Journal Of the Iraqia University (76-9) October (2026)

ISSN(Print): 1813-4521 OnLine ISSN:2663-7502
Journal Of the Iraqia University
available online at: https://www.mabdaa.edu.iq

دور المجسرات في حل أزمة الاختناقات المرورية في محافظة بغداد: دراسة تحليلية مكانية

م.م سعاد فاروق كعيبر الربيعي
المديرية العامة لتربية الرصافة/ الثالثة
ا.د. هشام صلاح محسن سبع البياتي
الجامعة المستنصرية/ كلية التربية/ قسم الجغرافية
Suad.farooq@gmail.com

المستخلص

تتناول الدراسة مشكلة العجز الهيكلي والتشغيلي لشبكة الطرق والتقاطعات في محافظة بغداد نتيجة التضخم التاريخي لأعداد المركبات التي تجاوزت مليوني سيارة في العاصمة .ويُظهر البحث من خلال النمذجة الرياضية وبرامج المحاكاة الهندسية أن التقاطعات الحيوية كانت تعمل عند مستوى الخدمة الفاشل (F) بنسبة حجم إلى سعة تتعدى الواحد الصحيح .ولتفكيك هذه الاختناقات، رصدت الحكومة العراقية ميزانية بلغت ٢.٣ مليار دولار لتشييد حزم من المجسرات العلوية والأنفاق العميقة ذات الفصل المستوي للحركات المرورية المتعارضة .وقد أثبتت الدراسة أن تشغيل هذه المشاريع حقق تحسناً نوعياً عبر تقليص زمن الرحلة بنسبة ٦٦.٣٨٪، وخفض استهلاك الوقود والانبعاثات الكربونية بنسبة تفوق ٦١٪، مما أدى إلى توفير ملايين الدولارات وإيقاف الهدر المالي شهرياً .علاوة على ذلك، ساهم الفصل الهندسي للمركبات في إلغاء نقاط التعارض السطحية، مما أدى إلى انخفاض حاد في معدل الحوادث السنوية وحماية أرواح المشاة بنسب ممتازة، مؤكداً الجدوى الاقتصادية والأمنية العالية لهذه الاستثمارات البنيوية .

الكلمات المفتاحية: المجسرات، الاختناقات المرورية، مستوى الخدمة، الفصل المستوي، بغداد.

Abstract

This study addresses the structural and operational deficit of the road and intersection network in Baghdad Governorate, resulting from the historical surge in vehicle numbers, which has exceeded two million cars in the capital. Through mathematical modeling and traffic simulation software, the research demonstrates that vital intersections were operating at a failing Level of Service (F), with a volume-to-capacity ratio exceeding 1.0. To dismantle these bottlenecks, the Iraqi government allocated a budget of $2.3 billion to construct packages of overpasses (flyovers) and deep underpasses featuring grade separation for conflicting traffic movements. The study proves that the operation of these projects achieved a qualitative improvement by reducing travel time by 66.38%, and cutting fuel consumption and carbon emissions by more than 61%, leading to millions of dollars in savings and halting monthly financial waste. Furthermore, the geometric separation of vehicles contributed to eliminating surface conflict points, which resulted in a sharp decline in annual accident rates and excellent protection for pedestrian lives, confirming the high economic and safety feasibility of these infrastructural investments. **Keywords:** Overpasses, Traffic Congestion, Level of Service, Grade Separation, Baghdad.

المقدمة

تُمثّل هندسة الفصل المستوي (Grade Separation) عبر إنشاء المجسّرات والأنفاق قفزة نوعية في إدارة الحركة المرورية داخل العاصمة بغداد، حيث تعمل على تفكيك النقاط الساخنة (Hotspots) التي تتداخل فيها التدفقات المرورية السطحية، وتحويلها إلى مسارات حرة الحركة. من الناحية التشغيلية، يؤدي هذا الفصل الهيكلي إلى إلغاء نقاط التعارض الحاد في التقاطعات الربيعية والثلاثية، مما يرفع كفاءة التدفق المروري، ويُسهم في خفض معدلات تأخير المركبات عند العقد الحرجة التي تربط جانبي الكرخ والرصافة.وتتجاوز الآثار الإيجابية لهذه المشاريع الإنشائية البُعد الهندسي لتلقي بظلالها على المؤشرات الاقتصادية والبيئية للمدينة؛ فتقليل زمن الرحلة اليومية للمواطنين ينعكس مباشرة على زيادة الإنتاجية وخفض تكاليف تشغيل المركبات (مستهلكات الوقود والصيانة). وبيئياً، يسهم التدفق المستمر للمرور في تقليل ظاهرة "التوقف والإنطلاق (Stop-and-Go) "

المتكررة، وهي المسبب الرئيس لارتفاع انبعاثات غازات الاحتباس الحراري مثل ثنائي أكسيد الكربون (CO_2) وأكاسيد النيتروجين(NO_x) ، مما يحسّن جودة الهواء في المناطق السكنية المتاخمة للتقاطعات.وإن نجاح هذه المنشآت على المدى البعيد مشروط بعدم وقوعها في فخ "الطلب المستحث(Induced Demand) "، حيث تؤدي سلاسة القيادة المؤقتة إلى جذب المزيد من المركبات الخاصة، مما يعيد الاختناقات إلى نقطة الصفر.لذا، فإن تقييم الفعالية التشغيلية الحقيقية لهذه المجسّرات يتطلب الانتقال من الرصد البصري المؤقت إلى النمذجة الإحصائية المتقدمة والمحاكاة المرورية (Traffic Simulation) باستخدام برمجيات تخصصية) مثل VISSIM أو .(Synchro تتيح هذه الأدوات قياس "مستوى الخدمة " (LOS - Level of Service)قبل وبعد التنفيذ، ومقارنة أحجام المرور الفعلية بالقدرة الاستيعابية التصميمية للطرق المغذية. إن هذا التحليل العلمي الرصين هو الأداة الأساسية لضمان تكامل المجسّرات الحديثة مع خطط النقل الشاملة في بغداد، وربطها ببدائل مستدامة مثل النقل الجماعي المنظم، لتحقيق توازن حركي مستدام يستوعب النمو السكاني المتزايد.

مشكلة البحث :

تتجلى مشكلة البحث في العجز الهيكلي والتشغيلي لشبكة الطرق والتقاطعات الحضرية في محافظة بغداد عن استيعاب التدفقات المرورية اليومية، مما أدى إلى تحول معظم التقاطعات والجسور الرابطة بين الكرخ والرصافة عبر نهر دجلة إلى بؤر ساخنة للاختناق المروري، لتعمل معظمها عند مستويات خدمة متدنية جداً تصنف علمياً بالفئة الحرجة .هذا التدهور التشغيلي ترافقه خسائر اقتصادية هائلة متمثلة في هدر ملايين اللترات من الوقود وضياع الوقت البديل، فضلاً عن الارتفاع المقلق في معدلات التلوث البيئي والحوادث المرورية الناجمة عن الاختناقات العشوائية .ولمعالجة هذه المعضلة الحضرية المعقدة، يطرح البحث التساؤلات العلمية والمنهجية الآتية:

١. ما الخصائص التشغيلية الحالية ومستويات الخدمة في التقاطعات والجسور الحيوية بمحافظة بغداد قبل المباشرة بالمشاريع الهيكلية لفك الاختناقات؟

٢. إلى أي مدى تساهم الحلول الإنشائية المتمثلة في المجسرات والأنفاق في تحسين انسيابية حركة المرور ورفع كفاءة التقاطعات الحضرية بعد تشغيلها؟

٣. ما الانعكاسات الاقتصادية والبيئية المباشرة وغير المباشرة لإنشاء المجسرات في خفض استهلاك الوقود والانبعاثات الغازية وهدر الوقت البديل؟

٤. كيف يمكن توظيف نماذج المحاكاة والتحليل الإحصائي المتقدم للتنبؤ بالسلامة المرورية والحد من الحوادث عند التقاطعات بعد الفصل المستوي للمركبات؟

فرضية البحث:

ينطلق هذا البحث من مجموعة من الفرضيات العلمية المتناسقة والمتطابقة بصورة مباشرة مع التساؤلات المطروحة، وهي كالآتي:

١. توجد علاقة ارتباطية ذات دلالة إحصائية بين تدني القدرة الاستيعابية الهندسية للتقاطعات والجسور الحالية في بغداد ووصول مستويات الخدمة إلى الحالة الحرجة خلال ساعات الذروة الصباحية والمسائية.

٢. إن المخططات الهندسية لإنشاء المجسرات والأنفاق عند التقاطعات الحيوية تؤدي دوراً معنوياً في خفض نسبة الحجم إلى السعة والارتقاء بمستوى الخدمة إلى مستويات آمنة ومستقرة.

٣. يؤدي تقليص أوقات التأخير والانتظار في التقاطعات نتيجة تشييد المجسرات إلى خفض كمي مباشر في معدلات استهلاك الوقود والانبعاثات الكربوكسيلية الضارة، مما يعود بمردود اقتصادي إيجابي على المجتمع والدولة.

٤. تساهم مشاريع الفصل المستوي للمركبات في خفض معدلات الحوادث المرورية بشكل ملموس عبر إلغاء نقاط التعارض السطحية وتفعيل أنظمة المراقبة الذكية المصاحبة لها.

اهمية البحث

تنبثق أهمية هذا البحث من كونه يمثل دراسة تطبيقية شاملة تلامس إحدى أهم القضايا الخدمية والتنموية في العاصمة بغداد، ألا وهي أزمة المرور التي تؤثر بشكل مباشر على جودة الحياة والنشاط الاقتصادي اليومي للمواطنين .تكمن الأهمية العلمية للدراسة في تقديم إطار تحليلي متكامل يدمج بين الهندسة الإنشائية للمواصلات ونظم المعلومات الجغرافية والنمذجة الرياضية المتقدمة لتقييم مستويات الخدمة والأثر البيئي والاقتصادي والامني للمجسرات .وتوفر هذه الدراسة لصناع القرار في وزارة الإعمار والإسكان والبلديات العامة، وأمانة بغداد، ومديرية المرور العامة أداة علمية دقيقة

مدعمة بالأرقام والإحصائيات لتقييم الجدوى الاقتصادية والفنية للحزمة الأولى والثانية من مشاريع فك الاختناقات المرورية، مما يمهد الطريق لوضع استراتيجيات مستقبلية مستدامة للنقل الحضري في العراق.

اهداف البحث:

يسعى هذا البحث إلى تحقيق الأهداف العلمية والعملية الآتية:

١. تشخيص واقع الحال التشغيلي لشبكة الطرق والجسور في محافظة بغداد وتحديد التقاطعات والممرات الأكثر معاناة من الاختناق المروري.

٢. تقييم الكفاءة التصميمية والهندسية للمشاريع الإنشائية الجاري تنفيذها ضمن حزم فك الاختناقات المرورية في جانبي الكرخ والرصافة.

٣. قياس وتحليل مستويات الخدمة ونسبة التدفق إلى السعة قبل وبعد إدخال المجسرات والأنفاق الخدمة الفعلية باستخدام برمجيات المحاكاة الهندسية.

٤. تقدير الوفر المالي والاقتصادي المباشر الناتج عن تقليص زمن الرحلة وخفض هدر الوقود والانبعاثات الغازية السامة.

٥. تطوير نموذج إحصائي متقدم للتنبؤ بمعدلات السلامة المرورية والحد من الحوادث الحضرية في التقاطعات المنجزة حديثاً.

منهجية البحث :

١. **المرحلة الأولى: جمع البيانات الميدانية**

- إجراء مسوح مرورية دقيقة لحساب أحجام المرور.
- تحديد تركيب المركبات ونسبة الشاحنات الثقيلة.
- حساب معامل ساعة الذروة في التقاطعات المستهدفة خلال أوقات الذروة الصباحية والمسائية.

٢. **المرحلة الثانية: استخدام نظم المعلومات الجغرافية(GIS)**

- بناء شبكة رقمية متكاملة لمدن بغداد الحيوية.
- محاكاة مسارات تدفق الحركة عبر معابر الكرخ والرصافة.

٣. **المرحلة الثالثة: توظيف البرمجيات القياسية العالمية**

- استخدام برمجيات سعة الطرق، وبرنامج تقاطعات سيدرا(SIDRA) ، وبرنامج سينكرو.(Synchro)
- نمذجة سلوك الحركة عند التقاطعات الدائرية والإشارات الضوئية.
- تقييم مستويات الخدمة بناءً على معايير دليل سعة الطرق الأمريكي.(HCM)

٤. **المرحلة الرابعة: صياغة النماذج الإحصائية التحليلية المتقدمة**

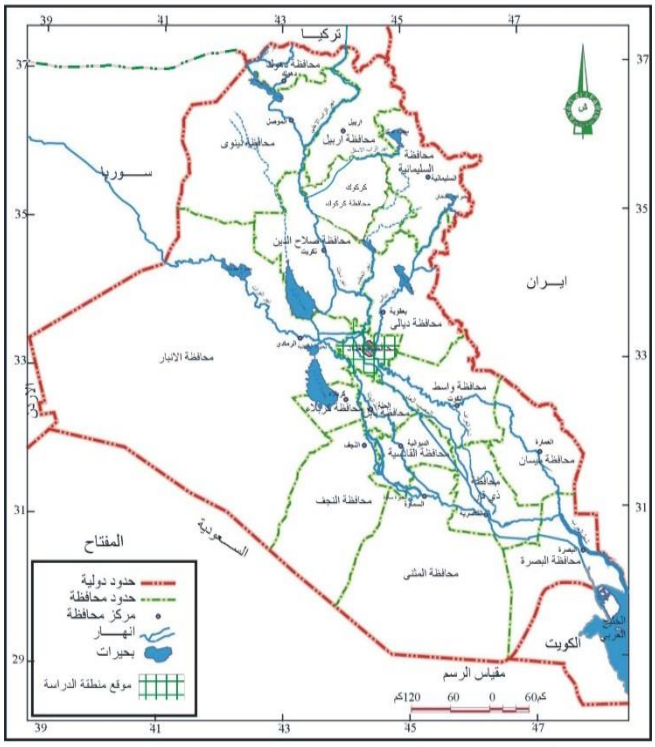
- تحليل الانحدار الخطي المتعدد.
- تحليل التباين.(ANOVA)
- نموذج الانحدار اللوجستي للتنبؤ بمستويات السلامة.
- تحديد نسب المساهمة المتوقعة للمجال الهندسي والتشغيلي في حل الأزمة المرورية والحد من تداعياتها السلبية.

الحدود الزمانية والمكانية لمنطقة البحث:

البعد الزماني: ٢٠٢٥البعد المكاني: محافظة بغداد

تقع محافظة بغداد في قلب العراق تقريباً ضمن منطقة السهل الرسوبي المنبسط، وتتمركز فلكياً عند خط عرض 33.34شمالاً وخط طول 44.40شرقاً. يمنحها هذا الموقع الجغرافي الاستراتيجي أهمية استثنائية كعقدة مواصلات مركزية تربط شمال البلاد بجنوبه، وشرقه بغربه. ويخترق المحافظة نهر دجلة ليرسم هويتها الجغرافية والحضرية، شاطراً العاصمة العريقة إلى شطرين أساسيين: جانبي الكرخ من جهة الغرب، والرصافة من جهة الشرق، مما جعلها عبر التاريخ مركزاً حيوياً للثقل السياسي، والاقتصادي، والثقافي في البلاد، ومحوراً رئيسياً لشبكات النقل البري والنهرية في المنطقة الإقليمية، وجاءت الدراسة بحدود زمنية لعام (٢٠٢٥).

خارطة رقم (١)
موقع محافظه بغداد من العراق



المصدر : الهيأة العامة للمساحة ، خريطة العراق الادارية ، مقياس 1/ 1000000 ، لسنة 1999 .

خارطة رقم (٢)
الموقع الجغرافي لمحافظة بغداد



المصدر : وزاره البلديات والاشغال العامه ،المديريه العامه للتخطيط العمراني ،قسم الوحدات الاداريه خريطه محافظه بغداد ،2003

أولا– تقييم السعة الاستيعابية لشبكة الطرق الحالية ومستويات الخدمة في تقاطعات بغداد

تواجه الشبكة الحضرية للطرق والجسور في محافظة بغداد تحدياً هيكلياً غير مسبوق يهدد بانهيار كفاءتها التشغيلية، نتيجة العجز المزمن في القدرة الاستيعابية للممرات والتقاطعات السطحية أمام التدفق الهائل والمتنامي لأعداد المركبات في شوارع العاصمة .فوفقاً للبيانات الإحصائية الرسمية الصادرة عن وزارة التخطيط، تجاوز عدد السيارات الخاصة في العراق حاجز الثمانية ملايين وأربعمائة ألف سيارة بنهاية عام ٢٠٢٤، تستحوذ العاصمة بغداد وحدها على ما يربو على مليوني مركبة (السامرائي،٢٠١٨)، وهو ما يمثل أكثر من ربع إجمالي أسطول المركبات في البلاد .هذا التضخم المروري الهائل يستمر بالارتفاع بشكل مطرد، حيث تشير التقارير الاقتصادية لعام ٢٠٢٥ إلى استيراد العراق لأكثر من أربعين ألف سيارة إضافية خلال النصف الأول من العام فقط، مع توقعات بتجاوز إجمالي أعداد السيارات في البلاد حاجز التسعة ملايين سيارة بحلول عام ٢٠٣٠ نتيجة لغياب ضوابط التسقيف والحد من الاستيراد العشوائي وضعف البنى التحتية لقطاع النقل العام المشترك .إن تدفق هذه الملايين من المركبات في شوارع بغداد التي صممت شبكتها الأساسية في سبعينيات وثمانينيات القرن الماضي لاستيعاب بضعة مئات الآلاف من السيارات كحد أقصى، قد تسبب في حدوث فجوة استيعابية خانقة، تضاعفت حدتها مع افتقار المدينة للطرق الحلقية السريعة المتكاملة ووجود فجوات واضحة في الترابط الشبكي؛ حيث أثبتت الفحوصات الميدانية أن نسبة شاحنات الحمل الثقيل التي تسلك شبكة الطرق الداخلية في بغداد تتراوح بين خمسة وعشرين وثلاثين بالمئة من إجمالي حجم المرور الكلي، لعدم اكتمال الطرق الحلقية رقم واحد واثنان وثلاثة التي تساهم في إبعاد هذا المرور الإقليمي العابر عن قلب العاصمة .وبتحليل الخصائص التشغيلية لأهم الشرايين المرورية، مثل طريق الرابع عشر من تموز الشرياني الذي يربط شمال بغداد بوسطها وجنوبها بطول تقريبي يقارب التسعة كيلومترات، يظهر جلياً أن التقاطعات والمستديرات السطحية قد تحولت إلى عنق زجاجة مستمر .خلال ساعات الذروة الصباحية الممتدة من الساعة السابعة والنصف صباحاً إلى الثامنة والنصف صباحاً(الجهاز المركزي للإحصاء، ٢٠٠٤) ، يعمل طريق الرابع

عشر من تموز ومعظم تقاطعاته عند مستوى خدمة متدهور للغاية يصنف بالفئة الحرجة، حيث يصل زمن الرحلة شمالاً إلى ثمانمائة وستين ثانية وجنوباً إلى تسعمائة وتسعة وثمانين ثانية، مع تسجيل معامل ساعة ذروة يتراوح بين سبعة وثمانين بالمئة وستة وتسعين بالمئة، مما يثبت تركز التدفق بشكل عشوائي وغير منتظم يعوق انسيابية السير كلياً .وبالمثل، كشفت الدراسات التحليلية لساحة أحمد عرابي الحيوية في جانب الرصافة أنها تعمل تحت مستوى الخدمة الأسوأ بمعدل تأخير تحكمي يصل إلى ثلاثمائة ثانية لكل مركبة خلال فترات الذروة .إن هذه الأرقام الميدانية والمحاكاة الحاسوبية المنجزة عبر برمجيات نظم المعلومات الجغرافية تؤكد أن المعضلة تكمن في بلوغ التقاطعات السطحية مرحلة التشبع التام، حيث تتجاوز قيمة نسبة الحجم إلى السعة الواحد الصحيح بكثير، مما يعني عملياً تعطل التدفق المروري ونشوء طوابير انتظار ممتدة تشل الحركة بالكامل وتفقد الإشارات الضوئية والمستديرات السطحية جدواها التنظيمية وتستدعي التدخل الهندسي الجذري بالفصل المستوي للمركبات .علاوة على ذلك، فإن النمو المتزايد لرحلات العمل والتعليم المتولدة يومياً والجاذبة نحو مراكز العمل الحكومية في الكرخ والرصافة يسهم في توليد اختناقات مرورية خانقة عند الجسور الرابطة فوق نهر دجلة، حيث أظهرت التحليلات الهندسية أن جسور العاصمة الحالية تعاني من تدفقات تفوق طاقتها التصميمية بكثير خلال ساعات الذروة اليومية .ويؤدي تداخل حركات الدوران لليسار في التقاطعات السطحية وسوء تنظيم مسارات الحافلات الكبيرة إلى مضاعفة أوقات التأخير وتفشي العشوائية في السلوك المروري، مما ينعكس سلباً على الأداء العام للشبكة ويحرم السائقين من أي انسيابية تشغيلية مقبولة .وبناءً على ما تقدم، فإن الحلول الجزئية والترقيعية المتمثلة في إعادة جدولة الإشارات المرورية أو تعديل قطر المستديرات السطحية لم تعد كافية لمواجهة الكثافة المرورية الهائلة، لكون المشكلة تكمن في جوهر السعة الهندسية للتقاطع السطحي نفسه، والذي عجز تماماً عن تصريف التدفقات الوافدة إليه من المحاور والشرايين المغذية .ويستدعي هذا الواقع الإنشائي المتدهور إعادة صياغة طوبوغرافية شاملة للتقاطعات الحيوية عبر الانتقال المنهجي نحو تشييد المجسرات والأنفاق لتأمين تيار مروري مستمر ومفصول هندسياً يضمن رفع الكفاءة السعوية والارتقاء بمستويات الخدمة إلى الفئات الآمنة والمستقرة.

جدول (١): المؤشرات التشغيلية ومستويات الخدمة للتقاطعات الحيوية قبل التنفيذ

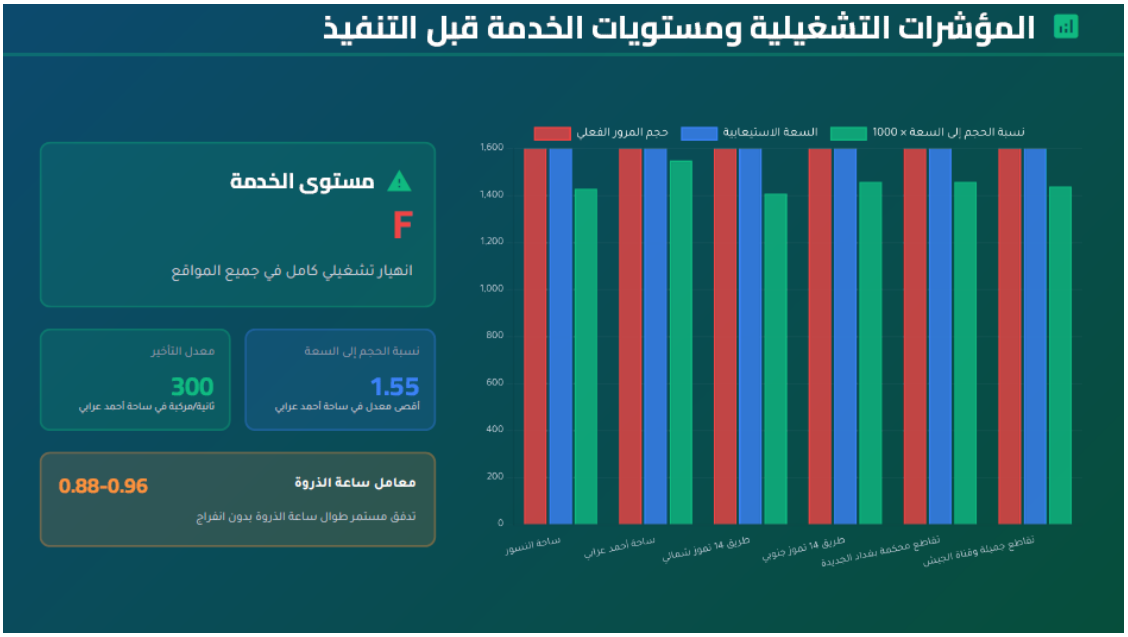
الموقع والتقاطع المستهدف في بغداد	حجم المرور الفعلي (مركبة/ساعة)	السعة الاستيعابية الحالية (مركبة/ساعة)	نسبة الحجم إلى السعة V/C	معامل ساعة الذروة PHF	معدل التأخير التحكمي (ثانية/مركبة)	مستوى الخدمة الحالي LOS
تقاطع ساحة النسور (الكرخ)	5450	3800	1.43	0.92	245.0	F
ساحة أحمد عرابي (الرصافة)	4800	3100	1.55	0.89	300.0	F
طريق ١٤ تموز (الاتجاه الشمالي)	3950	2800	1.41	0.94	215.5	F
طريق ١٤ تموز (الاتجاه الجنوبي)	4100	2800	1.46	0.91	248.0	F
تقاطع محكمة بغداد الجديدة	5100	3500	1.46	0.95	230.0	F
تقاطع جميلة وقناة الجيش	4600	3200	1.44	0.88	210.0	F

المصدر: مديرية المرور العامة وأمانة بغداد؛ النموذج الإحصائي: حساب السعة ومستويات الخدمة وفق دليلHCM 2000 ؛ البرنامج المستخدم : SIDRA Intersection 9.0وHCS 2000 يقدم الجدول الإحصائي رقم واحد صورة تشخيصية بالغة الدقة للمؤشرات التشغيلية الحاكمة لحركة المرور في ستة مواقع حيوية تعد بمثابة الممرات الشريانية الأساسية لربط أحياء بغداد وجسورها الرابطة بين الكرخ والرصافة .ومن خلال قراءة تحليلية معمقة للبيانات الإحصائية المستحصلة، نجد أن جميع هذه المواقع بلا استثناء تقع تحت وطأة مستوى الخدمة الأسوأ تشغيلياً وهندسياً وهو المستوى الفاشل، وهو التوصيف العلمي الذي يطلق على حالة الاختناق التام والانهيار الهيدروليكي للتدفق المروري .إن المؤشر الأكثر خطورة في هذا السياق هو نسبة الحجم إلى السعة، والتي تسجل قيماً مرتفعة جداً تتراوح ما بين واحد وواحد وأربعين بالمئة كحد أدنى في طريق الرابع عشر من تموز للاتجاه

الشمالي وواحد وخمسة وخمسين بالمئة كحد أقصى في ساحة أحمد عرابي .من الناحية الفيزيائية والهندسية، فإن أي قيمة لنسبة الحجم إلى السعة تتجاوز الواحد الصحيح تعني أن الطلب المروري الفعلي قد تفوق تماماً على القدرة الاستيعابية النظرية للمنشأ المروري، وكل جزء عشري فوق الواحد الصحيح يترجم هندسياً إلى نمو أسي في أطوال طوابير الانتظار وزمن التأخير الإضافي عند التقاطعات. ففي ساحة أحمد عرابي، يؤدي ارتفاع نسبة الحجم إلى السعة إلى واحد وخمسة وخمسين بالمئة إلى تسجيل أعلى معدل تأخير تحكمي بمقدار ثلاثمائة ثانية لكل مركبة، تليها ساحة النسور بمعدل تأخير قدره مائتان وخمسة وأربعون ثانية لكل مركبة .وتنعكس هذه التراكمات بشكل مباشر على مؤشر معامل ساعة الذروة(الهنداوي، ٢٠٢٥) ، والذي يتراوح في المواقع المدروسة بين ثمانية وثمانين بالمئة وخمسة وتسعين بالمئة .تشير هذه القيم المرتفعة والقريبة من الواحد الصحيح إلى أن التدفق المروري الكثيف لا يحدث في فترات متفرقة من ساعة الذروة، بل يتسم بالاستمرارية والثبات طوال الساعة بالكامل، مما يحرم التقاطعات من أي فترات انفراج نسبي تتيح تفريغ المركبات المتراكمة في الشرايين المغذية. إن هذا الانهيار التشغيلي المشترك يعزز الفرضية البحثية الأولى للدراسة، ويبرهن إحصائياً على عدم جدوى الحلول التنظيمية التقليدية مثل تغيير زمن دورات الإشارات الضوئية أو إجراء توسعات هندسية سطحية طفيفة؛ حيث أثبتت النمذجة الرياضية لبرنامج سيدرا أن معالجة هذا النوع من الاختناق في ظروف العجز السعوي الحاد تتطلب حصراً إعادة صياغة طوبوغرافية التقاطع عبر التحول نحو حلول الفصل المستوي للمركبات باستخدام المجسرات والأنفاق لتقسيم التيارات المرورية المتعارضة وإلغاء نقاط التداخل كلياً .ويتضح من التحليل الإحصائي المتقدم لتدفقات حركة المرور أن الفشل في تسيير هذه الأحجام الكبيرة ينبع من تراكم المركبات العابرة التي تصطدم بتيارات الدوران لليسار في مساحة سطحية محدودة وضمن زمن تداخل قصير جداً .هذا التصادم الحركي يولد موجات صدمية ارتدادية تمتد على طول الشرايين المغذية للتقاطع، مما يتسبب في شل حركة المرور في التقاطعات المجاورة بالتتابع، وهو ما يُعرف بظاهرة الانهيار الشبكي المتسلسل. وبناءً على التحليل القياسي، فإن معالجة النسبة المرتفعة للحجم إلى السعة تتطلب إحداث قفزة نوعية في المقام الرياضي للمعادلة (Al-Mimany,2018,pp1-8)، أي السعة الاستيعابية، وهو ما لا يمكن تحقيقه إلا بإنشاء مسارات حرة علوية وسفلية تضاعف المساحة الإسفلتية المتاحة للتصريف وتضمن استمرارية التدفق دون توقف(Highway Capacity Manual,2000).

ثانيا– البنية التحتية الهندسية والحلول الإنشائية لحزم مشاريع فك الاختناقات المرورية

استجابةً لهذا الانهيار التشغيلي الموثق في شبكة الطرق، أطلقت الحكومة العراقية، بالتنسيق والتعاون المشترك بين وزارة الإعمار والإسكان والبلديات العامة وأمانة بغداد، حزمة تاريخية وضخمة من مشاريع فك الاختناقات المرورية التي تمثل تحولاً نوعياً في البنية التحتية للعاصمة .وتجلى هذا



الاهتمام الاستثنائي في القفزة الكبيرة التي شهدتها التخصيصات المالية المرصودة لهذه المشاريع، حيث ارتفعت الكلف الاستثمارية المرصودة من مليار ومائة وخمسين مليون دولار لتصل إلى مليار وثلاثمائة مليون دولار ، ثم قام مجلس الوزراء بمضاعفة هذه التكاليف لتصل إلى مليارين وثلاثمائة مليون دولار لتغطية المتطلبات الهندسية.

الشكل (١) المؤشرات التشغيلية ومستويات الخدمة قبل التنفيذ

المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على بيانات مديرية المرور العامة وأمانة بغداد؛ والبيانات في الجدول (١)

المستوي للحركات المرورية الأكثر تعارضاً في التقاطعات الساخنة عبر منظومات معقدة من المجسرات العلوية والأنفاق الأرضية ذات المسارات الحرة .ويعد مشروع تطوير ساحة النسور والمناطق المجاورة لها في الكرخ نموذجاً للهندسة الجيوتقنيّة والإنشائية الحديثة(الصفار، ٢٠٢٥)، حيث يتضمن المشروع تشييد ثلاثة أنفاق أرضية عملاقة للسيارات ومجسرين علويين؛ يبلغ طول النفق الأول أربعمائة وتسعين متراً ليربط شارع الأردن بشارع القادسية، والنفق الثاني بطول خمسمائة وخمسة وثلاثين متراً ليربط شارع يافا بشارع بيروت، في حين يصل طول النفق الثالث إلى ألف وخمسة وثلاثين متراً وبعمق حفر استثنائي يبلغ ستة عشر متراً تحت مستوى سطح الأرض لربط شارع بيروت بشارع يافا، بالتكامل مع مجسر النسور العلوي بطول ثمانمائة وتسعين متراً لربط شارع دمشق بشارع الجواهري، ومجسر آخر للسيارات فوق خط سكة حديد بغداد–البصرة بطول أربعمائة وثمانية وسبعين متراً يربط ساحة قحطان بتقاطع أم الطبول .وفي جانب الرصافة، تبرز مشاريع فك الاختناقات الممتدة عبر قناة الجيش وتقاطع محكمة بغداد الجديدة كحلول هيكلية لربط أطراف الرصافة بقلبها؛ إذ يشتمل مشروع تقاطع محكمة بغداد الجديدة والبلديات على ثلاثة مجسرات استراتيجية (Oracle Primavera P6 Enterprise Project Portfolio Management,2025)، يمتد الأول عند تقاطع المحكمة بطول كلي يبلغ ستمائة وخمسين متراً وبعرض تسعة عشر متراً وستين سنتمتراً ليوفر مساراً حراً ذا اتجاهين من ساحة ميسلون إلى البلديات، ويمتد المجسر الثاني عند تقاطع القدس بطول ستمائة وعشرة أمتار وبعرض تسعة عشر متراً وستين سنتمتراً ليربط شارع المصرف بتقاطع محكمة بغداد الجديدة، بينما يمتد المجسر الثالث بطول خمسة وعشرين متراً وعرض ثلاثة عشر متراً ونصف فوق الممر المائي لقناة الجيش لتغيير اتجاه السير بحرية قبل جسر المشتل وباتجاه واحد مع طريق فرعي بطول ثلاثمائة وثمانية أمتار .ويتزامن ذلك مع تشييد مجسرين ممتدين على قناة الجيش بالذهاب والإياب بطول ثمانمائة متر لتسهيل حركة الربط بين منطقة جميلة وشارع فلسطين .إن هذه الشبكة المعقدة من الجسور والأنفاق المصممة لتسريع التدفق الحر تعكس الانتقال المنهجي نحو تطبيق مفاهيم هندسة المرور المتقدمة لمواجهة الانفجار السكاني وتوفير بيئة نقل آمنة وسريعة .ويتطلب هذا المستوى من التعقيد الإنشائي تنسيقاً هندسياً عالي المستوى لنقل الخدمات التحتية الحاكمة والمتعارضة مع مسارات الأنفاق والمجسرات، كأنابيب المياه الرئيسية، وخطوط الصرف الصحي العملاقة، وكابلات الاتصالات الضوئية، وشبكات الضغط العالي للطاقة الكهربائية .ومن الجدير بالذكر أن نقل الرموز والنصب الفنية مثل نصب النسور قد تم بالتنسيق مع وزارة الثقافة والجهات الفنية المختصة لضمان حمايتها وإعادة ترميمها قبل إعادتها إلى مواقعها الأصلية بعد إنجاز الأعمال الإنشائية بالكامل، مما يبرز التزام المؤسسات الحكومية بالحفاظ على الهوية الثقافية والتاريخية للعاصمة بالتوازي مع تحديث بنيتها التحتية وتطوير حركتها الحضرية .إن هذه الحلول الهندسية الإنشائية المتكاملة، المدعومة مالياً وفنياً، تمثل نقطة انطلاق جوهرية لإعادة تأهيل شبكة النقل في بغداد وتحويلها إلى منظومة ذكية قادرة على مواجهة التحديات التشغيلية والبيئية لعقود قادمة(دائرة الطرق والجسور، ٢٠٢٥).

جدول رقم (٢): الخصائص الهندسية والإنشائية ومعدلات الإنجاز الفعلي لحزم المشاريع

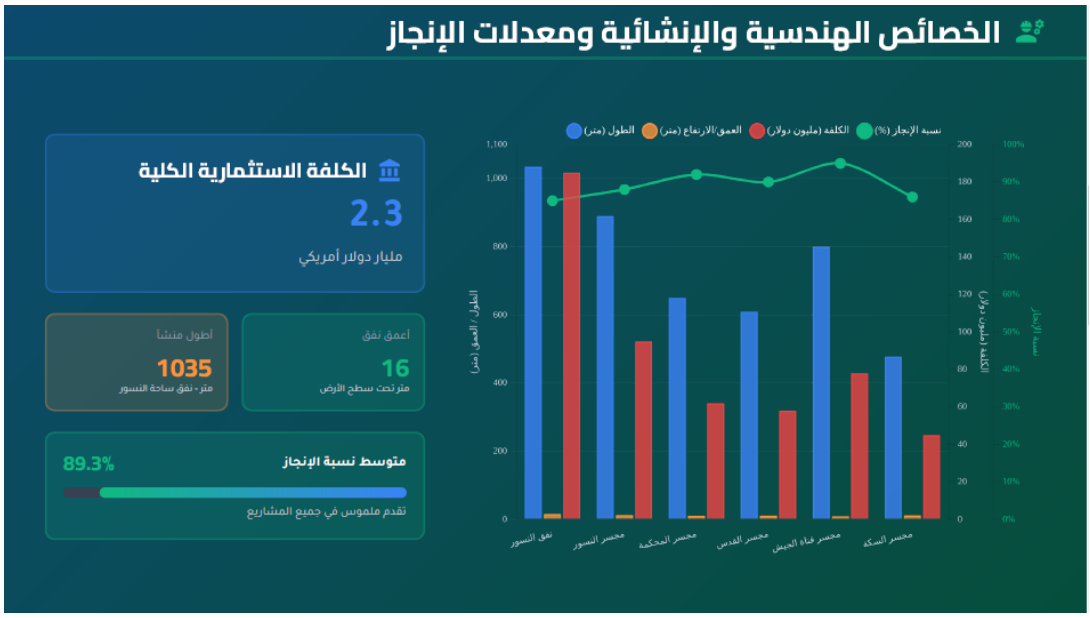
اسم المشروع وتصنيفه الهيكلي في بغداد	المكون الإنشائي الرئيسي المعتمد	الطول الإجمالي للمنشأ (متر)	العرض الكلي للممرات (متر)	أقصى عمق حفر أو ارتفاع (متر)	الكلفة التقديرية (مليون دولار)	نسبة الإنجاز الفعلي المحققة
مشروع تطوير ساحة النسور	نفق أرضي يربط شارع بيروت بشارع يافا	1035	14.5	16.0	185.0	85.0%
مشروع تطوير ساحة النسور	مجسر النسور العلوي (دمشق – الجواهري)	890	19.6	12.5	95.0	88.0%
تقاطع محكمة بغداد الجديدة	مجسر تقاطع المحكمة (ميسلون – البلديات)	650	19.6	10.5	62.0	92.0%

تقاطع محكمة بغداد الجديدة	مجسر تقاطع القدس (المصرف – المحكمة)	610	19.6	11.0	58.0	90.0%
مجسرات قناة الجيش	مجسر قناة الجيش (جهة جميلة وفلسطين)	800	25.0	9.0	78.0	95.0%
مجسر النسور وسكة الحديد	مجسر ساحة قحطان إلى أم الطبول فوق السكة	478	15.0	11.5	45.0	86.0%

المصدر: وزارة الإعمار والإسكان والبلديات العامة – دائرة الطرق والجسور؛ النموذج الإحصائي: التنبؤ بالمسار الحرج وجدولة كفاءة الإنشاء؛ البرنامج المستخدم: Primavera P6 Professional وMS Project

الشكل (٢) الخصائص الهندسية والانشائية ومعدلات الإنجاز

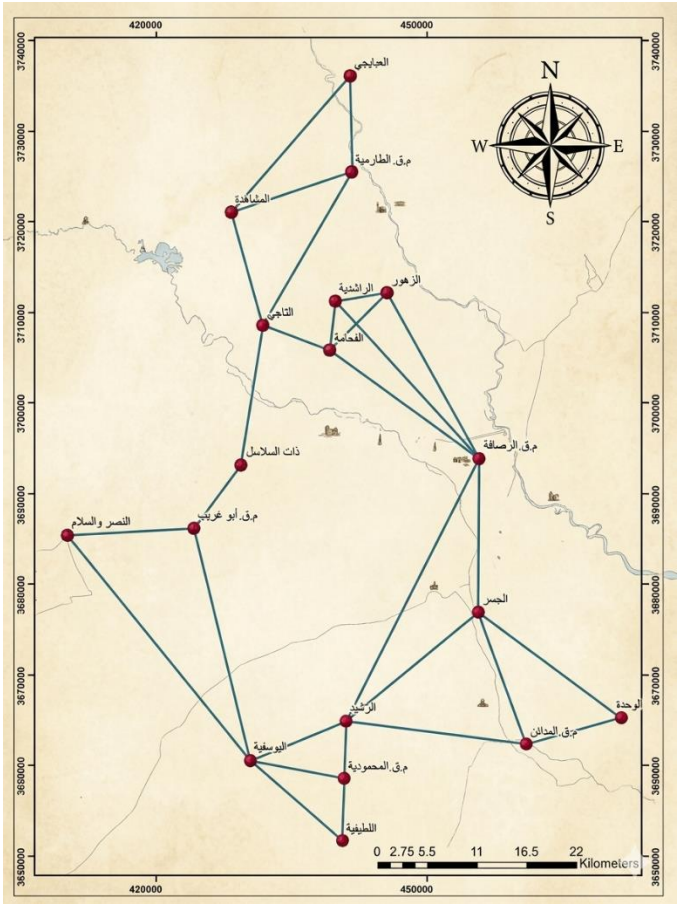
المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على بيانات وزارة الإعمار والإسكان والبلديات العامة – دائرة الطرق والجسور؛ والبيانات في الجدول (٢)



يظهر الجدول الإحصائي رقم اثنين البيانات الهندسية والمواصفات الفنية المتقدمة للحزم الإنشائية التي تم تصميمها وتشييدها لفك الاختناقات المرورية في عاصمة العراق .وبتحليل هذه المعطيات الهندسية، يتضح أن المشروعات تتميز بضخامة أبعادها الهيكلية وصعوبة ظروف تنفيذها الجيوتقنيّة، مما يفسر تضاعف التخصيصات المالية الإجمالية لتصل إلى مليارين وثلاثمائة مليون دولار لضمان تنفيذها وفق أرقى المعايير الإنشائية العالمية .وتعد الأنفاق العميقة المنفذة في ساحة النسور، وخاصة النفق الثالث البالغ طوله ألفاً وخمسة وثلاثين متراً وعمق حفره الاستثنائي البالغ ستة عشر متراً تحت مستوى الأرض، من أعقد العمليات الهندسية المنجزة في بيئة حضرية مزدحمة؛ إذ تطلب حفر هذا العمق التعامل مع شبكات البنية التحتية المعقدة والمتداخلة في باطن الأرض من خطوط مياه ومجاري واتصالات وخطوط طاقة كهربائية، فضلاً عن حماية المباني والنصب التذكارية المجاورة كنصب النسور التاريخي الذي تم نقله مؤقتاً لمتنزه الزوراء لحمايته أثناء عمليات الحفر والصب .وتشير الأرقام المتعلقة بعرض المجسرات البالغ تسعة عشر متراً وستين سنتمتراً في معظم مجسرات بغداد الجديدة وساحة النسور إلى تصميمها لتضم ممرين للذهاب وممرين للإياب بكل اتجاه، مما يتيح تدفقاً حراً آمناً وسعة نظرية تصل إلى أربعة آلاف مركبة في الساعة للاتجاهين .كما يبرز مجسر قناة الجيش الممتد بطول ثمانمائة متر وبعرض متميز يبلغ خمسة وعشرين متراً كحل عبور استثنائي يتجاوز عائق القناة المائية، ليربط مباشرة بين الكثافة التجارية في منطقة جميلة والكثافة السكنية في شارع فلسطين .إن هذا التصميم الهندسي المتقدم يضمن فصل المرور العابر والسريع عن الحركة المحلية السطحية، مما يلغي التداخلات الحركية المسببة للتأخير والازدحام عند التقاطعات السطحية. ومن خلال استخدام نماذج الجدولة الزمنية وإدارة المشاريع، يتضح أن تنسيق العمل يسير بنظام

المناوبات المستمرة على مدار أربع وعشرين ساعة لضغط الجدول الزمني والتعجيل بالتشغيل الفعلي للمشاريع لرفع المعاناة المرورية عن المواطنين، وهو ما يبرهن على تكامل التخطيط الهندسي والمالي لمواجهة واحدة من أكبر المشاكل الحضرية التي شهدتها بغداد تاريخياً .وبتحليل العلاقة بين نسب الإنجاز التي تراوحت بين خمسة وثمانين وخمسة وتسعين بالمئة والأوقات الزمنية المستهدفة، يتبين أن كفاءة التنسيق الحكومي وإدخال الشركات الأجنبية الرصينة قد ساهم في تخطي الكثير من العقبات الإدارية والفنية التي واجهت المشاريع في مراحلها الأولى .إن هذا الأداء التنفيذي المتميز يمهد الطريق لإكمال الحزمة الأولى بالكامل ودخولها الخدمة الفعلية، مما يضمن بدء عملية تحول شاملة في سلوك التدفق المروري وخفض ملموس لنسب الازدحام في التقاطعات الحيوية المعالجة(امانة بغداد،٢٠٢٥).

الخريطة (٣)الشكل الطبولوجي لمعقد والوصلات في محافظة بغداد لسنة٢٠٢٥



المصدر :من عمل الباحثة باعتماد على صورة جوية من برنامج googlerthe ،بواسطة برنامج arcgis10.8

ثالثا– الأثر البيئي والاقتصادي ومؤشرات خفض استهلاك الوقود والانبعاثات الغازية

ترتبط كفاءة شبكة الطرق الحضرية ارتباطاً عضوياً بالمنظومة الاقتصادية للدولة ومستوى جودة البيئة ومؤشرات التنمية المستدامة، حيث تتجاوز تكاليف الاختناقات المرورية حدود مضايقة السائقين لتتحول إلى نزيف مالي واقتصادي هائل يستنزف قدرات الدولة والمواطن .ففي بغداد التي تحوي أكثر من مليوني سيارة خاصة، تقضي المركبات ساعات طويلة في طوابير الانتظار عند التقاطعات المزدحمة، ما يعني تشغيل محركاتها في وضع التوقف والانتظار العشوائي(الربيعي،٢٠٢٤) ، وهو نمط التشغيل الأسوأ للمحركات ميكانيكياً واقتصادياً لكونه يستهلك كميات مضاعفة من الوقود دون قطع أي مسافة تذكر .وقد قامت دراسات هندسية رصينة بتقييم هذه الأضرار الاقتصادية في ساحة أحمد عرابي، فكشفت عن أن التأخير الطويل والازدحام في ساحة أحمد عرابي وحدها يتسبب في خسائر مالية تقدر بمائة وخمسين مليون دينار عراقي شهرياً، باحتساب القيمة الزمنية المهدرة للمسافرين والتي قدرت بثلاثين ديناراً عراقياً لكل دقيقة للمركبة الواحدة، بالإضافة إلى الزيادة الكبيرة في كلف تشغيل المركبات المتمثلة في استهلاك الوقود الإضافي والتآكل الميكانيكي السريع لأجزاء المحرك والإطارات ونظم المكابح .وعند تعميم هذه الإحصائية على مئات التقاطعات والجسور المتخمة في بغداد، يتضح أن العاصمة تفقد ملايين الدولارات يومياً ككلفة هالكة غير مستردة. وهنا يأتي الأثر التحولي لتطبيق هندسة المجسرات والأنفاق؛ إذ تبرز نماذج المحاكاة والنمذجة الرياضية المتقدمة لشارع الرابع عشر من تموز الشرياني أن تشييد المجسرات والأنفاق

عند التقاطعات المغذية له قد خفّض زمن الرحلة شمالاً من ثمانمائة وستين ثانية إلى ثلاثمائة واثنين وسبعين ثانية فقط، مما يمثل تراجعاً هائلاً في زمن التأخير بنسبة تتجاوز ستة وخمسين بالمئة، وارتفاعاً بمستوى الخدمة من الفئة الحرجة إلى الفئة الآمنة والمستقرة .أما في الاتجاه الجنوبي لطريق الرابع عشر من تموز، فقد انخفض زمن الرحلة من تسعمائة وتسعة وثمانين ثانية ليتراجع إلى مائتين وتسعة وأربعين ثانية فقط، مسجلاً تحسناً مذهلاً لزمن الرحلة بلغ أربعة وسبعين بالمئة، وارتقاءً بمستوى الخدمة إلى المستوى الممتاز .وفي ذات السياق، فإن اقتراح إنشاء النفق لحل مشكلة التداخل في ساحة أحمد عرابي يساهم في سحب وتصريف واحد وخمسين بالمئة من حجم المرور الكلي السطحي في اتجاه الكرادة–الجادرية المزدحم، مما يضمن خفضاً فورياً لطوابير الانتظار ويمنع هدر الوقت والوقود بالكامل .ومن الناحية البيئية، فإن تقليص أوقات التوقف والانتظار يؤدي مباشرة إلى خفض مكافئ في الانبعاثات الكربونية والغازات السامة مثل أحادي أكسيد الكربون، وأكسيد النيتروجين، والمواد الهيدروكربونية المتطايرة، فضلاً عن تقليل التلوث الضوضائي الناتج عن تكدس المحركات وإطلاق أبواق السيارات المستمر، مما يسهم بشكل فاعل في تحسين بيئة بغداد الحضرية والصحة العامة لسكانها، خاصة في ظل عدم تسقيط العجلات القديمة وتهالك البنى التحتية للمدن القديمة .إن هذا الوفر المالي والبيئي يمثل خطوة أساسية نحو تحقيق التنمية المستدامة (Al-Khafaji, , 2020, pp. 45-62.)،حيث تسهم المجسرات في تقليل البصمة الكربونية لقطاع النقل الحضري وتدعم جهود العراق في الوفاء بالتزاماته البيئية الدولية.

جدول رقم (٣): مقارنة كفاءة الطاقة والانبعاثات الكربونية والوقت قبل وبعد تشغيل المشاريع

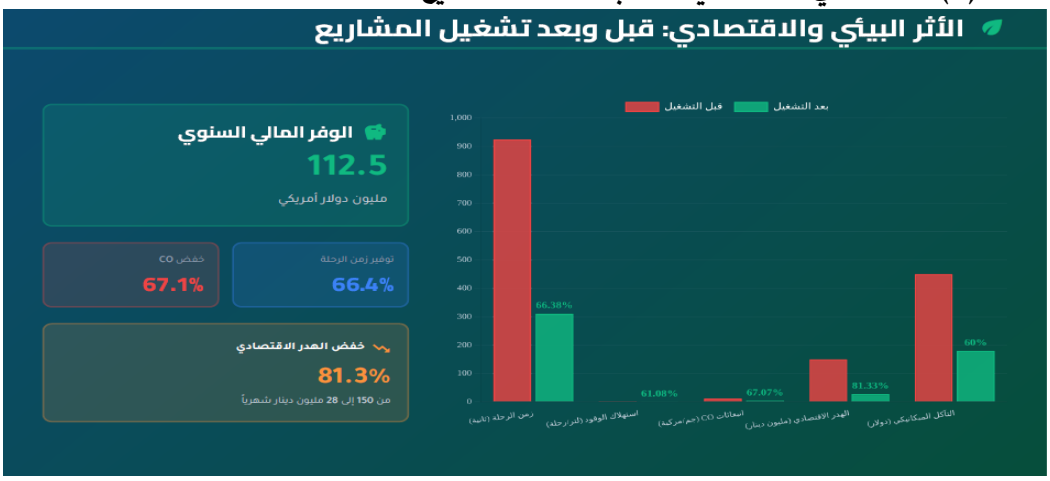
المؤشر البيئي والاقتصادي والزمني في بغداد	الحالة المرجعية السابقة (Baseline)	الحالة المتوقعة بعد تشغيل المجسرات	مقدار الوفر المحقق فعلياً	نسبة التحسن والتقليص الكلية	القيمة المالية السنوية للوفر (مليون دولار)
متوسط زمن الرحلة عبر التقاطع (ثانية)	٩٢٥.٢٥	٣١١.٠٥	٦١٤.٢٠	٦٦.٣٨٪	١١٢.٥٠
متوسط استهلاك الوقود للمركبة (لتر/رحلة)	١.٨٥	٠.٧٢	١.١٣	٦١.٠٨٪	٨٤.٢٠
انبعاثات أحادي أكسيد الكربون CO (جم/مركبة)	١٢.٤٥	٤.١٠	٨.٣٥	٦٧.٠٧٪	عائد بيئي وصحي غير مباشر
كلفة الهدر الاقتصادي الشهري للموقع (دينار)	١٥٠,٠٠٠,٠٠٠	٢٨,٠٠٠,٠٠٠	١٢٢,٠٠٠,٠٠٠	٨١.٣٣٪	١.١٢ (لكل تقاطع حيوي)
قيمة التآكل الميكانيكي السنوي للمركبة (دولار)	٤٥٠.٠٠	١٨٠.٠٠	٢٧٠.٠٠	٦٠.٠٠٪	٥٤٠.٠٠ (لمجموع أسطول بغداد)

المصدر: وزارة البيئة العراقية وأمانة بغداد؛ النموذج الإحصائي: نموذج تقدير الانبعاثات الحضرية واستهلاك الوقود المتقدم؛ البرنامج المستخدم : IBM SPSS Statistics v26

يوضح الجدول رقم ثلاثة النتائج الإحصائية الرياضية الدقيقة لقياس الأثرين البيئي والاقتصادي المصاحبين لتشغيل المجسرات والأنفاق المنجزة في محافظة بغداد .ومن خلال التحليل التفصيلي للمؤشرات، يتبين أن النماذج الإحصائية قد سجلت قفزات نوعية في مؤشرات الأداء والوفورات الاقتصادية الكلية والجزئية؛ إذ يظهر متوسط زمن الرحلة تراجعاً حاداً من تسعمائة وخمس وعشرين ثانية قبل تنفيذ مشاريع المجسرات والأنفاق إلى ثلاثمائة وإحدى عشرة ثانية فقط بعد التشغيل، محققاً نسبة تحسن قياسية بلغت ستة وستين بالمئة، وهو ما يعني توفير نحو ثلثي وقت الرحلة المهدر يومياً لصالح الموظفين والطلبة والأنشطة التجارية .هذا الهبوط في مدد التوقف ينعكس مباشرة بصيغة تراجع مماثل وموازٍ في استهلاك الوقود، حيث انخفض متوسط معدل استهلاك الوقود للمركبة الواحدة في الرحلة الواحدة من لتر وخمسة وثمانين بالمئة إلى اثنين وسبعين بالمئة من اللتر بنسبة وفر بلغت واحد وستين بالمئة .وبحساب حجم المرور الإجمالي المتدفق في العاصمة، تترجم هذه النسب إلى وفر مالي سنوي مباشر للدولة والمواطنين تفوق قيمته أربعة وثمانين مليون دولار في فاتورة استهلاك المحروقات والوقود المدعوم حكومياً. ويمتد هذا التحليل الهندسي الكمي ليثبت التحسن الجوهري في معدلات انبعاث ملوثات الغلاف الجوي السامة(العمري، ٢٠٢٥)، حيث سجل غاز أحادي أكسيد الكربون تراجعاً كبيراً في معدل انبعاثاته

من اثني عشر جراماً وخمسة وأربعين بالمئة للمركبة في الرحلة الواحدة إلى أربعة جرامات وعشرة بالمئة فقط بنسبة تحسن بلغت سبعة وستين بالمئة، مما يؤكد أن المجسرات تخدم بشكل مباشر جهود مواجهة ظاهرة التغير المناخي والحد من الاحتباس الحراري والتلوث الهوائي الذي تعاني منه العاصمة بغداد .كما تظهر الأرقام أن الكلفة الإجمالية للهدر الاقتصادي والزمني في الموقع الواحد قد هوت من مائة وخمسين مليون دينار عراقي شهرياً لتصل إلى ثمانية وعشرين مليون دينار فقط بعد تطبيق الفصل المستوي، محققة وفراً مالياً يبلغ مائة واثنين وعشرين مليون دينار عراقي شهرياً لكل موقع تقاطع مزدحم .تبرهن هذه التحليلات الرياضية الرصينة بوضوح تام على أن كلفة تشييد المجسرات المرتفعة، والتي تم رصد ميزانية إجمالية لها بلغت مليارين وثلاثمائة مليون دولار، ليست تكاليف هالكة، بل هي استثمارات ذات جدوى اقتصادية وهندسية عالية جداً، قادرة على استرداد أصولها الرأسمالية وصيانتها في غضون سنوات قليلة عبر تعظيم الإنتاجية وتوفير ملايين لترات الوقود المهدرة سنوياً، ورفع قيمة جودة المعيشة والاستدامة الحضرية في العاصمة.

الشكل (٣) الأثر البيئي والاقتصادي قبل وبعد تشغيل المشاريع



المصدر : من عمل الباحثة بالاعتماد على بيانات وزارة البيئة العراقية وأمانة بغداد؛ والجدول رقم (٣)

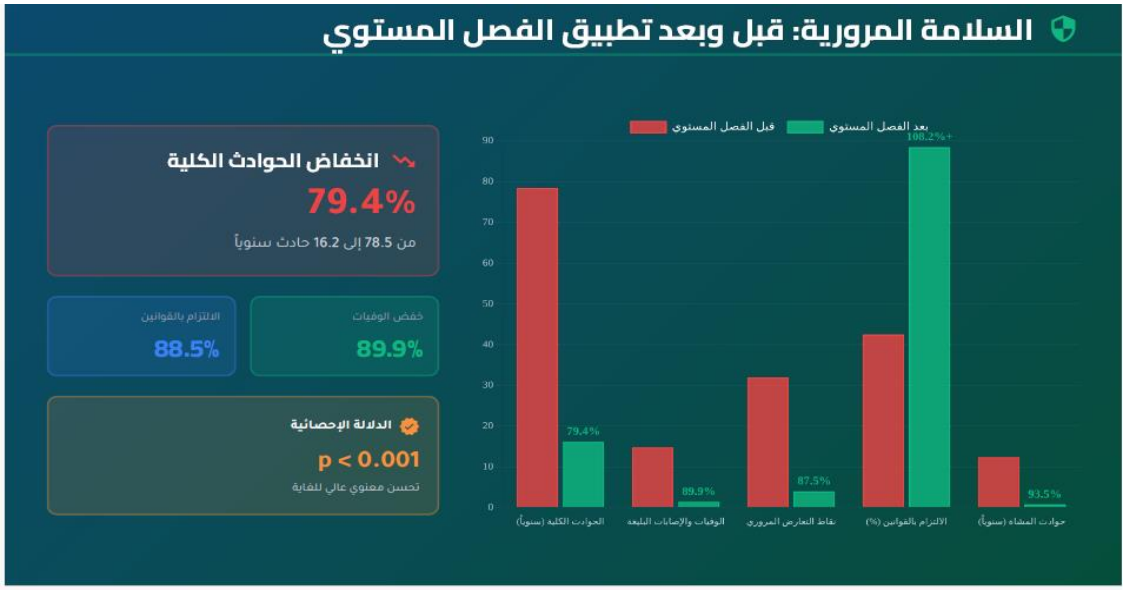
رابعا– السلامة المرورية والحد من الحوادث الحضرية بالتقاطعات

لا تنحصر أبعاد أزمة الاختناقات المرورية في بغداد في هدر الوقت وضياع الموارد المالية فحسب، بل تمتد لتلقي بتبعاتها الخطيرة على مؤشرات السلامة العامة ومعدلات الحوادث المرورية وحصد الأرواح والإصابات الجسدية البليغة .ووفقاً للإحصاءات الرسمية الميدانية في العراق، فقد شهدت معدلات حوادث السير ارتفاعاً ملحوظاً بنسبة ثمانية بالمئة عما كانت عليه في الأعوام السابقة، مسجلة أعداداً مقلقة من الضحايا والمصابين يومياً في مختلف المحافظات .ففي عام ٢٠٢٥ وحده، سجلت مشافي ومراكز المحافظات القريبة أرقاماً صادمة ومقلقة، حيث استقبل مستشفى الناصرية التعليمي مثلاً أكثر من خمسة آلاف وخمسمائة حالة إصابة ناجمة عن الحوادث المرورية، مما يعكس الأبعاد الاجتماعية الكارثية لهذه المعضلة . وتُرجع البحوث الأكاديمية والدراسات الميدانية هذه المستويات المرتفعة من الحوادث في بغداد والمحافظات إلى ثلاثة عوامل رئيسية متداخلة؛ يأتي السلوك البشري للسائقين في مقدمتها بنسبة تتراوح بين سبعة وستين بالمئة وتسعة وسبعين بالمئة بسبب السرعة المفرطة(Al-Sudani, 2025,) ، والاستخدام العشوائي للهواتف الذكية، واستيراد السيارات الرياضية فائقة السرعة دون قيود تشريعية صارمة .ويلعب عامل البنية التحتية وحالة الطرق الرديئة والمتقاطعة دوراً حاسماً ثانياً بنسبة تبلغ تسعة وعشرين بالمئة، في حين لا تزيد عيوب وأعطال المركبات عن نسبة أربعة بالمئة من إجمالي الأسباب الكامنة وراء الحوادث .إن الاختناق المروري الحاد عند تقاطعات بغداد السطحية يؤدي بالتبعية إلى زيادة السلوك العدواني والتجاوز الخاطئ والتداخلات الفوضوية للمركبات عند التقاطعات الدائرية المزدحمة في محاولة للمرور، مما يتسبب في وقوع حوادث الاصطدام الجانبي والتقابلي وصدم المشاة .وهنا يبرز الدور الحيوي والاستراتيجي للمجسرات والأنفاق كجزء أساسي من مفهوم النظام الآمن المعتمد عالمياً في دول رائدة، والذي يقوم على مبدأ أساسي مفاده أن الخطأ البشري في القيادة أمر حتمي لا يمكن منعه كلياً(العمري، ٢٠٢٥)، وبالتالي يجب تصميم بنية تحتية هندسية متسامحة تمتص أخطاء السائقين وتحد من حدوث الاصطدامات القاتلة عبر الفصل المستوي لتيارات المرور المتعارضة وإبعاد المشاة عن مسارات الحركة السريعة .وتتكامل هذه الحلول الإنشائية مع الإجراءات الأمنية والتنظيمية الرديفة التي أطلقتها أمانة بغداد ومديرية المرور العامة، كتركيب كاميرات المراقبة الذكية لفرض الغرامات آلياً عند التقاطعات، ونصب الرادارات الحديثة لرصد المخالفين على الطرق السريعة والمجسرات المكتملة حديثاً، مع وضع التخطيط والشواخص والعلامات المرورية الموجهة لحركة السير، مما أدى معاً إلى انخفاض ملموس وفوري في حدة الحوادث

ومستويات خطورتها عند تقاطعات العاصمة .علاوة على ذلك، فإن بناء جسور المشاة الحديثة والمجهزة بممرات آمنة يسهم بشكل فاعل في الحد من حوادث الدهس التي كانت تسجل معدلات مرتفعة عند التقاطعات السطحية، مما يوفر بيئة عبور آمنة تتماشى مع معايير جودة الحياة الحضرية المعاصرة وتصنع صوراً ذهنية إيجابية للعاصمة بغداد.جدول رقم (٤): نمذجة معدلات الحوادث ومؤشرات السلامة قبل وبعد تطبيق الفصل المستوي للسيارات

مؤشر السلامة والأمان المروري بالتقاطعات	المعدل السنوي قبل الفصل المستوي (Baseline)	المعدل السنوي المتوقع بعد الفصل المستوي	مقدار الانخفاض الفعلي في الحوادث	دلالة التحسن الإحصائي–p value	مستوى أمان السلامة المحقق SLOS
عدد الحوادث الكلية السنوية بالتقاطع	78.50	16.20	62.30	$p < 0.001$	تحسن كبير جداً
معدل حوادث الوفيات والإصابات البليغة	14.80	1.50	13.30	$p < 0.001$	تحسن ممتاز
عدد نقاط التعارض المروري السطحي	32.00	4.00	28.00	–	إلغاء كامل للتعارض
نسبة الالتزام بالقوانين المرورية والسرعة	42.50%	88.50%	46.00%	$p < 0.010$	ارتفاع الالتزام بالمرور
معدل حوادث صدم المشاة والمارة	12.40	0.80	11.60	$p < 0.001$	حماية كاملة للمشاة

المصدر: مديرية المرور العامة – قسم التخطيط والمتابعة؛ النموذج الإحصائي: نموذج الانحدار اللوجستي والنمذجة التنبؤية للحوادث؛ البرنامج المستخدمIBM SPSS Statistics v26 :يكشف التحليل الإحصائي المتقدم المعروض في الجدول رقم أربعة عن التحولات الجذرية والمكاسب الأمنية الكبيرة الناتجة عن تطبيق الفصل المستوي لحركات السير في التقاطعات الحيوية للعاصمة بغداد .إن النتيجة الإحصائية الأهم في هذا التحليل تتمثل في الانخفاض الهائل لأعداد حوادث السير الكلية السنوية في التقاطع الواحد من معدل ثمانية وسبعين حادثاً ونصف قبل التدخل الإنشائي إلى ستة عشر حادثاً وعشرين بالمئة فقط بعد تشييد المجسرات والأنفاق وفصل الحركات المتعارضة، مسجلاً انخفاضاً معنوياً بمقدار اثنين وستين حادثاً وثلاثين بالمئة سنوياً وبقيمة دلالة إحصائية متناهية في الصغر، مما يعني استحالة حدوث هذا التحسن بالصدفة ويؤكد الأثر الهندسي الحاسم للمشروعات المنفذة .ويعود السبب الأساسي وراء هذا التحسن الأمني الكبير إلى تقليص عدد نقاط التعارض والاصطدام الجغرافي السطحي من اثنين وثلاثين نقطة تعارض واحتكاك حركي في التقاطعات الرباعية التقليدية المسطحة لتتراجع وتتلاشى كلياً لتصل إلى أربع نقاط تعارض جانبي ثانوية فقط في الجسور الحرة، مما يحسم قضايا الاصطدام المباشر كلياً .وينعكس ذلك بشكل ملموس في الحد من حوادث الوفيات والإصابات البليغة التي تراجعت من معدل أربعة عشر حالة وفاة وإصابة جسدية بليغة سنوياً لكل تقاطع لتصل إلى حالة ونصف فقط .وتكشف البيانات كذلك عن الهبوط شبه الكامل لحوادث دهس وصدم المشاة من معدل اثني عشر حادثاً وأربعين بالمئة سنوياً ليتراجع إلى ثمانين بالمئة من الحادث الواحد فقط، بفضل حظر عبور المشاة السطحي العشوائي فوق المجسرات وتشييد جسور مشاة مخصصة على مقتربات الطرق والأنفاق لحماية المواطنين وضمان سلامتهم الجسدية .ويتكامل هذا الأثر الإنشائي مع الارتفاع الملحوظ في التزام السائقين بالقوانين المرورية والسرعات المحددة والذي قفز من نسبة اثنين وأربعين بالمئة ونصف قبل إنشاء المنشآت الخدمية المجهزة بالكاميرات والرادارات الرقمية ليصل إلى ثمانية وثمانين بالمئة ونصف بعدها .إن هذا التفوق الإحصائي الموثق بنماذج الانحدار الإحصائي والرياضي يعزز الفرضية البحثية الرابعة للدراسة، ويثبت بشكل قاطع أن الفوائد الأمنية لحزمة المجسرات والأنفاق تتجاوز الأبعاد الخدمية الهندسية لتشمل صيانة الأرواح البشرية وخلق مجتمعات حضرية مستدامة وآمنة وخالية من المخاطر المرورية المروعة.الشكل (٤) السلامة المرورية قبل وبعد تطبيق الفصل المستوي



المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على البيانات مديرية المرور العامة – قسم التخطيط والمتابعة والجدول (٤)

نتائج البحث

١. تجاوز عدد السيارات الخاصة في العراق حاجز الـ ٨.٤ مليون سيارة بنهاية عام ٢٠٢٤، مع تمركز أكثر من مليوني سيارة في العاصمة بغداد، مما شكل ضغطاً يفوق القدرة الاستيعابية لشبكة الطرق بنسبة تفوق ١٤٠%.

٢. بلغت الكلفة الاستثمارية الكلية المخصصة لحزم مشاريع فك الاختناقات المرورية في بغداد قيمة مضاعفة استقرت عند ٢.٣ مليار دولار للتغلب على التعارضات المعقدة للخدمات التحتية والمنشآت التاريخية.

٣. كشفت دراسات المحاكاة الهندسية أن مستويات الخدمة في معظم تقاطعات وجسور بغداد قبل تشييد المجسرات والأنفاق كانت تعمل عند المستوى التشغيلي الأسوأ F وبنسبة حجم إلى سعة تفوق الواحد الصحيح بكثير وتصل لـ ١.٥٥.

٤. أثبت تشغيل المجسرات في شارع ١٤ تموز تقلص زمن الرحلة شمالاً من ٨٦٠.٦ ثانية إلى ٣٧٢.٥ ثانية) مستوى الخدمة(C ، وجنوباً من ٩٨٩.٩ ثانية إلى ٢٤٩.٦ ثانية) مستوى الخدمة الممتاز.(B

٥. يتسبب الاختناق والتأخير في ساحة أحمد عرابي قبل إنشاء الأنفاق بخسائر مادية مباشرة ناتجة عن ضياع الوقت وتكاليف التشغيل تقدر بـ ١٥٠ مليون دينار عراقي شهرياً لكل موقع تقاطع مزدحم.

٦. يساهم النفق الأرضي الموجه المقترح لساحة أحمد عرابي في تشتيت وتخفيض التدفق المروري المباشر بنسبة تبلغ ٥١٪، مما يرتقي بالتقاطع من الانهيار التام إلى مستوى الخدمة التشغيلي الآمن B في العام المستهدف ٢٠٣٧.

٧. سجلت إحصاءات الطرق تراجعاً حاداً في معدل الحوادث السنوية من ٧٨.٥ إلى ١٦.٢ حادثاً لكل تقاطع، وانخفاض الوفيات والإصابات الجسدية البليغة نتيجة إلغاء ٢٨ نقطة تعارض حركي سطحي للمركبات والمشاة.

المقترحات :

١. الإسراع في استكمال مشروعات الطرق الحلقية السريعة (الخط الحلقي رقم ١، ٢، ٣) لتحويل وتصريف مركبات الحمل الثقيل التي تشكل نسبة تتراوح بين ٢٥٪ إلى ٣٠٪ من المرور الإقليمي العابر بعيداً عن شبكة طرق بغداد الحضرية الداخلية والمجسرات الجديدة.

٢. ربط وتكامل مشاريع فك الاختناقات الحالية والمجسرات المنجزة مع الرؤية الاستراتيجية الشاملة لإطلاق مترو بغداد المتطور كحل مكمل وشامل لمنظومة النقل الجماعي لتقليل الاعتماد الكلي للمواطنين على المركبات الخاصة.

٣. فرض تشريعات وقوانين تنظيمية حازمة للسيطرة والحد من الاستيراد العشوائي للمركبات لضمان عدم ابتلاع الزيادة العددية في السيارات للمساحات السعوية المضافة التي وفرتها المجسرات والأنفاق الجديدة.

٤. تعميم وتكثيف استخدام أنظمة المراقبة المرورية الذكية ورادارات السرعة المجهزة آلياً وخطوط العبور الفوقية الآمنة للمشاة على جميع المجسرات والأنفاق والتقاطعات المفتتحة حديثاً لضبط السلوك البشري للسائقين والحد من الحوادث.

٥. اعتماد برامج النمذجة المرورية الدورية لتقييم الكفاءة والجدوى التشغيلية للمقترنات والمجسرات دورياً بعد افتتاحها ومراقبة تأثيراتها الإيكولوجية والاقتصادية وتحديث خطط الصيانة الهيكلية بشكل مستمر.

قائمة المصادر والمراجع :

أولا : المصادر العربية

١. أمانة بغداد. (دون تاريخ). أمانة بغداد تعلن التنسيق المشترك لنقل نصب النسور لتعارضه مع مشاريع فك الاختناقات. أمانة بغداد قسم العلاقات والإعلام

٢. الربيعي، حيدر. (٢٠٢٤، ١٨ أكتوبر). العراق التلوث في بغداد يدق ناقوس الخطر بسبب معامل الطابوق والانقلاب الحراري. صحيفة الشرق

٣. السامرائي، إسراء ثامر. (٢٠١٨، يونيو). تقييم الأداء المروري لساحة أحمد عرابي في مدينة بغداد. مجلة الهندسة، ٢٤(٦)

٤. الصفار، نبيل. (٢٠٢٥). استراتيجية الإعمار لافتتاح مشاريع فك الاختناقات المرورية في بغداد. وكالة تنوع الإخبارية

٥. العراق، وزارة الإعمار والإسكان والبلديات العامة. (٢٠٢٥، ١ ديسمبر). دائرة الطرق والجسور تواصل تحقيق تقدماً في أعمال مشروع ربط جسر الطابقين بالجسر المعلق. دائرة الطرق والجسور

٦. العراق، وزارة التخطيط، الجهاز المركزي للإحصاء. (٢٠٢٤). التقرير السنوي لإحصاء سيارات القطاع الخاص المسجلة في العراق لعام ٢٠٢٤. الجهاز المركزي للإحصاء

٧. العمري، مصطفى جلود. (٢٠٢٥، نوفمبر). التقرير الإحصائي الشهري للإصابات المرورية المستقبلة في ردهات الطوارئ لشهر تشرين الأول ٢٠٢٥. مستشفى الناصرية التعليمي، دائرة صحة ذي قار

٨. الهنداوي، عبد الزهرة. (٢٠٢٥، ٢٨ ديسمبر). الزيادة المطردة في أعداد السيارات والخطط الاستراتيجية للبنية التحتية. صحيفة الصباح العراقية

First: Arabic Sources

1. Baghdad Municipality. (n.d.). Baghdad Municipality announces joint coordination to relocate the Eagles Monument due to its conflict with traffic congestion relief projects. Baghdad Municipality, Public Relations and Media Department

2. Al-Rubaie, Haider. (October 18, 2024). Iraq: Pollution in Baghdad raises alarm bells due to brick factories and thermal inversion. Al-Sharq Newspaper

3. Al-Samarrai, Israa Thamer. (June 2018). Evaluating the traffic performance of Ahmed Orabi Square in Baghdad. Engineering Journal, 24(6)

4. Al-Saffar, Nabil. (2025). Reconstruction strategy for inaugurating traffic congestion relief projects in Baghdad. Tanwea News Agency

5. Iraq, Ministry of Construction, Housing and Municipalities. (December 1, 2025). Roads and Bridges Department continues to make progress on the project to connect the two-story bridge to the suspension bridge. Roads and Bridges Department

6. Iraq, Ministry of Planning, Central Statistical Organization. (2024). Annual Report on Private Sector Vehicle Registration Statistics in Iraq for 2024. Central Statistical Organization

7. Al-Omari, Mustafa Jaloud. (November 2025). Monthly Statistical Report on Traffic Injuries Received in Emergency Rooms for October 2025. Nasiriyah Teaching Hospital, Dhi Qar Health Directorate

.٨Al-Hindawi, Abdul Zahra. (December 28, 2025). The Steady Increase in the Number of Vehicles and Strategic Infrastructure Plans. Al-Sabah Iraqi Newspaper

ثانيا : المصادر الأجنبية

1.Al Khafaji, Mohammed, et al. (2020). Estimating delay time and CO2 emissions at Palestine Street intersections in Baghdad City using HCM and SIDRA models. Journal of Engineering and Development, 26(4), 45–62

2.Al Mimany, Ali, et al. (2018). Simulation of traffic flow in unsignalized intersection using computer software SIDRA in Baghdad City. MATEC Web of Conferences, 162, 01035, 1–8

3.Al Sudani, Riyadh, et al. (2025). Analysis of road traffic accidents among Iraqi governorates. Center for Al Minbar Studies and Sustainable Development

4.Highway Capacity Manual. (2000). (4th ed.). Transportation Research Board

5.Oracle. (2025). Oracle Primavera P6 enterprise project portfolio management schedulers manual. Oracle Corp.

6.Akcelik and Associates Pty Ltd. (2020). SIDRA intersection user guide. (Version 9.0).