صفوف الانتظار
مدخل كمي لتنظيم حركة الزائرين

أ.م.د. تقى رعد جواد الربيعي
كلية التخطيط االعمراني _ يجامعة الكوفة
Tuqar.alrobaee@uokufa.edu.iq

م.د. علي عبد المحسن خميس المالكي
كلية الهندسة_ جامعة ذي قار

م.م. رشد رعد جواد الربيعي
كلية الهندسة_ جامعة سومر

ملخص البحث:

يعد تنظيم حركة الزائرين وتخفيف الازدحام من الاهداف الهامة التي يسعى اليها جميع القائمين على زيارة الاربعين، ولهذا نحاول في هذه الدراسة تنظيم حركة الزائرين من خلال الاعتماد على نظرية صفوف الانتظار وتطبيقها في ضريح الامام الحسين والمنطقة القريبة المحيطة به. تتمثل مشكلة هذه الدراسة في امكانية استخدام نظرية صفوف الانتظار ونماذجها في تنظيم حركة الزائرين داخل ضريح وصحن الامام الحسين عليه السلام، خلال ايام ذروة الزيارة الاربعينية. تبرز أهمية الدراسة بانها ستقدم نموذجا لتنظيم وتحسين حركة سير الزايرين، بما يسهم بتقليل اوقات انتظار الزائرين في صفوف الانتظار مع امكانية استيعاب عدد اكبر منهم، فضلا عن ضمان وصول الزائرين الى الضريح المطهر لاتمام الزيارة.

تم الاعتماد في هذه الدراسة على بعض الاساليب الكمية الخاصة بنظرية صفوف الانتظار لتحديد طبيعة تنظيم الحركة الموجود حاليا مع تقديم مقترح لتحسينها، فضلا عن استخدام اسلوب المحاكاة باستخدام برنامج ANYLOGIC SIMULATION SOFTWARE لتمثيل واقع الحال والمقترح والمقارنة بينهما باستخدام مقاييس صفوف الانتظار، لتحديد نقاط الضعف والقوة لكل منهما. وبناء على نتائج التحليل والمقارنة توصلت الدراسة الى ان المقترح المقدم قد نجح في تقديم تحسن واضح في تنظيم الحركة، ولذلك توصي الدراسة بتطبيق المقترح للفوائد الكبيرة التي يقدمها، فضلا عن امكانية تطبيق المقترح نفسه على الاضرحة والمقامات الدينية الاخرى خلال فترة الزيارات المليونية.

الكلمات المفتاحية: صفوف الانتظار، المحاكاة، النماذج الرياضية، زيارة الاربعين.

Queuing theory: a quantitative approach to organizing visitor movement

Tuqa R. Alrobaee
Faculty of physical planning, University of Kufa

Ali Abdulmohsin Khamees
The College of Engineering,University of Dhi Qar

Rashad Raad Jawad
The College of Engineering, University of Sumer

Abstract

Organizing the movement of visitors and reducing congestion are among the important goals pursued by all those who the Arbaeen visit. Therefore, we are trying in this study to organize the movement of visitors by relying on the queuing theory and applying it in the shrine of Imam Hussein and the nearby area surrounding it. The problem of this study is the possibility of using the theory of waiting lines and its models to organize the movement of visitors inside the shrine and courtyard of Imam Hussein, peace be upon him, and the nearby area surrounding it during the peak days of the Arbaeen visit. The importance of the study is that it will provide a model for organizing and improving the traffic of visitors, which will contribute to reducing the waiting times of visitors in waiting lines with the possibility of accommodating a larger number of them, as well as ensuring that visitors reach the purified shrine to complete the visit.

In this study, we relied on some quantitative methods related to the theory of waiting queues to determine the nature of the currently existing movement organization and to present a proposal to improve it, as well as using the simulation method (AnyLogic Simulation Software) to represent the reality of the situation and the proposal and compare them using waiting queue standards, to determine the strengths and weaknesses of each.

Based on the results of analysis and comparison, the study concluded that the proposed proposal had succeeded in providing a clear improvement in organizing the movement. Therefore, the study recommends applying the proposal for the great benefits it provides, in addition to the possibility of applying the same proposal to shrines and other religious shrines during the period of million visits.

Keywords: waiting lines, simulation, mathematical models, Arbaeen visit.

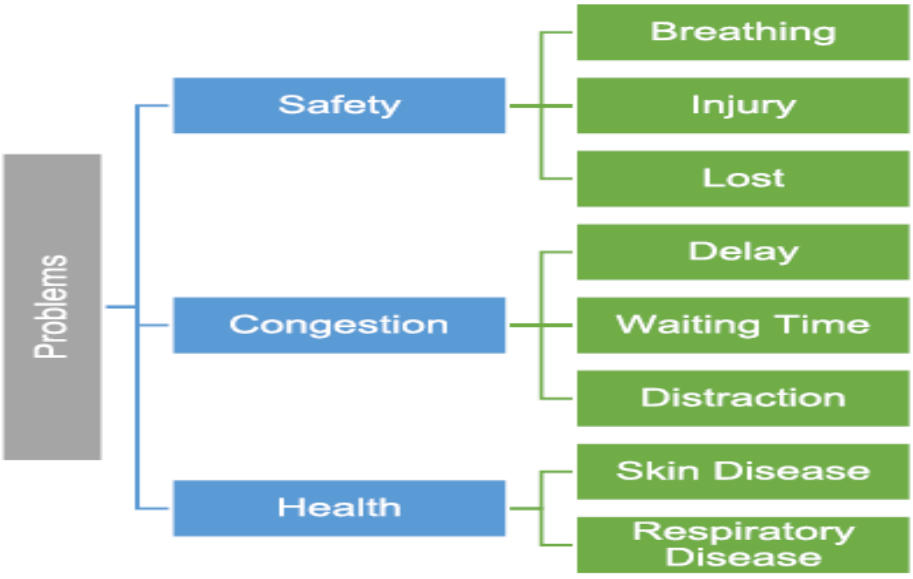
المقدمة:

يشكل تنظيم حركة الزائرين في اوقات الزيارات المليونية الشغل الشاغل للعديد من المختصين والمسؤولين، لعدة اسباب لعل من ابرزها الحفاظ على امن هذه الحشود وتقليل اوقات انتظارهم الطويلة وتسهيل حركتهم، فضلا عن تحقيق ما يطمحون اليه في الوصول الى الضريح المطهر واداء الصلاة بجواره. من الضروري ايضا ان يؤخذ بنظر الاعتبار ان هناك عدد كبير من الزائرين هم من كبار السن، فضلا عن وجود عدد لا يستهان به من الاطفال، مع وجود ذوي الاعاقة الجسدية، وهو ما يتطلب مراعاتهم عند تقديم بدائل الحلول.

هناك العديد من المشاكل المترافقة مع الحشود الكبيرة، وقد حاول عدد من الباحثين تصنيفها الى ثلاث مشاكل رئيسية يتفرع منها ٨ فرعية وهي كما يأتي (Alghamdi, Khan, Karamti, & Nawaz, 2022):

- مشكلة السلامة والامان ويتفرع منها مشاكل اخرى كالاختناق، والاصابة، والضياع او الفقدان.
- مشكلة الازدحام ويتفرع منها مشاكل التأخير في اداء الزيارة، وطول وقت الانتظار، والتشتت عن الزيارة ومضمونها بسبب حالة التدافع اللاارادية التي تحدث نتيجة الازدحام.
- مشكلة الجانب الصحي اذ قد يؤدي الاحتكاك الجسدي والتنفس بالقرب من بعضهم البعض الى انتقال العديد من الأمراض، مثل الأمراض الجلدية وامراض الجهاز التنفسي. كما في الشكل (١)

شكل (١) المشاكل المترافقة مع الحشود المليونية. المصدر: (Alghamdi، Khan، Karamti، و Nawaz، 2022)



ان هذه المشاكل المتعددة قد دفعت العديد من الباحثين الى الخوض في دراسات تتناول موضوع الزيارات الدينية لمختلف الاديان ومن جوانب مختلفة، في محاولة لزيادة تنظيمها والتخلص من المشاكل التي ترافقها، فبعضها تناول مشكلة التدافع الذي يحدث في التجمعات الجماهيرية الكبيرة مع تقديم حلول فعالة لتجنب مثل هذه المواقف مع استخدام مصفوفة تحليل المخاطر الخاصة بهم كإطار للتعامل مع مثل هذه التجمعات واسعة النطاق (Illiyas, Mani, A.P., & Mohan, 2013). وبعضها تناول الدعم الطبي الذي تحتاجه هذه الحشود، ودوره الكبير في الحفاظ على سلامة الزارين والتخفيف من آلامهم(Soomaroo & Murray, 2012). كما بحثت دراسة اخرى في الاسباب والكيفية التي يشترك بها الناس في التجمعات الكبيرة وتوصلت الى تحليل عنقودي يوضح بالتفصيل الروابط بين الحضور والشراكة وأسباب الحضور، وفقًا للعوامل الديموغرافية الاجتماعية (Torres, Moreira, & Lopes, 2018).

فضلا عن وجود عدد من الدراسات التي تناولت النماذج الاحصائية والرياضية لحل الكثير من المشكلات التي ترافق هذه الحشود ولتحسين انسيابية حركتها من خلال استخدام انترنت الاشياء وصفوف الانتظار الذكية (Alghamdi، Khan، Karamti، و Nawaz، 2022). اشارت بعض الدراسات الى ان اتباع المحاكاة الواقعية رغم انها استمرت لعقود من الزمن الا انها لا زالت تحتاج الى جهد بشري كبير، فضلا عن اعتمادها على التجربة والخطأ. كما ان غالبية النمذجة الجماعية للحشود المستخدمة حاليا هي إما تجريبية (قائمة على النموذج) أو تعتمد على البيانات (خالية من النماذج). لا يمكن للأساليب القائمة على النماذج أن تناسب البيانات المرصودة بدقة، في حين أن الأساليب الخالية من النماذج محدودة بتوافر/ جودة البيانات وغير قابلة للتفسير. ولذلك حاول عدد من الباحثين الاستفادة من كل من النهج القائم

على النماذج وعلى البيانات. وقد تم اقتراح إطار محاكاة جديد مبني على نموذج قائم على الفيزياء ومصمم ليكون صديقًا للبيانات، وقد اثبت النموذج انه اكثر واقعية مع استخدام مجموعة متنوعة من المقاييس والسيناريوهات عند مقارنتها بالطرق السابقة. (Xiang, Wang, Zhang, Yip, & Jin, 2023)

كما ان هناك العديد من الدراسات التي تناولت موضوع الزيارة الاربعينية وبحثتها من مختلف جوانبها العقائدية والنفسية والاجتماعية والاقتصادية، مع بعض الابحاث التي تركز على كيفية تنظيم استعمالات الارض وتقديم الخدمات والنقل. وضمن مساعي القائمين على تنظيم الزيارة الاربعينية من الكوادر العاملة في العتبة الحسينية، فقد سعوا الى تنظيم حركة الزائرين من خلال استخدام المسارات او الممرات داخل صحن وضريح الامام الحسين ﷺ، وهو امر جيد، لكنه يحتاج الى بعض التحسين. تحاول هذه الدراسة ان تطرح طريقة للتعامل مع الاعداد الكبيرة للزائرين وتنظيمها وفقا لمدخل كمي يستخدم نظرية صفوف الانتظار ونماذجها للوصول الى التنظيم الافضل. تتمثل مشكلة هذه الدراسة في امكانية استخدام نظرية صفوف الانتظار ونماذجها في تنظيم حركة الزائرين داخل ضريح وصحن الامام الحسين ﷺ، خلال ايام ذروة الزيارة الاربعينية. تبرز أهمية الدراسة بانها ستقدم نموذجا لتنظيم وتحسين حركة سير الزايرين، بما يسهم بتقليل اوقات انتظار الزائرين في صفوف الانتظار مع امكانية استيعاب عدد اكبر منهم، فضلا عن ضمان وصول الزائرين الى الضريح المطهر لاتمام الزيارة.

نظرية صفوف الانتظار:

تعرف صفوف الانتظار بانها اعداد متراكمة من الأفراد او الآلات لفترة من الزمن بانتظار امدادهم بخدمة معينة، كما تعرف بأنها أسلوب رياضي لحل المشاكل المتعلقة بتراكم صفوف الأنتظار طلبا لخدمة معينة خلال فترة زمنية معينة .كما انها صف من الاشخاص الذين ينتظرون تقديم الخدمات او المنتجات. ووفق المفاهيم الاقتصادية فتعرف بانها زيادة الطلب على حساب العرض. وفي حالة التجمعات الدينية فان الطلب يتمثل بالحجاج او الزوار، وجانب العرض يتمثل بالوقت الذي يصلون فيه الى الضريح الرئيسي (PRASUNAMBA & MURALIDHAR, 2017)

وفي العادة فان الناس لا تستهجن صفوف الانتظار عندما يكون وقت الانتظار قصيرا ، وكلما زاد الوقت فقد يبرز نوع جديد من المشاكل التي لم تكن بالحسبان خاصة في الصفوف ذات التباين الكبير في وقت الانتظار، وهو ما يؤدي الى نفاذ صبر الزائرين واعاقة تجربتهم (PRASUNAMBA & MURALIDHAR, 2017).

وبصفة عامة فان مشاكل صفوف الانتظار تبرز عند ظهور احدى الحالتين التاليتين:

١. **الحالة الأولى**: إذا كان معدل وصول طالبي الخدمة اعلى من معدل أداء الخدمة او تقديمها، وهذا يعني وجود انتظار يُفرض على الشخص طالب الخدمة، وهو ما قد يقود الى مخاطر.

٢. **الحالة الثانية**: إذا كان معدل أداء الخدمة أو تقديمها اعلى من معدل وصول طالبي الخدمة، بمعنى وجود عدد من الوحدات لتأدية الخدمة تكون فارغة وعاطلة بدون عمل، وهو ما قد يترتب عليه تكاليف واجور لا داع لها.

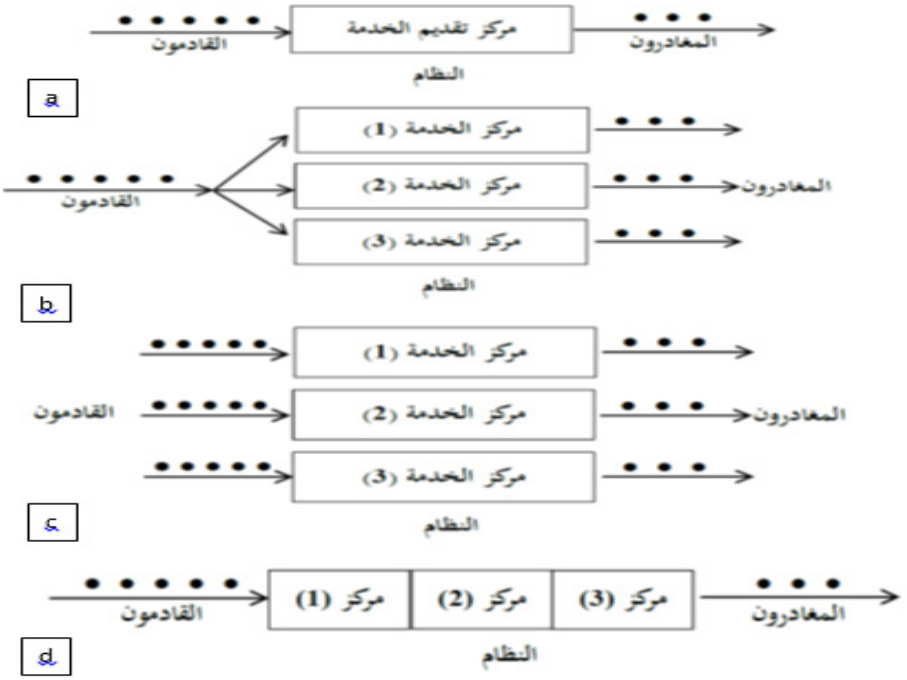
وبهذا يتم استخدام احد نماذج نظرية صفوف الانتظار لعلاج المشكلة في

الحالتين للوصول إلى الموقف الأمثل الذي يحقق تخفيضا في وقت الانتظار لكل من طالبي الخدمة ووحدات تأديتها، بحيث تصبح مدة الانتظار لكليهما افضل ما يمكن (Naidu, 2020).

توجد عدة انظمة لصفوف الانتظار يمكن تلخيصها بالاتي (جديد، ٢٠٢١):

- صف واحد ومركز خدمة واحد، الشكل (2،A)
- صف واحد وعدة مراكز متوازية، الشكل (2،B)
- عدة صفوف متوازية، وعدة مراكز متوازية، الشكل (2،C)
- صف واحد ومراكز متعاقبة، الشكل (2،D)

شكل (٢) انواع انظمة الخدمة في صفوف الانتظار. المصدر (جديد، ٢٠٢١)



مجلة علمية محكمة نصف سنوية
www.arbnj.com
المجلد الثالث -السنة الثالثة - الملحق (1)

ولكل نوع من هذه الانواع قوانينه ونماذجه الرياضية الخاصة به التي تؤدي الى ايجاد الحلول الفضلى والكفيلة بحل المشاكل، سيكتفي البحث بذكر القوانين الخاصة بالنوع الاول كونه الاقرب الى التطبيق في صحن وضريح الامام الحسين عليه السلام.

حيث ان:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} \qquad L_q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu-\lambda)} \qquad W_q = \frac{L_q}{\lambda}$$

$$P_o = 1 - \frac{\lambda}{\mu}$$

$$P_n = P_o\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \qquad L = L_q + \frac{\lambda}{\mu} \qquad W = W_q + \frac{1}{\mu}$$

حيث ان:

P: احتمالية مشغولية النظام

λ: معدل وصول طالبي الخدمة

μ: معدل تقديم الخدمة

P0: احتمال عدم وجود طالب خدمة في النظام

Pn: احتمال وجود عدد معين من طالبي الخدمة

Lq: العدد المتوقع للأشخاص في صف الانتظار او طول صف الانتظار

L: العدد المتوقع للاشخاص في النظام

Wq: وقت الانتظار المتوقع في صف الانتظار

W: وقت الانتظار المتوقع في النظام

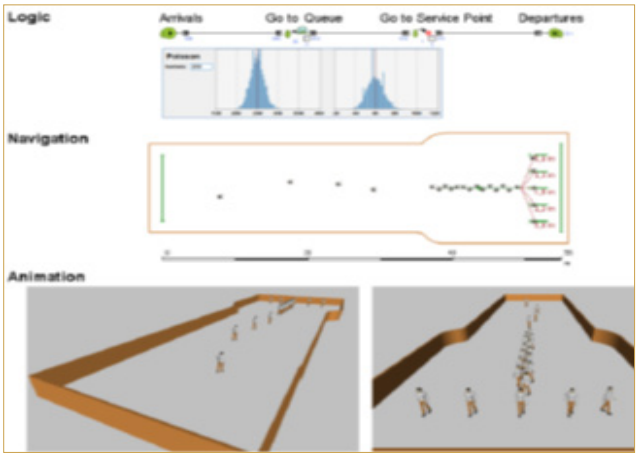
مع ملاحظة ان في هذا النموذج لابد ان يكون معدل تقديم الخدمة μ اكبر من معدل وصول طالبي الخدمة.

برنامج AnyLogic Simulation Software

هو أداة برمجية لمحاكاة متعددة الأساليب تم تطويرها بواسطة شركة AnyLogic. فهو يمكّن المستخدمين من تصميم أنظمة معقدة باستخدام طرق محاكاة مختلفة. ويستخدم في مجالات متعددة مثل التصنيع والخدمات اللوجستية والنقل والرعاية الصحية وإدارة سلسلة التوريد لنمذجة العمليات والأنظمة وتحليلها وتحسينها. فيه مرونة عالية تتيح للمستخدمين الجمع بين نماذج النمذجة المختلفة ضمن نموذج المحاكاة نفسه، مما يجعله أداة قوية لمعالجة مجموعة واسعة من المشكلات (A., J., & Annadurai, 2024).وهو يستخدم ايضا بشكل كفوء في اجراء محاكاة لنماذج صفوف الانتظار وتحقيق نتائج جيدة (ĎUTKOVA, ACHIMSKÝ, & HOŠTÁKOVÁ, 2020).

كما انه من البرامج الكفوءة في تقديم المخططات الثنائية والثلاثية الابعاد للمقترحات المقدمة مع قدرة متقدمة على اظهار البيانات الاحصائية (HANDEL & BORRMANN, 2017).

شكل (٣) بعض مخرجات برنامج AnyLogic



منهجية البحث:

يعتمد البحث على منهجية محددة في عرض بعض الادبيات السابقة ذات العلاقة فيما يتعلق بالحشود الدينية وكيفية تطبيق صفوف الانتظار للتخلص من المشاكل التي ترافق هذه الحشود الكبيرة. وقد تم جمع البيانات الخاصة بالبحث من خلال اجراء استبيان لعينة من الزائرين الذين ادوا الزيارة الاربعينية في العام الماضي ٢٠٢٣، من الرجال ومن النساء، فضلا عن استبيان اخر شمل عددا من الزائرين في الايام العادية وممن شاركوا في الزيارة الشعبانية للعام ٢٠٢٣ ، لمعرفة عدد من التفاصيل الخاصة بتنظيم الحركة من وجهة نظرهم مع سؤالهم عن اوقات الانتظار التي يقضونها في الصفوف في اوقات مختلفة، فضلا عن المقابلات مع بعض المتطوعين في الخدمة التشريفية، والملاحظة الشخصية من قبل المؤلفين لهذا البحث لبعض القضايا. يعتمد البحث على النموذج الاول من نظرية صفوف الانتظار (وهو صف واحد ومركز خدمة واحد) في تطبيق مقترحه واجراء المحاكاة الملائمة له من خلال برنامج ANYLOGIC.

الدراسة العملية:

من المعروف ان الزيارة في اربعينية الامام الشهيد الحسين بن علي عليهما السلام والشهداء الابرار من اصحابه واهل بيته عليهم السلام، اصبحت من الزيارات المليونية، وهي بازدياد في كل عام، مما يتطلب الاستعداد المبكر والمكثف لتقديم افضل الخدمات لزائري الامام وتوفير جميع متطلباتهم. ولعل من اهم ما يطلبه الزائرون وينشدونه في كل عام هو الوصول الى الضريح المقدس وشباك الامام الحسين عليه السلام، لما يصفه الكثير منهم بان له ابعادا روحية ونفسية تؤثر فيهم، فضلا عن شعورهم بانهم قد ادّوا المواساة وأكملوا الزيارة.

ومن الواضح ان الوصول الى الضريح المقدس يصبح صعبا جدا خاصة في ايام ذروة الزيارة وكلما اقتربنا من يوم الاربعين، نتيجة الازدحام الكثيف وصعوبة الحركة داخل الصحن والضريح. استنادا لما تقدم ومن اجل المساهمة بشيء بسيط في خدمة القضية الحسينية وزائري ابي عبد الله الحسين، فقد تم اجراء استبيان ومسح ميداني ومقابلات فضلا عن الملاحظة الشخصية لعدد من الامور، وما تم الحصول عليه من معلومات يمكن تلخيصه بما يأتي:

١. للصحن الشريف ١٠ أبواب، بعضها مخصص للنساء وبعضها للرجال الشكل (٤).

٢. في كل باب يوجد موقع للتفتيش يشمل ستة صفوف او مسارات.

٣. في ايام ذروة الزيارة يكون تفويج الزوار بشكل دفعات او مجموعات، يتراوح عدد الزائرين فيها من ٨٠ – ١٠٠ شخص موزعة على المسارات الستة التي سبق توضيحها من كل باب.

٤. ان المدة الزمنية بين تفويج مجموعة واخرى هي ٥ دقائق.

٥. بعد الدخول الى الصحن الشريف يوجد ٤ ممرات او مسارات امام ثمانية ابواب تبدأ بعد مسافة مترين منها تقريبا (هذه المسافة كانت اكبر في زيارة الاربعين للعام ٢٠٢٣، ولكنها كانت بهذه المسافة في الزيارة الشعبانية للعام نفسه)، اما البابين الاخرين فلا توجد امامها هذه الممرات.

٦. ان وقت الوصول من بداية الممر او المسار الى شباك الامام والخروج من الضريح تتراوح من ٢٥–٣٠ دقيقة في الجزء الخاص بالنساء، أما في الجزء الخاص بالرجال فانه يكون بوتيرة اسرع و يتراوح من ١٥ – ٢٠ دقيقة.

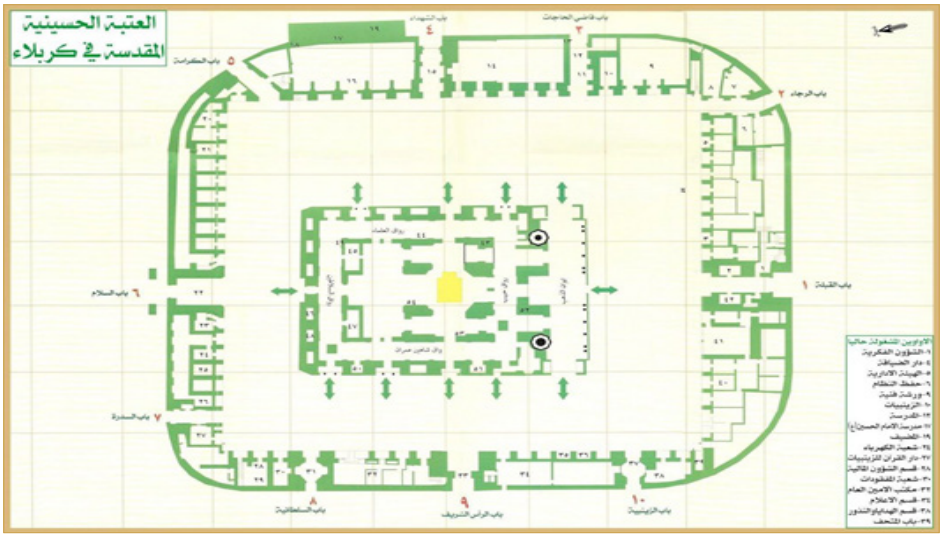
٧. ان مدة البقاء بجانب الضريح (الشباك)، لا تتجاوز ٣ دقائق بالنسبة للزائر الواحد في اغلب الحالات، بسبب وجود الخدَمة من الموظفين والمتطوعين الذي يحثون الزائرين

على عدم الوقوف لفترة طويلة.

٨. توجد نسبة ٢٠٪ من المستَبيَنين لم يتمكنوا من الوصول الى الضريح المطهر في ايام ذروة الزيارة.

الشكل (٤) مخطط صحن وضريح الامام الحسين عليه السلام

المصدر: (GMPD, 2016)

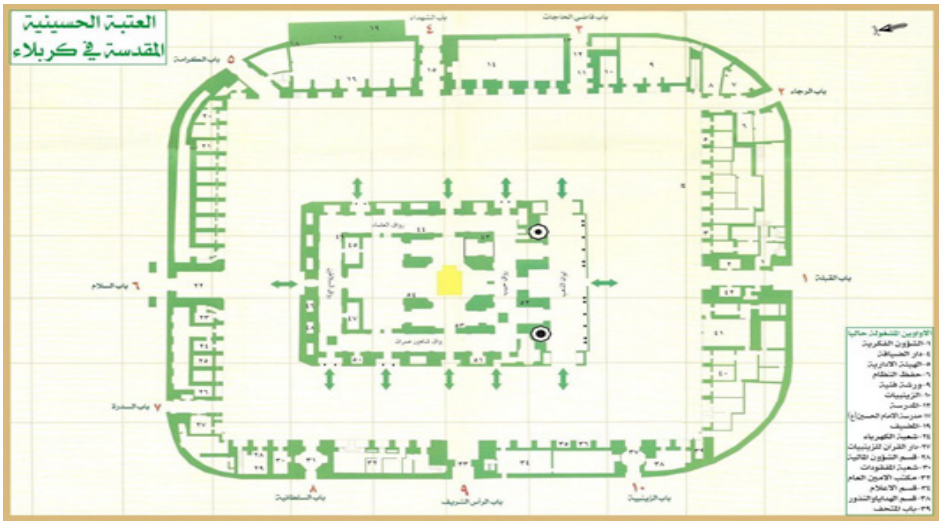


مما تقدم نلاحظ ان معدل وصول الزائرين لا يتناسب مع معدل الانتهاء من زيارة الضريح والمغادرة، اذ ان ما عدده ٨٠ – ١٠٠ شخص من الزائرين (القادمين من ٦ مسارات) يدخلون كل ٥ دقائق، بينما معدل الزائرين الذين يكملون زيارة الضريح ويغادرون هو ٤ أشخاص كل ٣ دقائق لكل باب، وهو ما يسبب مدة الانتظار الطويلة التي قد تصل الى اكثر من ٣٠ دقيقة في الكثير من الحالات خاصة في الجزء الخاص بالنساء وهو ما قد ينتج عنه مخاطر عديدة مع ارتفاع احتمال وجود كبيرات السن والاطفال. استنادا لهذه المعطيات فانه يمكن اقتراح الاتي:

١. زيادة عدد الممرات او الصفوف داخل الصحن الشريف لتصبح ٦ ستة صفوف امام

كل باب من الابواب الثمانية، وتمتد حتى الوصول امام الشباك، وهو ما قد يتطلب توسعة الابواب الخاصة بالضريح المقدس. كما قد يتطلب بعض التعديلات في الهيكل الانشائي للضريح. الشكل (٥) يوضح مقترحا مبسطا لامتداد المسارات من باب القبلة، ويمكن انشاء هذه المسارات من الابواب الاخرى بما يراعي خصوصية وابعاد كل باب.

الشكل (٥) مقترح مبسط لامتداد المسارات من باب القبلة



٢. العمل على تقليل المدة التي يستغرقها الزائر بالتواجد قرب الضريح (الشباك) لتصبح دقيقة ونصف أي ٩٠ ثانية فقط لا غير، وهذا يتطلب بث الوعي بين الزائرين بعدم البقاء فترة طويلة قرب الشباك لضمان انسيابية الزيارة.

٣. العمل على تقليل عدد الاشخاص في المجموعات التي يتم تفويجها كل ٥ دقائق لتصبح ١٨ شخص، وهذا الامر له مبرراته، اذ ان الازدحام والانتظار خارج الصحن يكون افضل لعدة اعتبارات منها على سبيل المثال انه في حالة حصول أي عملية اختناق او اصابة يكون من الاسهل التعامل معها ونقلها، في حين ان الازدحام والانتظار داخل صفوف الانتظار في الصحن والضريح يكون صعب جدا. وبالامكان استخدام

الوسائل التكنولوجية المنبهة، ففي حال ان النظام تحت السيطرة وتوجد انسيابية في الحركة يتم ادخال المزيد من الزائرين، وفي حال وصل النظام الى الحد الاقصى يتم اعطاء تنبيه او ايعاز الى الخَدمة في التفتيش لايقاف ادخال الزائرين.

٤. ومن الممكن ايضا لتقليل الازدحام الاستعانة بنظام ادارة صفوف الانتظار عن طريق الانترنت، فكما نعلم ان هناك اعداد من الزائرين لا يأتون مشيا على الاقدام، او قد يمشون لمسافة قصيرة مقارنة بالاخرين، وهم يستخدمون السيارات وبذلك فهم يعرفون يوم وصولهم الى كربلاء. وتتمثل فكرة نظام إدارة صفوف الانتظار عبر الإنترنت في أنه يمكن للزوار التسجيل ليكونوا جزءا من قائمة الانتظار عن طريق تسجيل الدخول إلى حساباتهم عبر الإنترنت من خلال هواتفهم المحمولة وباستخدام تطبيق توفره العتبة الحسينية، أو باستخدام موقع الويب الخاص بالعتبة. وهذا ما يؤدي الى عدم الحاجة الى التواجد الفعلي في صفوف الانتظار وانما كل شخص يعرف وقته المحدد (قد يكون من خلال بطاقات تعريفية او وصولات تمكنه من الدخول)، ويتم تحديد اماكن خاصة لدخولهم وهو ما يمكن ان يقلل من الازدحام ووقت الانتظار.

٥. محاكاة المقترح وفق نظرية صفوف الانتظار

بناء على المعطيات اعلاه وبتطبيق القوانين، فان معلومات النظام المقترح ستكون كما مبين ادناه:

μ : معدل دقيقة ونصف لكل زائر بجوار الضريح، بمعنى ٤٠ زائرا في الساعة

لكل مسار، واذا كانت لستة مسارات فانها تعادل ٢٤٠ زائرا/ ساعة.

λ : ادخال ١٨ زائر كل ٥ دقائق، بمعنى ٢١٦ زائر/ ساعة.

- وبذلك فان احتمال وجود زائرين في النظام هو ٢١٦/ ٢٤٠ = ٠,٩ وهو ما يشير

الى نسبة مشغولية عالية في النظام. بمعنى ان نسبة عدم وجود زائرين في النظام هي ١ , ٠ وهي نسبة منخفضة جدا.

- اما عدد الاشخاص المتوقعين في كل صف فسيكون:

- ٢٤٠ (٢١٦-٢٤٠) / ٢ (٢١٦) = ١ , ٨ بمعنى ان عدد المنتظرين في الصف هم ثمانية.

- اما وقت الانتظار المتوقع في كل صف فسيكون:

- ١ , ٨/ ٢١٦ = ٠ , ٠٣٧٥ ولتحويلها الى دقائق يتم ضربها في ٦٠ فيكون الناتج ٢ , ٢٥ دقيقة.

- وبذلك فان وقت الانتظار المتوقع في كل النظام فسيكون ٢ , ٥ دقيقة، بالنسبة لكل صف.

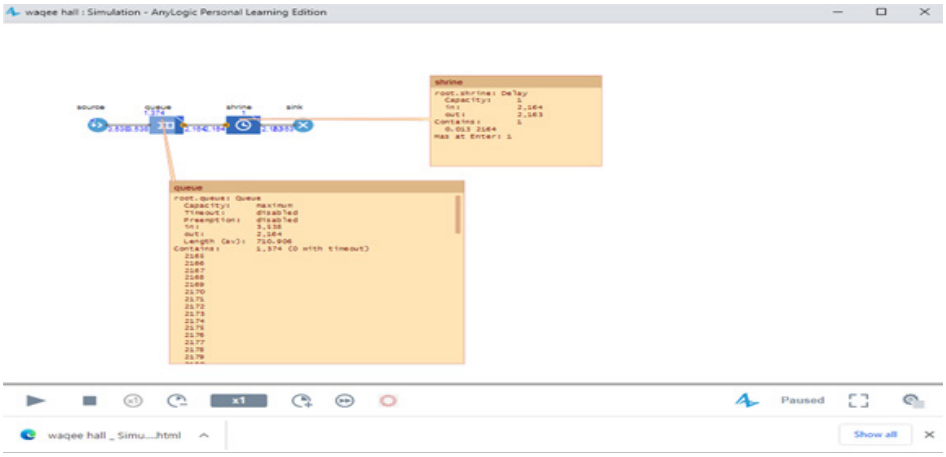
- من خلال المحاكاة الرياضية السابقة يتضح ان معدل القادمين سيكون ٣٦ زائر/ ساعة في كل صف، بينما معدل الذين يكملون زيارة الضريح سيكون ٤٠ زائر / ساعة في كل صف.

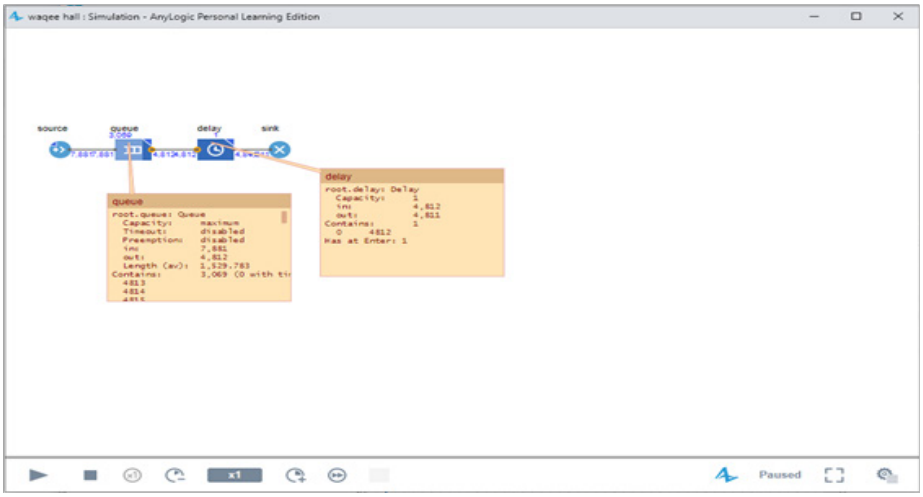
- تم استخدام برنامج Anylogic لمحاكاة واقع الحال والنموذج المقترح، وقد تبين ان النموذج المقترح حقق نتائج افضل مقارنة بواقع الحال لاحد صفوف الانتظار وكما مبين في الشكل (٦) والشكل (٧).

- يوضح الشكل (٦) الذي يحاكي واقع الحال، ان المسار ممتلئ بالزائرين مع صعوبة الحركة، واستغراق وقت طويل لخروج كل زائر، اذ تمت المحاكاة في وقتين مختلفين، تبين خلال الوقت الاول ان عدد الداخلين الى صف الانتظار هو ٣٥٣٨ في حين ان عدد الخارجين من الصف هو ٢١٦٤ بمعنى وجود عدد كبير جدا في الصف، ومع تقدم الوقت في الزيارة يزداد تراكم هذه الاعداد، اذ ان عدد الداخلين الى الصف سيكون ٧٨٨١، وعدد الخارجين منه ٤٨١٢، وهذا يعني مشغولية عالية

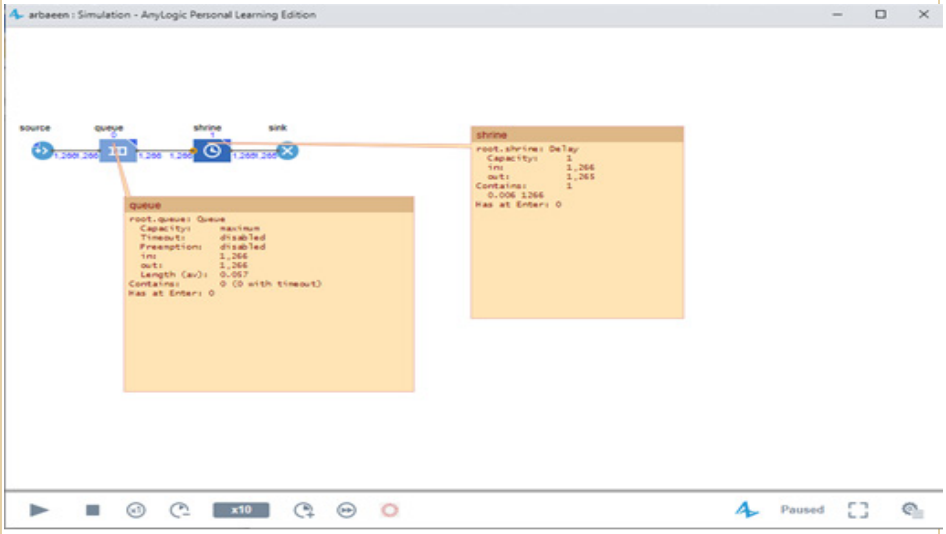
جدا لصفوف الانتظار تزيد من فرص حدوث المخاطر، فضلا عن ان هناك اعداد كبيرة لا يتمكنون من الوصول الى الضريح. في حين ان تطبيق المقترح في الشكل (٧) سيسهل حركة الزائرين ويقلل كثيرا من وقت انتظارهم بما يخفف من احتمالية حدوث المخاطر المرافقة للتجمعات المليونية.

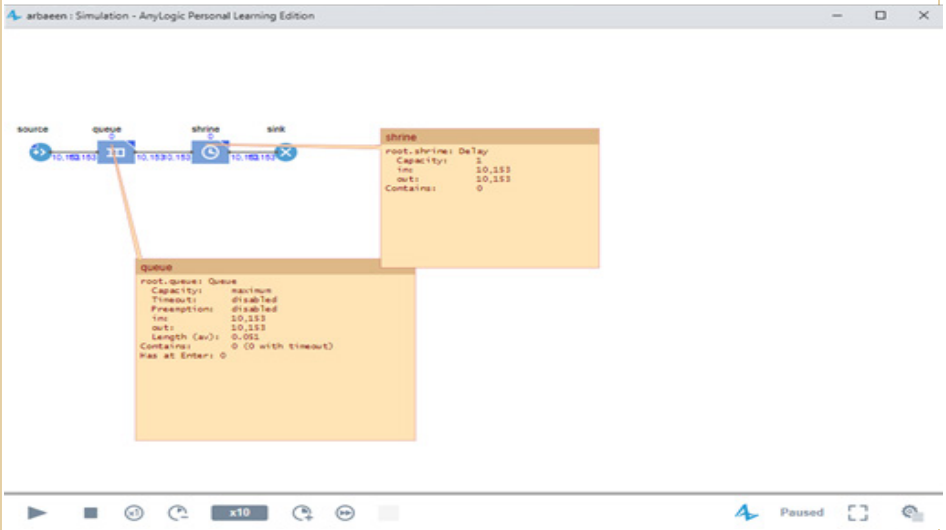
شكل (٦) محاكاة واقع الحال في وقتين مختلفين، الذي يظهر مقدار تكدس الزائرين في صف الانتظار





شكل (٧) محاكاة النموذج المقترح الذي يبين الانسيابية العالية في حركة الزائرين





الاستنتاجات:

ان العمل على تنظيم الحشود المليونية في الزيارة الاربعينية امر بالغ الصعوبة والتعقيد ويحتاج الى تكاتف جهات مختلفة، بما فيها الزائرين الكرام الذين لابد من بث الوعي فيهم للتقليل قدر الامكان من فترة البقاء قرب الضريح وافساح المجال للزائرين الآخرين، فضلا عن ضرورة توعيتهم بعدم استخدام اماكن الصحن والضريح للمكوث فترة طويلة واستخدامها للراحة والنوم خلال ايام الزيارة الاربعينية.

حاولنا في هذا البحث ان نقدم احدى التدخلات الاحصائية المهمة في تنظيم صفوف الانتظار، واستخدامها في ادارة وتنظيم الحشود في الزيارات المليونية، لاسيما زيارة الاربعين. و يقر المؤلفون بان هذا البحث يقدم فكرة تحتاج الى المزيد من التركيز واستخدام النماذج الرياضية والاحصائية وبيانات دقيقة حول اعداد الزائرين من كل باب ومسارات حركتهم واساليب المحاكاة المختلفة للنجاح في تطبيقها على ارض الواقع والتخفيف من وطأة الازدحام.

قدم البحث مقترحا لعمل احد انظمة صفوف الانتظار هو (صف واحد ومركز خدمة واحد) لمعرفة ان كان هناك امكانية في تطبيقه في صحن وضريح الامام الحسين، وليكون خطوة اولى باتجاه تطبيق الانظمة الاخرى، والاستفادة من مخرجاته في ايجاد بدائل متعددة. وبالرغم من ان الاعداد التي تم تقديمها في النموذج المقترح قد تبدو قليلة للوهلة الاولى مقارنة بالاعداد المليونية في الزيارة الاربعينية، الا انها تتيح امكانية كبيرة جدا في تخفيف الازدحام وتقليل المخاطر وضمان وصول عدد اكبر من الزائرين الى ضريح الامام عليه السلام.

توصل البحث الى انه بالامكان تطبيق نظرية صفوف الانتظار في صحن

وضريح الامام الحسين عليه السلام وبكفاءة جيدة، تتيح مدة انتظار معقولة جدا في المسارات الموجودة حاليا والمسارين المقترحين (لكل باب)، مع ضمان الوصول الى الضريح المطهر للامام عليه السلام. لقد تبين من خلال الاستبيان ان هنالك دورا مهما يؤديه الخدَمة القائمين على تحريك الصفوف سواء من الموظفين او من المتطوعين، اذ ان دورهم في منع الوقوف قرب الشباك فترة طويلة يسهم في زيادة انسيابية الحركة.

ان اتباع النموذج المقترح سيؤدي الى تقليل تكاليف نصب حواجز المسارات لمسافة طويلة في الصحن الشريف، اذ سيكون عدد المنتظرين قليلا ولا يحتاج الى استهلاك مساحة كبيرة من الصحن والضريح، وفي حال لم تستغل هذه المساحة في نصب الحواجز فيمكن ترتيبها بما يوفر اماكن كافية للعبادة والصلاة.

التوصيات:

١. من ابرز التوصيات هو محاولة التعمق في هذا النموذج والنماذج الاحصائية الاخرى، والتواصل مع اصحاب الاختصاص لايجاد الحلول الاحصائية المثلى لمعالجة مشكلة الازدحام في الزيارة، مع اتباع احدث البرامج والتقنيات الخاصة بالمحاكاة لمعرفة الثغرات ومعالجتها قبل تطبيقها على ارض الواقع. مع ضرورة تركيز البحث على ايجاد نظام خاص بالزيارة الاربعينية يخضع في اسسه ونماذجه الرياضية لنظرية الانتظار.

٢. العمل على تطبيق انظمة صفوف الانتظار بما ينسجم مع حالة كل باب او بالنسبة للصحن ككل، فمثلا بالامكان تطبيق النظام B المشار اليه في الشكل (٢) في كل باب من الابواب الثمانية، وبالامكان تطبيق النظام C الموضح في الشكل (٢) بالنسبة للصحن ككل ولجميع الابواب.

٣. ضرورة الاهتمام من قبل المراكز البحثية التابعة للعتبتين المقدستين بجمع البيانات وتبويبها فيما يتعلق بعدد الداخلين من كل باب، اعداد الرجال واعداد النساء والاطفال،

اعداد الذين يأتون سيرا على الاقدام من مناطق بعيدة، والذين يقطعون مسافات قريبة، فضلا عن محاولة معرفة الواصلين بالسيارات على طول فترة الزيارة. ان وجود هذه البيانات سيسهل من اجراءات نمذجة ومحاكاة الزيارة، ويؤدي الى نتائج دقيقة.

٤. انشاء تطبيقات خاصة بالزائرين أو استخدام المواقع الالكترونية للعتبات المقدسة لغرض التواصل مع الاشخاص الذين يرغبون بالتواجد في كربلاء في اوقات محددة وادخالهم في صفوف انتظار اليكترونية.

٥. العمل على انشاء محاكاة لبدائل اخرى من نماذج صفوف الانتظار، وخاصة نموذج b ونموذج C الموضحين في الشكل (٢) اعلاه.

٦. بث الوعي بين صفوف الزائرين بانه لا ينبغي التسبب بالازدحام والتأخير والبقاء لفترة طويلة بجانب ضريح الامام ﷺ، وانما ينبغي العمل بروح تعاونية لانجاح الزيارة.

المصادر:

1. Xiang, W., Wang, H., Zhang, Y., Yip, M. K., & Jin, X. (2023). Model-based Crowd Behaviours in Human-solution Space. Computer Graphics.
2. A., K., J., S. S., & Annadurai, A. (2024). Simulation using Anylogic. Experiment Findings.
3. Alghamdi, N. S., Khan, M. A., Karamti, H., & Nawaz, N. A. (2022). Internet of Things (IoT) enabled smart queuing model to support massive safe crowd at Ka'aba. Alexandria Engineering Journal, 1271312723-.
4. Cernea, S. O., Jaradat, M., & Jaradat, M. (2010). CHARACTERISTICS OF WAITING LINE MODELS – THE INDICATORS OF THE CUSTOMER FLOW MANAGEMENT SYSTEMS EFFICIENCY. Annales Universitatis Apulensis Series Oeconomica, 616622-.
5. Ďutkova, S., Achimský, K., & Hoštáková, D. (2020). SIMULATION OF A QUEUING SYSTEM OF A POST OFFICE. Communications - Scientific letters of the University of Zilina, 1522-.
6. GMPD, H. (2016). Husam Geographic Maps for Planning Design. Retrieved

from https://hgmpd.blogspot.com/201611//blog-post.html.

7. Handel, O., & Borrmann, A. (2017). Service bottlenecks in pedestrian dynamics. Transportmetrica A: Transport Science.
8. Illiyas, F., Mani, S. K., A.P., P., & Mohan, K. M. (2013). Human stampedes during religious festivals: A comparative review of mass gathering emergencies in India. International Journal of Disaster Risk Reduction, 1018-.
9. Naidu, N. (2020). OPERATIONS RESEARCH. In N. Naidu, Queuing Theory (pp. 145-).
10. PRASUNAMBA, P. G., & MURALIDHAR, B. V. (2017). CROWD AND QUEUE MANAGEMENT IN TEMPLES DURING LARGE SCALE RELIGIOUS GATHERINGS. Emperor International Journal of Finance and Management Research, 295299-.
11. Soomaroo, L., & Murray, V. (2012). Disasters at Mass Gatherings: Lessons from History. PLoS Currents.
12. Torres, E. C., Moreira, S., & Lopes, R. C. (2018). Understanding how and why people participate in crowd events. Social Science Information, 118-.
13. جديد, م. ا. (2021). بحوث العمليات. دمشق: منشورات جامعة الشام الخاصة/ كلية الهندسة المعلوماتية.