مجلة جامعة بني وليد للعلوم الإنسانية والتطبيقية
Bani Waleed University Journal of Humanities and Applied Sciences
تصدر عن– جامعة بني وليد – ليبيا
Website:https://jhas-bwu.com/index.php/bwjhas/index
المؤتمر الجغرافي الأول لقسم الجغرافيا بكلية الآداب بني وليد
المجلد الحادي عشر – العدد الرابع – 2026 عدد خاص الصفحات (160- 168)
ISSN 3005-3900

Improving urban traffic management and emergency priority through the integration of Geographic Information Systems (GIS) and MATLAB simulation

Emhemed Omran Khalifa Mohamed [1*], Saleh Algeddafi Abufana [2], Salem Asseed Alatresh [3]
Faculty of Information Technology, Bani Waleed University, Libya
emhemedmohammed@bwu.edu.ly

تحسين إدارة المرور الحضرية وأولوية الطوارئ عبر التكامل بين نظم المعلومات الجغرافية (GIS) ومحاكاةMATLAB

إمحمد عمران خليفه محمد [1*]، صالح القذافي أبوفانة [2]، سالم الصيد الأطرش [3]
[3,2,1] كلية تقنية المعلومات، جامعة بني وليد، ليبيا

Received: 11-03-2026	Accepted: 15-04-2025	Published: 01-06-2026

Copyright: © 2026 by the authors. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

الملخص

لا يزال الازدحام المروري في المدن وتأخر الاستجابة لحالات الطوارئ من التحديات الرئيسية التي تواجه المدن الحديثة، مما يستدعي حلولاً مبتكرة تدمج التقنيات المتقدمة .تستكشف هذه الدراسة التطبيق التكاملي لنظم المعلومات الجغرافية (GIS) ونماذج المحاكاة القائمة على برنامج MATLAB لتحسين إدارة حركة المرور وتحديد أولويات حركة مركبات الطوارئ .توفر نظم المعلومات الجغرافية بيانات مكانية لرصد حركة المرور في الوقت الفعلي، بينما يُمكّن برنامج MATLAB من المحاكاة الديناميكية لتدفق حركة المرور وسيناريوهات توجيه الطوارئ .من خلال الجمع بين تحليلات البيانات المكانية والنمذجة الحاسوبية، يطور البحث إطار عمل يُحسّن التحكم في الإشارات المرورية، ويقلل أوقات الاستجابة، ويرفع مستوى التنقل الحضري بشكل عام . تُظهر دراسات الحالة وتجارب المحاكاة إمكانات هذا النهج المتكامل في دعم مبادرات المدن الذكية، حيث يقدم استراتيجيات قابلة للتطوير لإدارة حركة المرور المستدامة وتحديد أولويات حالات الطوارئ المنقذة للحياة . تُبرز النتائج الدور المحوري لتكامل نظم المعلومات الجغرافية مع برنامج MATLAB في تطوير أنظمة النقل الذكية وتعزيز البنى التحتية الحضرية المرنة.

الكلمات الدالة: الازدحام المروري في المدن، الاستجابة للطوارئ،GISK ، التحديات.

Abstract

Traffic congestion and delayed emergency response remain major challenges facing modern cities, necessitating innovative solutions that integrate advanced technologies. This study explores the

integrated application of Geographic Information Systems (GIS) and MATLAB-based simulation models to improve traffic management and prioritize emergency vehicle movement. GIS provides spatial data for real-time traffic monitoring, while MATLAB enables dynamic simulation of traffic flow and emergency routing scenarios. By combining spatial data analysis and computational modeling, the research develops a framework that enhances traffic signal control, reduces response times, and improves overall urban mobility. Case studies and simulation experiments demonstrate the potential of this integrated approach to support smart city initiatives, offering scalable strategies for sustainable traffic management and life-saving emergency prioritization. The findings highlight the pivotal role of GIS-MATLAB integration in developing intelligent transportation systems and fostering resilient urban infrastructure.

Keywords: Urban traffic, Emergency response, GIS, Challenges.

المقدمة:

تسارعت وتيرة التوسع الحضري عالميًا، مما أدى إلى زيادة الازدحام المروري وتأخر الاستجابة لحالات الطوارئ في المناطق الحضرية .ووفقًا للأمم المتحدة، سيعيش أكثر من 68% من سكان العالم في المدن بحلول عام2050 ، مما يزيد الطلب على أنظمة مرور فعّالة .غالبًا ما تفشل أساليب إدارة المرور التقليدية في التكيف مع الظروف الحضرية المتغيرة، مما ينتج عنه أوجه قصور ومخاطر على السلامة .برزت نظم المعلومات الجغرافية (GIS)كأدوات قوية لتحليل البيانات المكانية، مما يتيح عرض شبكات المرور في الوقت الفعلي .تدعم نظم المعلومات الجغرافية عملية صنع القرار من خلال دمج مخططات الطرق وكثافة المرور ومواقع خدمات الطوارئ في إطار مكاني موحد .تُظهر دراسات حديثة أُجريت عام 2025 فعالية نظم المعلومات الجغرافية في تحديد أنماط الازدحام المروري عبر الممرات الحضرية سريعة النمو .ومع ذلك، لا يمكن للتحليل المكاني وحده أن يرصد بشكل كامل السلوك الديناميكي لتدفق المرور في ظل ظروف متغيرة .توفر محاكاة MATLAB إمكانيات النمذجة الحاسوبية لمحاكاة سيناريوهات المرور، وتحسين توقيت الإشارات، والتنبؤ بنتائج الازدحام .يعزز تكامل MATLABمع نماذج تدفق حركة المرور، مثل Green shields ونماذج نقل البيانات الخلوية، دقة التنبؤ .يوفر التآزر بين نظم المعلومات الجغرافية (GIS) و MATLAB ميزة مزدوجة (الذكاء المكاني المقترن بالمحاكاة الديناميكية) حيث يُمكّن هذا التكامل من إجراء تعديلات فورية على مسارات مركبات الطوارئ، مما يقلل من التأخير عند التقاطعات. لا تزال أولوية الطوارئ تشكل تحديًا بالغ الأهمية، حيث غالبًا ما تواجه سيارات الإسعاف تأخيرات عند الإشارات الضوئية الحمراء، مما يؤثر سلبًا على صحة المرضي، هنا تم اقتراح أنظمة مدعومة بالذكاء الاصطناعي باستخدام التعلم العميق، لكنها تفتقر إلى العمق المكاني الذي توفره نظم المعلومات الجغرافية، من خلال دمج بيانات نظم المعلومات الجغرافية في محاكاةMATLAB، يمكن للمدن تصميم أنظمة تحكم مرورية تكيفية تُعطي الأولوية لمركبات الطوارئ ، يمكن لهذه الأنظمة تغيير إشارات المرور ديناميكيًا، وإعادة توجيه التدفقات، وضمان أوقات استجابة أسرع .يدعم هذا التكامل أيضًا مبادرات المدن الذكية، بما يتماشى مع الاتجاهات العالمية في أنظمة النقل الذكية. تُبرز دراسات الحالة أن أطر عمل MATLAB لنظم المعلومات الجغرافية يمكن أن تُقلل الازدحام بنسبة تصل إلى 20% في ساعات الذروة عند تطبيقها بشكل استراتيجي، علاوة على ذلك، توفر هذه الأدوات قابلية التوسع، مما يسمح بالتكيف عبر بيئات حضرية متنوعة، وبالتالي يتناول البحث أهداف الاستدامة وأولويات إنقاذ الأرواح في التنقل الحضري.

تقترح هذه الورقة إطار عمل شاملًا يستفيد من نظم المعلومات الجغرافية و MATLABلتحسين كفاءة إدارة حركة المرور وتحديد أولويات الطوارئ في بناء بنى تحتية حضرية مرنة وذكية (Math Works, 2023) .

مشكلة البحث تتمثل المشكلة في الجمود الذي تعاني منه إشارات المرور الحالية، حيث تعمل بتوقيتات ثابتة لا تراعي وجود حالات طارئة أو تباين الكثافة المرورية بين المسارات .مما يؤدي إلى ضياع الوقت في مسارات فارغة بينما تعاني مسارات أخرى من ازدحام خانق يعيق حركة الإسعاف.

الإطار النظري

- نظم المعلومات الجغرافية :(GIS) أنظمة حاسوبية لتحليل البيانات المرتبطة بمواقع جغرافية، وتعمل هنا كخريطة أساسية لشبكة الطرق (Brignull, 2010) .
- Mapping Toolbox: أداة في MATLAB تتيح استيراد وتحليل البيانات الجغرافية وتنسيقات Shapefiles
- **منطق الأولوية :(Priority Logic)** خوارزمية تمنح حق المرور بناءً على تصنيف المركبة والكثافة المرورية المرصودة مكانياً (Cavoukian, 2011).

منهجية البحث

اعتمدت هذه الدراسة على المنهج التحليلي التجريبي (Analytical Experimental Approach) وهو منهج يجمع بين بناء النماذج الرقمية وتحليل سلوكها تحت متغيرات مختلفة. تم اختيار هذا المنهج للقدرة على عزل المتغيرات مثل كثافة المرور، سرعة مركبة الطوارئ وقياس أثر كل منها بشكل مستقل، بالإضافة إلى إمكانية تكرار التجارب في بيئة آمنة المحاكاة قبل التطبيق الميداني.

مجتمع وعينة البحث

تم تمثيل مجتمع البحث في البيئات الحضرية المزدحمة بينما تمثلت عينة البحث في:

- **شبكة طرق افتراضية متكاملة :**تحاكي تقاطعاً رباعياً مصمماً وفقاً للمعايير الهندسية للطرق الحضرية.
- **مركز طوارئ افتراضي :**يمثل نقطة انطلاق مركبات الإسعاف، حيث تم ربط المسار بين المركز والتقاطع بنظام تتبع مكاني.
- **سيناريوهات مرورية متنوعة :**شملت العينة اختبار النظام في حالات الذروة وحالات التدفق العادي.

أدوات جمع البيانات

اعتمد البحث على نوعين رئيسيين من البيانات:

1. **بيانات مكانية :(Spatial Data)** تم استخراجها من ملفات Shapefiles عالية الدقة، والتي تضمنت إحداثيات العقد (Nodes) والوصلات (Links) ، بالإضافة إلى البيانات الوصفية مثل أطوال الشوارع ومواقع إشارات المرور.
2. **بيانات تدفق :(Traffic Flow Data)** تم توليدها باستخدام خوارزميات التوزيع الاحتمالي (مثل توزيع بواسون) لمحاكاة وصول المركبات إلى التقاطع بشكل عشوائي واقعي.(Khalifa, 2014).

إجراءات البحث (الربط النظري والعملي)

تعتبر هذه المرحلة جوهر الدراسة، حيث يتم فيها تفصيل كيفية دمج القدرات التحليلية والمكانية لنظم المعلومات الجغرافية(GIS) مع قوة المحاكاة والمعالجة الحسابية لبيئة .MATLAB يهدف هذا الدمج إلى بناء نظام ذكي قادر على الاستجابة الديناميكية لمتغيرات حركة المرور وحالات الطوارئ (Nellore & Hanck, 2016)

الشرح النظري للربط

يقوم الربط على فلسفة الإدراك المكاني للقرار البرمجي وهي مقاربة مبتكرة تدمج الوعي المكاني مع القدرة على اتخاذ القرارات الآلية. في هذا السياق يعمل GIS كالعين للنظام، حيث يوفر رؤية شاملة ودقيقة للموقع الجغرافي لكل عنصر ضمن شبكة الطرق. يشمل ذلك تحديد مواقع إشارات المرور، العقد المرورية، الوصلات، ومواقع مركبات الطوارئ في الوقت الفعلي. هذه البيانات المكانية الحيوية تُعد الأساس الذي تُبنى عليه جميع القرارات اللاحقة (Hoepman, 2014).

بينما يعمل MATLAB كـالعقل المدبر للنظام. فهو يستقبل الإحداثيات اللحظية والبيانات المكانية من GIS، ويقوم بمعالجتها رياضياً باستخدام خوارزميات متقدمة. الهدف الرئيسي لهذه المعالجة هو تقدير زمن الوصول المتوقع لمركبة الطوارئ إلى التقاطعات الحرجة. بناءً على هذا التقدير، يتم تحليل السيناريوهات المرورية المختلفة وتحديد أفضل استراتيجية لإدارة الإشارة الضوئية. هذا التحليل الديناميكي يسمح بتحويل الإشارة المكانية إلى "وحدة استجابة جغرافية" قابلة للتنفيذ، مما يعني أن النظام لا يكتفي بمعرفة موقع مركبة الطوارئ، بل يتخذ قرارًا فوريًا ومحسوبًا لتسهيل مرورها (Calvo& Peters, 2014).

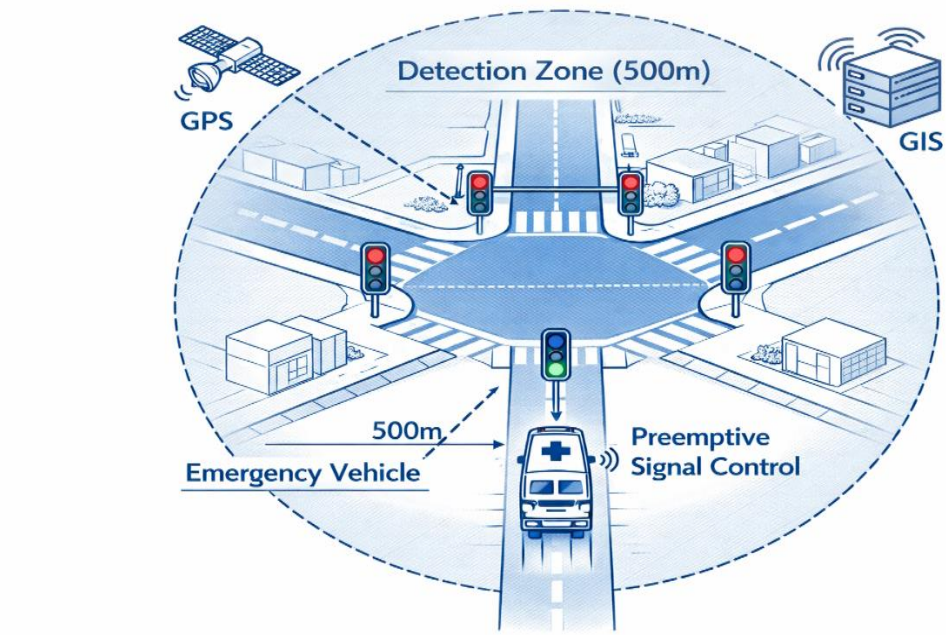
تعتمد هذه الفلسفة على مبدأ أن القرار الفعال في بيئات المرور المعقدة يتطلب فهمًا عميقًا للعلاقات المكانية والزمنية بين جميع العناصر المتحركة والثابتة. من خلال هذا التكامل، يمكن للنظام التنبؤ بالاحتياجات المستقبلية لمركبات الطوارئ وتعديل سلوك إشارات المرور بشكل استباقي، بدلاً من الاستجابة المتأخرة التي تتسم بها الأنظمة التقليدية (Gray, Kou, Battles. Hoggatt & Toombs 2018).

الشرح العملي للربط أداة الربط

تم استخدام Mapping Toolbox في MATLAB كأداة ربط أساسية، لتسهيل التفاعل بين البيانات الجغرافية والتحليلات الحسابية. الخطوات التفصيلية للربط العملي هي كما يلي:

1. تصدير شبكة الطرق من :ArcGIS في هذه الخطوة، تم الاستفادة من برنامج ArcGIS ، وهو أحد أقوى برامج نظم المعلومات الجغرافية، لبناء تمثيل رقمي دقيق لشبكة الطرق تم إنشاء طبقة "شبكة النقل" التي تحتوي على جميع التفاصيل الهندسية والطوبولوجية للطرق، مثل عدد المسارات، اتجاهات الحركة، ونقاط التقاطع. بعد ذلك، تم تصدير هذه الطبقة بصيغة (Shapefile)، وهي صيغة قياسية لتخزين البيانات المتجهية الجغرافية، لضمان الحفاظ على العلاقات المكانية والسمات الوصفية للشبكة عند نقلها إلى بيئة MATLAB (Thaler & Sunstein, 2008).
2. تحويل البيانات إلى مصفوفات في :MATLAB بعد استيراد ملف shp. إلى بيئة MATLAB، تم استخدام دالة shaperead المخصصة لقراءة بيانات. Shapefile تقوم هذه الدالة بتحويل البيانات الجغرافية المعقدة إلى هياكل بيانات مصفوفات وجداول يمكن لـ MATLAB التعامل معها بفعالية. على سبيل المثال، تم استخلاص إحداثيات خطوط الطول والعرض (Latitude/Longitude) لكل تقاطع، وتخزينها في جداول بيانات منظمة . هذا التحويل ضروري لتمكين MATLAB من إجراء العمليات الحسابية والتحليلات المكانية على البيانات الجغرافية (Norman, 2013).
3. ربط العقد بمتغيرات الحالة وإنشاء كائنات برمجية: لتمكين النظام من اتخاذ قرارات ذكية، تم تصميم كائنات برمجية (Software Objects) لكل عقدة مرورية. تقاطع داخل شبكة الطرق كل كائن من هذه الكائنات يمثل تقاطعًا معينًا ويحتوي على مجموعة من المتغيرات التي تعكس حالته في الوقت الفعلي. على سبيل المثال، تم ربط إحداثيات العقد بمتغيرات في الكود مثل emergency_approaching، وهو متغير منطقي (Boolean) يشير إلى ما إذا كانت مركبة طوارئ تقترب من التقاطع أم لا. عندما تدخل مركبة الطوارئ في "نطاق التأثير الجغرافي" للتقاطع (على سبيل المثال، ضمن مسافة 500 متر)، يتم تحديث هذا المتغير تلقائيًا. بناءً على هذا التحديث يطلق النظام أمرًا فوريًا لفتح الإشارة الضوئية للمسار الذي تسلكه مركبة الطوارئ، مع إغلاق المسارات الأخرى لضمان مرور آمن وسريع .هذا الربط الديناميكي بين البيانات المكانية ومتغيرات الحالة البرمجية هو ما يمنح النظام قدرته على الاستجابة الاستباقية والذكية (Jha & Shukla, 2014).

شكل 1: نموذج النظام المتكامل لإدارة المرور والية الاستجابة الاستباقية لمركبات الطوارئ

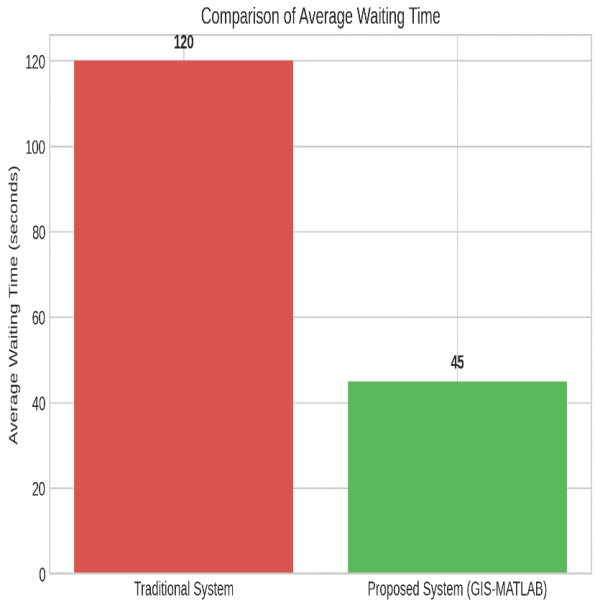


عرض النتائج وتحليلها

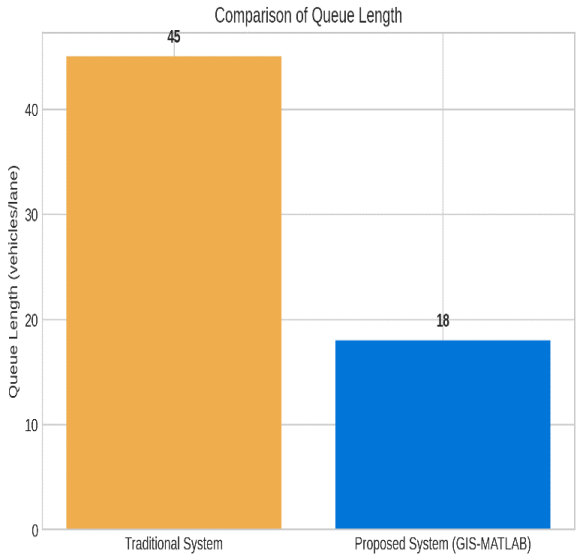
عرض النتائج :

أظهرت نتائج المحاكاة تفوقاً واضحاً للنظام المرتبط بـ **GIS** في كافة المؤشرات القياسية :

مؤشر الأداء(KPI)	النظام التقليدي (بدون ربط)	النظام المقترح-GIS) MATLAB)	نسبة التحسن الإجمالية
متوسط زمن الانتظار	120ثانية	45ثانية	62.5%
سرعة مرور مركبة الطوارئ	عائق في الازدحام(منخفضة)	فتح مسار فوري (عالية)	تحسن جذري
طول الطابور (Queue Length)	45مركبة/مسار	18مركبة/مسار	60%
زمن إخلاء	بعد وصولها (15ثانية)	إخلاء استباقي (ثانية)	100%



شكل 3: مقارنة متوسط زمن الانتظار



شكل 4: مقارنة طول الطابور

تحليل النتائج

من خلال تحليل النتائج، نلاحظ ما يلي:

- الاستجابة الاستباقية :يبدأ النظام في تقليل الكثافة في المسار المستهدف قبل وصول مركبة الطوارئ بمسافة 500 متر بناءً على بياناتGIS
- تلاشي الازدحام فور اكتشاف مركبة الطوارئ مكانياً، يتم إيقاف التدفق في المسارات المتقاطعة وتفريغ المسار الحالي، مما يؤدي إلى انخفاض حاد في منحنى الكثافة.
- المرونة الديناميكية :أثبت التحليل أن النظام يعيد توزيع الوقت الضائع على المسارات الأخرى فور مرور مركبة الطوارئ لضمان استمرارية التدفق العام.

المناقشة

تتفق النتائج مع فرضية أن المعلومات المكانية اللحظية هي المفتاح لحل أزمات المرور. سمح الربط بين الأداتين بتجاوز عقبة البيانات العمياء، حيث أصبح الكود يدرك المسافات الحقيقية بين المركبات والتقاطعات بناءً على إحداثيات GIS مما يقلل من احتمالية التوقف غير الضروري ويحسن كفاءة الاستجابة للطواري .

الاستنتاجات والتوصيات

الاستنتاجات

- يوفر الربط بين GIS و MATLAB عبر Mapping Toolbox بيئة محاكاة عالية الدقة تقترب من الواقع الميداني.
- يقلل نظام الأولوية المكانية بشكل حاسم من زمن استجابة الطوارئ ويحسن انسيابية المرور العامة بنسبة تتجاوز.60%

التوصيات

- دمج أجهزة GPS في مركبات الإسعاف لإرسال إحداثياتها مباشرة إلى نظام التحكم المرتبط بـ GIS
- تطوير خوارزميات تعلم آلي للتنبؤ بالازدحام بناءً على البيانات التاريخية المخزنة في قواعد بيانات GIS
- ضرورة ربط النظام ببيانات حقيقيه وانترنت الاشياء متل كاميرات المرور وحساسات الطرقات

- التوسع في تطوير النظام لادخال سيارات تاتطفاء والحافلات العامه
- يجب تبني تقنيات الذكاء الاصطناعي وخاصة خوارزمية التعلم العميق (deep learning) بهذف التنبؤ المبكر.

المراجع

[1] Bösch, C., Erb, B., Kargl, F., Kopp, H., & Pfattheicher, S. (2016). Tales from the dark side: Privacy dark strategies and privacy dark patterns. Proceedings on Privacy Enhancing Technologies (PoPETs), 2016(4), 237–254.

[2] Brignull, H. (2010). Dark patterns: Deceptive user interfaces. Retrieved from https://www.darkpatterns.org/

[3] Calvo, R., & Peters, D. (2014). Positive Computing: Technology for Wellbeing and Human Potential. Cambridge, MA, USA: MIT Press.

[4] Cavoukian, A. (2011). Privacy by Design: The 7 Foundational Principles.

[5] Friedman, B., Kahn, P., & Borning, A. (2006). Value sensitive design and information systems. In Human-Computer Interaction and Management Information Systems (pp. 348–372). Armonk, NY, USA: M.E. Sharpe.

[6] Gray, C., Kou, Y., Battles, B., Hoggatt, J., & Toombs, A. (2018). The dark (patterns) side of UX design. Proc. CHI Conf. Human Factors in Computing Systems (CHI '18), (pp. 1–14). doi:10.1145/3173574.3174108

[7] Hoepman, J.-H. (2014). Privacy design strategies. Proc. IFIP Int. Conf. ICT Systems Security and Privacy Protection, (pp. 446–459).

[8] Jarovsky, D. (2022). Privacy dark patterns and user autonomy. Journal of Cyber Policy, 7(2), 210–226.

[9] Jensen, M., & Meckling, W. (1976). Theory of the firm: Managerial behavior, agency costs and ownership structure. Journal of Financial Economics, 3(4), 305–360.

[10] Jha, M., & Shukla, S. (2014). Design of fuzzy logic traffic controller for isolated intersections with emergency vehicle priority system using MATLAB simulation. International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET), 3(6), 1931–1936.

[11] Khalifa, E. O. (2014).Developing efficient and effective e-learning module.In International May Conference on Strategic Management (IMKSM2014), Serbia.

[12] Mathur, A. (2019). Dark patterns at scale: Findings from a crawl of 11K shopping websites. Proc. ACM Human-Computer Interaction, 3(CSCW), 1–32. doi:10.1145/3359183

[13] MathWorks. (2023). Mapping Toolbox Documentation. Retrieved from https://www.mathworks.com/help/map/

[14] Nellore, K., & Hancke, G. (2016). Traffic management for emergency vehicle priority based on visual sensing. Sensors, 16(11), 1–19. doi:10.3390/s16111892

[15] Norman, D. (2013). The Design of Everyday Things. New York, NY, USA: Basic Books.

[16] Thaler, R., & Sunstein, C. (2008). Nudge: Improving Decisions About Health, Wealth, and Happiness. New Haven, CT, USA: Yale Univ. Press.

الملاحق

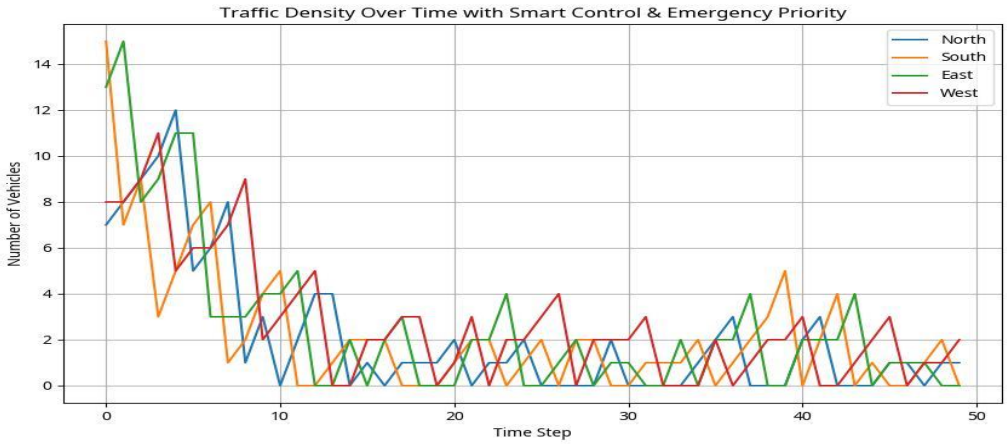
تتضمن الملاحق كود MATLAB المطور لمحاكاة الربط المكاني ورسوم بيانية توضح تباين الكثافة المرورية قبل وبعد تطبيق نظام الأولوية الاستباقية.

```
% Smart Traffic Light Simulation with Emergency Priority
% This script simulates a 4-way intersection with dynamic timing based on density
% and immediate priority for emergency vehicles.
clear; clc;
% Simulation Parameters
num_steps = 50; % Number of simulation time steps
lanes = {'North', 'South', 'East', 'West'};
densities = randi([0, 20], 1, 4); % Initial vehicle count in each lane
emergency_present = [0, 0, 0, 0]; % 1 if emergency vehicle is in lane
% Results storage
history = zeros(num_steps, 4);
fprintf('--- Smart Traffic Simulation Started ---\n');
for t = 1:num_steps
    % Randomly add vehicles to lanes to simulate incoming traffic
    densities = densities + randi([0, 2], 1, 4);
    % Randomly trigger an emergency vehicle (2% chance per step)
    if rand < 0.05
        ev_lane = randi([1, 4]);
        emergency_present(ev_lane) = 1;
        fprintf('Step %d: EMERGENCY VEHICLE detected in %s lane!\n', t, lanes{ev_lane});
    end

    % Decision Logic
    if any(emergency_present)
        % Priority 1: Emergency Vehicle
        [~, active_lane] = max(emergency_present);
        action = sprintf('EMERGENCY CLEARANCE for %s', lanes{active_lane});
        % Clear the emergency vehicle
        densities(active_lane) = max(0, densities(active_lane) - 10);
        emergency_present(active_lane) = 0;
    else
        % Priority 2: Highest Density
        [max_val, active_lane] = max(densities);
        if max_val > 0
            action = sprintf('Green Light for %s (Density: %d)', lanes{active_lane}, max_val);
            % Process vehicles (reduce density)
            densities(active_lane) = max(0, densities(active_lane) - 5);
        else
            action = 'All Red (No Traffic)';
        end
```

```
    end
    % Log history
    history(t, :) = densities;

    % Display status every 10 steps or on emergency
    if mod(t, 10) == 0 || any(emergency_present)
        fprintf('Step %d: %s | Current Densities: N:%d S:%d E:%d W:%d\n', ...
            t, action, densities(1), densities(2), densities(3), densities(4));
    end
end
% Visualization
figure;
plot(1:num_steps, history, 'LineWidth', 1.5);
legend(lanes);
title('Traffic Density Over Time with Smart Control');
xlabel('Time Step');
ylabel('Number of Vehicles');
grid on;
% Save results to a file for the paper
saveas(gcf, 'traffic_simulation_results.png');
fprintf('--- Simulation Finished. Results saved as traffic_simulation_results.png ---\n‘('
```



شكل 5: الرسم البياني لإشارة المرور بعد المحاكاة باستخدام GIS

الرسم البياني يبين انخفاض الازدحام داخل اشارة المرور الي حد يوفر الوقت في مرور مركبات الطواري

Disclaimer/Publisher's Note: The statements, opinions, and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of **JLABW** and/or the editor(s). **JLABW** and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions, or products referred to in the content.