

الملخص التنفيذي

توظيف أدوات النمذجة والمحاكاة في تعزيز إدارة الحشود بالمسجد الحرام لتيسير أداء المناسك ورفع كفاءة التشغيل الميداني

الباحث الرئيس

د. محمد صديق ياسين

الباحثين المشاركين

د. عبد الله نورالهوساوي

أ.د. عصام خان

د. صادق قاضي

١٤٤٧هـ (٢٠٢٦م)

قسم المعلومات والخدمات العلمية

أولاً: مقدمة

تعد إدارة الحشود داخل المسجد الحرام من أكثر التحديات التشغيلية تعقيداً نظراً للأعداد الكبيرة من الحجاج والمعتمرين، وتعدد أنماط الحركة، وضرورة تحقيق التوازن بين انسيابية التنقل والمحافظة على أعلى مستويات السلامة. وتمثل الحواجز التنظيمية ومسارات الحركة أحد أهم العناصر المؤثرة في كفاءة تشغيل المرافق وإدارة التدفقات البشرية، حيث ينعكس تصميمها بصورة مباشرة على مسافات الحركة، وأزمة الانتقال، والطاقة الاستيعابية، ومستويات الخدمة المقدمة لضيوف الرحمن.

وانطلاقاً من أهمية دعم القرارات التشغيلية بالأساليب العلمية، هدفت هذه الدراسة إلى تقييم أثر عدد من البدائل التنظيمية الخاصة بالحواجز ومسارات الحركة في منطقة المطاف ومناطق الانتقال إلى المسعى باستخدام تقنيات النمذجة والمحاكاة، بما يوفر أساساً علمياً لتطوير الخطط التشغيلية وتحسين تجربة الحجاج والمعتمرين.

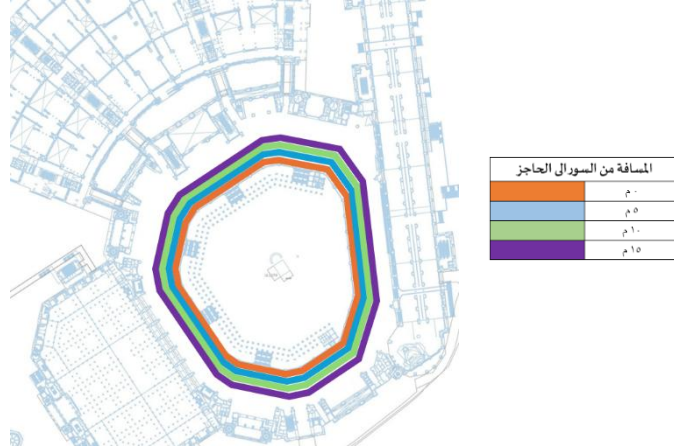
ثانياً: هدف الدراسة ومنهجية العمل

استهدفت الدراسة تقييم تأثير البدائل التنظيمية على كفاءة الحركة داخل المسجد الحرام، مع التركيز على ثلاثة محاور رئيسية:

- استخدام الحواجز التنظيمية لتنظيم الطواف بالأدوار:

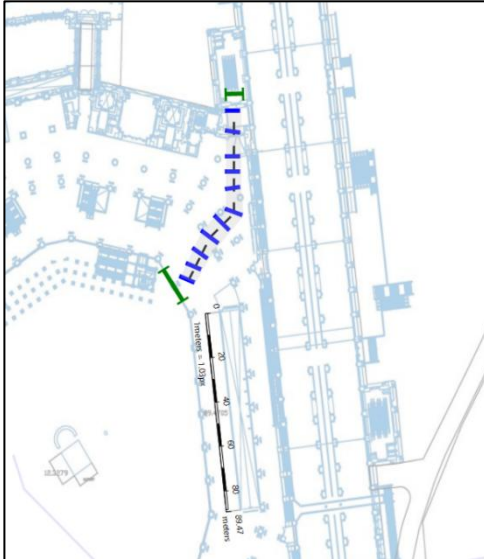
يتم تنظيم حركة الطائفين في الأدوار المختلفة بواسطة حواجز تمتد بمحاذاة الأسوار المطللة على صحن المطاف، حيث تعمل هذه الحواجز على توجيه الحركة وتحديد المسارات المتاحة للطائفين بما يساهم في إدارة التدفقات البشرية وتنظيم توزيع الحشود داخل المنطقة. ويؤثر موقع هذه الحواجز والمسافة الفاصلة بينها وبين الأسوار بشكل مباشر على عرض الممرات المتاحة للحركة، وطول مسار الطواف، ومستوى انسيابية الحركة والكثافات البشرية داخل الأدوار.

ولتقييم أثر هذه الحواجز على كفاءة الحركة، تم تطوير مجموعة من سيناريوهات المحاكاة التي تختلف فيها المسافة الفاصلة بين السور والحاجز. وقد شملت السيناريوهات المدروسة أربع حالات تمثل مسافات قدرها ٠ متر، و٥ أمتار، و١٠ أمتار، و١٥ متراً، كما يوضح شكل (١)، وذلك بهدف دراسة تأثير هذه الترتيبات التنظيمية على مسافة الطواف وزمنه ومؤشرات الأداء المرتبطة بحركة الطائفين.

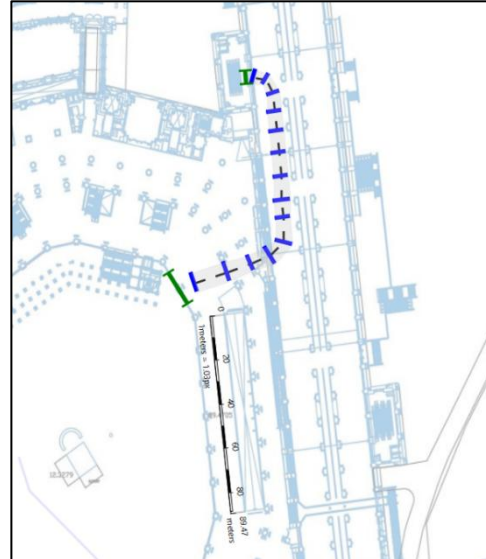


- مسارات انتقال الحجاج والمعتمرين من المطاف إلى الأديار العلوية للمسعى عبر السلالم المتحركة:

يمكن للحجاج والمعتمرين الانتقال من صحن المطاف إلى الأديار العلوية للمسعى من خلال السلالم المتحركة (الكهربائية) المبينة في الشكل. ويمكن الوصول إلى هذه السلالم عبر مسارين رئيسيين: الأول يمر عبر منطقة القبو للمسعى، والثاني يوفر انتقالا مباشرا من صحن المطاف إلى السلالم المتحركة، كما هو موضح في الشكل، ويمكن ان يسهم تعدد المسارات في توزيع الحركة وتقليل التكدس عند نقاط الانتقال بين المستويات المختلفة.



المسار الثاني يوفر انتقالا مباشرا من صحن المطاف إلى السلالم المتحركة



المسار الأول يمر عبر منطقة القبو للمسعى

مسارات انتقال الحجاج والمعتمرين من صحن المطاف إلى الأديار العلوية للمسعى من خلال السلالم الكهربائية.

• مسارات الانتقال من المطاف إلى باب السلام عبر قبو المسعى.

الانتقال من المطاف إلى باب السلام عبر قبو المسعى يتأثر بالتنظيمات المختلفة للحواجز المستخدمة في إدارة الحشود داخل منطقة المطاف. ويوضح الشكل مثالين لمسارات الحركة المؤدية إلى باب السلام عبر قبو المسعى، حيث يلاحظ أن أحد المسارين يتضمن مسافة أطول وعدداً أكبر من الالتفافات في اتجاه الحركة، في حين يوفر المسار الآخر انتقالاً أكثر مباشرة. ومن المتوقع أن ينعكس ذلك على زمن الرحلة والجهد البدني المبذول من قبل الحجاج والمعتمرين، إضافة إلى تأثيره المحتمل على انسيابية الحركة وكفاءة انتقال الحشود، خاصة خلال فترات الذروة التي تشهد كثافات مرتفعة.



المسار الثاني (مسافة أطول)

المسار الأول (مسافة أقصر)

مسارات انتقال الحجاج والمعتمرين من صحن المطاف إلى الأدوار العلوية للمسعى من خلال الخروج عبر باب السلام.

ولتحقيق ذلك، تم تطوير نماذج محاكاة ثلاثية الأبعاد تمثل البيئة التشغيلية الفعلية، مع مراعاة خصائص حركة المشاة واختلاف السرعات والأبعاد الجسمانية، حيث شملت كل تجربة محاكاة نحو (٥٠٠) طائف، مع افتراض سرعات حركة تتراوح بين (٩،٥-١٠) م/ث وأقطار جسمية تتراوح بين (٠،٤٠-٠،٥٠) متر، بما يحقق تمثيلاً واقعياً لأنماط الحركة داخل المسجد الحرام.

كما تم تصميم مجموعة من السيناريوهات التي تمثل البدائل التشغيلية المختلفة، وتم تقييمها باستخدام مؤشرات أداء رئيسية شملت مسافة الحركة، وزمن الرحلة، وتأثيرها المتوقع على انسيابية الحركة والطاقة الاستيعابية.

ثالثاً: أبرز النتائج

١. تأثير مواقع الحواجز التنظيمية

أظهرت نتائج المحاكاة وجود علاقة طردية واضحة بين المسافة الفاصلة بين الحاجز والسور وبين كل من مسافة الطواف وزمنه. فقد أدى إبعاد الحاجز من (٠) إلى (١٥) متراً إلى:

- زيادة طول الشوط الواحد من (٥٢٠,٧) متر إلى (٦١٦,٠) متر، بزيادة بلغت نحو ١٨,٣٪.
- زيادة زمن الشوط من (٤٦٠,٦) ثانية إلى (٥٤١,٠) ثانية، بزيادة بلغت ١٧,٥٪.
- ارتفاع إجمالي مسافة الطواف (سبعة أشواط) من (٣,٦٤) كم إلى (٤,٣١) كم، أي بزيادة تقارب (٦٧٠) متراً، وهو ما يعادل تقريباً شوطاً إضافياً.
- زيادة زمن إكمال الطواف من (٥٣,٧٤) دقيقة إلى (٦٣,١٢) دقيقة، بزيادة بلغت نحو (٩,٤) دقيقة.

وتشير هذه النتائج إلى أن زيادة طول المسارات تؤدي إلى زيادة مدة بقاء الطائفين داخل منطقة المطاف، وانخفاض معدل دوران المستخدمين، وتقليل الطاقة الاستيعابية التشغيلية، خاصة خلال فترات الذروة.

٢. تأثير مسارات الوصول إلى السلالم المتحركة

أوضحت نتائج المحاكاة أن المسار المباشر يوفر كفاءة تشغيلية أعلى مقارنة بالمسار الأطول، حيث أدى إلى:

- تقليل مسافة الحركة بنحو (٣٦,٧) متراً، أي بنسبة تقارب ٢٨٪.
- تقليل زمن الانتقال بمقدار (٣٣,٤) ثانية، أي بنسبة تقارب ٢٩٪.

ورغم أفضلية المسار المباشر من حيث الكفاءة، فقد بينت الدراسة أن بعض المسارات البديلة قد تحقق فوائد تشغيلية تتمثل في توزيع التدفقات البشرية، وتقليل الكثافات عند نقاط الانتقال، وتحسين مستويات السلامة خلال أوقات الذروة.

٣. تأثير مسارات الوصول إلى باب السلام

أظهرت الدراسة أن تصميم المسارات المؤدية إلى باب السلام يؤثر بصورة مباشرة على كفاءة الانتقال، حيث أدى استخدام المسار الأطول إلى:

- زيادة مسافة الحركة بنسبة تقارب ٨٩٪ مقارنة بالمسار الأقصر.

- زيادة زمن الرحلة بنسبة تقارب ٧٩٪.

كما أوضحت النتائج أن زيادة طول المسارات وكثرة الالتفافات تؤدي إلى انخفاض انسيابية الحركة، وزيادة احتمالية تشكل الاختناقات، وارتفاع الكثافات البشرية، خاصة عند المنعطفات ومناطق الدمج.

رابعاً: الاستنتاجات الرئيسية

- أكدت الدراسة أن الحواجز التنظيمية ومسارات الحركة تؤثر بصورة مباشرة في كفاءة إدارة الحشود، حيث ينعكس أي تعديل في مواقعها على زمن الرحلة، ومسافة الحركة، والطاقة الاستيعابية للمرافق.
- وأظهرت النتائج أن اختيار البديل التشغيلي الأمثل يتطلب الموازنة بين كفاءة الحركة ومتطلبات السلامة وإدارة الحشود، ولا يعتمد على تقليل المسافة والزمن فقط.
- كما أثبتت الدراسة فاعلية النمذجة والمحاكاة في تقييم البدائل التشغيلية قبل تنفيذها ميدانياً، بما يدعم اتخاذ القرار ويرفع كفاءة تشغيل المرافق.

خامساً: التوصيات

في ضوء النتائج، توصي الدراسة بما يلي:

- تقليل المسافات غير الضرورية الناتجة عن مواقع الحواجز التنظيمية متى ما سمحت المتطلبات التشغيلية.
- إعطاء الأولوية للمسارات الأكثر مباشرة، خصوصاً للفئات الأكثر احتياجاً مثل كبار السن وذوي الإعاقة.
- الموازنة بين تقليل زمن الرحلة ومتطلبات السلامة وإدارة الحشود عند تصميم المسارات.
- اعتماد النمذجة والمحاكاة كأداة أساسية لتقييم البدائل التشغيلية قبل تنفيذها.
- تطوير مؤشرات أداء تشغيلية تشمل زمن الرحلة، والمسافة المقطوعة، والكثافة، ومعدلات التدفق، واستخدامها في التقييم المستمر للخطط التشغيلية.
- إجراء مراجعة دورية للحواجز التنظيمية ومسارات الحركة بما يتوافق مع تغير أنماط الحركة والكثافات الموسمية.
- إجراء دراسات مستقبلية تتناول أثر البدائل التنظيمية على مؤشرات إضافية مثل الكثافات، وأزمنة الانتظار، والطاقة الاستيعابية، ومستويات الخدمة، بما يدعم التطوير المستمر لمنظومة إدارة الحشود داخل المسجد الحرام.



@Hajj_uqu



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



hajj@uqu.edu.sa

