استخدام منهجية التحليل الشبكي لرفع كفاءة الشوارع الرئيسية أمام حركة منظومة الطوارئ في مدينة اللاذقية

د. شذى إبراهيم أسعد*

(تاريخ الإيداع 10 / 5 / 2021. قُبِل للنشر في 21/ 6 / 2021)

□ ملخّص □

منظومة الطوارئ هي نظام يطبّق القواعد والمهن المتعلّقة بالعلم والتكنولوجيا والتخطيط والإدارة، عند وقوع الأحداث المتطرفة، ويمكن اعتبار إدارة السرعة للمركبات على الشوارع العمود الفقري لهذه المنظومة، التي يمكن تقسيم نشاطها إلى مراحل بدءاً من التخطيط والتأهّب، وصولاً إلى الاستجابة (لمعرفة المعلومات الدقيقة عن الموقع الدقيق)، وبالتالي تتزايد بسرعة الحاجة إلى بيانات مفصّلة ودقيقة عن وقت السفر وسرعة المركبات وتأخيرها، مع تغيّر تقنيات التحليل ومتطلباته.

يمكن تحقيق مراقبة فعالة للمركبات، من خلال دمج بيانات حركة المرور المستمدة من النظام العالمي لتحديد المواقع، مثل سرعة المركبات واتجاه تدفق حركة المرور، إلى بيئة نظام المعلومات الجغرافية، حيث يوفر هذا النظام الموقع والحالة الفعليين للمركبات في الشبكة، وفق مجموعة بيانات ورسومات للنتائج موضّحة في خريطة، تعطي صورة أوضح لحالة المرور في كل مسار في الشبكة، ممّا يتيح لمخططي النقل اختيار أسلوب إدارة السرعة المرغوب فيه لتحسين نظام المرور، وتقييم نمط حركة المرور، لإجراء تقييم جيد بما فيه الكفاية لتقنية إدارة السرعة المعتمدة.

كان الهدف الرئيسي من هذا البحث هو توفير تحليل شبكي معزز لشبكة الشوارع في مدينة اللاذقية استناداً إلى زمن السفر وسرعة المركبات، ممّا يسهّل تحديد عامل الإعاقة وزمن البدء وفترة الوصول إلى أقرب مشفى في حالات الطوارئ مثلاً، انطلاقاً من موقع الحادث، وهذا سوف يساعد في إنقاذ حياة المصابين من جرّاء تقليل الزمن والجهد والموارد، كما يساعد في معرفة عدد المشافي التي يمكن العثور عليها واتجاهات السفر (من الحادث إلى المشفى أو من المشفى إلى الحادث)، في أقصر زمن ممكن، كما أظهر البحث أهمية التعامل مع تقنيات الاستشعار عن بعد (خدمة تحديد المواقع) مع أنظمة المعلومات الجغرافية لبناء أنظمة بيانات مكانية قادرة على إدارة حركة منظومات الطوارئ وأي نظام نقل أو مرور آخر بشكل فعال وديناميكي.

الكلمات المفتاحية: GPS، GNSS، منظومة الطوارئ، التحليل الشبكي، أقرب مسار، تحليل المسار الأقصر.

*أستاذ مساعد – قسم هندسة المواصلات والنقل – كليّة الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقيّة – سورية.

Using Network Analysis Methodology to Increase the Efficiency of Main Streets for Emergency System Movement in Latakia City

Dr. Shaza Ebrahim Assaad*

(Received 10 / 5 / 2021. Accepted 21 / 6 / 2021)

□ ABSTRACT □

The emergency system is a system that applies rules and professions relating to science, technology, planning and management, in the event of extreme events. Speed management of street vehicles can be considered the backbone of this system, which can be divided into phases, from planning and preparedness to response (for accurate information on the exact location), Therefore, the need for detailed and accurate data on travel time and vehicle speed and delay increases rapidly, as analysis techniques and requirements change.

Effective vehicle control can be achieved by integrating GPS traffic data, such as the speed of vehicles and the direction of traffic flow, to the GIS environment. This system provides the actual location and status of the vehicles in the network, according to a data set and graphics of the results shown in a map, gives a clearer picture of the traffic situation in each route in the network. This allows transport planners to choose the desired speed management method to improve the traffic system and assess the traffic pattern, to assess sufficiently well the speed management technique adopted.

The main objective of this research was to provide enhanced network analysis of the street network in Latakia City based on travel time and vehicle speed. This makes it easier to determine the disability factor, the start time and the period of arrival at the nearest emergency hospital, for example, from the scene of the accident. This will help save the lives of those injured by reducing time, effort and resources, it also helps to find out how many hospitals can be found and travel trends (from accident to hospital or from hospital to accident), in the shortest possible time. The research also showed the importance of dealing with remote sensing techniques (positioning service) with geographic information systems (GIS), to build spatial data systems capable of effectively and efficiently managing the movement of emergency systems and any other transport or traffic system effectively and dynamically.

Keywords: GNSS, GPS, Emergency system, Network analyst, Closest path facility, Shortest path analysis

* **Associate Professor -Transportation Engineering Department – Civil Engineering Faculty - Tishreen University – Lattakia – Syria.**

مقدمه:

يعتبر العديد من الباحثين أنّ عالم الأزمات اليوم له خصوصياته، إذ يمكن أن توصف بأنّها فوق التقليدية، نتيجة لتأثيراتها العاجلة والواسعة، ولذلك فإنّ العناصر الشديدة الأهميّة التي يجب توافرها في إدارة الأزمات، (والتي تمثّل أزمة كورونا أكبر مثال حيّ لكيفية إدارة الأزمات بطريقة ناجحة)، هي كفاءة الدولة ووعيها في معالجة الأزمة، عبر استراتيجية وتخطيط واضحين لمجابهة كافة التحديّات، ولذلك كان على الدول في بداية جائحة كورونا العالمية، أن تحدّد أولويات التعامل مع مثل هذه الأزمات، وذلك من خلال تأمين صحة المواطن وتحقيق التوازن في استخدام الموارد الطبية المتاحة، سواء البشريّة أو غير البشريّة، لأنّ طبيعة الأزمة وتعقيداتها والتعامل مع عنصر الزمان، كلّ ذلك يحتاج إلى اتخاذ قرارات عاجلة دقيقة وواقعيّة، للحدّ من خطورة هذه الأزمة ولإنقاذ حياة المصابين نتيجة انتشارها.

إدارة الكوارث هو نظام يطبّق القواعد والمهن المتعلّقة بالعلم والتكنولوجيا والتخطيط والإدارة، ويمكن تقسيم نشاط هذا النظام إلى أربع مراحل: التخطيط ، والتخفيف ، والتأهّب ، والاستجابة (لمعرفة المعلومات الدقيقة عن الموقع الدقيق)، حيث يقوم نظام المعلومات الجغرافية بإعداد صور مفصّلة عن تعقّب الأحداث وخطط الإخلاء، لدعم اتخاذ القرارات، بهدف تحديد أفضل الطرق للاستجابة لحالات الطوارئ، والتمكّن من ايجاد أسرع طريق للوصول إلى الوجهة، عن طريق تجنّب الازدحام المروري، وهو يملك قدرات قويّة لتحليل الشبكات، وإدارة شبكة حركة المرور في المناطق الحضريّة، كما أنّه يساعد على توفير الاستقصاء الجغرافي، ولا سيّما اتخاذ القرارات المكانيّة. [3]

يعتمد نظام الخدمات الطبيّة الطارئة Emergency medical services (EMS) على نظام إدارة الطرق الأهم وهو النقل البريّ، الذي يسمح لمركبات الطوارئ، بالوصول إلى المرضى بسرعة أكبر اعتماداً على أنظمة المعلومات الجغرافيّة، وذلك باستخدام خوارزميّة المسار الأقصر المطبّقة على شبكة النقل، بأقلّ تكلفة سفر، وبأقلّ إعاقة من المنبع إلى المصبّ، ويكون ذلك من خلال تطبيق ثلاث خصائص: التكلفة على حدود شبكة الطرق، والمسافة الزمنية، وزمن السفر المسجّل من بيانات المرور الفعلية، حيث أنّ المسار الديناميكي القائم على سمات التكلفة المستمدّة من بيانات السفر المسجّلة والمطبّقة على كامل حدود الشبكات، من شأنه أن يساعد مركبات الاستجابة، على تجنّب المناطق المزدحمة وتحسين أوقات السفر. [1]

الإشكالية (The problem):

تواجه المناطق الحضريّة في جميع المدن السوريّة مشكلة زيادة الازدحام في كلّ عام، حيث يعزى الازدحام المتكرر إلى عدّة أسباب من أهمّها، ارتفاع مستويات الطلب على حركة المرور خلال ساعات السفر القصوى، ممّا يؤدّي إلى انخفاض في قدرة الطرق المتاحة، كما أنّ حوادث المرور تسبّب انخفاضاً غير متوقّع في القدرة على استيعاب الطريق لحركة العربات.

تقوم سيارة الإسعاف بدور رئيسي عندما تقع الحوادث على شبكة الطرق، وتنشأ الحاجة إلى إنقاذ حياة بشريّة نتيجة هذه الحوادث، وقد يبدو نقل المريض إلى مستشفى الطوارئ بسيطاً جداً، ولكن في الواقع يكون صعباً، ويزداد صعوبةً خلال ساعات الذروة، وبالرغم من أنّ اللاذقية هي مدينة حضرية متنامية، ولكنّها تفتقر إلى المسارات المتوافقة مع زيادة عدد المركبات، كما أنّ أجزاء كبيرة من شبكة الطرق والشوارع فيها هي غير آمنة للمشي أو العبور، ولا يوجد فيها أيّ نظام سفر متقدّم لحركة سيارات الإسعاف فيها، ممّا يستدعي الحاجة إلى وضع نظام آمن لحركة منظومة الإسعاف في مدينة اللاذقية للمساعدة الفورية عند الطوارئ، قائم على نظام المعلومات الجغرافية، باستخدام ArcGIS 10.5 (امتداد محلّل

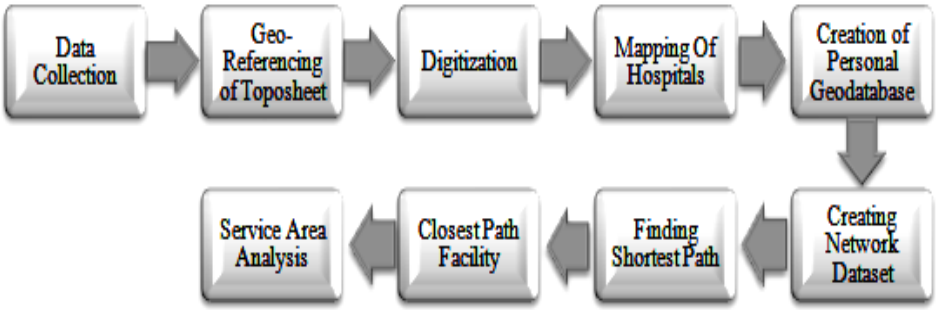
الشبكات)، وتقنيات تحديد المواقع في الوقت الحقيقي (GNSS)، لتحديد المسار الأقصر لها بهدف الوصول إلى المشفى الأقرب.

أهمية البحث وأهدافه:

الهدف الرئيسي من هذا البحث، هو بناء نموذج أوليّ لنظام المعلومات الجغرافية لإدارة سيارات الإسعاف، عندما يقع حادث على شبكة الشوارع في مدينة اللاذقية، أو عند الحاجة إلى الدخول إلى المستشفيات بحالة إسعافية. يشكّل نظام إدارة سيارات الإسعاف هذا تكاملاً لنظم المعلومات الجغرافية (محلّل شبكات ArcGIS10.5، GNSS)، المستخدمة في حلّ مشاكل تحديد المسار ومواقع الحوادث، أثناء ساعات الذروة العادية، لتحديد الحادث ومواقع سيارات الإسعاف على شبكة الطرق في الوقت الحقيقي، باستخدام إحداثيات النظام العالمي لتحديد المواقع. وبعد العثور على أسرع طريق من أقرب سيارة إسعاف إلى موقع الحادث، يتمّ حساب أسرع طريق من موقع الحادث إلى أقرب مستشفى، وإذا وقع أكثر من حادث على شبكة الطرق، يتعيّن علينا أن نجد أسرع الطرق التي يمكن لسيارات الإسعاف أن تسافر من خلالها، للوصول إلى جميع الحوادث، وللعثور على أسرع الطرق من بين جميع الحوادث للوصول إلى المستشفى على الفور.

طرائق البحث ومواده:

عندما تُصبح شبكة النقل معقّدة وكبيرة، يصبح ايجاد الموقع المرغوب فيه مهمة شاقّة وصعبة، ولكن هذه المشكلة تكون أكثر أهميةً بالنسبة للأشخاص الذين قد يحتاجون إلى التوجّه إلى أجزاء استراتيجية وحيوية من المدينة، مثلاً في حالة المشافي، حيث يكون من الصعب أحياناً العثور على المشفى المتخصّص وفق أقصر طرق الوصول. لقد تمّ التوصّل إلى آلية لتمثيل أقصر وأقرب مرفق للمسار، بهدف ايجاد أقرب موقع للمشافي من موقع المستخدم، عن طريق الرسوم البيانية وفق عملية التخطيط التالية:



الشكل (1): تخطيط العمليات للوصول إلى أقصر مسار وأقرب مسار [4]

إنّ يجاد الموقع المنشود وخاصةً في حالات الطوارئ في المناطق المزدحمة، يحتاج إلى توفير تحليل شبكي معزّز يستخدم قدرات نظام المعلومات الجغرافية (GIS) لتحديد أفضل طريق من موقع الحادث إلى المشافي، وذلك باستخدام خوارزميات خاصّة بالمدن الكبيرة، التي يكون من الضروري فيها الوصول إلى مكان وقوع الحادث بأسرع ما يمكن لإنقاذ حياة البشر، واعتماداً على بيانات المراقب المتحرك، التي تُستخدم لتقييم ظروف المرور الإجمالية، فقد تمّ تصميم خوارزميّة جديدة للتدقيق في معامل المسافة، وعامل الاتجاه، وعامل سهولة الوصول بواسطة (GPS)، وتمّ بنـــــــاء

هيكل رسم بياني مختلط وتصميم خوارزمية لتحليـل المسار من أقصر وقت للسفر، بمـا يتناسب بشكل أفضل مع نظـام تحديد المواقع (FCD) وخريطة الطريق [2] ,[5] .

يعتبر ازدحام حركة المرور من أخطر المشاكل التي تؤثر على كفاءة النقل الحضري، لا سيّما في المدن الكبرى، وتُعتبر الحوادث المرورية هي السبب الرئيسيّ لمشكلة الازدحام المتكرر، لا سيّما عندما تقع أثناء ساعات الذروة وبشكل عشوائيّ، ولقد اقتُرحت نُهُج مختلفة لحلّ مشكلة الازدحام المتكرر، ومن خلال استخدام برمجيات نظام ArcGIS، يمكن تصوير نمط الازدحام المروري، من خلال خرائط لوصف ازدحام شبكة الطرق، ويمكن تحديد ثلاثة أنواع من نمط الازدحام المروري: النمط الناتج من عدم القدرة على الاستيعاب في نقاط شبكة الطرق؛ والنمط الناجم عن مشاكل اختناقات الطرق؛ والنمط الناتج عن تعدد الطرق ذات الطلب المرتفع.[18] ,[6]

على مدى التطورات التكنولوجية السريعة في ميدان الأعمال التجارية، يرغب مستخدمو الخدمات الذين يقدّمون السلع، في الحصول على حلول عمليّة وسريعة واقتصاديّة، وخاصةً بالنسبة للمجتمعات المحلية في المناطق الحضريّة، بما يتعلّق بالنقل، وهم يحتاجون في رحلتهم إلى أقصر طريق ممكن للوصول إلى مكان المقصد، بأقلّ كلفة وبأقصر وقت، عن طريق إنشاء نظام يمكنه تحديد مسار النقل المرغوب فيه بواسطة رسوم بيانية لخوارزمية Dijkstra.[7]

تتزايد بسرعة الحاجة إلى بيانات مفصّلة ودقيقة عن وقت السفر وسرعة المركبات وتأخيرها، مع تغيّر تقنيات التحليل ومتطلباته، حيث أنّ الطرق التقليدية للدراسة الاستقصائيّة تستغرق وقتاً طويلاً، وهي غير مرنة بسبب قيودها الشديدة. وقد أدّى استخدام معدات النظام العالمي لتحديد المواقع لجمع البيانات آلياً، إلى خفض تكاليف الدراسات الاستقصائية عن وقت السفر إلى حدٍّ كبير، وإلى زيادة حجم البيانات التي يمكن جمعها. وتسمح هذه البيانات بحسابات صحيحة للسرعة والتأخير والتسارع، دون الحاجة إلى أجهزة مكلفة وإعادة تقويم مستمرة، كما أنّ دقّة البيانات مستقلّة عن مهارة وخبرة موظفي الدراسة الاستقصائية. ويتيح توافر بيانات بتسارع كبير، إجراء تقييم أكثر جدوى لمستويات الازدحام واستخدام الوقود، وإنتاج الضوضاء وانبعاثات الملوّثات، ممّا كان ممكناً من قبل.[9]

طوّر المؤلفون استناداً إلى نظام المعلومات الجغرافية، خدمات نظام الاستجابة في حالات الطوارئ لإدارة الرعاية الصحية في منطقة المقطّم في جنوب القاهرة في مصر، وتمّ وضع نموذج للمسار الأمثل على أساس المسافة إلى أقرب مقدمّي خدمات للرعاية الصحية من خلال واجهة لقاعدة شبكية، تتيح الوصول إلى جميع مختلف المهام، التي يمكن أن يقوم بها مختلف صانعي القرارات أو صانعي السياسات في إدارة النظم. [20] ، كما تمّ وضع نظام للاستجابة لحالات الطوارئ والإدارة، من خلال نظام المعلومات الجغرافية في دلهي في الهند، وكان الهدف الرئيسي لهذا الطلب هو تقديم ردّ فوريّ على أيّ حادث، وتمّ الإبقاء على شبكة نقل مفصّلة ودمجها مع بيانات حركة المرور الآنية التي وفّرتها NAVTEQ في الهند. استخدمت المعلومات شبه الآنية عن حركة المرور لتحليل الطرق المناسبة إلى موقع الحادث، عن طريق تجنّب الطرق المزدحمة للغاية، وبالتالي تقليل وقت الاستجابة، وباستخدام قدرات نظام المعلومات الجغرافية، أجريت تحليلات مختلفة مثل ايجاد أقصر طريق باستخدام مصفوفة تكلفة الوجهة الأصلية، والتحليل الشبكي، والقرب والتحليل الاحتياطي.[21]

يمكن لمخطّطي النقل اختيار أسلوب إدارة السرعة المرغوب فيه لتحسين نظام المرور، وتقييم نمط حركة المرور والمشاكل المتّصلة بالبيئة، من خلال دمج بيانات حركة المرور المستمدّة من النظام العالمي لتحديد المواقع، مثل سرعة المركبات واتجاه تدفّق حركة المرور، إلى بيئة نظام المعلومات الجغرافية، بهدف إجراء التقييم المناسب لإدارة السرعة

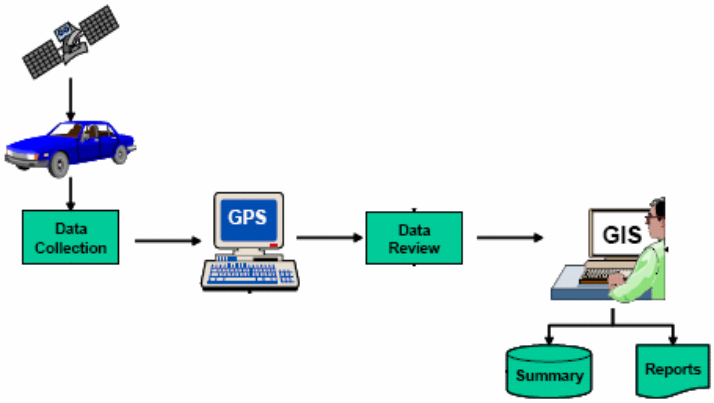
المعتمدة، حيث يوفّر هذا النظام الموقع والحالة الفعليّين للمركبات في الشبكة، وفق مجموعة بيانات ورسومات للنتائج موضّحة في خريطة، تعطي صورة أوضح لحالة المرور في كل مسار في الشبكة.[8]

يستخدم الإسعاف شبكة الطرق للوصول إلى موقع الحادث، ويوجد اليوم العديد من النظم القائمة على نظم المعلومات الجغرافية، التي يجري تطويرها لتوجيه سيارات الإسعاف، باستخدام النظام العالمي لتحديد المواقع وغيره من التكنولوجيا الآنية، وتُعتبر هذه النظم مفيدة، إذ تؤدّي دوراً رئيسيّاً في حلّ مشكلة المسار، ولكن الطرق تكون مزدحمة، لدرجة أنّه من الصعب على سائقي سيارة الإسعاف السفر والوصول إلى موقع الحادث. لقد تمّ تطوير نظام النموذج القائم على نظام المعلومات الجغرافية/نظام تحديد المواقع/نظام GSM لتوجيه سيارات الإسعاف على شبكة الطرق في مدينة حيدر أباد، وقد صُمّم هذا النموذج الأوليّ، بحيث يجد موقع الحوادث على شبكة الطرق، ويحدّد مكان أقرب سيارة إسعاف إلى موقع الحوادث، باستخدام تقنيات الزمن الفعلي (GPS/GSM). يخلق AMS أسرع طريق من أقرب سيارة إسعاف إلى موقع الحوادث، ومن هناك إلى أقرب مستشفى، ويُنظر في الازدحام على الطرق خلال ساعات الذروة، ويتمّ إنشاء أسرع مسار على الطرق الرئيسيّة والصغيرة على حدٍّ سواء. لقد تمّ تطوير واجهة المستخدم AMS باستخدام VBA، محلّل شبكة ArcGIS، كما تمّ تطوير نظام إدارة سيارة الإسعاف، باستخدام النموذج السريع لهذه البرمجيات، وقام مستعملو نظام المعلومات الجغرافية بتقييمه.

تُخزّن في قواعد البيانات معلومات مفصّلة عن السمات الحالية لشبكة الطرق، مثل الموقع والنوع والعرض والانحناء والارتفاع والميل وما إلى ذلك، كما تشمل البيانات الديناميكية ذات الصلة بأداء الطرق تفاصيل مختلفة، مثل تدفّق حركة المرور وسرعتها الحالية، وحالة الطقس، وظروف سطح الطريق، والتغيّرات في أنماط استخدام الطرق، بسبب أحداث ما مثل الحوادث. يتمّ تحديث قاعدة البيانات هذه في كثير من الأحيان، ويمكن لقاعدة البيانات هذه مع نظم المعلومات الجغرافية، أن تكون مفيدة في العثور على الحوادث على شبكات الطرق، وذلك وفق أقصر وأسرع طريق إلى موقع الحوادث.[10]

نظام المعلومات الجغرافيّة GPS هو نظام حاسوبي مصمّم لالتقاط وتخزين وتحليل وإدارة وتصوّر وعرض جميع أنواع البيانات الجغرافيّة المرتبطة بالمواقع الجغرافيّة، ويمكن لنظام المعلومات الجغرافيّة أن يجمع كل تلك البيانات معاً بسرعة، وأن يمكّن المستعملين من تحليل وتصوّر المعلومات بكفاءة. يتم تعريف أقصر مسار بين موقعين في الشبكة على أنه المسار البسيط الموجّه من الموقع الأول إلى الموقع الثاني، مع خاصيّة أنه لا يوجد أي مسار آخر له وزن أقلّ. [19]

يقوم جهاز استقبال النظام العالمي لتحديد المواقع، بتسجيل المواقع والسرعات تلقائياً في فترات أخذ العينات المنتظمة، ويتيح نظام التتبّع اللاسلكي لهذا النظام، الوصول السريع والسهل إلى المعلومات اللازمة عن الوقت والسفر، حيث يتمّ تسجيل وضع العربة كلّ ثانية، ومن ثم تُنقل البيانات عن طريق نظام القياس عن بعد، إلى جهاز مراقبة حركة المرور، حيث تكون البيانات مطابقة لقاعدة بيانات شبكة الطرق، الشكل (2).



الشكل(2): العمليات التي ينطوي عليها تتبّع النظام العالمي لتحديد المواقع[8]

تُستخدم نظم تشغيل بيانات المراقب المتحرك FCD (FLOATING CAR DATA) في شبكات الشوارع الحضريّة، لتقدير أوقات السفر على طول الشارع، وتُقارن هذه البيانات بحسابات وقت السفر، التي تمّ الحصول عليها من نظام سيارات الأجرة، وكانت النتيجة الرئيسية لذلك، هي أنّ نظام FCD قادر بصفة خاصة، على الكشف عن الحالات المتعثّرة، وأنّ أوقات السفر التي يحسبها النظام، تقدّم بيانات قيّمة لنظم معلومات التنقل والمرور[10] . وفي الآونة الأخيرة، ظهرت مصادر جديدة لبيانات حركة المرور، تثير تحديات وفرص جديدة عند تطبيق منهجيات جديدة، وتمّ تحليل بيانات وقت سفر العربات، التي جمعتها شركة جوجل من الهواتف الذكية ومن نظام المعلومات الجغرافية، وتمّ استخدام لغة برمجة بايثون لإنشاء الإطار الأوليّ، وكذلك لاستخلاص البيانات وتحليلها وتصويرها تلقائياً، وقد أسفر التحليل عن حساب تقلّبات وقت السفر أثناء النهار، وحساب تقلّب وقت السفر، وتقدير مصفوفات الوجهة الأصليّة. [11]

وفّر تعقّب الأجسام المتنقلة بواسطة النظام العالمي لتحديد المواقع، بيانات مكانيّة وزمانيّة لطائفة واسعة من التطبيقات، تشمل إدارة ومراقبة حركة المرور، فضلاً عن تحديد مسارات النقل والتخطيط لها، وأصبحت البيانات المستندة إلى النظام العالمي لتحديد المواقع تدريجياً، حجر الزاوية لإدارة حركة المرور في الوقت الحقيقي، غير أنّ تتبّع بيانات العربات المستمدّة من أجهزة النظام العالمي لتحديد المواقع، عرضةً لأخطاء القياس، ولكنها مسألة مهملة في بحوث النقل [12]. كما تستخدم دراسات وقت السفر لتوثيق الازدحام وقياس كفاءة الطرق السريعة، ومع ظهور النظام العالمي لتحديد المواقع (GPS)، وإدماجه في نظام المعلومات الجغرافيّة (GIS)، أصبح قياس السفر عبر الزمن أكثر سهولةً وكفاءةً، ويسمح بإجراء تحليلات معقّدة، لأنّ المسح لا يحتاج إلى تسجيل الوقت الذي انقضى، ويمكن تعقّب موقع العربة بشكل دقيق، وفي الوقت نفسه، تسهّل نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، تفسير وتحليل البيانات الخام للنظام العالمي لتحديد المواقع، من خلال خرائطه الرقميّة، أو إيداعها كطبقات، بعد تجميع وتخزين وعرض معلومات مرجعيّة جغرافياً، أي البيانات التي تمّ تحديدها وفقاً لمواقعها.[13]

في المناطق الحضريّة الكثيفة، يصعب زيادة قدرة الاستيعاب، من خلال تشييد طرق جديدة أو من خلال توسيع بعض منها، بسبب الافتقار إلى الفراغات وبسبب التكاليف الباهظة، لذلك ثمّة نهج أكثر جدوى للتصدّي لمشكلة الازدحام، يتمثّل في رصد هذه الظاهرة، وفي فهم أسباب تكوينها وتطويرها، عن طريق نظام لتلقّي بيانات حركة المرور ومعالجتها في الوقت الحقيقي، لقياس مستويات الازدحام العامّة في أي وقت من الأوقات، وتمّ تطوير خوارزمية لحساب متوسط السرعات للعناية بالبيانات المفقودة المجمّعة وتحليلها، لتحديد نقاط الازدحام الساخنة، وأنماط حركة المرور في الطريق.[14]

يقوم جمع بيانات المرور بطريقة ديناميكيّة على دمج تكنولوجيات النظام العالمي لتحديد المواقع ونظام المعلومات الجغرافية في جهاز محمول باليد، ممّا يساعد في زيادة تغطية البيانات المكانيّة والزمانيّة، وزيادة تغطية البيانات الموسميّة بسبب إمكانية استهداف وسائط نقل مختلفة، حيث أنّ النظام العالمي لتحديد المواقع (GPS) هو نظام ملاحيّ قائم على الأقمار الصناعية، يتألّف من 24 قمراً صناعياً على الأقل، ومحطاتها الأرضيّة، (التي تراقب أقمار النظام العالمي لتحديد المواقع، وتتأكّد من صحتها التشغيلية وموقعها الدقيق في الفضاء)، وهو نظام حاسوبي قادر على تجميع المعلومات المرجعيّة جغرافياً، ومن ثمّ تخزينها وعرضها والتحكم بها، كما أنّه نظام قاعدة بيانات يتمتّع بقدرات مناسبة للحصول على بيانات مرجعيّة مكانيّة، فضلاً عن مجموعة من العمليات للعمل [للتحليل] مع البيانات. [15]

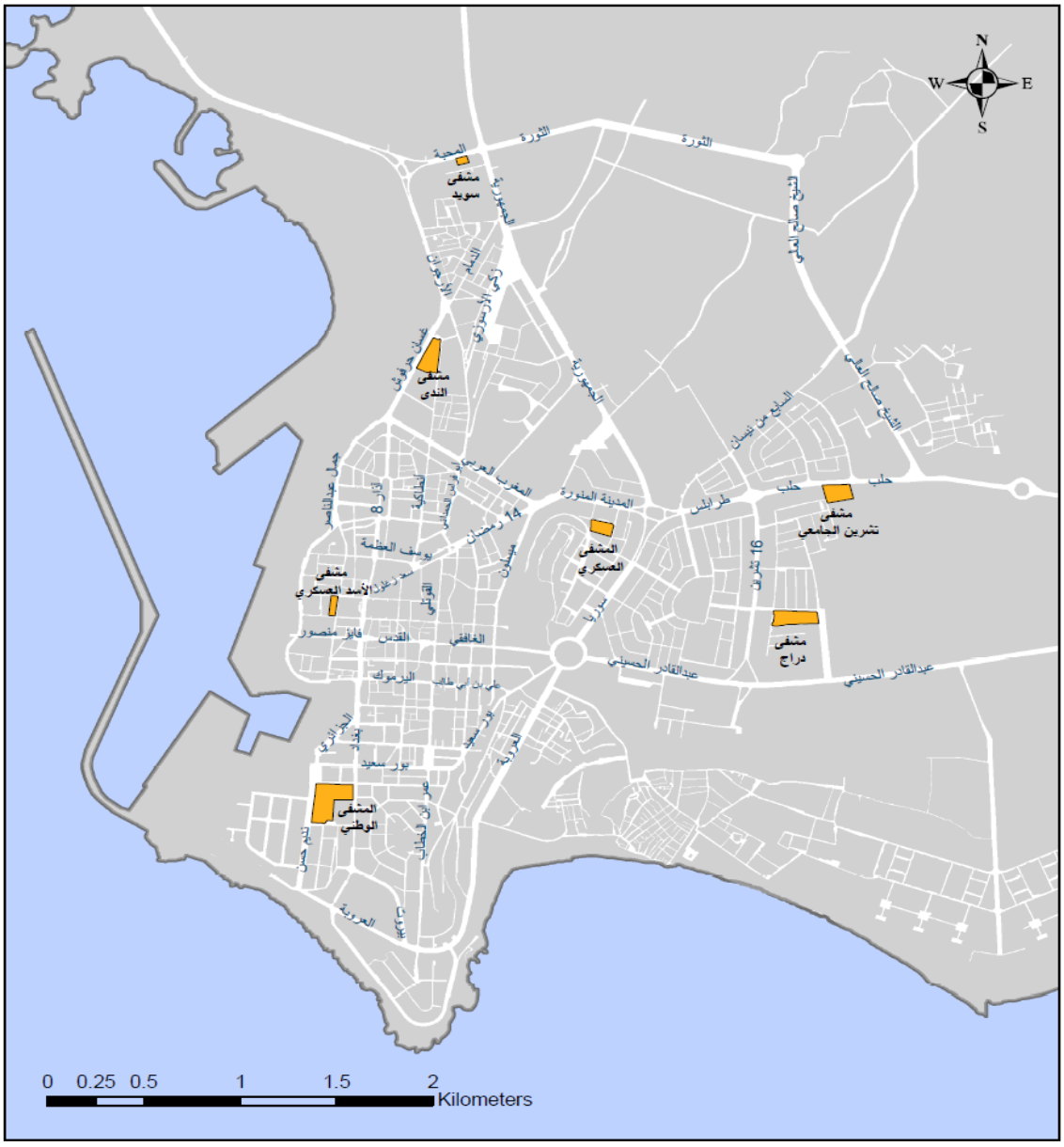
تستخدم دراسات زمن السفر والتأخير في تقييم ظروف المرور وتحديد مستويات الخدمة والتخطيط، حيث أنّ زمن السفر، هو مجموع الوقت اللازم للسفر من نقطة إلى أخرى عبر مسار محدد في ظلّ ظروف المرور القائمة، أمّا التأخير فهو الوقت الضائع للسفر بسبب الاحتكاكات المرورية وأجهزة مراقبة المرور، وبالتالي، أصبح من الضروري تطوير وإظهار طريقة فعّالة، تستخدم أدوات لتقييم ظروف حركة المرور على الطرق، عن طريق وضع منهجية استقصائية تتعلّق بالتأخير وبتحليل البيانات وفق إطار منهجي، من خلال استخدام الخرائط الرقمية، [16] كما أنّ استكشاف أنماط توزيع وقت السفر وتقلّبه أمر أساسي لاختيارات الطرق الموثوق بها، وتميل الدراسات الحديثة إلى معاملة أنواع مختلفة من الطرق على قدم المساواة، ممّا لا يوفّر تحليلاً تفصيلياً لخصائص وقت السفر، لكلّ نوع محدد من أنواع الطرق، وقد ساعدت نتائج التحليل على تحسين فهم الخصائص الزمنية المتقلّبة للسفر، لكلّ نوع من أنواع الطرق في الشبكات الحضـــــرية.[17]

المنهجية Methodology:

اعتمدت المنهجيّة على تحليل شبكة الطرق المقترحة باستخدام برمجيات نظام المعلومات الجغرافية، حيث طُبقت عدّة مراحل بدءاً من جمع وإعداد البيانات التي ستُستخدم في التحليل (خريطة منطقة الدراسة، وبيانات شبكة الطرق – المستشفيات– وبيانات زمنية عن حركة المرور)، ومن ثمّ إنشاء قاعدة بيانات جغرافية تخزّن هذه البيانات جميعها، وبناء كل من طوبولوجيا الشبكة ومجموعة بياناتها، ليتمّ أخيراً إجراء عملية تحليل الشبكة، وتحليل المسارات لاختيار المسار الأقصر زمنياً.

إعداد البيانات:

تقع مدينة اللاذقية على ساحل البحر الأبيض المتوسط، وتُعتبر مركزاً سياحياً وتجارياً هاماً، ولديها شبكة من الشوارع، التي تتباين الخصائص الهندسية لها بشكل كبير فيما بينها حتى ضمن الشارع نفسه، من حيث (الطول، عدد الحارات وعرضها، الجزر الوسطية، عدد الإشارات الضوئية وأزمنتها...)، كما تتوزّع المشافي الحكومية والمشافي الخاصة فيها ضمن المدينة بشكل عشوائي، وأهمّها المشفى الوطني على شارع بغداد، ومشفى تشرين الجامعيّ على طريق حلب قبل جامعة تشرين، والمشفى العسكري الذي يقع قريباً من شارع المدينة المنورة، ومشفى الأسد العسكري على شارع 8 آذار، أما أهمّ المستشفيات الخاصة، فهي مشفى سويد على شارع المحبة، ومشفى درّاج قريب من شارع 16 تشرين وشارع عبد القادر الحسيني، ومشفى الندى على شارع غسان حرفوش. يبيّن الشكل (3) الشبكة الطرقية الرقمية المدروسة في مدينة اللاذقية ومواقع المستشفيات عليها، بعد أن تمّ إدخال بياناتها إلى برنامج الـ GIS، حيث تمّ تجميع البيانات الهندسية الضرورية لكافة الشوارع المدروسة واللازمة لعملية التقييم، وهذا ما يبينه الجدول (1).



الشكل (3): الشبكة الطرقية المدروسة في مدينة اللاذقية ومواقع المستشفيات

الجدول (1): البيانات الهندسية للشوارع المدروسة في مدينة اللاذقية

	اسم الشارع	الحركة	اتجاه الشارع	الطول، m	السرعة المسموحة، Km/h	عدد الحارات	عرض الشارع، m
1	بغداد	اتجاه واحد	جنوب – شمال	1050	45	3	12
2	8 آذار	اتجاه واحد	جنوب – شمال	1275	45	5	20
3	القوتلي	اتجاه واحد	شمال – جنوب	362	45	3	12
4	عمر بن الخطاب	اتجاه واحد	شمال – جنوب	1837	45	3	12
5	المغرب العربي	اتجاهين	شرق – غرب	903	45	6	24
6	14 رمضان	اتجاهين	شرق – غرب	840	45	3	12

7	أنطاكية	اتجاه واحد	جنوب – شمال	669	45	3	12
8	أبو فراس	اتجاه واحد	شمال – جنوب	472	45	3	12
9	العروبة	اتجاهين	شمال – جنوب – غرب	2577	45	6	24
10	بيروت	اتجاهين	جنوب – غرب	536	45	6	24
11	اليرموك	اتجاه واحد	شرق – غرب	953	45	3	12
12	عبد الرحمن الغافقي	اتجاه واحد	غرب – شرق	992	45	3	12
13	القدس	اتجاه واحد	شرق – غرب	365	45	4	15
14	بور سعيد	اتجاهين	شمال – جنوب – غرب	1505	45	6	24
15	جمال عبد الناصر	اتجاهين	شمال – جنوب	1959	45	6	24
16	سوريا	اتجاهين	شمال – جنوب	788	45	8	28
17	نديم حسن	اتجاهين	جنوب – شمال	680	45	6	24
18	المدينة المنورة	اتجاهين	شرق – غرب	446	45	6	24
19	عبد القادر الحسيني	اتجاهين	شرق – غرب	1090	60	8	30
20	16 تشرين	اتجاهين	شمال – جنوب	1050	45	6	20
21	حلب	اتجاهين	شرق – غرب	1290	45	8	30
22	طرابلس	اتجاهين	شرق – غرب	320	45	6	28
23	الجمهورية	اتجاهين	شمال – جنوب	2190	45	6	30
24	الثورة	اتجاهين	شمال – جنوب	1920	60	8	40
25	الشيخ صالح العلي	اتجاهين	شرق – غرب	1610	60	6	32
26	المحبة	اتجاهين	شرق – غرب	400	45	6	32
27	غسان حرفوش	اتجاهين	شمال – جنوب	1260	45	6	28
28	زكي الأرسوزي	اتجاهين	شمال – جنوب	1300	45	6	24
29	الأرجوان	اتجاهين	شمال – جنوب	780	60	6	22
30	الجزائر	اتجاهين	شمال – جنوب	350	45	6	28
31	السابع من نيسان	اتجاه واحد	جنوب غربي	1320	45	3	10
32	علي بن أبي طالب	اتجاه واحد	شرق – غرب	360	45	3	12

أمّا البيانات المروريّة الخاصّة بشبكة الشوارع في مدينة اللاذقية، فقد تضمّنت عملية جمعها، القيام بالعديد من الأعمال والقياسات الحقلية والإحصاءات المرورية المتكرّرة خلال ساعة الذروة من am (12:00–13:00)، حيث تمّ القيام بعدة رحلات في ساعة الذروة على كامل شوارع الشبكة، باستخدام ميزة تحديد المواقع الـ GNSS الموجـــــودة في الهواتف المحمـــــــولة من برامج (GPS Utilities)، التي تُستخدم لنقل البيانات من وحدة النظام العالمي لتحديد المواقع، وبعد أن تمّ تحميل بيانات النظام العالمي لتحديد المواقع (الإحداثيات والزمن لكل رحلة مسح)، تمّ استخراج البيانات بشكل جدولي بعد إجراء التصحيحات اللازمة (مثل إزالة النقاط الشاذة)، وتقطيع الرحلة إلى شوارع مباشرة على الخريطة، ومن ثمّ تمّ تقطيع كل شارع إلى قطّاعات عند أماكن التقاطعات مع الشوارع الثانوية.

تحتوي البيانات المرورية على رقم وطول كل قطّاع من الطريق في شبكة الشوارع واتجاهاتها، وتمّ تحويل الملفات إلى ملف MS Excel من ملفات الإكسل (CSV)، حيث تمّ تخزين السرعات اللحظيّة كلّ عدّة ثواني، وأزمنة الرحلة وأزمنة التأخير على كافة القطّاعات وعلى كامل الشوارع المدروسة، ممّا يتيح إجراء تحليل أيسر للبيانات وتحقيق نتائج أكثر دقة لحساب السرعات الوسطيّة عليها، وتحويلها فيما بعد إلى برنامج الـ GIS للحصول على البارامترات اللازمة في عملية التحليل. ويبيّن الجدول (2) نموذجاً للسجل الخاصّ بإحدى هذه الرحلات على شارع "أبو فراس الحمداني"، أثناء

ساعة الذروة ما بين 12:00 و 13:00، موضّحاً عليه جميع البارامترات التي يقوم جهاز تحديد المواقع بتسجيلها وحفظها في ملفات رقمية، يمكن معالجتها لاحقاً ببرامج معروفة مثل الـ Excel والـ GIS، حيث يمكن من خلال معالجة البيانات تحديد أماكن التوقفات نتيجة الإعاقات المختلفة، أو نتيجة الإشارات الضوئية على التقاطعات أو لأسباب أخرى.

الجدول (2): ملفات إكسل CSV الخاصة بتسجيل رحلة على شارع أبو فراس الحمداني بتاريخ 22-9-2020م

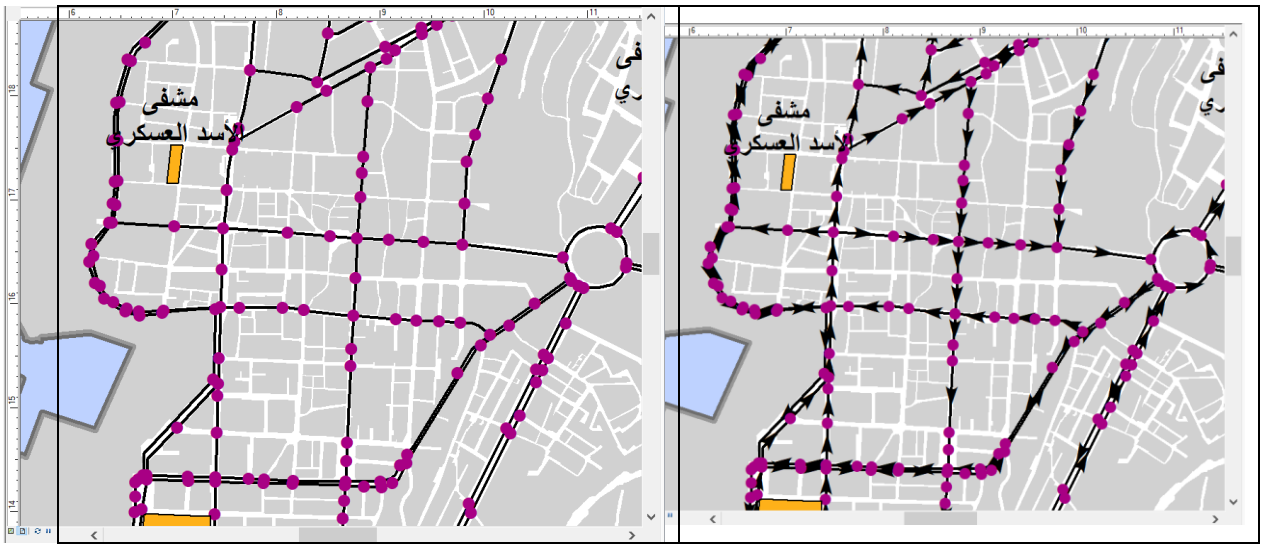
Date/time	Latitude	Longitude	Elevation (m)	Speed (km/h)	Heading	Leg length (m)	From start (km)	Elapsed time
22/9/2020 12:41	35.52658	35.78015	31.3	0	0	0	0	0:00:00
22/9/2020 12:42	35.52609	35.78004	39.3	4.3	190	55.5	0.055	0:00:46
2/9/2020 12:42	35.52592	35.77999	42.2	5.8	194	19.3	0.075	0:00:58
22/9/2020 12:42	35.52583	35.77996	42.9	9.1	197	10.1	0.085	0:01:02
22/9/2020 12:43	35.52516	35.7798	48.1	17.2	191	76.7	0.162	0:01:18
22/9/2020 12:43	35.52484	35.77973	53.3	7.9	190	35.1	0.197	0:01:34
22/9/2020 12:43	35.52449	35.77967	60.2	7.1	188	39.3	0.236	0:01:54
22/9/2020 12:44	35.5239	35.77957	57.3	6.3	188	66.2	0.302	0:02:32
22/9/2020 12:44	35.52337	35.7794	63.2	13.6	194	60.7	0.363	0:02:48
22/9/2020 12:45	35.52304	35.77922	60.4	5.5	204	41.1	0.404	0:03:15

تعطي بيانات المرور معلومات دقيقة عن كيفية تغيّر سرعات السفر على أجزاء معينة من الشوارع بمرور الوقت، وفي تحليل الشبكات وباستخدام محلل شبكة ArcGIS، نستطيع رسم خرائط لشبكة الشوارع في المدينة، تتيح لمنظومة سيارات الإسعاف فرصاً للتوجّه إلى أماكن الحوادث والعودة بعدها إلى المشفى لنقل المصابين، مع تجنّب الطرق الأبطأ والطرق الأكثر ازدحاماً، ممّا يوفر الوقت ويساعد في إنقاذهم.

بناء هيكلية الشبكة

بعد تنفيذ عملية المعالجة الجغرافيّة لبيانات شبكة الشوارع في المدينة Toposheet، يتمّ إنشاء قاعدة البيانات في نظام ArcGIS لاستخدامها في تحرير البيانات المكانيّة وإدارتها (بيانات شبكة الشوارع في المدينة والمستشفيات وجداول حركة المرور على الشوارع)، وللحصول على تحليل ونتائج جيدة، من الضروري بناء Network Topology لاكتشاف أيّة أخطاء في البيانات وتصحيحها، وضمان عدم وجود تقاطعات للشوارع غير صحيحة، أو عدم تداخلها مع نفسها.

بعد تصحيح أخطاء شبكة الشوارع، وعندما تصبح جاهزة للاستخدام في عملية التحليل، يتمّ إنشاء قاعدة بيانات جغرافية من البيانات المرورية وعلاقتها بشبكة الشوارع، بحيث تكون مجموعة بيانات الشبكة مناسبة تماماً لنموذج شبكة النقل على أرض الواقع، ويوضح الشكل (4) شكلاً توضيحياً لها مع كافة نقاط التقاطع واتجاهات السير على شوارع الشبكة كافةً.



الشكل (4): شكل توضيحي لهيكلية الشبكة موضح عليها اتجاهات السير

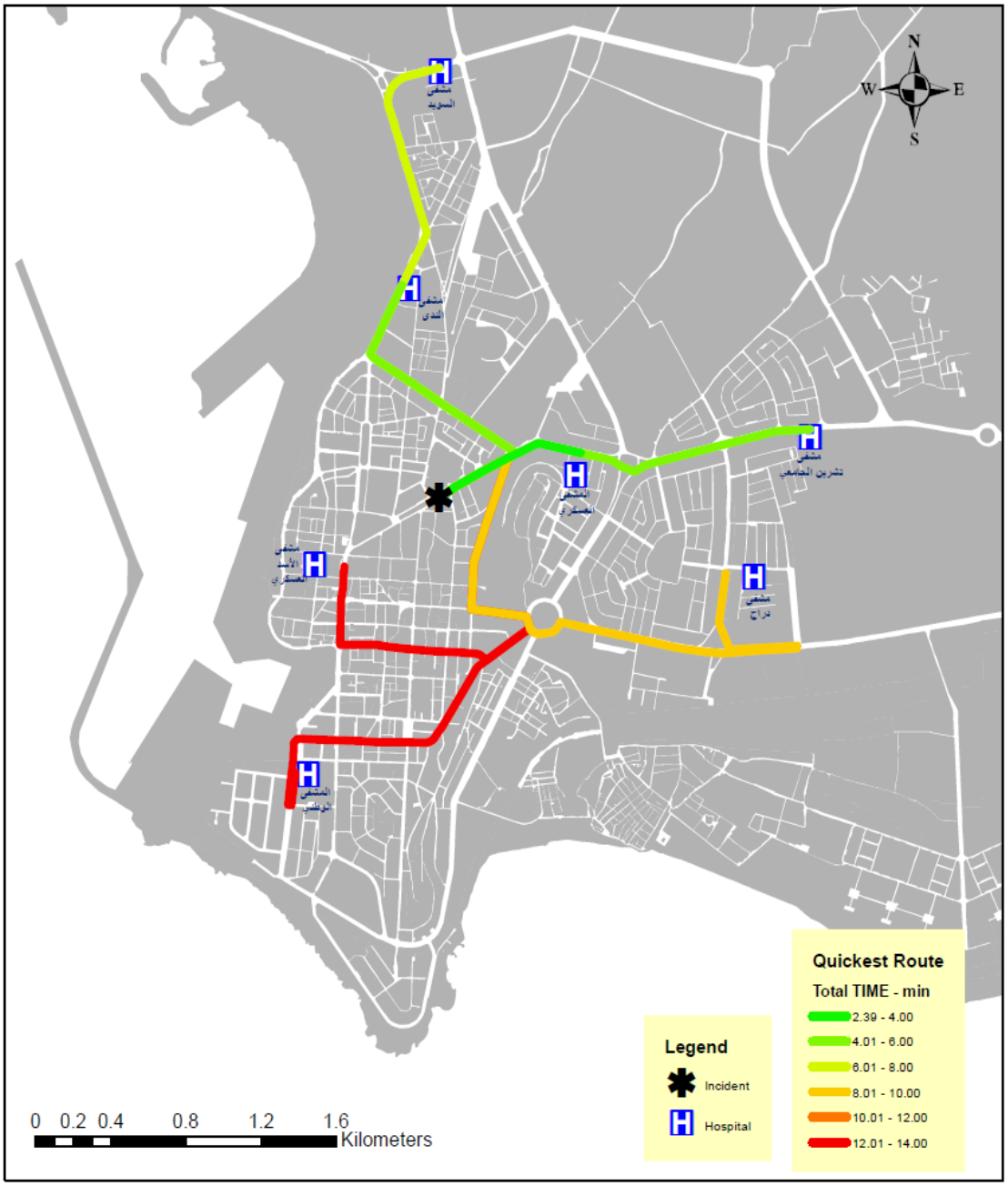
النتائج والمناقشة:

يتمّ تحليل شبكة الشوارع باستخدام امتداد محلّل شبكة ArcGIS، الذي يوفّر تحليلاً مكانياً مترابطاً للشبكة مع تحليل المسارات، واتجاهات السفر، وتحليل مواقع المستشفيات، حيث يستخدم محلل الشبكة ArcGIS الامتداد المطلوب لتوليد أفضل مسار بين موقعين اعتماداً على زمن السفر، والذي يتعلق بظروف حركة المرور المتاحة على الشبكة في وقت معين من اليوم. يبيّن الشكل (5) سيناريو التحليل الشبكي للشوارع في مدينة اللاذقية استناداً إلى زمن السفر، بدءاً من الزمن الأقلّ إلى الزمن الأكبر، وانطلاقاً من عدة مستشفيات باتجـــاه الحادث (الواقع مثلاً في الشيخضاهر)، حيث كان أقل زمـــــــــن للوصول هو min (2.16–4)، وذلك انطلاقاً من مشفى الأسد العسكري، وكان زمن السفر واحداً وبنفس القيمة من المشفى الوطني ومن المشفى العسكري باتجاه الحادث، وقد كانت قيمته في المجال ما بين min (6.01–8)، أمّا أكبر زمن للوصول إلى موقع الحادث فهو من مشفى تشرين الجامعي أو من مشفى سويد بقيم min (12.01– 14).

الشكل (5): خريطة توضّح المسارات الأسرع وفق زمن السفر لانطلاق سيارة الإسعاف من المشافي باتجاه الحادث

ولرجوع سيارة الإسعاف من مكان الحادث باتجاه أحد المشافي المدروسة، نستطيع وضع سيناريو لحركتها ولاختيار المسار الأسرع زمناً، كما يوضّحه الشكل (6)، حيث تظهر خريطة المسارات أنّ المسار الأسرع أو الأقصر زمناً، هو المسار الواصل ما بين موقع الحادث في الشيخضاهر والمشفى العسكري، إذ استغرق زمناً ما بين (4 – 2.39) min، يليه المسار من مكان موقع الحادث باتجاه مشفى الندى أو مشفى تشرين الجامعي، والذي كانت قيمته ما بين (6 – 4.01) min، بينما كانت أبعد المستشفيات زمناً عن مكان الحادث هي مشفى الأسد العسكري والمشفى الوطني، حيث لا تسمح اتجاهات السير للوصول إليها في زمن قصير(اتجاه شارع سعد زغلول باتجاه الشيخضاهر من شارع 8آذار)، وكانت قيم أزمنة السفر الخاصة بها ما بين (6 – 12.01) min.

من المعروف لدينا أنّ منظومة الإسعاف في مدينة اللاذقية كما هي في كافة المدن السوريّة، لا تتبع لجهة واحدة كمديرية الصحة في المدينة مثلاً، بل تتبع إدارتها للمشفى الذي تعمل فيه، ممّا لا يسمح لسيارة الإسعاف القادمة من إحدى المستشفيات الأقرب باتجاه الحادث، باختيار المسار الأقصر زمناً والعودة إلى المشفى الأقرب، بل ستضّطر إلى أخذ المصاب إلى المشفى التي هي قادمة منه والتي هي تابعة له إداريّاً، ممّا يصعّب إدارة هذه المنظومة بما يضمن السلامة على مستوى المدينة.



الشكل (6): خريطة توضّح المسارات الأسرع وفق زمن السفر لانطلاق سيارة الإسعاف من مكان الحادث باتجاه المشافي

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

1- أظهر التحليل الشبكي لحركة منظومة طوارئ الإسعاف وجود التفاوت الكبير لسرعة حركة العربات بين شوارع مركز مدينة اللاذقية وبين الشوارع المحيطية لها.

2- أظهر التحليل الشبكي عدم قدرة بعض شوارع المركز على تلبية حاجة الحركة الحرة لسيارات منظومة الإسعاف، بسبب الاتجاه الوحيد للحركة عليها (شارع سعد زغلول).

3- يلعب نظام إدارة الإسعاف دوراً هاماً في حلّ مشكلة توجيه سيارات الإسعاف على شبكة الشوارع في المدينة، عند الحاجة لنقل المريض إلى أقرب مشفى.

4- أظهر البحث أهمية التعامل مع تقنيات الاستشعار عن بعد (خدمة تحديد المواقع) مع أنظمة المعلومات الجغرافية، لبناء أنظمة بيانات مكانية، قادرة على إدارة حركة منظومات الطوارئ وأيّ نظام نقل أو مرور آخر بشكل فعّال وديناميكي.

5- في حال توسيع الدراسة لتشمل الشوارع الثانوية والفرعية في مدينة اللاذقية، يمكن عندها استخدام بعض هذه الشوارع كممرات احتياطية مساعدة لحركة منظومة الإسعاف، عن طريق تحويل جزء من حركة المرور إليها، وإخلاء الشوارع الرئيسية لحركة منظومة الطوارئ.

التوصيات:

1- تدعيم الشوارع الرئيسية بتجهيزات التسجيل والتصوير المباشر، ورصد الازدحامات المفاجئة (حوادث اصطدام أو إغلاق مؤقت لبعض الشوارع)، لتحليل تأثير تغيّرات السرعة والغزارة بشكل ديناميكي على كفاءة حركة منظومات الطوارئ على الشوارع الرئيسية لمدينة اللاذقية.

2- ضرورة إعادة دراسة اتجاهات الحركة في شوارع المركز بشكل دائم أو مؤقت، أثناء الحاجة لتلبية متطلبات حركة سيارات الإسعاف (شارع سعد زغلول مثالاً).

3- ضرورة تبنّي نظام إدارة منظومات الطوارئ في مدينة اللاذقية من قبل جهة إدارية مرجعية، لتنسيق تحركات الآليات في الظروف المختلفة.

4- توسيع الدراسة لتشمل الشوارع الثانوية والفرعية، حيث يمكنها أن تساهم كممرات احتياطية مساندة للشوارع الرئيسية في حالات الطوارئ.

References:

1. DAVIS COUNTY, UTAH, MICHAEL T. WINN, "A ROAD NETWORK SHORTEST PATH ANALYSIS: APPLYING TIME-VARYING TRAVEL-TIME COSTS FOR EMERGENCY RESPONSE VEHICLE ROUTING", 2014.
2. Jingwei Shen and Yifang Ban, "Route Choice of the Shortest Travel Time Based on Floating Car Data" ,2016.
3. San Hay Mar Shwe, Htet Ne Oo, "GIS Based Fire Emergency Response System for Mandalay" ,2019.
4. Amrapali Dabhade, Dr. K. V. Kale, Yogesh Gedam, "Network Analysis for Finding Shortest Path in Hospital Information System", 2015.
5. Sayed Ahmed, Romani Farid Ibrahim, Hesham A. Hefny, "GIS-Based Network Analysis

for the Roads Network of the Greater Cairo Area" ,2017.

6. Yang Liu, Xuedong Yan, Yun Wang, Zhuo Yang and Jiawei Wu,"Grid Mapping for Spatial Pattern Analyses of Recurrent Urban Traffic Congestion Based on Taxi GPS Sensing Data",2017.
7. Lestari S A, Puspa A K,"Analysis Determination of Shortest Route Delivery Using Dijkstra Algorith", 2017.
8. Joseph Owusu, Francis Afukaar and B.E.K. Prah," Urban Traffic Speed Management: The Use of GPS/GIS" ,2006.
9. Belliss, M.E, Graeme,"Using Low Cost GPS Detailed Speed and Travel Time Surveys Equipment" ,2004.
10. Elmar Brockfeld, Stefan Lorkowski, Peter Mieth, Peter Wagner," BENEFITS AND LIMITS OF RECENT FLOATING CAR DATA TECHNOLOGY – AN EVALUATION STUDY",2007.
11. KAUNAS CITY CASE STUDY, VYTAUTAS DUMBLIAUSKAS, VYTAUTAS GRIGONIS, ANDRIUS BARAUSKAS,"APPLICATION OF GOOGLE-BASED DATA FOR TRAVEL TIME ANALYSIS",2016.
12. Xiaoyun Zhao, Kenneth Carling, Johan Håkansson, "Reliability of GPS based traffic data: an experimental evaluation" ,2014.
13. Iaem C. MAURICIO Ronald C. SANTOS," TRAVEL TIME AND DELAY ANALYSIS USING GIS AND GPS" ,2003.
14. Jared Okoyo Onsomu, "Real Time Traffic Monitoring Using On-board GPS Data" ,2012.
15. Elisabet Thompson Integrating PDA, "GPS and GIS technologies for Mobile Traffic Data Acquisition and Traffic Data Analysis",2003.
16. Reigna Jewel Ritz M. MACABABBAD, Jose Regin F. REGIDOR, "A Study on Travel Time and Delay Survey and Traffic Data Analysis and Visualization Methodology", 2011.
17. Peng Chen, Rui Tong, Guangquan Lu, and Yunpeng Wang," Exploring Travel Time Distribution and Variability Patterns Using Probe Vehicle Data: Case Study in Beijing",2018.
18. Imtiyaz Pasha, Supervisor & Examiner: ProF. Dr. Åke Sivertun," Ambulance management system using GIS" ,2006.
19. Dechuan Kong, Yunjuan Liang, Xiaoqin Ma, Lijun Zhang, IEEE, "Improvement and Realization of Dijkstra Algorithm in GIS of Depot", 2011.
20. A. Gubara, A. Amasha, Z. Ahmed and S. El Ghazali, Informatics and Systems (INFOS) "Decision Support System Network Analysis for Emergency Applications", 2014.
21. Anshul Bhagat, Nikhil Sharma," GIS-Based Application for Emergency Preparedness and Management Accelerating Response System through GIS" ,2013.