معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج

الملتقى العلمي الخامس لأبحاث الحج

(دراسات منطقة الجمرات)

تصميم جديد لمنطقة الجمرات

إعداد

الدكتور / محمد الحبوبي

قسم هندسة النظم

جامعة الملك فهد للبترول والمعادن

الظهران ٣١٢٦١

الخلاصة

إحدى الشعائر الدينية التي يقوم بها الحجاج في منى هي رمي الجمرات على شاخص وتمثل رمزاً لرجم الشيطان. يصل عدد الحجاج إلى مليوني حاج تقريباً يؤدون هذه الشعيرة على أوقات متفاوتة خلال الأيام الثلاث المعينة للرجم في السنة الهجرية، لكن منطقة الرمي تصبح مزدحمة مما يجعل السقوط على الأرض أحد أهم أخطار السلامة. إن هذا الخطر، بالإضافة إلى عوامل سلامة أخرى يستلزم إعادة تصميم منطقة الجمرات.

يطرح هذا البحث تصميماً جديداً لحل مشكلة السلامة يعتمد تلاقي تقاطع السير، ويتضمن إنشاء ممرات أحادية الاتجاه وتحديد منطقة الرمي بمنطقة دائرية نصف قطرها ١٥ متراً. لقد أجريت تجربة لمعرفة الوقت المستغرق في رمي سبع حصوات وذلك بإنشاء شاخص دائري أسمنتي وقياس الوقت المستغرق على أبعاد متفاوتة واستخدمت المحاكاة لمعرفة وقت انتظار الحجاج لدورهم في الرمي وأجريت المحاكاة لنمط وصول الحجاج حسب رغبتهم ونمط وصول مجدول، فكانت نتائج المحاكاة مشجعة لاعتماد التصميم الجديد، كما يستعرض البحث بعض الأبحاث المتعلقة برمي الجمرات ومناقشتها.

المقدمة

يبلغ عدد الحجاج سنوياً قرابة اثنين مليون حاج يأتون من كل فج عميق لأداء مناسك الحج. إحدى هذه المناسك هي رمي الجمرات في ثلاث أماكن (الجمرة الصغرى، الجمرة الوسطى، وجمرة العقبة) في منى. يتم قذف ٧ حصوات بحجم البندق تقريباً على شاخص محاط بحوض لتجميع الحصى في كل جمرة، وتجمع هذه الحصوات من مزدلفة . تقع الجمرات الثلاث على خط مستقيم والمسافة بين الجمرة الصغرى والوسطى ١٣٥ متر وبين الوسطى والعقبة ٢٢٥متر. يرمي الحجاج جمرة العقبة يوم العاشر من ذي الحجة بينما يرمون الثلاث جمرات في يوم الحادي عشر والثاني عشر من ذي الحجة. لقد ازداد عدد الحجاج خلال العقدين الماضيين بدرجة ملحوظة فتم بناء جسر بعرض ٨٠ متر فوق خط الجمرات لتسهيل عملية الرمي. ومُدَّ الشاخص ليتخرق الجسر حتى يتمكن الحجاج من الرمي على الجسر ومن تحته أيضاً. يحيط بالشاخص حوض دائري الشكل في الجمرة الصغرى والوسطى ونصف دائري لجمرة العقبة ويتراوح قطر الدائرة لهم بين ٥ و ١٥ متراً.

يصل الحجاج لمنطقة الجمرات بأعداد متفاوتة خلال ساعات النهار ويختلف نمط الوصول من يوم لآخر مما يتوجب دراسة الرمي لكل يوم على حدى. يقترب الحاج من الشاخص حسب حالة الزحام وعندما

يصل إلى مسافة مناسبة للرمي فإنه يبدأ ليصيب الشاخص أو الحوض ولكن الغالبية العظمى يفضلون إصابة الشاخص مع رخصة الرمي بالحوض عند بعض المذاهب[١،٢] وعند الخطأ في الإصابة فإنهم يعاودون الرمي لإكمال الإصابة ٧ مرات عند كل جمرة، بعض الحجاج يفضلون الرمي من مسافة قريبة للشاخص ليتأكدوا من الإصابة مما يجعل كثافة الناس حول الشاخص كبيرة. لذلك يفضل جزءاً منهم وبالأخص كبار السن للرمي من مسافة أطول لتفادي الزحام [٣]. من المهم ذكره أن منطقة الجمرات شهدت عدة حوادث أدت إلى وفاة عدداً من الحجاج بسبب التدافع يبقى السبب الرئيسي لهذه الحوادث غير معروف جيداً، لكن من الواضح أن أحد الأسباب الرئيسية هو سير الحجاج العشوائي في تلك المنطقة المزدحمة. لأن الحجاج المنتهين من الرمي يتركون الموقع، أو بالأحرى يدافعون الناس للخروج، بينما يدافع آخرون قادمون لأداء المناسك. فيلتحم الداخل مع الخارج ليولدوا حركة سير غير سليمة يحتمل فيها الوقوع أو ضيق تنفس أو غير ذلك من أخطار السلامة. كما يوجد مصدر خطر آخر وهو وصول حجر خطأ على الوجه أو على مؤخرة الرأس وقد بلغت هذه الحوادث ٢٨% من عدد الحجاج [١]. ومن الممكن أن يتسبب هذا الخطأ بإصابة العين أو جرح أي موقع آخر بالرأس. وبمنأى عن حالات الخطر فإن شدة الزحام يلزم لمس الرجل غير المحرم للمرأة أو العكس مما يخالف التعاليم الإسلامية.

لقد درست مشكلة الجمرات من قبل العديد من الباحثين. فاقترح المهندس عبد العزيز غندورة [٤] بناء جسر متعدد الطوابق ومد الشاخص ليخترق كل الطوابق بدون ذكر عدد الطوابق المطلوبة والتي تحتاج إلى دراسة مستفيضة. كما اقترح د. سامي برهمين والمهندس وائل محرز [٥] باستخدام الجدولة في الوصول إلى منطقة الجمرات (التفويج) وهذا الاقتراح أيضاً بحاجة للاهتمام وعمل دراسة دقيقة. وقد أكد د. سعد القاضي على ضرورة جعل كثافة الحجاج في منطقة الرجم متساوية مما يستلزم توجيه الحجاج للمناطق ذات الكثافة الأقل [٦] لكن هذا الاقتراح يحتاج إلى وسيلة لتوصيل المعلومة بلهجات كثيرة نظراً لتعدد أجناس الحجاج. كما اقترح د. القاضي زيادة مسافة الحوض لكن ذلك سيزيد من مسافة الرمي للذين يحرصون على ضرب الشاخص مما يؤدي لخطأ الهدف ومحاولة الإصابة مرة أو مرات وبذلك يطول زمن الرمي وبوصول حجاج آخرين تزداد الكثافة وتبعاً لذلك الخطورة. لكن الغريب أن مدة الرمي في تلك الدراسة وُجدت غير معتمدة على المسافة من الحوض أو الكثافة وهذا مغاير لما وجد في الدراسة الحالية حيث كانت المسافة عامل مهم. كما وجد د. القاضي أن تغيير شكل الحوض من دائري إلى بيضاوي مع ثبوت المساحة نتج في زيادة طفيفة للتدفق. أما الدكتور شكري سليم والدكتور علاء الرابح [٧] فقد توصلوا إلى نموذج رياضي لتقليل دالة النفقة والذي يمكن أن يمثل عدد الحجاج المنتظرون وقد قسموا منطقة الرمي إلى ثلاثة أقسام : منطقة الرمي، منطقة الانتظار، ومنطقة الوصول إلى الهدف. يمكن استخدام النموذج لمعرفة كمية تدفق الحجاج إلى منطقة الرمي.

أما هذه الدراسة فقد اعتمدت تصميماً جديداً لمنطقة الرمي لتفادي تعارض السير أثناء الرمي وبعده وتقليل احتمال الإصابة بحجر خطأ وتخفيف احتمال لمس أحد الجنسين للآخر، وقد أجريت تجربة لمعرفة علاقة وقت الرمي بالمسافة وتم تطوير نموذج محاكاة باستخدام برنامج (اوسم) لمعرفة صلاحية المخطط المذكور فدلت النتائج على ذلك.

تصميم جديد لمنطقة الرمي

يمكن التحكم بمشكلة تعارض السير وإصابة الحجر بالوجه خطأ بتوجيه سير الحجاج في مسارات متوازية. ويمكن عمل ذلك بنصب حواجز متوازية تمتد من الجمرة الصغرى لجمرة العقبة. يوضح الشكل (١) التصميم الجديد لجمرة واحدة فوق الجسر بصورة سطحية وسيتم التعرف على أجزاء هذا الشكل لاحقاً حسب تدرج البحث.

شكل (١) : رسم مسطح للتصميم الجديد لمنطقة رمي الجمرات تبين ٣٠ مسار، تمثل الدائرة الصغرى الشاخص، والدائرة التي تليها تمثلا الحوض الذي يضم الحصى، والدائرة الكبيرة تحدد منطقة الرمي.

يوجد في الشكل (١) دائرة كبيرة منقطّة تعبر عن منطقة الرمي تحتوي على ثلاثين مساراً خمسة عشر منهم على خط التناظر المار بمركز الدائرة كما يوضح الشكل. إن أقصى مسافة من المحيط للشاخص هي المسافة القصوى المقترحة للرمي وهي ١٥ متر بمعنى أن كل الحجاج داخل الدائرة بإمكانهم الرمي وليس من خارج الدائرة. يدخل الحجاج من جهة الغرب لرمي الجمرات الثلاث في يومي ١١ و ١٢ ذي الحجة أما في اليوم العاشر فيتم رمي جمرة العقبة لوحدها. يكون عرض المسار على نحوٍ يسمح بوقوف الحجاج مقابل الحاجز الأقرب من الشاخص بينما يكون هناك مجالاً للمشي خلف هؤلاء الحجاج القادمين للرمي أو الحجاج المنتهين من الرمي. ومن الجدير بالذكر أن هذا التصميم يساعد لإخلاء المنطقة في حالة الذعر بسبب حدث خطر أو بدونه، حيث يعلم الحجاج بإمكانية السير في اتجاه واحد فقط. وبذلك يمكن تلافي التلاحم البشري والذي عادةً ما يؤدي إلى إصابات خطيرة ووفاة. كما يمكن التحكم في الدخول لمنطقة الرمي وبذلك يسهل إخلاء منطقة الذعر بسلام.

يمكن تصميم عرض المسار بطريقة هندسية تعتمد على عرض جسم الإنسان بحيث يكون عرض المسار كافياً لوقوف شخص مقابل للشاخص وسير آخر في المسار. يتوقف هذا الأمر لجمع مقاسات لأعضاء جسم الإنسان المتعلقة بهذين البعدين من الجنسيات المختلفة المسلمة من ذكر وأنثى، ومراعاة نسبة كل جنسية أثناء الحج والتي تعتبر دراسة بحد ذاتها لكن المؤلف جمع بعض هذه المقاسات لعدد من الرجال [٨] وقد استخدمت نتائج تلك الدراسة كمثال في هذه الدراسة نظراً لقصرها في العدد والجنسيات والجنس لتحديد عرض المسار الذي بلغ ١متر [٩].

وعند ملاحظة الرمي في التجربة التي أجريت في هذه الدراسة والتي سيتم عرضها لاحقاً لُوحظ أن الرامي يشغل حيزاً فحتى يستطيع الرمي بدقة يجب أن يكون هذا الجانب فارغاً من أي أحد أمامه وحيث أن ذلك متعذراً بالنظر إلى زحمة الحجاج في منطقة الرمي فالحل يكمن في جعل المسارات على ارتفاعات متفاوتة بشكل مدرج بحيث يسمح للرامي قذف الحجر من أعلى مستوى رؤوس الحجاج الأقرب للشاخص. من المعلوم أن رمي الشاخص من قبل الحجاج الواقفين على مستوى واحد وسط الزحام يجعل دقة الرمي والتيقن من الإصابة أمران صعبان مما يطيل مدة الرمية وبالتالي زيادة الزحام. فالحل المطروح بعمل مدرج سيحل هاتين المشكلتين. وقد قدر المؤلف فرق الارتفاع بين المسارات المتدرجة بطريقة هندسية لها علاقة بأطوال الناس بمقدار ٦٠ سم [٩] وربما يتعذر تحقيق هكذا ارتفاع لسبب ما فنقول أن أي ارتفاع بين المسارين أفضل من لاشيء. يوضح الشكل (٢) تصميم المدرج بطريقة مقطعية وعدد المسارات المقترحة وهي ١٥ مساراً مع الحوض والشاخص كما يظهر امتداد الشاخص لارتفاع يماثل الواقف على المسار الأبعد وهو رقم ١٥ لتقرب مسافة الرمي لكل مسار. من الجدير بالذكر أنه بالإضافة إلى زيادة فعالية عملية الرمي جراء عمل المدرج فإن إصابة الرؤوس من الخلف ستقل حيث أن رؤوس الحجاج ليست في مستوى رامي الحجارة.

شكل (٢) : رسم جانبي للتصميم الجديد لمنطقة الجمرات يظهر فيه الشاخص والحوض والمسارات الثلاثين على شكل مدرج.

أما بالنسبة للبعد عن الشاخص فإن المسافة المقترحة هي ١٥ متر كحد أقصى كما دلت عليه تجربة الرمي التي ستعرض لاحقاً وعلى ذلك تكون منطقة الرمي دائرية الشكل كما هو موضح في شكل (١) بنصف قطر قدره ٥ر١٦متر ويكون الشاخص في مركز الدائرة. ويقترح المؤلف أن يكون الشاخص دائري الشكل بقطر ١ متر كما هو معمول بالتجربة في هذه الدراسة ويحاط الشاخص بحوض قطره ٣ أمتار لتجميع الحصى ليكون العرض بين جدار الحوض والشاخص بمقدار ثلاث أذرع أو ما يقارب ١ متر كما نص عليه

الفقهاء [١٠] ويلي الحوض ١٥ مسار بعرض ١متر لكل منهم. أما ارتفاع الحواجز بين المسارات فيجب ألا تكون عالية بصورة تحجب رؤية الشاخص ولا قصيرة بحيث تشجع على عبورها فالمقترح أن يكون ارتفاعها على قدر وسط الإنسان المعتدل الطول أي ما يقارب ١ متر وتكون مصنوعة من مادة قوية لتقليص سماكتها قدر الإمكان. ويجب التحكم في عدد الحجاج داخل الدائرة ومعرفة هذا العدد لتجنب الزحام داخل منطقة الرمي وقد قدر المؤلف طاقة كل مسار داخل منطقة الرمي بناءً على معدل عرض جسم الإنسان والمساوية ٥٠ سم [٩] كما هو موضح بالجدول (١) حيث طاقة المسار القريب من الشاخص هي الأعلى ثم تنقص مع البعد عنه.

المسار	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤	١٥
الطاقة	٦٤	٦٤	٦٣	٦٢	٦١	٥٩	٥٨	٥٧	٥٥	٥١	٤٩	٤٥	٤١	٣٢	٢٧

جدول (١) : تقدير طاقة كل مسار.

وحتى يتم التأكد بعدم تجاوز هذه الأرقام لكل مسار يمكن نصب أعمدة على طول المسار داخل منطقة الرمي على الحاجز الأقرب من الشاخص يكون البعد بينهما ٥٠ سم وارتفاع العمود قرابة ٥٠ سم ليقف الحاج بين عمودين لإتمام عملية الرمي. ويمكن التحكم بعدد الحجاج داخل منطقة الرمي من خلال عداد إلكتروني ويد آلية توضع على بداية المسار على محيط دائرة الرمي لتفتح تلقائياً حينما ينقص العدد في مسار ما والذي يدل عليه عداد آخر من الجهة الغربية للمسار على محيط الدائرة. ويجب التركيز أن كل مسار مقسم لقسمين طولاً أحدهما الجانب الأقرب إلى الشاخص وذلك مخصص للرمي والجانب الآخر هو الأبعد من الشاخص ويخصص لمسي فقط. من الملاحظ أن هذا الترتيب يجعل عملية الرمي مستقلة من حاج لآخر فربّما طالت مدة الرمي لأحدهم بسبب خلل في دقة الرمي أو لأنه موكل للرمي عن آخرين فإن هذا الشخص لا يؤثر على سير المشي بل بالإمكان أن يأتي أحد بعده ويكمل الرمي قبله ويغادر بدون حدوث ارتباك في المشي. كما يستحسن إنشاء شبكة دقيقة تمنع مرور الحجارة على خط التناظر في دائرة الرمي لمنع إصابة الحجاج بعضهم البعض في الوجه.

إن مبدأ التحكم في عدد الحجاج داخل الدائرة يعني احتمال انتظار البعض خارجها. يكون إعلام الحاج بالسماح له بالدخول أو عدمه من خلال إشارة ضوئية حمراء وخضراء على كل مسار فالحمراء تعني الانتظار والخضراء تعني السماح بالدخول لمنطقة الرمي وتكون هذه الإشارات متصلة مع العداد الإلكتروني آنف الذكر لتغيير الإشارة من لون لآخر. فإذا تحولت الإشارة إلى خضراء رُفعت اليد تلقائياً ليدخل الحاج باحثاً عن مكان شاغر للرمي.

التجربة

هدف التجربة هو التعرف على أوقات رمي الجمرات على مسافات متفاوتة واستخراج توزيع الوقت كما هو معروف في علم الإحصاء وذلك مطلوب لنموذج المحاكاة. تم اختيار مكان مناسب للتجربة داخل محيط جامعة الملك فهد للبترول والمعادن وتم نصب هدف أسمنتي دائري يمثل الشاخص بقطر يساوي ٦ر١متر وارتفاع ٤ر٣ متر ووضعت ١٥ علامة تبعد عن بعضها ١ متر لتحدد موضع الرمي على الهدف فتكون أبعد علامة على بعد ١٥ مترا من الشاخص وقد اختير موضع العلامات بصورة تسمح للشخص الرمي بدون مؤثرات مثل أشعة الشمس واتجاه الهواء. وشارك في التجربة ٣٤ من أعضاء هيئة التدريس والموظفين و٧٠ طالباً. وكانت تجربة الرمي تجري بين الساعة الواحدة والخامسة بعد الظهر بألبسة خفيفة بدون تغطية الرأس. يحمل المشارك مجموعة من الحصي تم اختيار حجمها مسبقاً لتكون متقاربة لحجم الحصوات المستعملة في الحج ويقف عند أحد العلامات الموضوعة بعد اختيارها عشوائياً ويتم الرمي لإصابة الشاخص سبع مرات بينما يحسب أحد العاملين في التجربة الوقت بساعة رقمية. ثم يتم اختيار

موضع آخر عشوائياً وتعاد العملية لكل المواضع. يضم جدول (٢) توزيع الوقت لفئتي الطلبة والمدرسين مع معدل الوقت ومعدل الخطأ في الإصابة لكل موضع من المواضع الخمسة عشر وتم التعرف على هذه التوزيعات بطرق إحصائية كما ذكره الباحث [٩]. يلاحظ من معدل الوقت أنه يزداد حسب طول المسافة عن الشاخص كما يلاحظ أن معدل الوقت عند المدرسين أطول منه لدى الطلبة كمؤشر على أهمية عامل العمر (متوسط عمر الطلبة ٩ر٢١ سنة ومتوسط عمر المدرسين ٣ر٣٩ سنة) وممكن أن يكون السبب هو ارتفاع معدل خطأ الإصابة لدى المدرسين عنه لدى الطلبة كما هو واضح في جدول (٢).

	الأساتذة		الطلبة	
المسار	معدل الوقت	معدل الخطأ	معدل الوقت	معدل الخطأ
١	٨.٦	٠.٠	٧.٦	٠.٠
٢	٩.١	٠.٠	٨.٠	٠.٠
٣	١٠.٢	٠.١	٩.٠	٠.٠
٤	١٠.٦	٠.٠	٩.٤	٠.٠
٥	١١.٣	٠.١	١٠.٤	٠.١
٦	١١.٧	٠,١	١٠.٨	٠.٢
٧	١٣.٢	٠.٢	١١.٦	٠.٧
٨	١٥.٤	٠.٧	١٣.٢	١.٣
٩	١٦.٢	٠,٩	١٣.٧	١.٤
١٠	٢١.٠	١,٦	١٥.٢	٢.١
١١	٢٢,٢	٢.٤	١٧.٠	٢.٤
١٢	٢٤.١	٢.٥	١٩.٨	٣.٢
١٣	٣٠.٩	٤.٤	٢٣.٤	٤.٢
١٤	٣٧.٥	٨.٦	٢٥.١	٥.٥
١٥	٤٤.٦	١٠.١	٣١.٤	٧.٣

جدول (٢) : معدل مدة الرمي وخطأ الإصابة للأساتذة والطلبة.

نموذج المحاكاة

لقد استخدم برنامج(اوسم) لمحاكاة رمي الحصى على الهدف. إن الغرض من هذا الاستخدام هو تحليل وقت الانتظار وأعداد المنتظرين خارج منطقة الرمي لنتمكن من تحديد جدوى التصميم الجديد لمنطقة الجمرات. إن نموذج المحاكاة يحتاج إلى نمط وصل الحجاج إلى منطقة الجمرات والمدة المستغرقة للرمي. بالنسبة لوقت الوصول فقد استخدم الباحث أوقات الوصول يوم العاشر من ذي الحجة لسنة ١٤٠٣هـ [١١]. واستنتج النسبة المئوية لأعداد الواصلين خلال أنصاف الساعة كما هو مبين في جدول (٣) والغرض من ذلك التعرف على نمط الوصول بالنسبة المئوية ومن ثم تحويل ذلك إلى عدد الواصلين خلال نصف ساعة (بضرب النسبة المئوية بعدد الحجاج الكلي). أما بالنسبة للوقت المستغرق للرمي فكما هو مبين في جدول (٢) مقسماً حسب فئة المدرسين والطلبة، وقد عُمل النموذج ليشمل عدداً من الحجاج الموكلين للرمي عن غيرهم [٩]. حيث لوحظ أن حوالي ٢١% من الحجاج يوكّلون غيرهم في رمي الجمرات وبالنسبة لفكرة الخادم (Server) في المحاكاة فإن ما يماثله في النموذج هنا هو المكان المعد للرمي فإذا كان المكان فارغاً

فممكن لأحد الحجاج الدخول لمنطقة الجمرات وشغله بالرمي وعليه يجب تحديد عدد الأماكن المعّدة للرمي ومسافاتها من الشاخص لأن مدة الرمي تعتمد على المسافة كما ذُكر سابقاً، وقد تم عد تلك الأماكن وبلغت ١٥٦٦ مكاناً ودونت في جدول (٤). وبالنسبة لفكرة طابور الانتظار في المحاكاة فإن المستخدم هو طابور واحد لكل منطقة رمي. وإذا كان هناك خيار للحاج للرمي من منطقتين متفاوتة المسافة فإن النموذج يفترض أنه سيختار المسافة القريبة من الشاخص كما هو متوقع من تصرف الحاج. ومن ثم يتم اختيار وقت للرمي حسب التوزيعات المعتمدة لكل مسافة. بالإضافة لوقت الرمي يجب الأخذ بعين الاعتبار مدة المشي من مدخل منطقة الرمي إلى مكان الرمي ومن ذلك الموضع لمخرج منطقة الرمي. وقد قدرت هذه المدة كما مبين في جدول (٥) بناءً على سرعة مشي ٢كم / الساعة و ٣كم / ساعة. وقد تم محاكاة النموذج باستخدام أوقات المدرسين حيث أن أعمارهم أقرب إلى عمر الحجاج.

بداية وقت الفترة	النسبة المئوية	بداية وقت الفترة	النسبة المئوية	بداية وقت الفترة	النسبة المئوية
٥:٣٠	٢.١٥	١٠:٣٠	٦.٣٠	٣:٣٠	٠.٦٥
٦:٠٠	٤.٠٠	١١:٠٠	٥.٤٥	٤:٠٠	٠.٦٥
٦:٣٠	٥.٤٥	١١:٣٠	٤.٥٥	٤:٣٠	٠.٧٠
٧:٠٠	٦.٨٠	١٢:٠٠	٣.٥٥	٥:٠٠	١.٣٠
٧:٣٠	٧.٤٠	١٢:٣٠	٢.٥٥	٥:٣٠	١.٩٥
٨:٠٠	٨.٦٥	١:٠٠	١.٦٠	٦:٠٠	٢.٣٠
٨:٣٠	٧.٠٥	١:٣٠	١.٣٠	٦:٣٠	٠.٣٥
٩:٠٠	٧.١٥	٢:٠٠	١.١٥	٧:٠٠	٠.٢٠
٩:٣٠	٧.٣٠	٢:٣٠	١.١٥	٧:٣٠	٠.٤٥
١٠:٠٠	٦.٩٠	٣:٠٠	٠.٩٠		

جدول (٣) : تقدير عدد الواصلين لمنطقة الجمرات بالنسبة المئوية وذلك حسب

رغبتهم في اختيار وقت الرمي [١١] يلاحظ أن مدة الرمي هي : ١٤.٥ ساعة وتبدأ من الساعة ٣٠ : ٥ صباحاً.

افة (متر)	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤
الأماكن	١٤	٣٠	٤٢	٥٤	٦٢	٧٨	٩٤	١١٠	١١٨	١٣٨	١٤٢	١٥٠	١٦٦	١٧٨

جدول (٤) : عدد الأماكن المتاحة على كل مساحة من الشاخص

النتائج المناقشة

يجب الإشارة إلى أن البيانات المعمول بها لمحاكاة النموذج هي عبارة عن مثال للبيانات اللازمة لاتخاذ القرار. فبناءاً على البيانات المجموعة من التجربة تم عمل محاكاة لنموذج وتكرارها ٣٠ مرة حتى تكون النتائج غير معتمدة على قراءة واحدة. و كان الهدف هو تقليص وقت الانتظار. ودوّنت النتائج في شكل (٣) وشكل (٤). وقد كانت مدة الرمي تتراوح بين ١٢ ساعة و ٥ر١٤ ساعة حيث إن مدة الرمي هي ٥ر١٤ ساعة في اليوم العاشر من ذي الحجة سنة ١٤٠٣هـ [١١] كما كان الوصول إلى منطقة الجمرة الكبرى حسب رغبة الناس وهو ما يعتبر بلغة الإحصاء بالتوزيع العشوائي. كما هو موضح في شكل (٣)

حيث كانت ذروة الوصول بين الساعة السابعة والحادية عشر صباحاً ويشمل ذلك غالبية الحجاج. أما بالنسبة لوقت الرمي عام ١٤٢٥هـ هو يقارب نصف اليوم تقريباً. ويقترح الباحث جدولة الوصول (التفويج) لتلافي أوقات الذروة والتي تؤدي إلى الزحام الغير مرغوب فيه حيث على ذلك الأساس تصل أفواج الحجيج بأعداد متساوية طيلة فترة النهار ولا يوجد لدى الباحث نمط وصول عشوائي في السنين المتأخرة مثل الموجود سنة ١٤٠٣هـ . ودونت نتائج المحاكاة الثلاثين لكل حالة على أساس المعدل كما هو مبين في شكل (٣) و شكل (٤).

١- الوصول حسب رغبة الحاج ومدة الرمي هي : ٥ر١٤ ساعة.

٢- الوصول مجدول بعدد متساوٍ خلال مدة الرمي وهي : ١٢ ساعة.

٣- الوصول مجدول بعدد متساوٍ خلال مدة الرمي وهي : ٥ر١٤ ساعة.

شكل (٣) : نتائج المحاكاة مبينة طاقة منطقة الرمي التي ينعدم فيها الانتظار تقريباً (حسب ٣٠ محاكاة للحالة الواحدة).

يتضح من شكل (٣) أن عدد الحجاج الذين يمكن استيعابهم في منطقة الرمي يزداد بقدر الضعف بسبب جدولة الوصول (الحالة ١ مقارنة بالحالة ٣ في شكل ٣) وإنه كلما زادت مدة الرمي كلما ساعد ذلك على استيعاب عدد أكبر (الحالة ١ مقارنة بالحالة ٢ في شكل ٣) واختلاف مدة الرمي نهاراً تكون باختلاف فصل السنة فإذا وقع شهر ذو الحجة في فصل الصيف كان النهار أطول منه في فصل الشتاء. كما يبين الشكل (٣) تأثير سرعة المشي داخل منطقة الرمي على طاقة منطقة الرمي مقدرة بأعداد الحجاج حيث وجدت مؤثرة في الحالة ١ والحالة ٢ بينما تقلص تأثير السرعة في الحالة ٣، حيث تساوت الطاقة لكلا السرعتين لتصل إلى ٥٧٢ ١٤٢٦ حاج ومن المعلوم أن هذه الحالة هي الأفضل لأن طاقة منطقة الرمي هي الأعلى بين الحالات الثلاث. هنا تجدر الإشارة إلى أن هذه الأعداد تعود لمنطقة الرمي في مستوى واحد كمستوى جسر الجمرات مثلاً. فإذا ما دخل في الحساب أعداد المستوى الأرضي فإنه يصبح الضعف بالنسبة للجمرة الوسطى والصغرى لأن كل منها يتشابه في المستوين وربما يزداد العدد لمرة ونصف بالنسبة لجمرة العقبة لأن المستوى الأرضي لا يمثل دائرة كاملة.

وإذا أخذنا مدة الرمي ١٢ ساعة كفترة النهار المسموح بها الرمي خلال عام ١٤٢٥هـ فنرى أن عدد الحجاج الممكن استيعابهم يتراوح بين ١٢٨٥٢٠٠ و ١٤٢٦٥٧٢ فإذا تضاعف هذا العدد فإنه سيشمل عدد الحجاج القادمين فعلاً وهو قرابة ٢ مليون نسمة وعلى هذا يكون الجسر مع الطابق الأرضي كافيين لاستيعاب أعداد الحجاج خلال هذه السنين.

ويبين شكل (٤)زيادة نسبة استخدام منطقة الرمي خلال السرعة الأبطأ حيث يكون وقت خروج الحجاج من منطقة الرمي أطول. كما يبين الشكل أن في الحالة رقم ٣ وبسرعة مشي ٢كم / الساعة تصل نسبة الاستخدام إلى ٤ر٩٧% أي أن قرابة المنطقة بأكملها منشغلة خلال فترة الرمي.

١- الوصول حسب رغبة الحاج ومدة الرمي هي : ٥ر١٤ ساعة.

٢- الوصول مجدول بعدد متساوٍ خلال مدة الرمي وهي : ١٢ ساعة.

٣- الوصول مجدول بعدد متساوٍ خلال مدة الرمي وهي : ٥ر١٤ ساعة.

شكل (٤) : نتائج المحاكاة مبينة نسبة استخدام منطقة الرمي التي ينعدم فيها الانتظار تقريباً (حسب ٣٠ محاكاة للحالة الواحدة).

وهنا تجدر الإشارة مرة أخرى أن هذه النتائج لا يعتمد عليها في اتخاذ القرار لأن المحاكاة استندت على معلومات محصورة على فئة معيّنة وهم أساتذة الجامعة. فعليه يجب جمع أوقات الرمي لفئات مختلفة من جهة العمر، والجنس، التعليم، والجنسية ويكون تحديد عدد المشاركين بطريقة الإحصاء، ويمكن استخدام نموذج المحاكاة الحالي لاستخراج نتائج عن طاقة منطقة الرمي كما رأينا سابقاً. كما يستحسن أن تجرى التجربة بمحيط يشعر فيه المشارك بزحمة الناس كما يؤول إليه الحال حين يستخدم التصميم الجديد. بالإضافة إلى تحديث أوقات ووصل الحجاج لمنطقة الرمي إذا كانت هناك نية في عدم استخدام الجدولة. والنقطة الأخيرة تشمل إيجاد التوزيع الذي يمثل أعداد الموكلين لشخصٍ ما حتى يتم ضم ذلك للنموذج.

النتيجة

يوصي الباحث بجمع معلومات عن الوقت المستغرق في الرمي عن طريق تجربة ضم أعداداً من الناس تشبه حالة الحجاج من حيث العمر، الجنس، الجنسية، والتعليم، واستخدام نموذج المحاكاة في هذه الدراسة كي يمكن اتخاذ قراراً باستخدام التصميم الجديد لمنطقة الجمرات لكن النتائج الأولية خلال هذا البحث تعتبر مبشرّة.

المراجع

[١] مركز أبحاث الحج، ١٤١٠هـ " دراسة الجمرات " صفحة ١٢ – ١٧.

[٢] مركز أبحاث الحج، ١٤٠٤هـ " دراسة الوضع الحالي ووسائل تطويره " صفحة ٢٠ – ٢٢.

[٣] عبد الرحيم الزهراني، ١٤٠٩هـ " متطلبات الحجاج من كبار السن والمعوقين أثناء أداء شعائر الحج ". وقائع ندوة النقل في الحج صفحة ١٢٥ – ١٤٣.

[٤] عبد العزيز غندورة ، ١٤٠٨هـ " حلول مقترحة للطواف والسعي ورمي الجمرات والسكن والنقل في كل من مكة المكرمة والمشاعر ". وقائع ندوة النقل في الحج، صفحة ١٠٥ – ١٢١.

[٥] سامي برهمين و وائل محرز ، ١٤٠٩هـ . " دراسة تحليلية لطرق المشاة بوادي منى ". وقائع ندوة النقل في الحج، صفحة ٩٧ – ١١٧.

[٦] سعد القاضي، ١٩٩٠م " خصوصية حركة وتصرف التجمع ". رسالة دكتوراه غير منشورة.

[٧] شكري سليم وعلاء الرابح ١٩٩١م، " نمذجة تدفق المشاة في جسر الجمرات " ,مجلة علوم النقل مجلد ٢٥ ، ة ٢٥٧ – ٢٦٣.

[٨] محمد الحبوبي ١٩٩٢م، " أبعاد الجسم لجينات مختلفة ،مجلة ارقونمكس التطبيقية مجلد ٢٣، صفحة ١٩١ – ١٩٦.

[٩] محمد الحبوبي ٢٠٠٤م، " تصميم جديد لمنطقة الجمرات ،المجلة العربية للعلوم والهندسة مجلد ٢٨ ، صفحة ١٣١ – ١٤٢.

[١٠] شرف بن علي الشريف ، ١٤١٠ هـ ، " رمي الجمرات وما يتعلق به من أحكام دراسة مقارنة في الفقه الإسلامي " . معهد البحوث العلمية وإحياء التراث الإسلامي . جامعة أم القرى.

[١١] سامي عنقاوي وأمين يونس، ١٤٠٧هـ ، " مقترحات لرفع كفاءة أداء المشاريع والخدمات لمناطق المشاعر " . وقائع ندوة النقل في الحج. صفحة ٣٩ – ٥٦.