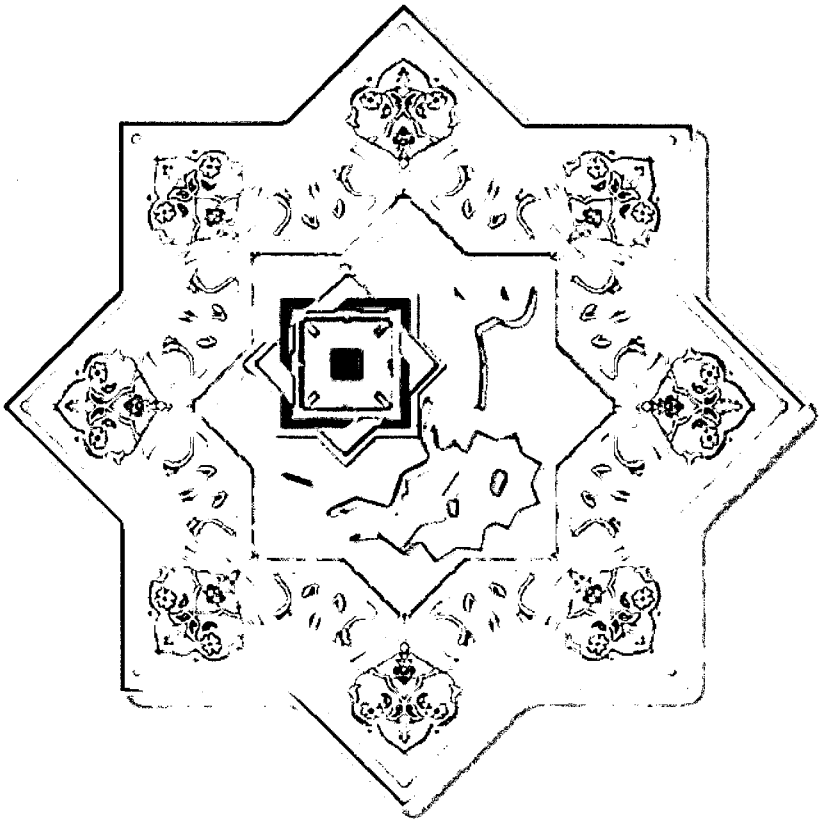
المملكة العربية السعودية
وزارة التعليم العالي
جامعة أم القرى
معهد خادم الحرمين الشرفين لأبحاث الحج



استخدام المحاكاة الحاسوبية في دراسة نظام النقل بالحركة الترددية في موسم حج ١٤٢٢ هـ

د / سهل بن عبدالله الصبان ـ وزارة الحج
د / حسام محمد رمضان – جامعة الملك سعود

١ – ٣ ذوالقعدة ١٤٢٣هـ

استخدام المحاكاة الحاسوبية في دراسة نظام نقل الحجاج بالرحلات الترددية في موسم حج ١٤٢٢هـ

د. حسام بن محمد رمضان

وكيل كلية علوم الحاسب والمعلومات

جامعة الملك سعود

د. سهل بن عبد الله سرور الصبان

وكيل وزارة الحج المساعد لشئون المشاريع والمشاعر المقدسة

رئيس المجلس التنسيقي للنقل بالرحلات الترددية

وزارة الحج

المحتويات

رقم الفقرة	الفقرة	رقم الصفحة
	ملخص	٣
١	مقدمة	٤
٢	تصميم نموذج المحاكاة التصوري	٥
٣	اختيار لغة وبيئة المحاكاة الحاسوبية	٨
٤	تصميم نموذج المحاكاة الحاسوبية باستخدام (Arena)	٩
٥	الخاتمة والتوصيات	١٠
	المراجع	١١

ملخص

يعتمد نظام النقل بالرحلات الترددية أثناء نفرة الحجيج من عرفات إلى مزدلفة ثم من مزدلفة إلى منى على استخدام مسارات مغلقة ذهاباً وإياباً. وقد جرى تطبيق هذا النظام على فئة حجاج تركيا ومسلمي أوروبا وأمريكا واستراليا، . ونظراً للنجاح الكبير الذي تحقق في نقل الحجاج بين المشاعر المقدسة باستخدام الحافلات الترددية سواء من حيث اختصار زمن النقل أو تقليل عدد الحافلات المستخدمة أو تقليل التلوث البيئي أو رفع كفاءة استخدامات الأراضي، يتم حالياً التوسع في تطبيق هذا النظام على مراحل وبالتدريج ليشمل كافة فئات الحجاج بدءً بحجاج جنوب شرق آسيا ، ومن الطبيعي أن تخصيص الموارد من أجل عملية التوسع في التطبيق تحمل في حد ذاتها تحدياً حيث ان نجاح تطبيق التجربة على فئة لا تتعدى المئتي ألف حاج يعني ويتطلب بالضرورة استمرار نجاحها عند مضاعفة هذا العدد عدة مرات في ظل القيود الكثيرة التي تحد من إمكانية تسخير الموارد سواء القيود المكانية أو الزمانية.

لذا، فإنه من المهم إجراء الدراسات اللازمة قبل الشروع في تطبيق خطة التوسع في تشغيل نظام النقل بالرحلات الترددية لنمذجة خصائص هذا النظام وأوجه التميز والمحددات فيه والتنبؤ بما يمكن أن ينتج عن تطبيق التجربة . وتعتبر المحاكاة الحاسوبية من أكثر وسائل دعم اتخاذ القرار فاعلية في هذا الصدد.

وفي هذه الورقة، سوف نستعرض ما تم إنجازه من مشروع دراسة نظام نقل الحجاج بالرحلات الترددية أثناء النفرة من عرفات إلى مزدلفة ثم من مزدلفة إلى منى باستخدام نماذج المحاكاة وفقاً لما تم جمعه من بيانات إحصائية وما تم إجراءه من مسح ميداني للمواقع الرئيسية في النظام أثناء موسم حج ١٤٢٢هـ، والذي يقوم به المجلس التنسيقي للنقل بالرحلات الترددي (بإشراف وزارة الحج) بالاشتراك مع جمعية الحاسبات السعودية بجامعة الملك سعود. و نقوم بعد ذلك باستخدام هذا النموذج لإجراء سلسلة من التجارب بهدف الوصول إلى فهم أعمق لتفاصيل هذا النظام وحدوده، مما يساهم في إعطاء تصور أوضح حول إمكانية رفع كفاءته التشغيلية مستقبلاً وأفضل السبل إلى تحقيق التوسع فيه.

١- مقدمة

نظراً لما يمثله الحج من تجمع بشري فريد يمثل تحدياً في تنظيمه وإمكانية تقديم الخدمات فيه من سكن ونقل وتغذية ورعاية صحية لأكثر من مليوني حاج، فقد حظت عملية تطوير أساليب النقل للحجاج بين المشاعر المقدسة باهتمام كبير من قبل المسؤولين والباحثين ، حيث تعاني الحركة المرورية من مشكلات عدة تتمثل في التأخير والازدحام الشديدين، مع تدني مستوى الخدمات على الطرق أثناء الزحام وارتفاع نسبة الملوثات الهوائية. وخلال العشر سنوات الأخيرة، توالت الدراسات المتعلقة بنظام نقل الحجاج وبالذات أثناء نفرة الحجاج من عرفات إلى مزدلفة ثم إلى منى، لما تعانيه هذه المرحلة من مراحل النقل في الحج من مشكلات معقدة نظراً للحركة المتزامنة لآلاف المركبات على الطرق المؤدية من عرفات إلى مزدلفة ثم من مزدلفة إلى منى في فترة زمنية محدودة. فعلى سبيل المثال، قام عبد المجيد وآخرون [١٠، ١٤، ١٦] خلال الأعوام من ١٩٩٠م إلى ١٩٩٥م بدراسة لتقويم حركة المركبات أثناء النفرة ولقياس مقدار التأخر لكل من المركبات والمشاة. ومن الملفت للنظر في نتائج تلك الدراسات أن متوسط زمن الرحلة للمركبات في موسم حج ١٤١٤هـ من عرفات إلى مزدلفة بلغ ٣ ساعات بينما لم يتجاوز للحجاج المشاة ساعتين فقط .

وقد تطرق تقرير من وزارة المواصلات في ١٤١٢هـ إلى اقتراح تطبيق استخدام الرحلات المكوكية بالحافلات بين عرفات ومزدلفة [١٥]. كما أشار التقرير الموحد للجنة الحركة والنقل لعام ١٤١٣ هـ الذي شارك في إعداده العديد من الجهات المشاركة في الحج إلى ضرورة البدء في تطبيق نقل الحجاج بين المشاعر بالحافلات المكوكية عبر طرق مستقلة. كما ظهرت دراسة لعثمان عام ١٤١٣هـ [١٣] تقترح استخدام نظام نقل الحجاج باستخدام الرحلات الترددية أثناء النفرة. ثم أعقب ذلك إجراء دراسة عن إمكانية تطبيق الفكرة عملياً صادرة عن معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج في ١٤١٦هـ [١١]. وقد كان أول تطبيق عملي لمشروع الرحلات الترددية في النفرة في موسم حجم ١٤١٦هـ وذلك لمرحلة عرفات مزدلفة فقط، وكان التطبيق على حجاج مؤسسة تركيا ومسلمي أوروبا وأمريكا واستراليا ولعدد ١٣٠ ألف حاج. وقد تطلب ذلك إنجاز العديد من المهام لتهيئة كافة الاستعدادات للتطبيق من إنشاء حواجز لطريق الترددية وتهيئة مخزن للحافلات وتجهيزه ووضع خطط التشغيل لجميع الجهات المشاركة في تنفيذ المشروع. ثم أعيدت تجربة الرحلات الترددية في النفرة خلال مواسم الحج من ١٤١٧هـ وحتى ١٤٢١هـ بعد إضافة مرحلة مزدلفة – منى إلى المشروع ، وذلك بنجاح باهر كما تشير تقارير معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج [٨] .

ومن الممكن تلخيص أهداف مشروع استخدام الرحلات الترددية في النفرة حسب ما ورد في الدراسات السابقة كالتالي :

١. تقليل متوسط زمن انتقال الحجاج بين المشاعر المقدسة إلى أدنى حد ممكن .

٢. تقليل عدد الحافلات المطلوبة لنقل الحجاج في المدة الزمنية المتاحة للنقل إلى أقل حد ممكن.

٣. تخفيف معاناة الحجاج في الانتقال أثناء النفرة .

٤. تحسين استخدامات المساحات الخالية بعرفات ومزدلفة ومنى وتسخيرها لأغراض خدمة الحجاج وإعاشتهم بعد أن كانت مواقف للحافلات نتيجة لانخفاض عدد الحافلات المشاركة .

وتعتبر الدراسة الحالية امتداداً لتلك الجهود والدراسات المبذولة من كافة قطاعات الدولة ذات العلاقة بالنقل في الحج، حيث يساهم المجلس التنسيقي للنقل بالرحلات الترددية - والذي تشرف عليه وزارة الحج- من خلال هذه الدراسة بتوظيف تقنيات النمذجة والمحاكاة الحاسوبية في تمثيل عملية نقل الحجاج بالرحلات الترددية أثناء النفرة على الحاسب الآلي بغرض دراسة خصائصها وفهم طبيعة العوامل الأكثر تأثيراً في أدائها ، مما يساعد في الوصول إلى الأساليب والحلول التي من شأنها رفع كفاءة مشروع نقل الحجاج في النفرة باستخدام الرحلات الترددية والتغلب على أي مشكلات قد توجد به حالياً. كما ستساهم الدراسة الحالية في وضع تصور دقيق لأفضل الخيارات المستقبلية للتوسع في تطبيق المشروع لنقل باقي فئات الحجاج بدءاً بحجاج جنوب شرق آسيا.

٢- تصميم نموذج المحاكاة التصوري

بناء على ما تم جمعه من بيانات إحصائية زمنية ومكانية خلال موسم حج ١٤٢٢هـ، وبناء على ما تم الحصول عليه من المختصين حول الأبعاد المساحية للمواقع على مسار الرحلات الترددية بالمشاعر المقدسة، فقد تم خلال المشروع الحالي بناء نموذج محاكاة تصوري للنظام حسب ما يلي:

١- تمثيل التسلسل المنطقي لعملية نقل الحجاج بالرحلات الترددية أثناء النفرة على شكل نموذج افتراضي بواسطة الخرائط المنطقية (Flow Charts) حسب القواعد المتبعة في هذا المجال.

٢- تمثيل المواقع الجغرافية والمعالم الرئيسية للطريق على هيئة خارطة تعكس الأبعاد الهندسية لتلك المعالم والمسافات الطولية حسب ما تم جمعه من معلومات مساحية عن مسار الرحلات الترددية.

٣- استخدام البيانات الإحصائية المستخلصة من موسم حج ١٤٢٢هـ في استنتاج المواصفات الإحصائية للأزمنة العشوائية في النموذج مثل : زمن إركاب الحجاج – زمن إنزال الحجاج.

٤- وضع توصيف مناسب لحركة وتفاعل الحافلات في منطقة البوابات وذلك على النحو التالي:

- تتوجه الحافلة من المسار الأيسر للطريق أمام مجموعة الخدمة الميدانية الخاصة بها إلى بوابة (A) إذا كانت البوابة غير مشغولة بحافلة أخرى.
- إذا كانت بوابة (A) مشغولة، تتوجه الحافلة من المسار الأيسر للطريق إلى بوابة (B) ، إذا كانت غير مشغولة بحافلة أخرى.

- إذا كانت كل من بوابة (A) و (B) مشغولتين تنتظر الحافلة لفترة وجيزة ثم تعاود المحاولة للدخول لإحدى البوابتين، بدون تعطيل المسار الأيسر للطريق أمام البوابات والذي تمر منه باقي الحافلات.

- بعد التحميل، تنطلق الحافلة من البوابة إلى المسار الأيسر للطريق مرة أخرى في طريقها إلى بوابات الإنزال.

٥- أخذ في الحسبان الترقيم الواقعي للبوابات والترقيم المناظر للحافلات (عن طريق اللوحات)، وكذلك المسافات الطولية الفعلية بين مواقع مجموعات الخدمة الميدانية.

٦- تم استخدام العدد الفعلي من الحجاج لدى كل مجموعة خدمة ميدانية بناء على ما أفاد به المختصون بمؤسسة حجاج تركيا ومسلمي أوروبا وأمريكا واستراليا عن موسم حج ١٤٢٢هـ.

٧- تم افتراض نهاية المحاكاة عند اللحظة التي يتم فيها إخلاء جميع الحجاج من مواقع مجموعاتهم في عرفات ومزدلفة.

٨- أخذ في الحسبان البوابات الواقعة بين مزدلفة ومنى للمجموعات أرقام ١٩ – ٢٣ والتي ينقل إليها الحجاج مباشرة من عرفات ولا ينقلون بعدها إلى منى والمعروفة باسم "مخيمات الظل".

٩- تم افتراض خروج قوافل الحافلات من المخزن إلى عرفات بمعدل تقاطر ٣ دقائق حسبما ورد في الخطة التشغيلية للنقابة العامة للسيارات لموسم حج ١٤٢٢هـ وانحراف معياري قدره ٣ر٠ دقيقة، بينما تم افتراض خروج قوافل الحافلات من المخزن إلى مزدلفة بمعدل تقاطر ٣٠ دقيقة منذ ١٢ مساءاً و٧ دقائق بعد الثالثة صباحاً.

١٠- تم نمذجة مخزن الحافلات كمصدر لضخ الحافلات وتخزينها بدون أخذ التفاصيل الداخلية للمخزن في الاعتبار ، نظراً لعدم أهميتها بالنسبة لأداء النظام وخصائصه.

١١- أخذت الهضبة الواقعة شرق مزدلفة على طريق ٩ الجنوبي في عين الاعتبار، حيث تم مراعاة انخفاض سرعة الحافلات بشكل كبير أثناء الصعود حسب بيانات حج ١٤٢٢.

١٢- أخذ في عين الاعتبار تأثير مرحلة عرفات – مزدلفة ومزدلفة – منى على النموذج عن طريق دمج نموذجي المرحلتين ليصبحا برنامجاً واحداً يمثل نموذج محاكاة شامل لليلة النفرة، حيث تمثل ساعة الصفر فيه لحظة غروب شمس يوم عرفه (حوالي ٦ مساءاً)، وينتهي بانتهاء نقل جميع حجاج مرحلة مزدلفة – منى إلى مخيماتهم بمنى بعد شروق الشمس ضحى يوم العاشر من ذي الحجة.

١٣- أدخل قطع المشاة عرضياً لمسار الترددية في الحسبان في مرحلة مزدلفة– منى، حيث تم تحديد موقعين لقطع المشاة بحسب ما أفادت به مؤسسة حجاج تركيا ومسلمي أوروبا

وأمريكا واستراليا حول هذا الموضوع، أحدهما عند مستشفى منى الوادي حيث يقطع حجاج المؤسسة الطريق من ١٢ مساءاً إلى ما بعد شروق الشمس للعودة للمخيمات. أما الموقع الآخر فهو يقع بالقرب من فرقة الدفاع المدني بالقرب من مخيمات الظل حيث يعبر حجاج من غير حجاج المؤسسة للذهاب إلى المجزرة، وذلك من شروق الشمس فصاعداً. وقد تم افتراض متوسط زمن تقاطر أفواج مشاة المؤسسة حوالي ٥ دقائق، كما تم افتراض أن عدد ٢٠ ألف حاج من حجاج المؤسسة ينتقلون من مزدلفة إلى منى مشياً على الأقدام ويقطعون الطريق عند مستشفى منى الوادي في جماعات تبلغ حوالي ٢٥٠ حاج في المتوسط، بينما ورد من المؤسسة أن عدد الحجاج المشاة من غير حجاج المؤسسة غير معروف، لذا فقد تم افتراض قطع مجموعات تبلغ حوالي ٢٥٠ حاج في المتوسط للطريق من أمام فرقة الدفاع المدني بمعدل تقاطر ٣ دقائق في المتوسط من شروق الشمس فصاعداً.

١٤- تمثيل الحجاج المتعجلين الذين ينقلون قبل منتصف الليل (الثامنة مساءاً) بواسطة حافلات منع الافتراش من مزدلفة إلى منى، على افتراض انطلاق هذه الحافلات في تمام الثامنة مساءاً بعدد ٢٦ حافلة من المخزن كقافلة واحدة، وقيامها بخمسة ردود لعدد من المجموعات الميدانية بين مزدلفة ومنى لنقل ما مجموعه ٦٥٠٠ حاج، ثم تعود بعدها إلى المخزن .

١٥- تمثيل الحافلات المساندة التي يتم بها نقل ما تبقى من الحجاج (خاصة حجاج مجموعات غرب أوروبا) من شروق الشمس من مزدلفة إلى منى عن طريق التحميل الخلفي من طريق المشاة ثم الخروج من فتحة قرب دوران مزدلفة الشرقي بمزدلفة، ومن ثم التوجه إلى مخيمات منى ثم العودة إلى المخزن. ويبلغ عدد هذه الحافلات ١٣٨ حافلة تكون مخزنة خلف بوابات مزدلفة وتقوم بعمل رد واحد في آخر المرحلة لنقل ما مجموعه حوالي ٦٩٠٠ حاج .

١٦- تمثيل حافلات الضيوف والتي تنطلق من مخيم خاص في شمال شارع "و" بجوار مواقع الأوروبيين في عرفات إلى مزدلفة في بداية النفرة، وتكون أول الحافلات إنطلاقاً، ثم تقوم بإنزال الحجاج في مواقعهم شمال طريق ٩ الجنوبي في مزدلفة ثم تعود بعدها إلى المخزن. وعند الثانية صباحاً، تعود الحافلات مرة أخرى لنقل الحجاج من مزدلفة إلى مكة عن طريق الخط الدائري والتي تتوجه إليه من مخرج بجوار جسر وادي عرنة. ويبلغ عدد هذه الحافلات ٤٠ حافلة تقوم بنقل قرابة ٢٠٠٠ حاج من الحجاج الضيوف.

١٧- تمثيل وقوف حافلات الحجاج الأتراك في بداية النفرة – حسب الخطة التشغيلية – ليقف جزء منها (٩ قوافل) قرب جسر وادي عرنة ومنها إلى البوابات في عرفات، ويقف جزء آخر (٥ قوافل) بداخل المخزن قبل بداية النفرة .

١٨- إضافة حافلات الحجاج المرضى (وعددها قرابة ٦٠ حافلة) إلى النموذج بحيث تخرج الحافلات من المخزن في حوالي الواحدة صباحاً إلى بوابات المجموعات من ١ – ٢٨ في عرفات لتحميل الحجاج المرضى، ومن ثم الذهاب بهم إلى مزدلفة لجمع الحصى (خلال زمن ضئيل) ثم العودة إلى عرفات للخروج من الفتحة بجوار جسر وادي عرنه للتوجه إلى مكة المكرمة. ويلاحظ أن العدد المنقول بهذه الحافلات وهو قرابة ٣٢٠٠ حاج يتم خصمهم من حجاج مرحلة مزدلفة – منى ، نظراً لأن هذه الفئة من الحجاج لا تنقل مرة أخرى في مرحلة مزدلفة – منى.

١٩- أضيفت سيارات الإسعاف (٢٠) والمراقبة (١٠) بإجمالى (٣٠) سياره ، بحيث تنطلق هذه السيارات من حين لآخر في أوقات غير محددة مسبقاً من عرفات إلى مزدلفة لأداء مهمة ما ثم تعود مرة أخرى إلى عرفات، وذلك على مدار مرحلة عرفات – مزدلفة أي خلال الفترة من ٦ مساءاً إلى ٢ صباحاً تقريباً.

٢٠- أضيفت مسارات جديدة تمثل الحارة اليسرى التي يمكن للحافلات التجاوز منها وذلك في المناطق الواقعة أمام بوابات التحميل والتنزيل في كل من عرفات ومزدلفة ومنى. والغرض من ذلك محاكاة ما يحدث في الواقع من تجاوز الحافلات من على يسار الطريق أمام البوابات في حال وجود حافلة أو حافلتين متوقفتين أمام تلك البوابات لتحميل وإنزال الحجاج.

٣- اختيار لغة وبيئة المحاكاة الحاسوبية

من المعروف أنه ينبغي في دراسات المحاكاة أن تتم عملية تحويل للنموذج النظري المطلوب محاكاته، والذي يتم إعداده بناء على مسح وتحليل لهذا النظام، إلى نموذج حاسوبي يمثل تصميماً مفصلاً لبرنامج المحاكاة المطلوب تطويره. وتتطلب هذه الخطوة بالضرورة تثبيت نوعية نموذج المحاكاة واختيار أسلوب بناءه من بين الأساليب المعروفة لدى المتخصصين. وتتراوح هذه الأساليب بين النمذجة باستخدام النماذج الإعلانية (Declarative Models) أو النماذج الوظيفية (Functional Models) – على سبيل المثال – أو غيرها من أنواع نماذج المحاكاة المختلفة. وبتثبيت نوعية وأسلوب بناء نموذج المحاكاة نكون قد ثبتنا أيضاً العديد من التفاصيل المتعلقة بالكيفية التي يتم بها توصيف الخصائص الديناميكية للنظام المطلوب محاكاته، وبالكيفية التي يتم بها تحريك العامل الزمني في المحاكاة، فضلاً عن

الهيكل العام لبرنامج المحاكاة والذي سيُطور بناء على نموذج المحاكاة. وبعد تثبيت نوعية نموذج المحاكاة ينبغي أيضاً أختيار أسلوب من أساليب هيكلة برنامج المحاكاة والتي عادة ما تتراوح بين أسلوب قوائم الأحداث (Event List) أو أسلوب تفاعل العمليات (Process Interaction) . بعد ذلك، على المصمم تحديد نوعية برنامج المحاكاة. ونوعية برنامج المحاكاة هنا تمليها نوعية بيئة المحاكاة المستخدمة لتطوير البرنامج. ويقصد ببيئة المحاكاة البرنامج الحاسوبي المتكامل الذي يوفر للمبرمج واجهة رسومية وتسهيلات برمجية عديدة تمكنه من تطوير برنامج المحاكاة المطلوب بسهولة ويسر. وتوجد اليوم نوعيات مختلفة من بيئات المحاكاة ذات نوعيات تتراوح بين البرمجة اليدوية بإحدى لغات برمجة المحاكاة إلى البرمجة المرئية باستخدام القوالب (Blocks) التي ترمز إلى مكونات نموذج المحاكاة.

وفيما يتعلق بالدراسة الحالية، فقد تم اختيار النماذج الوظيفية لتمثيل نموذج المحاكاة النظري الذي تم تطويره. أما عن بيئة المحاكاة، فقد وقع الاختيار على بيئة (Arena) والتي تنتجها شركة (Rockwell Software) والتي تعتبر من أفضل وأحدث ما هو متوفر حالياً في مجال أنظمة المحاكاة لما لها من خصائص فنية متميزة. وبيئة (Arena) تستخدم أسلوب تفاعل العمليات (Process Interaction) لهيكلة برامج المحاكاة، وتعتمد على البرمجة المرئية باستخدام القوالب، والتي تسمى في (Arena) بالوحدات (Modules) ، كما تقوم (Arena) على لغة المحاكاة المعروفة باسم (SIMAN) [١].

٤- تصميم نموذج المحاكاة الحاسوبية باستخدام (Arena)

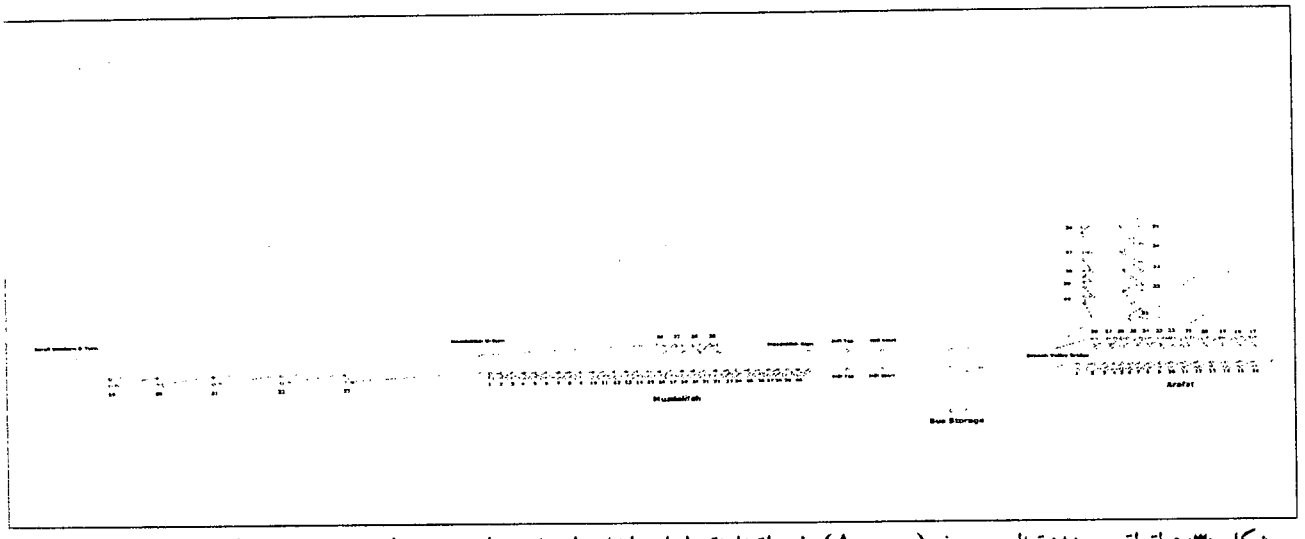
تتطلب بيئة (Arena) عند نمذجة أنظمة النقل تعريف نوعين من المكونات للنموذج: ١) النموذج المنطقي المرئي، ٢) خريطة المواقع التي تتحرك بينها الوحدات الناقلة. وفي نموذج الرحلات الترددية في النفرة، فقد تم إعداد الخريطة لتشمل جميع المعالم المهمة على مسار الرحلات الترددية بما في ذلك بوابات التحميل والإنزال ومخزن الحافلات ونقاط الدوران. كما تتضمن خريطة النموذج كافة التفاصيل المتعلقة بالمسافات التقريبية بين المواقع المختلفة، وكذلك الأماكن التي يجب على الوحدات الناقلة فيها إما التسارع أو التباطؤ، هذا بخلاف سرعة الوحدات الناقلة على الطريق، وكذلك المنحنيات (إن وجدت) والسرعة القصوى عندها. وقد تم الافتراض في نموذج الرحلات الترددية لسرعة قصوى للحافلات قدرها ٥٠ كيلومتراً في الساعة، بناء على البيانات التي تم جمعها سابقاً، عدى بعض المواقع التي افترضت السرعة القصوى فيها ٢٥ و ٢٠ كلم/س.

أما عن النموذج المنطقي المرئي، فيتضمن الخطوات المنطقية التي يجب اتباعها لمحاكاة نظام الرحلات الترددية في النفرة. ويتكون هذا النموذج من مجموعة من وحدات بيئة (Arena)، والتي تمثل لبنات البناء لأي برنامج محاكاة في (Arena). ويتم التوصيف المنطقي للنموذج من خلال تعريف مسار منطقي أو أكثر يتبعها كيانات النموذج تحت الظروف والأوضاع المختلفة. وقد تم تعريف نوعين من

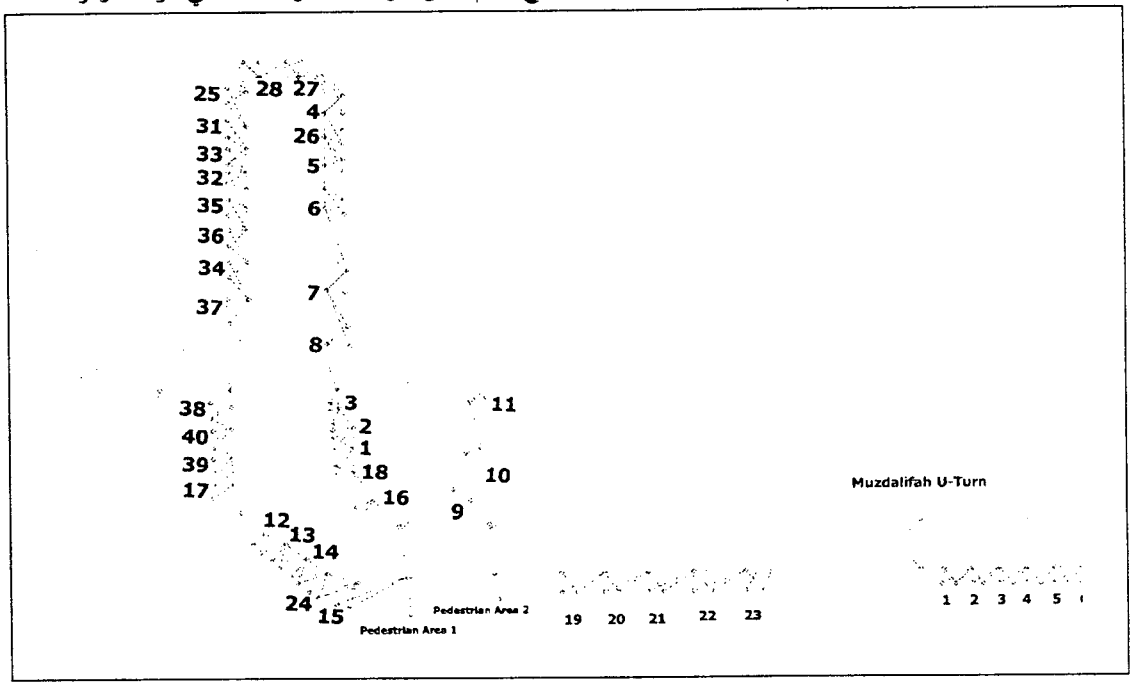
الكيانات في النموذج الحالي هما الحافلات والسائقين. ويرتبط كل سائق بحافلة منذ بداية المحاكاة ويصبح الكيان المسيطر على الحافلة تمشياً مع شروط بيئة (Arena). ويقوم برنامج المحاكاة بتوليد قوافل من الحافلات يتكون كل منها من عدد من الحافلات بعدد مجموعات الخدمة الميدانية التي سيتم نقل الحجاج منها، كما يولد مع كل حافلة سائقها والذي يرتبط بها بعد ذلك. وقد تم افتراض الزمن الفاصل بين كل قافلة وأخرى كمتغير عشوائي ذي توزيع إحصائي معين. وعند بوابات الإنزال، تقوم كل حافلة في البرنامج بإنزال حمولتها من الركاب ثم يقرر برنامج المحاكاة ما إذا كانت الحافلة عليها العودة للتحميل مرة أخرى أم عليها العودة إلى مخزن الحافلات، وذلك بناءاً على عدد حجاج مجموعة الخدمة الميدانية التي تتبعها الحافلة الذين ينتظرون عند بوابات التحميل. وقد تم تجاهل التفاصيل الداخلية لمخزن الحافلات في النموذج المطور نظراً لصغر المسافات الداخلية. أما زمن التحميل والإنزال، فقد تم افتراضه في النموذج على أنه متغير عشوائي ذي توزيع إحصائي معين ومتوسط يعتمد على البيانات التي جمعت ميدانياً. ويوضح الشكلين (٣) و(٤) لقطتين لشاشة التصميم في بيئة (Arena) لنموذج المحاكاة توضحان الشكل العام لخريطة المواقع في كل من عرفات ومزدلفة ومنى.

٥- الخاتمة والتوصيات

تشير النتائج الأولية إلى نجاح نموذج المحاكاة في إعطاء تصور جيد عن خصائص نظام النقل بالرحلات الترددية وعن الاستراتيجيات الممكن تبنيها في النظام، حيث يمكن استخدام نموذج المحاكاة من قبل متخذي القرار في مشروع الرحلات الترددية كأداة للمساعدة على التنبؤ بالمشاكل التي قد يعاني منها نظام النقل الترددي وعلى اختبار الحلول الممكنة لمعالجتها بغرض تقييمها واختيار الأنسب منها للتطبيق. ويتم حالياً استكمال المشروع الحالي عن طريق بناء نموذج المحاكاة لنظام النقل بالرحلات الترددية واستخراج النتائج من برامج المحاكاة، ثم القيام بعملية تجميع بيانات المخرجات وتحليلها إحصائياً وتمثيلها كمنحنيات لمحاولة فهمها وترجمتها إلى نتائج ذات دلالة لصانعي القرار، ومن ثم استخلاص التوصيات النهائية من واقع التنبؤات التي وفرتها المحاكاة.



شكل (٣): لقطة من شاشة التصميم في (Arena) لخريطة المواقع لنظام النقل بالرحلات الترددية بمنطقتي عرفات ومزدلفة



شكل (٤): لقطة من شاشة التصميم في (Arena) لخريطة المواقع لنظام النقل بالرحلات الترددية بمنطقة منى

المراجع العربية

١. {١٤٢٢هـ} "خطة ادارة تشغيل الحافلات لنقل حجاج مؤسسة تركيا ومسلمي اوروبا وامريكا بالرحلات الترددية لموسم حج ١٤٢٢هـ".

٢. {١٤٢٢هـ} الصبان، سهل عبدالله والقرشي، تركي خلف "دراسة مشروع نقل حجاج جنوب شرق آسيا بالرحلات الترددية" – ندوة النقل في المشاعر المقدسة – كلية الملك فهد الامنية – وزارة الداخلية (١٩-١٤٢٢/٨/٢١هـ).

٣. {١٤٢٢هـ} عثمان، فاضل يحي و عبدالسلام، حسام " النقل بالرحلات الترددية لنظام نقل الحجاج والخدمات بالمشاعر المقدسة" – ندوة النقل في المشاعر المقدسة – كلية الملك فهد الامنية – وزارة الداخلية (١٩-١٤٢٢/٨/٢١هـ).

٤. {١٤٢٢هـ} البار، حامد عمر والزهراني، عبدالرحيم و عبدالسلام، حسام "تقويم مشروع النقل بالحافلات الترددية لمؤسسة حجاج تركيا" – ندوة النقل في المشاعر المقدسة – كلية الملك فهد الامنية – وزارة الداخلية (١٩-١٤٢٢/٨/٢١هـ).

٥. {١٤٢٢هـ} رمضان، حسام وعبده، أسامة تقييم جدوى التوسع في نظام نقل الحجاج بالحافلات الترددية اثناء النفرة باستخدام المحاكاة الحاسوبية"– ندوة النقل في المشاعر المقدسة – كلية الملك فهد الامنية – وزارة الداخلية (١٩-١٤٢٢/٨/٢١هـ).

٦. {١٤٢١هـ} "خطة إدارة تشغيل الحافلات لنقل حجاج مؤسسة تركيا ومسلمي اوروبا وامريكا بالرحلات الترددية لموسم حج ١٤٢٢هـ".

٧. {١٤٢١هـ} وزارة الحج "مشروع نقل حجاج جنوب شرق آسيا بالحركة الترددية" تقرير الدراسة الأولية – دار الهندسة للتصميم والاستشارات الفنية.

٨. {١٤١٩هـ} البار، أسامة "مستقبل النقل بين المشاعر المقدسة : النقل بالحافلات الترددية" معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج – جامعة أم القرى.

٩. {١٤١٨هـ} "تقرير تقويم مشروع نقل حجاج مؤسسة تركيا بالرحلات الترددية عبر المشاعر المقدسة – حج ١٤١٨هـ" .

١٠. {١٤١٦هـ} عبدالمجيد، أحمد البدوي " تقويم حركة المركبات أثناء النفرة إلى مزدلفة" مركز بحوث العلوم التطبيقية والهندسية – معهد البحوث العلمية وإحياء التراث الإسلامي – جامعة أم القرى . ١٤١٦هـ .

١١. {١٤١٦هـ} حريري، مجدي وآخرون "دراسة إمكانية استخدام الحافلات الترددية كنظام نقل بين المشاعر المقدسة" مركز أبحاث الحج – جامعة أم القرى.

١٢. {١٤١٣هـ} التقرير الموحد للجنة الحركة والنقل لحج ١٤١٣هـ – وزارة المواصلات، وزارة الحج، وزارة التخطيط، مشروع تطوير منى وأمانة العاصمة المقدسة، الإدارة العامة للمرور – مركز أبحاث الحج، ١٤١٣هـ.

١٣. {١٤١٣هـ} عثمان، فاضل "نظام نقل الحافلات بين المشاعر عبر حلقة مغلقة وتكامله مع المشي" بحث مقدم للندوة السادسة للنقل في الحج ، وزارة المواصلات ١٤١٣هـ .

١٤. {١٤١٣هـ} عبدالمجيد، أحمد البدوي "تقويم الحركة المرورية – حج عام ١٤١٣هـ" مركز أبحاث الحج – جامعة أم القرى.

١٥. {١٤١٢هـ} دراسة توفير رحلات مكوكية للنفرة بين عرفات ومزدلفة- وزارة المواصلات – ١٤١٢هـ.

١٦. {١٤١٢هـ، ١٤١١هـ} عبدالمجيد، أحمد البدوي وبرهمين، سامي ياسين "تقويم حركة المركبات أثناء النفرة إلى مزدلفة – حج عام ١٤١١هـ وحج عام ١٤١٢هـ مركز أبحاث الحج – جامعة أم القرى .

المراجع الإنجليزية

١- W. D Kelton, R. P. Sadowski, and D. A. Sadowski, Simulation with Arena, McGraw Hill Int. Editions, Singapore, ٢٠٠٢.