

تقييم الازدحام المروري على أساس مؤشر السرعة في الأداء على الشوارع الشريانية في المركز التجاري لمدينة اللاذقية

د. شذى ابراهيم أسعد*

(تاريخ الإيداع 8 / 4 / 2021. قُبِلَ للنشر في 30 / 5 / 2021)

□ ملخص □

تسبب كثافة المرور المرتفعة ازدحاماً مرورياً على الطريق، مما يسبب أزمة تأخير قبل وصولها إلى وجهتها، بالإضافة إلى التعب المتعلق بالتركيز والأثر النفسي الكبير على السائق، والذي ينتج عنه أيضاً تأخر الموظفين والعاملين عن أعمالهم وتأخر الطلاب عن مدارسهم، مع تكرار الحوادث على هذه الطرق المزدهمة. للازدحام أسباب كثيرة، منها سوء وضع البنية التحتية الذي يؤدي لحالة من الاحتقان، زيادة كبيرة في عدد العربات، عدم وجود إعلام مسبق لمستخدمي الطريق بحالة حركة المرور، تقسيم إدارة حركة المرور إلى عدة إدارات (الأشغال العمومية، البلدية، الأمن، النقل، ...)، حيث تصبح غير فعالة في بعض المناطق، أسلوب القيادة العدوانية، الذي قد يكون من العوامل الفعالة في خلق الازدحام، بالإضافة إلى استخدام النقل الفردي بدلاً من النقل الجماعي. تعاني مدينة اللاذقية من سوء نظام النقل فيها بشكل كبير، ومن الحركة العشوائية للعربات على شوارعها، وقد ترافق ذلك مع زيادة الحجوم المرورية، التي أدت إلى مشاكل كثيرة، أهمها مشكلة الازدحام، من حيث زيادة قيم أزمته التأخير على القطاعات الطرقية المختلفة، الأمر الذي ساهم في خلق أزمات مرورية كبيرة واختناقات، أثرت على مستويات الخدمة على الشوارع الحيوية والشريانية في مركز المدينة التجاري، في ظل غياب دراسات تتعلق بساعات الذروة عليها. تم اختيار شارعين رئيسيين في المركز التجاري والحيوي لمدينة اللاذقية، يشكّلان محوراً هاماً لتوزيع الحركة، يربط هذا المحور مركز المدينة التجاري والإداري مع الأطراف الأخرى من المدينة، حيث يقوم المراقب المتحرك بتحليل عدد كبير من السرعات الفعلية للعربة، التي تم قياسها على كل قطاع بهدف تقدير الازدحام وحساب مؤشراتته وتحديد ساعات الذروة، وتم استنتاج مستويات الازدحام اعتماداً على قيم مؤشر أداء السرعة، ووضع خريطة للسرعات الوسطية في ساعات الذروة النهارية والمسائية لقطاعات الشوارع المدروسة.

الكلمات المفتاحية: GPS، الازدحام المروري، زمن الرحلة؛ السرعة الوسطية، مؤشر الازدحام، ساعة الذروة.

* أستاذ مساعد - قسم هندسة المواصلات والنقل - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

Traffic Congestion Assessment Based on Speed Index Performance on Arterial Streets in the Commercial Center of Latakia

Dr. Shaza Ebrahim Assaad*

(Received 8 / 4 / 2021. Accepted 30 / 5 / 2021)

□ ABSTRACT □

The high traffic density causes traffic congestion on the road, causing delays before it reaches its destination, in addition to the stress and high psychological impact on the driver, it also results in staff and staff being late for work and students being late for school, With frequent accidents on these busy roads.

Congestion has a lot of reasons, one of them is poor infrastructure that leads to a state of congestion, a significant increase in the number of vehicles, a lack of prior information for road users about the traffic situation, Division of traffic management into several departments (Public works, municipality, security, transport...). They become ineffective in some areas, aggressive driving style Which may be an effective factor in creating congestion, in addition to the use of individual transport rather than mass transport.

Latakia suffers from a very poor transport system, and the indiscriminate movement of vehicles on its streets. This has been accompanied by increased traffic, which has led to many problems. The most important is the problem of congestion, in terms of increasing the values of delay times in different road sectors. This has contributed to major traffic crises and congestion. It affected service levels on arterial streets in the city's downtown, in the absence of rush-hour studies.

Two main streets have been selected in the commercial and downtown center of Latakia City, which is an important arterial street for the distribution of movement. These arterial streets connect the commercial and administrative center of the city with the other parties of the city. The moving controller analyses a large number of actual speeds of the vehicle, measured in each sector, with a view to estimating congestion, calculating its indicators, and determining peak hours. Congestion levels were inferred based on the values of the speed performance index, and the average speeds of daytime and evening peak hours have been mapped to considered street sectors.

Keywords: GPS, congestion, Travel Time, Mean Speed, Congestion Index, Peak-hour.

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

مقدمة:

يشكّل الازدحام مشكلة هامة للنقل البري، وتحدياً رئيسياً لسياسة النقل على جميع المستويات، ويمكن اعتبار الازدحام المروري أحد أهم التأثيرات السلبية لأيّ نظام نقل، إذ تواجه الجهات المختصة بتنظيم المشاكل المرورية ومعالجتها في المدن الرئيسية والمكتظة بالسكان، صعوبات بالغة في تحديد الاختناقات المرورية وسبل معالجتها، نتيجة التوزيع الزمني والمكاني non-uniform لحركة المرور، الأمر الذي يتطلب منها تنظيم للحركة بواسطة مجموعة من الإجراءات، أولها تحديد المستويات الواقعية للازدحام على القطاعات، ثم تحديد أسباب الاختناقات، بهدف إيجاد حلول جذرية للحدّ من تفاقمها. [11, 2]

تقدّر تكاليف الازدحام على الطرق بحوالي 1% من الناتج المحلي الإجمالي في أكثر مدن العالم، ويكمن سبب الازدحام في ضعف الطاقة الاستيعابية لشبكة الطرق، وعدم كفاءة نظام النقل في تلبية الاحتياجات المطلوبة بالنسبة لحجم المرور، ممّا يؤدي إلى ضياع الكثير من الوقت والطاقة، كما أنّه يؤثر في الحالة النفسية، التي تؤدي بدورها إلى انخفاض أداء الإنسان نتيجة الإجهاد النفسي الذي تعرّض له على طول الطريق، ممّا يسبّب الكثير من الحوادث. تتطلب معالجة مشاكل الازدحام نهجاً متكاملاً متعدد المستويات، ورؤية استراتيجية لسياسات إدارة هذه المشاكل، وبالتالي فإنّ إيجاد مقياس للازدحام، يمكن أن يوفّر بنية تحتية لفهم هذه الظاهرة، وإيجاد علاقة تفاعلية بين شبكة الطرق والمستخدمين وأنظمة المرور لتطوير خطط النقل، وتعزيز التدفق المروري، وبالتالي تخفيف الازدحام، وتقليل زمن الرحلة، بالإضافة إلى تحسين مستوى السلامة المرورية الناتج عن انخفاض الحوادث التي يسببها الازدحام. أمّا فيما يتعلق بمقياس الازدحام فهناك منهجان، الأول يعتمد على العلاقة بين الغزارة (supply) وبين الطلب (demand)، أمّا الثاني، فهو المقياس الذي له علاقة بالحالة الأكثر قبولاً لنوعية الخدمة المتعلقة بالسرعة وبأزمة التأخير، حيث أنّ استنتاج مقياس للازدحام المروري مرتبط بالشكّ فيما يتعلّق بدقة تمثيله للوضع الحقيقي، بسبب تغير البارامترات الخاصة بالتصميم الهندسي للطريق ضمن القسم المدروس، كذلك الأمر بالنسبة للخصائص المرورية مثل زمن الرحلة، التأخير، حجم المرور، وخليط العربات.

أهمية البحث وأهدافه:

تعاني مدينة اللاذقية من اختناقات مرورية كثيفة على الشوارع الرئيسية والحيوية في المركز التجاري والحيوي والإداري لها، وتعود أسبابه إلى الاختلاف الكبير في أنماط النقل، أو لأسباب تتعلّق بالبنية التحتية، من حيث عدم أهلية نظام الطريق لاستيعاب الساعات الكبيرة المحتملة، وعدم توافق أبعاد الشوارع مع المقاييس العالمية لتنظيم المدن، حيث يصبح من الصعب مقارنة مواصفات طريق ما مع المواصفات العالمية لنفس التصنيف الوظيفي، بالإضافة إلى عدم توفر منشآت خاصة للمشاة، أو مواقف خاصة للسيارات، أو وسائل التحكم المروري، كما هي متعارف عليها ضمن الكود العالمي (Manual on Uniform Traffic Control Devices (MUTCD)، إذ تخلو المدينة من هذه الوسائل، ما عدا بعض إشارات المرور المسبقة الضبط، والتي أغلبها لا يعمل لأسباب كثيرة.

ترافقت كل هذه السلبيات مع زيادة الحجوم المرورية في السنوات الأخيرة، والتي أدت إلى مشاكل كثيرة، أهمها مشكلة الازدحام، التي هي من أهم المعايير الأساسية العملية لتقييم أداء الطرق الحضرية، والتي تترافق مع زيادة في أزمة التأخير على القطاعات الطرقية، وزيادة في أزمة الرحلة وأعداد الحوادث، وما يتبعه أيضاً من زيادة في طول رتل

الانتظار و معدلات الوقوف الخ..، مما يؤدي إلى ضعف إنتاجية القوة البشرية العاملة، وزيادة في استهلاك الوقود وانبعاث الغازات السامة، بالإضافة لزيادة تلوث الهواء من خلال غازات عوادم السيارات، لذلك كان لا بد من دراسة كفاءة نظام المرور في مركز المدينة، وتحديد ساعة الذروة على الشوارع الرئيسية فيه، اعتماداً على مؤشرات الازدحام ومخططات السرعة وأزمنة التأخير، بهدف إيجاد الحلول المناسبة لتنظيم السير، ورفع مستوى الخدمة والسلامة على هذه الشوارع الحيوية.

طرائق البحث ومواده:

يُعرّف التصنيف الوظيفي للطرق، بأنه العملية التي يتم من خلالها تجميع الشوارع والطرق السريعة إلى أنظمة نقل، حسب نوعية الخدمة التي يقدمها هذا الشارع أو الطريق، ومن ثم فرزها في شكل منظّم لخدمات المرور، مع مراعاة العلاقة بين هذه الشوارع بشكل فعّال، ويفرّق التصنيف الوظيفي بين أنواع خدمات الطرق المختلفة، ومن أهمّها الحركية وإمكانية الوصول السريع والسليم (mobility and accessibility)، حيث أنّ الطرق الشريانية الرئيسية والثانوية، تتحرّك عليها أعداد كبيرة من العربات، وتكون رحلاتها طويلة، وإمكانية الدخول والخروج منها وإليها محدودة، وهي تشكّل فئة من الطرق السريعة، وتشغل حوالي 15 إلى 25% من إجمالي عدد الكيلومترات من الشبكة داخل المدينة. [3,12]

لقد أصبح الازدحام المروري مشكلة خطيرة في العديد من المدن، ولا سيما في المدن الكبيرة، وللتخفيف من حدته ولتحسين مستويات الخدمة والكفاءة في نظام النقل الحضري، فقد تمّ إحراز تقدم كبير في الكثير من دول العالم، وأصبحت أساليب مراقبة حركة المرور وإدارتها، هي أساليب فعّالة وشائعة، تعتمد على قياسات متطورة قابلة للتطبيق، بما يوافق الظروف الخاصة لنظام النقل الحضري في كل مدينة.

يُعرّف الازدحام بأنه حالة عدم توازن بين التدفق المروري والسعة ممّا يسبّب زيادة في زمن الرحلة، والكلفة، وتغيّر في سلوك السائق، وكما عرّفه آخرون على أنّه حالة من التأخر المروري عندما يكون تدفق المرور بطيء، بسبب عدد العربات التي تسعى لاستعمال الطريق بشكل يزيد عن قدرة سعة شبكة الطرق على التحمل.

في الوقت الحاضر لا يوجد تدبير موحد وثابت لتقييم ظروف عمليات المرور، ولقد اقترح دليل السعة الأمريكي للطرق السريعة (HCM) لأول مرة، استخدام مستوى الخدمة كمؤشّر لتقييم أداء الطريق، وتمّ تقسيم مستوى الخدمة إلى ستّ مستويات في الولايات المتحدة، وثلاث مستويات في اليابان [1]، وفي الصين، اختارت وزارة الأمن العام متوسط سرعة السفر لطريق في المدينة، كمؤشّر لتقييم لوصف ظروف الازدحام في حركة المرور على الطرق، كما نشرت وزارة النقل في ولاية واشنطن تقرير الازدحام في عام 2006، حيث تمّ تعريف مؤشّر تقييم الازدحام، على أنّه متوسط قيم زمن الرحلة في ساعة الذروة. [15,16]

لقد تناول عدد كبير من الدراسات حالة حركة المرور في المناطق الحضرية بطرق مختلفة، باستخدام مؤشرات التقييم المتعلقة بسرعة الرحلة وبزمن الرحلة، اللذين يمكن الحصول عليهما مباشرةً من خلال النظام العالمي لتحديد المواقع الـ GPS (Global Positioning System)، وهو عبارة عن تقنية ناشئة ذات تطبيقات واسعة في هندسة النقل في مجالات مختلفة، مثل جمع بيانات حركة المرور، ودراسات إدارة الازدحام وتحليل تتبع العربات. [3,8,14]

تُعتبر معلومات زمن الرحلة مهمة لتخطيط النقل والتوجيه عبر الطرق، بالإضافة إلى أدوات إدارة الازدحام، كما أنه أحد أهم التدابير لتقييم أداء شبكات الطرق، ولقد أُجريت دراسة في مدينة أوكلاند للتحقيق في مستوى الازدحام على ثلاثة طرق شريانية رئيسية، بعد أن تمّ جمع بيانات زمن الرحلة، باستخدام سيارة مجهزة بجهاز استقبال GPS خلال ساعات الذروة الصباحية، وخلصوا بالنتيجة إلى تحديد مستويات الازدحام، بعد أن تمّ تحديد حجم العينة المطلوبة، لتقدير وقت السفر على نحو موثوق به، اعتماداً على طريقة فواصل الموثوقية. [3,13]

بالنظر إلى تعقيد حركة المرور وطبيعتها الديناميكية، فإنه يصعب إجراء تقييم شامل لظروف ازدحام حركة المرور في شبكات الطرق الحضرية حسب مؤشر تقييم واحد، ونتيجة لذلك، بدأت عدة دراسات لتقييم حالة المرور باستخدام مؤشرات متعددة، فقد قام باحثون باستخدام بيانات عن زمن سفر العربات العابرة وعن السرعة، لتقييم ظروف المرور على الطرق الشريانية والطرق السريعة، كما قام آخرون باستخدام بيانات الموقع الآلي للمركبات العابرة، لقياس زمن الرحلة ومتوسط السرعة على الطرق السريعة. [2]

بدأ قسم المرافق والأشغال العامة في مدينة لينكولن /نبراسكا/، الولايات المتحدة الأمريكية في عام 1995 بإجراء دراسة، تمّ فيها الاعتماد على معدّل السرعة كمؤشر لتقييم حالة الطرق الشريانية، حيث قامت تلك الجهة باختيار تلك الطريقة في التقييم بدلاً من الطريقة التقليدية، التي تعتمد على تحديد مستوى الخدمة (LOS)، لأنها تعتقد أن مؤشر معدّل السرعة يعكس الوضع المروري لحياتهم اليومية بشكل أكبر، وتوصّلت الدراسة إلى أنّ تناقص معدّل السرعة المقاس لطريق شريانيّ مدنيّ من (56km/h) إلى (29km/h)، فإنّ ذلك يدل على وجود مشكلة ما يجب معرفتها، حيث تكون السرعات مقيّدة بشكل كبير مع عرقلة كبيرة في الحركة، وبأن هناك حاجة كبيرة إلى إجراء التحسينات اللازمة، أمّا عندما يتناقص معدّل السرعة إلى (26km/h)، فإنّ الطريق الشرياني يكون قد وصل إلى الحالة الحرجة، التي يجب عندها اتخاذ الإجراءات اللازمة وإجراء التحسينات بشكل مباشر، التي تمّ تطبيقها بالدراسة على مرحلتين. [15,16]

يوفّر استخدام "نظام التموضع العالمي (GPS) فعاليتّ متزايدة وسلامة عالية لوسائل النقل التي تستخدم الطرق السريعة وأنظمة النقل العام، وتستخدم بلدان كثيرة حول العالم هذا النظام، للمساعدة في مسح شبكات الشوارع والطرق السريعة على أراضيها، إذ يتمّ تحديد الموقع بدقة وإحكام عاليين، بواسطة أجهزة الاستقبال، ومن ثمّ يتم إجراء حساب التثليث لتحديد موضع جهاز الاستقبال. كما تسمح أنظمة المعلومات الجغرافية (GIS) Geographic Information System)، بتخزين وتجميع البيانات المكانية، وإعادة تهيئتها وتحريها وإجراء التحليلات المكانية عليها، ومن ثمّ عرضها ضمن قاعدة معلوماتية من المعرفة، تساعد في إنتاج خرائط غرضية ذات رموز، تسمح بوضع الحلول المثلى للمشاكل الهندسية المختلفة. [8]

يؤمن استخدام بيانات السرعة المستمدة من نظام الـ GPS بالتوافق مع برنامج الـ GIS، إمكانية تحديد مستويات الازدحام المروري بفعالية، وقد توصّلت الدراسات إلى تحديد قيم لمؤشرات الازدحام، ففي حال كانت القيم قريبة من الصفر، فإنّ ذلك يشير إلى مستوى ازدحام منخفض، وفي حال كانت القيمة أكبر من (2)، فإنّ هذا يعكس ظروف ازدحام شديدة. [5,6,9]

يعدّ "نظام التموضع العالمي" عنصراً أساسياً في مستقبل "نظم النقل الذكية" (ITS) [5]، حيث تضمّن نظم النقل الذكية نطاقاً واسعاً من المعلومات، التي تستند إلى المواصلات والتكنولوجيا الالكترونية، وفي ظلّ التحديث المستمر لـ "نظام التموضع العالمي"، يمكن توقّع استحداث نظم أكثر فعالية، للتقليل من اختناقات المرور وتحسين الكفاءة، ولزيادة

معدلات السلامة والأمان، عن طريق رسم الخرائط إلكترونياً، والتي تعكس واقع النقل بشكل دقيق، وبالتالي أصبح نظام التموضع العالمي " بكل بساطة، هو التكنولوجيا التي توفر مستويات أعلى في السلامة، ومعلومات أفضل حول المكان عن طريق خرائط إلكترونية، لتزويد العربات بنظم ملاحية محملة على متنها، وتحديد أدق للمكان لتوفير معلومات أوفر عن المسافرين والخدمات المتوفرة. ويستخدم متوسط سرعة السفر في قطاعات الشوارع كمقياس للفعالية، وهو ما تم استخلاصه في هذه الحالة من بيانات السرعة، التي تم جمعها باستخدام جهاز استقبال النظام العالمي لتحديد المواقع (GPS)، والموجود على المركبات المتنقلة. يتم تطبيق التجميع الهرمي التجميعي (HAC) على متوسط سرعات السفر، لتحديد نطاقات السرعة في الشوارع الحضرية وتحديد مستويات الخدمة LOS. ويتطبيق هذه المنهجية، يتبين أن مجالات السرعة على الشوارع الحضرية من مستويات الخدمة الصالحة في المدن الهندية، تختلف عن القيم المحددة في HCM (2000). كما تم وباستخدام النظام العالمي لتحديد المواقع، وضع منهجية استقصائية تتعلق بأزمة التأخير ويزمن الرحلة، وتحليل البيانات وعن طريق الخرائط الرقمية، تم وضع معايير وحلول لزمان الرحلة وازمن التأخير في المدن الفلبينية. [1,5,7]

تصنف مقاييس الازدحام ضمن أربع مجموعات، هي:

- 1. مقاييس رئيسية:** وهي مقاييس متعلقة بقيمة التأخير المقدر، أي الوقت الإضافي الذي يقضيه مستخدم الطريق، مقارنةً مع زمن الرحلة بظروف الجريان الحر.
- 2. مقاييس نسبية:** وهي المقاييس التي وضعت بتقسيم زمن الرحلة على التأخير، أو بالعكس، مثل (قيمة زمن التأخير، معدل التأخير النسبي، نسبة التأخير).
- 3. مقاييس مستويات الخدمة (LOS):** كان استخدامها واحداً من أكثر مقاييس الازدحام شهرةً، حيث تم اعتماد مفهوم (LOS) من قبل دليل سعة الطرق Highway Capacity Manual عام 1985، ليمثل مجال الظروف التشغيلية للطريق، من خلال خصائص التدفق المروري مثل كثافة العربات، نسبة الحجم للسعة، معدل السرعة، وقيمة التأخير على التقاطعات، وهي مقاييس نوعية لوصف الخصائص التشغيلية في تيار المرور وتصورها للسائقين والمسافرين، وقد تم تعيين ستة مستويات في الولايات المتحدة وفق الـ (HCM 2010) من A إلى F، ويبين الجدول (1) مستويات الخدمة وفق التصنيفات المختلفة للشوارع حسب الـ HCM 2000، حيث:
LOS A - حالة التدفق الحر (الحالة الأمثل) ، LOS F - حالة التشغيل الحرجة (الحالة الأسوأ).

الجدول (1) مستويات الخدمة وفق التصنيفات المختلفة للشوارع حسب الـ HCM 2000 [1]

Urban Street Class	I	II	III	IV
Range of Free-Flow Speed (FFS)	90 to 70 km/h	70 to 55 km/h	55 to 50 km/h	55 to 40 km/h
Typical FFS	80 km/h	65 km/h	55 km/h	45 km/h
LOS	Average travel speed km/h			
A	> 72	> 59	> 50	> 41
B	> 56-72	> 46-59	> 39-50	> 32-41
C	> 40-56	> 33-46	> 28-39	> 23-32
D	> 32-40	> 26-33	> 22-28	> 18-23
E	> 26-32	> 21-26	> 17-22	> 14-18
F	< 26	< 21	< 17	< 14

4. **المؤشرات (Indices):** طوّر بعض الباحثين مؤشرات للازدحام المروري، عبر إدخال العديد من العناصر المتعلقة بالازدحام، ضمن معادلة واحدة لإنتاج مقياس واحد، وهي ذات أهمية كبيرة من حيث تقييم شروط الحركة وظروفها على الطريق، ومن حيث قدرتها على توفير إطار مرّن للتحليل، كما أنّها تسمح برسم خرائط مباشرة للازدحام المنكر على الطرق، ومن هذه المؤشرات: [8,9,10, 13]

✓ مؤشر الازدحام (Congestion Index)، والذي يمكن حسابه من العلاقة التالية:

$$Congestion\ Index\ (CI) = \frac{C - C_0}{C_0}$$

حيث: C - زمن السفر الفعلي، C₀ - زمن الجريان الحر، عندما يكون: CI - قريب من الصفر - انخفاض شديد في مستوى الازدحام، CI - أكبر من 2 - ظروف مزدحمة بشدة.

✓ نسبة متوسط السرعة خلال الفترة الأكثر ازدحاماً (p)، وتتعلق بالسرعة الوسطية v_p وبسرعة الجريان الحر v_{free}:

$$C_p = \frac{\bar{v}_p}{v_{free}}$$

✓ متوسط التأخير خلال الفترة p المعبر عنه بدقائق في الكيلومتر (أو الميل):

$$d_p = \frac{60}{\frac{1}{\bar{v}_p} - \frac{1}{v_{free}}}$$

✓ مؤشر السرعة في الأداء: تعتبر سرعة العربات مؤشراً هاماً لقياس حالة حركة المرور على الطريق، وقد قدّم مكتب إدارة حركة المرور في بكين (BTMB)، مؤشر أداء السرعة، باعتباره مؤشر تقييم حالة حركة المرور على الطرق في المناطق الحضرية، الجدول (2).

الجدول (2): معيار تقييم مؤشر السرعة في الأداء على الطرق السريعة [9]

مؤشر السرعة في الأداء	مستوى حركة المرور	وصف حالة المرور
25- 0	ازدحام شديد	السرعة الوسطية منخفضة، وضعيفة التدفق المروري ضعيف جداً
50 - 25	ازدحام متوسط	السرعة الوسطية أخفض، التدفق المروري بحالة أقل ضعفاً
75- 50	ازدحام بسيط	السرعة الوسطية أعلى، حالة التدفق المروري أفضل
100- 75	ازدحام بسيط جداً	السرعة الوسطية أعلى، حالة التدفق المروري جيدة

وتعكس القيمة القياسية (التي تتراوح بين 0-100)، النسبة بين سرعة المركبة وبين السرعة القصوى المسموح بها، حيث يختار BTMB القيمتين (25 ، 50)، كمعيار لتصنيف حالة المرور على الطرق الحضرية، سواء كان كمؤشر ازدحام قطاع من الطريق، أو كمؤشر ازدحام شبكة الطرق، وذلك وفق العلاقة التالية:

$$R_v = \frac{v}{V_{max}} \times 100$$

حيث: Rv - مؤشر السرعة في الأداء، v - متوسط سرعة الرحلة، كيلومتر/ساعة، V_{max} - السرعة القصوى المسموح بها للطريق، كم/ساعة.

✓ نسبة معدل السفر TRR : وتعطى بالعلاقة التالية:

$$Travel\ Rate\ Ratio\ (TRR) = \frac{Congested\ Travel\ Rate\ (CTR)}{Free\ Flow\ Travel\ Rate\ (FFTR)}$$

حيث:

$$CTR = \frac{Travel\ Time}{Distance}$$

$Travel\ time$ - زمن السفر، $Distance$ - المسافة المقطوعة.

✓ مؤشر معدل التأخير DRI : وهو يحدد حجم مشكلة التنقل فيما يتعلق بالظروف الفعلية، ويعطى بالعلاقة:

$$Delay\ Rate\ Index\ (DRI) = \frac{Delay\ Rate\ (DR)}{Congested\ Travel\ Rate\ (CTR)}$$

$$(DR) = (CTR) - (FFTR)$$

يمكن حساب متوسط السرعة على وصلة الطريق، على أنها المتوسط المتحرك لسرعات المسبار على مدى فترة p :

$$\bar{v}_{i,p} = \frac{1}{p} \sum_{j=i}^{i+p} v_j$$

p : الفترة الزمنية، v_j : متوسط سرعة الرحلة في فسخة زمنية (j)

وتعتبر سرعة التدفق الحر هي أقصى متوسط قياسي للسرعة على مدى الفترة:

$$v_{free} = \max_{j \in [t_0, t]} v_j$$

وهناك عدة قياسات رئيسية للسرعة، منها: [9]

- **السرعة اللحظية (Spot Speed)**: وهي عبارة عن السرعة في لحظة محددة وفي موقع محدد، وتستخدم عادةً في تصميم العناصر الهندسية للطريق (منحنيات أفقية وشاقولية، رفع عرضاني...)، وفي تحديد السرعة الآمنة، ومناطق السرعات المختلفة.

- **سرعة الحركة (Running Speed)**: وهي عبارة عن معدل السرعة عبر مسافة معينة، تكون العربة خلالها في حالة سير مستمر، ونحصل عليها بتقسيم المسافة على الزمن، الذي تكون خلاله العربة في حالة حركة.

- **السرعة الوسطية (زمانياً) (TMS (Time Mean Speed)**: وهي عبارة عن معدل السرعة لكافة العربات التي تعبر نقطة معينة خلال فترة من الزمن، وتعطى بالعلاقة:

$$TMS = \frac{\sum \frac{d}{t_i}}{n} = \frac{1}{n} \sum_1^n v_i$$

حيث v_i : السرعة اللحظية للعربة i ، d : المسافة المقطوعة، t_i : زمن قطع المسافة d ، و n : عدد العربات التي يتم قياس سرعاتها اللحظية.

- **السرعة الوسطية (مكانياً) (SMS (Space Mean Speed)**: وهي عبارة عن معدل السرعة لكافة العربات التي تشغل قطاعاً محددًا من الطريق، خلال فترة زمنية محددة، وفي الواقع السرعة الوسطية زمانياً هي سرعة في نقطة،

بينما السرعة الوسطية مكانياً، فإنها السرعة عبر مسافة محددة من الطريق أو من حارة المرور، ويُعبر عن SMS بالعلاقة:

$$SMS = \frac{d}{\sum \frac{t_i}{n}} = \frac{nd}{\sum t_i}$$

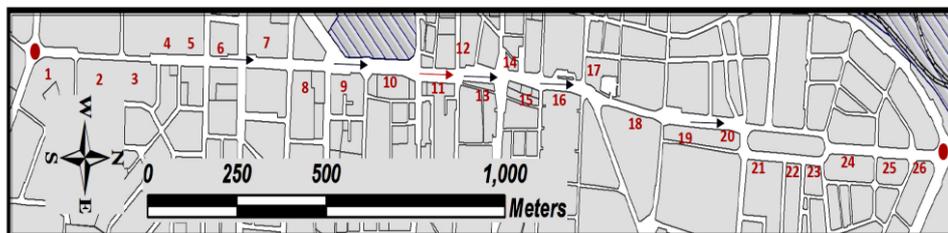
النتائج والمناقشة:

تم اختيار محور شارع بغداد وشارع 8 آذار ضمن مركز مدينة اللادقية التجارية، وهما شارعان شريانيان باتجاه واحد من الجنوب باتجاه الشمال، حيث يصل هذا المحور بين شارع بيروت جنوباً وشارع المغرب العربي شمالاً، ليخترق القطاع المركزي لمدينة اللادقية، والشكل (1) يوضّح القطاع المركزي للمدينة مع المحور في منطقة الدراسة، كما يوضّح الشكل (2) قطاعات المحور التي تم اعتمادها عند التقاطعات، وهي 26 قطاعاً.



الشكل (1): القطاع المركزي لمدينة اللادقية يبين فيه محور بغداد - 8 آذار

— شارع بغداد — شارع 8 آذار



الشكل (2): المحور المدروس موضحاً عليه أرقام القطاعات

تم تحويل السير على شارع بغداد من اتجاهين إلى اتجاه واحد في شهر تشرين الأول عام 2010، بقرار من مجلس مدينة اللاذقية، بهدف تحسين السير وحركته ضمن شوارع مدينة اللاذقية، وتمت إزالة الجزيرة الوسطية وإجراء تحسينات على الأرصفة، ووضع مطبات مرفوعة كممرات للمشاة.

يبلغ طول شارع بغداد (1293m)، ويعرض (12m) ويعدد حارات للمرور 3 حارات، أما شارع 8 آذار فيبلغ طوله (1270m)، ويعرض (20m) ويعدد 5 حارات، وقد تم تقسيم هذا المحور، الذي يبلغ طوله 2563m إلى 10 قطاعات على شارع 8 آذار، و16 قطاعاً على شارع بغداد، كما تم جمع البيانات الهندسية والمرورية، وخصائص الحركة المرورية (قياس سرعة الجريان الحر، السرعة اللحظية، زمن الرحلة لكل القطاعات). تتباين الغزارات على هذا المحور خلال ساعات النهار، وتوجد فترات ذروة مرورية صباحية وذروة مرورية للظهر، وأحياناً توجد ذروة مسائية، وخاصةً في المركز التجاري للمدينة، حيث تكون هناك فعالية التسوق والحركة والأنشطة الثقافية، وتُعبّر ساعة الذروة (peak hour) عن الفترة التي تحصل فيها غزارات أعظمية للتدفق وفق اتجاه معين من الشارع.

تتغير قيم الغزارة خلال فترات قصيرة أقل من ساعة في حالات كثيرة، ويمكن أن تكون سعة المحور كافية لتخديم ساعة الذروة بشكل عام، ولكن هناك فترات قصيرة ضمن ساعة الذروة، قد تكون خلالها الغزارة أكبر من السعة، مما قد يؤدي إلى ظهور اختناقات مرورية، وتكون الحركة من الشوارع الفرعية إن كانت محلية أو رئيسية، عبارة عن حركة بشكل متناوب، تم تنظيمها لتشكيل حركة مرورية انسيابية، تتكامل مع بقية الشوارع الأخرى المحيطة بالشارعين.

المنهجية والأجهزة المستخدمة والبرمجيات:

تحتاج تقييمات أداء الطرق إلى جمع بيانات مرورية دقيقة وموثوقة، وهناك طرق مختلفة لجمع بيانات حركة المرور تشمل جهاز تسجيل حركة المرور الآلي، وكاشف الحلقة، وكاشف الصوت، ونظام معالجة صور الفيديو، وغير ذلك من تقنيات الاستشعار عن بعد، إلا أن أنظمة المواقع العالمية الـ GPS، توفر قياساً زمنياً ومكانياً للموقع بتكلفة منخفضة، وبدقة عالية لجمع البيانات.

تم قياس السرعة للجريان الحر والسرعة في أوقات مختلفة من الذروة، باستخدام ميزة تحديد المواقع الـ GPS الموجودة في الهواتف المحمولة من برامج (GPS Utilities) باستخدام GEO TRACKER، التي تُستخدم لنقل البيانات من وحدة النظام العالمي لتحديد المواقع، ومن ثم يتم استخراج البيانات على شكل جداول، بعد إجراء التصحيحات اللازمة (مثل إزالة النقاط الشاذة)، وتقطيع الرحلة إلى قطاعات مباشرة على الخريطة، ومن ثم تحويل الملفات إلى ملفات أكسل (CSV)، كما هو موضح عنه بنموذج في الجدول (3)، بالإضافة إلى قياس السرعات اللحظية كل عدة ثواني، وأزمنة الرحلة على كافة الشوارع المدروسة وفي الأوقات المختلفة، وبمعدل 4 قياسات في كل ساعة قياس بدءاً من الساعة 6 صباحاً وحتى الساعة 8 مساءً، على كامل قطاعات المحور، لمعرفة ساعة الذروة وحساب السرعة الوسطية لكل ساعة قياس.

الجدول (3): نموذج عن جداول الإكسل CSV للمحور المدروس في الساعة 13:00

Date/time التاريخ/الزمن	Latitude خط العرض	Longitude خط الطول	Elevation الارتفاع (m)	Speed السرعة (km/h)	Heading الاتجاه	Leg length طول القطاع (m)	From start من البداية (km)	Elapsed time الوقت المقطوع
3/16/2020 13:04	35.505696	35.775054	32.9	0	0	0	0	0:00:00
3/16/2020 13:04	35.506669	35.774854	27.4	21.9	351	109.6	0.11	0:00:18

3/16/2020 13:05	35.507782	35.774865	27.5	29.7	0	123.7	0.233	0:00:33
3/16/2020 13:05	35.508776	35.774821	29	23.4	358	110.5	0.344	0:00:50
3/16/2020 13:05	35.50922	35.774829	34.6	10.4	1	49.3	0.393	0:01:07
3/16/2020 13:05	35.509955	35.774773	30.4	22.7	356	81.8	0.475	0:01:20
3/16/2020 13:06	35.510775	35.774786	41.7	10.9	1	91.1	0.566	0:01:50
3/16/2020 13:07	35.512078	35.774829	42.7	5.9	2	144.8	0.711	0:03:18
3/16/2020 13:08	35.51307	35.774782	45.8	6.7	358	110.3	0.821	0:04:17
3/16/2020 13:09	35.514011	35.774729	41	6.4	357	104.7	0.926	0:05:16
3/16/2020 13:10	35.515401	35.774837	42.5	10.9	4	154.8	1.081	0:06:07
3/16/2020 13:10	35.515691	35.774835	33.5	6.4	0	32.2	1.113	0:06:25

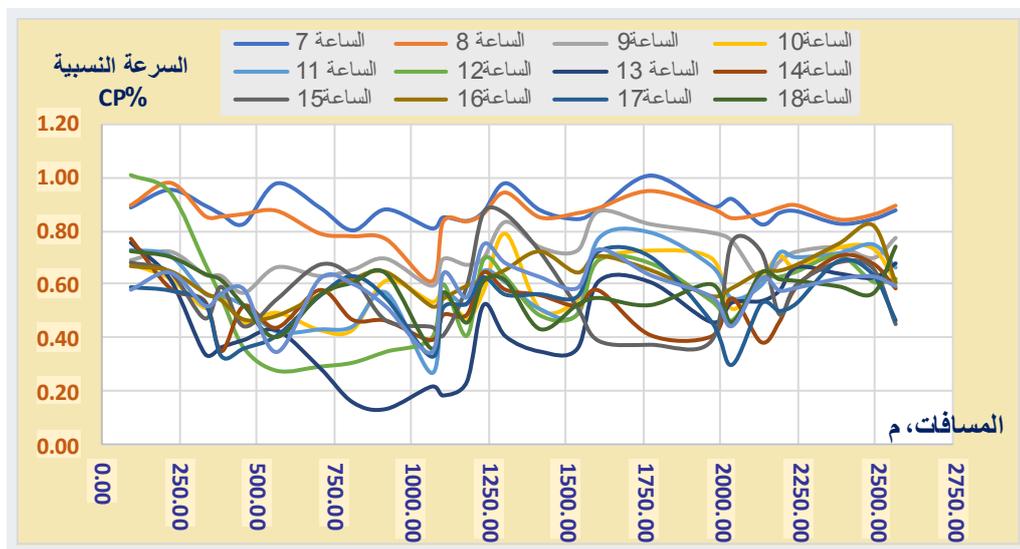
من خلال معالجة البيانات التي تم جمعها بالقياس، تم تحديد أماكن التوقفات نتيجة الإعاقات المختلفة، أو نتيجة الإشارات الضوئية على التقاطعات أو لأسباب أخرى، وبعد استخراج البيانات الرسومية والجدولية من جهاز تحديد المواقع العالمي ومعالجتها لاحقاً، تمكنا باستخدام برنامج Excel من رسم المخططات المختلفة، بعد إجراء الحسابات اللازمة لتقدير قيمة السرعة الوسطية وقيمة زمن الرحلة على كامل الشارع لكل ساعات القياس، بهدف تحديد ساعة الذروة ومعدلات التأخير ومؤشرات الازدحام، بالإضافة إلى مستوى الخدمة، وبيّن الجدول (4) السرعة الوسطية للجران الحر عند الساعة 6 صباحاً فقط، والسرعة الوسطية للحركة في ساعات الذروة وفي ساعات مختلفة من النهار، على كامل امتداد المحور.

الجدول (4): السرعة الوسطية (Mean Speed) في ساعات القياس الأكثر ازدحاماً وعلى امتداد المحور

from start م	MS الجران حر كم/س	MS كم/س								
	6:00	9:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	17:00	18:00	19:00
95	36.75	25.45	26.85	37.10	27.78	28.38	25.05	21.53	24.03	21.28
222	41.08	29.75	29.08	38.78	25.38	24.13	26.48	23.53	24.45	26.40
334	42.95	27.43	24.28	29.15	14.55	23.13	20.33	22.55	26.28	22.30
387	43.43	27.53	24.18	23.88	15.80	15.33	25.68	14.23	20.65	24.53
460	44.25	25.28	23.00	15.95	17.30	23.10	19.63	15.80	19.00	25.68
566	35.35	23.55	14.93	9.75	15.10	15.58	19.25	14.30	14.15	12.25
705	40.68	25.78	17.50	11.85	11.65	23.63	27.40	22.50	24.18	25.20
811	45.10	29.63	19.93	13.80	7.10	21.18	28.25	28.28	28.40	27.08
919	47.38	33.05	26.95	16.45	6.28	22.10	22.03	25.78	25.88	24.40
1066	48.88	29.20	12.98	19.48	10.58	19.28	21.58	15.93	15.88	16.88
1103	42.13	29.35	23.25	25.28	7.70	20.55	17.28	21.45	23.53	26.93
1179	42.00	28.35	22.08	17.08	9.80	20.53	24.95	22.05	22.73	23.13
1233	30.08	21.05	19.58	20.80	15.70	19.43	26.10	18.73	22.90	22.50
1304	36.40	30.38	22.13	22.80	14.73	21.18	31.40	20.30	24.43	24.68
1415	44.15	32.70	22.40	21.35	15.35	24.80	31.88	24.70	26.70	27.65
1535	36.48	26.53	17.78	17.70	13.03	19.03	18.80	20.05	22.40	21.33

1605	30.10	26.30	23.30	20.80	18.40	17.43	11.73	21.68	23.38	21.95
1772	27.58	22.78	21.95	18.70	16.75	11.38	10.35	19.28	16.00	17.45
1969	27.68	21.98	18.53	14.85	12.68	11.30	10.80	12.63	17.35	15.28
2035	24.53	18.73	13.43	11.40	13.03	13.48	18.63	7.25	14.60	10.88
2129	38.73	23.90	23.10	23.95	20.78	14.98	27.93	20.30	27.78	24.03
2188	45.63	31.35	32.85	28.65	26.25	21.10	22.30	22.68	27.95	26.28
2244	39.53	28.63	27.78	25.60	26.23	23.45	23.70	20.80	22.75	23.18
2380	45.25	33.50	32.50	32.00	28.95	32.03	30.88	30.98	24.88	28.05
2490	50.65	35.48	38.05	30.88	31.63	34.40	33.40	32.05	23.90	31.83
2563	41.93	32.50	27.83	26.00	28.43	24.60	18.95	19.35	24.60	24.85

لتحديد ساعة الذروة، قمنا بحساب نسبة متوسط السرعة الوسطية في كل ساعة قياس وعلى كامل القطاعات، إلى سرعة الجريان الحر، وتم الحصول على قيم CP لكل ساعة قياس، وبين الشكل (3) قيم نسبة متوسط السرعة على كامل ساعات القياس، التي تكون فيها قيم الـ CP بأدنى قيمة، وعلى مقاطع محددة من المحور، وقد تبين أن ساعات الذروة هي بين الساعة 11-12 صباحاً، وبين الساعة 1-3 ظهراً، وقد تظهر مساءً ما بين 7-8 مساءً، وقد بلغت القيمة الدنيا 0.13 عند القطاع التاسع على مسافة 919m عن بداية المحور، عند الساعة 13:00، وكذلك الأمر عند القطاع الثامن على مسافة 818m من بداية المحور، حيث بلغت قيمة النسبة 0.16، وعند القطاع 11 على مسافة 1103m من بداية المحور، حيث بلغت النسبة 0.18، كما يبين الشكل (3) تدني قيم الـ CP عند الساعة 12 ظهراً، لتكون القيمة 0.28 عند القطاع السادس على مسافة 566m من بداية المحور.

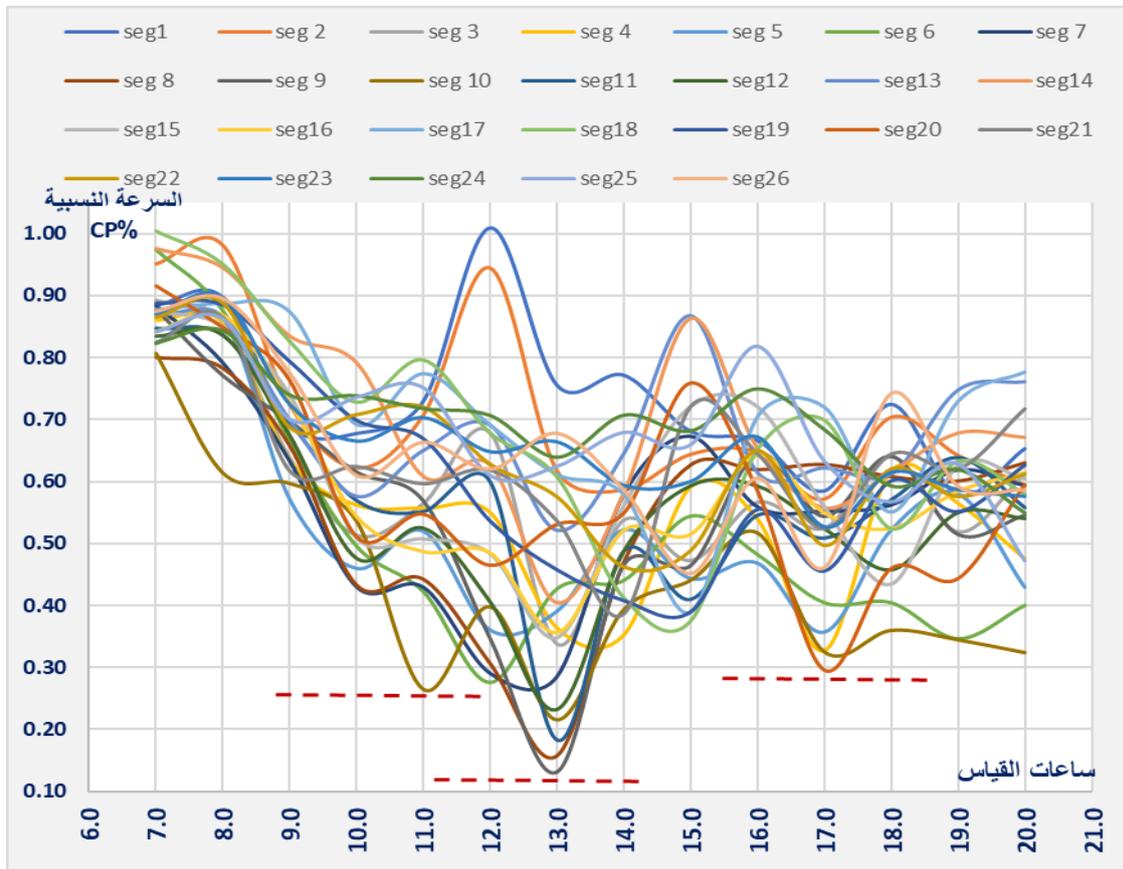


الشكل (3): مخطط السرعة النسبية CP % لكل ساعة قياس وعلى كامل امتداد القطاعات

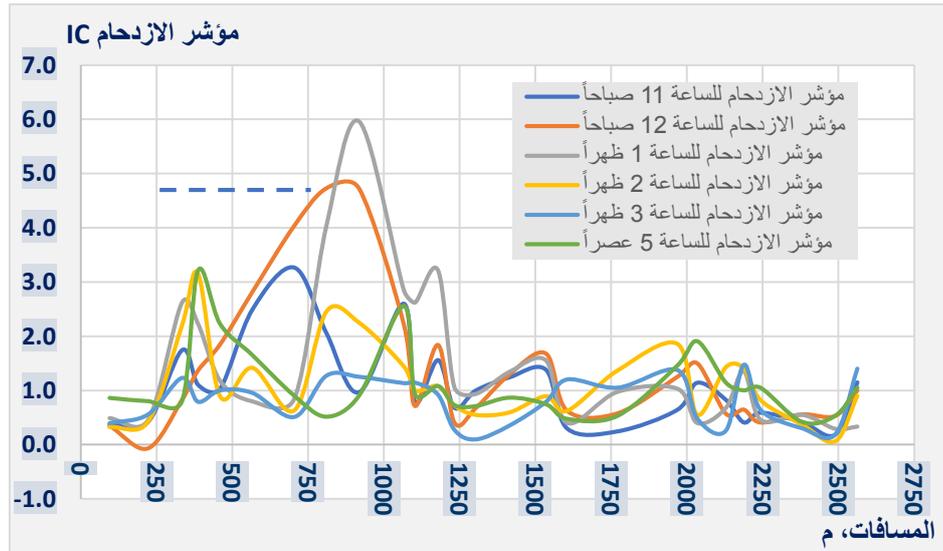
يوضح الشكل (4) العلاقة ما بين قيم الـ CP مع ساعات القياس المختلفة من الساعة 7 صباحاً وحتى الساعة 8 مساءً، حيث تظهر بدقة ساعات الذروة، إذ بلغت أدنى قيمة لها (13%) عند الساعة 13:00، ثم القيمة

(35%)، عند الساعة 12:00 ظهرًا للقطاع التاسع، وعند القطاع العاشر، كانت أدنى قيمة 22% عند الساعة 13:00 ظهرًا، والقيمة 27% عند الساعة 11:00.

من أجل التحديد الكمي للازدحام، فقد تمّ حساب أهم مؤشرات الازدحام على كافة القطاعات، وهي مؤشر الازدحام IC المتعلق بزمن الرحلة الفعلي على كل قطاع، والذي تمّ حسابه في كل ساعة قياس، وبزمن الرحلة أثناء الجريان الحر، ويوضح الجدول (5) زمن الرحلة للجريان الحر وأزمنة الرحلة لساعات الذروة، حيث تبين أنّ هناك تفاوتاً كبيراً بين هذه الأزمنة على القطاعات (10-19) في كل ساعات الذروة، وعلى القطاعات (6-7-8-9) عند الساعة 11:00 و13:00، وتتشابه هذه القطاعات في الحركة العشوائية لاصطفاف العربات، ويتداخل حركة المشاة مع حركة العربات في ساعات الذروة، وخاصةً أن الفعاليات الإدارية والتجارية تكون بذروتها، ممّا يعكس سلباً على الحركة، ويسبب اختناقات كبيرة، مع غياب التنظيم والإدارة، ومع عدم توفّر ممرات للمشاة آمنة، وخاصةً عند مشفى الأسد والمشفى الوطني، والمصارف التجارية الموزعة على هذا المحور، ويوضح الشكل (5) مخطط لقيم مؤشرات الازدحام على كامل القطاعات، وفي كل ساعات الذروة التي تمّ تحديدها وفق الدراسة.



الشكل (4): تحديد ساعات الذروة من مخطط السرعة النسبية على كافة القطاعات وعلى كامل ساعات القياس



الشكل (5): مخطط مؤشر الازدحام IC لساعات الذروة على امتداد قطاعات المحور

الجدول (5): زمن الرحلة للجريان الحر (FFTT) وأزمنة الرحلة لساعات الذروة (ATT) على كامل امتداد المحور

from start m	FFTT sec	ATT الساعة 11 صباحاً sec	ATT الساعة 12 ظهراً sec	ATT الساعة 1 ظهراً sec	ATT الساعة 2 ظهراً sec	ATT الساعة 3 ظهراً sec	ATT الساعة 5 عصراً sec
95	11	15	15	16	14	15	20
222	11	16	11	16	16	18	20
334	9	24	16	32	28	20	16
387	5	10	11	15	20	9	20
460	7	14	19	15	13	14	22
566	11	38	41	19	26	21	29
705	12	52	62	23	20	19	23
811	9	28	53	47	32	21	14
919	8	16	46	56	26	18	15
1066	11	41	36	43	28	24	40
1103	4	6	6	13	7	8	7
1179	6	16	18	26	13	12	13
1233	6	9	8	11	10	7	10
1304	8	16	13	15	12	9	13
1415	9	21	21	22	15	13	17
1535	12	28	32	30	22	21	21
1605	10	13	16	14	16	22	15
1772	20	25	32	40	48	42	31
1969	27	44	60	54	77	64	66
2035	11	23	26	15	16	16	31
2129	9	16	14	15	21	11	19
2188	4	6	7	10	10	11	9
2244	6	9	8	8	10	9	11
2380	11	15	17	17	15	14	15
2490	8	10	12	10	9	10	12
2563	5	11	10	7	10	12	10

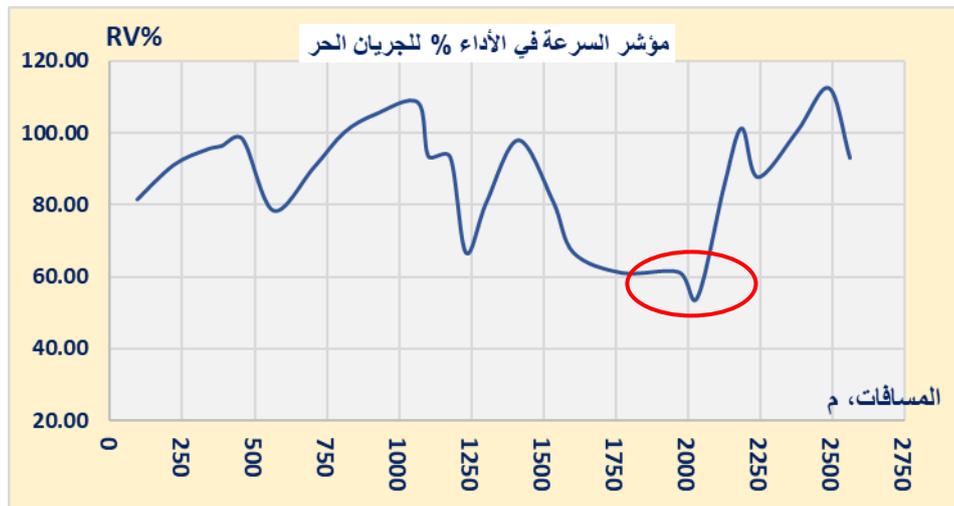
يبين المخطط قيمة عالية لمؤشر الازدحام في ساعات الذروة لتتجاوز القيمة 2، مما يعكس ازدحاماً شديداً على بعض القطاعات من هذا المحور، وتصل هذه القيم إلى القيمة 6 عند الساعة 13:00 ظهراً، على مسافة 919m من بداية

المحور، عند القطاع التاسع، والقيمة 4.7 عند نفس القطاع عند الساعة 12:00 ظهراً، كما يظهر المخطط قيماً كبيرة أيضاً عند القطاعات (3-12-11-10)، عند الساعة 13:00 ظهراً، وعلى القطاعات (7-8-9) عند الساعة 12:00 ظهراً، أما عند الساعة 11:00 صباحاً، فقد دلت قيم مؤشر الازدحام إلى ازدحام شديد على القطاعات (6-10-8)، وعند الساعة 14:00 ظهراً على القطاعات (3-4-8). كما تم حساب معايير ومؤشرات خاصة بالازدحام للتأكيد على القطاعات التي تعاني من الازدحام، وللتأكيد على ساعات الذروة، حيث تم حساب نسبة معدل السفر (Travel Rate Ratio) لكافة القطاعات، وقد أظهرت النتائج أن القطاعات (9-10) كانت فيهما النسب كبيرة في ساعات الذروة، وقد بلغت القيمة 6.958 على القطاع 9 عند الساعة 13:00 والقيمة 5.719 عند الساعة 12:00 ظهراً، وعلى القطاع 12 عند الساعة 13:00، حيث بلغت قيمة هذه النسبة 4.213، والنتائج جميعها موضحة في الجدول (6).

الجدول (6): نسب معدل السفر Travel Rate Ratio في ساعات الذروة الأكثر ازدحاماً وعلى كامل القطاعات

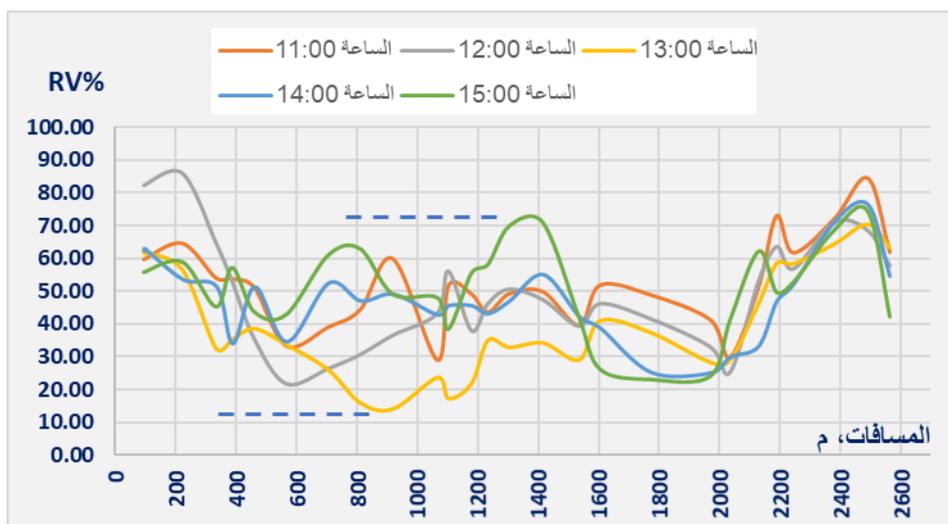
القطاع	طول القطاعات م	FFTR	TRR 11:00	TRR 12:00	TRR 13:00	TRR 14:00	TRR 15:00	TRR 17:00
1	95	0.113	1.372	1.349	1.488	1.326	1.395	1.860
2	127	0.089	1.422	0.933	1.452	1.422	1.556	1.800
3	112	0.078	2.743	1.829	3.619	3.200	2.229	1.800
4	53	0.090	2.105	2.368	3.228	4.158	1.789	4.211
5	73	0.092	2.037	2.852	2.173	1.889	2.000	3.222
6	106	0.101	3.488	3.814	1.798	2.419	1.953	2.651
7	139	0.088	4.265	5.041	1.850	1.633	1.510	1.898
8	106	0.087	3.054	5.730	5.045	3.459	2.270	1.514
9	108	0.074	1.969	5.719	6.958	3.250	2.250	1.906
10	147	0.077	3.600	3.222	3.852	2.444	2.133	3.556
11	37	0.095	1.786	1.714	3.619	2.000	2.143	1.929
12	76	0.082	2.560	2.840	4.213	2.080	1.920	2.080
13	54	0.102	1.682	1.409	2.061	1.727	1.273	1.727
14	71	0.109	2.000	1.677	1.935	1.548	1.097	1.710
15	111	0.083	2.243	2.297	2.342	1.595	1.351	1.865
16	120	0.098	2.383	2.681	2.553	1.894	1.787	1.745
17	70	0.143	1.300	1.625	1.400	1.625	2.200	1.475
18	167	0.121	1.247	1.580	1.975	2.370	2.049	1.531
19	197	0.136	1.645	2.252	2.031	2.860	2.374	2.458
20	66	0.159	2.143	2.500	1.397	1.548	1.476	2.905
21	94	0.093	1.829	1.571	1.676	2.429	1.257	2.143
22	59	0.072	1.412	1.647	2.353	2.412	2.471	2.000
23	56	0.098	1.591	1.409	1.455	1.818	1.636	2.045
24	136	0.079	1.419	1.558	1.550	1.372	1.302	1.419
25	110	0.073	1.188	1.531	1.292	1.063	1.188	1.531
26	73	0.068	2.150	2.000	1.333	1.900	2.400	2.050

أما المؤشر الأخير في تحديد الازدحام، فهو مؤشر السرعة في الأداء $RV\%$ ، المتعلق بالسرعة القصوى المسموح بها للطريق، والتي تبلغ قيمتها 45 كم/سا، وقد تمّ استنتاج كافة القيم الخاصة بالقطاعات جميعها، على كامل امتداد المحور، حيث يظهر الشكل (6) مؤشر السرعة في الأداء $RV\%$ للجريان الحر، وقد تبين من الشكل انخفاض قيم هذا المؤشر إلى القيمة 54.5% عند النقطة 2035m (عند القطاع 20 عند حديقة مار تقلا)، وذلك بسبب مطبات تهدئة السرعة العالية، وبسبب التفرعات المتقاطعة عند هذه النقطة، والتي لا تسمح بالحركة وفق سرعة 45Km/h، والقيمة 61.28% عند النقطة 1772m (القطاع 18 الواقع ما بين المشفى المركزي والشارع القادم من جامع العجان)، ويعود السبب أيضاً إلى وجود مطبات تهدئة السرعة العالية، والتي لا تحقق المعايير النظامية الخاصة لتوضّعها، والقيمة 61.5% عند النقطة 1969m (عند القطاع 19، الواقع ما بين القطاعين السابقين)، ولنفس السبب تماماً.



الشكل (6): مؤشر السرعة في الأداء $RV\%$ للجريان الحر على امتداد قطاعات المحور

يبين الشكل (7) مخطط لمؤشر السرعة في الأداء $RV\%$ لساعات الذروة المختلفة على امتداد قطاعات المحور، حيث تظهر القيم الدنيا لهذا المؤشر عند الساعة 13:00 ظهراً، وهي ($13.94\% - 15.78\%$) عند القطاعين التاسع والثامن على مسافة 919m و 811m، كما سجلت القيمة 17.11% على مسافة 1103m (على القطاع 11). بناءً على القيم النهائية، التي تمّ الحصول عليها لمؤشر السرعة في الأداء على كافة قطاعات المحور، تمّ استنتاج مستويات الازدحام بناءً عليها، وبالتالي يمكن للجهات المعنية العمل على تحسين هذه القطاعات، سواء من الناحية الهندسية، بمنع وقوف العربات لتزيد من سعة الحارات للتدفق الأعظمي، أو من الناحية المرورية الخاصة بتنظيم السير، والجدول (7) يوضّح مستويات الازدحام على كامل هذه القطاعات.



الشكل (7): مؤشر السرعة في الأداء RV% لساعات الذروة المختلفة على امتداد قطاعات المحور

الجدول (7): مستويات الازدحام على القطاعات استناداً إلى قيم مؤشر السرعة في الأداء RV%

رقم القطاع	مستويات الازدحام للساعة 11:00	مستويات الازدحام للساعة 12:00	مستويات الازدحام للساعة 13:00	مستويات الازدحام للساعة 14:00	مستويات الازدحام للساعة 15:00
1	ازدحام بسيط				
2	ازدحام بسيط				
3	ازدحام بسيط	ازدحام بسيط	ازدحام متوسط	ازدحام متوسط	ازدحام متوسط
4	ازدحام بسيط	ازدحام متوسط	ازدحام متوسط	ازدحام متوسط	ازدحام بسيط
5	ازدحام بسيط	ازدحام متوسط	ازدحام متوسط	ازدحام متوسط	ازدحام متوسط
6	ازدحام متوسط	ازدحام شديد	ازدحام متوسط	ازدحام متوسط	ازدحام متوسط
7	ازدحام متوسط	ازدحام متوسط	ازدحام شديد	ازدحام بسيط	ازدحام بسيط
8	ازدحام متوسط	ازدحام متوسط	ازدحام شديد	ازدحام متوسط	ازدحام بسيط
9	ازدحام بسيط	ازدحام متوسط	ازدحام شديد	ازدحام متوسط	ازدحام متوسط
10	ازدحام متوسط	ازدحام متوسط	ازدحام شديد	ازدحام متوسط	ازدحام متوسط
11	ازدحام بسيط	ازدحام بسيط	ازدحام شديد	ازدحام متوسط	ازدحام متوسط
12	ازدحام متوسط	ازدحام متوسط	ازدحام شديد	ازدحام متوسط	ازدحام بسيط
13	ازدحام متوسط	ازدحام متوسط	ازدحام متوسط	ازدحام متوسط	ازدحام بسيط
14	ازدحام متوسط	ازدحام متوسط	ازدحام متوسط	ازدحام متوسط	ازدحام بسيط
15	ازدحام متوسط	ازدحام متوسط	ازدحام متوسط	ازدحام بسيط	ازدحام بسيط
16	ازدحام متوسط				
17	ازدحام بسيط	ازدحام متوسط	ازدحام متوسط	ازدحام متوسط	ازدحام متوسط
18	ازدحام متوسط	ازدحام متوسط	ازدحام متوسط	ازدحام شديد	ازدحام شديد
19	ازدحام متوسط	ازدحام متوسط	ازدحام متوسط	ازدحام شديد	ازدحام شديد
20	ازدحام متوسط	ازدحام شديد	ازدحام متوسط	ازدحام متوسط	ازدحام متوسط
21	ازدحام بسيط	ازدحام بسيط	ازدحام متوسط	ازدحام متوسط	ازدحام بسيط

22	ازدحام بسيط	ازدحام بسيط	ازدحام بسيط	ازدحام متوسط	ازدحام بسيط
23	ازدحام بسيط	ازدحام بسيط	ازدحام بسيط	ازدحام بسيط	ازدحام بسيط
24	ازدحام بسيط	ازدحام بسيط	ازدحام بسيط	ازدحام بسيط	ازدحام بسيط
25	ازدحام بسيط	ازدحام بسيط	ازدحام بسيط	ازدحام بسيط	ازدحام بسيط
26	ازدحام بسيط	ازدحام بسيط	ازدحام بسيط	ازدحام بسيط	ازدحام متوسط

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

1. مكّنت الدراسة من تحديد ساعات الذروة على شوارع مركز المدينة التجاري، مما سيساعد على وضع حلول مرورية تخفف من الازدحام، وتفيد في حل المشاكل المرورية التي تؤثر على السرعة الوسطية.
2. مكّنت الدراسة من وضع خريطة للسرعات الوسطية في ساعات الذروة النهارية والمسائية للشارعين المدروسين.
3. توصلت الدراسة إلى استنتاج مؤشرات الازدحام التي تصف الشوارع في مركز مدينة اللاذقية، وتم استنتاج مستويات الازدحام، اعتماداً على قيم مؤشر السرعة في الأداء على قطاعات المحور المدروس.
4. أظهرت الدراسة الحركة العشوائية غير المنتظمة للشوارع المتقاطعة مع هذا المحور (دخول وخروج)، وعدم انتظام إشارات المرور الحالية، وخاصةً عند نقابة المهندسين (مكان التقاء الشارعين).

التوصيات:

1. ضرورة اتخاذ الإجراءات اللازمة لرفع مستويات الخدمة على شوارع مركز مدينة اللاذقية المتقاطعة مع هذا المحور، لتحقيق التوازن ما بين سرعات العربات عليها في ساعة الذروة.
2. ضرورة تأمين مواقف سيارات طابقية أو تحت- أرضية للتقليل من إشغالات شوارع الوسط التجاري للمدينة بالعربات المركونة، حيث ظهر تأثير سلبي للاصطفاف العشوائي لها، خصوصاً عند التوقف على الحارات المخصصة للحركة المرورية، والذي برز كعامل رئيسي لعرقلة الحركة ومسبباً للاختناقات.
3. ضرورة إيجاد حلول سريعة وفعالة لحركة المشاة على كافة القطاعات من هذا المحور، حيث أنّ الحركة العشوائية لهم تزيد من أزمدة التأخير، وتقلل من سرعة حركة العربات على الشوارع، وتؤثر بالتالي على مستويات الخدمة.

References:

1. High capacity manual 2000, chapter 15, urban streets, transportation research board, USA, 2000.
2. Juan Nicolás Ibáñez Rivas, Measuring road congestion, 2012.
3. John J.J.S. Sia, Philip C.H. Ching, Prakash Ranjitkar, Travel time study of Auckland arterial road network using GPS data, 2019.
4. M. Satyakumar, Estimating Traffic Congestion & Loss on Urban Roads using GPS data, 2015.
5. Feifei He, Xuedong Yan*, Yang Liu, Lu Ma, A Traffic Congestion Assessment Method for Urban Road Networks Based on Speed Performance Index, 2016.
6. Angus Eugene Retallack and Bertram, Current Understanding of the Effects of Congestion on Traffic Accidents, 2019.

7. Selvaraj Vasantha Kumar¹, Ramaswamy Sivanandan, Traffic Congestion Quantification for Urban Heterogeneous Traffic Using Public Transit Buses as Probes,2017.
8. Measuring Congestion Using Large-Scale Smartphone-Collected GPS Data in an Urban Road Network, Joshua Stipancic, Luis Miranda-Moreno, Aurelie Labbe, 2016.
9. Mrugesh J. Solanki, F. S. Umrigar, L. B. Zala and Amit A. Amin, Travel Time & Congestion Analysis under Heterogeneous Traffic Condition of C.B.D. Area Case Study of Surat-Rajmarg (Chowk Bazar to Delhi Gate), 2016.
10. John J.J.S. Sia, Travel Time and Delay Study of Arterial Roads using GPS Instrumented Vehicle,2009.
11. Shilpa Mallem, Ardeshir Faghri , Reza Taromi , Tracy Deliberty, Utilization of GPS Travel Time and Delay Data for Optimal Routing,2009.
12. M. Sureshkumar, S. Supraja, R. Bhavani Sowmya, GIS Based Route Optimization for Effective Traffic Management, 2017.
13. Ashish Kumar Patnaik - Prasanta Kumar Bhuyan- K.V. Krishna Rao, Divisive Analysis (DIANA) of hierarchical clustering and GPS data for level of service criteria of urban streets,2016.
14. Ardeshir Faghri¹ & Khaled Hamad, Application of GPS in Traffic Management Systems,2002.
15. I. I. T. Bombay, Mumbai-400 076, GPS-GIS integrated systems for transportation engineering, Department of Civil Engineering, 2009.
16. Nagendra S. Dhakar, Sivaramkrishnan Srinivasan, Route Choice Modeling Using GPS-Based Travel Surveys, 2014.