

Traffic Performance Evaluation of an Arterial and Modeling of
Proposed Control Alternatives: A Case Study of the Misrata Free
Zone Entrance

<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-ak09>

Received	2026/09/16	تم استلام الورقة العلمية في
Accepted	2026/10/11	تم قبول الورقة العلمية في
Published	2026/10/12	تم نشر الورقة العلمية في

**Traffic Performance Evaluation of an Arterial and
Modeling of Proposed Control Alternatives:
A Case Study of the Misrata Free Zone Entrance**

Abdulmonem Alkabeer, Mahmoud Eldeek

Civil Engineering, Faculty of Engineering, Misurata University
Misurata, Libya

<https://orcid.org/0009-0008-8229-4765>

<https://orcid.org/0009-0006-9079-3631>

Menem.kabeer@gmail.com

Abstract

This study aims to evaluate the traffic performance of an arterial street serving the entrance to the Misrata Free Zone and to model and compare the proposed traffic control alternatives at the entrance in terms of operational performance. The study was based on field measurements of Free-Flow Speed (FFS) and Average Travel Speed (ATS), together with Level of Service (LOS) evaluation according to the Highway Capacity Manual (HCM 2000) methodology. In addition, the proposed intersection was modeled using Synchro. The results showed that the mean Free-Flow Speed was 62.85 km/h, while the mean Average Travel Speed was 48.09 km/h, and the arterial street was classified as Class II with a Level of Service of B. A statistical test of the difference between the two speeds indicated a statistically significant difference, reflecting the effect of actual operating conditions on travel speed compared with free-flow conditions. For the proposed intersection, two priority-control alternatives were evaluated. The first, Yield-STOP control, resulted in an overall intersection delay of 78.6 s/veh and a Level of Service of F, whereas the Free-STOP control resulted in substantially poorer performance, with an overall intersection delay of 627.4 s/veh. The

Traffic Performance Evaluation of an Arterial and Modeling of
Proposed Control Alternatives: A Case Study of the Misrata Free
Zone Entrance

<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-ak09>

signalized control alternative achieved a cycle length of 150 s, an overall intersection delay of 28.8 s/veh, and a Level of Service of C. The results indicate that the signalized control alternative provides the lowest overall intersection delay among the proposed control alternatives, while a clear operational issue remains at the entrance to the Free Zone. In contrast, the existing arterial street operates at Level of Service B from both descriptive and operational perspectives, with traffic continuing to flow without the additional stops or delays that would result from introducing a new intersection. This reflects relatively favorable and uninterrupted operating conditions on the arterial compared with alternatives that introduce a control element at the Free Zone entrance and consequently generate stops and delays at the intersection. Therefore, the implementation of the proposed intersection should not be based solely on the Level of Service of the intersection; rather, the existing operational conditions, traffic safety requirements, management of conflict points, and the potential stops and delays imposed on the arterial street by intersection control should also be considered.

Keywords: Arterial Streets; Level of Service; Free-Flow Speed; Average Travel Speed; Traffic Intersection Modeling.

Traffic Performance Evaluation of an Arterial and Modeling of
Proposed Control Alternatives: A Case Study of the Misrata Free
Zone Entrance

<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-ak09>

تقييم الأداء المروري لطريق شرياني ونمذجة بدائل التحكم المقترحة:
دراسة حالة مدخل المنطقة الحرة بمصراتة

عبد المنعم الكبير، محمود الديك

قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة، جامعة مصراتة، ليبيا¹

<https://orcid.org/0009-0008-8229-4765>

<https://orcid.org/0009-0006-9079-3631>

menem.kabeer@gmail.com

الملخص

يهدف هذا البحث إلى تقييم الأداء المروري لطريق شرياني يرتبط بمدخل المنطقة الحرة بمدينة مصراتة، ونمذجة بدائل التحكم المروري المقترحة عند المدخل ومقارنتها من حيث الأداء التشغيلي. اعتمدت الدراسة على القياسات الميدانية لسرعة التدفق الحر Free Flow Speed (FFS) ومتوسط سرعة الرحلة (ATS) Average Travel Speed، وتقييم مستوى الخدمة وفق منهجية دليل السعة للطرق السريعة (HCM 2000)، إلى جانب نمذجة التقاطع المقترح باستخدام برنامج Synchro. أظهرت النتائج أن متوسط سرعة التدفق الحر بلغ 62.85 كم/ساعة، في حين بلغ متوسط سرعة الرحلة 48.09 كم/ساعة، وصُنّف الشارع الشرياني ضمن الفئة الثانية وبمستوى خدمة (B). كما أظهر اختبار الفرق بين سرعتين وجود فرق ذي دلالة إحصائية وهو ما يعكس تأثير ظروف التشغيل الفعلية على سرعة الرحلة مقارنة بظروف التدفق الحر. وبالنسبة للتقاطع المقترح، تم تقييم نظامي تحكم بالأولوية؛ الأول (Yield-STOP)، حيث بلغ التأخير الكلي للتقاطع 78.6 ثانية/مركبة ومستوى الخدمة (F)، في حين أدى نظام (Free-STOP) إلى تدهور أكبر في الأداء، إذ بلغ التأخير الكلي 627.4 ثانية/مركبة. أما نظام التحكم بالإشارة الضوئية فقد حقق زمن دورة قدره 150 ثانية، وبلغ التأخير الكلي 28.8 ثانية/مركبة ومستوى خدمة (C).

تشير النتائج إلى أن نظام الإشارة الضوئية يمثل البديل الأفضل بين بدائل التحكم المقترحة من حيث الأداء التشغيلي الكلي مع بقاء مشكلة تشغيلية واضحة عند مدخل المنطقة الحرة

Traffic Performance Evaluation of an Arterial and Modeling of
Proposed Control Alternatives: A Case Study of the Misrata Free
Zone Entrance

<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-ak09>

، وفي المقابل، يُظهر الوضع الحالي للطريق الشرياني، من منظور وصفي وتشغيلي، مستوى خدمة (B)، مع استمرار حركة المرور على الطريق دون توقفات أو تأخيرات إضافية ناتجة عن إنشاء تقاطع جديد. ويعكس ذلك وضعاً تشغيلياً جيداً وانسيابية للحركة على الطريق مقارنة بالبدائل التي تتطلب إدخال عنصر تحكم عند مدخل المنطقة الحرة وما يرتبط به من توقفات وتأخيرات عند التقاطع. وعليه، فإن إنشاء التقاطع المقترح لا ينبغي أن يستند إلى النظر لمستوى الخدمة للتقاطع وحده، وإنما ينبغي أن يراعي أيضاً الوضع التشغيلي ومتطلبات السلامة المرورية، وإدارة نقاط التعارض، وما قد ينشأ عن التحكم في التقاطع من توقفات وتأخيرات على الطريق الشرياني.

الكلمات المفتاحية: الشوارع الشريانية؛ مستوى الخدمة؛ سرعة الجريان الحر؛ متوسط سرعة الرحلة؛ نمذجة التقاطعات المرورية

1. مقدمة

يمثل نظام الشوارع الحضرية مكوناً أساسياً في شبكات الطرق، حيث يؤدي مجموعة متنوعة من الوظائف، من بينها توفير انسيابية حركة المرور، وتشكيل المشهد الحضري للشوارع، وتوفير مداخل ومرافق خالية من العوائق وقابلة للوصول [1]. وتقع الشوارع الحضرية، بما في ذلك الطرق التجميعية (Collectors) والشوارع الشريانية (Arterials) ضمن التسلسل الهرمي لشبكة النقل البري، بين الشوارع المحلية والمناطق الحضرية أو شبه الحضرية ذات الطرق متعددة المسارات. وتختلف خصائص هذه الشوارع تبعاً لظروف التشغيل، ووظائف الشارع، وكذلك كثافة وتخطيط الأنشطة والتطورات العمرانية على جانبي الطريق [2].

ويمكن أن يؤثر الأداء التشغيلي لشبكات الشوارع الحضرية بدرجة كبيرة في استدامة النقل البري داخل المدن، من حيث معدلات الحوادث، والتأخيرات المرورية، والبصمة الكربونية الناتجة عن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (CO_2). ولذلك، تحتاج الجهات الحكومية والإدارات إلى إجراء تقييم مناسب ودوري لشبكات الشوارع، إلى جانب التحكم في حركة المرور الحضرية وتنظيمها على امتداد هذه الشبكات [3]. فعلى سبيل المثال، يمكن أن يكون للازدحام المروري تأثيرات سلبية كبيرة في النمو الاقتصادي. وقد قدر المعهد

Traffic Performance Evaluation of an Arterial and Modeling of
Proposed Control Alternatives: A Case Study of the Misrata Free
Zone Entrance

<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-ak09>

الأمريكي لأبحاث النقل (American Transportation Research Institute) مؤخرًا التكلفة الإجمالية للازدحام المروري في قطاع نقل البضائع بنحو 74.5 مليار دولار أمريكي سنويًا، حيث يحدث الجزء الأكبر من هذه التكلفة في المناطق الحضرية [4]. ونظرًا لأهمية تقييم الأداء التشغيلي لشبكات الشوارع الحضرية، تبرز الحاجة إلى استخدام مؤشرات كمية يمكن من خلالها وصف مستوى كفاءة التشغيل ومدى تأثر حركة المرور بالظروف السائدة ويعد مستوى الخدمة (Level of Service (LOS من أهم مؤشرات التقييم المستخدمة لقياس الخصائص والأوضاع التشغيلية لأي منشأة من منشآت النقل كما يوفر دليل سعة الطرق السريعة (Highway Capacity Manual (HCM) أساليب وتقنيات لتقييم الأداء التشغيلي لمختلف أنواع الطرق، بما في ذلك الطرق الحرة والطرق السريعة والشوارع الشريانية الحضرية وأنظمة التقاطعات المختلفة [5]. فعلى سبيل المثال، يُقاس مستوى الخدمة للطرق متعددة المسارات والطرق الحرة باستخدام الكثافة المرورية، أما مستوى الخدمة للشوارع الشريانية الحضرية فيعتمد على عدة عوامل، من بينها سرعة الجريان الحر ومتوسط سرعة الرحلة والتصنيف الوظيفي للشارع الشرياني . وبالمثل، يُستخدم التأخير معيارًا لتقدير مستوى الخدمة عند التقاطعات المحكومة بالإشارات الضوئية والدوارات. ويقدم دليل (HCM 2000) منهجيات تحديد مستوى الخدمة لمختلف أنواع الطرق والتقاطعات [6،7،8].

2. الدراسات السابقة

تناولت العديد من الدراسات تقييم الأداء التشغيلي للشوارع الشريانية وتحديد مستويات الخدمة بالاعتماد على البيانات الحقلية ومنهجيات دليل سعة الطرق السريعة (HCM) (2000)، فقد أجرى Hameed Aswad Mohammed (2010) دراسة لتقييم الجريان المروري على شارع شرياني في مدينة الرمادي بالعراق، حيث جُمعت أحجام المرور عند تقاطعين غير محكومين بإشارات ضوئية، إلى جانب قياس زمن الرحلة والسرعة باستخدام طريقة أرقام اللوحات (License Plate Method) كما قُيِّمت الحالة القائمة للشارع، ثم جرى تقييم أدائه في وجود تقاطعات محكومة بإشارات ضوئية باستخدام برنامج (HCS

Traffic Performance Evaluation of an Arterial and Modeling of
Proposed Control Alternatives: A Case Study of the Misrata Free
Zone Entrance

<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-ak09>

(2000)، مع اختبار ثلاث استراتيجيات لتحسين الأداء. وأظهرت النتائج إمكانية تحسين مستوى الخدمة من (E) إلى (C) في كلا الاتجاهين [9].

وفي إطار دراسة خصائص المرور المختلط، أجرى Biswas et al. (2016) تقييماً لمستوى الخدمة على شارع شرياني حضري في مدينة كولكاتا بالهند، بهدف تحديد مؤشر أداء أكثر ملاءمة لظروف المرور المختلط السائدة في الدول النامية. واعتمدت الدراسة على بيانات السرعة وأحجام المرور التي جُمعت باستخدام التصوير بالفيديو، وحُسبت سرعة الجريان الحر (Free Flow Speed (FFS لمختلف فئات المركبات. ثم استُخدمت نسبة انخفاض السرعة عن سرعة الجريان الحر Percentage Speed Reduction (PSR كمؤشر بديل لتقييم مستوى الخدمة، كما استخدمت أساليب التحليل الإحصائي والتجميع لتصنيف البيانات. وأسفرت الدراسة عن اقتراح ست فئات لمستوى الخدمة استناداً إلى قيم PSR [10].

كما تناول Asaad and Mansour (2018) تقييم مستويات الخدمة للطرق الشريانية المحيطة بمركز مدينة اللاذقية، حيث شملت الدراسة ستة شوارع جرى تقسيمها إلى قطاعات، وجُمعت بيانات السرعة وزمن الرحلة خلال فترات الذروة وفترات الجريان الحر باستخدام طريقة العربة المتحركة (Floating Car Method) كما قورنت نتائج التقييم الميداني بالنتائج التحليلية وفق منهجية (HCM 2000)، وأظهرت النتائج انخفاض مستوى الخدمة في معظم قطاعات الطرق المدروسة، مع وجود اختلاف بين نتائج التقييم الميداني والنتائج التحليلية، مما يبرز أهمية البيانات الحقلية في تقييم الأداء التشغيلي للشوارع الشريانية [11].

وفي دراسة أخرى، قام Al Ghanim et al. (2021) بتقييم الأداء التشغيلي لعدد من الشوارع الحضرية الرئيسية في الجزء الجنوبي من مدينة النجف خلال ساعات الذروة المسائية، بالاعتماد على بيانات أحجام المرور وزمن الرحلة وسرعة الجريان الحر، وتطبيق منهجية (HCM 2000) لتحديد مستوى الخدمة. وأظهرت النتائج وجود عدد من المقاطع التي تعمل عند المستويين (E) و (F). كما بينت الدراسة أن الاعتماد على نسبة

Traffic Performance Evaluation of an Arterial and Modeling of
Proposed Control Alternatives: A Case Study of the Misrata Free
Zone Entrance

<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-ak09>

الحجم إلى السعة (v/c) وحدها قد لا يعكس الأداء التشغيلي الفعلي لبعض المقاطع، نتيجة تأثير التأخيرات والاحتكاك الجانبي والأنشطة المحيطة بالطريق. [12]

وفي دراسة أحدث، ركز Theyab et al. (2023) على التقييم المتكامل للشوارع الشريانية والتقاطعات في مدينة كربلاء، من خلال دراسة أربعة شوارع وخمسة تقاطعات. واعتمدت الدراسة على التصوير بالفيديو لجمع البيانات المرورية، وحساب زمن الرحلة وسرعة الجريان الحر، ثم تصنيف الشوارع وفق منهجية (HCM 2000)، في حين تم تحليل التقاطعات باستخدام برنامج (SIDRA INTERSECTION) وأظهرت النتائج أن غالبية مقاطع الشوارع صُنفت ضمن Class II، مع وجود اختلاف طفيف بين مستويات الخدمة المحسوبة باستخدام السرعة المتوسطة ونسبة الحجم إلى السعة (v/c)، بينما سجلت جميع التقاطعات مستوى خدمة (F) نتيجة ارتفاع أحجام المرور [13]. ومع التطور في دراسة ظروف المرور المحلية، أجرى Ahmed et al. (2025) تقييماً لمعايير مستوى الخدمة للشوارع الشريانية الحضرية في ظل ظروف المرور المختلط وغير المنضبط، بالاعتماد على بيانات ميدانية جُمعت من شارع شرياني رئيسي في مدينة كراتشي. وقارن الباحثون معايير مستوى الخدمة الواردة في أدلة السعة الأمريكية والهندية مع ظروف المرور الفعلية، باستخدام بيانات السرعة والحجم والكثافة، إلى جانب أسلوب (K-means) للجمع. وأظهرت النتائج وجود اختلاف بين معايير (HCM 2000) والظروف المرورية المحلية، واقترحت الدراسة معايير لمستويات الخدمة أكثر ملاءمة لخصائص المرور المحلي، مما يؤكد على أهمية مراعاة طبيعة التدفق المروري والبيئة المحلية عند تقييم أداء الشوارع الشريانية [14].

وعلى الرغم من تعدد الدراسات التي تناولت تقييم أداء الطرق الشريانية باستخدام منهجيات دليل سعة الطرق السريعة (HCM 2000) على المستويين العالمي والإقليمي، فإن الدراسات التطبيقية التي توظف منهجية (HCM 2000) في تقييم الطرق الشريانية ضمن البيئة المحلية اليبسية لا تزال محدودة، كما تظل الدراسات التي تجمع بين التقييم الميداني للأداء التشغيلي لطريق شرياني قائم، ونمذجة تأثير إنشاء تقاطع مقترح عند أحد مداخله، ومقارنة بدائل التحكم المروري فيه محدودة أيضاً.

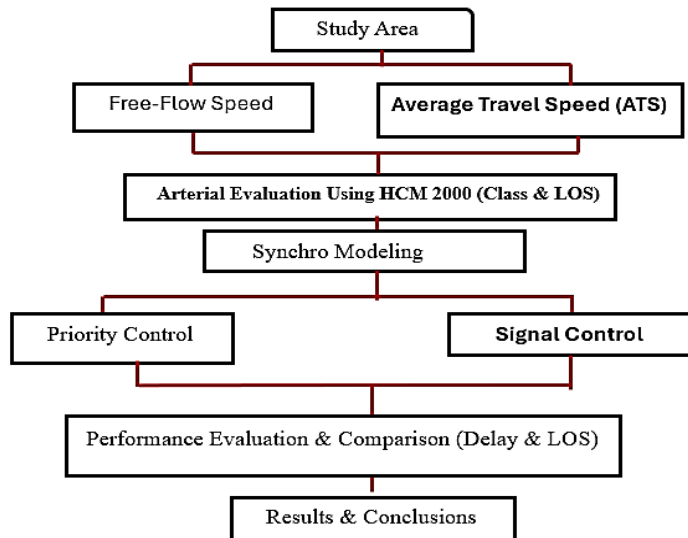
Traffic Performance Evaluation of an Arterial and Modeling of
Proposed Control Alternatives: A Case Study of the Misrata Free
Zone Entrance

<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-ak09>

وبناءً عليه، تعتمد الدراسة الحالية على (HCM 2000) لتقييم الوضع التشغيلي الراهن للشارع الشرياني، باعتباره منهجاً لا يزال معتمداً في الدراسات الحديثة والتقارير الحكومية للدول المتقدمة [13، 15، 16]، ثم تدمج نتائج هذا التقييم مع نمذجة التقاطع المقترح باستخدام برنامج (SYNCHRO) لمقارنة بدائل التحكم المروري. وبذلك تتمثل الإضافة العلمية للدراسة في توظيف منهجية معتمدة لتقييم الشوارع الحضرية ضمن حالة مرورية محلية في مدينة مصراتة، مع الربط بين التقييم الميداني للوضع التشغيلي الراهن والتقييم التنبؤي للأداء التشغيلي في ظل التدخل المروري المقترح قبل تنفيذه.

3. منهجية الدراسة

تشمل منهجية الدراسة ما يلي: (1) التعريف بمنطقة الدراسة، (2) قياس سرعة الجريان الحر (FFS) ومتوسط سرعة الرحلة (ATS)، (3) تحديد مستويات الخدمة (LOS)، (4) نمذجة المقابلة بالاعتماد على إجراءات دليل سعة الطرق السريعة (HCM 2000)، (5) نمذجة التقاطع المقترح بنظامي تحكم (أولوية وإشارة) عند الظروف الحرجة. ويعرض الشكل (1) منهجية الدراسة المتبعة.



شكل (1) المخطط الانسيابي لمنهجية الدراسة

Traffic Performance Evaluation of an Arterial and Modeling of
Proposed Control Alternatives: A Case Study of the Misrata Free
Zone Entrance

<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-ak09>

3.1 منطقة الدراسة.

تقع منطقة الدراسة في مدينة مصراتة بدولة ليبيا، وتتمثل في مقطع من طريق شرياني حضري يخدم الحركة المرورية المرتبطة بالمنطقة الحرة بمصراتة ومناطق الأنشطة التجارية واللوجستية المحيطة بها. وتكتسب المنطقة أهمية مرورية واقتصادية نتيجة ارتباطها بالمنطقة الحرة والميناء التجاري، الذي يمثل أحد العناصر الرئيسية للنشاط التجاري واللوجستي في المدينة. يمتد المقطع المدروس بين دوارين مرور، وتبلغ المسافة بينهما حوالي 800 م، ويوضح الشكل (2) الموقع العام لمنطقة الدراسة والمقطع الشرياني الممتد بين الدوارين، ويجدر التنبيه على أن الدوار المستحدث أنشئ تعديلاً للمخطط السابق ولم يظهر إلى حد الآن في الصور الجوية نظراً لحدث إنشائه.

3.2 سرعة الجريان الحر ومتوسط سرعة الرحلة.

تُعرّف سرعة الجريان الحر (FFS) بأنها متوسط السرعة التي يختارها قائدو المركبات للسير بها عندما لا تكون المركبة خاضعة لتأثيرات التفاعل المروري (أي عند انخفاض حجم المرور) أو لأجهزة التحكم المروري، مثل العلامات والإشارات المرورية ولذلك، تُقاس سرعة التدفق الحر عادةً على مقطع وسطي [6].



شكل (2) منطقة الدراسة وموقع التقاطع المقترح

Traffic Performance Evaluation of an Arterial and Modeling of
Proposed Control Alternatives: A Case Study of the Misrata Free
Zone Entrance

<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-ak09>

أما متوسط سرعة الرحلة (ATS) فيعد أحد مؤشرات الأداء التشغيلي المهمة لتقييم الشوارع الحضرية، ويمثل متوسط سرعة المركبات أثناء اجتيازها مقطعاً محدداً من الطريق خلال ساعات الذروة. ووفقاً لدليل السعة (HCM 2000) يمكن تحديد متوسط سرعة الرحلة بالاعتماد على متوسط زمن الرحلة اللازم لاجتياز مقطع الطريق المحدد، وقد استخدمت الدراسات السابقة [9،11،12] عدة تقنيات ميدانية لقياس زمن الرحلة على الشوارع الحضرية، منها : طريقة السيارة العائمة، حيث تتحرك سيارة الاختبار مع تيار المرور ويتم تسجيل زمن الرحلة لعدة جولات وحساب متوسطها ، ومنها: طريقة لوحات المركبات (License Plate) من خلال تسجيل أوقات مرور المركبات عند بداية ونهاية المقطع ومطابقة المركبات لحساب زمن رحلتها، ثم استخراج متوسط زمن الرحلة. في هذه الدراسة، تم اعتماد طريقة القياس باستخدام تسجيلات الفيديو لتحديد كل من سرعة الجريان الحر (FFS) ومتوسط سرعة الرحلة (ATS) ، وذلك من خلال عينات إحصائية مناسبة تم الحصول عليها من التسجيلات الميدانية. ولقياس السرعتين، تم تحديد مقطعين معلومي الطول بين نقطتين مرجعيتين واضحتين، بطول 68 م لقياس (FFS) و 80 م لقياس (ATS)، وفي فترتين زمنيتين مختلفتين. وقد تم قياس سرعة التدفق الحر عند الساعة 7:00 صباحاً، نظراً لانخفاض حجم المرور خلال هذه الفترة، بما يوفر ظروفًا أقرب إلى التدفق الحر. في المقابل، تم قياس متوسط سرعة الرحلة خلال ساعة الذروة عند الساعة 3:00 مساءً، وفقاً لبيانات أحجام المرور المقدمة من إدارة الشؤون الفنية. فيما يخص سرعة التدفق الحر (FFS) فقد تم حساب سرعة كل مركبة من خلال قسمة المسافة على كل زمن عبور باعتباره الفرق بين وقت المرور عند النقطتين، ثم حسب متوسط سرعات المركبات في العينة للحصول على قيمة (FFS). أما بالنسبة إلى متوسط سرعة الرحلة (ATS) فقد حُسبت بالاعتماد على طول مقطع الاختبار ومتوسط زمن الرحلة من خلال المعادلة التالية:

$$ATS = \frac{nl}{\sum_{i=1}^n t_i} = \frac{l}{t_a} \quad (1)$$

حيث:

Traffic Performance Evaluation of an Arterial and Modeling of
Proposed Control Alternatives: A Case Study of the Misrata Free
Zone Entrance

<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-ak09>

$ATS = \text{متوسط سرعة الرحلة كم/ساعة.}$

$l = \text{طول المقطع المدرروس (كم).}$

$t_i = \text{زمن رحلة المركبة رقم (i) لعبور القطاع (ساعة).}$

$n = \text{عدد أزمنة الرحلة المرصودة.}$

$t_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i = \text{توسط زمن الرحلة عبر المسافة (L) (ساعة).}$

وتتميز طريقة القياس المعتمدة باستخدام تسجيلات الفيديو بإمكانية مراجعة التسجيلات وتحليلها أكثر من مرة والتحقق من أزمنة المرور المستخرجة، فضلاً عن عدم الحاجة إلى وجود مراقبين بصورة متزامنة عند نقطتي بداية ونهاية المقطع. إضافة إلى ذلك، تتيح تطبيقات تحليل الفيديو والهواتف المحمولة التحكم الدقيق في سرعة تشغيل التسجيل وقراءة الزمن بدقة عالية، بما يسمح باستخراج أزمنة العبور إلى أجزاء من الثانية.

3.3 تحديد حجم العينة

على الرغم من الأهمية الكبيرة لحجم العينة المطلوب لضمان موثوقية النتائج، فإن المنهجية الإحصائية المستخدمة لتحديد هذا الحجم لم توضح بصورة كافية في بعض الدراسات، لذلك ولضمان أن يستند حجم العينة في الدراسة الحالية إلى أساس إحصائي واضح، تم تحديد الحد الأدنى لحجم عينة السرعات بالاعتماد على المنهجية الواردة في [17] Institute of Transportation Engineers (ITE 2009)، حيث يُحسب حجم العينة اللازم لتقدير متوسط السرعة باستخدام المعادلة (2):

$$N = \left(Z * \frac{S}{E} \right)^2 \quad (2)$$

حيث:

$N = \text{الحد الأدنى لعدد مشاهدات السرعة المطلوبة.}$

$Z = \text{ثابت يتوافق مع مستوى الدقة المطلوب مستخرج من جدول التوزيع الطبيعي المعياري}$

$S = \text{الانحراف المعياري للعينة المقدرة كم/ساعة.}$

Traffic Performance Evaluation of an Arterial and Modeling of
Proposed Control Alternatives: A Case Study of the Misrata Free
Zone Entrance

<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-ak09>

$E =$ الخطأ أو التفاوت المسموح به في متوسط السرعة كم/ساعة.
ويتراوح الخطأ المسموح به حسب (ITE 2010) من $1.6 \pm$ كم/ساعة إلى $8 \pm$ كم/ساعة، وفي حال غياب البيانات يوصي الدليل باعتماد قيم استرشادية للانحراف المعياري والتي هي دالة في منطقة المرور ونوع الطريق. وباعتماد مستوى ثقة قدره 95%، ومعامل ثقة $(Z=1.96)$ ، وخطأ مسموح به قدره $3 \pm$ كم/ساعة، وقيمة تقديرية للانحراف المعياري قدرها 8.0 كم/ساعة، تم الحصول على حجم عينة أولي تقديري قدره 28 مشاهدة تقريباً. بعد ذلك، تم جمع 71 مشاهدة لسرعة الجريان الحر و 77 مشاهدة لمتوسط سرعة الرحلة. وبعد جمع البيانات، أظهر التحليل الإحصائي أن الانحراف المعياري الفعلي لسرعة الجريان الحر بلغ 12.14 كم/ساعة. وبناءً على ذلك، أُعيد حساب الحد الأدنى المطلوب لحجم العينة باستخدام الانحراف المعياري المرصود، فبلغ نحو 63 مشاهدة عند $(Z=1.96)$ و $(E=3)$ كم/ساعة. وبما أن عدد المشاهدات الفعلي بلغ 71 مشاهدة، فإنه يتجاوز الحد الأدنى المطلوب، مما يؤكد كفاية حجم العينة المستخدمة لتحليل سرعة التدفق الحر.

وبالمثل، بلغ الانحراف المعياري الفعلي لمتوسط سرعة الرحلة 8.74 كم/ساعة، وأدى إعادة حساب حجم العينة باستخدام القيمة المرصودة إلى حد أدنى قدره نحو 33 مشاهدة عند مستوى الثقة والخطأ المسموح به نفسيهما، في حين بلغ عدد المشاهدات الفعلي 77 مشاهدة. وعليه، فإن أحجام العينات المستخدمة لكل من سرعة الجريان الحر ومتوسط سرعة الرحلة تتجاوز الحدود الدنيا المطلوبة بعد التحقق منها باستخدام الانحرافات المعيارية الفعلية للبيانات الميدانية.

3.4 تحديد مستوى الخدمة LOS للشوارع الشريانية حسب HCM

حدد دليل (HCM2000) ستة مستويات للخدمة (LOS)، تبدأ بالمستوى (A) الذي يعبر عن حالة الجريان الحر وإمكانية المناورة بالمركبة بدرجة عالية من الحرية، وتنتهي بالمستوى (F) الذي يعبر عن حالات الازدحام المروري التي يتجاوز فيها الطلب المروري سعة الشارع ولتحديد مستوى الخدمة يشترط الدليل أولاً تصنيف الشارع الشرياني حيث يمكن تصنيف الشوارع إلى أربع فئات هي Class I, Class II, Class III, and

Traffic Performance Evaluation of an Arterial and Modeling of
Proposed Control Alternatives: A Case Study of the Misrata Free
Zone Entrance

<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-ak09>

Class IV ويتم ذلك من خلال مقاييس وصفية تتضمن وصف الخصائص الوظيفية والتصميمية للشارع، أو بالاعتماد على مؤشرات كمية من خلال القياس المباشر لسرعة الجريان الحر للمرور (FFS) [19,18]. وفي هذه الدراسة، تم اعتماد معيار سرعة الجريان الحر (FFS) لتحديد تصنيف الشارع نظراً لدقتها، بعد ذلك تم قياس متوسط سرعة الرحلة (ATS) ثم من خلال الجدول (1) يتم مقارنة قيمة (ATS) بالحدود الواردة في الجدول لتحديد مستوى الخدمة للطريق الشرياني.

جدول (1) مستويات الخدمة للشوارع الشريانية وفقاً لفئة الشارع [16,6]

Urban Street Class	I	II	III	IV
Rang of 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 (ATS)			
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

3.5 نمذجة التقاطع المقترح باستخدام Synchro software

تم استخدام برنامج (Synchro) لنمذجة التقاطع المقترح في ظل السيناريوهات التشغيلية المختلفة. وقد تم بناء النموذج بالاعتماد على البيانات الميدانية المتاحة، والتي شملت مجموعة من المدخلات الجيومترية والمرورية بالاعتماد على الحصر المروري الذي أجرته الشؤون الفنية. وتوضح الأشكال من (3-5) أهم المدخلات المستخدمة في عملية التحليل.

Traffic Performance Evaluation of an Arterial and Modeling of
Proposed Control Alternatives: A Case Study of the Misrata Free
Zone Entrance

<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-ak09>

LANE WINDOW	EBU	EBT	EBR	WBL	WBT	NBL	NBR
Lanes and Sharing (#RL)		↔	↔		↔	↔	↔
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
Grade (%)	—	0	—	—	0	—	—
Area Type	—	Other	—	—	Other	Other	—
Storage Length (m)	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0
Storage Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—
Total Lost Time (s)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Leading Detector (m)	15.0	15.0	—	15.0	15.0	15.0	15.0
Trailing Detector (m)	0.0	0.0	—	0.0	0.0	0.0	0.0
Turning Speed (km/h)	15	—	15	25	—	25	15
Right Turn Channelized	—	—	Yield	—	None	—	Yield
Curb Radius (m)	—	—	15.0	—	—	—	15.0
Add Lanes (#)	—	—	0	—	—	—	0
Lane Utilization Factor	—	0.95	—	—	0.95	1.00	1.00
Right Turn Factor	—	0.986	—	—	1.000	1.000	0.850
Left Turn Factor (prot)	—	1.000	—	—	0.976	0.950	1.000
Saturated Flow Rate (prot)	—	2966	—	—	2936	1504	1346
Left Turn Factor (perm)	—	1.000	—	—	0.519	0.950	1.000
Right Ped Bike Factor	—	1.000	—	—	1.000	1.000	1.000
Left Ped Factor	—	1.000	—	—	1.000	1.000	1.000
Saturated Flow Rate (perm)	—	2966	—	—	1561	1504	1346
Right Turn on Red	—	—	Yes	—	—	—	Yes
Saturated Flow Rate (RTOR)	—	23	—	—	0	0	33
Headway Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

شكل (3) مدخلات الحارة ونتائج التدفق المشبع Saturation flow rate

VOLUME WINDOW	EBU	EBT	EBR	WBL	WBT	NBL	NBR
Traffic Volume (vph)	0	800	80	450	450	120	30
Conflicting Peds. (#/hr)	0	—	0	0	—	0	0
Conflicting Bikes (#/hr)	—	—	0	—	—	—	0
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
Growth Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Heavy Vehicles (%)	20	20	20	20	20	20	20
Bus Blockages (#/hr)	0	0	0	0	0	0	0
Adj. Parking Lane?	No	No	No	No	No	No	No
Parking Maneuvers (#/hr)	—	—	—	—	—	—	—
Traffic from mid-block (%)	—	0	—	—	0	0	—
Link OD Volumes	—	—	—	—	—	—	—
Adjusted Flow (vph)	0	870	87	489	489	130	33
Lane Group Flow (vph)	0	957	0	0	978	130	33

شكل (4) المدخلات المرورية وحجوم المرور

Traffic Performance Evaluation of an Arterial and Modeling of
Proposed Control Alternatives: A Case Study of the Misrata Free
Zone Entrance

<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-ak09>

TIMING WINDOW	EBU	EBT	EBR	WBL	WBT	NBL	NBR	PED	HOLD
Lanes and Sharing (#RL)		↔		↔	↔	↔	↔	—	—
Traffic Volume (vph)	0	800	80	450	450	120	30	—	—
Turn Type	Prot	—	—	Prot	—	—	Prot	—	—
Protected Phases	7	4	—	3	8	2	2	—	—
Permitted Phases	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Detector Phases	7	4	—	3	8	2	2	—	—
Minimum Initial (s)	4.0	4.0	—	4.0	4.0	4.0	4.0	—	—
Minimum Split (s)	8.0	20.0	—	8.0	20.0	20.0	20.0	—	—
Total Split (s)	8.0	20.0	—	8.0	20.0	20.0	20.0	—	—
Yellow Time (s)	3.5	3.5	—	3.5	3.5	3.5	3.5	—	—
All-Red Time (s)	0.5	0.5	—	0.5	0.5	0.5	0.5	—	—
Lead/Lag	Lead	Lag	—	Lead	Lag	—	—	—	—
Allow Lead/Lag Optimize?	Yes	Yes	—	Yes	Yes	—	—	—	—
Recall Mode	Max	Max	—	Max	Max	Max	Max	—	—
Actuated Effct. Green (s)	—	16.0	—	—	20.0	16.0	16.0	—	—
Actuated g/C Ratio	—	0.33	—	—	0.42	0.33	0.33	—	—

شكل (5) يوضح مدخلات أزمة الإشارة الضوئية وأطوارها

ولأغراض تقييم البديل المقترح، تم تحليل التقاطع وفق سيناريوهين تشغيليين:

1. السيناريو الأول: تقاطع أولوية (Priority Intersection) بحيث يتم تنظيم الحركة وفق قواعد الأولوية دون استخدام الإشارات الضوئية (Unsignalized Intersection)
2. السيناريو الثاني: تقاطع محكوم بالإشارات الضوئية (Signalized Intersection)، بحيث يتم تنظيم حركات المرور بواسطة الإشارة الضوئية.

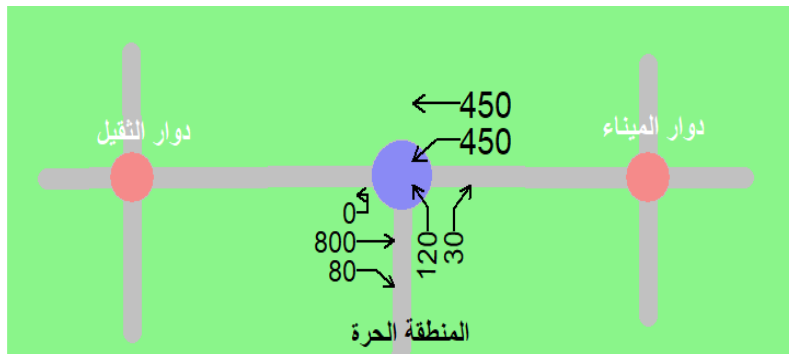
3.6 توزيع الحركة كسيناريو حرج

نظرًا للطبيعة التخطيطية للدراسة، ولأن التقاطع المقترح لم يكن قائمًا وقت إجراء الدراسة، لم يكن بالإمكان الحصول على بيانات ميدانية فعلية لحركات الالتفاف المستقبلية. لذلك، واستنادًا إلى الإرشادات التخطيطية التي تسمح بالتقدير عند غياب بيانات العد، مع مراعاة استعمالات الأراضي وأنماط الحركة والاستعانة بالحكم الهندسي [20-22]، تم اعتماد نسب خاصة بالموقع ضمن سيناريو حالة حرجة (Critical Scenario) لتقييم أداء

Traffic Performance Evaluation of an Arterial and Modeling of
Proposed Control Alternatives: A Case Study of the Misrata Free
Zone Entrance

<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-ak09>

البدايل دون التقليل من الأحجام المرورية على الحركات المتعارضة. وبناءً على طبيعة النشاط الصناعي واللوجستي في المنطقة الحرة، والتوزيع المكاني المتوقع لمقاصد الرحلات، تم افتراض أن 50% من الحركة القادمة من اتجاه دوار الميناء (950 مركبة/ساعة)، أي 450 مركبة/ساعة، تتعطف يسارًا باتجاه المنطقة الحرة، وأن 80% من الحركة الخارجة منها (150 مركبة/ساعة)، أي 120 مركبة/ساعة، تتعطف يسارًا باتجاه دوار النقييل، بينما تتجه النسبة المتبقية (20%) نحو قصر حمد. وتمثل هذه النسب افتراضات تخطيطية خاصة بالموقع وليست قياسات ميدانية أو قيمًا معيارية، وإنما اختيرت لتمثيل حالة تشغيلية حرجة نسبيًا. والشكل (6) يمثل مخططا كروكيا يوضح الحركات المفترضة.



شكل (6) سيناريو الحركة المفترضة بالتقاطع

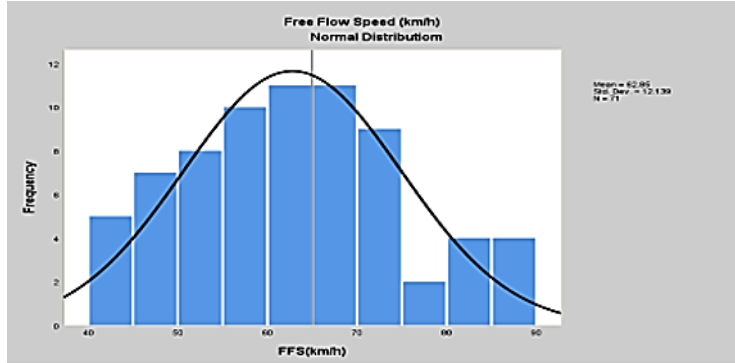
4. تحليل النتائج والمناقشة

4.1 تحليل نتائج السرعات FFS و ATS

أظهرت نتائج القياس الميداني للسرعات أن متوسط سرعة التدفق الحر (FFS) بلغ 62.85 كم/ساعة و ($SD=12.14$) كما أظهرت اختبارات طبيعية التوزيع أن بيانات السرعة تتوافق بدرجة جيدة مع التوزيع الطبيعي؛ إذ أظهر اختبار (Shapiro-Wilk) قيمة احتمالية ($p = 0.266$) وهي أكبر من مستوى الدلالة ($\alpha=0.05$) وعليه، لا توجد أدلة إحصائية كافية لرفض فرضية التوزيع الطبيعي للبيانات ويظهر الشكل (7) توزيع بيانات سرعة التدفق الحر.

Traffic Performance Evaluation of an Arterial and Modeling of
Proposed Control Alternatives: A Case Study of the Misrata Free
Zone Entrance

<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-ak09>



شكل (7) توزيع سرعة الجريان الحر (FFS)

أما فيما يتعلق بمتوسط سرعة الرحلة (ATS) فقد بلغت قيمتها 48.09 كم/ساعة في حين بلغ متوسط زمن الرحلة 5.99 ثانية وبانحراف معياري قدره (SD=1.19) وبالاعتماد على قيم (ATS) ومعايير مستوى الخدمة الواردة في (HCM 2000) والمبينة في الجدول (1) يتضح أن الشارع يصنف في الفئة (class II) وبمستوى خدمة (B)، ويشير ذلك إلى أن حركة المرور على المقطع تعمل في ظروف تشغيلية جيدة، مع توفر قدر مناسب من حرية الحركة والمناورة للسائقين.

ولأغراض التحليل الإحصائي ومقارنة المتوسطات، تم استخدام نفس البيانات ذاتها المستخدمة في حساب متوسط سرعة الرحلة (ATS) وحساب المتوسط الحسابي للسرعة في زمن الذروة بحيث تكون مماثلة في طريقة حسابها لسرعة الجريان الحر. ويعرض الجدول (2) المؤشرات الإحصائية اللازمة لعمل اختبار الفروض. وبإجراء اختبار (t) لعينتين مستقلتين عند مستوى دلالة ($\alpha=0.005$)، بلغ الفرق بين متوسطي (FFS) و (ATS) 13.10 كم/ساعة، في حين بلغت قيمة اختبار ($t=7.71$)، وبدرجات حرية بلغت 124 وكانت قيمة ($p<0.005$) وتشير هذه النتيجة إلى وجود فرق ذي دلالة إحصائية بين متوسطي (FFS) و (ATS)، وهذا يعني أنه من غير المرجح جداً أن يكون الفرق بين المتوسطين ناتجاً عن التباين العشوائي وحده، بل يعكس اختلافاً حقيقياً في ظروف التشغيل.

Traffic Performance Evaluation of an Arterial and Modeling of
Proposed Control Alternatives: A Case Study of the Misrata Free
Zone Entrance

<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-ak09>

جدول (2) المقارنة الإحصائية بين سرعتي الجريان الحر (FFS) وسرعة الرحلة (ATS)

Statistical Measure	FFS (km/h)	ATS (km/h)
Mean	62.85	49.75
Standard Error	1.44	0.996
Median	63.32	50.24
Mode	58.29	56.83
Standard Deviation	12.14	8.74
Minimum	40.36	28.43
Maximum	87.43	69.7
Count	71	77

4.2 نمذجة التقاطع باستخدام Synchro

أ. سيناريو نظام الأولوية Unsignalized

في هذا الجزء تم بناء نموذج للتقاطع باستخدام نظام تحكم (Yield) على الشارع الرئيسي و (STOP) على مدخل المنطقة الحرة، وقد أظهرت النتائج تفاوتاً في الأداء كما هو مبين بالجدول (3)، حيث سجلت حركة WBL أعلى قيمة للتأخير 158.4 ثانية/مركبة ومستوى خدمة (F)، كما بلغ متوسط التأخير الكلي للتقاطع 78.6 ثانية/مركبة مع مستوى خدمة (F). وتشير النتائج إلى أن نظام الأولوية لا يحقق أداءً تشغيلياً مقبولاً في ظل أحجام المرور المدروسة، ولغرض المقارنة والتحقق تم تغيير نوع التحكم وجعله (Free-STOP) فكانت النتائج أسوأ بكثير حيث بلغ معدل التأخير للتقاطع ككل 627.4 ثانية مما يدل على أن نظم التحكم بالأولوية غير مجدية.

Traffic Performance Evaluation of an Arterial and Modeling of
Proposed Control Alternatives: A Case Study of the Misrata Free
Zone Entrance

<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-ak09>

جدول (3) مؤشرات الأداء التشغيلي للتقاطع في سيناريو نظام الأولوية

Movement	EBT	EBR	WBL	WBR	NBL	NBR
Volume (veh/h)	800	80	450	450	120	30
Control Delay (sec)	78	20.4	158.4	18	13.2	6.3
Lane LOS	F	C	F	C	B	A
Approach Delay(sec)	56.3		111.6		11.8	
Approach LOS	F		F		B	
Intersection Delay(sec)	78.6 F					

ب. سيناريو نظام الإشارة الضوئية Signalized

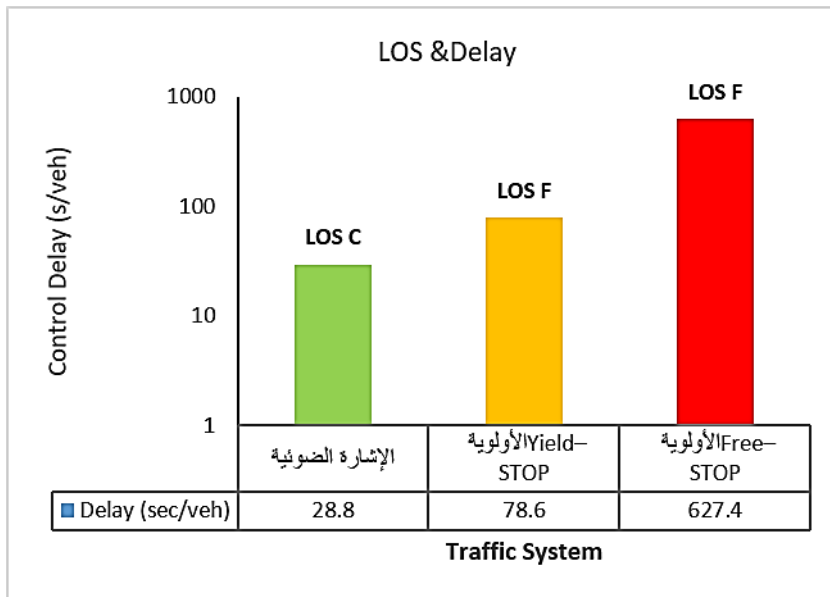
في هذا السيناريو تمت نمذجة التقاطع باستخدام نظام الإشارة الضوئية، وتشغيله وفق ثلاثة أطوار منفصلة بحسب النمط التقليدي المتعارف عليه، كما أُجريت عملية تحسين (Optimization) لتوقيت الإشارة، وأسفرت عملية التحسين عن زمن دورة قدره 150 ثانية ومستوى خدمة كلي (C)، وأظهرت النتائج بالجدول (4) تفاوتاً مختلفاً في الأداء على مستوى كل حارة وفرع وسجلت أعلى قيمة للتأخير من نصيب الحركة (NBR) بمقدار 100 ثانية/مركبة ومستوى خدمة (F) وهو أسوأ فرع بالتقاطع ويمثل مدخل المنطقة الحرة. وبلغ متوسط التأخير عند التقاطع 28.8 ثانية/مركبة، مما يشير إلى أن نظام الإشارة الضوئية يوفر أداءً تشغيلياً مقبولاً للتقاطع مقارنةً بسيناريو نظام الأولوية لكن على مستوى فرع المنطقة الحرة يعتبر غير مرضٍ، لذلك يمكن القول بأن الإشارة الضوئية حققت أفضل أداء كلي بين البدائل مع استمرار مشكلة ارتفاع التأخير عند مدخل المنطقة الحرة. ويعرض الشكل (8) ملخصاً لنتائج التأخير ومستويات الخدمة للسيناريوهات السابقة.

Traffic Performance Evaluation of an Arterial and Modeling of
Proposed Control Alternatives: A Case Study of the Misrata Free
Zone Entrance

<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-ak09>

جدول (4) مؤشرات الأداء للتقاطع المقترح بنظام إشارة ضوئية

Movement	EBT	EBR	WBL	WBR	NBR	NBL
Volume (veh/h)	800	80	450	450	120	30
Control Delay (sec)	5.5		42.5		100	21
Approach LOS	A		D		F	
Intersection Delay(sec)	28.8 C					



شكل (8) نتائج التأخير عند التقاطع لبدائل التحكم المختلفة

ج. مقارنة الأداء التشغيلي بين الوضع الحالي والبدائل المقترحة

تتناول المقارنة هنا بين الوضع الحالي للطريق الشرياني والبدائل المقترحة للتقاطع من منظور وصفي وتشغيلي، وليس باعتبارها مقارنة كمية مباشرة بين مؤشرات أداء محسوبة

Traffic Performance Evaluation of an Arterial and Modeling of
Proposed Control Alternatives: A Case Study of the Misrata Free
Zone Entrance

<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-ak09>

لمنظومتين مختلفتين وفق منهجيات تقييم مختلفة. ففي الوضع الحالي، يعمل المقطع الشرياني عند مستوى خدمة (B)، مع متوسط سرعة رحلة بلغ 48.09 كم/ساعة، بما يعكس مستوى أداء تشغيلي مقبول وانسيابية في حركة المرور خلال فترة الدراسة، دون التأخيرات والتوقفات الإضافية المرتبطة بإنشاء تقاطع محكوم عند مدخل المنطقة الحرة. أما بالنسبة إلى التقاطع المقترح، فقد أظهرت نتائج النمذجة اختلافاً واضحاً في الأداء بين بدائل التحكم. فقد أدى نظام (Yield-STOP) إلى إجمالي تأخير بلغ 78.6 ثانية/مركبة ومستوى خدمة (F)، بينما أدى نظام (Free-STOP) إلى تأخير أعلى بلغ 627.4 ثانية/مركبة ومستوى خدمة (F). وفي المقابل، حقق نظام الإشارة الضوئية، بعد تحسين توقيت الإشارة، تأخيراً كلياً بلغ 28.8 ثانية/مركبة ومستوى خدمة (C)، ليكون بذلك البديل الأفضل بين بدائل التحكم المقترحة من حيث الأداء التشغيلي الكلي للتقاطع، مع استمرار وجود مشكلة تشغيلية عند إحدى حركات المرور عند مدخل المنطقة الحرة. ومن منظور المقارنة الوصفية بين البدائل، فإن الوضع الحالي يتميز باستمرار حركة المرور على الطريق الشرياني دون إضافة نقطة تحكم جديدة وما يرتبط بها من توقفات وتأخيرات عند المدخل. كما يمكن للحركة الخارجة من المنطقة الحرة، في الوضع الحالي، مواصلة السير باتجاه اليمين لمسافة تقارب 400 م قبل الوصول إلى دوار الميناء، بدلاً من إدخال نقطة تحكم جديدة عند المدخل. ويلخص الجدول (5) نتائج التحليل ومؤشرات الأداء التشغيلي للوضع الحالي وبدائل التحكم المقترحة.

جدول (5) ملخص مؤشرات الأداء التشغيلي ومستويات الخدمة للأنظمة المرورية المدروسة

النظام المروري	مؤشر الأداء	القيمة	مستوى الخدمة
طريق شرياني	FFS /ATS (km/h)	62.85 /48.09	B
تقاطع أولوية - Free-STOP	Control Delay (s/veh)	627.4	F
تقاطع أولوية - Yield-STOP	Control Delay (s/veh)	78.6	F
تقاطع محكوم بإشارة ضوئية	Control Delay (s/veh)	28.8	C

Traffic Performance Evaluation of an Arterial and Modeling of
Proposed Control Alternatives: A Case Study of the Misrata Free
Zone Entrance

<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-ak09>

5. الخلاصة

هدفت هذه الدراسة إلى تقييم الأداء التشغيلي لمقطع من طريق شرياني يخدم مدخل المنطقة الحرة بمدينة مصراتة، وتقييم أثر بدائل التحكم المروري المقترحة عند المدخل باستخدام البيانات الميدانية ونمذجة التقاطع ببرنامج (Synchro) واعتمدت الدراسة على قياس سرعة الجريان الحر (FFS) ومتوسط سرعة الرحلة (ATS)، وتحديد مستوى الخدمة وفق منهجية (HCM 2000)، ثم مقارنة أداء بدائل التحكم المختلفة تحت ظروف الحركة المرورية الحرجة.

أظهرت القياسات الميدانية أن متوسط سرعة الجريان الحر بلغ 62.85 كم/ساعة، بينما بلغ متوسط سرعة الرحلة نحو 48.09 كم/ساعة، مما أدى إلى تصنيف الشارع ضمن الفئة الثانية (Class II) وتحقيق مستوى خدمة (B). فيما يخص التقاطع المقترح، فقد أظهرت نتائج النمذجة أن نظام التحكم بالأولوية (Yield-STOP) حقق تأخيرًا كليًا قدره 78.6 ثانية/مركبة ومستوى خدمة (F)، في حين أدى نظام (Free-STOP) إلى تدهور أكبر في الأداء، إذ بلغ التأخير الكلي 627.4 ثانية/مركبة ومستوى الخدمة (F). أما نظام التحكم بالإشارة الضوئية، وبعد تحسين توقيت الإشارة، فقد حقق زمن دورة قدره 150 ثانية، وانخفض متوسط التأخير الكلي إلى 28.8 ثانية/مركبة، مع تحقيق مستوى خدمة (C). وعليه، فإن الإشارة الضوئية تمثل أفضل بديل من بين بدائل التحكم المقترحة من حيث الأداء التشغيلي على مستوى التقاطع ككل مع بقاء مشكلة تشغيلية واضحة عند مدخل المنطقة الحرة وهي استمرار ارتفاع متوسط قيمة التأخير لتسجل مستوى خدمة (F).

وبمقارنة البدائل ككل من منظور وصفي وتشغيلي، وليس باعتبارها مقارنة كمية مباشرة بين الطريق الشرياني والتقاطع، أظهر الوضع الحالي للطريق الشرياني، مستوى خدمة (B)، والذي يشير إلى انسيابية في الحركة دون توقفات أو تأخيرات إضافية ناتجة عن إنشاء تقاطع جديد، وهو ما يعكس وضعًا تشغيليًا جيدًا وانسيابية للحركة على الطريق مقارنة بالبدائل التي تتطلب إضافة نقطة تحكم مروري عند مدخل المنطقة الحرة وما يرتبط به من توقفات وتأخيرات عند التقاطع. ومع ذلك، فإن إنشاء التقاطع المقترح لا

Traffic Performance Evaluation of an Arterial and Modeling of
Proposed Control Alternatives: A Case Study of the Misrata Free
Zone Entrance

<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-ak09>

ينبغي أن يعتمد على مستوى الخدمة للنقاط وحده، وإنما ينبغي أن يراعي أيضاً الوضع التشغيلي ومتطلبات السلامة المرورية، وإدارة نقاط التعارض، وما قد ينشأ عن التحكم في النقاط من توقفات وتأخيرات على الطريق الشرياني.

6. المراجع

- [1] S. Qi, X. Ma, and Y. Cui, "Strategies for solving urban street systems problems in developing city modernization of China," in Proc. 2011 Int. Conf. Remote Sensing, Environment and Transportation Engineering (RSETE), 2011.
- [2] Z. Qasim, A.-R. Ziboon, and K. Falih, "TransCad analysis and GIS techniques to evaluate transportation network in Nasiriyah city," MATEC Web of Conferences, vol. 162, Art. no. 03029, 2018.
- [3] G. Boeing, C. Pilgram, and Y. Lu, "Urban street network design and transport-related greenhouse gas emissions around the world," Transportation Research Part D: Transport and Environment, vol. 127, Art. no. 103961, 2024.
- [4] INRIX, 2019 Global Traffic Scorecard, INRIX Research, Kirkland, WA, USA, 2019.
- [5] A. Pandey and S. Biswas, "Assessment of Level of Service on urban roads: A revisit to past studies," Advances in Transportation Studies, no. 57, pp. 49–70, 2022.
- [6] Manual, H.C. Highway capacity manual. Transp. Res. Board 2000, 2, 5–7.
- [7] Bhuyan, P.K.; Nayak, M.S. A review on level of service analysis of urban streets. Transp. Rev. 2013, 33, 219–238.
- [8] Kumar, P.G.; Samal, S.R.; Prasanthi, L.; Bhavitha, V.; Devi, J.M. Level of service of urban and rural roads-a case study in Bhimavaram. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering; IOP Publishing: Bristol, UK, 2020.
- [9] H. A. Mohammed, "Evaluation of Traffic Flow Along Arterial Street in Ramadi City," Journal of Kerbala University, vol. 8, no. 4, p. 324, 2010.

Traffic Performance Evaluation of an Arterial and Modeling of
Proposed Control Alternatives: A Case Study of the Misrata Free
Zone Entrance

<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-ak09>

- [10] S. Biswas, B. Singh, and A. Saha, "Assessment of Level-of-Service on Urban Arterials: A Case Study in Kolkata Metropolis," International Journal for Traffic and Transport Engineering, vol. 6, no. 3, pp. 303–312, 2016.
- [11] S. I. Asaad and G. M. Mansour, "Determining the Levels of Service on Arterial Roads Surrounding the Center of Latakia City" (in Arabic), Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies – Engineering Sciences Series, vol. 40, no. 4, 2018.
- [12] A. M. K. Al Ghanim, F. H. A. Asad, and H. A. E. Al-Jameel, "Traffic Performance Evaluation for Selected Streets within the Southern Part of Al-Najaf City Network," Journal of Physics: Conference Series, vol. 1973, Art. no. 012226, 2021.
- [13] N. B. Theyab, H. A. E. Al-Jameel, and R. R. Almuhanha, "Evaluation of Arterial Streets in Karbala City," AIP Conference Proceedings, vol. 2631, Art. no. 020016, May 16, 2023.
- [14] A. Ahmed, F. Khan, S. F. A. Rizvi, F. Outay, M. F. Ahmed, and M. Adnan, "Level of Service Criteria for Urban Arterials with Heterogeneous and Undisciplined Traffic Streams," Sustainability, vol. 17, no. 11, Art. no. 5126, 2025.
- [15] J. A. H. Al-Khuzai and H. A. Al-Jameel, "Evaluation traffic characteristics of Al-Diwaniyah urban streets," AIP Conference Proceedings, vol. 2787, p. 090039, 2023.
- [16] Alameda County Transportation Commission (Alameda CTC), 2016 LOS Monitoring Report, Alameda County, CA, USA, 2016.
- [17] Institute of Transportation Engineers, Traffic Engineering Handbook, 6th ed. Washington, DC, USA: Institute of Transportation Engineers, 2009.
- [18] A. K. Patnaik, P. K. Bhuyan, and K. V. Krishna Rao, "Divisive Analysis (DIANA) of hierarchical clustering and GPS data for level of service criteria of urban streets," Alexandria Engineering Journal, vol. 55, no. 1, pp. 407–418, 2016.
- [19] R. P. Roess, E. S. Prassas, and W. R. McShane, Traffic Engineering, 4th ed. Upper Saddle River, NJ, USA: Pearson, 2011.

Traffic Performance Evaluation of an Arterial and Modeling of
Proposed Control Alternatives: A Case Study of the Misrata Free
Zone Entrance

<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-ak09>

- [20] Ministry of Transport and Logistics Services. (2024). Saudi Highway Code: 601 – Traffic Engineering. Kingdom of Saudi Arabia (in Arabic).
- [21] A. J. Horowitz, F. T. Creasey, R. M. Pendyala, and M. Chen, Analytical Travel Forecasting Approaches for Project-Level Planning and Design, NCHRP Report 765. Washington, DC, USA: Transportation Research Board, 2014.
- [22] S. L. Jones, Jr. and E. D. Arnold, Jr., Estimating Intersection Turning Movements, Rep. VTRC 99-TAR8. Charlottesville, VA, USA: Virginia Transportation Research Council, 1999.