

التقرير النهائي

مشروع

تحليل وتطوير خطط تنظيم الزيارة والصلاة في الروضة الشريفة
باستخدام تقنيات النمذجة والمحاكاة

الباحث الرئيسي

د. محمد صديق ياسين

الباحثون المشاركون

د. عمار أربعين | أ.د. عصام خان

د. عبد الله هوساوي | د. عمار الصايغ

قسم المعلومات والخدمات العلمية

١٤٤٧ هـ - ٢٠٢٦ م

قائمة المحتويات

المُلخَص	٤
Abstract	٥
١. المقدمة:	٦
٢. مشكلة الدراسة:	٧
٣. أهداف الدراسة:	٧
٤. أهمية الدراسة:	٧
٥. حدود الدراسة وقيودها:	٨
٦. المنهجية المستخدمة بالدراسة	٨
٧. تصميم نموذج المحاكاة	٩
١-٧. عملية التفويج للصلاة في الروضة الشريفة	٩
٢-٧. عملية النمذجة والمحاكاة لطرق تنظيم التفويج	١٣
٨. أمثلة لنتائج سيناريوهات المحاكاة	١٧
١-٨. سيناريو 1:	١٧
٢-٨. سيناريو 2:	٢٨
٣-٨. سيناريو 3:	٢٩
٤-٨. أبرز القراءات التي تم استنباطها خلال تجارب المحاكاة المجراة	٣٠
٥-٨. سيناريو ٤ (زيادة الطاقة الاستيعابية للروضة الشريفة):	٣١
٩. الخلاصة والتوصيات	٣٤
١٠. المراجع	٣٥

قائمة الأشكال

- شكل ١: عملية تفويج الرجال للصلاة في الروضة الشريفة..... ١٠
- شكل ٢: منطقة دخول الأفراد بالمنطقة الجنوبية..... ١٠
- شكل ٣: منطقة دخول الأفراد بالمنطقة الجنوبية الشرقية..... ١١
- شكل ٤: منطقة فحص تصاريح الدخول للروضة الشريفة..... ١١
- شكل ٥: الدخول إلى منطقة الانتظار داخل المسجد..... ١١
- شكل ٦: منطقة الانتظار داخل المسجد..... ١٢
- شكل ٧: خروج ذوي الاحتياجات الخاصة من منطقة الانتظار داخل المسجد والتوجه للروضة الشريفة..... ١٢
- شكل ٨: الخروج من منطقة الانتظار داخل المسجد والتوجه للروضة الشريفة..... ١٢
- شكل ٩: هيكل عمليات النموذج لطريقة تفويج الرجال للصلاة في الروضة الشريفة..... ١٤
- شكل ١٠: صور توضيحية لمحاكاة التفويج للصلاة في الروضة الشريفة – مرحلة تنظيم الدخول بالساحات والانتظار بالمسجد..... ١٥
- شكل ١١: صور توضيحية لمحاكاة التفويج للصلاة في الروضة الشريفة – مرحلة مسارات فحص تصريح الدخول للروضة..... ١٥
- شكل ١٢: صور توضيحية لمحاكاة التفويج للصلاة في الروضة الشريفة – مرحلة الدخول للروضة الشريفة والصلاة بها..... ١٦
- شكل ١٣: صور توضيحية لمحاكاة التفويج للصلاة في الروضة الشريفة – مرحلة الخروج من الروضة الشريفة..... ١٦
- شكل ١٤: رسم بياني لقياسات الأداء في تجربة محاكاة سيناريو 1-1..... ١٩
- شكل ١٥: خريطة حرارية توضح أماكن الازدحام في تجربة محاكاة سيناريو 1-1..... ٢٠
- شكل ١٦: رسم بياني لقياسات الأداء في تجربة محاكاة سيناريو 2-1..... ٢١
- شكل ١٧: رسم بياني لقياسات الأداء في تجربة محاكاة سيناريو 3-1..... ٢٢
- شكل ١٨: رسم بياني لقياسات الأداء في تجربة محاكاة سيناريو 4-1..... ٢٣
- شكل ١٩: رسم بياني لقياسات الأداء في تجربة محاكاة سيناريو 5-1..... ٢٤
- شكل ٢٠: رسم بياني لقياسات الأداء في تجربة محاكاة سيناريو 6-1..... ٢٥
- شكل ٢١: رسم بياني لقياسات الأداء في تجربة محاكاة سيناريو 7-1..... ٢٦

الملخص

تعتبر الروضة الشريفة في المسجد النبوي الشريف من أبرز الأماكن المقدسة لدى المسلمين، حيث يسعى المسلمون من مختلف أنحاء العالم إلى زيارتها. ونظرا لأهمية تنظيم الصلاة والسلام على الرسول ﷺ وصحبه الكرام رضي الله عنهم، وحرصا على توفير تجربة زيارة مريحة ومنظمة، ظهرت الحاجة إلى نظام متكامل من الخدمات والإجراءات التي تضمن سلامة وراحة الزائرين. ومن هذا المنطلق، تم تطوير خدمات إصدار تصاريح الصلاة في الروضة، والتي تتيح تحديد أعداد المصلين وتنظيم زيارتهم بشكل دقيق، بما يساهم في تحقيق انتظام وانسيابية في أداء الصلاة داخل الروضة الشريفة.

تعتبر محاكاة حركة الحشود من الأدوات الأساسية التي تساعد في فهم وتطوير مخاطر الحشود وسلامتهم أثناء تنظيم الكثير من الأحداث الكبيرة في العالم، ويعتبر تنظيم حركة المرتادين بالمسجد النبوي من المشكلات المعقدة تحليليا وديناميكيا والتي تتطلب اهتماما خاصا، كما يعتبر استخدام المحاكاة الحاسوبية أداة بحثية هامة في فهم تعقيدات ديناميكيات الحشود في هذه المساحة.

تتناول الدراسة بناء نظام نمذجة ومحاكاة باستخدام الحاسب، للمسجد النبوي الشريف، يشمل منطقتي الزيارة والروضة، ويلائم تجربة واختبار وتقييم الطرق المختلفة لتنظيم الزيارة والصلاة بالروضة.

تشير نتائج تجارب المحاكاة إلى أن متوسط الزمن الكلي لإتمام زيارة الروضة والصلاة فيها يبلغ نحو (٢١) دقيقة، في حين يبلغ متوسط مدة البقاء داخل الروضة نحو (١٠) دقائق. كما أظهرت النتائج أن متوسط عدد الزوار الذين يتمون زيارتهم للروضة يبلغ نحو (٢,٩١٦) زائرا في الساعة، بما يعادل طاقة استيعابية يومية تقارب (٥٥,٤٠٤) زائرا. وتشير نتائج سيناريوهات رفع الطاقة الاستيعابية إلى أنه في حال توافر مستوى عال من التحكم التشغيلي والالتزام من قبل الزائرين بالأوقات المحددة للزيارة، يمكن رفع معدل الزوار الذين يتمون الزيارة إلى نحو (٣,٤٣١) زائرا في الساعة، مما يرفع الطاقة الاستيعابية اليومية إلى نحو (٦٥,١٨٩) زائرا. ويمثل ذلك زيادة في الطاقة الاستيعابية اليومية بنحو (٩,٧٨٥) زائرا، أي ما يقارب (١٧.٧٪) مقارنة بالسيناريو الأساسي، دون الحاجة إلى إجراء توسعات إنشائية، وإنما من خلال تحسين كفاءة التشغيل وإدارة تدفق الزوار.

Abstract

The Noble Rawdah, located within the Prophet's Mosque (Al-Masjid an-Nabawi), is one of the most significant and revered sites in Islam, attracting millions of visitors globally. Due to the importance of facilitating prayers and offering salutations upon the Prophet Muhammad (PBUH) and his companions, the need for an efficient and structured system to manage visitation and ensure the safety and comfort of visitors has become paramount. To address this, a system for issuing prayer permits was developed, enabling precise regulation of the number of worshippers and their prayer schedules, thereby facilitating the smooth and orderly conduct of prayers within the Rawdah.

Crowd simulation has become an essential tool in understanding and mitigating the risks associated with large gatherings at significant religious events. The movement and organization of visitors within the Prophet's Mosque present complex analytical and dynamic challenges that necessitate specialized attention. In this regard, computer-based simulation techniques are instrumental in modeling and analyzing the intricacies of crowd dynamics in such spaces.

This study develops a computer-based modeling and simulation system for the Prophet's Mosque, encompassing both the visitation area and the Rawdah. Simulation results indicate an average total visit time of approximately 21 minutes, including an average stay of 10 minutes inside the Rawdah. Under the baseline scenario, the system accommodates about 2,916 visitors per hour (55,404 visitors per day). Results further show that, through improved operational control and high visitor compliance with scheduled visit times, the system capacity can be increased to approximately 3,431 visitors per hour (65,189 visitors per day), representing a 17.7% increase in daily throughput without requiring physical infrastructure expansion, but rather through operational optimization and effective visitor flow management.

١. المقدمة:

إدارة التجمعات البشرية ظهرت مؤخراً كعلم مستقل يحمل مفاهيمه وأطروحاته وأساليبه الخاصة، وقد أولت الدول المتقدمة اهتماماً كبيراً لهذا العلم نظراً للحاجة المتزايدة في التعامل مع الحشود. فكل دولة تطور هذا العلم وفق رؤيتها في تنظيم التجمعات البشرية، سواء كانت تجمعات في معارض دولية، فعاليات رياضية عالمية، أو مناسبات دينية تستقطب ملايين المشاركين في أوقات وأماكن محددة.

وفي المسجد النبوي الشريف، تحتل الروضة الشريفة مكانة بالغة الأهمية، فهي مقصد رئيسي للمسلمين من كافة أنحاء العالم، وخاصة الحجاج والمعتمرين الذين يزورونها سنوياً للصلاة فيها وزيارة قبر النبي صلى الله عليه وسلم وقبور الصحابة الكرام. ولهذا، تبذل الجهات المسؤولة في المسجد النبوي جهوداً يومية لتنظيم وإدارة الحشود البشرية، بهدف تسهيل حركة المصلين وزوار المسجد، مع التركيز على تنظيم التفويج للزيارة والصلاة في الروضة الشريفة.

وتتولى الجهات المختصة تجهيز المسارات المؤدية إلى الروضة الشريفة، وتنظيم مواقع انتظار الزوار قبل دخولهم، والإشراف على آليات الدخول والخروج بما يضمن انسيابية الحركة وسلامة الزوار. ويعد تنظيم تدفق المرتادين إلى المسجد النبوي من القضايا التشغيلية المعقدة التي تتطلب دراسة دقيقة وتحليلاً ديناميكياً، حيث تُستخدم النمذجة والمحاكاة الحاسوبية كأدوات فعالة لفهم ديناميكيات الحشود وتحليل سلوكها في هذه البيئة [١-٣]. وقد تناولت العديد من الدراسات والأبحاث موضوع إدارة الحشود بصفة عامة، وإدارة الحشود في الحرمين الشريفين بصفة خاصة، كما هو موضح في الدراسات [٤-٧]. وانطلاقاً من ذلك، تبرز الحاجة إلى توظيف تقنيات النمذجة والمحاكاة لدراسة وتنظيم حركة الزائرين إلى منطقتي الروضة الشريفة والزيارة داخل المسجد النبوي، بما يساهم في تحسين كفاءة التشغيل ورفع مستوى السلامة وجودة تجربة الزائر.

لضمان وصول الزائرين إلى المسجد النبوي والروضة الشريفة بسهولة ويسر، تم اعتماد نظام حجز محدد يهدف إلى تنظيم أعداد الزوار وضمان سير العمليات بشكل منظم وسلس. يقوم هذا النظام على تحديد مواعيد الزيارة وآلية الحجز وتخصيص فترات زمنية لكل زائر أو مجموعة. ويتم الحجز عبر الخطوات التالية:

- استخدام التطبيقات الإلكترونية، حيث يمكن للزائرين حجز موعد زيارتهم للروضة الشريفة من خلال منصات مثل "نسك" وتطبيق "توكلنا"، مما يتيح لهم اختيار الوقت المناسب لأداء الصلاة.
- إصدار التصريح بعد استكمال البيانات المطلوبة، ليصبح الزائر معتمداً للدخول في الوقت المحدد.
- الحضور في الموعد المحدد والدخول عبر البوابة المخصصة، حيث يتم التأكد من صحة التصريح عند نقاط الفرز باستخدام أجهزة مخصصة، ويتم تنظيم الدخول وفقاً للحجز المسبق لضمان انسيابية الزيارة وتنظيمها.

ووفقا للمسؤولين عن تنظيم الدخول إلى الروضة الشريفة في المسجد النبوي الشريف، يمكن ان تستوعب الروضة الشريفة ما يقارب ٩٧٠ مصليا في الوقت ذاته.

٢. مشكلة الدراسة:

يتوافد أعداد كبيرة من الزوار إلى المسجد النبوي للصلاة في الروضة الشريفة والسلام على النبي ﷺ وصحبه رضي الله عنهم، إذ تقع الروضة في قلب المسجد القديم وتستوعب عددا محدودا من المصلين عبر بوابات مراقبة للحد من الاكتظاظ. وبسبب السعة المحدودة، تنظم حركة الدخول والخروج باستخدام حواجز وخطط تفويج لتقليل مخاطر التزاحم. يعد تنظيم هذه الحركة تحديا معقدا يتطلب دراسة تحليلية وديناميكية، حيث تلعب المحاكاة الحاسوبية دورا مهما لفهم ديناميكيات الحشود وتطوير تقنيات النمذجة لتنظيم دخول الروضة والمواجهة بشكل فعال.

تتناول الدراسة بناء نظام نمذجة ومحاكاة باستخدام الحاسب، للمسجد النبوي الشريف، يشمل منطقتي الزيارة والروضة، ويلتزم تجربة واختبار وتقييم الطرق المختلفة لتنظيم الزيارة والصلاة بالروضة.

٣. أهداف الدراسة:

- استخدام تقنيات النمذجة والمحاكاة لدراسة طرق تنظيم الدخول لمنطقة الروضة بالمسجد النبوي الشريف.
- تقييم فاعلية الخطط الحالية وتحديد السلبيات والإيجابيات، باستخدام تطبيق النمذجة والمحاكاة، وإعطاء صورة أولية لمتخذي القرارات تساعد على وضع الخطط التطويرية.

٤. أهمية الدراسة:

- ينعكس التخطيط الجيد والتشغيل بكفاءة بمراكز تفويج الحجاج بصورة مباشرة على انسيابية وأمن ضيوف الرحمن وزوار المسجد النبوي الشريف.
- تسخير التقنيات المتطورة لاستضافة الزوار والمعتمرين وتسهيل وصولهم إلى الحرمين الشريفين، ويأتي ذلك في إطار دعم مساعي التحول الرقمي تحقيقا لمستهدفات رؤية ٢٠٣٠.

- تحسين تجربة القاصدين في الدخول لمنطقتي الروضة والزيارة يساهم في دعم اهداف برنامج خدمة ضيوف الرحمن في تيسير استضافة قاصدي الحرمين الشريفين، وتقديم أفضل الخدمات لهم.
- تقديم الخدمة بكفاءة يعمل على رفع مستوى رضا ضيوف الرحمن على الخدمات المقدمة لهم.
- تقديم تحليل استشاري لمتخذي القرار عبر نماذج محاكاة وسيناريوهات تطويرية، لدعم اتخاذ قرارات مبنية على بيانات قبل التطبيق الفعلي

٥. حدود الدراسة وقيودها:

- حدود مكانية: سوف تطبق هذه الدراسة في نطاق المسجد النبوي، وتحديدًا المنطقة الجنوبية، منطقة المواجهة الشريفة، ومنطقة الروضة.
- حدود علمية (الموضوع): تقتصر الدراسة على بناء نظام نمذجة ومحاكاة للمسجد النبوي الشريف، يشمل منطقة الروضة، ويلائم تجربة واختبار وتقييم الطرق المختلفة لتنظيم الزيارة والصلاة بالروضة.

٦. المنهجية المستخدمة بالدراسة

- تشتمل منهجية الدراسة على عدة مراحل رئيسة نوجزها في مرحلة الإعداد والتجهيز، ثم مرحلة التنفيذ الفعلي، هذا بخلاف مرحلة تحليل البيانات، وكتابة التقرير النهائي، وفيما يلي خطوات موجزة لتلك المراحل:
- تجميع ومعالجة البيانات الواقعية للنظام القائم: تشمل بيانات عن مواصفات المكان وأبعاده تفصيليًا (العوائق، اتجاهات السير، أعداد المترادين، معدلات التدفق، التوقيتات خاصة أوقات الذروة، الخ)، وأيضًا قياسات أداء الوضع الحالي وتوفير أية معلومات وبيانات مستجدة أثناء فترة الدراسة.
 - صياغة وتطوير النموذج: تشمل هذه المرحلة تطوير مخططات المكان، وتحويل هذه النماذج لبرامج المحاكاة بشكل مقبول، ثم التحقق من أن نموذج المحاكاة يعمل على النحو المنشود، وتشمل تقنيات التحقق تغيير المدخلات والفرضيات على مدى مقبول، والتحقق من المخرجات، واستبدال المتغيرات العشوائية والفرضيات والتحقق يدويًا من النتائج والفيديوهات الناتجة من المحاكاة.
 - التحقق من صحة النموذج: ويشمل ذلك مقارنة أداء النموذج في ظل ظروف معروفة مع أداء النظام الحقيقي. إجراء اختبارات الاستدلال الإحصائي.

- اختيار التصميم التجريبي المناسب: يشمل ذلك اختيار مقاييس الأداء، وعدد من المدخلات والمتغيرات التي من المحتمل أن تؤثر عليه، تحديد طول مدى تنفيذ المحاكاة، تحديد شروط التشغيل المناسبة، تحديد عدد مرات اجراء التجربة، تحديد حجم العينة المناسب لتوفير الثقة المطلوبة في تقديرات قياس الأداء.

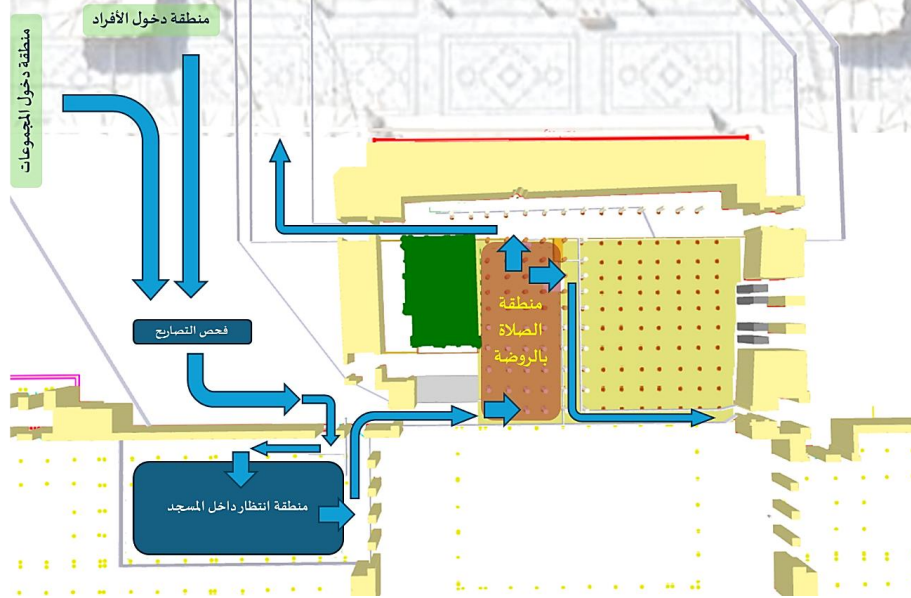
٧. تصميم نموذج المحاكاة

٧-١. عملية التفويج للصلاة في الروضة الشريفة

يتطلب تنظيم الوصول إلى مكان الزيارة والروضة اهتماما خاصا، حيث يقوم المسؤولون عن التفويج وإدارة الحشود بالمسجد النبوي بتنظيم دخول وخروج ضيوف الرحمن. يبدأ التنظيم منذ دخول الزوار عبر الأبواب الرئيسية أو الفرعية، مع الحرص على منع التكدس وضمان انسيابية الممرات. كما تجهز المسارات المؤدية إلى نقاط الفرز، مع توفير مسارات خاصة للأشخاص ذوي الإعاقة وكبار السن، إلى جانب تجهيز أماكن انتظار، خارج المسجد وداخله. كما يتم تنظيم تفويج الزوار للروضة الشريفة واحتساب الوقت المحدد لكل مجموعة داخلها.

ولضمان الأمن والسلامة، يتم تحديد مواعيد الصلاة في الروضة عبر تطبيق "نسك"، حيث يتم السماح بالدخول لحملة التصاريح مع جدولة مواعيد تفويج الرجال والنساء على فترات مختلفة خلال اليوم.

يوضح شكل (١) عملية تفويج الرجال للصلاة في الروضة الشريفة، بداية من تنظيم الدخول في الساحة الجنوبية الشرقية، متبوعا بتنظيم حركتهم في الملكن الانتظار، ثم أداء الصلاة في الروضة الشريفة، وأخيرا الخروج والتوجه لساحات المسجد. كما توضح أشكال (٢-٨) صور ميدانية لعملية تفويج الرجال للصلاة في الروضة الشريفة.



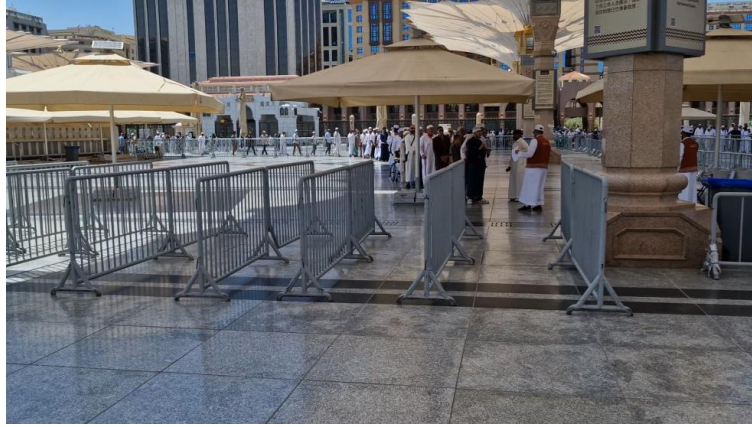
شكل ١: عملية تفويج الرجال للصلاة في الروضة الشريفة.



شكل ٢: منطقة دخول الأفراد بالمنطقة الجنوبية.



شكل ٣: منطقة دخول الأفراد بالمنطقة الجنوبية الشرقية.



شكل ٤: منطقة فحص تصاريح الدخول للروضة الشريفة.



شكل ٥: الدخول إلى منطقة الانتظار داخل المسجد.



شكل ٦: منطقة الانتظار داخل المسجد.



شكل ٧: خروج ذوي الاحتياجات الخاصة من منطقة الانتظار داخل المسجد والتوجه للروضة الشريفة.



شكل ٨: الخروج من منطقة الانتظار داخل المسجد والتوجه للروضة الشريفة.

٢-٧. عملية النمذجة والمحاكاة لطرق تنظيم التفويج

الهدف من نظام النمذجة والمحاكاة المقترح للمسجد النبوي هو دراسة ديناميكيات الحشود الكبيرة والكثيفة في الروضة ومكان الزيارة.

بناء النموذج:

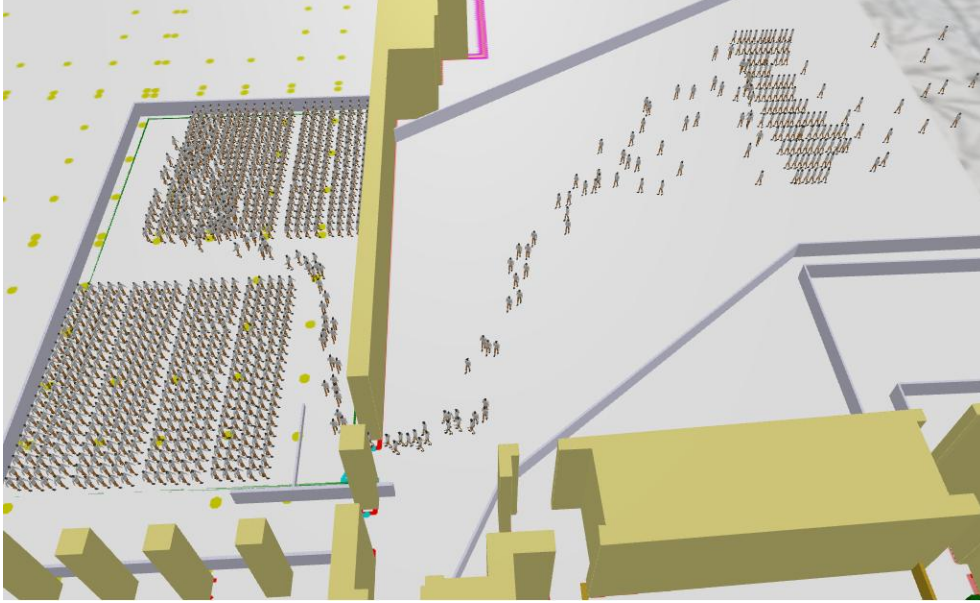
تم إنشاء بنية النموذج باستخدام Anylogic، وهي أداة محاكاة متعددة الأساليب مع واجهة مستخدم رسومية، وهي تتيح الجمع بين نمذجة العمليات وديناميكيات النظام والنمذجة المستندة على العملاء في نموذج واحد. من ناحية، ويعتبر اختيار Anylogic أداة مناسبة لموضوع الدراسة، حيث يمكن إنشاء نموذج محاكاة دقيقة لديناميكيات الحشود مباشرة في Anylogic.

في هذه البيئة المنمذجة للمسجد النبوي، تتفاعل مجموعات متزامنة من العملاء المحاكين (الزوار)، مع إمكانية الحصول المباشر على الإحصائيات والمؤشرات. تشمل العمليات الأساسية بمخطط النموذج على ما يلي:

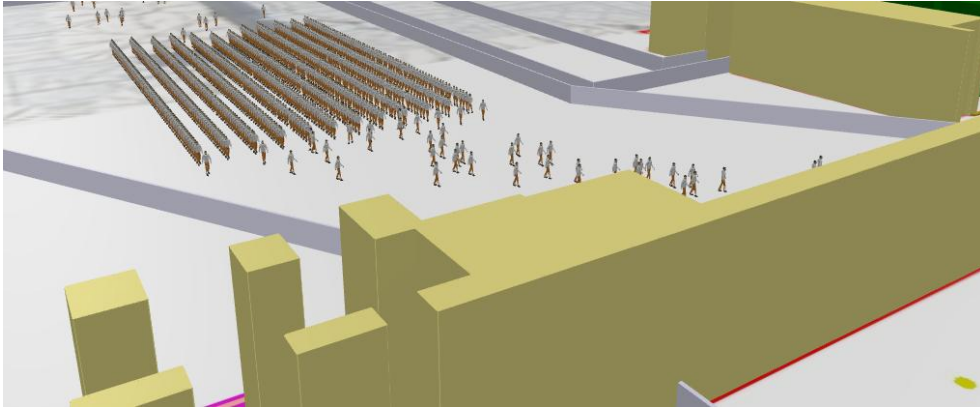
الوصف	العملية
يستخدم كنقطة انطلاق لتدفق المشاة، ويسمح بتحديد حجم المجموعة، ومعدل الوصول، والوقت البيئي (الزمن بين قدوم فرد من المشاة وقدوم الفرد التالي)، وما إلى ذلك.	<i>Pedestrian Source</i>
يجعل المشاة يذهبون إلى موقع محدد وينتظرون هناك لفترة زمنية محددة	<i>Pedestrian Wait</i>
يجعل المشاة يذهبون إلى الموقع المحدد، والذي يمكن تحديده من خلال خط وصول أو منطقة أو نقطة ذات إحداثيات معينة.	<i>Pedestrian Goto</i>
يستخدم كنقطة نهاية لتدفق المشاة.	<i>Pedestrian Sink</i>
تأخير العملاء لفترة معينة من الوقت.	<i>Delay</i>
يقوم بتوجيه المشاة القادمين إلى إحدى العمليات المتعددة اعتماداً على شروط محددة.	<i>PedSelectOutput</i>

يتم بناء مخطط لعمليات النموذج، لطريقة التفويج التي سبق عرضها، حيث يوضح شكل (٩) هيكل عمليات النموذج لطريقة التفويج الرجال للصلاة في الروضة الشريفة، بينما تعرض أشكال (١٠-١٣) صور توضيحية لمحاكاة طريقة التفويج.

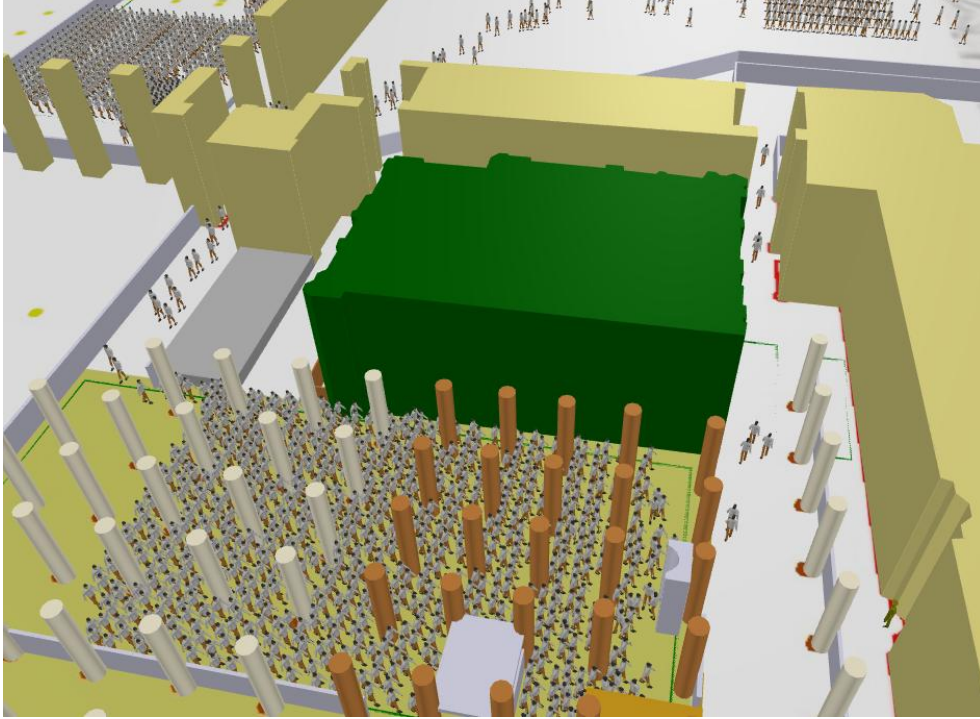
شكل ٩: هيكل عمليات النموذج لطريقة تفويج الرجال للصلاة في الروضة الشريفة.



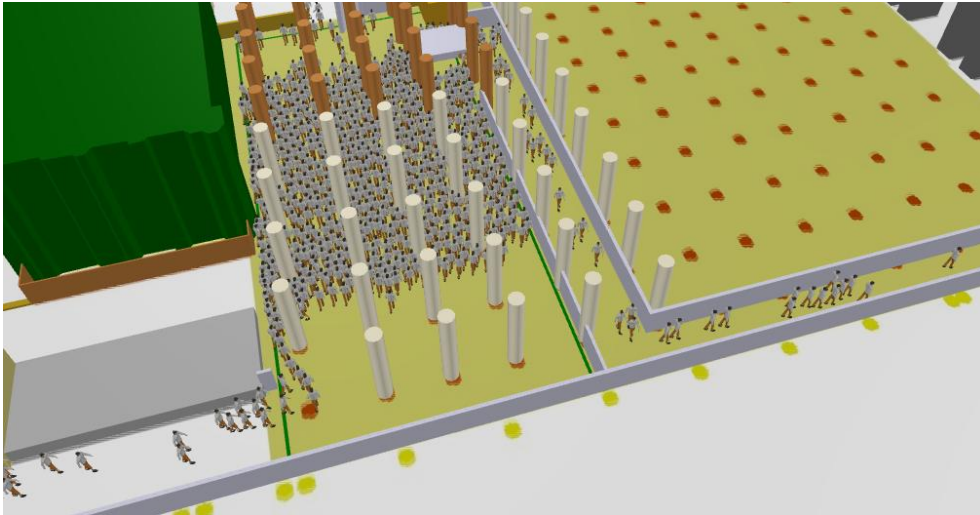
شكل ١٠: صور توضيحية لمحاكاة التفويج للصلاة في الروضة الشريفة – مرحلة تنظيم الدخول بالساحات والانتظار بالمسجد.



شكل ١١: صور توضيحية لمحاكاة التفويج للصلاة في الروضة الشريفة – مرحلة مسارات فحص تصهريج الدخول للروضة.



شكل ١٢: صور توضيحية لمحاكاة التفويج للصلاة في الروضة الشريفة – مرحلة الدخول للروضة الشريفة والصلاة بها.



شكل ١٣: صور توضيحية لمحاكاة التفويج للصلاة في الروضة الشريفة – مرحلة الخروج من الروضة الشريفة.

٨. أمثلة لنتائج سيناريوهات المحاكاة

يتم إجراء سلسلة من عمليات المحاكاة لاختبار سلوك النموذج. في هذا القسم يتم عرض أمثلة لسيناريوهات مختلفة للمحاكاة. وتركز تلك التجارب على منطقتي الروضة والزيارة، بالإضافة إلى الأماكن والساحات اللازمة لعملية التفويج.

في التجارب المجراة، تم استخدام البيانات التالية:

- مراعاة الاختلاف في سرعات الأشخاص، تم استخدام سرعة الشخص ما بين ٠,٨ - ١,٣ متر/ الثانية.
- مراعاة الاختلاف في أحجام الأشخاص، تم استخدام قطر للشخص بين ٠,٤ - ٠,٥ متر.

كما تم استخدام مجموعة من المؤشرات الكمية لمتابعة وتقييم أداء السيناريوهات التشغيلية. وهي ما يلي:

المؤشر	الوصف
إجمالي عدد الزوار الذين أتموا الزيارة خلال فترة زمنية معينة	عدد الزوار الذين دخلوا وأكملوا زيارتهم للروضة خلال مدة معينة
الزمن الكلي اللازم لإتمام الصلاة في الروضة	يشمل: وقت الانتظار في الساحات الخارجية + وقت الانتظار في أماكن الانتظار داخل المسجد + وقت المشي + مدة البقاء داخل الروضة نفسها
متوسط مدة البقاء داخل الروضة	المدة التي يقضها الزائر فعلياً داخل الروضة لأداء الصلاة والزيارة
المتوسط والحد الأقصى والأدنى لكامل مدة الزيارة	متوسط وأعلى وأدنى وقت قضاء الزائر في كامل العملية

فيما يلي القياسات والإحصائيات المحسوبة لنتائج سيناريوهات المحاكاة.

٨-١. سيناريو 1:

في هذا السيناريو يتم اختبار الاعتماد على سياسة تشغيلية للتحكم في تدفق الزوار حيث يتم السماح بإدخال فوج (أو مجموعة) من الزائرين إلى الروضة الشريفة عندما تكون نسبة امتلاء الروضة أقل من نسبة محددة، ونسبة امتلاء منطقة الانتظار أعلى من حد معين، لضمان وجود سعة متاحة داخل الروضة وتوفير عدد كاف من الزائرين في منطقة الانتظار. بعبارة أخرى يتم السماح بإدخال فوج من الزائرين من منطقة الانتظار إلى الروضة عند تحقق الشرطان التاليان معاً:

١. نسبة امتلاء الروضة أقل من حد معين: يشير ذلك إلى أن عدد الزوار الموجودين داخل الروضة الشريفة في لحظة معينة أصبح أقل من الحد المحدد مسبقاً، مما يعني وجود سعة متاحة تسمح بإدخال عدد إضافي من الزوار لشغل الأماكن الفارغة دون تجاوز الحد المسموح به للطاقة الاستيعابية.

٢. نسبة امتلاء منطقة الانتظار أعلى من حد معين: يشير ذلك إلى أن عدد الزوار الموجودين في منطقة الانتظار في لحظة معينة قد أصبح أعلى من الحد المحدد مسبقاً، مما يدل على وجود عدد كافٍ من الزوار بانتظار الدخول، وإطاحة مناسبة لإدخال دفعة إضافية منهم إلى الروضة الشريفة لشغل الأماكن الشاغرة المتوفرة فيها.

استناداً إلى ما سبق، يوضح الجدول (١) مجموعة السيناريوهات الفرعية المرتبطة بالسيناريو 1، والتي تم اختبارها.

جدول ١: السيناريوهات الفرعية المرتبطة بالسيناريو 1، والتي تم اختبارها.

السيناريو	نسبة امتلاء الروضة (أقل من)	نسبة امتلاء منطقة الانتظار (أكثر من)
1-1	30%	100%
2-1	40%	40%
3-1	50%	35%
4-1	60%	30%
5-1	70%	25%
6-1	80%	20%
7-1	90%	10%

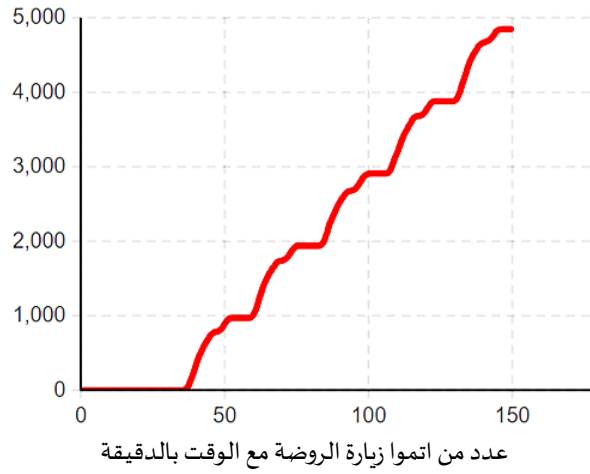
ملاحظات تشغيلية:

- سيناريو 1-1 هو الأكثر صرامة، حيث لا يسمح بإدخال الزائرين إلا إذا كانت الروضة شبه فارغة ومنطقة الانتظار ممتلئة تماماً.
- سيناريو 7-1 هو الأكثر مرونة، ويستخدم في حالات انخفاض الضغط أو لتسريع دورة الدخول.
- كلما كان السيناريو أكثر مرونة، زادت الحاجة إلى رقابة تشغيلية أكبر لضمان الخروج في الوقت المحدد وتجنب التكدس.

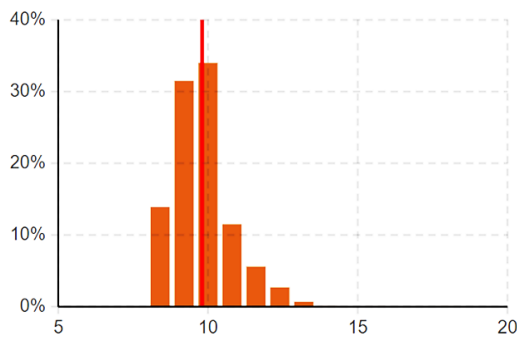
- يتم اختيار السيناريو المناسب بناء على ظروف التشغيل (مثل وقت الذروة، الطاقة التشغيلية، توفر فرق التنظيم، إلخ).

سيناريو 1-1:

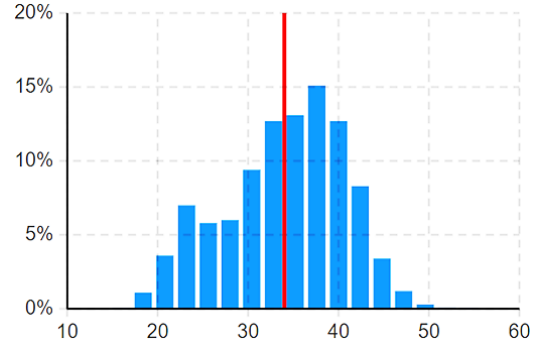
يوضح شكل (١٤) رسم بياني لقياسات الأداء في تجربة محاكاة سيناريو 1-1، بينما يوضح شكل (١٥) خريطة حرارية توضح أماكن الازدحام أثناء تجربة المحاكاة.



(١)

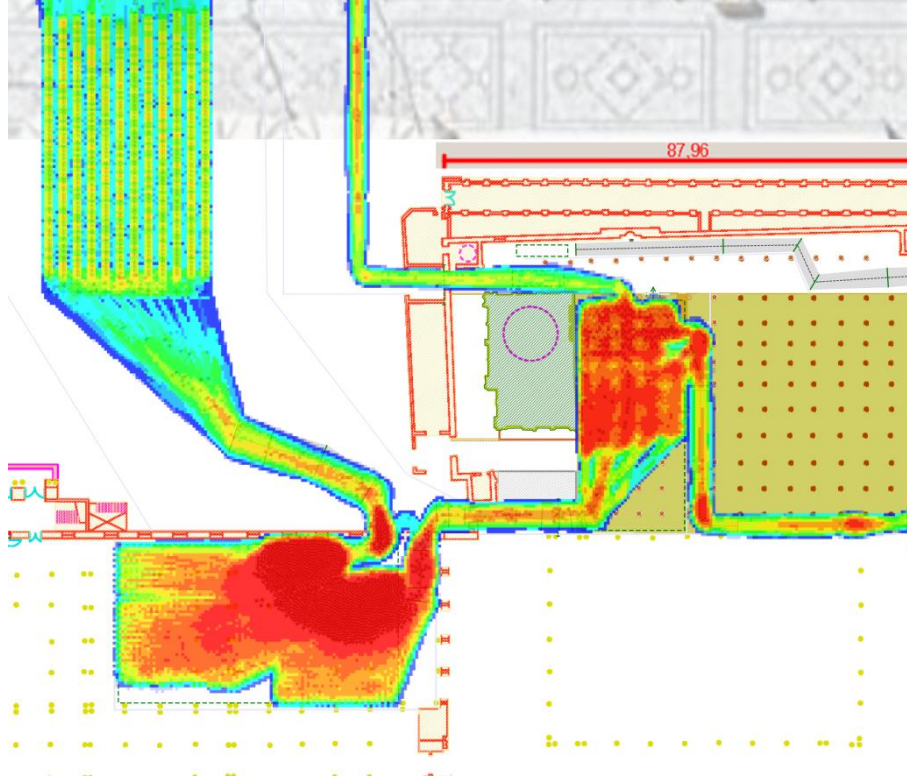


(ج)



(ب)

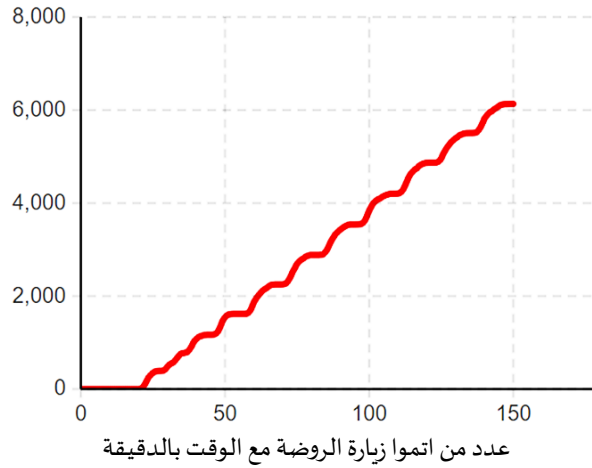
شكل ١٤: رسم بياني لقياسات الأداء في تجربة محاكاة سيناريو 1-1.



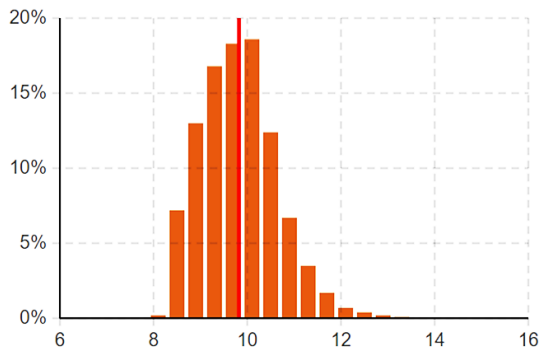
شكل ١٥: خريطة حرارية توضح أماكن الازدحام في تجربة محاكاة سيناريو 1-1.

سيناريو 2-1:

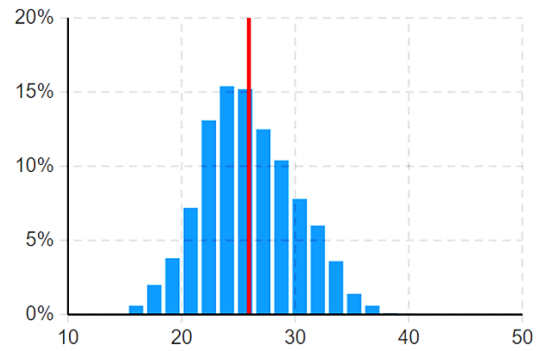
يوضح شكل (١٦) رسم بياني لقياسات الأداء في تجربة محاكاة سيناريو 2-1.



(١)



(ج)

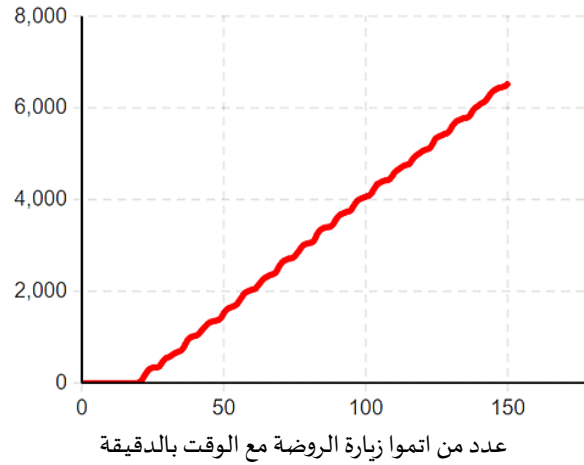


(ب)

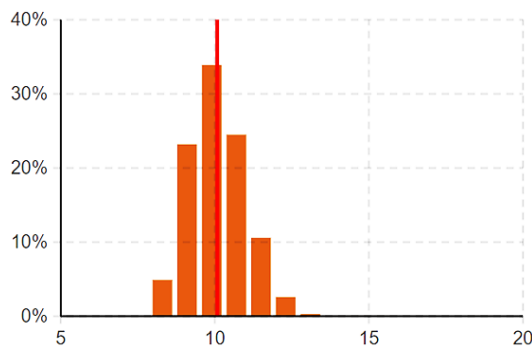
شكل ١٦: رسم بياني لقياسات الأداء في تجربة محاكاة سيناريو 2-1.

سيناريو 3-1:

يوضح شكل (١٧) رسم بياني لقياسات الأداء في تجربة محاكاة سيناريو 3-1.

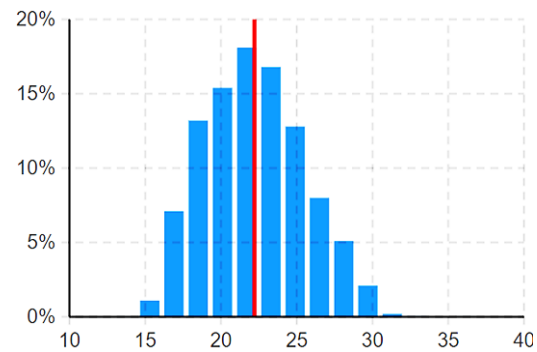


(١)



التوزيع التكراري لزمن البقاء في الروضة
(المتوسط: ١٠,٠٨ دقيقة)

(ج)



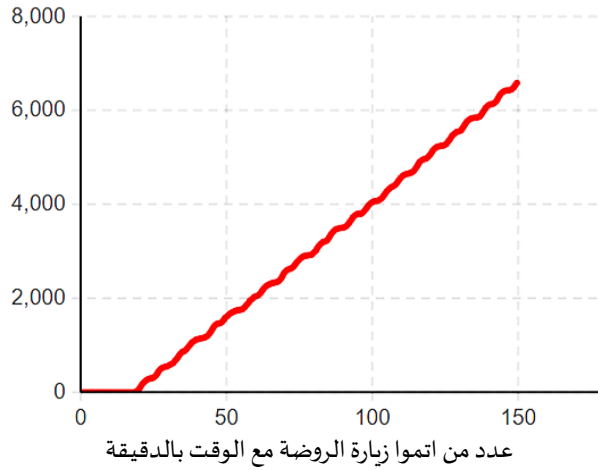
التوزيع التكراري للزمن الكلي لإتمام الصلاة في الروضة
(المتوسط: ٢٢,٢١ دقيقة)

(ب)

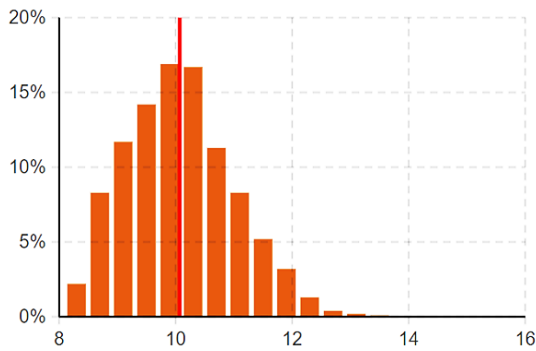
شكل ١٧: رسم بياني لقياسات الأداء في تجربة محاكاة سيناريو 3-1.

سيناريو 4-1:

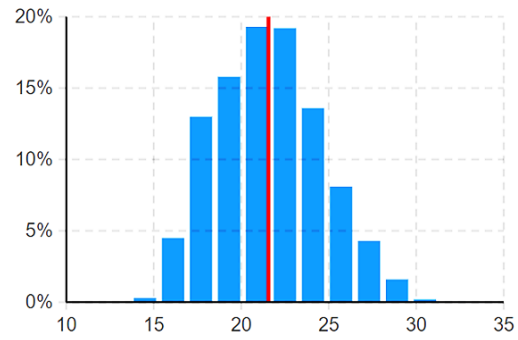
يوضح شكل (١٨) رسم بياني لقياسات الأداء في تجربة محاكاة سيناريو 4-1.



(١)



(ج)

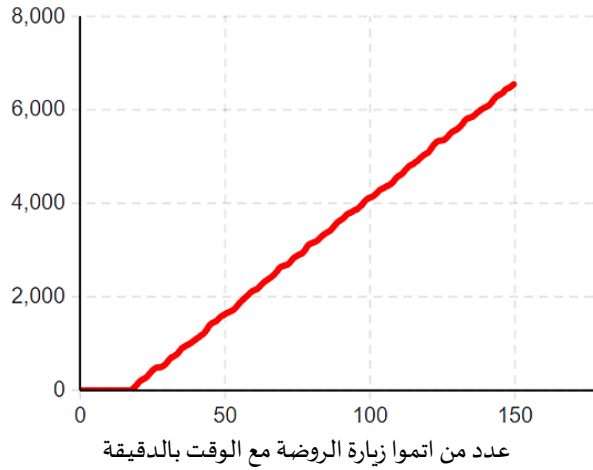


(ب)

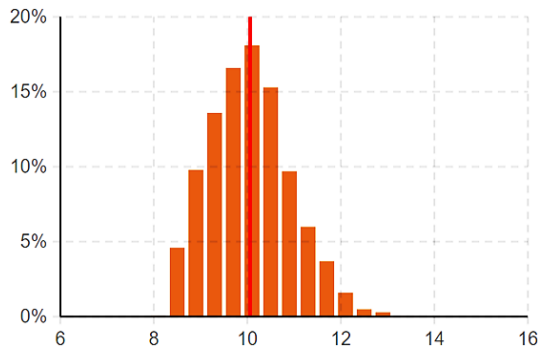
شكل ١٨: رسم بياني لقياسات الأداء في تجربة محاكاة سيناريو 4-1.

سيناريو 5-1:

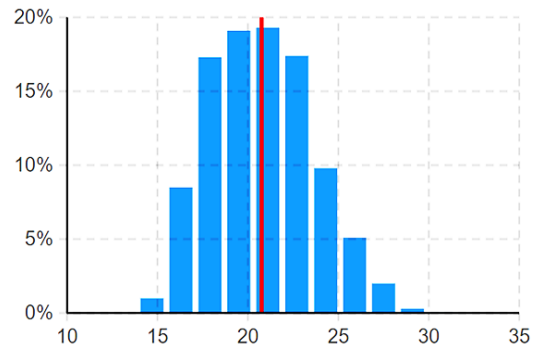
يوضح شكل (١٩) رسم بياني لقياسات الأداء في تجربة محاكاة سيناريو 5-1.



(١)



(ج)

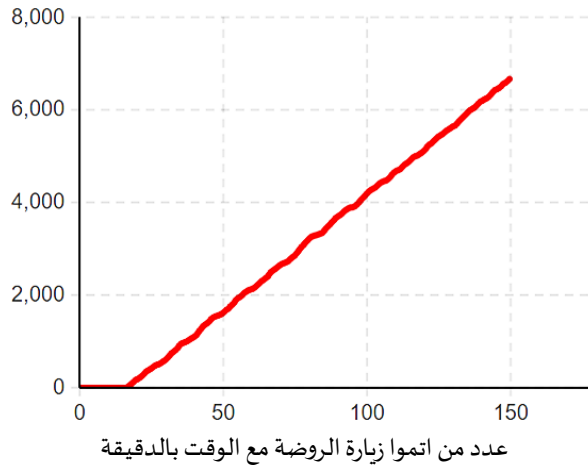


(ب)

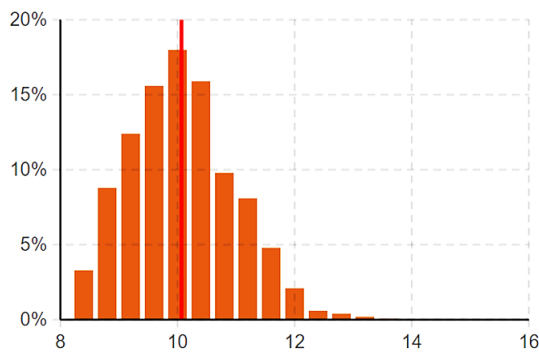
شكل ١٩: رسم بياني لقياسات الأداء في تجربة محاكاة سيناريو 5-1.

سيناريو 6-1:

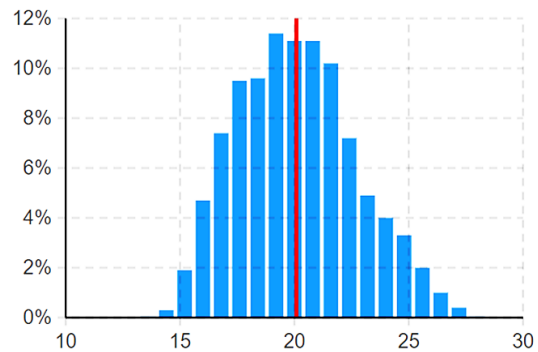
يوضح شكل (٢٠) رسم بياني لقياسات الأداء في تجربة محاكاة سيناريو 6-1.



(١)



(ج)

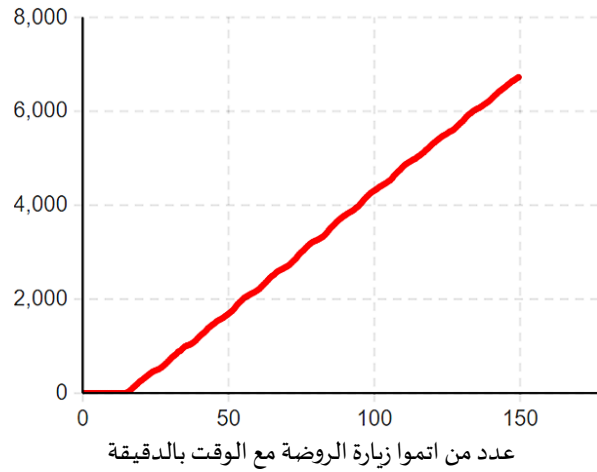


(ب)

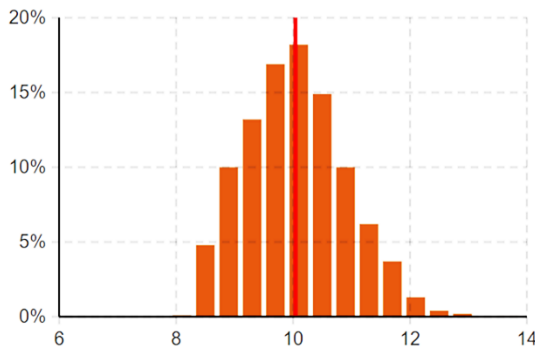
شكل ٢٠: رسم بياني لقياسات الأداء في تجربة محاكاة سيناريو 6-1.

سيناريو 7-1:

يوضح شكل (٢١) رسم بياني لقياسات الأداء في تجربة محاكاة سيناريو 7-1.

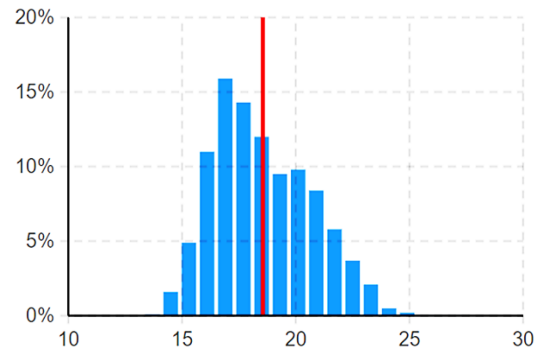


(١)



التوزيع التكراري لزمن البقاء في الروضة
(المتوسط: ١٠,٠٤ دقيقة)

(ج)



التوزيع التكراري للزمن الكلي لإتمام الصلاة في الروضة
(المتوسط: ١٨,٥٥ دقيقة)

(ب)

شكل ٢١: رسم بياني لقياسات الأداء في تجربة محاكاة سيناريو 7-1.

تجميع للنتائج السابقة، بسيناريو 1، تم عرضها في جدول (٢).

جدول ٢: ملخص قياسات سيناريو 1.

السيناريو	إجمالي عدد الزوار الذين أتموا زيارة الروضة خلال ١٣٥ دقيقة	الزمن الكلي لإتمام الصلاة في الروضة (بالدقيقة)			زمن البقاء في الروضة (بالدقيقة)		
		الحد الأدنى	المتوسط	الحد الأعلى	الحد الأدنى	المتوسط	الحد الأعلى
1-1	4850	16.60	34.02	54.98	8.14	9.80	17.62
2-1	6133	15.38	25.93	40.41	8.14	9.83	14.65
3-1	6517	14.50	22.21	35.74	8.20	10.08	18.89
4-1	6610	14.31	21.56	32.30	8.23	10.07	15.00
5-1	6562	14.21	20.76	30.29	8.27	10.06	13.90
6-1	6696	13.94	20.09	27.97	8.23	10.07	14.31
7-1	6763	13.48	18.55	27.12	8.21	10.04	13.78

تحليل النتائج الواردة في الجدول يوضح الملاحظات التالية:

- من حيث العلاقة بين نسبة امتلاء الروضة وعدد الزوار، توضح النتائج أنه كلما زادت نسبة امتلاء الروضة، زاد عدد الزائرين الذين أتموا الزيارة. وهذا منطقي لأن زيادة استغلال الطاقة الاستيعابية تعني إمكانية استقبال عدد أكبر من الزوار في نفس الزمن.
- من حيث العلاقة بين نسبة امتلاء الروضة والزمن الكلي لإتمام عملية زيارة الروضة، فإن الزمن الكلي ينخفض تدريجياً كلما زاد امتلاء الروضة واقترب من طاقتها الاستيعابية (٩٠٪)، كما بسيناريو 1-7. وهذا يشير إلى أن زيادة نسبة الإشغال في الروضة ترتبط بتحسين كفاءة الأداء من حيث تقليل الزمن الكلي لإتمام عملية الزيارة وزيادة عدد الزوار الذين يهون الزيارة خلال الزمن المحدد.
- من حيث زمن البقاء داخل الروضة، فإن متوسط زمن البقاء داخل الروضة شبه ثابت عند حوالي ١٠ دقائق، بغض النظر عن نسبة الامتلاء.

يمكن الخروج بالاستنتاجات التالية:

- يتحقق أفضل توازن بين الفعالية (عدد الزوار) والراحة (الزمن الكلي لإتمام العملية) في السيناريوهات 1-5 و 1-6 و 1-7، إلا أن ذلك يتطلب رقابة تشغيلية فعالة لضمان التزام الزوار بالخروج في الوقت المحدد وتجنب التكدس.
- يمكن اختيار السيناريو الأنسب وفقاً لظروف التشغيل، مثل الطاقة المتاحة، وتوافر فرق التنظيم، ومستوى الجاهزية التشغيلية.

٢-٨. سيناريو 2:

يهدف إلى دراسة أثر عدد مسارات فحص التصاريح على كفاءة أداء النظام، وذلك من خلال اختبار كيف يؤثر تعديل عدد المسارات على انسيابية الدخول وتقليل (أو زيادة) وقت الانتظار، وأعداد الزوار. يعرض جدول (٣) ملخص نتائج سيناريو 2.

جدول ٣: ملخص قياسات سيناريو 2.

زمن البقاء في الروضة (بالدقيقة)			الزمن الكلي لإتمام الصلاة في الروضة (بالدقيقة)			إجمالي عدد الزوار الذين أتموا زيارة الروضة خلال ١٣٥ دقيقة	عدد مسارات فحص التصاريح
الحد الأدنى	المتوسط	الحد الأعلى	الحد الأدنى	المتوسط	الحد الأعلى		
14.65	9.83	8.14	40.41	25.93	15.38	6133	12
18.82	9.84	8.20	41.39	26.27	15.25	6100	10
15.38	10.05	8.26	47.98	31.84	16.47	5768	8
17.99	9.96	8.33	73.37	38.33	16.84	4915	6
12.65	9.55	8.33	119.41	43.76	21.00	3723	4

بتحليل البيانات بالجدول يمكن ملاحظة التالي:

- بطبيعة الحال، هناك علاقة طردية بين عدد مسارات التأكد من التصاريح وعدد الزوار الذين أتموا زيارة الروضة، فتقليل عدد المسارات يؤدي إلى انخفاض كبير في عدد من أتموا زيارة الروضة خلال المدة المسموحة.
- كلما قل عدد المسارات، زاد الزمن الكلي الذي يستغرقه الزائر لإتمام زيارته للروضة. السبب هو الازدحام الناتج عن قلة مسارات الدخول والتحقق.

- متوسط زمن البقاء داخل الروضة شبه ثابت؛ ما يعني أن التحسين يجب أن يركز على تنظيم الدخول ومسارات التحقق وليس وقت الصلاة.
- بصفة عامة:

- يؤثر عدد المسارات بشكل مباشر وكبير على انسيابية الحركة وعدد الزوار، حيث يؤدي تقليل عدد المسارات الى تقليل قدرة الروضة على استيعاب الزوار في نفس الفترة الزمنية، كما يسبب قلة المسارات ازدحاما وزيادة في الزمن الكلي للزيارة.
- استخدام ١٢ مسارا لم يحقق تحسنا كبيرا مقارنة باستخدام ١٠ او ٨ مسارات، لذا فان اختيار عدد مسارات يتراوح بين ٨ و ١٠ يعتبر مناسباً لتحقيق التوازن بين الاداء والتكلفة التشغيلية.

٣-٨. سيناريو 3:

يهدف إلى دراسة أثر زمن فحص التصاريح على كفاءة أداء النظام، وذلك من خلال اختبار كيف يؤثر تغيير زمن فحص التصاريح على انسيابية الدخول وتقليل (أو زيادة) وقت الانتظار، وأعداد الزوار. يعرض جدول (٤) ملخص نتائج سيناريو 3.

جدول ٤: ملخص قياسات سيناريو 3.

زمن فحص التصاريح (ثانية)	إجمالي عدد الزوار الذين أتموا زيارة الروضة خلال ١٣٥ دقيقة	الزمن الكلي لإتمام الصلاة في الروضة (بالدقيقة)			زمن البقاء في الروضة (بالدقيقة)		
		الحد الأدنى	المتوسط	الحد الأعلى	الحد الأدنى	المتوسط	الحد الأعلى
(المجموعات) 0	6434	14.28	25.97	40.52	8.17	9.80	15.94
4	6133	15.38	25.93	40.41	8.14	9.83	14.65
7	5596	16.61	31.58	49.68	8.25	10.03	16.19
10	4672	18.53	41.33	71.24	8.31	9.87	13.19
13	4190	19.69	46.27	74.38	8.31	9.61	18.79
16	3509	20.39	52.02	85.44	8.31	9.56	19.33

بتحليل البيانات في الجدول يمكن ملاحظة التالي:

- بطبيعة الحال، كلما زاد وقت التحقق من التصاريح، انخفض عدد الزائرين الذين استطاعوا اتمام الزيارة في الفترة الزمنية المسموحة، فهناك علاقة عكسية واضحة.

- الزمن الكلي لإتمام الصلاة في الروضة يزداد بشكل مستمر مع زيادة وقت التحقق، بعبارة أخرى يقضي الزائرون وقتا أطول داخل النظام (دخول + صلاة + خروج) عندما تستغرق عملية التحقق من التصاريح وقتا أطول.
- يتم احتساب وقت التحقق من التصاريح الخاصة بالمجموعات مرة واحدة فقط لكل مجموعة، مما يجعل التعامل مع المجموعات أكثر كفاءة مقارنة بالتعامل مع الأفراد، نظرا لتقليل عدد عمليات التحقق وبالتالي تسريع إجراءات الدخول.
- بصفة عامة، فإن تسريع عملية التحقق من التصاريح (أليا أو بشريا) سيتيح زيادة عدد الزوار بشكل كبير.

٨-٤. أبرز القراءات التي تم استنباطها خلال تجارب المحاكاة المجراة

من خلال تجارب المحاكاة المعروضة سابقا، تم استخلاص عدد من الملاحظات الرئيسية كما يلي:

- يتحقق أفضل توازن بين الفعالية (عدد الزوار) والراحة (الزمن الكلي لإتمام العملية) في السيناريوهات 1-5 و 1-6 و 1-7، إلا أن تحقيق هذا التوازن يتطلب رقابة تشغيلية فعالة لضمان التزام الزوار بالخروج في الوقت المحدد وتجنب التكدس.
- يمكن اعتماد السيناريو 1-5 كخيار مفضل، نظرا لأنه لا يتطلب جهدا تشغيليا عاليا مقارنة بالسيناريوهات 1-6 و 1-7، ويحقق في الوقت ذاته توازنا جيدا بين عدد الزوار وراحة العملية.
- في السيناريو (1-5):
 - بلغ متوسط المدة الكلية لإتمام الصلاة في الروضة حوالي ٢١ دقيقة، بينما بلغ متوسط مدة البقاء داخل الروضة نحو ١٠ دقائق.
 - بلغ إجمالي عدد الزوار الذين أتموا زيارتهم للروضة خلال مدة ١٣٥ دقيقة نحو ٦٥٦٢ زائرا، أي بمعدل يقارب ٢٩١٦ زائرا في الساعة.
 - وبافتراض أن ساعات التشغيل اليومية المتاحة تصل إلى ١٩ ساعة، بعد خصم أوقات الصلاة وأوقات الصيانة والتنظيف، فإن القدرة الاستيعابية اليومية يمكن أن تبلغ نحو ٥٥,٤٠٠ زائر.

٥-٨. سيناريو ٤ (زيادة الطاقة الاستيعابية للروضة الشريفة):

يختبر هذا السيناريو إمكانية زيادة الطاقة الاستيعابية للروضة الشريفة من خلال تقليل المدة المخصصة لبقاء الزائر داخل الروضة، إلى جانب تقليص زمن إجراءات فحص التصاريح في الساحات الخارجية، بما يسهم في زيادة معدل دخول الزوار وإتاحة الفرصة لاستقبال عدد أكبر من المستفيدين خلال الفترة نفسها.

ويتطلب ذلك تطبيق سياسة تشغيلية أكثر مرونة للتحكم في تدفق الزوار، بحيث يسمح بإدخال فوج جديد من منطقة الانتظار إلى الروضة عند تحقق الشرطين التاليين في الوقت نفسه:

١. أن تكون نسبة إشغال الروضة أقل من ٨٠٪ من سعتها الكلية.

٢. أن تكون نسبة إشغال منطقة الانتظار أعلى من ٥٪ من سعتها الكلية.

ويهدف هذا الأسلوب إلى الحفاظ على مستوى إشغال مناسب داخل الروضة، مع ضمان توفر عدد كاف من الزوار في منطقة الانتظار، بما يقلل الفترات التي لا تستغل فيها الطاقة الاستيعابية بشكل كامل، ويزيد معدل دخول الزوار. إلا أن زيادة مرونة سياسة الإدخال تتطلب رقابة تشغيلية أكثر فاعلية لضمان التزام الزوار بالمدة المحددة، ومنع حدوث التكدسات داخل الروضة الشريفة.

تجميع لنتائج المحاكاة في هذا السيناريو، تم عرضها في جدول (٣).

جدول ٣: ملخص قياسات سيناريو 4.

المخرجات المقاسة				المدخلات التشغيلية للسيناريو	
إجمالي الزوار الذين أتموا الزيارة خلال اليوم (١٩ ساعة)	عدد الزوار الذين أتموا الزيارة (زائر/ساعة)	متوسط مدة البقاء الفعلية داخل الروضة (دقيقة)	متوسط الزمن الكلي لإتمام الزيارة (دقيقة)	مدة إجراءات فحص التصاريح (ثانية)	المدة المخصصة لبقاء الزائر داخل الروضة (بالدقيقة)
55,404	2,916	10	20.8	[5-3]	[11-9]
61,902	3,258	8.9	24.6	[5-3]	[9-7]
62,548	3,292	7.8	22.6	[5-3]	[8-6]
62,814	3,306	6.8	21.8	[5-3]	[7-5]
64,619	3,401	8.9	22	[4.5-2.5]	[9-7]
64,980	3,420	7.9	21.7	[4.5-2.5]	[8-6]
65,189	3,431	6.8	20.6	[4.5-2.5]	[7-5]

يوضح الجدول أثر تعديل متغيرين تشغيليين، هما المدة المخصصة لبقاء الزائر داخل الروضة ومدة إجراءات فحص التصاريح بالساحات الخارجية، على مؤشرات الأداء الرئيسة للنظام، بما في ذلك الزمن الكلي للزيارة والطاقة الاستيعابية اليومية. ويبين تحليل النتائج ما يلي:

أولاً: أثر تقليل مدة بقاء الزائر داخل الروضة:

وتوضح النتائج أن:

- عند تثبيت مدة فحص التصاريح عند [٣-٥] ثوان، يظهر تحسن تدريجي في الأداء مع تقليل مدة الزيارة:
- تقليل مدة الزيارة من [٩-١١] إلى [٧-٩] دقيقة أدى إلى زيادة كبيرة في الطاقة الاستيعابية اليومية بلغت ٦,٤٩٨ زائراً، أي ما يعادل ١١.٧٣٪.
- أما تقليلها من [٧-٩] إلى [٦-٨] دقائق فقد أضاف ٦٤٦ زائراً فقط.
- في حين أن تقليلها إلى [٥-٧] دقائق أضاف ٢٦٦ زائراً فقط.
- وهذا يشير إلى أن أكبر مكسب تشغيلي يتحقق عند تقليل مدة الزيارة الطويلة (٩-١١ دقيقة) إلى المستوى المتوسط (٧-٩ دقائق)، بينما تصبح الزيادات في الطاقة الاستيعابية محدودة عند تقليل المدة إلى أقل من ذلك، وهو ما يعكس تناقص العائد التشغيلي،

ثانياً: أثر تقليل مدة فحص التصاريح

- عند مقارنة السيناريوهات ذات مدة الزيارة نفسها، يتضح أن تقليل مدة فحص التصاريح من [٣-٥] إلى [٥-٢.٥-٤.٥] ثانية أدى إلى زيادة ملحوظة في عدد الزوار الذين أتموا الزيارة خلال اليوم؛ ويتراوح التحسن بين ٣.٨٪ و ٤.٤٪، مما يؤكد أن تحسين إجراءات الدخول يحقق زيادة ملموسة في الطاقة الاستيعابية دون التأثير على تجربة الزائر داخل الروضة.

ثالثاً: أفضل سيناريو تشغيلي

حقق السيناريو الذي يجمع بين مدة زيارة (٥-٧) دقيقة، ومدة فحص تصاريح (٢.٥-٤.٥) ثانية، أفضل أداء بين جميع السيناريوهات، حيث بلغ:

- متوسط الزمن الكلي للزيارة: ٢٠.٦ دقيقة.

- عدد الزوار الذين أتموا الزيارة: ٣,٤٣١ زائرا في الساعة.
 - إجمالي الزوار خلال اليوم: ٦٥,١٨٩ زائرا.
- ويمثل ذلك زيادة قدرها ٩,٧٨٥ زائرا يوميا مقارنة بالسيناريو الأساسي الذي يعتمد مدة زيارة (٩-١١) دقيقة، أي ما يعادل ١٧.٦٦٪ زيادة في الطاقة الاستيعابية اليومية.
- أهم الاستنتاجات**
- مدة الزيارة داخل الروضة هي العامل الأكثر تأثيرا على الطاقة الاستيعابية للنظام، حيث أدى تقليلها من (٩-١١) إلى (٧-٩) دقائق إلى أكبر زيادة في عدد الزوار، بينما أصبحت المكاسب أقل عند تقليلها إلى مدد أقصر، حيث يتطلب ذلك تحكم تشغيلي عالي.
 - تحسين إجراءات فحص التصاريح يمثل إجراء تشغيليا عالي الكفاءة، إذ وفر زيادة إضافية تتراوح بين ٢,٣٧٥ و ٢,٧١٧ زائرا يوميا دون الحاجة إلى أي توسعات في البنية التحتية.
 - أفضل النتائج تحققت عند الجمع بين الإجراءين (تقليل مدة الزيارة وتحسين إجراءات الفحص)، مما يؤكد أن تحسين الأداء يعتمد على تكامل الإجراءات التشغيلية وليس على تحسين عنصر واحد فقط.
 - تشير النتائج إلى أن الإدارة الذكية لتدفق الزوار وتقليل أزمدة الخدمة يمكن أن ترفع الطاقة الاستيعابية اليومية بنحو ١٨٪ تقريبا مقارنة بالوضع الأساسي، مع الحفاظ على انسيابية الحركة وتقليل الزمن الكلي للزيارة.

٩. الخلاصة والتوصيات

- تناولت الدراسة بناء نظام نمذجة ومحاكاة باستخدام الحاسب، للمسجد النبوي الشريف، مع التركيز على منطقتي الزيارة والروضة، واختبار وتقييم الطرق المختلفة لتنظيم الزيارة والصلاة بالروضة.
- أظهرت الدراسة أهمية خطط التنظيم المطبقة، بالتكامل مع آليات حجز المواعيد، في رفع كفاءة تنظيم عمليتي السلام والصلاة في الروضة الشريفة، بما يتيح أعداد كبيرة من الزائرين، بزمان انتظار معتدل، مع ضمان سلامة وراحة القاصدين بالتحكم في التدفقات ومنع الاختناقات والتكدسات.
- عن طريق التخطيط الجيد لعمليات التفويج، يمكن التحكم في التدفقات ومنع الاختناقات والتكدسات، كما تظهر الخرائط الحرارية لتجارب المحاكاة.
- يمكن عن طريق التخطيط الجيد وبنفس مستوى الكفاءة التشغيلية، استخدام مساحات أقل بالمساحات الجنوبية في عمليات تنظيم الدخول والتفويج (المساحات المشغولة بالحواجز والمسارات)، مما يتيح مساحات أوسع لحركة الزائرين وتقليل مسافات المشي.
- أظهرت نتائج المحاكاة أن استخدام ١٢ مسارا لفحص تصاريح الدخول لم يؤد إلى تحسين كبير مقارنة باستخدام ١٠ أو ٨ مسارات، مما يشير إلى أن اختيار عدد مسارات يتراوح بين ٨ و ١٠ يعد مناسباً لتحقيق توازن فعال بين الأداء والكفاءة التشغيلية والتكلفة.
- ونظراً إلى أن وقت التحقق من التصاريح الخاصة بالمجموعات يحتسب مرة واحدة فقط لكل مجموعة، فإن التعامل مع المجموعات يعد أكثر كفاءة من التعامل مع الأفراد، إذ يسهم في تقليل عدد عمليات التحقق وتسريع إجراءات الدخول. كما أن تسريع عملية التحقق سواء بشكل آلي أو بشري يمكن أن يسهم في زيادة الطاقة الاستيعابية وعدد الزوار المسموح لهم بالدخول.
- كامتداد للدراسة الحالية، يمكن مستقبلاً دراسة تطوير نظام معلوماتي متكامل يوفّر بيانات دقيقة وفورية حول حركة الحشود بمنطقة الروضة الشريفة، وحجم الطلب على زيارتها على مدار اليوم أو الشهر أو الموسم، لدعم اتخاذ القرار وتحسين إدارة الحشود بشكل استباقي وفعال.

١٠. المراجع

١. محمد صديق ياسين، "بناء نموذج لصحن المطاف ملائم لأنظمة النمذجة والمحاكاة"، دراسات معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة، موسم رمضان ١٤٣٩
٢. محمد صديق ياسين، "نمذجة ومحاكاة لطرق تنظيم الزيارة للروضة بالمسجد النبوي الشريف"، دراسات معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة، موسمي رمضان وحج ١٤٣٨.
٣. محمد صديق ياسين، " نمذجة ومحاكاة لنظم التفويج الحالية لزيارة المواجهة الشريفة والصلاة في الروضة"، دراسات معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة، موسمي رمضان وحج ١٤٤٢.
٤. علاء الدين عادل الألفي، "تطوير حلول ومقترحات لتسهيل الوصول والصلاة في الروضة الشريفة وزيارة الحجرة النبوية الشريفة المسجد النبوي"، دراسات معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة، ١٤٣٣.
5. Mohamed S. Yasein, "Regulating Access to El-Salam Gate in the Prophet's Mosque at Peak Times During Holidays using Simulation" in Proceedings of the 16th Scientific Forum for Hajj and Umrah Research, Makkah, KSA, May 2016.
6. A. Alshehri, M. Arif, M. Alkhemi, Emad Felemban, "Analysis of Crowd Movement in the Prophet (SAW) Mosque in the City of Madinah, Saudi Arabia." 3rd Intl. Conference on Advances in Computing, Electronics and Electrical Engineering CEET 2015 pp. 151-160, 2015
7. Marcel Bouchard, Jennifer Haegele & Henry Hexmoor, "Crowd dynamics of behavioral intention: train station and museum case studies", in proceeding of Connection Science Journal, Volume 27, Issue 2, April 2015, pages 164-187.



@Hajj_uqu



<https://uqu.edu.sa/hajj>



hajj@uqu.edu.sa

