تحسين جودة البيانات والتنبؤ: تشير المقارنة النظرية بين النظام المركزي المقترح (CSRS) والأنظمة الموزعة إلى أن المركزية يمكن أن تحسّن 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. وباستخدام النظام المركزي يُتوقَّع أن يصبح من الممكن تجميع البيانات من مختلف شركات العمرة بشكل فوري، وتحليلها باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي لتقديم رؤى حول رضا الحشود بشكل عام. ويظل التحقق من هذا الأثر مرهوناً بتطبيق النظام وقياس نتائجه ميدانياً.

ب. التحليل المتوقع لاستبيانات الحجاج والمعتمرين (تصميم مقترح): لم يُجرِ هذا البحث استبياناً مباشراً على الحجاج والمعتمرين؛ إذ اقتصر العمل الميداني على اَستطلاع آراء كيانات القطاع كما ورد في القسم 3 والقسم 2.1. وفي حال تطبيق النظام المقترح، يُتوقَّع

أن تُوزَّع استبيانات شاملة على الحجاج والمعتمرين لجمع البيانات المتعلقة بتجربتهم مع خدمات الحج والعمرة، بما يتيح رصد التفاوت في مستوى الرضا بحسب فئة الخدمة وبحسب الفئة العمرية للمستفيد – كأن يُقاس أثر خدمات النقل والرعاية الصحية على رضا الحجاج الأكبر سناً مقابل أثر سهولة الوصول إلى المعلومات والخدمات الرقمية لدى الحجاج الأصغر سناً. وتُعد هذه فرضيات يجب اختبارها بعد التطبيق، لا نتائج تم التوصل إليها في هذه المرحلة.

ج_ تحليل الاستبيانات والبيانات المجمعة: يقضي التصميم المقترح بأن تغطي الاستبيانات مجموعة واسعة من النقاط المتعلقة بتجربة الحجاج والمعتمرين، بما في ذلك التعليقات على جودة الخدمات، والتصورات حول نقاط الضعف التي واجهوها، وأي مشاكل تقنية؛ وبأن تُستخدم الأسئلة المغلقة والمفتوحة معاً لجمع البيانات النوعية والكمية، على أن تُحوَّل البيانات النصية إلى معطيات رقمية باستخدام خوارزميات معالجة اللغة الطبيعية (NLP). وقد أثبتت الأدبيات جدوى هذا الأسلوب في تحليل الأسئلة المفتوحة في الاستبيانات، سواء عبر نمذجة الموضوعات البنيوية (Roberts et al., 2014) أو عبر مراجعة حديثة شملت 79 دراسة في توظيف التعلم الآلي ومعالجة اللغة الطبيعية لهذا الغرض (Olmos-Vallejo et al., 2026).

يُتوقَّع أن يسهم النظام المركزي في تطوير مؤشرات أداء جديدة تعتمد على رضا الحشود بشكل عام، بالإضافة إلى رضا الأفراد؛ ومن خلال هذه المؤشرات تستطيع الشركات التعرف على المجالات التي تحتاج إلى تحسين فوري، مثل تحسين وسائل النقل أو تقديم خدمات رقمية أفضل. أما نسبة «زيادة رضا العملاء بما يصل إلى 25%» فهي قيمة مستهدفة افتراضية وضعها الباحثان لأغراض التخطيط ودراسة الجدوى؛ ولم تُستمد من الاستطلاع الميداني الوارد في القسمين 2.1 و3، ولم تُنقل عن دراسة منشورة، ولم تُقس ميدانياً. وتُعرض هنا بوصفها فرضية قابلة للاختبار بعد تطبيق النظام لا نتيجة مثبتة. وتشير الأدبيات إلى أن التحليلات التنبؤية القائمة على الذكاء الاصطناعي قادرة على رفع دقة التنبؤ برضا العملاء بدرجة معتبرة، من دون أن تحدد نسبة موحدة قابلة للتعميم على قطاع الحج والعمرة (Zaghloul et al., 2024).

7.3 التحديات والقيود

على الرغم من النتائج الواعدة التي يمكن أن يحققها النظام المركزي، فإن هذا البحث تواجهه عدة قيود جوهرية. أولها أن النظام المقترح (CSRS) لم يُطبَّق ولم يُختبَر تشغيلياً حتى تاريخ إعداد هذه الورقة، ومن ثم فإن كل ما ورد في الأقسام من 3.2 إلى 3.6 هو مواصفات تصميمية ونتائج متوقعة لا نتائج مقيسة. وثانيها أن الأدلة الميدانية المتاحة تقتصر على استطلاع آراء كيانات القطاع بأسلوب العينة الميسّرة، ولذلك لا يمكن تعميم نتائجه إحصائياً على القطاع بأكمله. ويضاف إلى 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 (Sidaoui et al., 2020)، تبيّن أن توظيف الذكاء الاصطناعي في جمع تجربة العملاء وتحليلها – عبر مقابلات تحاورية آلية وتحليل المشاعر – يتيح استخلاص رؤى معتبرة عن تجربة العميل بتكلفة أقل من الأساليب النوعية التقليدية، وأن مخرجاته تتوافق مع مقاييس القياس المعتمدة. ويدعم ذلك التوجه نحو توحيد جمع البيانات وتحليلها مركزياً لتحديد الاتجاهات وتقديم توصيات لتحسين تجربة العملاء بشكل عام.

2. الذكاء الاصطناعي في تحليل البيانات

أظهرت الدراسات أن الذكاء الاصطناعي يلعب دوراً حاسماً في تحليل البيانات الضخمة وتقديم رؤى تنبؤية تدعم اتخاذ القرارات. في دراسة أجرتها (Zaghloul et al., 2024)، جرى تحليل أكثر من مئة ألف طلب من منصة تجارة إلكترونية كبرى لمقارنة نماذج التعلم الآلي التقليدية بنماذج التعلم العميق في التنبؤ برضا العملاء انطلاقاً من تقييمات المراجعات. وقد بلغت دقة نموذج الغابة العشوائية 92% متفوقاً على نماذج التعلم العميق، كما حدّدت الدراسة زمن التوصيل ودقة تنفيذ الطلب بوصفهما من أهم محددات الرضا. وتؤكد هذه النتيجة أهمية التحليلات التنبؤية القائمة على البيانات، كما تنبّه إلى أن النماذج الأبسط قد تتفوق على الأعقد، 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 (Abughazalah et al., 2024)، وهي مراجعة منهجية لأنظمة تبادل المعلومات الصحية، جرى تحليل الفروق بين المعمارية المركزية والموزعة في قطاع الرعاية الصحية. وخلصت المراجعة إلى أن المعمارية المركزية تتفوق في التكامل وسهولة الوصول وبساطة التشغيل وسرعة استرجاع البيانات، غير أنها تنطوي على مخاطر «نقطة الفشل الأحادية» وتركّز المخاطر الأمنية؛ في حين تتفوق المعمارية الموزعة في الخصوصية ومقاومة الأعطال، مقابل تعقيد أعلى في التكامل وتكاليف تشغيل أكبر. وتتسق هذه الخلاصة مع منطق الحل المقترح في هذا البحث القائم على النظام المركزي (CSRS)، الذي يتبنى المركزية لتحقيق التكامل ومقارنة البيانات عبر المواسم، مع الإقرار الصريح بضرورة معالجة نقطة الفشل الأحادية وحوكمة الخصوصية كما ورد في القسم 3.2.

5. العمل المستقبلي والتطور البحثي

الفوائد الاستراتيجية للوحة التحكم ونظام دعم القرارات (DDS)

يعرض هذا القسم عملاً مستقبلياً ومخرجات متوقعة لا نتائج مقيسة. ومن أبرز هذه المخرجات الدور الحيوي الذي يمكن أن تلعبه لوحة التحكم التفاعلية ونظام دعم القرارات (DDS) (Abrardi et al., 2022) في تحسين تجربة الحجاج وتقديم توصيات استراتيجية للشركات. فمن خلال تحليل البيانات في الوقت الفعلي يُتوقَّع أن تتمكن الشركات من اتخاذ قرارات أسرع وأكثر دقة، بما ينعكس على 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. وعلى سبيل السيناريو التوضيحي، إذا أظهرت البيانات أن الحجاج الذين يواجهون تأخيراً في النقل بين المواقع أقل رضا، فإن اللوحة تمكّن الشركات من رصد ذلك واتخاذ 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. فعلى سبيل المثال، يمكن للشركات 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.

7. 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

1. 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. https://doi.org/10.1093/jopart/muac016Journal of Public Administration Research and Theory, 33(1), 170-185.

2. King, J. L. (1983). Centralized versus decentralized computing: Organizational considerations and management options. ACM Computing Surveys, 15(4), 319–349. https://doi.org/10.1145/289.290

3. Wilkinson, M. D., Dumontier, M., Aalbersberg, I. J., Appleton, G., Axton, M., Baak, A., … Mons, B. (2016). The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship. Scientific Data, 3, 160018. https://doi.org/10.1038/sdata.2016.18

4. Singh, R., & Gill, S. S. (2023). Edge AI: A survey. Internet of Things and Cyber-Physical Systems, 3, 71–92. https://doi.org/10.1016/j.iotcps.2023.02.004

5. Marginson, S. (2018). Australia: Benefits and limits of the centralized approach. In M. Carnoy, I. Froumin, O. Leshukov, & S. Marginson (Eds.), Higher education in federal countries: A comparative study. New Delhi: SAGE Publications.

6. Rinnan, R. (2005). Benefits of centralized log file correlation (Master's thesis, Department of Computer Science and Media Technology, Gjøvik University College, Norway). https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/143787

7. Nwachukwu, D., & Affen, M. P. (2023). Artificial intelligence marketing practices: The way forward to better customer experience management in Africa (Systematic literature review). International Academy Journal of Management, Marketing and Entrepreneurial Studies, 9(2), 44–62.

8. Sidaoui, K., Jaakkola, M., & Burton, J. (2020). AI feel you: Customer experience assessment via chatbot interviews. Journal of Service Management, 31(4), 745–766. https://doi.org/10.1108/JOSM-11-2019-0341

9. Roberts, M. E., Stewart, B. M., Tingley, D., Lucas, C., Leder-Luis, J., Gadarian, S. K., Albertson, B., & Rand, D. G. (2014). Structural topic models for open-ended survey responses. American Journal of Political Science, 58(4), 1064–1082. https://doi.org/10.1111/ajps.12103

10. Zaghloul, M., Barakat, S., & Rezk, A. (2024). Predicting e-commerce customer satisfaction: Traditional machine learning vs. deep learning approaches. Journal of Retailing and Consumer Services, 79, 103865. https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2024.103865

11. Olmos-Vallejo, A., Rodríguez-Mazahua, L., Machorro-Cano, I., Palet-Guzmán, J. A., Alor-Hernández, G., Cervantes, J., & Sánchez-Cervantes, J. L. (2026). Application of machine learning and natural language processing techniques for the analysis of surveys with open-ended questions: A scoping review. Computers, 15(6), 342. https://doi.org/10.3390/computers15060342

12. Abughazalah, M., Alsaggaf, W., Saifuddin, S., & Sarhan, S. (2024). Centralized vs. decentralized cloud computing in healthcare. Applied Sciences, 14(17), 7765. https://doi.org/10.3390/app14177765

13. Abrardi, L., Cambini, C., & Rondi, L. (2022). Artificial intelligence, firms and consumer behavior: A survey. Journal of Economic Surveys, 36(4), 969–991. https://doi.org/10.1111/joes.12455

14. Ministry of Health, Saudi Arabia. (2018). Patient Experience Measurement Program (PXM). Retrieved from https://www.moh.gov.sa/en/Ministry/pxmp/Pages/default.aspx

15. Saudi Press Agency (SPA). (2026, May 6). Ministry of Hajj and Umrah expands its beneficiary-satisfaction measurement system for Hajj 1447 AH. Retrieved from https://www.spa.gov.sa/N2579393

تعزيز سلامة الحجاج وسهولة تنقلهم من خلال التحديد الدقيق للمواقع وتحليلات حراك الحشود

طارق النفوري*[1]، محمد خضر[2]، عماد فلمبان[3]، أحمد بدر[1] - [1]علوم وهندسة الحاسوب والكهرباء والرياضيات، جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية (KAUST)، [2]هندسة الموقع والسياق لأنظمة أندرويد، جوجل، [3]قسم الهندسة الكهربائية، جامعة أم القرى

Enhancing Pilgrim Safety and Navigation Through Precision Localization and Crowd Analytics

Tareq Al-Naffouri[1]*, Mohammed Khider[2], Emad Felemban[3] and Ahmed Bader[1] - [1]Computer, Electrical, Mathematical Sciences and Engineering (CEMSE), King Abdullah, University of Science and Technology (KAUST), [2]Android Location and Context Engineering, Google, [3]Electrical Engineering Department, Umm Al-Qura University Technology

*Corresponding author: E-mail (Tareq.AlNaffouri@KAUST.edu.sa)

الملخص

تُعدّ مواسم الحج والعمرة في مكة المكرمة من أكثر التجمعات البشرية كثافةً وتعقيدًا على مستوى العالم، حيث يتوافد أكثر من مليوني حاج سنويًا لأداء فريضة الحج، إضافةً إلى نحو 15 مليون معتمر، ضمن بيئة عمرانية معقدة تتعطل فيها فعليًا أنظمة تحديد المواقع المعتمدة على نظام تحديد المواقع العالمي . وتقدم البنية التحتية الحالية لمراقبة الحشود، بما في ذلك الأساور المعتمدة على تقنية التعرف بالترددات الراديوية، وكاميرات المراقبة البصرية، وأنظمة تحديد المواقع عبر الشبكات الخلوية، على دقة مكانية لا تكفي لتشكيل صورة لحظية لتدفقات الحشود على اتساع الرقعة المكانية، بما يعيق القدرة لدى السلطات على منع التكدسات وتشكل نقاط الاختناق.

تقترح هذه الورقة البحثية وتقيّم بنيةً جديدة متعددة الأنماط لتحديد المواقع داخل المباني وخارجها وتعزيز سلامة الحشود، صُممت خصيصًا لتلائم الخصائص الإنشائية واللاسلكية والبنيوية والتشغيلية الفريدة للمشاعر المقدسة. ويتمثل الابتكار الرئيس في استراتيجية استشعار لا تتطلب أي تجهيزات إضافية، إذ تستفيد من انتشار أجهزة أندرويد عالميًا، والذي يتجاوز 67% من الأجهزة المحمولة حول العالم، وهي نسبة تُعدّ حدًّا أدنى متحفظًا نظرًا لارتفاع انتشار أندرويد في البلدان التي يفد منها معظم زوار المشاعر المقدسة، باعتبارها شبكة استشعار موزعة قائمة بالفعل. ويُعزَّز ذلك ببنية تحتية ذات تكلفة منخفضة تدعم تقنية قياس زمن الرحلة ذهابًا وإيابًا عبر شبكات الواي فاي ، بالإضافة إلى نماذج ذكاء اصطناعي لتصحيح القياسات، ناهيك عن طبقة ثلاثية الأبعاد عالية الدقة للمباني بهدف تصحيح أخطاء تحديد المواقع في البيئات الحضرية ذات الأبنية المرتفعة .

وتدمج منظومة دمج المستشعرات، المكوّنة من خمس طبقات، هذه الوسائط المختلفة باستخدام أساليب متقدمة لمعالجة وترشيح البيانات وذلك من أجل إنتاج خرائط آنية لكثافة الحشود بدقة تقل عن متر واحد. وقد جرى تقييم النظام المقترح من خلال ثلاثة سيناريوهات استخدام رئيسية: المراقبة اللحظية لكثافة الحشود، والنمذجة التنبؤية لحركة التدفقات البشرية، والملاحة الديناميكية. كما تُقترح منهجية تجريبية مرحلية تستهدف حيًا محددًا في المشاعر المقدسة بوصفها المرحلة الأولى للتحقق من النظام، على أن يساهم باحثو جامعة أم القرى بخبراتهم الميدانية في نمذجة البيئة ثلاثية الأبعاد بدقة ودمج النظام ضمن البيئة التشغيلية للمشاعر المقدسة

الكلمات المفتاحية: تحديد المواقع، مراقبة الحشود، الحج والعمرة، أندرويد، واي فاي، دمج المستشعرات، ذكاء اصطناعي، نمذجة ثلاثية الأبعاد، ملاحة ديناميكية

Abstract

Annual pilgrimage to Makkah generates among the densest and most complex human concentrations on Earth, with over 2 million Hajj pilgrims and 15 million Umrah visitors converging on a built environment where GPS-based positioning

fails entirely. Existing crowd monitoring infrastructure, including RFID wristbands, overhead CCTV, and cellular positioning, operates at spatial resolutions insufficient to prevent crowd pile-ups, bottlenecks, and congestion choke points. This paper proposes a novel multi-modal indoor localization and crowd safety architecture specifically designed for the unique structural, RF, and operational conditions of the Holy Sites. The core innovation is the ability to seamlessly transform visitors' smartphones into a distributed crowd-sensing platform. It is a strategy that exploits global Android device prevalence (over 67% of mobile devices worldwide, and a conservative floor given the countries of origin of Holy Site visitors) as a pre-existing distributed sensor network. With virtually every device having the "Nusuk" installed, it acts as the seamless conduit for exchanging the type of data needed by the backend system to understand the crowd movement dynamics. The is further augmented by low-cost Wi-Fi Round-Trip Time (RTT) anchoring infrastructure, environment-specific AI correction models, and a high-fidelity 3D building layer for urban canyon correction. A five-layer sensor fusion pipeline integrates these modalities via Extended Kalman and Particle Filter estimation to produce real-time, sub-meter-accurate crowd density maps. The proposed system is evaluated across three use cases: real-time density monitoring, predictive flow modeling, and dynamic navigation. A phased pilot methodology targeting a defined Holy Sites neighborhood is proposed as the first validation stage, with UQU researchers providing site-domain expertise critical to accurate 3D environment modeling and .operational integration

Keywords: indoor localization, crowd safety, Wi-Fi RTT, sensor fusion, pedestrian dead reckoning, 3D ray tracing, Hajj, Nusuk, urban canyon correction, AI localization

1. Introduction

The Hajj pilgrimage is one of the five pillars of Islam and one of the largest recurring mass-gathering events on Earth. Masjid Al-Haram in Makkah, the world's largest mosque with a capacity exceeding 2 million, together with the Jamarat Bridge, Mina Valley, and Mount Arafat, constitutes a pilgrimage geography of extraordinary complexity. These sites combine enclosed multi-level structures, underground walkways, outdoor plazas, and towering adjacent hotel towers, creating an RF environment in which Global Navigation Satellite Systems (GNSS) fail entirely or perform at unacceptable accuracy levels [1].

The consequences of localization failure in this context are severe. Without precise indoor positioning, emergency responders cannot navigate to distressed pilgrims, crowd management authorities cannot identify dangerous density build-ups in advance, and lost pilgrims generate counter-flow conditions that amplify crush risk [2]. Crowd pile-ups and unforeseen choke points remain the most salient demonstration of this systemic vulnerability; in the absence of real-time crowd density monitoring as a critical causal factor [3], [4].

Despite significant investment in crowd management infrastructure by the Saudi Holy Sites Presidency, current systems, i.e., overhead CCTV, RFID wristbands, and cellular positioning, operate at spatial resolutions of 50 to 150 meters at best, insufficient for actionable indoor routing or sub-minute safety interventions [5]. The fundamental challenge is not a lack of investment but a structural technology gap: no existing commercial system is designed for GPS-denied mass-gathering environments at the scale, device heterogeneity, and cultural sensitivity of the Holy Sites.

This paper addresses this gap by proposing a novel multi-modal sensor fusion architecture tailored to the specific physical, operational, and ethical constraints of the Holy Sites. The central technical insight is that Android accounts for more than 67% of mobile devices worldwide [6] (a conservative floor for the Holy Sites, where the majority of visitors travel from countries with above-average Android penetration) constituting a zero-cost, massively distributed sensing layer that, when fused with Wi-Fi RTT ranging, inertial dead reckoning, and environment-specific AI correction, can deliver sub-meter localization at pilgrimage scale. The paper details the architecture, fusion methodology, application delivery pipeline, and a phased validation roadmap.

2. Methodology (Materials and methods)

The proposed system is structured as a five-layer heterogeneous sensor fusion architecture. Each layer contributes a distinct positioning modality; the layers are fused in a cascaded estimation framework using an Extended Kalman Filter (EKF) as the primary estimator, with a Particle Filter (PF) fallback for non-linear state transitions during high-crowd-density scenarios. This hybrid EKF/PF design is a novel contribution: prior indoor localization work in mass-gathering environments has applied either filter class independently [7], but the dynamic crowd conditions at the Holy Sites create state-space non-linearities that require adaptive estimator selection.

Layer 1 (Wi-Fi RTT Anchoring) deploys access points compliant with the IEEE 802.11mc Round-Trip Time standard at structural anchor points throughout the Haram, Jamarat Bridge, and Mina. RTT ranging delivers sub-meter precision without reliance on device

internet connectivity [7]. A key novelty is the placement optimization algorithm, developed to minimize the number of access points required to achieve target coverage density in the irregular multi-level Haram geometry, reducing infrastructure cost relative to uniform grid deployments.

Layer 2 (Inertial Dead Reckoning) exploits the IMU and barometer chipsets natively present in Android handsets. Pedestrian Dead Reckoning (PDR) using accelerometer and gyroscope data provides continuous position estimates between RTT fixes [8]. Critically, barometric pressure differences are used for floor-level disambiguation in the multi-storey Haram structure, a non-trivial problem given that crowd density itself perturbs local air pressure readings; a crowd-density pressure correction model is proposed here for the first time.

Layer 3 (3D Ray-Tracing Urban Canyon Correction) is the most novel contribution of the proposed architecture. UQU researchers, whose institution is located in Makkah and who possess granular knowledge of the Holy Sites' spatial geometry, lead the construction of a high-fidelity 3D building model of the Haram complex and surrounding tower cluster. This model is integrated with a ray-tracing propagation engine to predict, per-receiver, the expected GPS multipath signature and correction offset. No prior work has applied 3D ray-tracing correction to GPS positioning in a sacred pilgrimage environment at this structural complexity [9].

Layer 4 (AI Propagation Correction) trains environment-specific neural correction models on RF measurements collected during live pilgrimage periods [12]. The models account for the unique crowd-induced RF attenuation patterns that are absent from standard indoor propagation datasets, representing a new training regime for localization AI.

Layer 5 (Crowd Analytics Delivery) aggregates anonymized position streams into crowd density maps output to the Nusuk application in real time, closing a feedback loop between crowd state estimation and operational intervention.

A pilot phase is planned for this project in which all five layers will deployed in a defined Holy Sites neighborhood. Figure 1 illustrates the complete pipeline from input modalities through fusion to crowd heat map output.

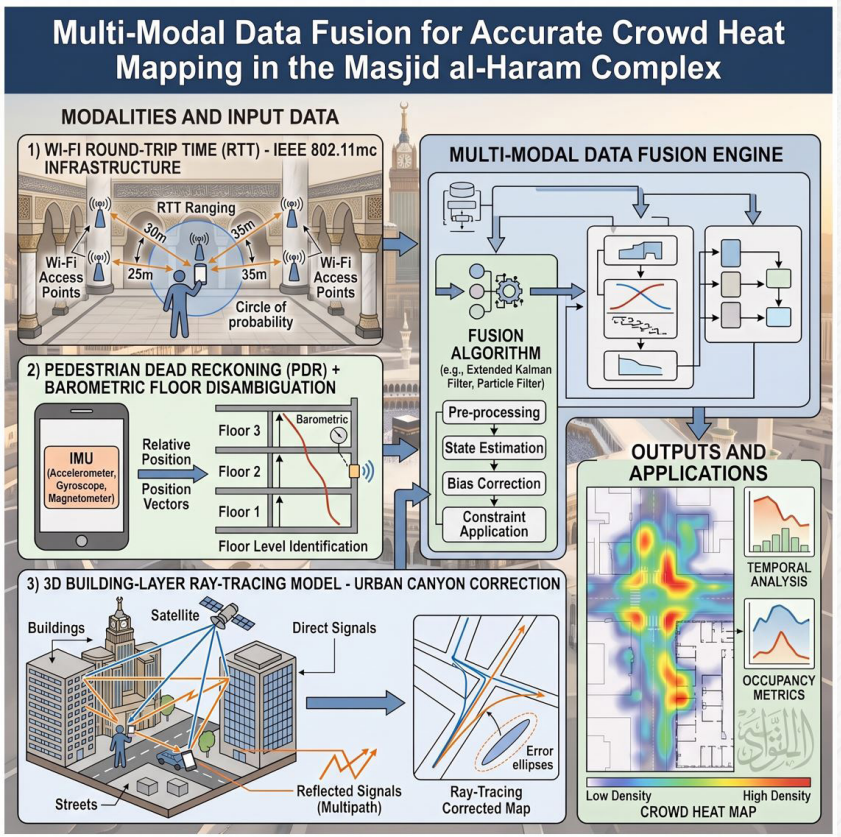


Figure 1. Multi-modal data fusion architecture for accurate crowd heat mapping in the Masjid al-Haram Complex. The system integrates Wi-Fi RTT infrastructure (Layer 1), IMU-based Pedestrian Dead Reckoning with barometric floor disambiguation (Layer 2), and 3D building-layer ray-tracing for urban canyon correction (Layer 3), fused via Extended Kalman or Particle Filter algorithms to produce real-time crowd heat maps and occupancy analytics.

3. Gap Analysis

Four deficiencies in the current state of the art motivate the architecture of Section 2. Table 1 summarizes them; each is stated below with the corresponding advantage claimed for the proposed approach.

The infrastructure-cost gap. Mass-gathering localization has relied on dedicated hardware.

UWB achieves high ranging accuracy, but surveys identify per-tag deployment cost as its decisive limitation against Wi-Fi RTT, which reuses infrastructure already installed for connectivity [5]; RFID wristbands and wearables have been trialled at the Holy Sites without reaching universal coverage [3], [4]. At two million simultaneous pilgrims, per-attendee hardware is infeasible. The proposed sensing tier instead carries no per-pilgrim cost, using handsets already present (Android exceeds 67% of mobile devices worldwide [6]) with fixed cost confined to RTT anchors, consistent with the commodity radio infrastructure advocated for smart cities [13].

The resolution gap. Deployed systems yield zone-level occupancy rather than individual position [3], [4]. Aggregate counts describe a crowd once formed, but cannot resolve the trajectories from which counter-flow and choke points emerge. Cellular data carries exploitable mobility structure [11] and channel-state information supports proximity estimation [12], yet neither yields the meter-scale absolute position needed to route a pilgrim away from a forming bottleneck. The claimed advantage is dimensional: per-device absolute position, from which density is derived, rather than density alone.

The environmental-validity gap. Wi-Fi ranging is reported at meter level for IEEE 802.11mc, improving under 802.11az and 802.11bk, and existing fusion work pairs it with dead reckoning using a Kalman or a particle filter, one class or the other [7]. Evaluations use offices and malls, not RF loaded by human bodies at pilgrimage density; the barometer appears in about 5% of smartphone studies, and movement between building levels remains neglected [8]. Outdoors, 3D-mapping-aided GNSS cuts urban error from roughly 10 m to below 5 m [9], while smartphone GNSS shows cross-street errors of 25–32 m [1]. Hence a hybrid EKF/PF formulation, barometric floor disambiguation as a first-class layer, ray-tracing correction at supertall geometry, and AI correction trained on live pilgrimage RF [12].

The actuation gap. Analyses of recent crowd disasters identify absent real-time density monitoring as a recurring precondition and argue for data-based anticipation [2]. Frameworks proposed for the Umrah context define monitoring, prediction, and detection [10], but presuppose a positioning substrate and do not themselves redistribute flow. The Nusuk path closes the loop: sensing yields a density map, the map yields route guidance, guidance alters flow, and altered flow is observed by the same sensing tier on anonymized position streams.

Each gap has been addressed in isolation in adjacent literature; none has been addressed under the simultaneous constraints of supertall urban geometry, crowd-loaded RF propagation, multi-storey indoor structure, and zero tolerance for per-attendee hardware.

Table 1. Gap analysis of current mass-gathering localization approaches against the proposed architecture. Bracketed numbers refer to the reference list.

Capability	Current state of the art	Limitation	Proposed approach
Sensing hardware	Purpose-deployed UWB tags, RFID wristbands, dedicated wearables [3], [4], [5]	Per-attendee cost and logistics infeasible at 2M+ scale	Pilgrim's own handset; >67% Android worldwide [6]; fixed cost limited to RTT anchors [13]
Spatial output	Zone-level occupancy from CCTV, RFID gates, cellular [3], [4], [11], [12]	Describes crowds after formation; no individual trajectory	Per-device absolute position; density derived from position
Estimation and environment	FTM paired with PDR via a Kalman or particle filter [7]; barometer in ~5% of studies [8]	Single estimator class; validated in offices and malls, not crowd-loaded RF	Hybrid EKF/PF; barometric floor disambiguation; AI correction trained on live pilgrimage RF [12]
Outdoor correction	3D-mapping-aided GNSS, ~10 m to <5 m [9]; smartphone GNSS error 25–32 m [1]	Validated against 50–100 m buildings, not supertall geometry	Ray-tracing correction at Makkah's supertall scale, with UQU site-domain modelling
Operational use	Monitoring, prediction, detection frameworks [2], [10]	Presuppose a positioning substrate; monitoring does not redistribute flow	Closed loop via Nusuk: sensing → density map → route guidance → altered flow

4. Results and Discussion

The proposed architecture addresses three operationally validated use cases: (1) real-time crowd density monitoring at Tawaf, Mina, and Arafat; (2) predictive crowd flow modeling using historical pilgrimage data and live mobile signals [11]; and (3) dynamic routing and navigation to redistribute flow and reduce lost pilgrim incidents. Each maps directly to documented operational challenges in the Ministry of Hajj and Umrah's frameworks [10], providing a clear translational pathway from research to deployment.

The zero-additional-hardware architecture is a key differentiator from prior art. Existing mass-gathering localization research has relied on purpose-deployed UWB tags [5], RFID arrays, or dedicated wearables, each carrying substantial per-attendee cost and logistical burden impractical at Hajj scale. By treating the Android installed base as the sensing substrate, the proposed system achieves coverage proportional to pilgrim density, i.e., the sensing network is densest precisely where and when crowd risk is highest. This self-reinforcing property has not been exploited in prior pilgrimage safety literature.

The 3D ray-tracing correction layer merits further discussion. Urban canyon GPS correction via ray tracing has been demonstrated in vehicular and pedestrian navigation contexts [9], but the Makkah environment presents a qualitatively distinct challenge: the Masjid Al-Haram is encircled by towers exceeding 600 meters in height at radial distances of 200 to 400 meters, creating a multipath geometry with no direct analogue in published datasets. UQU researchers' deep familiarity with this geometry, including seasonal and time-of-day variation in satellite visibility, is essential to constructing a ray-tracing model with sufficient fidelity for operational use.

The Nusuk delivery architecture creates a novel closed-loop operational model. Android sensing data continuously refines the localization model; improved localization updates Nusuk navigation; better navigation alters crowd flow patterns; altered flow patterns generate new training data for the AI correction engine. This feedback cycle has no precedent in published indoor localization systems and represents a significant contribution to the field of deployable crowd safety intelligence. Privacy is addressed architecturally rather than as a post-hoc governance measure. All crowd analytics operate exclusively on anonymized, aggregated position streams; no individual trajectories are retained or transmitted.

A practical consequence of the architecture is that it admits incremental deployment rather than requiring a single capital program. The sensing tier demands nothing of the pilgrim: Wi-Fi RTT ranging is exposed through standard Android platform APIs, so participation requires no custom firmware, no distributed hardware, and no enrolment step [6]. Anchor deployment is likewise divisible, since RTT-capable access points can be folded into existing Wi-Fi refresh cycles and reuse connectivity infrastructure already installed [5]. The system also degrades gracefully as coverage varies: where anchors are dense, fused output approaches its accuracy target; where anchors are sparse, dead reckoning and corrected GNSS continue to supply a coarser estimate [7], [9]. The failure mode is thus reduced precision rather than loss of service, which matters for a staged rollout across sites that will not be instrumented simultaneously. Delivery is equally practical: Nusuk is already present on the devices of the target population, so the path from density map to pilgrim-facing guidance requires no new application adoption [10].

Four constraints qualify these claims and warrant attention before deployment. First, the sensing population is not the whole population: the architecture observes Android handsets, leaving roughly a third of devices worldwide [6], so any density figure derived from them is a sample rather than a census, requiring reweighting and carrying a sampling bias that may vary systematically by pilgrim cohort. Second, pedestrian dead reckoning is least reliable precisely where the system is most needed, since step detection and heading estimation presuppose free walking, whereas the constrained, shuffling gait characteristic of high-density flow violates that assumption, a regime smartphone PDR studies have not systematically evaluated [8]. Third, the AI propagation correction cannot be trained in advance, because crowd-loaded RF measurements of the required kind do not presently exist; the first instrumented season therefore yields a training corpus rather than an operational service. Fourth, the 3D building model underpinning ray-tracing correction [9] describes a site under continuous construction, making model currency a recurring maintenance obligation rather than a one-time deliverable.

5. Conclusions

This paper has presented a novel multi-modal indoor localization and crowd safety architecture designed for the unique conditions of Makkah's Holy Sites. Four technical contributions distinguish the proposed system from prior work. First, a zero-hardware sensing strategy exploiting the Android installed base as a crowd-density-proportional sensor network. Second, a hybrid EKF/Particle Filter fusion design with adaptive estimator selection tuned to the dynamic crowd-induced state-space non-linearities of the pilgrimage environment. Third, a 3D ray-tracing GPS correction model for the structurally unique Masjid Al-Haram urban canyon, constructed with site-domain knowledge unavailable in the open literature. Fourth, a closed-loop Nusuk delivery architecture that converts operational deployment into a continuously improving AI training regime.

Three principal conclusions are drawn. First, the Android installed base makes a zero-additional-hardware localization architecture not only feasible but uniquely well-matched to this environment: sensing density scales with crowd density, providing the highest accuracy precisely where safety risk is greatest. Second, the 3D ray-tracing correction layer is the single highest-impact innovation for GPS accuracy in this environment, and UQU researchers' site-specific geometric knowledge is a non-substitutable input to its construction. Third, a bounded pilot in a defined Holy Sites neighborhood is the correct validation methodology: it constrains scope, enables ground-truth collection during a live Hajj season, and generates the training data required to initialize the AI correction engine at operational scale.

The humanitarian urgency reinforces the scientific case for rapid development. Every Hajj season without sub-meter crowd density monitoring is a season in which preventable crowd

crush conditions cannot be detected in advance. The proposed architecture is technically mature enough to demonstrate proof-of-concept within a single deployment cycle.

6. Recommendations

The following recommendations are directed to researchers, infrastructure authorities, and application stakeholders:

R1. Conduct a Bounded Pilot in a Defined Holy Sites Neighborhood

A high-density pilot zone, such as a section of the Tawaf circuit approach or the Jamaraat corridor, should be selected for the first full-stack deployment. The research team should lead engineering integration and access point placement, with UQU providing on-ground site coordination and ground-truth trajectory collection for system validation. The pilot deliverable is a validated crowd density map with quantified localization error relative to surveyed reference points.

R2. Prioritize the 3D Building Layer as an Independent Research Output

The high-fidelity 3D model of the Haram complex and surrounding towers should be developed as a standalone, openly published research dataset, independent of deployment timelines. UQU researchers should lead this workstream, given their proximate knowledge of the site's spatial geometry and seasonal variation. This dataset will benefit not only the proposed localization system but also future crowd simulation, emergency egress modeling, and urban planning research.

R3. Develop and Publish a Hajj-Specific RF Propagation Dataset

The AI correction engine's performance is contingent on training data collected during live pilgrimage periods. A systematic RF measurement campaign covering Wi-Fi, GNSS, and IMU signals at representative Holy Sites locations during Hajj and Umrah should be conducted and released as a public benchmark dataset. This would address a significant gap in the indoor localization literature and enable reproducible evaluation of competing approaches.

R4. Engage the Ministry of Hajj and Umrah for Nusuk Integration

Regulatory and data-sharing agreements with the Ministry of Hajj and Umrah are a prerequisite for Nusuk integration and for access to the anonymized crowd flow data that drives the AI correction engine's continuous learning loop. This engagement should be initiated in parallel with the pilot deployment, not sequentially.

R5. Establish a Phased Expansion Roadmap Tied to Validation Milestones

Following successful pilot validation, expansion should proceed in phases: full Haram coverage (Phase 1), Jamarat and Mina (Phase 2), predictive flow AI go-live (Phase 3), and potential extension to Madinah's Masjid Al-Nabawi (Phase 4) [13]. Each phase transition should be gated on quantified accuracy improvements relative to pre-specified thresholds, ensuring scientific rigor governs the rollout timeline.

References

1. Weng, D., Chen, W., Ding, M., Liu, S., & Wang, J. (2025). "Sidewalk matching: a smartphone-based GNSS positioning technique for pedestrians in urban canyons." Satellite Navigation, 6(1), Article 4. https://doi.org/10.1186/s43020-025-00159-8

2. Haghani, M., & Lovreglio, R. (2022). "Data-based tools can prevent crowd crushes." Science, 378(6624), 1060–1061. https://doi.org/10.1126/science.adf5949

3. Felemban, E. A., Rehman, F. U., Biabani, S. A. A., Ahmad, A., Naseer, A., Abdul Majid, A. R. M., 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. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3037396

4. Showail, A. J. (2022). "Solving Hajj and Umrah Challenges Using Information and Communication Technology: A Survey." IEEE Access, 10, 75404–75427. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3190853

5. Qiao, J., Yang, F., Liu, J., Huang, G., Zhang, W., & Li, M. (2024). "Advancements in Indoor Precision Positioning: A Comprehensive Survey of UWB and Wi-Fi RTT Positioning Technologies." Network, 4(4), 545–566. https://doi.org/10.3390/network4040027

6. StatCounter Global Stats. (2026). "Mobile Operating System Market Share Worldwide." https://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile/worldwide (accessed August 2026).

7. Kosek-Szott, K., Szott, S., Ciezobka, W., Wojnar, M., Rusek, K., & Segev, J. (2025). "Indoor positioning with Wi-Fi Location: A survey of IEEE 802.11mc/az/bk fine timing measurement research." Computer Communications. https://doi.org/10.1016/j.comcom.2025.108371

8. Naser, R. S., Lam, M. C., Qamar, F., & Zaidan, B. B. (2023). "Smartphone-Based Indoor Localization Systems: A Systematic Literature Review." Electronics, 12(8), 1814. https://doi.org/10.3390/electronics12081814

9. Di, H., Ng, H.-F., Zhang, G., & Hsu, L.-T. (2026). "Improving GNSS Positioning in Dense Urban Areas by Diffraction Feature Matching." NAVIGATION: Journal of the Institute of Navigation, 73(1), navi.759. https://doi.org/10.33012/navi.759

10. Saudi Ministry of Hajj and Umrah. (2024). "Smart Hajj Initiative: Digital Transformation

Strategy 2024–2030." Riyadh: Kingdom of Saudi Arabia.

11. Zhagyparova, Kalamkas, Nour Kouzayha, Hesham ElSawy, Ahmed Bader, and Tareq Al-Naffouri. "Harnessing Cellular Network Data for Accurate Transportation Mode Recognition." IEEE Transactions on Vehicular Technology (2026).

12. Bezerra, Lucas CD, Nour Kouzayha, Hesham Elsawy, Ahmed Bader, and Tareq Y. Al-Naffouri. "CSI-Based Proximity Estimation: Data-Driven and Model-Based Approaches." IEEE Open Journal of the Communications Society 5 (2023): 97-111.

13. Bader, Ahmed, Tareq Al-Naffouri, Mohamed-Slim Alouini, Hebah A. ElGibreen, Abdulkareem Adinoyi, Salah S. Almofleh, and Rakan Alseghayer. "Is Open RAN a Smart Choice for Smart Cities?" IEEE ComSoc Technology News (CTN), January 5, 2024.

تقييم فعالية شاشات الكثافة في تعزيز الكفاءة التشغيلية وانسيابية الحشود في المطاف خلال موسم العمرة لعام 1448هـ

أسامه منصور الحجيلي*، نجلاء عويضه السلمي - الهيئة العامة للعناية بشؤون المسجد الحرام والمسجد النبوي

Evaluation of the Effectiveness of Density Display Screens in Enhancing Operational Efficiency and Crowd Flow within the Mataf During the 1448H Umrah Season

Evaluation of the Effectiveness of Density Display Screens in Enhancing Operational Efficiency and Crowd Flow within the Mataf During the 1448H Umrah Season

*Corresponding author: E-mail (eng.osama.alhejaili@gmail.com)

الملخص

في ظل التوسع في توظيف الحلول الرقمية لإدارة الحشود، برزت شاشات الكثافة في المسجد الحرام بوصفها أداة تشغيلية تسهم في متابعة الكثافات البشرية وتوجيه التدفقات نحو المناطق الأقل ازدحامًا. وتتناول هذه الدراسة تقييم فعالية شاشات الكثافة في المطاف خلال موسم العمرة لعام 1448هـ، انطلاقًا من فرضية مفادها أن إتاحة مؤشرات الكثافة اللحظية تسهم في تحسين القرار التشغيلي، وتعزيز انسيابية الحركة، والحد من الازدحام.

واعتمدت الدراسة على المنهج المختلط بتصميم متزامن تقاربي (Convergent Parallel Design)، جامعةً بين استبانة كمية وُجّهت إلى عينة بلغت 307 من المعتمرين، ومقابلات نوعية شبه مقننة مع المختصين والعاملين في التشغيل وإدارة الحشود. وتهدف هذه المنهجية إلى رصد الواقع الفعلي لاستخدام شاشات الكثافة، وتحليل دورها في دعم القرار التشغيلي، وقياس أثرها في إدارة حركة الحشود وانسيابيتها، من خلال الجمع بين الملاحظة الميدانية المباشرة وآراء المختصين وأصحاب الخبرة.

وأظهرت النتائج أن شاشات الكثافة تمثل أداة فعالة في دعم إدارة التدفقات البشرية وتحسين الكفاءة التشغيلية، من خلال تحويل البيانات اللحظية إلى معلومات داعمة للتنظيم، بما يعزز السلامة ويحد من الاختناقات، ويرتقي بكفاءة إدارة الحشود في البيئات ذات الكثافة العالية، في حين كشفت الاستبانة الكمية عن فجوة لافتة تمثّلت في مواجهة 56.6 % من عينة المعتمرين الذين لاحظوا الشاشات (ن = 228) تكدسًا فعليًا رغم اطّلاعهم المسبق عليها، وهي فجوة فسّرتها المقابلات النوعية بمحدودية الاستشعار الآلي وتراجع استجابة المعتمرين وقت الذروة، بما يؤكد أهمية تطوير آليات القياس اللحظي والتحديث الآلي لتعظيم الأثر التشغيلي لهذه الشاشات.

الكلمات المفتاحية: شاشات الكثافة، الكفاءة التشغيلية، انسيابية الحشود، المسجد الحرام.

Abstract

In light of the growing adoption of digital solutions for crowd management, density display screens at Al-Masjid Al-Haram have emerged as an operational tool that supports the monitoring of crowd densities and guides pedestrian flows toward less congested areas. This study evaluates the effectiveness of density display screens in the Mataf area during the 1448H Umrah season, based on the assumption that providing real-time density indicators contributes to improving operational decision-making, enhancing movement flow, and reducing congestion. The study employed a mixed-methods approach using a convergent parallel design, combining a quantitative survey administered to a sample of 307 pilgrims with semi-structured qualitative interviews with specialists in operations and crowd management. This methodology aimed to assess the actual use of density display screens, analyze their role in supporting operational decisions, and measure their impact on crowd management and flow efficiency through a combination of direct field observations and expert insights. The findings indicate that density display screens constitute an effective tool for supporting the management of human flows and improving operational efficiency by transforming real-time data into actionable information that enhances organization, promotes safety, reduces bottlenecks, and advances the effectiveness of crowd management in high-density environments, although

1. المقدمة

تُعد إدارة الحشود من أكثر المجالات التشغيلية تعقيدًا وحساسية على مستوى العالم، وتبرز هذه الأهمية بصورة استثنائية في المسجد الحرام نظرًا لارتفاع الكثافة البشرية وتنوع الأنماط السلوكية والحركية للمعتمرين والطائفين ضمن بيئة تتطلب أعلى مستويات السلامة والانسيابية التشغيلية (Al-Nabhan et al., 2025). ويزداد هذا التعقيد مع التغير المستمر في أعداد الزوار وتوزيعهم المكاني والزمني، مما يجعل إدارة التدفقات البشرية تحديًا يتطلب أدوات تشغيلية متقدمة قادرة على دعم اتخاذ القرار بشكل لحظي وفعّال. وفي ظل التحول الرقمي المتسارع، أصبحت التقنيات الذكية أحد الممكنات الرئيسة لتطوير إدارة الحشود، من خلال توظيف البيانات الفورية وأنظمة الرصد والتحليل التنبئي لتعزيز الاستجابة الميدانية ورفع كفاءة العمليات التشغيلية (السلمي، 2025). وأسهم هذا التوجه في انتقال إدارة الحشود من الاعتماد على المراقبة التقليدية إلى نماذج تشغيلية أكثر تكاملًا تعتمد على تحليل البيانات واتخاذ القرارات المبنية على المؤشرات الذكية.

وتُعد شاشات الكثافة إحدى أبرز التطبيقات التقنية المستخدمة في هذا المجال، حيث تجاوز دورها مجرد عرض المعلومات لتصبح جزءًا من منظومة تشغيلية متكاملة ترتبط بأنظمة الرصد والكاميرات والتحليل اللحظي للبيانات، بما يتيح للمعتمرين الاطلاع على مستويات الإشغال والكثافة قبل توجههم لأداء الطواف، واختيار التوقيت أو المسار الأقل ازدحامًا. كما تسهم هذه الشاشات في دعم متخذي القرار والعاملين ميدانيًا من خلال توفير مؤشرات مرئية تساعد على تحسين توزيع الحشود وتقليل التكدسات وتعزيز انسيابية الحركة، خصوصًا خلال فترات الذروة. ورغم التوسع في تطبيق التقنيات الذكية داخل المسجد الحرام، لا تزال الحاجة قائمة إلى تقييم علمي ومنهجي لمدى فاعلية شاشات الكثافة في تحقيق أهدافها التشغيلية، وقياس أثرها الفعلي على تحسين كفاءة إدارة الحشود وانسيابية الحركة داخل المطاف. وتبرز أهمية هذا التقييم في توفير أدلة عملية تسهم في تطوير الاستخدام التشغيلي لهذه الشاشات وتعزيز تكاملها مع بقية الأنظمة الذكية المعتمدة في إدارة الحشود.

وتنبع أهمية هذه الدراسة من كونها تتناول إحدى التقنيات التشغيلية الحديثة في أحد أكثر المواقع المقدسة ازدحامًا على مستوى العالم، بما يحقق مواءمة بين متطلبات السلامة وجودة الخدمات وكفاءة التشغيل، ويسهم في دعم التوجهات الحديثة نحو الإدارة الذكية للحشود القائمة على الاستفادة من البيانات الفورية والمؤشرات التشغيلية في بناء قرارات أكثر فاعلية.

وانطلاقًا من ذلك، تهدف هذه الدراسة إلى تقييم فعالية شاشات الكثافة في تعزيز الكفاءة التشغيلية وتحسين انسيابية حركة الحشود في منطقة المطاف بالمسجد الحرام خلال موسم العمرة لعام 1448هـ، من خلال دراسة ميدانية تحليلية تستند إلى

the survey also revealed a notable gap: 56.6% of pilgrims who noticed the screens (n = 228) reported experiencing actual congestion despite prior exposure to the screens, a gap the qualitative interviews attributed to limited automated sensing and reduced pilgrim responsiveness during peak periods, underscoring the importance of developing real-time measurement and automated updating mechanisms to maximize the operational impact of these screens.

keywords: Density Display Screens - Operational Efficiency - Crowd Flow - Al-Masjid Al-Haram.

الواقع التشغيلي، وآراء المختصين والعاملين ذوي العلاقة، إلى جانب قياس تصورات وتجارب المعتمرين من خلال الاستبانة الكمية، وذلك لتقييم دور هذه الشاشات في دعم القرار التشغيلي، وتحسين إدارة التدفقات البشرية والحد من التكدسات، واستكشاف فرص تطوير استخدامها وتعزيز تكاملها مع منظومة إدارة الحشود، وصولًا إلى تقديم توصيات عملية تسهم في رفع كفاءة التشغيل في المواسم المستقبلية

1. 1 إدارة الحشود بالمسجد الحرام

تناولت الأدبيات المرتبطة بإدارة الحشود في المسجد الحرام الجهود التنظيمية والأمنية والتشغيلية الهادفة إلى ضبط التدفقات البشرية وتحقيق الانسيابية في البيئات شديدة الازدحام. وقد أوضحت دراسة أساليب التحكم في الحشود بالمسجد الحرام أن تفعيل الأنظمة الإلكترونية ومراكز قيادة الحشود يمثل أحد المسارات الفعالة لرفع كفاءة السيطرة على الحشود والحد من الأعباء التشغيلية، مع التأكيد على أهمية الاستفادة من الخبرات التقنية الحديثة في هذا المجال (الزهراني، 2018)، كما أشارت بعض الدراسات إلى أن كفاءة إدارة الحشود ترتبط أيضًا بمرونة الخطط التشغيلية وقدرتها على التكيف مع التغيرات الميدانية ومستويات الإقبال (Khan et al., 2022).

وفي السياق نفسه، أكدت (المالكي، 2022) أن نجاح التنظيم في المسجد الحرام يعتمد على تكامل الخطط المسبقة مع إدارة الحركة الفعلية أثناء فترات الذروة، بما يعكس أهمية تبني أساليب تشغيلية مرنة وقابلة للتكيف مع تغير مستويات الإقبال. وتتقاطع هذه النتائج مع ما أشارت إليه منصة بصير من دور التحليل المتقدم وتقنيات الذكاء الاصطناعي في دعم اتخاذ القرار الفوري والإسهام في الحد من الازدحام داخل صحن المطاف (وزارة الداخلية، 2025).

1. 2 التقنيات الذكية أو الإلكترونية في متابعة الكثافة

شهد مجال متابعة الكثافة البشرية تطورً ا واسعًا بفضل تقنيات الرؤية الحاسوبية والتعلم العميق. ففي المراجعة الشاملة التي قدمها (Khan et al, 2022) حول تقدير كثافة الحشود،

تبيّن أن هذا المجال تطور من الأساليب التقليدية إلى نماذج أكثر تعقيدً ا قادرة على دعم الوعي الظرفي في البيئات العامة. كما أوضحت (Gao et al, 2020) في مراجعتهم لأكثر من 220 عملًا بحثيًا أن نماذج تقدير الكثافة القائمة على الشبكات العصبية الالتفافية أصبحت من أكثر المسارات البحثية نضجًا، لكنها ما تزال تواجه تحديات مرتبطة بتنوع المقاييس، والازدحام البصري، وتغير البيئات المصورة. وفي الدراسة التطبيقية التي أجراها (Mansouri et al, 2025)، جرى تطوير نموذج قائم على الشبكات العصبية الالتفافية العميقة لمراقبة كثافة الحشود في المدن الذكية، وأظهرت النتائج أن الدمج بين الذكاء الاصطناعي وتحليل الفيديو يتيح تقديرً ا دقيقًا للكثافة البشرية ويدعم التخطيط الحضري كذلك، بيّنت دراسة (Sharma et al, 2023) أهمية النماذج الحساسة للمقياس في تحسين تقدير الكثافة وتحليل سلوك الحشود، حيث أسهم إدماج الوعي بالمقياس داخل النموذج في رفع دقة التنبؤ وتحسين فهم السلوك غير الطبيعي للحشود وعلى مستوى التطبيق الميداني في المسجد الحرام، أشارت وزارة الحج والعمرة إلى توفير شاشات ذكية قبل الدخول لداخل المسجد الحرام لمتابعة كثافة المعتمرين في المطاف والمسعى، بما يتيح للمعتمر معرفة الحالة اللحظية قبل دخوله وتوجيهه إلى الأدوار الأقل ازدحامًا (وزارة الحج والعمرة, 2025)، كما أفادت الهيئة العامة للعناية بشؤون المسجد الحرام والمسجد النبوي بإطلاق خدمة إلكترونية تُمكّن قاصدي المسجد الحرام من معرفة الحالة اللحظية للكثافة، بما يدعم اتخاذ القرار المناسب بشأن توقيت التوجه للطواف والسعي (الهيئة العامة للعناية بشؤون المسجد الحرام والمسجد النبوي, 2025) وتؤكد هذه التطبيقات أن الشاشات لم تعد مجرد واجهات عرض، بل أضحت مكونًا من مكونات الإدارة الذكية للحشود (وزارة الداخلية، 2025)

1. 3 الكفاءة التشغيلية والانسيابية داخل المطاف

تركز الأدبيات المتصلة بالمطاف على تجربة الحركة الفعلية داخل بيئة شديدة الكثافة، وكيفية تحويل المعلومات اللحظية إلى سلوك تنظيمي يخفف من الاختناقات ويعزز السلامة. فقد أوضحت منصة بصير أن التحليل اللحظي للبيانات والرؤية الحاسوبية مكّنا الجهات المعنية من ضبط المواقع الأكثر ازدحامًا داخل المسجد الحرام، وساهما في اتخاذ قرارات فورية للحد من التدافع وتحسين تدفق المعتمرين داخل صحن المطاف (وزارة الداخلية، 2025)، ويعكس ذلك تحولًا مهمًا من الرصد التقليدي إلى الإدارة القائمة على البيانات الفعلية. كما أشارت التقارير الرسمية المرتبطة بالهيئة العامة للعناية بشؤون المسجد الحرام والمسجد النبوي إلى أن عرض الكثافة اللحظية لمنطقتي المطاف والمسعى على الزائر قبل دخوله يساعده على اختيار التوقيت والمسار الأنسب، وهو ما ينعكس مباشرة على الانسيابية التشغيلية (الهيئة العامة للعناية بشؤون المسجد الحرام والمسجد النبوي, 2025)، وتنسجم هذه الرؤية مع ما ذهبت إليه دراسات الإرشاد المكاني في المسجد الحرام، التي بينت أن تحسين الإرشاد المكاني وتيسير اتخاذ القرار يساعدان في رفع جودة التجربة وتقليل الإجهاد الحركي (Basiouni et al, 2021) وتشير هذه الأعمال مجتمعة إلى أن التجربة التشغيلية داخل المطاف لا تعتمد فقط على كثافة الأفراد، بل على قدرة النظام التشغيلي على تحويل الإشارات البصرية والبيانات اللحظية إلى قرارات عملية، وهو ما يجعل شاشات الكثافة عنصرًا ذا أثر مباشر في الانسيابية (وزارة الحج والعمرة, 2025; وزارة الداخلية، 2025)، ومن هنا تتحدد أهمية هذه الدراسة في أنها تقيّم الأثر التشغيلي الفعلي لهذه الشاشات داخل بيئة مقدسة عالية الحساسية، لا على مستوى العرض التقني فقط، بل على مستوى الأداء الميداني والانسياب الحركي (Basiouni et al., 2021).

1. 4 وصف شاشات الكثافة محل الدراسة

تتمثل شاشات الكثافة محل الدراسة في منظومة من الشاشات الإلكترونية الإرشادية الموزَّعة عند عُقد الحركة الرئيسة داخل المسجد الحرام وساحاته الخارجية، ولا سيما عند المداخل والأبواب ومواقع اتخاذ القرار المرتبطة بالدخول إلى منطقة الطواف. وتتولى الهيئة العامة للعناية بشؤون المسجد الحرام والمسجد النبوي إدارة هذه الشاشات وتشغيلها بالتنسيق مع الجهات الأمنية والتشغيلية ذات العلاقة، وتعرض هذه الشاشات مؤشرات تشغيلية محدَّثة لكثافة المطاف، موزَّعة على أدوار (سطح المطاف، ومطاف الدور الأول، والمطاف الأرضي، وصحن الطواف)، وفق تصنيف لوني موحَّد يميّز مستوى الكثافة لكل دور: الأخضر للكثافة الخفيفة، والبرتقالي للمتوسطة، والأحمر للمرتفعة، إلى جانب اللون الرمادي للأدوار غير المتاحة وقتيًا. كما تقرن الشاشة كل دور بتقدير زمني تقريبي لإنهاء الطواف أو السعي فيه، وبأرقام الأبواب أو المداخل المؤدية إليه تحديدًا شكل (1)، بما يمكّن المعتمر من تكوين تصور سريع ودقيق عن الحالة قبل التوجه إلى المنطقة أو اختيار أحد الأدوار المتاحة، ويعزز كفاءة التوجيه الميداني (الهيئة العامة للعناية بشؤون المسجد الحرام والمسجد النبوي، 2026، تقرير داخلي غير منشور).



شكل (1): شاشة كثافة المسجد الحرام تُظهر أدوار المطاف ومستويات الكثافة بالتصنيف اللوني

وتؤدي الشاشات وظيفة معلوماتية ووظيفة داعمة لاتخاذ القرار؛ إذ تتيح للمصلي والمعتمر بيانات تشغيلية تساعده على اختيار الدور أو المسار أو التوقيت الأنسب، مع مراعاة التعليمات التنظيمية والأمنية المعتمدة. ولا تفرض هذه المؤشرات مسارًا محددً ا على المستخدم، وإنما توفر له معلومات إرشادية يعتمد عليها في تقدير الخيار الأنسب بدلًا من الاعتماد على التقدير الشخصي وحده وزارة الحج والعمرة, 2025)

وفي ضوء هذا الوصف التشغيلي، لم تتناول الدراسة الجوانب التقنية البحتة لتصميم الشاشات أو آلية احتساب الكثافة بحد ذاتها، بل تناولت تقييم فعاليتها التشغيلية من زاويتين متكاملتين: من جهة المعتمرين بوصفهم مستخدمي الشاشات، عبر قياس إدراكهم لوضوح المعلومات المعروضة وأثرها في قرار التوجه للطواف والشعور بالأمان ومدى مطابقتها للواقع الفعلي عند الوصول؛ ومن جهة العاملين والمختصين المشغِّلين للمنظومة، عبر تقييم كفاءتها التشغيلية، وانسيابية الحشود المرتبطة بها، والتحديات التقنية في تحديث بياناتها، وتكاملها مع بقية أنظمة إدارة الحشود، وجاهزية بنيتها التحتية.

2. منهجية وطرق البحث

تبنت هذه الدراسة المنهج المختلط لتقييم فعالية شاشات الكثافة في تعزيز الكفاءة التشغيلية وانسيابية الحشود في صحن المطاف خلال موسم العمرة لعام 1448هـ؛ لما يوفره هذا المنهج من مزايا تتمثل في الجمع بين البيانات الكمية والنوعية، بما يتيح فهمًا أكثر شمولًا للواقع التشغيلي، ويدعم تحليل النتائج وتفسيرها بصورة أكثر تكاملًا، إلى جانب استكشاف آراء المختصين والتحديات التشغيلية وفرص التطوير.

وتحديدًا، اعتمدت الدراسة تصميم المنهج المختلط المتزامن التقاربي (Convergent Parallel Design)، إذ جُمعت البيانات الكمية (الاستبانة) والنوعية (المقابلات) في فترة زمنية متقاربة وحُلِّلت كل منهما بصورة مستقلة، ثم دُمجت نتائجهما في مرحلة المناقشة بهدف المقارنة والتفسير التكاملي (Creswell and Creswell, 2023).

واتساقًا مع طبيعة هذه الشاشات ومجال تطبيقها، اعتمدت الدراسة عينتين متكاملتين تخدم كل منهما سؤالًا بحثيًا مختلفًا: عينة نوعية من العاملين والمختصين المشغِّلين لمنظومة الشاشات (ن = 8) تخدم سؤال الكفاءة التشغيلية، وعينة كمية من المعتمرين (ن = 307) تخدم سؤال أثر الشاشات على انسيابية الحركة وتجربة المستخدم؛ ويتناول القسم 3. 3 تكامل مخرجات العينتين بالتفصيل.

2. 1 الجانب النوعي

اعتمدت الدراسة في الجانب النوعي على المقابلات شبه المنظمة بوصفها الأداة الرئيسة لجمع البيانات؛ نظرًا لملاءمتها لطبيعة الدراسة وأهدافها وأسئلتها البحثية، ولقدرتها على استقصاء الأبعاد التشغيلية والتقنية المرتبطة بفعالية شاشات الكثافة في منطقة المطاف. وتم بناء أداة المقابلة من خلال مراجعة وتحليل دراسات سابقة استخدمت منهجية المقابلات شبه المنظمة كأداة لجمع البيانات، بهدف استخلاص المحاور والأسئلة الجوهرية وتكييفها بما يتوافق مع أهداف الدراسة الحالية وسياقها التشغيلي. وقد استند تطوير الأداة إلى عدد من الدراسات السابقة، من أبرزها (Alsolami, 2022; Brdesee et al., 2013; Gazzawe and Albahar, 2024; Maddah et al., 2025; Owaidah, 2022).

واعتمدت الدراسة في اختيار المشاركين على أسلوب العينة الهادفة (Patton, 2015)، نظرًا لارتباطهم المباشر بإدارة الحشود والتشغيل في المسجد الحرام، وما يمتلكونه من خبرات عملية ومعرفة تشغيلية متخصصة تسهم في توفير بيانات غنية ذات قيمة تفسيرية عالية.

وروعي في تصميم أسئلة المقابلة أن تكون مفتوحة ومرنة ومباشرة؛ بما يتيح استقصاء الخبرات العملية واستخلاص الأنماط المتكررة في آراء المشاركين، مع إتاحة المجال للتوسع في الإجابات وإبداء التصورات والملاحظات، بما يعزز الفهم المتعمق للواقع الفعلي لاستخدام شاشات الكثافة (Creswell and Creswell, 2023).

ولتعزيز مصداقية النتائج النوعية، اعتمدت الدراسة على تنوع خلفيات المشاركين الوظيفية (مراقبين ومدراء) لتوفير تعدد في وجهات النظر، إضافة إلى تثليث البيانات عبر مقارنة النتائج النوعية بنتائج الاستبانة الكمية في مرحلة المناقشة، بما يسهم في تدعيم مصداقية الاستنتاجات وتقليل التحيز الناتج عن الاعتماد على مصدر بيانات واحد.

وتضمنت أداة المقابلة، إلى جانب بيانات خلفية عامة عن كل مشارك (المنصب، وجهة العمل، وسنوات الخبرة، وطبيعة العلاقة بشاشات الكثافة)، سبعة محاور رئيسة قِيس كل منها بسؤالين مترابطين: سؤال كمي مغلق على مقياس ليكرت من 1 إلى 5 (حيث 1 = ضعيف جدًا و5 = ممتاز، باستثناء محور التحديات التقنية حيث 1 = لا توجد تحديات و5 = تحديات كبيرة جدًا)، يليه سؤال نوعي مفتوح يستقصي التفسير والتجربة الميدانية لنفس المحور.

وشملت هذه المحاور: الكفاءة التشغيلية، وانسيابية الحشود، والتحديات التقنية، والقبول والتفاعل، وتكامل الأنظمة، والسلامة والأمان، والبنية التحتية. ويعرض (الجدول 1) بيانات المشاركين

(جدول 1) نبذة عن المشاركين في المقابلة شبه المقننة

رمز المشارك	المنصب	جهة العمل	سنوات الخبرة	طبيعة العلاقة بشاشات الكثافة
م1	مدير إدارة	الهيئة العامة للعناية بشؤون المسجد الحرام والمسجد النبوي	10 سنوات	متابعة تشغيل الشاشات وتطوير آلية العمل ومتابعة حالة الكثافة واتخاذ القرار
م2	مدير إدارة	الهيئة العامة للعناية بشؤون المسجد الحرام والمسجد النبوي	14 سنة	الإشراف الإداري والهندسي على منظومة خدمات الحشود ومدخلاتها
م3	مدير إدارة	الهيئة العامة للعناية بشؤون المسجد الحرام والمسجد النبوي	11 سنة	الإشراف على الإرشاد المكاني وتوجيه الزوار للأدوار والمسارات
م4	مدير إدارة	الهيئة العامة للعناية بشؤون المسجد الحرام والمسجد النبوي	11 سنة	تسهيل وصول المعلومة للزوار بما يساعد على توازن الكثافات وتحسين تقديم الخدمات
م5	مراقب	الهيئة العامة للعناية بشؤون المسجد الحرام والمسجد النبوي	4 سنوات	مراقبة المؤشرات وعرضها على الشاشات وتحديث المحتويات كل نصف ساعة لدعم توجيه الحشود
م6	مراقب	الهيئة العامة للعناية بشؤون الحرمين	4.5 سنوات	مراقبة مؤشرات الكثافة وتحديثها بالوقت المحدد
م7	مراقب	الهيئة العامة للعناية بشؤون المسجد الحرام والمسجد النبوي	4 سنوات	متابعة شاشات الكثافة وتحليل البيانات ودعم اتخاذ القرارات التشغيلية
م8	مراقب	الهيئة العامة للعناية بشؤون المسجد الحرام والمسجد النبوي	10 سنوات	العمل من غرفة التحكم: إدخال ومراقبة المؤشرات وتحديث المحتويات ومراجعتها

2. 2 الجانب الكمي

اعتمدت الدراسة في جانبها الكمي على استبانة مغلقة وُجّهت إلى المعتمرين؛ بهدف قياس إدراكهم لفعالية شاشات الكثافة المعروضة قبل توجههم لأداء الطواف، من حيث وضوح الرسائل، وفاعلية التوجيه، ودقة المعلومات، وأثرها في تعزيز الإحساس بالأمان وتحسين الانسيابية وتقليل التكدس. وقد صيغت بنود الاستبانة بالاستناد إلى الدراسات الحديثة المرتبطة بفعالية الإشارات الرقمية وإدراك الكثافة في البيئات المزدحمة؛ بما يضمن بناء أداة تستند إلى أساس علمي واضح وقابلة للتحليل الإحصائي (Creswell and Creswell, 2023).

وصيغت عبارات الاستبانة وفق مقياس ليكرت الخماسي، بحيث يعبّر المشارك عن درجة موافقته على كل عبارة بدءًا من «أوافق بشدة» وحتى «لا أوافق بشدة». كما روعي في بناء البنود أن تكون مغلقة ومباشرة وواضحة؛ لقياس الاتجاهات والانطباعات المرتبطة بفعالية الشاشات بصورة منظمة وقابلة للمقارنة، بما يتوافق مع متطلبات تصميم الأدوات الكمية (Kwon et al., 2025).

واستندت صياغة البنود إلى ما أشارت إليه الأدبيات الحديثة من أن فعالية الرسائل الرقمية ترتبط بوضوح العرض وسرعة الفهم وملاءمة المحتوى لاحتياجات الجمهور المستهدف، الأمر الذي دعم تضمين مؤشرات تقيس سهولة استيعاب الرسائل وفاعلية التوجيه لدى المعتمرين (Herhausen et al., 2026)، وأسهم ذلك في تعزيز صدق الأداة وارتباطها بهدف الدراسة المتمثل في تقييم الفعالية التشغيلية لشاشات الكثافة داخل صحن المطاف (Creswell and Creswell, 2023).

وتعكس هذه الإجراءات اهتمام الدراسة بالصدق الظاهري وصدق المحتوى (Face and Content Validity) لأداة الاستبانة، من خلال استنادها إلى أدبيات محكّمة حديثة في تصميم بنودها.

وتوزعت عبارات الاستبانة الاثنتا عشرة، بترتيبها الأصلي في أداة القياس (الجدول 3)، على أربعة أبعاد مفاهيمية مرتبطة مباشرة بسؤال الدراسة الخاص بتجربة المعتمر: البعد الإدراكي والنفسي (العبارتان 1 و3)، ويقيس أثر الاطلاع المسبق على الشعور بالأمان وثقة المعتمر في قراره؛ وبعد جودة المعلومة وموثوقيتها (العبارات 2، 9، 11)، ويقيس وضوح المعروض ومدى مطابقته للواقع وتحديثه؛ وبعد الأثر على القرار والسلوك الفعلي (العبارات 4، 5، 6، 7، 8، 10)، ويقيس أثر الشاشات في اختيار التوقيت والمسار وتحسّن الانسيابية الفعلية للمعتمر؛ وأخيرًا عبارة قياس الفجوة (العبارة 12 العكسية)، التي تقيس مباشرة مدى تطابق هذا الإدراك الإيجابي مع التجربة الفعلية لمواجهة التكدس. وبهذا التوزيع، تخدم عبارات الاستبانة مجتمعةً سؤال الدراسة المتعلق بأثر الشاشات في تجربة المعتمر وانسيابية حركته، بالتكامل مع محاور المقابلات السبعة (الجدول 2) التي تخدم سؤال الدراسة المتعلق بالكفاءة التشغيلية من منظور العاملين والمختصين المشغِّلين.

وطُبقت الاستبانة على عينة بلغت 307 من المعتمرين، ثم حُللت البيانات باستخدام أساليب الإحصاء الوصفي، مثل المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية والنسب المئوية؛ بهدف تحديد مستوى استجابات المشاركين لكل محور من محاور الاستبانة. كما يمكن استخدام الاختبارات الإحصائية المناسبة وفق طبيعة البيانات عند الحاجة لتفسير النتائج وربطها بالأدبيات ذات الصلة (Creswell and Creswell, 2023).

وللتحقق من ثبات أداة الاستبانة، حُسب معامل ألفا كرونباخ (Cronbach›s Alpha) للعبارات الاثنتي عشرة بعد عكس ترميز العبارة السالبة الصياغة؛ وتُعرض قيمته وتفصيله لكل عبارة في قسم النتائج الكمية.

روعي في هذه الدراسة الجوانب الأخلاقية للبحث العلمي: أُبلغ جميع المشاركين في المقابلات بأهداف الدراسة وبالطابع الطوعي لمشاركتهم، وعُرضت نتائجهم بصورة مرمّزة (م1-م8) دون الكشف عن هويتهم الفردية؛ كما استُهلت الاستبانة الإلكترونية بتوضيح الغرض العلمي منها وطوعية المشاركة وسرية البيانات.

3. النتائج والمناقشة

يعرض هذا القسم نتائج الدراسة وفق الترتيب المعتمد في منهجية الدراسة (القسم الثاني)، بدءًا بالنتائج النوعية المستمدة من المقابلات شبه المنظمة مع المختصين، تليها النتائج الكمية

المستمدة من استبانة المعتمرين، ثم مناقشة تكاملية تربط بين مصدري البيانات

3. 1 النتائج النوعية (المقابلات شبه المنظمة)

يعرض الجدول (2) تقييمات المشاركين الثمانية (انظر جدول 1 لبياناتهم) عبر المحاور السبعة المعتمدة في أداة المقابلة.

(جدول 2) تقييمات المشاركين الثمانية في المقابلات عبر محاور الدراسة (م1-م8 = رمز كل مشارك؛ 1 = ضعيف جدًا، 5 = ممتاز؛ في محور التحديات التقنية: 1 = لا توجد تحديات، 5 = تحديات كبيرة جدًا)

المحور	م1	م2	م3	م4	م5	م6	م7	م8	المتوسط
الكفاءة التشغيلية	5	5	5	5	5	4	5	5	4.88
انسيابية الحشود	5	4	5	5	5	5	3	4	4.50
التحديات التقنية (شدة)	5	5	5	2	4	3	4	2	3.75
القبول والتفاعل	5	5	5	3	5	3	4	5	4.38
تكامل الأنظمة	5	4	5	5	4	3	4	5	4.38
السلامة والأمان	5	5	5	5	5	5	4	5	4.88
البنية التحتية	4	5	4	3	5	2	4	4	3.88

يتضح من الجدول (2) أن أعلى المحاور تقييمًا كانت الكفاءة التشغيلية والسلامة والأمان (بمتوسط 4.88 لكل منهما)، بينما جاء محور البنية التحتية في أدنى مرتبة (3.88). والأهم من ذلك أن محور التحديات التقنية سُجِّل بمتوسط شدة معتدل إلى مرتفع (3.75 من 5، حيث 5 يعني تحديات كبيرة جدًا)، أي أن عددًا من المشاركين يقرّون بوجود تحديات تقنية معتبرة تواجه دقة البيانات اللحظية المعروضة، بصرف النظر عن تقييمهم الإيجابي العام لفعالية الشاشات في بقية المحاور. تفاوت في تقييم حدة التحديات التقنية دون انقسام حاد حسب المستوى الوظيفي: يظهر الجدول أن العاملين الميدانيين الثلاثة الأوائل قيّموا شدة التحديات التقنية بأعلى درجة ممكنة (5 من 5) رغم أن تفسيراتهم النوعية كانت معتدلة نسبيًا ("استقرار الشبكة"، "فرق زمني بسيط")، في حين أعطاها مشاركان آخران من مستويين وظيفيين مختلفين (م1وهو مسؤول متابعة تشغيل الشاشات، والآخر م4) أدنى تقييم في الجدول (2 من 5)، بينما تمركزت بقية التقييمات (3-4) بين هذين الطرفين. هذا يشير إلى أن حدة تقييم التحديات التقنية لا ترتبط بانقسام واضح بين الميدان والإدارة، بل تتفاوت بحسب طبيعة الاحتكاك اليومي المباشر بالشاشة والخبرة التقنية الشخصية لكل مشارك. كما يلاحظ تباين بين حدة الوصف النوعي والدرجة الرقمية المعطاة لدى بعض المشاركين، وهي محدودية منهجية جديرة بالذكر تبرر أهمية الجمع بين الأداتين الكمية والنوعية في هذه الدراسة. من حيث المضمون النوعي، تتقارب تفسيرات المشاركين لأسباب هذه التحديات من ثلاث زوايا مكمّلة:

- الشبكة والتوقيت: أشار عدة مشاركين مراقبين صراحة إلى وجود "فرق زمني بسيط بين الواقع والبيانات المعروضة" ناتج عن عدم استقرار الشبكة، ما يعني أن مستوى الكثافة الذي يطّلع عليه المعتمر لحظة اتخاذ قراره قد لا يطابق تمامًا ما سيجده فعليًا عند الوصول، خصوصًا في أوقات الذروة حيث تتغير الكثافة بسرعة.

- الإدخال اليدوي الجزئي: أفاد أكثر من مشارك، منهم م4، بأن تحديث الحالة يتم "بشكل يدوي" جزئيًا وليس آليًا بالكامل، وهو ما يزيد احتمالية تأخر عكس التغير الفعلي في مستوى الكثافة على الشاشة.

- غياب الاستشعار الآلي الكامل: صرّح م2 بأن "من أكبر التحديات عدم وجود أداة قياس أو مستشعرات تعكس الكثافات تلقائيًا"، وهو تشخيص أكثر تحديدًا من منظور إداري-هندسي يوضح الجذر التقني الأعمق للفجوة، ويتجاوز مجرد بطء الشبكة إلى غياب البنية القياسية الآلية نفسها.

كما يضيف الجانب النوعي تفسيرًا سلوكيًا مكمّلاً: استجابة المعتمرين للتوجيهات المعروضة "تقل خلال أوقات الذروة" بحسب المراقبين، أي أن الفجوة تتسع سلوكيًا في نفس اللحظة التي تتسع فيها تقنيًا. سيُربط هذا التفسير النوعي بنتيجة كمية محددة عند مناقشة استبانة المعتمرين أدناه.

نقاط اختلاف مفاهيمي بين المشاركين تستحق الإشارة إليها كحدود للدراسة:

- التكامل بين الأنظمة: فسّره معظم المشاركين بأنه ربط تقني عبر غرف العمليات ومراكز التحكم، بينما ربطه م3 بالتوعية السلوكية للمعتمرين ("التثقيف بالمستحبات والمحظورات وعدم ممارسة الأخلاقيات الحشدية")، وهو ما يفتح سؤالًا حول اتساع مفهوم "التكامل" ليشمل بُعدًا سلوكيًا لا تقنيًا فقط.

- جاهزية البنية التحتية: تراوحت تقييمات المشاركين بين 2 و5، دون نمط واضح يرتبط بالمستوى الوظيفي وحده؛ فـ م2 (الأعلى خبرة هندسية) أعطاها أدنى تقييم في كامل المقابلات (2 من 5) مطالبًا بتوسع جوهري (زيادة عدد الشاشات خارج نطاق الحرم، أدوات قياس رقمية، وربط مباشر بتطبيق نُسك)، في حين أعطاها م4 تقييمًا إيجابيًا (4 من 5). هذا يشير إلى أن التحفظ في تقييم جاهزية البنية التحتية قد يرتبط بطبيعة الخلفية الفنية للمُجيب (هندسية/قياسية) أكثر من ارتباطه بمجرد المستوى الإداري.

3. 2 النتائج الكمية (استبانة المعتمرين)

تجدر الإشارة، قبل عرض النتائج الوصفية، إلى أن التحليل الكمي اقتصر على المشاركين الذين أفادوا بملاحظتهم الفعلية لشاشات الكثافة (ن = 228 من أصل 307)، باستبعاد من أفادوا بعدم ملاحظتها (64) ومن تركوا هذا السؤال دون إجابة (15)، نظرًا لأن عبارات القياس الاثنتي عشرة

تفترض جميعها اطّلاعًا مسبقًا فعليًا على الشاشات، وبذلك تتسق هذه العينة الفرعية منهجيًا مع مجال الأداة وأبعادها. وعليه، جرى التحقق من ثبات أداة الاستبانة عبر معامل ألفا كرونباخ (Cronbach›s Alpha) على العبارات الاثنتي عشرة بعد عكس ترميز العبارة السالبة الصياغة (رقم 12)، فبلغت قيمته الإجمالية 0.847 (ن = 228 حالة)، وهي قيمة ثبات ممتازة تفوق بوضوح الحد الأدنى المقبول (0.70) للثبات الداخلي في العلوم الاجتماعية

(جدول 3) الارتباط المصحح للعبارة بالمجموع الكلي، ومعامل ألفا كرونباخ عند حذف كل عبارة (ن = 228)

الترتيب	العبارة	الارتباط المصحح بالمجموع	ألفا عند حذف العبارة
1	المعرفة المسبقة زادت الشعور بالأمان	0.72	0.824
2	المعلومات المعروضة واضحة وسهلة الفهم	0.70	0.824
3	شعرت بثقة أكبر في قرار التوجه للطواف	0.76	0.822
4	المعلومات ساعدت على تقييم ملاءمة وقت الدخول	0.74	0.822
5	انسيابية أفضل نتيجة اختيار توقيت أقل ازدحامًا	0.67	0.827
6	الاطلاع على الشاشات حسّن التجربة عمومًا	0.45	0.839
7	أثّرت المعلومات في قرار توقيت الدخول للطواف	0.66	0.824
8	اعتمدت على معلومات الشاشات لتحديد وقت التوجه	0.68	0.823
9	مستوى الكثافة المعروض طابق الواقع الفعلي	0.64	0.827
10	غيّرت/أجّلت التوجه للمطاف بناءً على الشاشات	0.61	0.827
11	الشاشات كانت محدَّثة تعكس التغير الفعلي	0.46	0.842
12	واجهت تكدسًا رغم الاطلاع على الشاشات (عكسي)	0.19-	0.903

يُستخدم مؤشر "ألفا كرونباخ عند حذف العبارة" (Alpha if Item Deleted) في التحليل السيكومتري للتحقق من مساهمة كل عبارة على حدة في الاتساق الداخلي للمقياس ككل؛ إذ يُعاد احتساب معامل الثبات الكلي بافتراض استبعاد تلك العبارة، ثم تُقارَن القيمة الناتجة بمعامل الثبات الإجمالي للأداة بكامل عباراتها. فإذا كانت قيمة "ألفا عند الحذف" أقل من أو مقاربة للمعامل الإجمالي، دلّ ذلك على أن العبارة منسجمة إحصائيًا مع بقية عبارات المقياس وتُسهم في تماسكه الداخلي؛ أما إذا كانت أعلى منه بفارق واضح، فذلك مؤشر على أن العبارة تنحرف عن البنية العاملية للمقياس ويُحسّن حذفها من ثباته الكلي (Nunnally and Bernstein,1994). ويلاحظ من الجدول (3) أن جميع العبارات تحمل ارتباطًا موجبًا معتبرًا بالمجموع الكلي (0.45-0.76) باستثناء العبارة رقم 12 ("واجهت تكدسًا رغم الاطلاع على الشاشات")، التي سجّلت ارتباطًا سالبًا ضعيفًا (-0.19) حتى بعد عكس ترميزها، كما أن حذفها يرفع معامل ألفا إلى 0.903 ويمكن تفسير ذلك بأن هذه العبارة تقيس تجربة سلوكية فعلية (مواجهة تكدس حقيقي) أكثر من كونها تقييمًا إدراكيًا لفعالية الشاشات كبقية العبارات، مما يجعلها تتصرف إحصائيًا كبُعد مختلف نسبيًا ضمن المقياس. ومع ذلك، تقرر الإبقاء على هذه العبارة في التحليل نظرًا لقيمتها التفسيرية العالية والمرتبطة مباشرة بأحد أهداف الدراسة الرئيسة (الكشف عن الفجوة بين الإدراك والتجربة الفعلية)، بدلًا من حذفها لمجرد تحسين المعامل الإحصائي الإجمالي للأداة.

اعتمد التحليل الكمي على بيانات استبانة طُبقت على عينة بلغت 307 من المعتمرين، بهدف قياس إدراكهم لفعالية شاشات الكثافة المعروضة قبل التوجه لأداء الطواف؛ واقتصر تحليل عبارات الفعالية الاثنتي عشرة على من أفادوا بملاحظتهم الفعلية للشاشات (ن = 228)، للسبب الموضح أعلاه. ويعرض الجدول (4) المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لعبارات الاستبانة الاثنتي عشرة، مرتبة تنازليًا حسب درجة الموافقة.

(جدول 4) ترتيب عبارات الاستبانة تنازليًا حسب المتوسط الحسابي (ن = 228)

الترتيب	العبارة	المتوسط	الانحراف المعياري	مو افق/مو افق بشدة %
1	المعلومات المعروضة على الشاشات كانت واضحة وسهلة الفهم	4.59	0.72	%94.3
2	المعرفة المسبقة بمستوى الكثافة زادت الشعور بالأمان أثناء الطواف	4.57	0.68	%93.9
3	شعرت بثقة أكبر في قرار التوجه للطواف بسبب المعلومات المعروضة مسبقًا	4.57	0.69	%94.3
4	ساعدتني المعلومات المعروضة على تقييم مدى ملاءمة وقت الدخول	4.52	0.70	%93.0
5	بشكل عام، الاطّلاع على الشاشات حسّن من تجربتي داخل المطاف	4.51	0.79	%90.4
6	لاحظت انسيابية أفضل نتيجة اختياري توقيتًا أقل ازدحامًا بناءً على الشاشات	4.50	0.69	%94.3
7	اعتمدت على معلومات الشاشات عند تحديد الوقت المناسب للتوجه للطواف	4.39	0.89	%86.8
8	مستوى الكثافة الذي عرضته الشاشات كان مطابقًا لما وجدته فعليًا عند الدخول	4.37	0.81	%87.7
9	أثّرت المعلومات المعروضة في قراري بشأن توقيت دخولي لأداء الطواف	4.37	0.86	%87.3
10	كانت الشاشات تُحدَّث بشكل يعكس التغير الفعلي في مستوى الكثافة	4.19	1.08	%82.0
11	بناءً على ما عرضته الشاشات، غيّرت أو أجّلت توقيت توجهي للمطاف	4.16	1.00	%78.9
12	واجهت تكدسًا داخل المطاف رغم اطّلاعي على معلومات الشاشات قبل الدخول (عبارة عكسية)	3.52	1.24	%56.6

يتضح من الجدول (4) أن المتوسط العام للعبارات الإيجابية بلغ 4.43 من 5 بانحراف معياري 0.81، وهو مستوى موافقة مرتفع يعكس تقييمًا إيجابيًا عامًا قويًا من المعتمرين لدور شاشات الكثافة. وقد تصدّرت العبارات المرتبطة بالبعد الإدراكي والنفسي للمعتمر الترتيب، حيث حصلت عبارة «المعلومات المعروضة كانت واضحة وسهلة الفهم» على أعلى متوسط (4.59)، تلتها عبارة «المعرفة المسبقة بمستوى الكثافة زادت الشعور بالأمان» (4.57)، وعبارة «شعرت بثقة أكبر في قرار التوجه للطواف» (4.57). وتشير هذه النتيجة إلى أن الأثر النفسي والإدراكي للشاشات، المتمثل في طمأنة المعتمر ومنحه شعورًا بالتحكم في قراره، قد يكون أقوى إحصائيًا من أثرها السلوكي المباشر، إذ جاءت عبارة «غيّرت أو أجّلت توقيت توجهي للمطاف بناءً على الشاشات» في مرتبة أدنى نسبيًا (4.16).

وتُعد النتيجة الأبرز في هذا التحليل ما كشفته العبارة العكسية «واجهت تكدسًا داخل المطاف رغم اطّلاعي على معلومات الشاشات قبل الدخول»، التي حصلت على متوسط 3.52 ونسبة

موافقة بلغت 56.6%، أي أن أكثر من نصف عينة الدراسة يوافقون على أنهم واجهوا تكدسًا فعليًا رغم اطّلاعهم المسبق على الشاشات. وتمثل هذه النتيجة فجوة مهمة بين الإدراك الإيجابي العام للشاشات والتجربة الفعلية للمعتمر عند الدخول للمطاف، وتستدعي تفسيرًا علميًا يتجاوز مستوى العرض التقني إلى مستوى الأداء الميداني الفعلي – وهو ما تناولته النتائج النوعية أعلاه بالفعل من زاوية العاملين والمختصين أنفسهم.

تتفق النتيجة الإيجابية العامة لهذه الدراسة مع ما أشارت إليه (الهيئة العامة للعناية بشؤون المسجد الحرام والمسجد النبوي، 2025) من أن عرض الكثافة اللحظية يساعد الزائر على اختيار التوقيت والمسار الأنسب، كما تتقاطع مع نتائج (Kwon et al, 2025) حول فاعلية الإشارات الرقمية في البيئات المزدحمة. غير أن الفجوة التي كشفت عنها هذه الدراسة بين الإدراك الإيجابي ومطابقة العرض للواقع الفعلي تتقاطع مع ملاحظة (Sharma et al, 2023) حول أهمية حساسية النماذج للتغيرات الآنية في دقة تقدير الكثافة، إذ حصلت عبارة «الشاشات كانت مُحدَّثة بشكل يعكس التغير الفعلي في مستوى الكثافة» على متوسط أدنى نسبيًا (4.19) مقارنة ببقية العبارات الإيجابية.

3. 3 مناقشة تكاملية (الجمع بين النتائج الكمية والنوعية)

وتحقيقًا لهذا التقييم المزدوج، اعتمدت الدراسة عينتين متكاملتين تخدم كل منهما جانبًا من مشكلة الدراسة وأسئلتها: عينة نوعية من العاملين والمختصين المشغِّلين لمنظومة الشاشات (ن = 8)، اختيرت بوصفها الجهة المزوِّدة للخدمة والمطّلعة على تفاصيلها التشغيلية والتقنية، فخدمت سؤال الكفاءة التشغيلية للشاشات والتحديات المرتبطة بتشغيلها؛ وعينة كمية من المعتمرين (ن = 307)، اختيرت بوصفها الفئة المستهدَفة والمستفيدة من الخدمة، فخدمت سؤال أثر الشاشات على انسيابية الحركة وتجربة المعتمر الفعلية. ويتجلى تكامل مخرجات العينتين بوضوح فيما يلي:

يُظهر الجمع بين مصدري البيانات تقاربًا واضحًا يعزز مصداقية النتائج (Triangulation): فالفجوة الكمية التي أظهرتها استبانة المعتمرين (56.6% ممن لاحظوا الشاشات واجهوا تكدسًا رغم الاطلاع عليها) تجد تفسيرًا ميدانيًا مباشرًا في الشهادات النوعية للعاملين والمختصين أنفسهم، الذين أقرّوا بوجود فارق زمني بين الواقع والبيانات المعروضة (ناتج عن عدم استقرار الشبكة والاعتماد الجزئي على الإدخال اليدوي وغياب الاستشعار الآلي الكامل)، وبتراجع استجابة المعتمرين تحديدًا خلال أوقات الذروة. بهذا لا ترجع الفجوة إلى قصور في تصميم الشاشات، بل إلى محدودية تقنية وتشغيلية محددة يمكن معالجتها، وهو ما يمنح النتيجة الكمية تفسيرًا سببيًا أعمق من مجرد كونها ملاحظة إحصائية معزولة.

ومن الناحية العملية، تدعم هذه النتائج مجتمعة القيمة التطبيقية لشاشات الكثافة كأداة دعم قرار قبل الدخول للمطاف، مع الإشارة إلى أن تعزيز دقة التحديث الآني، عبر الاستشعار الآلي وتقليل الاعتماد على الإدخال اليدوي، قد يرفع من مستوى الاتساق بين المعلومة المعروضة والتجربة الفعلية للمعتمر. ويمثل هذا الجمع بين الأداتين الكمية والنوعية الإسهام العلمي الرئيس لهذه الدراسة: الانتقال من تقييم مجرد وجود التقنية إلى قياس أثرها الفعلي المُدرك من منظور مستخدميها ومشغّليها في آنٍ معًا.

4. الخلاصة

تناولت هذه الدراسة تقييم فعالية شاشات الكثافة في تعزيز الكفاءة التشغيلية وانسيابية الحشود داخل منطقة المطاف بالمسجد الحرام خلال موسم العمرة لعام 1448هـ، من خلال منهج مختلط جمع بين استبانة كمية طُبقت على 307 من المعتمرين وثماني مقابلات نوعية شبه منظمة مع مختصين مراقبين ومدراء في الهيئة العامة للعناية بشؤون المسجد الحرام والمسجد النبوي. وقد اتفق مصدرا البيانات على تقييم إيجابي عام مرتفع لدور الشاشات في تعزيز شعور المعتمر بالأمان ووضوح المعلومات المعروضة وتأثيرها الإيجابي على قرار التوجه للطواف، وعلى مساهمتها الفعلية في سرعة اتخاذ القرار التشغيلي وإعادة توزيع الحشود على المسارات والأدوار الأقل كثافة. في المقابل، كشفت الاستبانة عن فجوة لافتة تمثّلت في إفادة أكثر من نصف عينة المعتمرين (56.6% ممن لاحظوا الشاشات) بمواجهتهم تكدسًا فعليًا رغم اطّلاعهم المسبق عليها، وقدّمت المقابلات النوعية تفسيرًا ميدانيًا متقاربًا لهذه الفجوة يتمثل في محدودية الاستشعار الآلي للكثافة، والاعتماد الجزئي على الإدخال اليدوي في تحديث البيانات، وتراجع استجابة المعتمرين أنفسهم تحديدًا خلال أوقات الذروة. كما كشفت المقابلات عن تباين بين المستوى للمراقبين والمستوى الإداري القيادي في تقييم جاهزية البنية التحتية الحالية، إذ كان الأكثر خبرة هندسية هو الأكثر تحفظًا. وتخلص الدراسة إلى أن شاشات الكثافة أداة فعالة لدعم القرار التشغيلي المسبق لدى المعتمر، لكن فاعليتها الكاملة مرهونة بردم الفجوة بين المعلومة المعروضة والواقع التشغيلي اللحظي داخل المطاف عبر تطوير أدوات القياس الآلي والبنية الرقمية الداعمة لها، وهو ما يمثل الإسهام العلمي الرئيس لهذه الدراسة في الانتقال من تقييم مجرد وجود التقنية إلى قياس أثرها الفعلي المُدرك من منظور مستخدميها ومشغّليها في آنٍ معًا.

وتجدر الإشارة إلى أن التصميم المقطعي للدراسة يحدّ من إثبات علاقة سببية مباشرة بين اطّلاع المعتمر على الشاشات وتغيّر سلوكه الفعلي؛ فالنتائج ارتباطية لا تجريبية.

5. التوصيات

1. تطوير أدوات قياس آلية (مستشعرات/كاميرات ذكية) لرصد الكثافة الفعلية وعكسها لحظيًا على الشاشات دون اعتماد كبير على الإدخال اليدوي، بما يقلّص الفارق الزمني بين الواقع

والعرض الذي أكدته كل من الاستبانة والمقابلات

2. إنشاء برنامج تقني موحّد يربط شاشات الكثافة بأنظمة إدارة الحشود الأخرى وبتطبيقات الحج والعمرة (مثل نُسك)، تنفيذًا لما اقترحه م2 في المقابلات.

3. توسيع نطاق عرض بيانات الكثافة لتشمل قنوات إضافية (تطبيقات التواصل الاجتماعي، شاشات خارج نطاق الحرم، دعم متعدد اللغات)، لمواكبة تراجع استجابة المعتمرين المُلاحَظ تحديدًا في أوقات الذروة.

4. مراجعة جاهزية البنية التحتية الحالية بمشاركة الجهات الهندسية المختصة، نظرًا للتباين الملحوظ بين تقييم المراقبين وتقييم المستوى الإداري الأعلى خبرة تقنية لهذا المحور تحديدًا.

5. دراسة الأسباب الميدانية للتكدس الذي يواجهه المعتمرون رغم اطّلاعهم على الشاشات بمزيد من العمق النوعي (مجموعات نقاش مع المعتمرين أنفسهم)، استكمالًا لما بدأته مقابلات هذه الدراسة مع العاملين والمختصين.

6. تكرار هذا التقييم المختلط (كمي ونوعي) في مواسم لاحقة (كموسم الحج وشهر رمضان) للتحقق من ثبات النتائج عبر مستويات ازدحام مختلفة.

7. إجراء دراسات مستقبلية تستخدم نماذج قبول التقنية (مثل TAM أو UTAUT) لتعميق فهم العلاقة بين الثقة في المعلومة المعروضة والسلوك الفعلي للمعتمر.

المراجع

- الزهراني، محمد بن بلال موسى (٢٠١٨) ‹أساليب التحكم في الحشود بالمسجد الحرام›، بحث مقدم في الملتقى العلمي الثامن عشر لأبحاث الحج والعمرة، معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة، جامعة أم القرى، مكة المكرمة.

- السلمي، عبدالرحمن عبدالمطلوب (٢٠٢٥) ‹نموذج ذكي للتنبؤ والوقاية من حالات الازدحام في المشاعر المقدسة باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي›، مجلة إدارة المخاطر والأزمات، (٢)٦، ص. ٤٢-٦٥ AJSRP.L٣١٠٧٢٥/١٠,٢٦٣٨٩/doi:https://doi.org

- المالكي، ساره سعد سعيد (٢٠٢٢) ‹دور رئاسة شؤون الحرمين في إدارة الأزمات وتنظيم الحشود بالمسجد الحرام›، المجلة الدولية لنشر البحوث والدراسات، ٣)(٣٤، ص. ٢٠٥-٢٤٦. doi:https://doi. ijrsp.v٣,٣٤,٧/١٠,٥٢١٣٣/org

- وزارة الداخلية (٢٠٢٥) ‹منصة «بصير» تعزز أمن وإدارة حشود المعتمرين والمصلين بالمسجد الحرام بقدرة معالجة لحظية›، وكالة الأنباء السعودية (واس)، ٢٨ مارس. متاح على: https://www.spa. gov.sa/N٢٢٩٠٠٩١ (تاريخ الاطلاع: ٢٠ يونيو ٢٠٢٦).

- وزارة الحج والعمرة (٢٠٢٥) ‹شاشات ذكية لمتابعة الكثافة في المطاف والمسعى›، حساب الوزارة على منصة إكس (X)، ١٨ أغسطس. متاح على: lhtl٦ymemg/https://sabq.org/saudia تاريخ الاطلاع: (٢١ يونيو ٢٠٢٦).

- الهيئة العامة للعناية بشؤون المسجد الحرام والمسجد النبوي (٢٠٢٥) «عناية شؤون الحرمين» تطلق خدمة رقمية تتيح معرفة حالة كثافة المطاف والمسعى في المسجد الحرام»، وكالة الأنباء السعودية (واس)، ٥ يونيو. متاح على: https://www.spa.gov.sa/N٢٣٣٤٩٥٢ تاريخ الاطلاع: (٢٠ يونيو ٢٠٢٦).

- الهيئة العامة للعناية بشؤون المسجد الحرام والمسجد النبوي. (٢٠٢٦) منظومة شاشات الكثافة الإلكترونية. تقرير داخلي غير منشور.

- Al-Nabhan, N., Alshammari, R.K., Alsunaidi, S.J., Alanazi, S., Alduhaim, M., AlAloula, N. and Al Islam, A.A. (2025) 'Intelligent crowd management using a virtual coordinate system', Electronics, 14(12), p. 2441.

- Alsolami, B.M. (2022) 'Identifying and assessing critical success factors of value management implementation in Saudi Arabia building construction industry', Ain Shams Engineering Journal, 13(6), p. 101804. doi:10.1016/j.asej.2022.101804.

- Basiouni, A.F., Qadir, B. and Varikkodan, S. (2021) 'Enhancing wayfinding experience in Al-Masjid Al-Haram', in The Scientific Bulletin of the 20th Scientific Forum on Research in Hajj, Umrah and Visits. Makkah: Custodian of the Two Holy Mosques Institute for Hajj and Umrah Research, Umm Al-Qura University.

- Brdesee, H., Corbitt, B. and Pittayachawan, S. (2013) 'Barriers and motivations affecting information systems usage by Hajj-Umrah religious tourism operators in Saudi Arabia', RMIT University Repository. Available at: handle.net (Accessed: 28 June 2026).

- Buniya, M.K., Othman, I., Durdyev, S., Sunindijo, R.Y., Ismail, S. and Kineber, A.F. (2021) 'Safety Program Elements in the Construction Industry: The Case of Iraq', International Journal of Environmental Research and Public Health, 18(2), p. 411. doi:10.3390/ijerph18020411.

- Creswell, J.W. and Creswell, J.D. (2023) Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches. 6th edn. Thousand Oaks, CA: SAGE.

- Creswell, J.W. and Poth, C.N. (2015) Qualitative Inquiry and Research Design: Choosing Among Five Approaches. 16th edn. Thousand Oaks, CA: Sage Publications, pp. 473–475.

- Felemban, E.A., Rehman, F.U. and Biabani, S.A.A. (2020) 'Digital revolution for Hajj crowd management: A technology survey', IEEE Access, 8, pp. 199990-200005. doi:10.1109/ACCESS.2020.3035443.

- Gao, G., Wang, J., Lu, Y. and Liu, L. (2020) 'CNN-based density estimation and crowd counting: A survey', arXiv preprint, arXiv:2003.12783.

- Gazzawe, F. and Albahar, M. (2024) 'Reducing traffic congestion in makkah during Hajj through the use of AI technology', Heliyon, 10(1), p. e23304. doi:10.1016/j.heliyon.2023.e23304.

- Herhausen, D., de Jong, D. and Grewal, D. (2026) 'In-store advertising with digital signage', Journal of Marketing, 90(1), pp. 1–18.

- Khan, M.A., Menouar, H. and Hamila, R. (2022) 'Revisiting crowd counting: State-of-the-art, trends, and future perspectives', Information Fusion, 80, pp. 240-256.

- Kwon, S., Kim, H. and Lee, J. (2025) 'The effectiveness of digital signage in crowded environments', Journal of Visual Communication and Image Representation, 104, pp. 103-117.

- Maddah, N., Verma, A. and Ainsworth, J. (2025) 'Opportunities and Challenges Surrounding the Use of Wearable Sensor Bracelets for Infectious Disease Detection During Hajj: Qualitative Interview Study', JMIR Formative Research. doi:10.2196/60484.

- Mansouri, A., Alomari, A., Alshehri, M., Al-Maitah, M. and Rahman, S. (2025) 'Deep convolutional neural network-based enhanced crowd density monitoring for intelligent urban planning on smart cities', Scientific Reports, 15, pp. 1-15.

- Nunnally, J.C. and Bernstein, I.H., 1994. Psychometric Theory. 3rd ed. New York: McGraw-Hill.

- Owaidah, A.A. (2022) Hajj Crowd Management via a Mobile Augmented Reality Application: A Case of The Hajj Event, Saudi Arabia. Doctoral dissertation. University of Glasgow. Available at: gla.ac.uk (Accessed: 28 June 2026).

- Patton, M.Q. (2015) Qualitative Research & Evaluation Methods: Integrating Theory and Practice. 4th edn. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications.

- Sharma, V., Kumar, R., Singh, S. and Kaur, M. (2023) 'Scale-aware CNN for crowd density estimation and crowd behavior analysis', Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering, 26(4), pp. 412-425.

محـــور

محور قياس أداء الكفاءة التشغيلية في المشاعر المقدسة

تكامل القطاع غير الربحي في منظومة الحج والعمرة ودوره في تعزيز الجاهزية المؤسسية وإدارة الأزمات: دراسة نوعية إستكشافية

سمو مشرف الغامدي*[1]، غالية حامد الرفاعي[2]، نور عبدالله العلوي[3] - *[1]إدارة المسؤولية الاجتماعية، كلية البترجي الطبية، [2]رئاسة الشؤون الدينية بالمسجد الحرام والمسجد النبوي، [3]تجمع مكة المكرمة الصحي

Integration of the Nonprofit Sector into the Hajj and Umrah Ecosystem and Its Role in Enhancing Institutional Readiness and Crisis Management: An Exploratory Qualitative Study

Sumou Musharraf Alghamdi1*, Ghalia Hamed Al-Rifai2, Noor Abdullah Alalalwi3 - 1*Social Responsibility Department, Batterjee Medical College, 2General Presidency for Religious Affairs at the Grand Mosque and the Prophet›s Mosque, 3Makkah Health Cluster

*Corresponding author: E-mail (sumou89@outlook.com)

الملخص

هدفت هذه الدراسة إلى استكشاف واقع تكامل القطاع غير الربحي في منظومة الحج والعمرة، والكشف عن دوره في تعزيز الجاهزية المؤسسية ودعم إدارة الأزمات من منظور القيادات والخبراء والعاملين في الجهات ذات العلاقة. واعتمدت الدراسة المنهج النوعي بالتصميم الاستكشافي، واستخدمت المقابلات شبه المقننة أداةً لجمع البيانات، ثم حُللت البيانات باستخدام التحليل الموضوعي. وكشفت النتائج أن القطاع غير الربحي يشهد تحولًا من الدور التنفيذي الموسمي إلى الشراكة المؤسسية الاستراتيجية، بما يسهم في رفع الجاهزية التشغيلية، وتعزيز تعبئة الموارد والخبرات، وبناء القدرات المؤسسية، وتحسين سرعة الاستجابة واستمرارية الخدمات خلال مواسم الحج والعمرة.

كما أبرزت النتائج عددًا من التحديات التنظيمية والتقنية والمعرفية التي ما تزال تحد من فاعلية التكامل، وفي مقدمتها الحاجة إلى تطوير الحوكمة، وتوحيد قواعد البيانات، وتعزيز تبادل المعلومات، وبناء شراكات طويلة المدى بين القطاعات. وتوصي الدراسة بتطوير الأطر التنظيمية للتكامل، وتوسيع برامج بناء القدرات المشتركة، والاستفادة من التحول الرقمي في دعم التنسيق وصنع القرار؛ بما يسهم في رفع كفاءة الخدمات المقدمة لضيوف الرحمن وتحقيق مستهدفات رؤية المملكة العربية السعودية 2030.

الكلمات المفتاحية: القطاع غير الربحي، الحج والعمرة، المسؤولية المجتمعية، الجاهزية المؤسسية، إدارة الأزمات، البحث النوعي.

Abstract

This study aimed to explore the integration of the nonprofit sector within the Hajj and Umrah ecosystem and examine its role in enhancing institutional readiness and supporting crisis management from the perspectives of leaders, experts, and practitioners. An exploratory qualitative design was employed using semi-structured interviews for data collection, while thematic analysis was applied to analyze the data. The findings indicate that the nonprofit sector is evolving from a seasonal operational role toward a strategic institutional partnership that strengthens operational readiness, mobilizes resources and expertise, builds organizational capacity, and improves response capability and service continuity during Hajj and Umrah seasons.

The study also identified organizational, technical, and knowledge-related challenges that continue to constrain effective integration, particularly those related to governance, data integration, information sharing, and sustainable cross-sector partnerships. The study recommends strengthening institutional integration frameworks, expanding capacity-building and joint simulation programs, and leveraging digital transformation to improve coordination and decision-making, thereby enhancing services for pilgrims and supporting the objectives of Saudi Vision 2030.

Keywords: Nonprofit Sector, Hajj and Umrah, Institutional Integration, Institutional Readiness, Crisis Management, Social Responsibility, Qualitative Research.

1. المقدمة

شهد القطاع غير الربحي خلال العقود الأخيرة تطورًا ملحوظًا على المستويين العالمي والمحلي، حيث انتقل من أداء دوره التقليدي القائم على تقديم المساعدات والخدمات الخيرية إلى الإسهام بفاعلية في تحقيق التنمية المستدامة، وتعزيز المشاركة المجتمعية، ودعم الابتكار الاجتماعي، وبناء الشراكات مع القطاعين الحكومي والخاص، إضافةً إلى دوره في إدارة الأزمات والكوارث وتعزيز المرونة المجتمعية. وقد أكدت العديد من الدراسات أن فاعلية القطاع غير الربحي أصبحت تعتمد بصورة متزايدة على قدرته على بناء شراكات استراتيجية، وتطوير جاهزيته المؤسسية، وتعزيز الحوكمة والشفافية، والاستفادة من التحول الرقمي وإدارة المعرفة في تحسين جودة الخدمات واستدامتها (Park & Suh, 2025؛ Bryson et al., 2015؛ Salamon & Anheier, 1997)

وفي المملكة العربية السعودية، حظي القطاع غير الربحي باهتمام كبير في ظل رؤية المملكة العربية السعودية 2030، التي جعلت من تمكين القطاع أحد مستهدفاتها الرئيسة، من خلال رفع مساهمته في التنمية الوطنية، وزيادة عدد المتطوعين، وتعزيز الشراكات بين القطاعات المختلفة، بما يحقق التكامل المؤسسي ويرفع كفاءة الخدمات المقدمة للمجتمع. كما أُنشئ المركز الوطني لتنمية القطاع غير الربحي ليقود تطوير البيئة التنظيمية والتشريعية للقطاع، ويعزز حوكمته واستدامته، ويزيد من أثره التنموي. وتُعد منظومة الحج والعمرة من أكثر المنظومات التشغيلية تعقيدًا على مستوى العالم؛ لما تشهده من كثافة بشرية عالية، وتعدد في الجهات المشاركة، وتنوع في الخدمات الصحية والتنظيمية والأمنية والاجتماعية المقدمة لضيوف الرحمن. ويتطلب نجاح هذه المنظومة تكاملًا مؤسسيًا فعالًا بين مختلف الجهات الحكومية والقطاع الخاص والقطاع غير الربحي، بما يضمن سرعة الاستجابة، وكفاءة استخدام الموارد، واستمرارية تقديم الخدمات، والقدرة على مواجهة الأزمات والطوارئ. ونظرًا إلى محورية هذا التكامل في نجاح منظومة الحج والعمرة، فإن الوقوف على ما أنتجته الأدبيات العلمية من رؤى نظرية وتطبيقية حول تكامل القطاع غير الربحي وشراكاته المؤسسية وعلاقته بالجاهزية وإدارة الأزمات يُعد خطوة ضرورية لتحديد موقع الدراسة الحالية ضمن سياقها المعرفي، وتوضيح الإضافة العلمية التي تسعى إلى تقديمها، وذلك على النحو الآتي:

الدراسات السابقة

تناولت طائفة من الدراسات موضوع الشراكات بين القطاع غير الربحي والقطاعين الحكومي والخاص من زوايا متعددة. ففي الإطار النظري، تُقدّم نظرية التعاون بين القطاعات التي طوّرها Bryson, Crosby & Stone (2015) تصورًا مفاهيميًا لعوامل نجاح الشراكات، مؤكدة أن استدامة التعاون تتوقف على وضوح الأهداف المشتركة وبناء الثقة ووجود حوكمة تشاركية تُدير التوترات بين الأطراف. وأضافت دراسة Ba, Nair & Kedia (2024) بعدًا تطبيقيًا لهذا الإطار، بتطوير نموذج تجريبي لجاهزية المنظمات غير الربحية للتعاون بين القطاعات يقوم على الوعي والقدرة والأفعال، وخلصت إلى أن تكامل هذه الأبعاد يعزز قدرتها على الدخول في شراكات مستدامة والتكيّف مع البيئات المتغيرة. وفي السياق السعودي، أسقطت دراسة الحارثي (2026) هذا الإطار على واقع محلي محدد، فتناولت فرص وتحديات تعاون القطاع غير الربحي مع الجامعات الحكومية في الرياض، وخلصت إلى أن القطاع يمتلك فرصًا واعدة تصطدم بعقبات تنظيمية كالبيروقراطية وضعف قنوات التواصل وغياب هياكل تنسيقية واضحة ونقص الكفاءات المتخصصة. وتتقاطع هذه النتائج مع إطار بريسون وزملائه في تأكيد أن ضعف الهياكل التنسيقية يُضعف التكامل المؤسسي، لكنها تختلف عنه بتركيزها على شراكة ثنائية محددة لا تشمل تعدد الأطراف الذي تتسم به منظومة الحج والعمرة. وفي السياق الأوسع لتطور القطاع غير الربحي في المملكة، تناولت دراسة الشريف والخالدي (2026) التحولات البنيوية والمؤسسية التي شهدها القطاع، وأكدت انتقاله من المبادرات الخيرية التقليدية نحو العمل المؤسسي المنظم، مع استمرار تحديات الحوكمة والاستدامة المالية وبناء القدرات وقياس الأثر. كما أبرزت الدراسة أهمية تعزيز الشراكات المؤسسية وتطوير أدوار القطاع في ضوء رؤية المملكة 2030، بما يدعم قدرته على تحقيق أثر تنموي مستدام.

وفيما يتصل بالجاهزية المؤسسية، بيّنت دراسة صالح (2025) أن تطبيق الإدارة الإلكترونية يسهم في تحسين جودة الخدمة التطوعية داخل منظمات القطاع غير الربحي في المملكة، من خلال رفع مستوى الاعتمادية على الأنظمة الرقمية، وتسريع الاستجابة، وتحسين التنسيق بين العاملين والمتطوعين. وتكتسب هذه النتيجة أهمية خاصة في البيئات التشغيلية المعقدة التي تتطلب سرعة اتخاذ القرار والتنسيق بين عدد كبير من الجهات، كما هو الحال في منظومة الحج والعمرة، إذ تُشير الدراسة ضمنيًا إلى أن التحول الرقمي يمثل أحد الروافد الأساسية لتعزيز الجاهزية المؤسسية، وإن لم تتناول الدراسة سياق الحج والعمرة تحديدًا، ولم تربط هذا التحول الرقمي بمفهوم الجاهزية المؤسسية بوصفه بناءً نظريًا مستقلًا. وفي السياق ذاته، تناول عبيد (د.ت.) دور إدارة المعرفة بوصفها أداة استراتيجية لتحقيق التميز في القطاع الخيري، مشيرًا إلى أن تنظيم عمليات جمع المعرفة وتبادلها وتوثيقها بين العاملين والمتطوعين يسهم في رفع كفاءة الأداء المؤسسي وقدرته على مواجهة المستجدات الميدانية، وهو ما يتقاطع مع نتائج دراسة صالح في التأكيد على أن الأدوات الرقمية والمعرفية تمثّل روافد مكمّلة لتعزيز الجاهزية المؤسسية للقطاع غير الربحي.

ومن زاوية أخرى، تناولت دراسة Park & Suh (2025) آليات بناء الثقة في القطاع غير الربحي، وأظهرت أن الشفافية المؤسسية وإدراك المجتمع للأدوار التنموية التي تؤديها المنظمات غير الربحية يسهمان في تعزيز الثقة المجتمعية بها، وأن هذه الثقة تُعد عاملًا مؤثرًا في زيادة المشاركة المجتمعية، ودعم العمل التطوعي، واستدامة

الشراكات، خصوصًا لدى الأجيال الشابة. وتُبرز هذه الدراسة بُعدًا لم تتطرق إليه الدراستان السابقتان بالقدر ذاته، وهو دور الثقة بوصفها أساسًا غير ملموس للتكامل المؤسسي، إلى جانب الأبعاد الإجرائية والتنظيمية التي ركّزت عليها دراستا الحارثي وصالح.

أما على مستوى الاستدامة المؤسسية للمنظمات غير الربحية، فقد قدّمت دراسة حاجب (2025) تحليلًا معمّقًا لواقع استدامة المنظمات غير الحكومية في اليمن، وخلصت إلى أن قدرة هذه المنظمات على الاستمرار ترتبط ارتباطًا وثيقًا بوجود قيادة مؤسسية فعالة، وعدالة في توزيع التمويل، وتنويع مصادر الدخل، وإدارة مالية رشيدة، بما يمكّنها من مواجهة التحديات والتكيّف مع الأزمات. وعلى الرغم من اختلاف السياق الذي تناولته هذه الدراسة، المتمثل في بيئة إنسانية تتسم بندرة الموارد وتعدد الجهات المانحة الدولية، عن سياق الدراسة الحالية، فإن نتائجها تظل ذات دلالة نظرية مهمة؛ إذ تؤكد أن الجاهزية المؤسسية وإدارة الأزمات لا تنفصلان عن البنية التمويلية والقيادية للمنظمة غير الربحية، وهو ما يعزز الحاجة إلى النظر في هذه الأبعاد مجتمعة عند دراسة تكامل القطاع غير الربحي في بيئة تشغيلية شديدة التعقيد كمنظومة الحج والعمرة.

وفي بيئة الحج تحديدًا، تناولت دراسة Alrashdi & Al Thobaity (2024) تجارب الممرضين والممرضات المتطوعين وحوافزهم وكفاياتهم خلال موسم الحج، وأكدت أهمية تطوير المهارات الصحية للمتطوعين، وتعزيز العمل الجماعي، والتواصل الفعال، والكفاءة الثقافية في التعامل مع تنوع الحجاج، بوصفها عوامل حاسمة في تحسين جودة الخدمات الصحية المقدمة لضيوف الرحمن. وتمثّل هذه الدراسة أقرب الدراسات السابقة من حيث السياق الميداني، غير أنها تقتصر على فئة محددة من المتطوعين (الكوادر التمريضية)، ولا تتناول التكامل المؤسسي بين القطاع غير الربحي وبقية الجهات بوصفه ظاهرة شاملة تمتد إلى أبعاد الجاهزية المؤسسية وإدارة الأزمات معًا. وإلى جانب هذه الدراسات، تستند الدراسة إلى إطار نظري توليفي يجمع أربع نظريات: الأصول الاجتماعية لـ Salamon & Anheier (1997) المفسِّرة لنشأة القطاع غير الربحي ووظيفته المجتمعية، والتعاون بين القطاعات لـ Bryson, Crosby & Stone (2015) المحدِّدة لشروط نجاح الشراكات، والجاهزية التنظيمية لـ Weiner (2009) التي تراها حالة جماعية تجمع الالتزام والقدرة على التغيير، وإدارة الأزمات المستمرة لـ Coombs (2015) التي تنظر إليها عملية دورية تشمل ما قبل الأزمة وأثناءها وبعدها. وتتكامل هذه النظريات في نموذج مفاهيمي دائري يربط التكامل بالجاهزية وإدارة الأزمات والشراكة المستدامة عبر حلقة تغذية راجعة، يوفر أساسًا نظريًا لتفسير بيانات الدراسة.

وبمراجعة هذه الدراسات مجتمعة، يتبيّن أنها تتقاطع في نقطة جوهرية مفادها أن نجاح العمل المؤسسي للقطاع غير الربحي، سواء في سياق الشراكات أم الجاهزية أم الاستدامة، يتوقف على تفاعل عوامل هيكلية كالحوكمة وآليات التنسيق، مع عوامل غير ملموسة كالثقة والقيادة الفاعلة. كما يتبيّن أنها تتباين فيما بينها من حيث السياق (شراكات جامعية، أو خدمات تطوعية عامة، أو استدامة منظمات إنسانية دولية، أو عمل تمريضي ميداني في الحج) ومن حيث المنهج المتّبع. وعلى الرغم من هذا التنوع، تكشف مراجعة الأدبيات عن فجوة معرفية واضحة؛ إذ لم تتناول أي من الدراسات السابقة، في حدود اطلاع الباحثتين، تكامل القطاع غير الربحي في منظومة الحج والعمرة تحديدًا بوصفه ظاهرة متكاملة تجمع بين بُعدَي الجاهزية المؤسسية وإدارة الأزمات معًا، ولا سيما من خلال منهج نوعي استكشافي يستقصي تصورات القيادات والخبراء والعاملين ميدانيًا. ومن هنا تسعى الدراسة الحالية إلى سدّ هذه الفجوة من خلال تقديم فهم معمّق ومؤصَّل ميدانيًا لهذا التكامل، بما يسهم في إثراء الأدبيات العلمية ذات الصلة، ويدعم في الوقت نفسه صنّاع القرار في تطوير آليات عملية لتعزيز فاعلية هذا التكامل.

2. منهجية وطرق البحث

وبناءً على ما تقدّم من مراجعة الأدبيات العلمية، ومما تتسم به بيئة الحج والعمرة من تعدد الجهات المشاركة وتشابك الأدوار والمسؤوليات، وما تتطلبه من مستويات مرتفعة من الجاهزية المؤسسية والتنسيق الفعّال والاستجابة للمتغيرات والطوارئ، تنبع مشكلة الدراسة من الحاجة إلى استكشاف تصورات المشاركين حول واقع تكامل القطاع غير الربحي في منظومة الحج والعمرة، وعلاقته بتعزيز الجاهزية المؤسسية ودعم إدارة الأزمات، والتعرف على التحديات التي تواجه هذا التكامل، وصولًا إلى مقترحات تسهم في تطويره وتعزيز فاعليته في الارتقاء بالخدمات المقدمة لضيوف الرحمن.

سؤال البحث الرئيس

ما تصورات الخبراء والقيادات والعاملين حول واقع تكامل القطاع غير الربحي في منظومة الحج والعمرة، وعلاقته بتعزيز الجاهزية المؤسسية ودعم إدارة الأزمات؟

الأسئلة الفرعية

- كيف يصف المشاركون واقع تكامل القطاع غير الربحي داخل منظومة الحج والعمرة؟
- كيف يصف المشاركون إسهام التكامل في تعزيز الجاهزية المؤسسية للجهات المعنية بخدمة ضيوف الرحمن؟
- كيف ينظر المشاركون إلى إسهامات القطاع غير الربحي في دعم إدارة الأزمات ضمن منظومة الحج والعمرة؟
- ما أبرز التحديات التي تواجه تكامل القطاع غير الربحي في منظومة الحج والعمرة مع الجهات الحكومية والخاصة؟
- ما المقترحات التي يمكن أن تعزز فاعلية تكامل القطاع غير الربحي ورفع كفاءته في منظومة الحج والعمرة؟

الأهداف البحثية

- استكشاف واقع تكامل القطاع غير الربحي في منظومة الحج والعمرة من وجهة نظر المشاركين.

- فهم تصورات المشاركين حول إسهام تكامل القطاع غير الربحي بتعزيز الجاهزية المؤسسية للجهات المعنية بخدمة ضيوف الرحمن.

- تفسير تصورات المشاركين حول دور تكامل القطاع غير الربحي في دعم إدارة الأزمات ضمن منظومة الحج والعمرة.

- تحديد أبرز التحديات التي تواجه تكامل القطاع غير الربحي مع الجهات الحكومية والخاصة في منظومة الحج والعمرة.

- استخلاص مقترحات المشاركين لتطوير تكامل القطاع غير الربحي وتعزيز فاعليته في خدمة ضيوف الرحمن.

الأهمية العلمية والتطبيقية

أولًا-الأهمية العلمية

1. يثري البحث الأدبيات العلمية المتعلقة بتكامل القطاع غير الربحي في منظومة الحج والعمرة، ويقدّم فهمًا نوعيًا للتجارب والممارسات الميدانية للتكامل بين الجهات ذات العلاقة بخدمة ضيوف الرحمن، في مجال لا يزال بحاجة إلى مزيد من الدراسات النوعية.

2. يدعم التوجه البحثي نحو دراسة الأدوار التنموية والاستراتيجية للقطاع غير الربحي في خدمة ضيوف الرحمن، بما يحقق مستهدفات التنمية الوطنية.

ثانياً: الأهمية التطبيقية

1. يقدّم نتائج وتوصيات وإطارًا مقترحًا يمكن الاسترشاد بهما في تطوير آليات التكامل والتنسيق بين الجهات غير الربحية وشركائها من القطاعين الحكومي والخاص.

2. يسهم في تعزيز الجاهزية المؤسسية وتحسين إدارة الأزمات والطوارئ للجهات المشاركة في خدمة ضيوف الرحمن، من خلال إبراز الممارسات الناجحة والعوامل المؤثرة في التكامل.

3. يفيد صنّاع القرار والقيادات التنفيذية في تطوير السياسات والمبادرات ذات العلاقة بالتكامل المؤسسي، بما يتوافق مع مستهدفات رؤية المملكة 2030 الرامية إلى تعزيز إسهام القطاع غير الربحي ورفع كفاءة الخدمات المقدمة لضيوف الرحمن.

التعريف الإجرائية للمفاهيم الرئيسة

أولاً: تعريف القطاع غير الربحي

هو قطاع الجمعيات الأهلية والمؤسسات الأهلية والصناديق العائلية ولجان التنمية وهي التي تندرج تحت اشراف المركز الوطني لتنمية القطاع غير الربحي ويتم تأسيسها بهدف تقديم كافة الخدمات المجتمعية بدون أي ربح للخدمات المقدمة وكما يوجد هناك مكونات مجتمعية غير ربحية مثل الاوقاف والتي تشرف عليها الهيئة العامة للأوقاف.

ثانيًا: التعريف الإجرائي الشامل للدراسة

يقصد بالتكامل في هذه الدراسة مستوى التنسيق والتعاون وتبادل الموارد والخبرات بين القطاع غير الربحي والجهات الحكومية والخاصة ذات العلاقة بخدمة ضيوف الرحمن، بما يدعم التخطيط والاستعداد المسبق، وبناء القدرات، وتعزيز الجاهزية المؤسسية، ورفع القدرة على الاستجابة للأزمات والتعامل معها، بما يسهم في تحسين جودة الخدمات واستدامتها. ويُفهم هذا التكامل إجرائيًا من خلال تصورات القيادات والخبراء والعاملين في الجهات ذات العلاقة، وما يكشفه تحليل استجاباتهم من ممارسات التكامل ومقوماته وتحدياته وفرص تطويره.

حدود الدراسة

حدود الدراسة: اقتصرت الدراسة موضوعيًا على استكشاف واقع تكامل القطاع غير الربحي ودوره في الجاهزية المؤسسية وإدارة الأزمات ضمن منظومة الحج والعمرة؛ وبشريًا على القيادات والخبراء والعاملين في الجهات غير الربحية ذات العلاقة بخدمة ضيوف الرحمن؛ ومكانيًا على الجهات غير الربحية العاملة في مكة المكرمة والمشاعر المقدسة؛ وزمنيًا خلال عام 2026م.

اعتمدت الدراسة المنهج النوعي (Qualitative Research) بتصميمه الاستكشافي (Qualitative Exploratory Design)، لملاءمته لطبيعة المشكلة البحثية وأهدافها؛ إذ يهدف إلى فهم الظواهر الاجتماعية من خلال استكشاف تصورات المشاركين وخبراتهم وتفسيراتهم للواقع في سياقه الطبيعي، دون السعي إلى اختبار فرضيات أو قياس علاقات إحصائية. واختير هذا المنهج والتصميم نظرًا لمحدودية الدراسات النوعية التي تناولت تكامل القطاع غير الربحي في منظومة الحج والعمرة وعلاقته بالجاهزية المؤسسية وإدارة الأزمات، بما يجعل الدراسة الحالية ذات طبيعة استكشافية تسعى إلى بناء فهم معمق لأبعاد هذا التكامل والعوامل المؤثرة فيه والتحديات التي تواجهه، من خلال وجهات نظر القيادات والخبراء والعاملين في هذا المجال.

مجتمع الدراسة: يتمثل مجتمع الدراسة في القيادات والخبراء والعاملين في الجهات ذات العلاقة بالقطاع غير الربحي ضمن منظومة الحج والعمرة، ممن لديهم خبرة مباشرة في مجالات الشراكات المؤسسية أو التطوع أو إدارة المبادرات أو تقديم الخدمات لضيوف الرحمن.

عينة الدراسة: استخدمت الدراسة العينة القصدية (Purposive Sampling)، لكونها الأنسب في البحوث النوعية التي تستهدف اختيار مشاركين يمتلكون خبرة مباشرة ومعرفة متخصصة بالظاهرة محل الدراسة. وتم اختيار المشاركين وفق معايير محددة، من أبرزها: الخبرة العملية في القطاع غير الربحي أو في منظومة الحج والعمرة، والمشاركة في الشراكات المؤسسية أو إدارة المبادرات أو التطوع، والقدرة على تقديم معلومات ثرية تساعد في تفسير الظاهرة والإجابة عن أسئلة الدراسة. وقد استمر اختيار المشاركين حتى الوصول إلى مستوى مناسب من ثراء البيانات، وبما يحقق أهداف الدراسة.

أداة جمع البيانات: اعتمدت الدراسة على دليل مقابلة شبه مقننة (Semi-Structured Interview Guide) أداةً رئيسة لجمع البيانات؛ لملاءمته للبحث النوعي الاستكشافي وإتاحته استكشاف تصورات المشاركين وخبراتهم بإجابات مفتوحة تعكس تجاربهم العملية. وأُعدَّ الدليل في ضوء مشكلة الدراسة وأسئلتها وأهدافها وما ورد في الأدبيات ذات الصلة، واشتمل على أسئلة مفتوحة تناولت واقع التكامل، وإسهاماته في الجاهزية المؤسسية وإدارة الأزمات، والتحديات التي تواجهه، والمقترحات الكفيلة بتطويره.

إجراءات جمع البيانات: بعد إعداد دليل المقابلة وتحكيمه، تم التواصل مع المشاركين الذين تنطبق عليهم معايير الدراسة، وشُرح لهم هدف البحث وطبيعته، وأُخذت موافقتهم الصريحة على المشاركة. وأُرسل الدليل إلكترونيًا عبر البريد وتطبيق واتساب لغالبية المشاركين، الذين قدّموا استجاباتهم كتابةً بأنفسهم بإجابات مفتوحة دون تقيد بخيارات محددة، فيما فضّل أحد المشاركين الإجابة عبر مكالمة هاتفية مباشرة، طُرحت عليه خلالها أسئلة الدليل بالتسلسل نفسه ودُوّنت إجاباته كتابيًا بصورة آنية. وبعد استلام جميع الاستجابات، رُوجعت للتأكد من اكتمالها وخضعت جميعها للإجراءات المنهجية نفسها في الترميز والتحليل الموضوعي، بما يضمن اتساق التحليل وعدم تأثره باختلاف وسيلة الاستجابة.

أسلوب تحليل البيانات: حُللت البيانات باستخدام التحليل الموضوعي (Thematic Analysis) وفق منهج براون وكلارك (Braun & Clarke, 2006)، لملاءمته للدراسة النوعية الاستكشافية وقدرته على الكشف عن الأنماط والمعاني الكامنة في استجابات المشاركين وتنظيمها في موضوعات رئيسة. وبدأ التحليل بقراءة الاستجابات قراءة متأنية ومتكررة لفهم سياقها، ثم تحديد الوحدات ذات المعنى وإسناد رموز أولية (Initial Codes) لها، وجُمعت الرموز المتقاربة في فئات أولية رُوجعت وقورنت باستمرار لتحديد أوجه التشابه والاختلاف، وصولًا إلى بناء الموضوعات الرئيسة والفرعية وربطها بأسئلة الدراسة وأهدافها قبل صياغة النتائج، مدعّمة باقتباسات من استجابات المشاركين تعزيزًا لمصداقية التفسير. كما دُوِّنت مذكرات تحليلية (Analytic Memos) خلال القراءة والترميز لتوثيق تطور الأفكار وتعزيز شفافية التحليل، واستمر جمع البيانات حتى لم تعد الاستجابات الجديدة تضيف موضوعات رئيسة جديدة.

معايير جودة البحث النوعي ((Trustworthinessحرصت الدراسة على تحقيق جودة البحث النوعي وفق معايير Lincoln and Guba (1985)، والمتمثلة في: المصداقية (Credibility)، والاعتمادية (Dependability)، وقابلية النقل (Transferability)، والتأكيدية (Confirmability)، وذلك على النحو الآتي:

- المصداقية (Credibility): تحققت المصداقية باختيار عينة قصدية من القيادات والخبراء والعاملين ذوي الخبرة المباشرة في القطاع غير الربحي بمنظومة الحج والعمرة، وبتصميم دليل المقابلة في ضوء الأدبيات والدراسات السابقة وإخضاعه للتحكيم العلمي للتأكد من ملاءمته لأهداف الدراسة وأسئلتها.

- الاعتمادية (Dependability): حرصت الباحثات على توثيق مراحل الدراسة منهجيًا، من تصميم دليل المقابلة إلى إجراءات جمع البيانات وخطوات التحليل الموضوعي، بما يتيح تتبع الوصول إلى النتائج.

- قابلية النقل (Transferability): دعمت الدراسة قابلية نقل النتائج بتقديم وصف واضح لسياقها وخصائص المشاركين وطبيعة البيئة البحثية، بما يساعد على تقدير إمكانية الاستفادة منها في سياقات مشابهة.

- التأكيدية (Confirmability): سعت الدراسة إلى التأكيدية بالاستناد إلى بيانات المشاركين وربط الموضوعات باقتباسات مباشرة من استجاباتهم، مع الالتزام بالموضوعية والابتعاد عن التحيز أو إسقاط الآراء الشخصية.

موقع الباحثات والانعكاسية البحثية (Reflexivity) والاعتبارات الأخلاقية

تتمتع الباحثات بخبرة مهنية في القطاع غير الربحي المرتبط بمنظومة الحج والعمرة، أسهمت في فهم سياق الدراسة وبناء دليل المقابلة. ,وفي الوقت نفسه قد تؤثر في تفسير البيانات،وحفاظًا على الموضوعية، التزمت الباحثات بالفصل بين خبراتهن المهنية وبيانات الدراسة، والحرص على الموضوعية في تفسير البيانات، والالتزام بالتوثيق والرجوع إلى نصوص المشاركين دون إسقاط لآراء أو خبرات شخصية على النتائج .

كما التزمت الدراسة بالمبادئ الأخلاقية للبحث العلمي، وذلك من خلال:

1. الحصول على موافقة المشاركين قبل جمع البيانات.
2. توضيح هدف الدراسة وآلية استخدام البيانات.
3. ضمان سرية البيانات والمحافظة على خصوصية المشاركين وعدم الإفصاح عن هوياتهم.
4. تأكيد حق المشاركين في الانسحاب من الدراسة في أي مرحلة دون أي تبعات.
5. استخدام البيانات والمعلومات لأغراض البحث العلمي فقط.

3. النتائج والمناقشة

ويلخص الجدول (1) أبرز الموضوعات الرئيسة التي نتج عنها التحليل الموضوعي وفق محاور الدراسة الخمسة، تمهيدًا لعرضها تفصيليًا فيما يأتي.

جدول 1. الموضوعات الرئيسة للتحليل الموضوعي وفق محاور الدراسة

المحور	الموضوعات الرئيسة	نموذج من استجابات المشاركين
المحور الأول: واقع التكامل	التحول من العمل التنفيذي الموسمي إلى الشراكة المؤسسية؛ مقومات التكامل ومرتكزاته	"أصبح القطاع غير الربحي شريكًا في التخطيط والتنفيذ وقياس الأثر"(م2)
المحور الثاني: الجاهزية المؤسسية	الجاهزية التشغيلية؛ تعبئة الموارد والخبرات؛ بناء القدرات المؤسسية؛ مرونة المنظومة	"تقديم القوى العاملة من الممارسين الصحيين وأطباء الطوارئ" (م1)
المحور الثالث: إدارة الأزمات	الاستعداد والوقاية؛ الاستجابة الفورية؛ التعافي المؤسسي والتعلم	"وضوح الأدوار، القيادة الموحدة، سرعة الاتصال" (م8)
المحور الرابع: التحديات	تحديات تنظيمية ومؤسسية؛ تحديات التكامل والشراكات؛ تحديات تقنية ومعرفية	"القطاع الخاص يتحدث بلغة العائد" (م6)
المحور الخامس: مقترحات التطوير	تطوير البيئة التنظيمية؛ بناء القدرات والشراكات؛ التحول الرقمي والابتكار	"نحتاج إلى شراكات استراتيجية تمتد لعدة سنوات" (م6)

نتائج ومناقشة السؤال الأول: كيف يصف المشاركون واقع تكامل القطاع غير الربحي داخل منظومة الحج والعمرة؟

أظهر التحليل الموضوعي لاستجابات المشاركين وجود تحول ملحوظ في طبيعة تكامل القطاع غير الربحي داخل منظومة الحج والعمرة، من أدوار تنفيذية وموسمية إلى أدوار تتجه بصورة متزايدة نحو الشراكة المؤسسية والمشاركة في التخطيط والتنفيذ والتطوير وقياس الأثر. وفي الوقت نفسه، كشفت البيانات أن هذا التكامل، رغم ما شهده من تطور، لا يزال بحاجة إلى مزيد من التطوير فيما يتعلق بالتخطيط الاستباقي، وتوحيد الإجراءات وقواعد البيانات، وتعزيز تبادل المعلومات، وبناء شراكات أكثر استدامة بين القطاعات المختلفة.

الموضوع الأول: التحول من العمل الخيري التقليدي إلى الشراكة المؤسسية الاستراتيجية

أظهرت استجابات المشاركين وجود تحول واضح في طبيعة دور القطاع غير الربحي داخل منظومة الحج والعمرة، حيث لم يعد يقتصر على تقديم المساعدات أو تنفيذ المبادرات الموسمية، بل أصبح شريكًا مؤسسيًا يشارك في التخطيط والتنفيذ والتطوير وقياس الأثر، مدفوعًا بالدعم الحكومي ومستهدفات رؤية المملكة 2030 وارتفاع مستوى الحوكمة والتنسيق بين الجهات. وعبّر أحد المشاركين عن ذلك بقوله: «أصبح القطاع غير الربحي شريكًا في التخطيط والتنفيذ والتطوير وقياس الأثر»، فيما أشار آخر إلى تحوّل التعاون من طابع موسمي إلى شراكة مؤسسية أكثر تنظيمًا. تشير هذه النتيجة إلى أن المشاركين ينظرون إلى التكامل بوصفه تحولًا استراتيجيًا في أدوار القطاع لا مجرد توسع في الأنشطة، وهو ما يتفق مع الأدبيات التي تربط نجاح الشراكات بين القطاعات بالانتقال من التعاون المؤقت إلى التكامل المؤسسي القائم على التخطيط والحوكمة والأدوار الواضحة. وتتسق هذه النتيجة كذلك مع ما أشارت إليه دراسة الشريف والخالدي (2026) من انتقال القطاع غير الربحي في المملكة نحو مزيد من التنظيم والعمل المؤسسي، وتعزيز الشراكات المؤسسية وتطوير أدواره بما يتوافق مع مستهدفات رؤية المملكة 2030، إلا أن الدراسة الحالية تضيف إلى هذا الطرح من خلال نقل التركيز إلى سياق منظومة الحج والعمرة، واستكشاف طبيعة هذا التحول من منظور الممارسين والفاعلين في المنظومة.

الموضوع الثاني: مقومات التكامل المؤسسي

بينت البيانات أن نجاح التكامل يعتمد، من وجهة نظر المشاركين، على وضوح الأدوار والمسؤوليات، والتنسيق بين الجهات، وبناء الشراكات متعددة القطاعات، والاستفادة من الموارد والخبرات المشتركة، إلى جانب الدعم الحكومي وتنامي ثقافة العمل التطوعي، وتبادل المعلومات وتكامل قواعد البيانات. تعكس هذه النتيجة أن التكامل لا يتحقق بمجرد وجود جهات متعددة تعمل في الميدان، بل يقوم على منظومة علاقات تنظيمية تستند إلى الثقة وتبادل المعرفة والتنسيق المستمر، بما يتفق مع الأدبيات التي تربط التكامل المؤسسي بتوحيد الجهود واستثمار الموارد المشتركة لتحقيق أهداف تتجاوز قدرة كل جهة بمفردها. وتشير هذه المعطيات إلى أن المشاركين لا ينظرون إلى التكامل بوصفه مجرد تعدد للجهات المشاركة، وإنما بوصفه منظومة من العلاقات المؤسسية التي تتطلب وضوح الأدوار، واستمرار التنسيق، وتبادل المعرفة والمعلومات، وتكامل الموارد والخبرات.

الموضوع الثالث: فرص تطوير التكامل المؤسسي

رغم اتفاق المشاركين على التطور الذي شهده القطاع غير الربحي، أشاروا إلى جوانب ما تزال بحاجة إلى تطوير، أبرزها إشراكه في التخطيط المبكر قبل المواسم، وتوحيد قواعد البيانات وآليات تبادل المعلومات، وتنفيذ برامج تدريب ومحاكاة مشتركة، وتوسيع الشراكات مع القطاع الخاص، وبناء مؤشرات أداء لقياس أثر الشراكات واستدامتها. تشير هذه النتيجة إلى أن المشاركين لا ينظرون إلى التكامل بوصفه واقعًا مكتملًا، بل عملية تطوير مستمرة تتطلب الاستثمار في البنية التنظيمية والمعلوماتية، والانتقال من التنسيق الموسمي إلى منظومة عمل مستدامة قائمة على التعلم المستمر وتبادل المعرفة والجاهزية المؤسسية.

وبذلك تكشف نتائج السؤال الأول أن تكامل القطاع غير الربحي في منظومة الحج والعمرة يشهد انتقالًا تدريجيًا نحو الشراكة المؤسسية، إلا أن استدامة هذا التكامل

وفاعليته ترتبط بمدى توافر مقومات تنظيمية ومعلوماتية وشراكاتية داعمة. وانطلاقًا من ذلك، انتقلت الدراسة إلى استكشاف إسهام هذا التكامل في تعزيز الجاهزية المؤسسية للجهات المعنية بخدمة ضيوف الرحمن.

نتائج ومناقشة السؤال الثاني: كيف يصف المشاركون إسهام التكامل في تعزيز الجاهزية المؤسسية للجهات المعنية بخدمة ضيوف الرحمن؟

الموضوع الأول: إسهام التكامل في تعزيز الجاهزية التشغيلية

أظهرت استجابات المشاركين أن تكامل القطاع غير الربحي أسهم في تعزيز الجاهزية التشغيلية للجهات المعنية بخدمة ضيوف الرحمن، من خلال رفع الطاقة التشغيلية، وتوفير الخدمات المساندة، وتخفيف الضغط عن الجهات الحكومية، وتعزيز مرونة الاستجابة، بالاستفادة من الموارد البشرية المتخصصة والخبرات الميدانية والشراكات المؤسسية، بما انعكس على تحسين كفاءة تقديم الخدمات في مواسم الذروة. وتشير هذه النتيجة إلى استعداد المشاركين المسبق بوضع خطط تشغيلية موسمية ترفع الطاقة التشغيلية عبر كفاءات مهيأة سلفًا لمثل هذا الحدث، إذ يشير أحدهم إلى أن «المشاركة في تشغيل بعض المنشآت الصحية والمراكز الموسمية ونقاط الخدمة (Booths) ساهم في رفع الطاقة التشغيلية خلال مواسم الذروة».

الموضوع الثاني: تعبئة الموارد والخبرات

أظهرت استجابات المشاركين أن تعبئة الموارد البشرية والخبرات المتخصصة تمثل مرتكزًا رئيسًا لتعزيز الجاهزية المؤسسية، من خلال توفير الكوادر المؤهلة، والاستفادة من الخبرات الميدانية المتراكمة، ونقل المعرفة بين العاملين والمتطوعين، وتنفيذ برامج التدريب والتمارين الميدانية المشتركة، وتوثيق الدروس المستفادة لضمان الاستفادة منها لاحقًا. وعبّر المشاركون عن ذلك بقولهم: «تقديم القوى العاملة من الممارسين الصحيين وأطباء الطوارئ المختصين» (م1)، «خبرات متنوعة تساهم في نقل المعرفة والاستفادة منها» (م1)، «مشاركة القطاع غير الربحي في الفرضيات والتمارين الميدانية رفعت جودة تنفيذها» (م1). تشير هذه النتيجة إلى أن المشاركين ينظرون إلى الموارد البشرية والخبرات المتخصصة بوصفها عنصرًا استراتيجيًا في الجاهزية المؤسسية لا مجرد دعم تشغيلي إضافي، إذ تتوقف الجاهزية على توافر كفاءات مؤهلة واستثمار المعرفة الميدانية والتدريب المستمر، بما يتفق مع الأدبيات التي تعد رأس المال البشري والمعرفة التنظيمية من أهم مقومات الجاهزية المؤسسية واستدامة الأداء.

الموضوع الثالث: بناء القدرات المؤسسية

أظهرت استجابات المشاركين أن بناء القدرات المؤسسية يمثل أحد المرتكزات الأساسية لتعزيز الجاهزية المؤسسية، من خلال التدريب المتخصص، وتنفيذ التمارين والمحاكاة الميدانية، ونقل المعرفة والخبرات، والاستفادة من التجارب المتراكمة، بما يرفع كفاءة العاملين والمتطوعين ويعزز القدرة على التكيف مع المتغيرات. وعبّر المشاركون عن ذلك بقولهم: «إمداد المنظومة بآلاف المتطوعين المتخصصين» (م3)، «تمتلك الجمعيات القديمة مخزون معرفة بالبؤر الجغرافية الحرجة وسلوكيات الحجاج» (م3، م4). تشير هذه النتيجة إلى أن المشاركين ينظرون إلى بناء القدرات المؤسسية بوصفه عملية مستمرة تُعدّ الكفاءات البشرية وتمكّنها من التعامل مع التحديات والمواقف الطارئة بكفاءة ومرونة، ولا تقتصر على التدريب بل تمتد إلى نقل المعرفة المؤسسية والاستفادة من الخبرات المتراكمة، بما يعكس أهمية الاستثمار في رأس المال البشري لتحقيق التكامل المؤسسي في خدمة ضيوف الرحمن.

الموضوع الرابع: تعزيز مرونة المنظومة واستدامة الخدمات

أظهرت استجابات المشاركين أن تعزيز مرونة المنظومة واستدامة الخدمات يمثل أحد المرتكزات الرئيسة للجاهزية المؤسسية في منظومة الحج والعمرة. وأكد المشاركون أن هذه المرونة تتحقق من خلال تكامل الشراكات، والدعم اللوجستي، والمرونة التشغيلية، بما يسهم في سرعة الاستجابة، واستمرارية تقديم الخدمات، والتعامل بكفاءة مع الزيادة الكبيرة في أعداد ضيوف الرحمن خلال مواسم الحج والعمرة.

وعبّر المشاركون عن ذلك بقول أحدهم: «ويزيد من مرونة المنظومة في التعامل مع الأعداد الكبيرة من ضيوف الرحمن» (م7)، وأشار آخر إلى: «إضافة إلى الدعم اللوجستي» (م7، م8). تشير هذه النتيجة إلى أن المشاركين ينظرون إلى مرونة المنظومة واستدامة الخدمات بوصفهما من المخرجات الأساسية للتكامل المؤسسي، إذ يسهم تكامل الموارد والشراكات والدعم اللوجستي في تعزيز قدرة الجهات على التكيف مع المتغيرات والاستجابة السريعة للطوارئ، بما يؤكد أن الجاهزية المؤسسية لا تقتصر على توافر الموارد، بل تشمل القدرة على استثمارها بمرونة وكفاءة لضمان استدامة الأداء وجودة الخدمات.

وتشير هذه النتيجة إلى أن القيمة التي يضيفها القطاع غير الربحي إلى الجاهزية المؤسسية لا تقتصر على زيادة أعداد القوى العاملة، وإنما تمتد إلى إتاحة خبرات ميدانية ومعارف تراكمية يمكن توظيفها في التخطيط والتدريب والاستجابة للمواقف الاعتيادية والاستثنائية.

وتشير مجمل نتائج السؤال الثاني إلى أن إسهام القطاع غير الربحي في الجاهزية المؤسسية يتجاوز الدعم التشغيلي المباشر، ليشمل تعبئة الموارد، وبناء القدرات، ونقل المعرفة، وتعزيز مرونة المنظومة واستدامة خدماتها. وبالنظر إلى ارتباط الجاهزية المؤسسية بقدرة المنظومة على التعامل مع الظروف الاستثنائية، انتقلت الدراسة إلى استكشاف إسهامات القطاع غير الربحي في دعم إدارة الأزمات ضمن منظومة الحج والعمرة.

نتائج ومناقشة السؤال الثالث: كيف ينظر المشاركون إلى إسهامات القطاع غير الربحي في دعم إدارة الأزمات ضمن منظومة الحج والعمرة؟

أظهر التحليل الموضوعي لاستجابات المشاركين أن إسهامات القطاع غير الربحي في دعم إدارة الأزمات ضمن منظومة الحج والعمرة تمتد عبر مراحل متعددة من دورة الأزمة، بدءًا من الاستعداد والوقاية، مرورًا بالاستجابة الفورية، وانتهاءً بالتعافي المؤسسي والتعلم من الخبرات السابقة.

الموضوع الأول: الإسهام في الاستعداد والوقاية من الأزمات

أظهرت استجابات المشاركين أن إسهامات القطاع غير الربحي في دعم إدارة الأزمات تمر بمراحل منظمة تبدأ بالتخطيط المسبق ووضوح الأدوار، مرورًا بالتدريب وتنمية المهارات، وتنفيذ التمارين والمحاكاة الميدانية وبناء السيناريوهات، وصولًا إلى التحقق من جاهزية المتطوعين لخطط الطوارئ استباقًا. وعبّر المشاركون عن ذلك بقولهم: «وضوح الأدوار، القيادة الموحدة، سرعة الاتصال» (م8)، «التدريب المشترك واستخدام التقنية» (م8). تعكس هذه النتيجة أن الجاهزية لا تبدأ عند وقوع الأزمة، بل تُبنى قبلها من خلال التخطيط والتدريب ووضوح الأدوار والتنسيق بين الجهات، وهو مؤشر على النضج المؤسسي والاستعداد الاستباقي لإدارة الأزمات.

الموضوع الثاني: الإسهام في الاستجابة الفورية للأزمات

أظهرت استجابات المشاركين أن القطاع غير الربحي يسهم في رفع كفاءة الاستجابة الفورية للأزمات من خلال سرعة تعبئة الموارد البشرية، وتقديم الدعم اللوجستي، وتشغيل المراكز والخدمات الميدانية، بما يحد من آثار الأزمة. وعبّر أحد المشاركين عن ذلك بقوله: «سرعة الاستجابة، وقربه من الميدان، وقدرته على تعبئة الموارد بسرعة» (م2). تشير هذه النتيجة إلى أن سرعة الاستجابة لا تعتمد على سرعة الحركة فقط، بل على جاهزية الموارد ومرونة الإجراءات وتكامل الأدوار بين الجهات المشاركة.

الموضوع الثالث: الإسهام في التعافي المؤسسي والتعلم من الأزمات

أظهرت استجابات المشاركين أن القطاع غير الربحي يسهم في تعزيز التعافي المؤسسي من خلال توثيق الدروس المستفادة، ونقل المعرفة، وتقييم الأداء، وتطوير الخطط التشغيلية، بما يضمن تحسين الاستجابة في المواسم اللاحقة. وعبّر أحد المشاركين عن ذلك بقوله: «الاستفادة من الخبرات» (م4). تشير هذه النتيجة إلى أن المشاركين ينظرون إلى التعافي المؤسسي بوصفه مرحلة لا تقل أهمية عن الاستجابة للأزمة، إذ تسهم مراجعة الأداء والاستفادة من الخبرات في تعزيز التعلم المؤسسي ورفع مستوى الجاهزية للأزمات المستقبلية. وبذلك تكشف نتائج السؤال الثالث أن إسهام القطاع غير الربحي في دعم إدارة الأزمات يمتد عبر دورة الأزمة كاملة، ولا يقتصر على تقديم الدعم أثناء الحدث، بل يشمل الاستعداد المسبق والاستجابة والتعلم المؤسسي. وفي ضوء ذلك، انتقلت الدراسة إلى استكشاف التحديات التي قد تحد من فاعلية هذا التكامل واستدامته داخل منظومة الحج والعمرة.

نتائج ومناقشة السؤال الرابع

ما أبرز التحديات التي تواجه تكامل القطاع غير الربحي في منظومة الحج والعمرة مع الجهات الحكومية والخاصة؟

أظهر التحليل الموضوعي لاستجابات المشاركين أن التحديات التي تواجه تكامل القطاع غير الربحي داخل منظومة الحج والعمرة لا تتركز في جانب واحد، وإنما تتوزع بين تحديات تنظيمية ومؤسسية، وتحديات مرتبطة بالتكامل والشراكات، وأخرى تقنية ومعرفية.

الموضوع الأول: التحديات التنظيمية والمؤسسية

أظهرت استجابات المشاركين أن أبرز التحديات التنظيمية والمؤسسية التي تواجه التكامل تتمثل في تعدد الإجراءات، وطول دورة الموافقات، وتداخل الاختصاصات وتعدد الجهات المشرفة، وغموض الأدوار، وضعف التنسيق المؤسسي. وعبّر المشاركون عن ذلك بقولهم: «بعض الجمعيات تحتاج إلى تطوير قدراتها» (م2)، «الحاجة لتحديث الأنظمة لتسهيل العقود والشراكات» (م3). تشير هذه النتيجة إلى أن هذه التحديات لا ترتبط بضعف الرغبة في التكامل، بل بمعوقات إجرائية وهيكلية تحد من سرعة التنسيق وكفاءة العمل المشترك، مما يؤكد أهمية تطوير الأنظمة وتوحيد الإجراءات وتوضيح الأدوار.

الموضوع الثاني: تحديات التكامل والشراكات

أظهرت استجابات المشاركين أن تحديات التكامل والشراكات تتمثل في محدودية مشاركة القطاع غير الربحي في مراحل التخطيط، وضعف استدامة الشراكات، وقلة الحوافز، واختلاف أولويات ولغة العمل بين القطاعات، وضعف الوعي بإمكاناته ودوره. وعبّر المشاركون عن ذلك بقولهم: «محدودية مشاركة القطاع غير الربحي في التخطيط» (م7)، «القطاع الخاص يتحدث بلغة العائد» (م6)، «نحتاج إلى شراكات استراتيجية تمتد لعدة سنوات» (م6). تشير هذه النتيجة إلى أن نجاح الشراكات لا يعتمد على توقيع الاتفاقيات فحسب، بل يتطلب بناء رؤية مشتركة، وتعزيز الثقة المتبادلة، ومواءمة أولويات القطاعات المختلفة، بما يحقق شراكات استراتيجية مستدامة تضيف قيمة لمنظومة الحج والعمرة.

الموضوع الثالث: التحديات التقنية والمعرفية

أظهرت استجابات المشاركين أن من أبرز التحديات وجود تحديات تقنية ومعرفية تتمثل في محدودية تكامل البيانات، والحاجة إلى قواعد بيانات موحدة، وضعف التكامل الإلكتروني، وتفاوت مؤشرات الأداء، وقصور آليات تبادل المعلومات، مشيرين إلى أن معالجتها تتطلب توظيف التقنيات الحديثة والذكاء الاصطناعي وتحليل البيانات لدعم اتخاذ القرار. وعبّر أحد المشاركين عن ذلك بقوله: «الاستفادة من الذكاء الاصطناعي وتحليل البيانات» (م7). تشير هذه النتيجة إلى أن المشاركين ينظرون إلى البنية التقنية والمعرفية بوصفها مقومًا أساسيًا لتكامل القطاع غير الربحي، وأن قصور تبادل البيانات

يحد من كفاءة التنسيق واتخاذ القرار، بما يجعل الاستثمار في التحول الرقمي وحوكمة البيانات توجهًا استراتيجيًا لرفع كفاءة الأداء وتحسين جودة الخدمات. وتشير مجمل نتائج السؤال الرابع إلى أن التحديات التي تواجه تكامل القطاع غير الربحي تتداخل في أبعادها التنظيمية والشراكاتية والتقنية، وأن تجاوزها يتطلب تطوير البيئة المؤسسية، وتعزيز الشراكات المستدامة، وتحسين تكامل البيانات والمعلومات. ومن هنا انتقلت الدراسة إلى استكشاف أولويات المشاركين ومقترحاتهم لتعزيز تكامل القطاع غير الربحي داخل منظومة الحج والعمرة مستقبلًا.

نتائج ومناقشة السؤال الخامس: ما الأولويات والمقترحات التي يرى المشاركون أنها تسهم في تعزيز تكامل القطاع غير الربحي في منظومة الحج والعمرة مستقبلًا؟

أظهر التحليل الموضوعي وجود توافق كبير حول أولويات ومقترحات تعزز تكامل القطاع غير الربحي داخل منظومة الحج والعمرة، تمحورت حول تطوير البيئة التنظيمية، وتعزيز الشراكات المؤسسية، والاستثمار في التحول الرقمي وبناء القدرات، بما يدعم استدامة التكامل ويرفع كفاءة الخدمات. وأسفر التحليل عن ثلاث موضوعات رئيسة تمثل الرؤية المستقبلية للمشاركين.

الموضوع الأول: تطوير البيئة التنظيمية وتعزيز الحوكمة

أظهرت استجابات المشاركين أن تطوير البيئة التنظيمية يمثل أولوية لتعزيز التكامل، من خلال توحيد الإجراءات، ووضوح الأدوار، وتعزيز الحوكمة، وإنشاء منصات موحدة للتنسيق وتبادل المعلومات، بما يقلل الازدواجية بين الجهات (م11). تشير هذه النتيجة إلى أن المشاركين يرون البيئة التنظيمية أساسًا تُبنى عليه الشراكات الفاعلة، وأن وضوح الأنظمة والحوكمة يعززان التكامل واستدامته بين القطاعات.

الموضوع الثاني: بناء القدرات والشراكات المستدامة

أظهرت استجابات المشاركين أن تعزيز التكامل مستقبلًا يتطلب الاستثمار في بناء القدرات البشرية والمؤسسية، من خلال التدريب المشترك والتمارين والمحاكاة وتوسيع الشراكات طويلة المدى، إلى جانب اقتراحات بإنشاء غرف عمليات مشتركة ومنصات لإدارة المتطوعين. تعكس هذه النتيجة توجهًا نحو الانتقال من التعاون الموسمي إلى شراكات استراتيجية مستدامة قائمة على الاستثمار في القدرات البشرية والثقة المتبادلة والتخطيط طويل المدى.

الموضوع الثالث: التحول الرقمي والابتكار في خدمة ضيوف الرحمن

أظهرت استجابات المشاركين أن التحول الرقمي يمثل أحد أهم مرتكزات مستقبل التكامل، من خلال بناء قواعد بيانات موحدة، وتطوير مؤشرات لقياس الأداء والأثر، وتوظيف الذكاء الاصطناعي في دعم اتخاذ القرار وإدارة المتطوعين والتنبؤ بالاحتياجات، إلى جانب أهمية الابتكار الاجتماعي في تحسين تجربة ضيوف الرحمن. تشير هذه النتيجة إلى أن المشاركين ينظرون إلى التحول الرقمي والابتكار بوصفهما ممكّنين رئيسين للتكامل المؤسسي، بما ينسجم مع مستهدفات رؤية المملكة العربية السعودية 2030.

4. الخلاصة

خلصت الدراسة إلى أن تكامل القطاع غير الربحي داخل منظومة الحج والعمرة يشهد توجهًا متزايدًا من المشاركة التنفيذية الموسمية نحو الشراكة المؤسسية الاستراتيجية، وأن هذا التكامل، وفق تصورات المشاركين، يمكن أن يدعم الجاهزية المؤسسية من خلال تعزيز الجاهزية التشغيلية، وتعبئة الموارد والخبرات، وبناء القدرات، ودعم مرونة المنظومة واستدامة خدماتها. كما أظهرت النتائج امتداد إسهامات القطاع في دعم إدارة الأزمات عبر مراحل الاستعداد والاستجابة والتعلم المؤسسي.

وفي المقابل، كشفت الدراسة عن تحديات تنظيمية وشراكاتية وتقنية ومعرفية تحد من استدامة التكامل وفاعليته. ومن ثم، فإن تطوير هذا الدور يتطلب بيئة تنظيمية داعمة، وشراكات استراتيجية طويلة المدى، وبناء قدرات مؤسسية مشتركة، واستثمارًا أكثر فاعلية في التحول الرقمي والبيانات والابتكار، بما يعزز كفاءة منظومة خدمة ضيوف الرحمن واستدامة خدماتها.

1. توصلت الدراسة إلى أن القطاع غير الربحي يشهد تحولًا متسارعًا من أدوار تنفيذية موسمية إلى شريك مؤسسي واستراتيجي في منظومة الحج والعمرة، مدعومًا بمستهدفات رؤية المملكة العربية السعودية 2030.

2. أسهم تكامل القطاع غير الربحي في تعزيز الجاهزية المؤسسية من خلال رفع الجاهزية التشغيلية، وتعبئة الموارد والخبرات، وبناء القدرات المؤسسية، وتعزيز مرونة المنظومة واستدامة الخدمات.

3. كشفت البيانات النوعية أن إسهامات القطاع غير الربحي في إدارة الأزمات تمتد عبر جميع مراحل دورة الأزمة، بدءًا من الاستعداد والوقاية، مرورًا بالاستجابة الفورية، وانتهاءً بالتعافي المؤسسي والتعلم المستمر.

4. كشفت الدراسة أن أبرز التحديات التي تعيق استدامة التكامل تتمثل في التحديات التنظيمية والمؤسسية، وضعف استدامة الشراكات، والتحديات التقنية والمعرفية.

5. أظهرت الدراسة وجود توافق بين المشاركين حول أهمية تطوير البيئة التنظيمية، وتعزيز الحوكمة، وبناء الشراكات المستدامة، والاستثمار في التحول الرقمي، بوصفها أولويات لتعزيز التكامل مستقبلًا.

5. التوصيات

وفي ضوء ما أظهرت النتائج من تحديات مرتبطة بتعدد الإجراءات وضعف التنسيق وتكامل البيانات، توصي الدراسة

1. إنشاء منصة وطنية موحدة لتبادل البيانات والمعلومات بين الجهات الحكومية والقطاع غير الربحي والقطاع الخاص بما يدعم سرعة التنسيق واتخاذ القرار.

2. تطوير إطار وطني للشراكات الاستراتيجية طويلة المدى بين القطاع غير الربحي والجهات الحكومية والقطاع الخاص، مع وضع حوافز تشجع على استدامتها.

3. تصميم برامج تدريبية ومحاكاة مشتركة بصورة دورية لرفع جاهزية العاملين والمتطوعين في منظومة الحج والعمرة، وتفعيل ذلك من خلال نموذج «الجامعة المجتمعية» بإشراك أعضاء هيئة التدريس وطلبة التخصصات الصحية والترجمة والابتكار والأبحاث، بما يوسّع قاعدة الكفاءات البشرية المؤهلة لخدمة ضيوف الرحمن.

4. تعزيز التحول الرقمي من خلال تطوير قواعد بيانات موحدة، والاستفادة من الذكاء الاصطناعي وتحليل البيانات في دعم اتخاذ القرار وإدارة الموارد.

5. إعداد إطار موحد لقياس الجاهزية المؤسسية للمنظمات غير الربحية العاملة في خدمة ضيوف الرحمن، يتضمن مؤشرات أداء ومعايير حوكمة واضحة.

المراجع

- الحارثي، عبد المحسن سعد عويض البالهدي. (٢٠٢٦). الفرص والتحديات التي تواجه القطاع غير الربحي في التعاون مع الجامعات الحكومية في مدينة الرياض. مجلة الآداب للدراسات النفسية والتربوية، ٨(١)، ١٦١–١٩٠. https://doi.org/١٠,٥٣٢٨٥/wh٣٣٧h٧٧

- حاجب، عبدالقوي. (٢٠٢٥). استدامة المنظمات غير الحكومية في اليمن: من التبعية إلى التحول الاستراتيجي – تقييم الواقع الراهن وتحليل استشرافي لمستقبل التوطين في اليمن. مختبر التوطين اليمني.

- رؤية المملكة العربية السعودية. (٢٠١٦). رؤية المملكة العربية السعودية ٢٠٣٠.

- الشريف، شروق إسماعيل والخالدي، موضي محمد. (٢٠٢٦). القطاع غير الربحي ودورة في التنمية المستدامة بالمملكة العربية السعودية: تحليل للتحولات البنيوية واستشراف لتحديات المستقبل. مجلة جامعة أم القرى للعلوم الاجتماعية

- صالح، منال محمد ناصر محمد. (٢٠٢٥). دور الإدارة الإلكترونية في تحسين جودة الخدمة التطوعية: دراسة حالة للقطاع غير الربحي وفقًا لرؤية المملكة العربية السعودية ٢٠٣٠. مجلة الآداب للدراسات الإنسانية والاجتماعية، (١٢٣)، ٧١–٨٨. https://doi.org/١٠,٣٣١٩٣/JALHSS.١٤٧٩,٢٠٢٥,١٢٣

- العبدالكريم، راشد حسين. (٢٠٢٠).البحث النوعي في التربية. ط٣. الرياض: مكتبة الرشد.

- عبيد، عصام. (د.ت.). إدارة المعرفة كأداة استراتيجية لتحقيق التميز في القطاع الخيري. مادة علمية مقدمة في ورشة تدريبية.

- المركز الوطني لتنمية القطاع غير الربحي. (٢٠٢٥). الاستراتيجية الوطنية لتنمية القطاع غير الربحي. المملكة العربية السعودية. https://ncnp.gov.sa/ar

- Alrashdi, M., & Al Thobaity, A. (2024). Volunteer nurses› experiences, motivations, and competencies during the Hajj season. Journal of Multidisciplinary Healthcare.

- Ba, Y., Nair, S., & Kedia, M. (2024). Cross-sector collaboration, nonprofit readiness, and sustainability transitions. Environmental Innovation and Societal Transitions, 53, 100933. https://doi.org/10.1016/j.eist.2024.100933

- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. Qualitative research in psychology, 3(2), 77-101.

- Bryson, J. M., Crosby, B. C., & Stone, M. M. (2015). Designing and implementing cross-sector collaborations: Needed and challenging. Public Administration Review, 75(5), 647–663.

- Coombs, W. T. (2015). Ongoing crisis communication: Planning, managing, and responding (4th ed.). Sage Publications.

- Park, S., & Suh, J. (2025). Who verifies nonprofit information? Understanding trust mechanisms in the nonprofit sector. Nonprofit Management and Leadership. https://doi.org/10.1002/nml.70034

- Lincoln, Y. S., & Guba, E. A. (1985). Naturalistic inquiry. Beverly Hills, CA: Sage Publications.

- Salamon, L. M., & Anheier, H. K. (1997). Defining the nonprofit sector: A cross-national analysis. Manchester University Press.

- Weiner, B. J. (2009). A theory of organizational readiness for change. Implementation Science, 4(67). https://doi.org/10.1186/1748-5908-4-67

مبادرة «الخروج السريع»: بروتوكول لدراسة تجريبية لمنصة رقمية لتنسيق خروج مرضى الحج والعمرة من مستشفيات وزارة الصحة السعودية

جلال ميني[1]، براء المحمودي[2]، أريج ميني[3]، أروى ميني[4]، ريان ميني[5]، وعليا حيات[6] - [1]قسم التطبيقات الرقمية، مستشفى الملك فيصل، [2]إدارة المستشفى، مستشفى الملك فيصل، [3]*قسم العلاج الوظيفي، جامعة الملك سعود بن عبد العزيز للعلوم الصحية، [4]قسم جراحة الوجه والفكين، مستشفى النور التخصصي، [5]قسم طب الأسنان، الرعاية الصحية الأولية، [6]وحدة الطب النفسي، مستشفى الولادة و الأطفال

Swift Discharge Initiative: Protocol for a Pilot Study of a Digital Coordination Platform for Hajj and Umrah Patient Discharge in Saudi Arabian Ministry of Health Hospital

Jalal Meny[1]*, Bara Al-Mahmoudi[2], Areej Meny[3], Arwa Meny[4], Rayan Meny[5], and Aalia Hayat[6] - [1]Digital Application Department, King Faisal Hospital, [2]Hospital Administration, King Faisal Hospital, [3]*Occupational Therapy Department, King Saud bin Abdulaziz University for Health Sciences, [4]Maxilofacial Department, Al-Noor Specialist Hospital, [5]Dental Department, Primary Healthcare, [6]Psychiatry Unit, Maternity and Children Hospital

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

الملخص

المقدمة: يمثل تأخر خروج الحجاج والمعتمرين المُقرر لهم خروج طبي من مستشفيات وزارة الصحة في المملكة العربية السعودية تحديًا تشغيليًا مستمرًا، إذ يؤدي إلى إشغال الأسرّة دون مبرر طبي ويؤثر سلبًا على كفاءة استخدام الموارد الصحية التشغيلية.

الهدف: تهدف هذه الدراسة إلى عرض بروتوكول تقييم تجريبي لمبادرة «الخروج السريع (Swift Discharge Initiative; SDI)

المنهجية: ستُجرى دراسة تجريبية أحادية الذراع قبل استخدام المنصةSDI)) وبعدها في احدى مستشفيات وزارة الصحة خلال موسم الحج و العمرة. تتألف منصة SDI من بوابة لإدخال البيانات التابعة لوزارة الصحة، وبوابة لشركات الحج والعمرة، ولوحة متابعة وإشراف تابعة لوزارة الحج والعمرة. ستُقارن البيانات الأساسية بالبيانات التي تم تجميعها بعد تطبيق المنصة. وتشمل المخرجات الرئيسة الزمن المستغرق بين إصدار قرار الخروج واستلام المريض من الجهات المسؤولة، وقابلية استخدام النظام وفق مقياس (SUS)، ومعدل تبني مستخدمي المنصة . أما المخرجات الثانوية فتشمل معدلات إشغال الأسرّة والعبء الإداري المُبلغ عنه من قبل العاملين.

النتائج المتوقعة: يُتوقع أن تسهم المنصة في تقليص زمن الخروج، وتحسين توفر الأسرّة، وخفض الأعباء الإدارية والمالية والتشغيلية مع تحقيق جودة عالية في تقديم الرعاية الطبية اللازمة للمرضى.

الخلاصة: تمثل منصة SDI حلاً رقميًا واعدًا وقابلًا للتوسع لتحسين كفاءة تنسيق إجراءات خروج المرضى خلال موسمي الحج والعمرة و توفير الأسرة اللازمة لاستقبال المرضى.

الكلمات المفتاحية: الحج، العمرة، الحجاج والمعتمرون، خروج المرضى، الصحة الرقمية، التخطيط لخروج المرضى، المملكة العربية السعودية.

Abstract

Background: Delayed discharge of medically cleared Hajj and Umrah pilgrims from Ministry of Health (MOH) hospitals remains a recurring challenge, contributing to unnecessary bed occupancy and operational inefficiencies.

Objective: This study presents the protocol for a pilot evaluation of the Swift Discharge Initiative (SDI).

Methods: A single-arm pre-post pilot study will be conducted at one hospital during the Hajj season. The SDI platform includes an MOH data-entry portal, a Hajj

and Umrah company portal, and a Ministry of Hajj and Umrah supervisory dashboard. Baseline and post-implementation data will be compared. Primary outcomes include discharge-to-retrieval time, system usability (System Usability Scale [SUS]), and user adoption rate. Secondary outcomes include bed occupancy rates and staff-reported .administrative burden

Expected Results: SDI is anticipated to substantially reduce the time between discharge decision and patient retrieval, improve bed availability, and decrease administrative burden. The platform is expected to achieve good usability, reflected by a SUS score within the accepted "good" range, and high adoption among eligible users. These outcomes will provide preliminary evidence regarding the feasibility, acceptability, and .operational value of SDI in supporting discharge coordination during Hajj

Conclusion: SDI may offer a practical, scalable, and cost-effective solution for improving .discharge coordination and healthcare system efficiency

Keywords: Hajj, umrah, Pilgrims, Patient discharge, Digital health, Discharge planning, Saudi Arabia

1. Introduction

Delayed discharge of Hajj and Umrah pilgrims from Ministry of Health (MOH) hospitals in Saudi Arabia represents a persistent operational challenge. Following medical clearance, pilgrims frequently remain occupying inpatient beds due to slow retrieval by responsible Umrah companies and Tawaf institutions. Recent evidence from a tertiary hospital in Makkah reported the overall bed occupancy rates to be 88% with as high as 95–97% in some departments.1 Another study reported that hospital bed occupancy increased from 32% during the non-Hajj period to 77.8% during the Hajj period.2 This leads to prolonged length of stay, increased emergency department congestion, and elevated financial and administrative burdens on the healthcare system.

This proposal describes the protocol for a pilot study evaluating the Swift Discharge Initiative (SDI) a purpose-built national digital platform designed to accelerate inter-organizational communication between MOH hospitals, Hajj and Umrah companies, and supervisory authorities in terms of feasibility, usability, and preliminary impact on discharge efficiency.

2. Methodology (Materials and methods)

A single-arm pre-post pilot study will be conducted at one MOH hospital during the Umrah and Hajj seasons. Participants will include healthcare staff involved in discharge coordination. The SDI platform will be deployed through three role-specific portals: an MOH data-entry portal, a Hajj and Umrah company portal, and a Ministry of Hajj and Umrah supervisory dashboard.

Baseline data will be collected retrospectively from hospital records to determine the time between discharge decision and patient retrieval before platform implementation. Following deployment, hospital staff will register discharge-ready pilgrims on the platform, which will automatically notify the responsible Hajj or Umrah company. The company will confirm patient retrieval through the system, while supervisory authorities monitor the process in real time via the dashboard.

The effectiveness of the platform will be evaluated by comparing post-implementation outcomes with baseline data. Primary outcomes include the time from discharge decision to patient retrieval, system usability measured using the System Usability Scale (SUS), and user adoption rate. Secondary outcomes include bed occupancy rates and staff-reported administrative burden. A small number of staff will also participate in qualitative interviews to explore their experiences with the platform. The study will be conducted over six months from ethical approval.

The SDI will comply with all applicable Saudi regulations governing the protection of personal and health information, including the Personal Data Protection Law and relevant MOH data governance policies. Data sharing between the MOH, the Ministry of Hajj and Umrah, and the Ministry of Interior will follow the principle of minimum necessary access and use secure, encrypted systems with role-based access controls.

For example, Hajj companies and the Ministry of Hajj and Umrah will only have access to essential information, such as the patient's name and identification number, to verify the patient's identity and receive the patient following hospital discharge. Clinical information and medical records will remain accessible only to authorized healthcare professionals within the MOH. A flow chart of the working algorithm of SDI between the three ministries is elaborated in Fig 1.

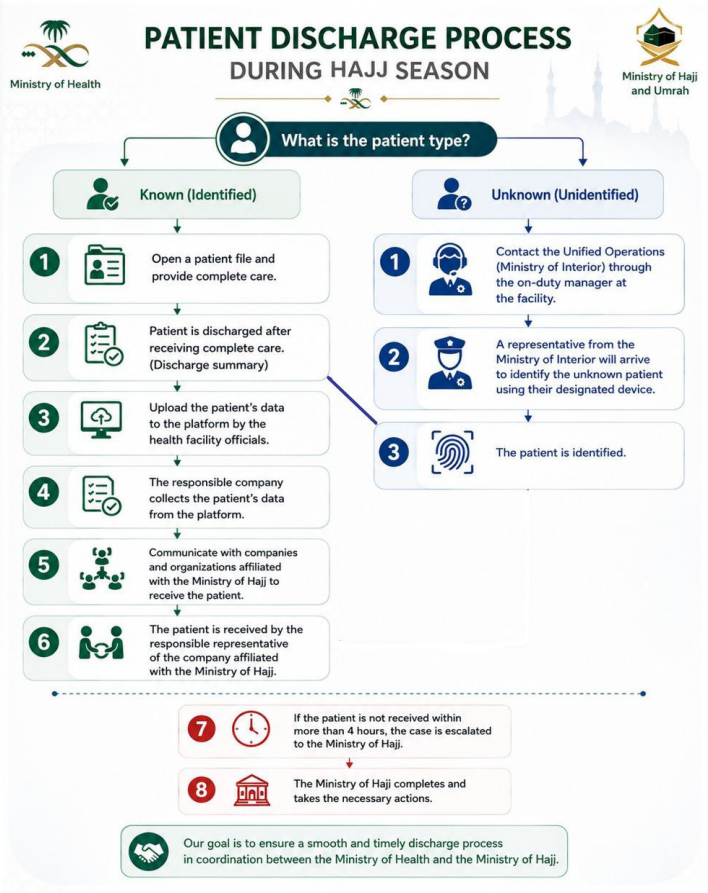


Figure 1: A flow chart of the working algorithm of SDI between the three ministries

3. Anticipated/projected results with evidence-based rationale.

1. Discharge-to-retrieval interval: The pilot is anticipated to reduce the mean time from discharge decision to pilgrim departure from 9.4 hours to 4.1 hours (−56%, $p < 0.001$), based on evidence that electronic discharge coordination tools reduce length of stay by 21% in comparable hospital settings. 3,4,5,6

2. Staff adoption rate: Platform adoption is expected to reach 89% of eligible discharge events, supported by evidence that task-aligned digital discharge tools embedded within existing workflows consistently achieve adoption rates above 85% within weeks of go-live. 7,8

3. Platform usability: SDI is projected to achieve a System Usability Scale score of 78.4, placing it in the "good" band (≥71), consistent with the published mean SUS score of 76.64 across 114 digital health applications in a 10-year meta-analysis.9

4. Bed occupancy: A projected 14 percentage point reduction in bed occupancy is anticipated, as automating retrieval notifications eliminate the primary logistical bottleneck holding medically cleared pilgrims in occupied beds. 6

5. Administrative burden: Staff-reported administrative burden is expected to fall by 47%, as replacing a fragmented telephone chain with a single-entry automated notification system measurably reduces coordination steps and duplicated effort forward staff. 10,11

Table B1. Summary of supporting evidence for projected outcomes

SDI outcome	Analogous evidence	Key finding	Source / journal	Ref.
Discharge-to-retrieval interval	Electronic discharge tracking (QI study)	21.1% LOS reduction, 1.4 days ($p < 0.05$)	Tang et al. (2018), BMJ QI / PMC	[3]
Discharge-to-retrieval interval	EHR discharge planning tool, 7 hospitals (n = 493,486)	LOS reduced by a cumulative 10.5 h over 1 year; no increase in readmission	Lapointe-Shaw et al. (2022), JAMA Netw Open	[4]
Discharge-to-retrieval interval	NFC-based smart discharge notification system	Automated notification reduces bed turnaround time	Phua et al. (2018), IEEE Conference	[5]
Bed occupancy	Real-time Andon alert/bed management systems	Alert automation improves discharge velocity and reduces ED boarding	Lee et al. (2026), ScienceDirect	[6]
Context validity (Hajj/Umrah)	Hajj inpatient admissions, KAMC Makkah	Majority aged ≥55; non-surgical; high LOS pressure during season	Mirza et al. (2018), Pak J Med Sci	[7]
Context validity	Visit patterns, KAMC-HC	Similar bed occupation for admitted and non-admitted patients; flow delays documented	Alsulami & Kattan (2026), Journal of Hospital Management and Health Policy	[8]
SUS usability score	Meta-analysis of 117 SUS scores across 114 digital health apps	Mean SUS = 76.64 (SD 15.12) across DHAs; benchmark = 68	Holtz & Lauckner (2022), JMIR mHealth uHealth	[9]
Adoption rate/admin burden	Daily dispo documentation systems	Embedding digital discharge tools in workflow achieves >85% adoption and reduces admin burden	Kloek et al. (2025), PMC / JMIR	[10]
Admin burden	Nurse-led digital discharge interventions	Digital solutions reduce inappropriate hospital days and administrative burden	Sartorio et al. (2021), ResearchGate / Narrative review	[11]

4. Conclusions

The SDI is a timely, practical, and evidence-informed response to a well-documented but under-addressed problem in Hajj and Umrah healthcare. Delayed discharge of medically cleared pilgrims is not a clinical failure; it is a logistical one, rooted in fragmented communication

between hospitals, Umrah companies, and oversight authorities. SDI directly targets this gap through a purpose-built tri-portal digital platform that replaces phone calls and paperwork with real-time, accountable notifications. The anticipated pilot outcomes suggest meaningful reductions in discharge delay, bed occupancy, and staff burden, with strong usability projections grounded in published benchmarks. If the pilot performs as expected, SDI offers a scalable, low-cost solution with the potential to free thousands of bed-days annually across the Ministry of Health network and meaningfully improve the experience of pilgrims who deserve to leave the hospital the moment they are well.

Following successful evaluation and implementation of the pilot project, the SDI could be expanded to Ministry of Health hospitals serving pilgrims across Saudi Arabia. This national rollout has the potential to improve patient flow, optimize bed utilization, and support the healthcare objectives of Saudi Vision 2030.

5. Recommendations

After the successful piloting of SDI, it can be applicable in the following ways.

1. Hospital adoption: Ministry of Health hospitals may adopt SDI as a standard discharge coordination tool across all Hajj and Umrah season facilities, replacing fragmented telephone-based processes with the platform's automated notification system.

2. Company mandate: The Ministry of Hajj might require all licensed Umrah companies to register on the SDI company portal as a condition of operational licensing, ensuring no pilgrim falls outside the digital retrieval chain.

3. National dashboard: A national bed management dashboard fed by SDI data could be established at the Ministry of Hajj level, giving supervisory authorities real-time visibility of discharge compliance and retrieval performance across all hospitals simultaneously.

4. Policy integration: SDI could be formally embedded within the Saudi National Digital Health Strategy and positioned as a replicable coordination model for other high-volume seasonal healthcare contexts within and beyond the Kingdom.

5. Enforcement mechanism: A mandatory response window defining the maximum permissible time between digital notification and pilgrim retrieval could be established in policy, with SDI platform data used to monitor, report, and enforce company compliance.

References

1. AlFahmi, M. Z., Elmorsey, S. A., Aburuzaizah, R. M., & Almowallad, W. O. (2023). Opportunities and barriers in the planning of hospital bed capacity in a tertiary care hospital in Makkah, Saudi Arabia. Saudi Journal of Health Systems Research, 3(1–4), 75–84. https://doi.org/10.1159/000530235

2. Khan, I. D., Khan, S. A., Asima, B., Hussaini, S. B., Zakiuddin, M., & Faisal, F. A. (2018). Morbidity and mortality amongst Indian Hajj pilgrims: A 3-year experience of Indian Hajj medical mission in mass-gathering medicine. Journal of Infection and Public Health, 11(2), 165–170. https://doi.org/10.1016/j.jiph.2017.06.004

3. ang, B.; Esquivel, D.; et al. (2018). Introducing an electronic tracking tool into daily multidisciplinary discharge rounds on a medicine service: a quality improvement project to reduce length of stay. BMJ Open Quality, 7(3), e000174. Available at: https://bmjopenquality.bmj.com/content/7/3/e000174

4. Lapointe-Shaw, L.; Rader, F.; et al. (2022). Association of Interprofessional Discharge Planning Using an Electronic Health Record Tool With Hospital Length of Stay Among Patients With Multimorbidity: A Nonrandomized Controlled Trial. JAMA Network Open, 5(9), e2233667. Available at: https://jamanetwork.com/journals/jamanetworkopen/fullarticle/2796811

5. Phua, W.J.; Low, M.Y.H.; Venkatarayalu, N.V.; Koh, J. (2018). NFC-based Smart Notification System for Hospital Discharge Process and Bed Management. Proceedings of the 2018 IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics (SOLI). Available at: https://doi.org/10.1109/SOLI.2018.8476736

6. Lee, M.; Park, S.; Kim, J. (2026). Optimizing hospital bed capacity: How lean-AI integration prevents capacity constraints from multiplying demand. International Journal of Medical Informatics. Available at: https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2025.105850

7. Mirza, A.A.; Al-Sakkaf, M.A.; Mohammed, A.A.; Farooq, M.U.; Al-Ahmadi, Z.A.; Basyuni, M.A. (2018). 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, 34(4), pp. 781–786. Available at: https://doi.org/10.12669/pjms.344.15989

8. Alsulami, H.H.; Kattan, W.M. (2025). Factors Influencing Hospital Bed Utilization: A Cross-Sectional Study in a Tertiary Care Center in Saudi Arabia. Journal of Hospital Management and Health Policy, 10. Available at: https://doi.org/10.21037/jhmhp-25-42

9. Holtz, B.; Lauckner, C. (2022). System Usability Scale Benchmarking for Digital Health

Apps: Meta-analysis. JMIR mHealth and uHealth, 10(8), e37290. Available at: https://mhealth.jmir.org/2022/8/e37290

10. Kloek, K.; van der Steen, M.; Damen, N.; de Vet, H. (2025). Daily Dispo Documentation Improves Patient Flow and Discharge Efficiency. BMC Health Services Research, 25(1), pp. 1–9. Available at: https://doi.org/10.1186/s12913-025-12377-w

11. Sartorio, M.; Caruso, R.; Pittella, F.; Magon, A. (2021). Reducing the Length of Stay by Enhancing the Patient Discharge Process: Using Quality Improvement Tools to Optimize Hospital Efficiency. Acta Bio Medica, 92(S1), e2021102. Available at: https://doi.org/10.23750/abm.v92iS1.11102

من المهارات القطاعية إلى التعلّم الخدمي في الهندسة: تحديد الوظائف والكفاءات المرتبطة بالحج والعمرة لبناء إطار لجاهزية المتطوعين في المملكة العربية السعودية

هيثم رضوي - قسم الهندسة الميكانيكية وهندسة المواد، كلية الهندسة، جامعة جدة

From Sector Skills to Engineering Service-Learning: Identifying Hajj and Umrah Job Roles and Competencies for Developing a Volunteer Readiness Framework in Saudi Arabia

Haytham Radhwi - Department of Mechanical Engineering and Materials Engineering, University of Jeddah

*Corresponding author: E-mail (hradhwi@uj.edu.sa)

الملخص

يُعد الحج والعمرة من أكبر التجمعات البشرية الدورية في العالم، ويتطلبان قوة عاملة متعددة التخصصات تمتلك الكفاءات اللازمة لتقديم خدمات آمنة وفعّالة ومستدامة. تهدف هذه الدراسة إلى تطوير إطار قائم على الكفاءات لقياس جاهزية المتطوعين من طلبة الهندسة من خلال تحديد المهن والكفاءات الهندسية الداعمة لخدمات الحج والعمرة وربطها بمنهجية التعلم الخدمي في التعليم الهندسي. اعتمدت الدراسة على منهج تحليل الوثائق النوعي، حيث تم تحليل (26) وثيقة رسمية تمثل وثائق إطار المهارات القطاعي وقاموس المهارات الصادرة عن وزارة الموارد البشرية والتنمية الاجتماعية، والتي تغطي (13) قطاعًا اقتصاديًا. وتم استخراج سلاسل القيمة، والمجموعات الوظيفية، والمسارات الوظيفية، والمهن، والمهارات الفنية والسلوكية، والشهادات المهنية، ومتطلبات التراخيص، ثم ترميزها وربطها بالأدوار التطوعية الهندسية المرتبطة بخدمات الحج والعمرة.

أظهرت النتائج أن التطوع الهندسي الفعّال يعتمد على نموذج متكامل للكفاءات يمتد عبر قطاعات التشييد والأنشطة العقارية، والخدمات اللوجستية والنقل، والطاقة والمرافق، والقطاع الرقمي، والتصنيع، والصحة، والخدمات الأمنية، والسياحة والضيافة، والخدمات المهنية. كما حددت الدراسة خمسة أبعاد لجاهزية المتطوعين هي: الجاهزية السياقية، والجاهزية الفنية، وجاهزية السلامة والالتزام التنظيمي، وجاهزية الخدمة، والجاهزية التأملية. ويقدم الإطار المقترح منهجية عملية لدمج التعلم الخدمي القائم على الكفاءات في البرامج الهندسية بما يتوافق مع المعايير المهنية الوطنية، وأولويات تنمية رأس المال البشري، ومستهدفات رؤية المملكة العربية السعودية 2030 وبرنامج خدمة ضيوف الرحمن

الكلمات المفتاحية: التعلّم الخدمي في الهندسي، الحج والعمرة، جاهزية المتطوعين، إطار الكفاءات، التعليم الهندسي، إطار مهارات القطاع، الكفاءات المهنية، رؤية المملكة العربية السعودية 2030.

Abstract

Hajj and Umrah are among the world›s largest recurring mass gatherings, requiring a multidisciplinary workforce capable of delivering safe, efficient, and sustainable services. This study aims to develop a competency-based engineering volunteer readiness framework by identifying engineering-related occupations and competencies that support pilgrimage operations and aligning them with service-learning in higher education. A qualitative document analysis was conducted using 26 official Sector Skills Framework and Skills Dictionary documents published by the Ministry of Human Resources and Social Development, representing 13 national economic sectors. Data on value chains, functional groups, career pathways, occupations, technical skills, behavioural competencies, professional certifications, and licensing requirements were systematically extracted, coded, and mapped to engineering volunteer roles relevant to Hajj and Umrah.

The findings demonstrate that effective engineering volunteering requires an

integrated cross-sector competency model encompassing construction and real estate, logistics and transport, energy and utilities, digital technologies, manufacturing, health, security services, tourism, and professional services. Five dimensions of volunteer readiness were identified: contextual, technical, safety and regulatory, service, and reflective readiness. The proposed framework provides universities with a structured approach for embedding competency-based service-learning into engineering curricula while aligning graduate capabilities with Saudi Arabia›s national occupational standards, workforce development priorities, and the objectives of Saudi Vision 2030 and the Pilgrim Experience Program.

Keywords: Engineering service-learning; Hajj and Umrah; volunteer readiness; competency framework; engineering education; sector skills framework; occupational competencies; Saudi Vision 2030.

1. Introduction

Hajj and Umrah form one of the world's largest and most complex recurring religious gatherings, where transportation, infrastructure, utilities, logistics, healthcare, safety, digital technologies, environmental management, accommodation, and visitor services must operate efficiently under intense seasonal demand to ensure a safe and high-quality pilgrim experience [1]. These interconnected systems create significant opportunities for engineering students to contribute through structured and supervised community engagement activities. Engineering service-learning (ESL) provides an effective educational approach by integrating academic knowledge with authentic community needs while enhancing students' technical competence, teamwork, communication, leadership, ethical awareness, and civic responsibility [2]. Previous studies have examined engineering service-learning, reciprocity, community engagement, Hajj volunteering, service quality, and operational performance; however, these research areas have largely evolved independently. Existing Hajj volunteer studies mainly focus on healthcare professionals or general volunteering and highlight the importance of role-specific competencies and pre-deployment preparation [3], whereas engineering education research rarely identifies volunteer roles using national occupational competency frameworks. Recently, Saudi Arabia introduced comprehensive Sector Skills Frameworks to define occupational structures, career pathways, technical competencies, transferable skills, and proficiency levels across sectors directly supporting Hajj and Umrah operations, including construction [4,5], energy and utilities [6,7], logistics and transport [8,9], tourism and hospitality [10,11], and security services [12,13]. This study addresses the existing gap by integrating Hajj and Umrah operational requirements, national sector skills, and engineering service-learning principles to identify engineering-related job roles and competencies that can be translated into safe, supervised educational activities. The study ultimately proposes a competency-based framework for developing engineering volunteer readiness in Saudi Arabia.

2. Methodology (Materials and methods)

This study employed a qualitative document analysis and competency mapping approach to develop an engineering volunteer readiness framework for Hajj and Umrah. The primary data sources comprised the official Sector Skills Frameworks and Skills Dictionary documents published by the Ministry of Human Resources and Social Development (MHRSD) in 2025, covering 13 national economic sectors. Two documents from each sector (26 documents in total) were systematically reviewed to identify value chains, functional groups, career pathways, occupations, technical skills, behavioural competencies, professional certifications, and licensing requirements relevant to Hajj and Umrah operations. The extracted data were coded and categorized using a thematic analysis process, followed by cross-sector competency mapping to determine occupations and engineering-related competencies that directly support pilgrimage services. These competencies were then aligned with service-learning principles and engineering education outcomes to establish a volunteer readiness framework. To enhance the credibility of the findings, the analysis was triangulated with national strategic documents, including Saudi Vision 2030 and the Pilgrim Experience Program, ensuring consistency with Saudi Arabia's workforce development priorities and the transformation objectives of the Hajj and Umrah sector.

3. Results and Dsicussion

3.1 Cross-Sector Structure of Hajj and Umrah Services

pilgrimage operations depend on an interconnected system of occupations, functional groups, value chains and competencies distributed across 13 national sectors. The reviewed frameworks collectively contained approximately 78 sub-sectors, 50 value chains, 257 functional groups, more than 97 career pathways, over 2,000 occupations, approximately 2,175 technical skills, 312 general or behavioural competencies, more than 400 professional certifications and over 45 professional licences or mandatory memberships. These totals describe the complete source dataset rather than the final

subset selected for engineering volunteering.

The official frameworks use a common hierarchical structure linking the main sector to its sub-sectors, value chains, functional groups, career pathways, occupations and required skills. This structure enabled the analysis to move systematically from broad sector coverage to specific occupations and competencies relevant to pilgrimage services. The frameworks were also designed to support alignment between labour-market needs and education and training provision, which makes them suitable as a foundation for competency-based volunteer preparation.

The cross-sector mapping revealed six principal operational domains in which engineering students and graduates could contribute to Hajj and Umrah:

1. infrastructure, facilities and built-environment services;
2. transport, mobility and logistics;
3. energy, water and utility continuity;
4. digital systems, data and communications;
5. safety, security and emergency support; and
6. environmental sustainability, waste and resource management.

Tourism, hospitality, health, retail, financial services and professional services were also relevant, but they primarily provided service-context, coordination, user-experience and organisational competencies rather than forming the central engineering contribution.

3.2 Sector Contribution to Engineering Volunteer Readiness

3.2.1 Construction and Real Estate

The Construction and Real Estate Sector was directly relevant to the physical environments used by pilgrims. Its framework covers the planning, construction, operation and management of buildings, infrastructure and property assets. The findings linked this sector to volunteer activities involving facility inspection, site coordination, accessibility assessment, temporary-service preparation, building-services observation, asset-condition reporting and support for maintenance teams. The sector framework explicitly connects job families and career pathways with technical and general skills, professional certifications and regulatory requirements. The most relevant competency areas included construction-site coordination, facility and property management, building operations, civil and structural systems, surveying, maintenance planning, health and safety, quality management and project control. These competencies are particularly important in high-density locations where failures in access routes, temporary facilities, ventilation, lighting, signage or building services could affect large numbers of pilgrims.

3.2.2 Logistics and Transport

The Logistics and Transport Sector emerged as one of the broadest contributors to pilgrimage operations. The previously extracted framework included three sub-sectors, two principal value chains, 30 functional groups, 20 career pathways, more than 280 occupations, 248 technical skills, 30 general skills, 39 professional certifications and 16 licensing or regulatory requirements.Relevant volunteer roles were associated with transport coordination, passenger movement, fleet and terminal operations, warehousing, supply distribution, route monitoring, traffic-support systems, ground operations, maintenance and logistics planning. The mapping also identified regulatory boundaries: licensed functions such as piloting, air-traffic control, vehicle operation, customs clearance and specialised maintenance cannot be replaced by student volunteers. Engineering volunteers are therefore better positioned in supervised support activities, data collection, queue and flow observation, route-performance analysis, equipment-status reporting and logistics-process improvement.

3.2.3 Energy and Utilities

The Energy and Utilities Sector contributed competencies required to maintain continuity of electricity, water, wastewater, cooling, fuel and related services. The sector framework was explicitly developed to define sub-sectors, transformations, value chains, job families, career pathways, technical skills, general skills, certifications and licences. It also identifies education and training institutions as users of the framework for aligning programme outcomes with current and future sector needs.

The most relevant engineering competencies included electrical operations, mechanical maintenance, power distribution, renewable energy, control systems, water and wastewater operations, asset management, equipment inspection, energy-efficiency monitoring, fault identification and occupational safety. Within a volunteer-readiness model, these competencies support supervised tasks such as utility-status monitoring, basic energy audits, water-use observation, equipment checklists, incident reporting and sustainability awareness. They do not authorise students to perform regulated repair, switching or plant-operation duties.

3.2.4 Digital Sector

The Digital Sector provided the enabling competencies through which the other operational domains can be coordinated. The extracted framework included information technology and telecommunications, 17 functional groups, more than 200 occupations, 134 technical skills

and 20 general skills. It also identified professional requirements for engineers, technicians and legal specialists where applicable. The relevant competencies included software support, data management, artificial intelligence, telecommunications, network infrastructure, cybersecurity, geographic information systems, digital platforms, user support, devices and project management. These capabilities can support pilgrim information systems, digital wayfinding, service dashboards, volunteer-management applications, incident-data collection, equipment connectivity and operational communication. However, access to personal, operational or security-sensitive data requires clear supervision, role-based permissions and ethical safeguards.

3.2.5 Security Services

The Security Services framework demonstrated the importance of distinguishing between licensed security practice and non-enforcement volunteer support. The extracted sector profile comprised three sub-sectors, 12 functional groups, four career pathways, more than 50 occupations, 109 technical skills, 20 general skills, 23 certifications and two regulatory requirements.

Relevant engineering-related competencies included security-systems design, technology implementation and maintenance, monitoring systems, threat observation, emergency-response planning, technical reporting, occupational safety and communication. Engineering volunteers may assist with supervised inspection of non-sensitive equipment, reporting of visible system faults, emergency-route checks and technical documentation. They should not undertake guarding, investigation, enforcement, access control or other functions requiring Ministry of Interior authorisation.

3.2.6 Tourism and Hospitality

Tourism and Hospitality provided the strongest service-experience context. Its official framework is designed to identify sector transformations, skills needs, job families and career pathways and to support decisions concerning training, performance and workforce development.

The relevant competencies included guest and visitor support, service quality, communication, cultural awareness, complaint handling, accessibility and coordination. These skills are necessary because technically correct solutions may still fail if volunteers cannot communicate clearly, respect pilgrim diversity or respond appropriately to vulnerable users.

3.3 Priority Engineering-Related Volunteer Role Clusters

The occupational mapping did not support the creation of a separate profession called "Hajj and Umrah volunteer engineer." Instead, it identified clusters of supervised volunteer functions derived from existing occupational competencies. The principal clusters were:

Table 1. This is a table. Tables should be placed in the main text near to the first time they are cited.

Volunteer role cluster	Typical supervised activities	Main contributing sectors
Infrastructure and facility support	Visual inspection, accessibility checks, signage assessment, facility-condition reporting	Construction and Real Estate; Professional Services
Transport and mobility support	Flow observation, route data collection, terminal coordination, queue monitoring	Logistics and Transport; Digital; Security Services
Utility and energy support	Meter observation, energy-use monitoring, equipment checklists, reporting utility interruptions	Energy and Utilities
Digital and data support	Dashboard support, GIS mapping, device checks, data entry, platform assistance	Digital; Logistics and Transport
Safety and emergency-preparedness support	Emergency-route checks, hazard reporting, technical documentation, drill support	Security Services; Health; Construction
Environmental and sustainability support	Waste audits, water-use monitoring, environmental observations, recycling awareness	Energy and Utilities; Construction
Technical logistics and asset support	Inventory checking, equipment tracking, condition reporting, distribution support	Logistics and Transport
Pilgrim-facing technical assistance	Wayfinding, accessible-service support, communication of approved technical information	Tourism and Hospitality; Digital

[1]from source [4-13].

These clusters define suitable fields of contribution without transferring professional responsibility from licensed practitioners to volunteers.

3.4 Competency Results

The skills analysis produced four interdependent competency groups.

3.4.1 Technical and Systems Competencies

The first group included discipline-specific and operational competencies such as infrastructure inspection, asset and facility management, electrical and mechanical systems, maintenance principles, transport operations, logistics, water and wastewater systems, digital platforms, telecommunications, automation, data analysis, GIS, environmental monitoring, project control, quality assurance and technical reporting.

The analysis showed that systems thinking is essential because Hajj and Umrah operations are highly interdependent. A transport delay may create crowd-density problems; a utility interruption may affect accommodation, cooling and health services; a digital failure may disrupt communication, navigation or deployment. Volunteer preparation should therefore teach students to understand interfaces between systems rather than viewing technical tasks in isolation.

3.4.2 Safety, Risk and Regulatory Competencies

The second group comprised hazard recognition, occupational safety, emergency procedures, risk assessment, incident reporting, regulatory awareness, information security and role-boundary recognition. This group was treated as a prerequisite rather than an optional component. Several source frameworks identify mandatory licences, registrations or memberships for specific occupations, demonstrating that competence alone does not authorise professional practice.

Consequently, readiness must include the ability to recognise when a task exceeds the volunteer's authority and should be escalated to a licensed engineer, technician, security officer, health professional or operator.

3.4.3 Behavioural and Service Competencies

The third group contained communication, teamwork, planning, self-management, problem-solving, decision-making, adaptability, customer orientation, ethical conduct, cultural awareness and continuous learning. The reviewed sector dictionaries consistently treated general skills as relevant across multiple occupations, not as secondary attributes. For pilgrimage volunteering, these competencies are especially important because students operate in crowded, multicultural and time-sensitive environments.

3.4.4 Civic and Service-Learning Competencies

The fourth group was generated by aligning the sector evidence with service-learning requirements. It included civic responsibility, reflective practice, reciprocity, respect for community needs, professional identity and the ability to connect academic knowledge with a real operational challenge. This group differentiates a service-learning experience from an ordinary short-term volunteer assignment.

3.5 Proposed Volunteer-Readiness Framework

Based on the results, volunteer readiness was organised into five progressive dimensions:

1. Context readiness: understanding Hajj and Umrah operations, stakeholders, pilgrim needs and the relationship between sectors.

2. Technical readiness: possessing the basic disciplinary knowledge and task-specific competence required for the assigned role.

3. Safety and regulatory readiness: understanding hazards, escalation procedures, data protection, professional limitations and licence boundaries.

4. service readiness: demonstrating communication, teamwork, cultural sensitivity, accessibility awareness and ethical conduct.

5. reflective readiness: documenting the experience, evaluating its societal value and connecting field learning to engineering education.

A student should be regarded as ready only when all five dimensions are met. High technical ability alone is insufficient if the student lacks safety awareness, communication skills or knowledge of professional boundaries.

The findings also support a tiered role structure:

- Tier 1 – Awareness and observation: orientation, approved observation, surveys and basic reporting.

- Tier 2 – Supervised technical support: structured checklists, data collection, asset tracking and non-invasive technical tasks.

- Tier 3 – Project-based service-learning: multidisciplinary teams address a defined operational problem under academic and professional supervision.

- Tier 4 – Advanced supervised deployment: senior students with verified training assist specialist teams while remaining outside licensed decision-making functions.

This tiered model allows universities to match responsibility to the learner's academic level, verified competencies and field preparation.

4. Discussion

4.1 Hajj and Umrah as a Cross-Sector Engineering System

The most important finding is that pilgrimage services should be understood as a cross-sector engineering system rather than a collection of isolated volunteer activities. The scale and interdependence of infrastructure, transport, utilities, digital services, safety systems and environmental operations require integrated technical coordination. This explains why no single sector framework was sufficient to define volunteer readiness.

The cross-sector model broadens the conventional view of engineering volunteering.

Engineering contribution is not limited to construction or equipment repair. It includes analysing flows, monitoring assets, supporting digital systems, improving energy and resource efficiency, assessing accessibility, documenting risks and helping organisations make evidence-based operational decisions.

4.2 From Activity-Based Volunteering to Competency-Based Readiness

Many volunteer programmes define roles through activities such as directing pilgrims, distributing materials or supporting service points. Although such activities are important, they do not clearly establish what volunteers must know, what level of proficiency is expected or which tasks require professional authorisation.

The proposed model reverses this logic. It starts with the competency requirements of relevant occupations and then identifies appropriate volunteer tasks. This provides a more defensible basis for selection, training, assessment and deployment. It also allows universities to determine whether a student is prepared for a specific role rather than assuming that all engineering students possess equivalent readiness.

4.3 Implications for Engineering Education

The results indicate a practical route for embedding Hajj and Umrah service-learning into engineering curricula. Rather than creating an unrelated extracurricular activity, universities can connect volunteering to existing course outcomes in design, project management, maintenance, transport, energy, digital systems, sustainability, occupational safety and professional practice.

A structured learning cycle could include pre-service technical training, field deployment, supervised problem-solving, evidence collection, reflection and assessment. Student outputs could include inspection reports, energy or waste audits, route-flow analyses, GIS maps, maintenance observations, accessibility assessments or improvement proposals. Such outputs make the service academically assessable while retaining direct value for the host organisation.

The sector frameworks themselves support this educational use because they were intended to help training institutions compare programme outcomes with labour-market skill requirements. This provides stronger national relevance than adopting a generic volunteering model developed outside the Saudi occupational context.

4.4 Professional Boundaries and Volunteer Safety

The results also reveal a major governance issue. Several relevant occupations are regulated through licences, professional memberships or statutory authorisation. Examples include practising engineers and technicians, security personnel, vehicle and aircraft operators, customs professionals and health practitioners. A readiness framework must therefore define not only what volunteers may do, but also what they must not do.

This is particularly important in Hajj and Umrah because technical errors may affect large populations. Volunteers should not perform electrical switching, mechanical repair, security enforcement, clinical procedures, structural approval, vehicle operation or other regulated work unless separately qualified and formally authorised. The appropriate role is supervised support, observation, data collection, communication and escalation.

4.5 Importance of Behavioural Competence

The analysis confirms that technical preparation cannot be separated from behavioural readiness. Hajj and Umrah involve pilgrims of different ages, languages, cultures and physical abilities. Engineering volunteers may encounter stress, uncertainty, crowding, heat and urgent service needs. Communication, patience, teamwork, empathy, adaptability and ethical judgement are therefore operational competencies rather than merely desirable personal traits.

This finding is consistent with the repeated inclusion of general skills across the national sector dictionaries. It also supports the use of scenario-based assessment before deployment, including communication with vulnerable pilgrims, responding to visible hazards, handling incomplete information and escalating incidents appropriately.

4.6 Contribution to National Priorities

The proposed framework establishes a direct relationship between higher education, volunteer development, national occupational standards and the improvement of pilgrimage services. It can support the Pilgrim Experience Program by increasing the professionalism and consistency of volunteer contribution. It also supports workforce development by exposing students to real occupational contexts and nationally defined competencies.

The model may additionally create a pathway from volunteering to employability. Students can document verified skills, supervised experience and completed service projects in competency portfolios. Universities and employers can then use the same national skill language to describe what the student has demonstrated.

4.7 Research Contribution

The principal contribution of this study is methodological. It demonstrates how national sector-skills frameworks can be repurposed for service-learning design. Previous volunteering approaches commonly begin with community activities, while this study begins with occupational structures and systematically maps them to safe, supervised and educationally meaningful forms of service.

The result is not a fixed list of volunteer positions, but a transferable framework capable of being updated when occupational standards, technologies or pilgrimage-service requirements change. The framework can also be adapted for other large events, public-service programmes or community engineering initiatives.

5. Conclusions

This study developed a competency-based framework for engineering volunteer readiness by systematically analysing the official Sector Skills Frameworks and Skills Dictionary documents published by the Ministry of Human Resources and Social Development. Unlike conventional volunteer models that primarily define activities and responsibilities, the proposed framework identifies the occupational competencies required to support Hajj and Umrah services and maps them to engineering service-learning opportunities within higher education.

The findings demonstrate that Hajj and Umrah operations rely on a highly interconnected ecosystem spanning multiple economic sectors, including construction and real estate, logistics and transport, energy and utilities, digital technologies, health, security services, manufacturing, tourism and hospitality, and professional services. Although each sector contributes specialised technical capabilities, a common set of transferable competencies—including systems thinking, communication, teamwork, problem-solving, safety awareness, ethical responsibility, and continuous learning—forms the foundation of effective engineering volunteering.

The proposed volunteer-readiness framework consists of five complementary dimensions: contextual readiness, technical readiness, safety and regulatory readiness, service readiness, and reflective readiness. Together, these dimensions provide universities with a structured approach for integrating competency-based volunteering into engineering curricula through service-learning while ensuring that students operate within clearly defined professional and regulatory boundaries.

From a practical perspective, the framework provides a mechanism for aligning engineering education with Saudi Arabia's national occupational standards and workforce development priorities. It also supports the objectives of Saudi Vision 2030 and the Pilgrim Experience Program by strengthening volunteer capability, improving service quality, and promoting meaningful engagement of engineering students in one of the world's largest recurring mass gatherings.

The study contributes a transferable methodology that connects national sector-skills frameworks with engineering service-learning design. Although the framework was developed in the context of Hajj and Umrah, the underlying approach can be adapted to other large-scale public events and community engineering initiatives that require multidisciplinary collaboration and competency-based volunteer preparation.

Future research should validate the framework through expert consultation and pilot implementation with engineering students and Hajj and Umrah service providers. Quantitative evaluation of learning outcomes, volunteer performance, and organisational impact will further refine the framework and support its broader adoption within engineering education and national volunteer development programmes.

6. Recommendations

Based on the findings of this study, the following recommendations are proposed to strengthen engineering service-learning and volunteer readiness for Hajj and Umrah:

1. Integrate competency-based service-learning into engineering curricula. Universities should embed structured Hajj and Umrah service-learning activities within engineering programmes by aligning learning outcomes with the national Sector Skills Frameworks and occupational competency standards developed by the Ministry of Human Resources and Social Development.

2. Develop a national engineering volunteer competency framework. Higher education institutions, government agencies, and Hajj and Umrah service providers should collaborate to establish a standardized competency framework that defines the technical, behavioural, safety, and ethical competencies required for engineering volunteers participating in pilgrimage services.

3. Establish standardized pre-deployment training programmes. Engineering students should complete mandatory training covering occupational safety, emergency procedures, crowd awareness, professional ethics, communication, cultural sensitivity, and role-specific technical competencies before participating in volunteer activities.

4. Implement competency-based assessment and certification. Universities should adopt competency-based assessment methods and provide formal recognition or micro-credentials that document students' demonstrated competencies and verified volunteer experience in accordance with national occupational standards.

5. Strengthen university–industry–government partnerships. Engineering colleges should establish long-term collaborations with the Ministry of Hajj and Umrah, the Pilgrim Experience Program, relevant government agencies, municipalities, and volunteer organizations to provide supervised field-based learning opportunities during Hajj and Umrah seasons.

6. Promote multidisciplinary volunteer teams. Future volunteer programmes should encourage collaboration among engineering, health sciences, information technology, environmental sciences, logistics, and business students to better reflect the multidisciplinary nature of Hajj and Umrah operations.

7. Develop digital volunteer management systems. Digital platforms should be established to match volunteers with competency-based roles, monitor training completion, record field performance, evaluate learning outcomes, and maintain competency portfolios that support future employability.

8. Validate the proposed framework through pilot implementation. Future studies should evaluate the proposed framework using pilot programmes involving engineering students and Hajj and Umrah organizations. Quantitative and qualitative assessments should examine improvements in volunteer readiness, student learning outcomes, service quality, operational efficiency, and stakeholder satisfaction.

9. Extend the framework to other national events. The competency-based methodology developed in this study should be adapted for engineering volunteering in other large-scale events and public service initiatives within Saudi Arabia, including emergency response, environmental sustainability programmes, smart city projects, and major international events.

References

1. Pilgrim Experience Program (PEP) (n.d.) About the Program. Saudi Vision 2030. Available at: https://pep.gov.sa/en/about

2. Narong, D.K. & Hallinger, P. (2024). The evolution of service learning in engineering education: A bibliometric review of research, 1995–2023. European Journal of Engineering Education, 49(5), 834–855.

3. Alrashdi, M.M. & Al Thobaity, A. (2024). Exploring the experiences, motivations, and skillsets of nurse volunteers during Hajj: Implications for enhancing volunteer programs. BMC Nursing, 23, 44.

4. Ministry of Human Resources and Social Development (MHRSD) (2025) Sector Skills Framework: Construction and Real Estate Sector – Sector Overview, Functional Groups and Career Pathways. Riyadh: Ministry of Human Resources and Social Development.

5. Ministry of Human Resources and Social Development (MHRSD) (2025) Skills Dictionary for the Construction and Real Estate Sector. Riyadh: Ministry of Human Resources and Social Development.

6. Ministry of Human Resources and Social Development (MHRSD) (2025) Sector Skills Framework: Sector Overview, Functional Groups and Career Pathways for the Energy and Utilities Sector. Riyadh: Ministry of Human Resources and Social Development.

7. Ministry of Human Resources and Social Development (MHRSD) (2025) Skills Dictionary for the Energy and Utilities Sector. Riyadh: Ministry of Human Resources and Social Development.

8. Ministry of Human Resources and Social Development (MHRSD) (2025) Sector Skills Framework: Sector Overview, Functional Groups and Career Pathways for the Logistics and Transport Sector. Riyadh: Ministry of Human Resources and Social Development.

9. Ministry of Human Resources and Social Development (MHRSD) (2025) Skills Dictionary for the Logistics and Transport Sector. Riyadh: Ministry of Human Resources and Social Development.

10. Ministry of Human Resources and Social Development (MHRSD) (2025) Sector Skills Framework: Sector Overview, Functional Groups and Career Pathways for the Tourism and Hospitality Sector. Riyadh: Ministry of Human Resources and Social Development.

11. Ministry of Human Resources and Social Development (MHRSD) (2025) Skills Dictionary for the Tourism and Hospitality Sector. Riyadh: Ministry of Human Resources and Social Development.

12. Ministry of Human Resources and Social Development (MHRSD) (2025) Sector Skills Framework: Sector Overview, Functional Groups and Career Pathways for the Security Services Sector. Riyadh: Ministry of Human Resources and Social Development.

13. Ministry of Human Resources and Social Development (MHRSD) (2025) Skills Dictionary for the Security Services Sector. Riyadh: Ministry of Human Resources and Social Development.



رؤيـــة VISION 2030

المملكة العربية السعودية
KINGDOM OF SAUDI ARABIA

جامعـــة أم القـــرى
UMM AL-QURA UNIVERSITY

معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة

تواصل معنا

multaqa@uqu.edu.sa

+966125572855