Journal of Education for Humanities

A peer-reviewed quarterly scientific journal issued by College of Education for Humanities / University of Mosul

Building a virtual model of the street network in the city of Mosul using artificial intelligence

Alaa Hikmat A. Qaba[1] **Lamia Hussein Ali** [2] **Manhal Abdullah hummadi** [3]

Department of Geography College of Education for Humanities. University of Mosul / Mosul , Iraq [1, 2]

Department of Applied Geography college of Literature Tikrit University / Tikrit , Iraq[3]

Article information

Received : 15/12/2024

Accepted: 15/2/2025

Published 10/7/2025

Keywords

artificial intelligence, Gephi, virtual network, street network, Mosul

Correspondence:

Alaa Hikmat A. Qaba

Alaa.hikmat@uomosul.edu.iq

Abstract

In recent years, the city of Mosul has suffered from an unstable state (the wars) that has destroyed the infrastructure and eventually affected the basic services of the city. The city streets were among the important services that were affected by the wars. Most of the main roads, bridges and intersections on both sides of the city of Mosul were destroyed. In addition, the population of Mosul is currently concentrated in the eastern coast of the city of Mosul. This leads to traffic congestion and overcrowding in the streets. This situation has a negative impact on the movement of people (workers, employees and students) in terms of reaching their goal, especially at peak times.

DOI: **********,, ©Authors, 2025, College of Education for Humanities University of Mosul.

This is an open access article under the CC BY 4.0 license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

بناء أنموذج افتراضي لشبكة شوارع في مدينة الموصل باستخدام الذكاء الاصطناعي

الاء حكمت احمد قبع [١] لمياء حسين علي السبعاوي [٢] منهل عبدالله حمادي الجبوري [٣]

قسم الجغرافية كلية التربية للعلوم الإنسانية جامعة الموصل / موصل ، العراق [١، ٢]

قسم الجغرافيا التطبيقية كلية الآداب جامعة تكريت / تكريت ، العراق [٣]

معلومات الارشفة

تاريخ الاستلام : ٢٠٢٤/١٢/١٥

تاريخ القبول : ٢٠٢٥/٢/١٥

تاريخ النشر : ٢٠٢٥/٧/١٠

الكلمات المفتاحية :

الذكاء الاصطناعي ، Gephi ، الشبكة الافتراضية، شبكة الشوارع، الموصل

معلومات الاتصال

الاء حكمت احمد قبع

Alaa.hikmat@uomosul.edu.iq

الملخص

في السنوات الأخيرة ، عانت مدينة الموصل من حالة غير مستقرة (الحروب) أدت إلى تدمير البنية التحتية وأثرت في النهاية على الخدمات الأساسية للمدينة. إذ كانت شوارع المدينة من الخدمات المهمة التي تأثرت بالحروب. ودمرت معظم الطرق والجسور والتقاطعات الرئيسية في جانبي مدينة الموصل. بالإضافة إلى ذلك ، يتركز سكان الموصل حاليًا في الساحل الشرقي لمدينة الموصل. وهذا يؤدي إلى ازدحام مروري واكتظاظ في الشوارع. هذه الحالة لها تأثير سلبي على حركة الناس (العمال و الموظفين و الطلاب) من حيث الوصول إلى غايتهم خاصة في أوقات الذروة.

DOI: **********,, ©Authors, 2025, College of Education for Humanities University of Mosul.
This is an open access article under the CC BY 4.0 license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

المقدمة

أدى التوسع الكبير الذي شهدته مدينة الموصل من خلال التنمية الحضرية والنمو السكاني في السنوات الأخيرة لاسيما الساحل الايسر منها لزيادة الحاجة إلى النقل لإنجاز المهام الكبيرة المتعلقة بعملية إعادة البناء في المنطقة بشكل عام. ونتيجة لذلك ، زادت الحاجة إلى استخدام السكان للمركبات ، وأصبحت هناك حاجة ملحة لتطوير شبكة الشوارع داخل مدينة الموصل من قبل الحكومة المحلية وادارة الخدمات المرتبطة بها. الزيادة في عدد المركبات التي تم استيرادها في السنوات العشر الماضية كبيرة جدا مما يدل على وجود حاجة أكبر لتطوير وتوسيع وتحسين شبكة الشوارع داخل مدينة الموصل من حيث الجودة وكذلك تحسين مستوى انسيابية حركة المرور التي يمثلها مستوى الخدمة Level of Service (LOS) وخاصة في المراكز التجارية بسبب أهميتها الأكبر في توفير الخدمات الأساسية للمدينة والأنشطة مختلفة. تواجه المدن العالمية مشاكل الازدحامات

المرورية المتزايدة. بالتالي الازدحامات المرورية تؤدي الى احداث قلق كبير للسكان في منطقة الدراسة لما ينتج عنه من مشاكل عديدة منها التأخر في الوصل الى الوجه المطلوبة وازدياد اعداد السيارات مما يؤدي الى تجاوز السعة التشغيلية للطرق فينتج عنه تقليل كفاءة مستوى الخدمة للشبكة في مدينة الموصل .

مشكلة البحث

تشهد مدينة الموصل تطوراً سريعا في عدد السكان وفي المساحة العمرانية ، الا انها تعاني من قلة كفاية وكفاءة شبكة الشوارع التي هي بمثابة شرايين الحياة للمدينة ،وتفاقم المشاكل التوسع العمراني المستمر تبعا للزيادة السكانية والهجرة الداخلية من القرى لمدينة الموصل والرحلة اليومية للسكان بهدف تلقي الخدمات مما يشكل ضغطا كبيرا على شبكة الشوارع والخدمات في مدينة الموصل وبالتالي تكمن مشكلة البحث في هل يساهم الذكاء الاصطناعي في عملية تحليل شبكة الشوارع في مدينة الموصل ببناء نموذج يساعد في زيادة كفاءة الشبكة؟

فرضية البحث

تنطلق هذه الدراسة من فرضية علمية رئيسية مفادها ان شبكة الشوارع في مدينة الموصل والتي تم تنفيذها وفق اسس تخطيطية فمن المتوقع انها شبكة ذات درجة كفاءة عالية .بالتالي تم استخدام الذكاء الاصطناعي حيث يساهم في عملية تحليل واقع شبكة الشوارع في مدينة الموصل واعطاء صورة مستقبلية للتنبؤ بواقع الشبكة ،حيث اعتمدت الدراسة الذكاء الاصطناعي الذي دخل حديثاً في الدراسات الجغرافية كتقنية ،وبالتالي نسعى من وراء هذه الدراسة لتحقق من صحة او خطا هذه الفرضيات بغية الوصول الى الغاية بخطوات علمية مترابطة ومنطقية.

هدف الدراسة

تهدف الدراسة الى تحليل شبكة الشوارع في مدينة الموصل لمعرفة كفاءتها وفعاليتها و خصائصها من حيث درجة الترابط والاتصال ونقطة سهولة الوصول ، والتعرف على اهم العوامل التي تساهم في تحديد صورة شبكة الشوارع في مدينة الموصل من خلال استخدام التقنيات الحديثة ومنها الذكاء الاصطناعي في امكانية تصنف مجموعات البيانات الخاصة بشبكة الشوارع في مدينة الموصل باستخدام التقانات المعاصرة المختلفة ، وذلك للكشف عن طريقة ذات دقة عالية في تصنيف مجموعات البيانات الجغرافية المعقدة باستخدام تقنية الذكاء الاصطناعي . ثم وضع المقترحات التي تعمل على تطويرها بما يخدم سكان المدينة.

منهجية الدراسة

تم الاعتماد في هذا البحث على المنهج الوصفي من خلال وصف الموضوع بشكل علمي منهجي يقودنا الى خلق رؤية واضحة عن المشكلة ، فضلا عن المنهج التحليلي الذي اعتمد على تحليل المعلومات من خلال العمل الميداني والمشاهدة على دراسة الحالة وكذلك استخدام تقنية الذكاء الاصطناعي برنامج (Gephi)مما يساعد على الوصول الى نتائج دقيقة وواضحة.

اولا:اختيار منطقة الدراسة

تم اختيار مدينة الموصـــل كمنطقة دراســـة حيث تتميز لكونها من اكثر المناطق المكتظة بالســـكان في الجانبين (الايسر – الايمن) حيث تمتاز المدينة بالزخم المروري العالي كون اغلبها مناطق تجارية واسواق ويوجد من ضـمنها العديد من المؤسـسـات الحكومية والتربوية وكذلك منطقة الدراسـة مجاورة لمدينتي اربيل ودهوك وان الشوارع التي تربط مدينة الموصل بهاتين المدينتين تتميز بالكثافة المرورية العالية وذلك بسبب الانشطة التجارية الكبيرة بين مدينة الموصـــل ومدينتي اربيل ودهوك , ولكون موضـــوع البحث هو اســـاســـا لمعالجة الازدحامات المرورية كان يجب علينا اختيار منطقة دراســة تتميز بكونها ذات مشــاكل مرورية كبيرة كما في منطقة الدراســة التي هي ضمن حدود هذا البحث.

ثانيا:شبكات الشوارع

هي واحدة من العديد من الشـبكات العشـوائية في العالم الحقيقي ، وهي عبارة عن شـبكة شـوارع منظمة ومعبدة متصلة ببعضها مصممة لتستخدمها الحافلات والسيارات والشاحنات. شبكة الشوارع هي مقياس تطور أي مدينة أو بلد. حيث توجد شبكة شوارع متطورة توجد دول متطورة. تشكل شبكات الشوارع بشكل عام أبسط مستوى من البنية التحتية للمواصلات داخل المناطق الحضرية. على الرغم من أن شبكات النقل الجوي والاتصالات السلكية واللاسلكية بدأت تنافس شبكات الشوارع في نهاية القرن العشرين ، إلا أنه لا يزال وسيلة نقل مهمة جدًا.(سومر و وادي,٢٠١٢, ١٥٥-١٨٩)

تسـهل شـبكات الشـوارع حركة الناس للتفاعل الاجتماعي. تعد شـبكة الشـوارع الجيدة ضـرورية ليس فقط لربط المراكز الحضـرية الرئيسية ولكن أيضًـا لتحسين اتصـال المجتمعات المحلية المعزولة والتي لديها بدائل نقل محدودة أو غير متوفرة. تربط الشوارع المجتمعات المعزولة بالمناطق التي بها المزيد من مرافق الخدمة.

يتم تحديد قدرة الشـبكة من خلال طرقها. سـعة الطريق هي الحد الأقصـى لعدد المركبات التي يمكنها اسـتخدام جانب معين من الطريق في سـاعة واحدة. يتم تحديد سـعة الشـبكة إذا كانت تتضـمن عقدة بين العقد ، وأيضًا من خلال عرضها ، وعدد الممرات والحد الأقصى للسرعة. إذا كانت حركة المرور أكبر من سعة الطريق سيكون هناك ازدحام (ازدحام مروري). عند حدوث اختناقات مرورية ، لا تستطيع شبكة الشوارع تحقيق الغرض منها. و لمنع أو تقليل الاختناقات المرورية ، يجب اتخاذ بعض الإجراءات مثل توسيع الشارع لتقليل وزن الحافة أو حتى اقتراح استراتيجيات قادرة على تخفيف المشكلة.

ثالثا:الذكاء الاصطناعي

للذكاء الاصطناعي إمكانات هائلة في حركة المرور على شبكة الشوارع. يمكن أن تجعل القيادة أكثر راحة وأمانًا ، ولكنها أيضًا أكثر مرونة وذكاء. الخوارزميات المتقدمة التي تستند إلى مبادئ الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي والبيانات الضخمة تأخذ في الاعتبار حجم حركة المرور ووضع مواقف السيارات في الوقت الحقيقي لتحسين تدفق

حركة المرور وتحسين التنقل الفردي. ونتيجة لذلك ، يصل المستخدم إلى وجهته في أسرع وقت ممكن وبأمان وراحة. يمكن أن تسهم الشبكات العامة ("إنترنت الأشياء") بشكل كبير في تسريع مثل هذه العمليات وفي بعض الحالات تجعلها ممكنة في المقام الأول. بالتالي يشهد عالم اليوم ثورة كبيرة في التكنولوجيا. أثرت هذه الثورة على حياتنا في العديد من الجوانب المختلفة. من أكثر الجوانب التي نلاحظها تطوير مدننا ، والتي تتأثر بشكل كبير بالتقنيات الحالية. كما هو معروف ، تحتوي المدن على أبنية وشبكة شوارع وشركات ومحطات وشبكات كهرباء وشبكات تحت الأرض ، إلخ. تحتوي المدن أيضًا على عدد معين من الأشخاص الذين يعيشون في هذه المدن (سيد,٢٠١١).اذ تعتبر بعض المدن ذات كثافة سكانية عالية ، في حين أن المدن الأخرى منخفضة الكثافة السكانية.

رابعاً:برنامج Gephi

Gephi عبارة عن حزمة برامج تحليل مفتوحة المصدر للشبكة مكتوبة بلغة Java على نظام Net Beans الأساسي. تم استخدام Gephi في عدد من المشاريع البحثية في الأوساط الأكاديمية والصحافة وأماكن أخرى ، على سبيل المثال في تصور الاتصال العالمي لمحتوىNew York Times. (2009, Bastian) وفحص حركة مرور شبكة Twitter أثناء الاضطرابات الاجتماعية جنبًا إلى جنب مع المزيد من موضوعات تحليل الشبكة التقليدية. اما استخدامات برنامجGephi فيستخدم Gephi على نطاق واسع في العلوم الإنسانية الرقمية والأدب والعلوم السياسية وما إلى ذلك ، وهو مجتمع يشارك فيه العديد من مطوريه. استوحى Gephi من LinkedIn In Maps واستخدم في تصورات الشبكة لـ Truthy(1996) .West, D. B.

خامساً:تطبيق البرنامج المقترح

تم استخدام تطبيقGephi البرنامج المقترح في تنفيذ الدراسة بمراحلها المختلفة حيث يعتمد على مفاهيم مستوحاة من الشبكات المعقدة(2020,Mathieu and Sebastien). تم جمع مجموعة بيانات هذا العمل بناءً على شبكة الشوارع الحقيقية لمدينة الموصل من خلال العمل الميداني، اذ تحتوي مجموعة البيانات على عقد (تقاطعات) وحواف (شوارع). نقوم بإضفاء الطابع الرسمي على كل تقاطع ودورة في جانبي مدينة الموصل كعقدة (تقاطع) والحواف بين هذه العقد هي الشوارع التي تربط التقاطعات. يُطلق على الرسم البياني الذي تم إنشاؤه اسم "الشبكات المعقدة" ، والتي تمثل شبكة الشوارع في مدينة الموصل. بعد إنشاء الشبكة نقوم بتضمين قياسات الشبكة مثل المركزية البينية ومركزية التقارب ووزن الحافة ومركزية الدرجة لإجراء تحليل شامل لشبكاتنا(Foulds,2012)، التي ستهتم بتحليل واقع الحال والمستقبل للشبكة ومعرفة مواقع الضعف والازدحام فيها والإسراع الى وضع حلول آنية او مستقبلية استراتيجية ولغرض تنفيذ مراحل البرنامج المقترح Gephi و بعد تحديد الحدود الجغرافية لمنطقة الدراسة والشبكة المشمولة بها نقدم التوصيات والاقتراحات التي يمكن أن تسهم في تخفيف مشكلة الازدحام المروري في مدينة الموصل. اذ نحاول في هذا الدراسة تقصي دراسة حالة معينة

ودراستها ، وهي حالة مدينة الموصل. دافعنا في دراسة الحالة هذه هو أن بعض مناطق مدينة الموصل يمثل المنطقة الأكثر ازدحامًا في شمال العراق. حيث تسببت الحرب الأخيرة ضد الجماعات الارهابية في تضرر الكثير من الأماكن مما أدى إلى نزوح المواطنين إلى المناطق الأقل تضرراً . دُمرت معظم البنى التحتية في مدينة الموصل واستقرت غالبية سكان الموصل على ساحلها الشرقي. وسيستمر هذا الوضع حتى تنتهي الحكومة من إصلاح المناطق المتضررة. هذا في الواقع قد يستغرق سنوات ويجب تخفيف المشكلة قدر الإمكان وجعل تحركات الناس أكثر مرونة مع تقليل الوقت المهدور ولتحقيق هذه الغاية ، نخطط لإنشاء شبكة معقدة (رسم بياني ضخم) تحتوي على عقد وحواف. تمثل كل عقدة تقاطعًا ، والحواف هي الشوارع التي تربط هذه التقاطعات بعد ذلك نهدف إلى تصور وتحليل الشبكة المتولدة والتوصل إلى حقائق على شبكة مدينة الموصل. كما نخطط لتقديم اقتراحات وتوصيات يمكن أن يتبناها مسؤولو مدينة الموصل. في تحليلنا نخطط لاستخدام مفاهيم الشبكات المعقدة بالإضافة إلى المفاهيم الملهمة من نظرية الرسم البياني.

سادساً:عملية جمع البيانات وادخالها في البرنامج

استند جمع البيانات على دراسة ميدانية الى التقاطعات ودائرة المرور نينوى قسم البلدة، مما ساعد على تحديد عقد الشبكة ودرجة العقدة ،ودرجة الازدحام الذي ساعد في حساب قياسات الشبكة. كانت درجة الازدحام هي السبب الذي ساعد في فهم الشبكة وتقديم الاقتراحات للمشكلة و التي تم النظر فيها في هذا المشروع علاوة على ذلك استخدمنا بعض التطبيقات مثل خرائط جوجل وخرائط مي. على الرغم من وجود العديد من المعوقات ، قمنا بجمع ٩٠٪ من البيانات المطلوبة. بعد جمع البيانات اللازمة لرسم الرسوم البيانية ، بدأنا مرحلة إدخال البيانات.

اذ تم إدخال البيانات من خلال Microsoft Excel ، ثم قمنا بإنشاء شبكة معقدة بكل عقدها باستخدام برنامج Gephi. بلغ عدد التقاطعات التي تم جمعها في هذا الدراسة ٦٥ تقاطعاً مع ١٢٩ شارعاً مترابطاً.

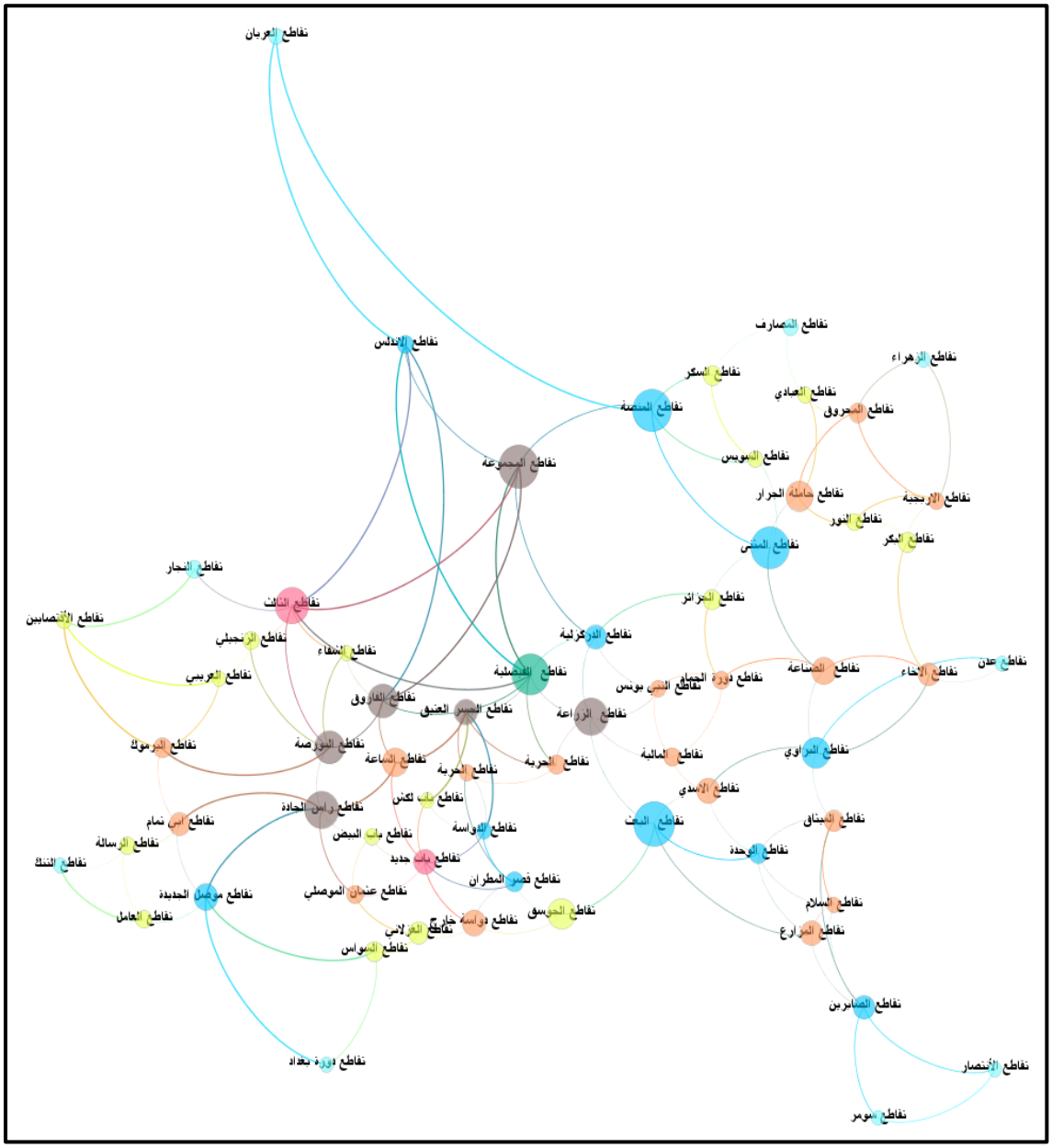
سابعاً:تصوير الشبكة (Network Visualization)

بعد إكمال إدخال البيانات الى برنامج (Gephi) تم القيام بعملية تصوير الشبكة وفقاً لمفاهيم الشبكات المعقدة والنظرية المعقدة وكما تم شرحه سابقاً. اذ يوضح الشكل (١) الشبكة الأساسية للشوارع في مدينة الموصل والتي تضم أبرز التقاطعات في جانبيها الأيمن والأيسر. تم الاعتماد في تصوير الشبكة على الإحداثيات الخاصة بكل تقاطع اعتماداً على البيانات التي تم جمعها من (Google Maps) والعمل الميداني. إن هذه الطريقة تعتمد على تسقيط كل تقاطع على موقعه الحقيقي الجغرافي على ارض الواقع. علاوة على ذلك، يعد هذا التصوير انعكاساً دقيقا للمسافات التي تفصل بين التقاطعات. حيث يقوم البرنامج المستخدم (Gephi) بحساب الفرق في المسافة بين الإحداثيات بطريقة تجعل طول الحافة بين عقدتين حقيقياً ومحسوباً بوحدة

الكيلومتر. مثال ذلك، نلاحظ في الشـــكل (١) أن عقدة تقاطع العريان الظاهرة في اعلى الشـــبكة تعكس الموقع الحقيقي لها على ارض الواقع في الجانب الأيسر لمدينة الموصل.

إن اختلاف الألوان في الشـــبكة الموضـــحة في الشـــكل (١) يعكس اختلاف التقاطعات ولا يعبر عن معلومة محددة. ولكن حجم العقد (التقاطعات) يعكس أهمية مركزية الارتباطات الخاصـة بكل عقدة. حيث نلاحظ وجود عقد كبيرة الحجم وأخرى صـغيرة، تعكس الكبيرة منها أهميتها المركزية وتموقعها في الشـبكة بشـكل أفضـل من تلك التي بـأحجـام أقـل. إن هـذه الميزة تم اســـتخـدامهـا بـالاعتمـاد على معيـار البينيـة المركزيـة للعقـد (Betweenness Centrality). وهو معيار يستخدم في إيجاد قوة تمركز عقدة معينة في شبكة معينة. علاوة على ذلك، توضح الشبكة سمكاً مختلفاً للحواف (الشوارع) والذي يمثل الحمل الذي يشهده شارع معين خلال اليوم الواحد.

الشكل (١) الشبكة الافتراضية لشبكة شوارع مدينة الموصل بجانبيها الأيمن والأيسر



المصدر : من عمل الباحثة بالاعتماد على برنامج Gephi

ثامناً:حساب قيم معايير الشبكة

تم حساب معايير الشبكة العامة وتفسيرها وتوضيح الواقع الذي تعكسه هذه المعاييرمن خلال البرنامج .حيث نلاحظ من خلال الجدول (١) يوضح المعايير المستخدمة في الدراسة الحالية. إن تفسير المعايير الموضحة في الجدول يمكن تلخيصها بالتالي:

جدول (١) قيم معايير شبكة الشوارع في جانبي مدينة الموصل (الايمن –الإيسر).

عدد العقد	عدد الحواف	معدل درجة العقد	قطر الشبكة	كثافة الشبكة	معدل معامل التجميع (العنقدة)	معدل أقصر المسارات
٦٥	١٢٩	٣,٩٦٩	١١	٠,٠٦٢	٠,٣٦٨	٤,٥٠٦

- **عدد العقد (Number of Nodes):** يمثل عدد أهم التقاطعات الموجود في خرائط (Google Maps) والتي تم اعتمادها في دراستنا الحالية.
- **عدد الحواف (Number of Edges):** يمثل عدد الشوارع التي تفصل التقاطعات في الشبكة وحسب بيانات (Google Maps) التي تم اعتمادها في الدراسة الحالية.
- **معدل درجة العقد (Average Degree):** يمثل معدل عدد الشوارع التي تربط التقاطعات، وهنا تجدر الإشارة الى أن هناك تقاطعات ثلاثية وأخرى رباعية. ومن القيمة الظاهرة في الجدول نلاحظ أن الشبكة تعكس ٣,٩٦٩ وهذا يدل على أن اغلب التقاطعات هي رباعية ولكن هناك تقاطعات ثلاثية أدت الى انخفاض القيمة تحت (٤).
- **قطر الشبكة (Network Diameter):** تم الحصول على قطر شبكة بمقدار ١١ في الشبكة، وهذا يعد مؤشراً سلبيا على طريقة تصميم الشبكة. وهذا يعكس حقيقة احتياجنا الى المرور خلال ١١ تقاطعاً لغرض العبور بين اقصى نقطتين في المدينة.
- **كثافة الشبكة (Network Density):** وتمثل كثافة الشوارع في المدينة وتظهر نتائج الشبكة القيمة ٠,٠٦٢ وهو مقدار عال مقارنة بشبكات الطرق حول العالم بمعدل يصل الى ٠,٠١. اذ إن هذه الكثافة تعكس عدد التقاطعات الموجودة في المدينة وشحة في الشوارع المحورية الطويلة.
- **معدل معامل التجميع (العنقدة) (Average Clustering Coefficient):** يعكس معمل العنقدة للشبكة قيمة ٠,٣٦٨ اي إن هناك ميلاً ضعيفاً لشوارع المدينة لكي تتجمع مع بعضها. بعبارة أخرى، إن طريقة التصميم لشبكة الشوارع في مدينة الموصل لم تأخذ بنظر الاعتبار التطوير الذي قد يحصل مستقبلاً للشبكة. وهذا ما نشهده يومياً من زخم مروري في المدينة.

- **معدل أقصر المسارات (Average Shortest Paths):** يعبر هذا المعيار عن أقصر عدد ممكن من الشوارع يمكن اجتيازها لغرض المرور بين نقطتين في المدينة. وإن أقصر عدد من الشوارع التي يمكن المرور بها خلال المدينة ككل وصل الى ٤,٥٠٦ وهو أيضا يفسر القيم السابقة لمعايير شبكة الشوارع في مدينة الموصل.

تاسعاً: حساب قيم معايير العقد

تم حساب قيم معايير الشبكة لكل عقدة، حيث تم استخدام المعايير التالي:

- **الحمل (Load):** تم استخدام هذا العامل بالاعتماد على الاستطلاعات التي قامت بها الباحثة من خلال أشخاص مختصين في مجال شبكة الشوارع ، حيث تم تصنيف التقاطعات الى خمس مستويات ١ الى ٥ حيث يمثل ٥ الأكثر ازدحاماً مرورياً و١ الأقل ازدحاماً مرورياً.
- **القرب المركزي (Closeness Centrality):** يمثل مقدرا قرب تقاطع معين من التقاطعات الأخرى في الشبكة وتم استخدام برنامج Gephi في حساب هذه القيم. وتعكس اعلى قرب مركزي في الشبكة.
- **البينية المركزية (Betweenness Centrality):** يعبر هذا المعيار عن مدى أهمية تمركز تقاطع معين ضمن الشبكة، بعبارة أخرى، يعد هذا المعيار مقياساً لمدى تمركز تقاطع معين في انسيابية المرور للتقاطعات الأخرى. والقيم العليا لهذا المعيار تعبر عن أهمية اكبر من التقاطعات التي تحمل قيماً أصغر.
- **معامل التجميع (العنقدة) (Clustering Coefficient):** يعكس هذا المعيار مدى ميول تقاطع معين مع التقاطعات الأخرى في الشبكة. والقيم العليا منه تعكس ميولاً أكبر.
- **مركزية ايكن (Eigen Centrality) (التمركز الذاتي)** : هذا المعيار يعد أيضا من المعايير المهمة المستخدمة في الدراسة الحالية والذي يعبر عن مدى ارتباط تقاطع معين مع التقاطعات الأكثر أهمية في الشبكة.

التقاطعات وفقاً لمعايير الشبكة المركزية

لدراسة أي شبكة طرق، يجب التعرف على أبرز التقاطعات فيها وأخذها بنظر الاعتبار عن إجراء أي تحسين. إن كل معيار مركزي له خصوصيته التي تختلف عن غيره، وان كل معيار يعكس حقيقة معينة عن تقاطع معين. وعليه، لا يوجد تفضيل لمعيار على معيار أخر ويتم استخدامهم حسب ما تتطلبه المسألة.

من هذا المنطلق، تم اختيار أهم عشر تقاطعات في شبكة الطرق لمدينة الموصل وتم استخدام أربعة معايير (Heidler,2014,37) وهي:

- معيار البينية المركزية.
- معيار القرب المركزي.
- معيار مركزية ايكن.

- قيمة معامل التجميع.

الجداول (٤) و(٥) و(٦) و(٧) توضح أهم ١٠ تقاطعات وحسب كل معيار مذكور أعلاه وكما في الملحق رقم (١)

السيناريوهات المقترحة لتحسين شبكة الطرق

تمهيد..

من اجل تطبيق البرنامج المقترح لتنفيذ الدراسة والمقترحات وبعد ادخالها البيانات في برنامج Gephi والذي سيهتم بتحليل واقع الحال والمستقبل لشبكة الشوارع ومعرفة مواقع الضعف والازدحام فيها والاسراع الى وضع حلول آنية ومستقبلية استراتيجية ولغرض تنفيذ مراحل البرنامج المقترح بعد تحديد الحدود الجغرافية لمنطقة الدراسة والشبكة حيث تم إعداد هذه السيناريوهات للرؤية الشاملة لشبكة الشوارع مدينة الموصل لأجل حل المشاكل التي تواجه هذه التقاطعات منها الحوادث والازدحامات والضوضاء وتلوث الهواء وذلك لغايات دراسة الرؤية الاستراتيجية للمدينة والتي تضم مجموعة من التوصيات الاستراتيجية رفيعة المستوى لتحقيق التغير الجذري والتطوير المستقبلي لشبكة الشوارع في مدينة الموصل .

-استحداث مجسرات جديدة

إن استحداث مجسر معين يعني الغاء تقاطع وجعل عملية المرور انسيابية أكثر. وإن الاستراتيجية المتبعة في إضافة مجسر ما جعل فيها الباحثة تعتمد على معيار اعلى قيم قرب مركزي للتقاطعات، اذ أن هذا المعيار يعكس مدى قرب تقاطع معين من التقاطعات الأخرى في الشبكة. لذلك تم الاعتماد على اختيار اعلى ثلاث تقاطعات من الجانب الأيسر والذي يعد مصدراً للزخم المروري في مدينة الموصل، وإن السبب في اختيار اعلى قيمة قرب مركزي لثلاث تقاطعات فقط هو التجارب التي قامت بها الباحثة، بحيث تم الأخذ ينظر الاعتبار الكلفة في استحداث مجسر وجدوى استحداثه على شبكة الشوارع في المدينة. حيث قامت الباحثة في اقتراح باستحداث ستة عشر مجسر في الشبكة. ومن تجارب استحداث المجسرات في الوقت الراهن منها استحداث مجسرات وكما يلي:

- استحداث مجسر في تقاطع الفيصلية.
- استحداث مجسر في تقاطع المجموعة.
- استحداث مجسر في تقاطع الزراعة.

إن نتائج معايير الشبكة قبل وبعد هذا السيناريو يمكن مقارنتها مع الشبكة الأساسية بالجدول (٢). حيث نلاحظ أن هناك تحسنا في قيم المعايير. ويمكن ملاحظة أن التحسن الذي طرأ على معايير الشبكة مقارنة بالسيناريو اللاحق (استحداث شوارع) يعد اقل كفاءة من حيث التكلفة. بمعنى أخر إن استحداث شوارع جديدة يعد اقل تكلفة

من استحداث مجسرات علاوة على أن معايير الشبكة عكست أداء أفضل من سيناريو استحداث مجسرات. وهذا يدعو الى التفكير ملياً قبل تبني أي استراتيجية من شأنها تحسين شبكة شوارع مدينة الموصل.

ومن اهم الاسباب التي ادت الى استحداث هذه السيناريوهات هو الزيادة السريعة للتحضر مما ادى الى زيادة النمو السكاني وتوسيع المدن وبالنتيجة كانت هناك زيادة كبيرة وسريعة في التنقل من مكان الى اخر وايضا هناك الرغبة المتزايدة في امتلاك المركبات الخاصة وكنتيجة لهذا كان هناك عدم توازن بين واقع حال البنية التحتية للنقل الحضري (شبكة الشوارع) من جهة ومعدل النمو السريع للطلب على النقل من مكان لأخر من جهة اخرى مما ادى الازدحام المروري الى زيادة نسبة الحوادث المرورية وزيادة التلوث البيئي ، وهنا زاد تأثير مستخدمي الشارع وقلت نسبة الموثوقية للشبكة المرورية وفي هذه الحالة اصبح من الضروري جداً ايجاد حل لواقع الشبكة في المدينة تؤدي الى نتيجة فعالة جداً لإدارة هذا الوضع والتطور في المدينة. وكذلك من الاسباب التي تؤدي الى عمل المجسرات بدل التقاطعات المزدحمة بشكل كبير هو انه ليس هناك تنسيق او ترتيب بين معدل النمو والزيادة في اعداد المركبات وبين معدل نمو وتطور الشوارع، وعدم انضباط بعض مستخدمي الشارع بقواعد لمرور يؤدي ايضا الى الازدحام المروري. ويعيق الازدحام المروري في التقاطعات حركة المرور المركبات المخصصة للطوارئ مثل سيارات الاسعاف وسيارات اطفاء الحرائق.. الخ.

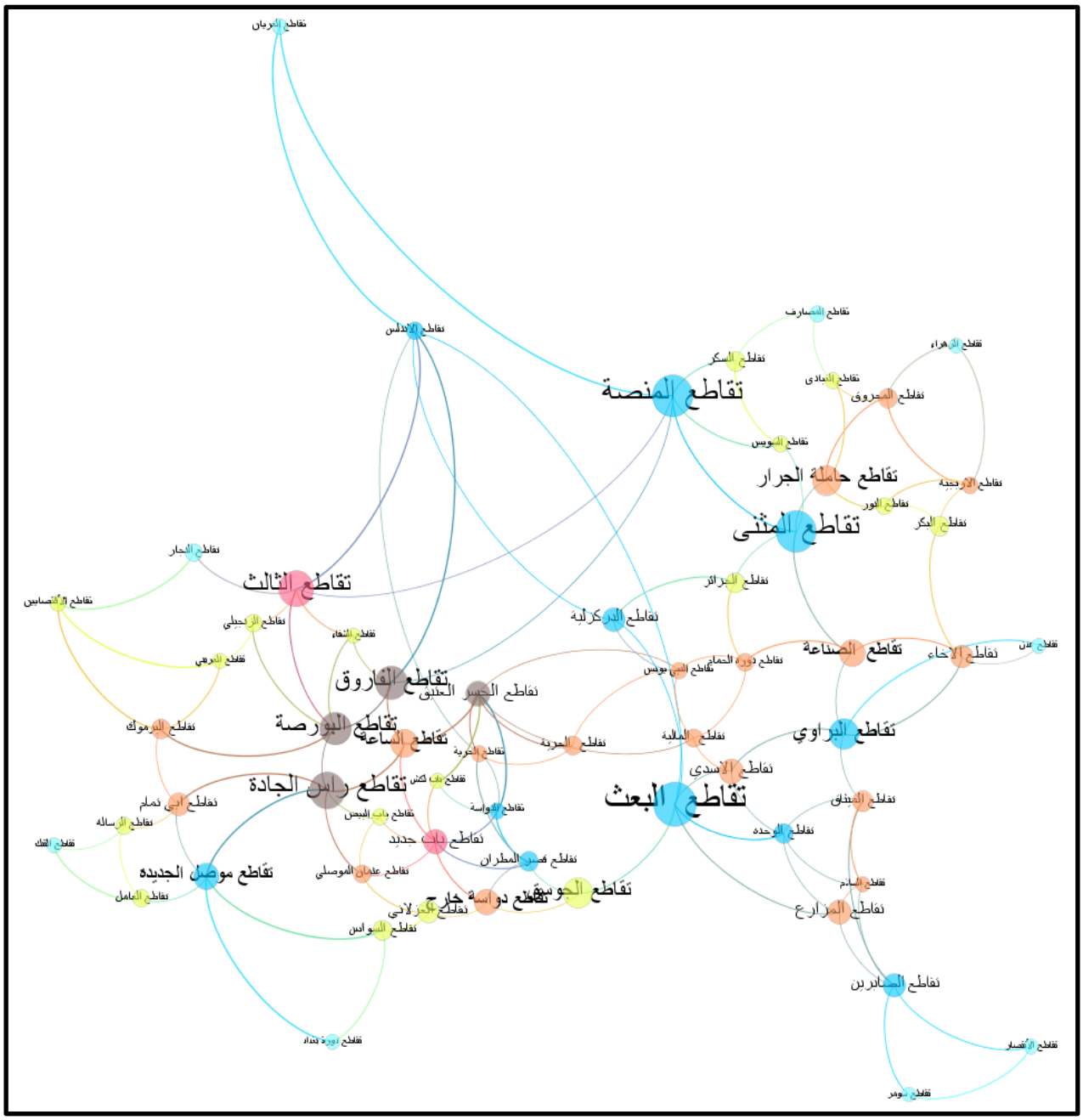
وبعد ادخال البيانات في البرنامج واقتراح السيناريو لعمل بعض المجسرات التي تغير من واقع الشبكة نلاحظ الشكل النهائي للشكل (١) والصورة النهائية لشكل المجسر كما هو واضح في الخريطة (١) والصورة الجوية (١) والاستفادة من الشبكة المقترحة حيث ان الطريقة او الاسلوب في التحليل الذي تم تنفيذه انه معقول ويحقق نتائج مقبولة في الدراسة كما هو موضح .اذا نلاحظ من خلال هذا السيناريو انه تم اقتراح عمل نظام المجسرات لبعض التقاطعات المهمة كنماذج في مدينة الموصل (منطقة الدراسة) ومنها (تقاطع الفيصلية– تقاطع المجموعة – تقاطع الزراعة) التي تعتبر اكثرها ازدحاماً من حيث حجم الحركة المرورية على حركة المركبات . وبعد تنفيذ الامر تم خلق شبكة جديدة وبمعطيات جديدة لتقليل الازدحامات المرورية الخانقة في كل حالة للدخول من اي نقطة والمغادرة من كل النقاط الاخرى.

ثمَّ يعد السيناريو بشكله النهائي مهماً جداً من الناحية الاقتصادية والصحية في ادارة المركبات و في التحكم باستهلاك الطاقة المستخدمة من ناحية وتقليل الازدحامات من ناحية اخرى، بالتالي فكان له دور كبير في تقليل كلفة النقل وكذلك تقليل وقت الرحلة . اما من الناحية الصحية كان هدفها هو تقليل التلوث البيئي والضوضاء والضغط النفسي بصورة كبيرة من خلال تقليل الغازات المنبعثة من السيارات وتأثيرها على المدينة ككل .

جدول (٢) قيم معايير شبكة الشوارع في جانبي مدينة الموصل قبل التحسين وبعد التحسين (استحداث مجسرات).

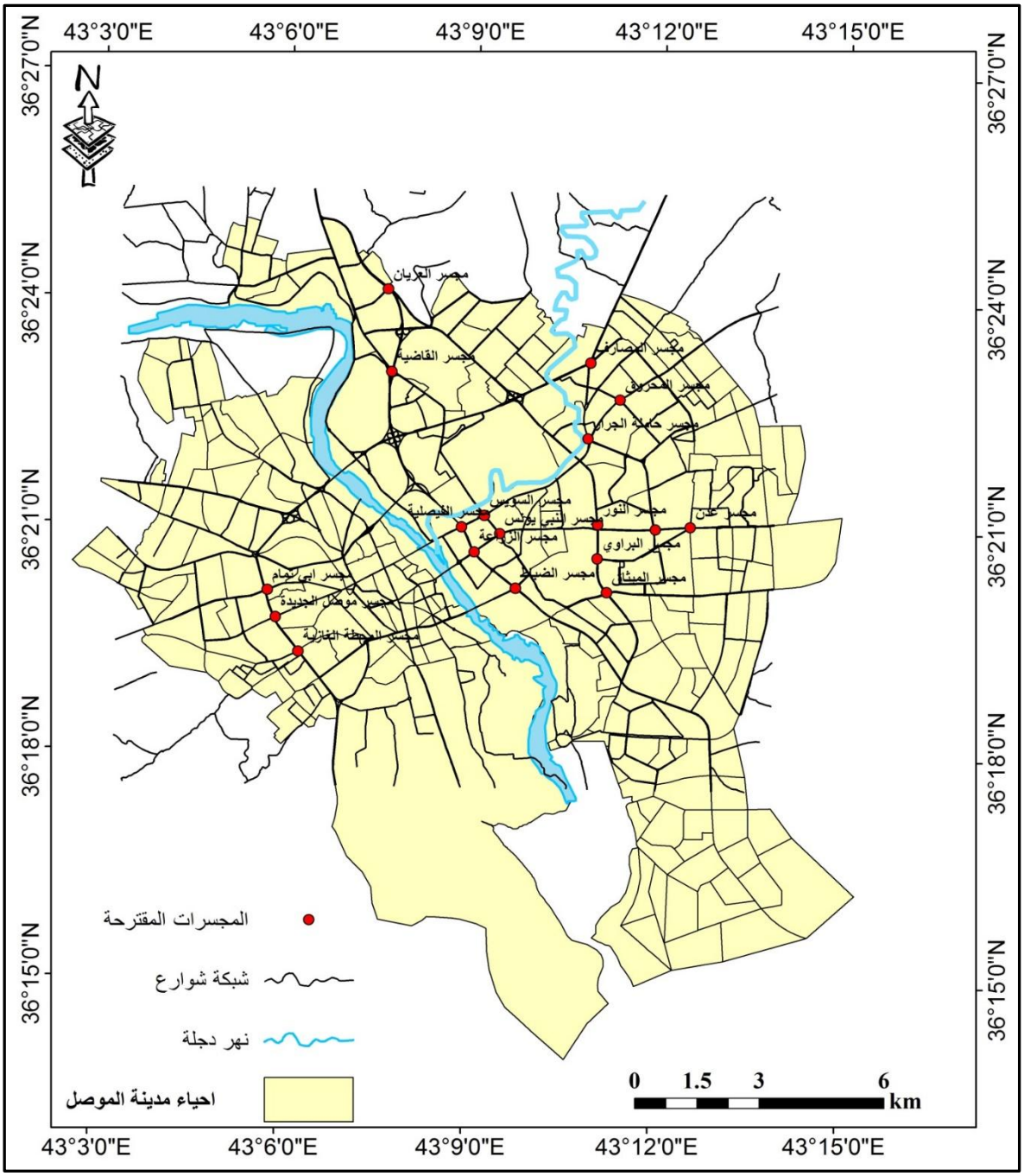
	عدد العقد	عدد الحواف	معدل درجة العقد	قطر الشبكة	كثافة الشبكة	معدل معامل التجميع (العنقدة)	معدل أقصر المسارات		
قبل	٦٥	١٢٩	٣.٩٦٩	١١	٠.٠٦٢	٠.٣٦٨	٤.٥٠٦		
بعد	٦٢		١٢٠		٣,٨٧١	١٠	٠,٠٦٣	٠,٣٥١	٤,٢٢٧

الشكل (٢) الشبكة الافتراضية شبكة شوارع مدينة الموصل بعد تطبيق سيناريو استحداث مجسرات جديدة.



المصدر : من عمل الباحثة بالاعتماد على برنامج Gephi

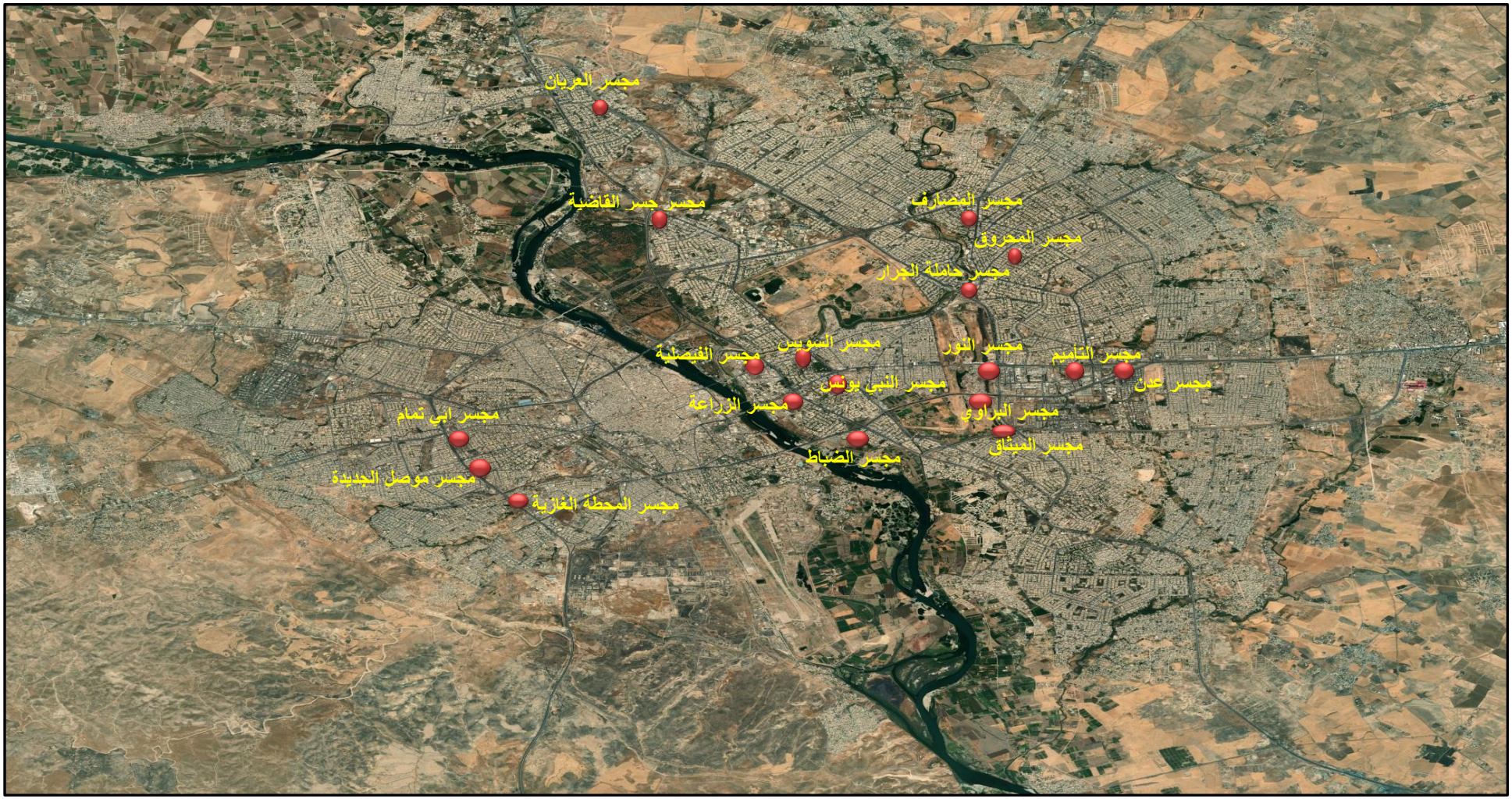
خريطة(١) المجسرات المقترحة لشبكة شوارع مدينة الموصل



المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على برنامج ArcGis V.10.8.

صور(١) الجسور المقترحة لمدينة الموصل

1



-السيناريوهات المقترحة استحداث شوارع جديدة

في هذا السيناريو، وبناءً على الدراسة العميقة لشبكة الشوارع لمدينة الموصل، تم اقتراح استحداث عدة شوارع جديدة تضاف الى شبكة الشوارع الموجودة حالياً. اذ إن الاستراتيجية التي تم اعتمادها في هذا المقترح تعتمد وبشكل رئيسي على الشبكة ومعاييرها بحيث إن إضافة شارع مستحدث يعني أضاف حافة الى الشبكة تربط بين عقدتين. وإن الطريقة المقترحة في فحص تأثير إضافة شارع معين الى الشبكة تعتمد على مقارنة معايير الشبكة الأساسية كما في الجدول(٢) مع نفس المعايير بعد إضافة الشارع المستحدث الى الشبكة. وبهذا الخصوص تم اقتراح نماذج لإضافة الشوارع التالية الى الشبكة:

- إضافة شارع يربط تقاطع عدن مع تقاطع الزهراء (اليعربية).
- إضافة شارع يربط بين شارع الحي الزراعي مع تقاطع المثنى.
- إضافة شارع يربط تكملة نفق الصحة بتقاطع الزنجيلي.
- إضافة شارع حولي استراتيجي يربط التقاطعات الموجودة في أطراف المدينة.

يلاحظ من الجدول (٣) نتائج حساب معايير الشبكة بعد استخدام سيناريو استحداث شوارع والتي تبين إن هناك تحسنا ملحوظاً في قيم معايير شبكة الشوارع لمدينة الموصل. تجدر الإشارة الى أن إضافة الطريق الحولي يلعب دورا أساسيا في تخفيف الزخم المروري عن التقاطعات الأخرى، الأمر الذي سوف يؤدي الى تغيير الكثير من مسارات العجلات خاصة منها المتوجهة الى خارج المدينة أو سيارات الحمل التي تسبب زخما كبيرا في حركة المرور. وإن شكل الشبكة بعد تطبيق هذا السيناريو سوف يكون كما في الشكل (٣).

بعد ادخال البيانات الخاصة بمنطقة الدراسة بإضافة مقترحات لشوارع جديدة وكذلك تقليص شوارع في بعض المناطق كما موضح في الصورة الجوية (٢). كان وراء عمل هذا السيناريو هو الازدحامات المرورية على التقاطعات في المناطق الحضرية تمثل مشكلة كبيرة جداً حيث تؤثر بشكل كبير على زيادة التكلفة . وبالتالي تأثيرها على اقتصاد المدينة بشكل عام حيث تأتي هذه الزيادة في الازدحامات بسبب التغير في استخدام الارض قرب الشوارع بشكل كبير ، وهناك سبب اخر لإيجاد حل لمشكلة الشوارع والتقاطعات المزدحمة بشدة في المناطق المزدحمة لمدينة الموصل هي الطبيعة غير المتوقعة لمعدلات تدفق حركة المرور في وقت معين فيمكن ان يكون هناك اختلاف في هذه التدفقات المرورية نتيجة حوادث مرورية المفاجأة وغير المتوقعة او الاعطال المفاجئة للمركبات او حالات الطوارئ او اي احداث آنية مفاجأة قد تحدث في اي وقت. وايضا من الاسباب اضاعة وخسارة الوقت بالنسبة لسائقي مركبات وكذلك و الهدر في الوقود وزيادة تلوث الهواء وابتعاث غاز ثاني اوكسيد الكاربون بسبب التباطؤ والتسارع والمكابح، وكذلك تؤدي هذه الازدحامات المرورية ايضا الى الضغط النفسي للسائقين وبالتالي التأثير على حالتهم النفسية ، كذلك من الاسباب المهمة جداً هو التأخر عن

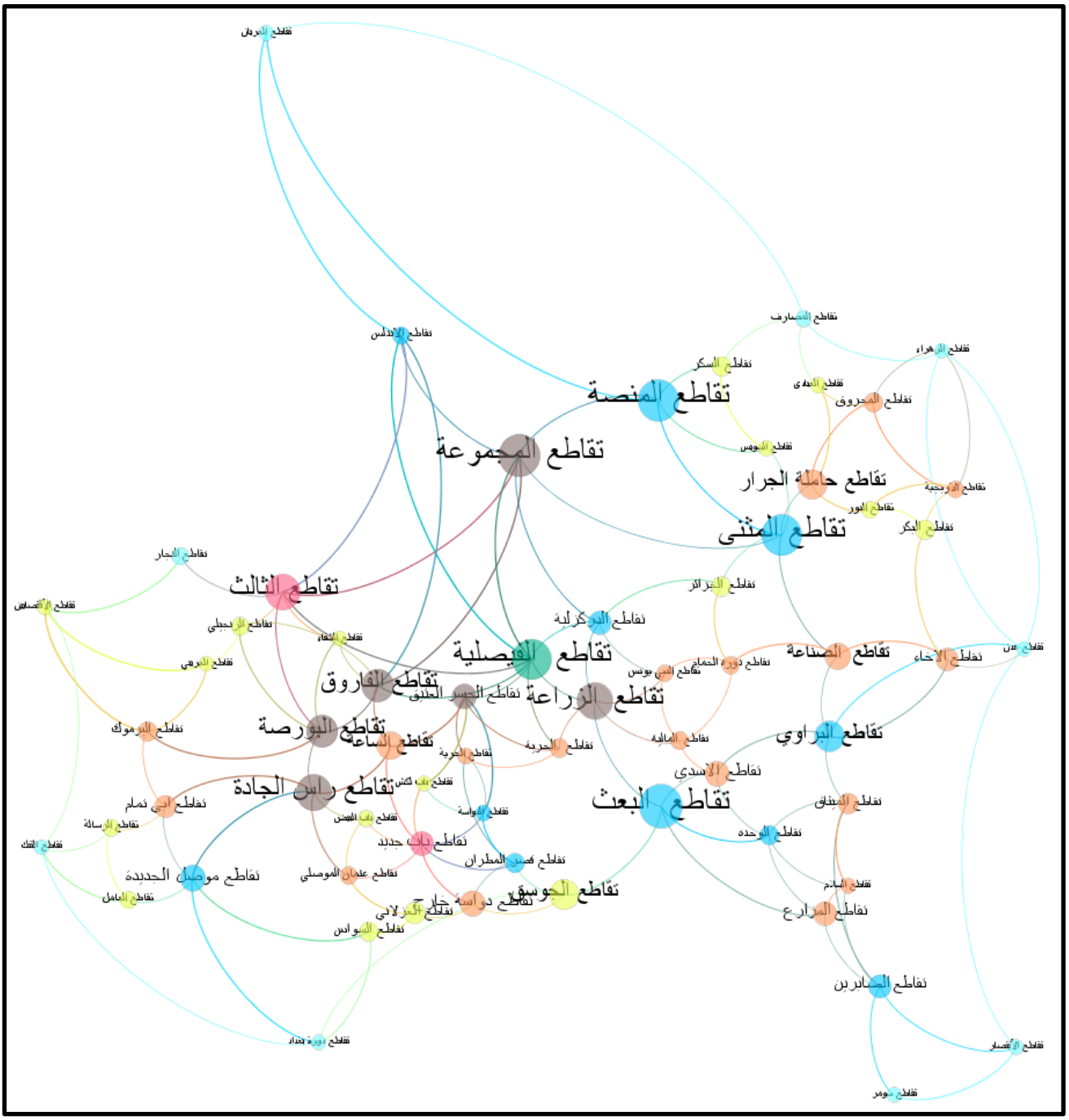
العمل او الاجتماعات او الدراسة (المدارس – الجامعات) حيث تؤدي الى تأثيرات اجتماعية واقتصادية كبيرة. وايضا وجود اعمال صيانة للشوارع يؤدي ايضا لحصول ازدحام مروري كبير .

بعد التحليل وعمل بعض التحسينات على شبكة الشوارع الواقعة ضمن منطقة الدراسة والتي تمثلت في اضافة شوارع وتقليص بعض الجزرات للاستفادة من عرض الشارع ، حيث يعتبر هذا السيناريو من السيناريوهات الموضوعية لتقليل من مشاكل الازدحامات المرورية ضمن الشبكة وضمن السيناريو الثاني .كما هو مذكور وواضح في خريطة (١) نلاحظ من خلال خارطة شبكة الشوارع (السيناريو) ان مستوى الخدمة فيها قد تحسن بشكل كبير وملفت للنظر وازدادت السرعة وان الكثافة المرورية قلت ايضا، مما ادى الى تحسن مستوى الخدمة بعد وضع المقترحات من الشوارع في السيناريو الثاني ومنها (إضافة شارع يربط تقاطع عدن مع تقاطع الزهراء (اليعربية) – إضافة شارع يربط بين شارع الحي الزراعي مع تقاطع المثنى –إضافة شارع يربط نفق الصحة بتقاطع الزنجيلي– إضافة شارع حولي استراتيجي يربط التقاطعات الموجودة في أطراف المدينة) ، وكذلك تقليص الجزرات الوسطية والجانبية ادى هذا الى زيادة كبيرة في سعة الشارع وبالتالي اعطى نتائج مرضية جداً من خلال تطبيق البرنامج على هذه الشبكة . بالتالي هذا كان له دور كبير في التقليل من الزخم المروري وكذلك الحد من تلوث الهواء الناتج عن الازدحامات المرورية وتعزيز السلامة المرورية في المناطق الحضرية والتقاطعات المزدحمة وتقليل من الضغط النفسي ايضا حيث اصبحت من سمات المناطق الحضرية، وايضا تقلل من الوقت اللازم للرحلة وبالتالي تقل الكلفة .و بقاء الوضع على ما هو عليه لمعرفة مدى اهمية اتخاذ التدابير الضرورية لحل المشاكل المرورية للشبكة الحالية والمستقبلية

جدول (٣) قيم معايير شبكة الشوارع في جانبي مدينة الموصل قبل التحسين وبعد التحسين (استحداث شوارع).

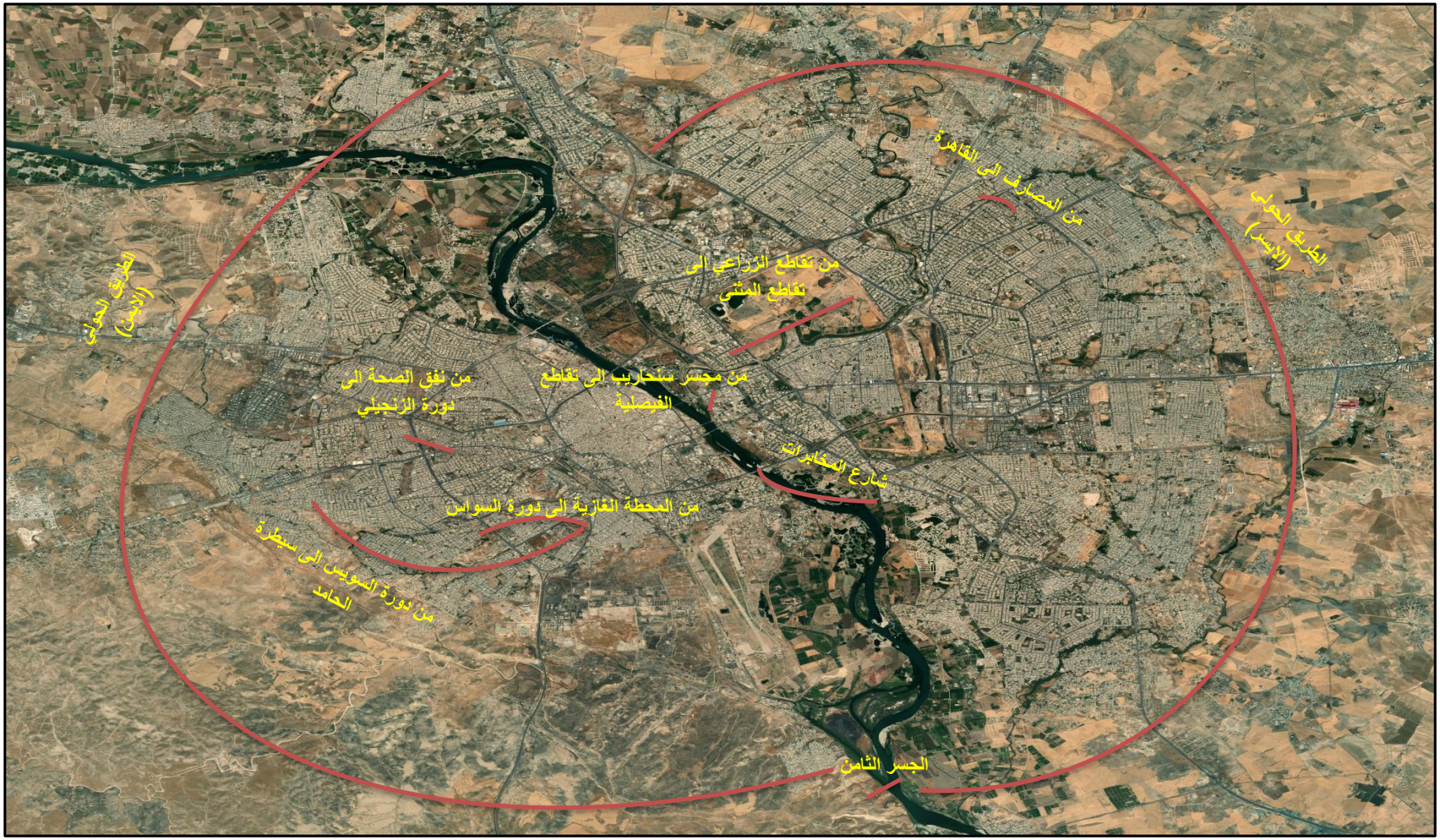
	عدد العقد	عدد الحواف	معدل درجة العقد	قطر الشبكة	كثافة الشبكة	معدل معامل التجميع (العنقدة)	معدل أقصر المسارات		
قبل	٦٥	١٢٩	٣.٩٦٩	١١	٠.٠٦٢	٠.٣٦٨	٤.٥٠٦		
بعد	٦٥		١٣٤	٤,٢٧٧		٩	٠,٠٦٥	٠,٣٠٣	٤

الشكل (٣) الشبكة الافتراضية لشبكة شوارع مدينة الموصل بعد تطبيق سيناريو استحداث شوارع جديدة



المصدر : من عمل الباحثة بالاعتماد على برنامج Gephi

صورة(٢) الشوارع المقترحة لمدينة الموصل



نستنتج مما يلي اهم النتائج التي تم التوصل اليها من خلال الدراسة التطبيقية التي أجريت على شبكة شوارع مدينة الموصل وذلك باستخدام الذكاء الاصطناعي برنامج (Gephi) والذي يعتبر فرعاً من فروع الذكاء الاصطناعي وله اهمية كبيرة بالنسبة للمؤسسات باختلاف نوع نشاطها ومهامها، لما يمتلكه من تقنيات حديثة وعالية الجودة التي يتمتع بها. حيث يستخدم برنامج Gephi في الكثير من المجالات ومنها المجال الخدمي (شبكة الشوارع) وهذا ما تم تناوله في دراستنا. ومن خلال الدراسة التي اجريت على شبكة الشوارع فقد قامت الباحثة بتطوير استراتيجية لدراسة شبكة الشوارع في مدينة الموصل وذلك من خلال اقتراح سيناريوهات (سيناريو الاول – سيناريو الثاني) حيث يحتوي كل سيناريو على مجموعة متكاملة من الحلول لتحسين البنية التحتية ومقترحات خاصة بشبكة الشوارع ، حيث تم التركيز على اهم اهداف لتطوير السيناريوهات لتطوير شبكة الشوارع هو تحسين اداءة الشبكة وتقليل الوقت والكلفة بإضافة الى التقليل من الاثار السلبية (الانبعاثات من عوادم السيارات، الضجيج، تأثيرات الاحتباس الحراري) على البيئة ، اذ تم اعطاء بعض الحلول من خلال هذه السيناريوهات التي تم دراستها لتقليل من الازدحامات المرورية وأثار التلوث (عمل مجسرات ، فتح شوارع جديدة ، توسيع بعض الشوارع من خلال تقليل الجزرات والارصفة الجانبية) بإضافة الى استخدام النقل العام بدل من سيارات النقل الخاصة لتقليل هذه الازدحامات وتقليل التلوث البيئي والضوضائي .

وكعمل مستقبلي يمكن ان يخطط لدراسة شبكة الشوارع في محافظة نينوى، باستخدام نفس النهج الذي تم استخدامه في هذا العمل ويمكن لهذا النوع ان يحقق رؤية أوسع للشبكة في محافظة نينوى ، بالتالي هذا سيثري المسؤولين بمزيد من المعلومات المفيدة وتساعدهم في توفير استراتيجيات افضل تؤدي الى حلول اكثر مرونة.

الاستنتاجات

١- نلاحظ من خلال البحث اختراق الشوارع الرئيسية للمدينة بعد ان دخلت ضمن حيز المدينة نتيجة للزحف العمراني على تلك الشوارع ، بما يسمى (بالتجاوز) فضلاً عن ضيق الشوارع وعدم قابليتها على استيعاب العدد الكبير من السيارات ، الامر الذي ادى الى حصول الاختناقات المرورية في معظم المناطق المركزية ولأغلب مناطق مدينة الموصل، لاسيما في ساعات الذروة ، مثل تقاطع المجموعة ، تقاطع الفيصلية، فضلاً عن تجاوز المباني والمحلات التجارية والصناعية الواقعة على حافة الشارع وعدم ترك المسافات الكافية تحسباً للتوسع المستقبلي.

٢- اظهرت الدراسة الميدانية عدم قدرة شبكة الشوارع في مدينة الموصل على استيعاب الزخم المروري الكبير الناتج عن ارتفاع أعداد السيارات فيها . فقد تبين من الدراسة الميدانية ارتفاع حجم المرور فيها بما يزيد عن الطاقة التصميمية لها . وتزداد المشكلة خلال الذروة الصباحية والظهيرة للأيام الاعتيادية.

٣- تم استخدام تطبيقGephi البرنامج المقترح في تنفيذ الدراسة بمراحلها المختلفة حيث يعتمد على مفاهيم مستوحاة من الشبكات المعقدة. تم جمع مجموعة بيانات هذا العمل بناءً على شبكة الشوارع الحقيقية لمدينة الموصل من خلال العمل الميداني، اذ تحتوي مجموعة البيانات على عقد (تقاطعات) وحواف (شوارع).

٤- بناءً على قيم مركزية التقاطعات ، يمكن الاستدلال على أن بعض التقاطعات ذات الأحمال المتراكمة يمكن أن تلعب دورًا مهمًا في التخفيف من الازدحام المروري الذي يحدث في ساعات الذروة. تقودنا هذه الحقيقة الدقيقة إلى استنتاج أنه إذا كان لدينا سيطرة كاملة على هذا النوع من التقاطعات ، فإن الحمل الإجمالي لحركة المرور سينخفض بشكل كبير. بالإضافة إلى التحكم ، هذه التقاطعات يمكن تحسينها من حيث توسيع الشوارع بشكل لا يكلف المحافظة كثيراً.

٥- يؤدي ربط اختصار التقاطعات ذات أعلى مركزية بينية إلى زيادة المسافة الكلية ، مما يجعل حركة المرور أكثر مرونة في النهارية ويقل الوقت المستغرق للوصول.

٦- يعكس مقياس مركزية القرب حقيقة أن بعض التقاطعات الهامة ليست متصلة بشكل جيد. هذا يؤدي إلى طول المسافات التي يقصدونها. بالتالي أن أفضل استراتيجية يمكن اعتمادها هي ربط التقاطع بأدنى قيم التقارب مع بعضها. ستزيد هذه العملية من قيم قرب التقاطعات وتجعل الناس يستخدمون طرقًا مختلفة للحصول على مسافاتهم.

التوصيات

١- ضرورة التوسع في استخدام برامج الذكاء الاصطناعي لما تحققه من فاعلية وكفاءة مرتفعتين مقارنة بالعمل اليدوي من جهة والعمل باستخدام انظمة المعلومات التقليدية من جهة اخرى.

٢- ادخال الذكاء الاصطناعي في حركة المرور على الطرق من شانه ان يساعد في تحديد المخاطر في الوقت المناسب ويجعل القيادة أكثر راحة وأسهل. من خلال تحليل أنماط حركة المرور ، وأحجام حركة المرور وغيرها من البيانات ، يمكن تكييف تصميم شبكات الطرق مع الظروف السائدة – لتدفق حركة المرور الأمثل الذي يؤتي ثماره ليس فقط من الناحية الاقتصادية ولكن أيضًا من وجهة نظر إيكولوجية.

٣- عقد الندوات وورش العمل من قبل المختصين بهذا المجال لتوعيتهم بأهمية استخدام الانظمة الحديثة بالذكاء الاصطناعي ومدى اثرها على طبيعة عملهم .

٤- استخدام التطبيقات الحديثة اليوم عملت على فتح مناصب عمل جديدة لم تكن موجودة من قبل وهذا ما تم اثباته من خلال الدراسة التي اجريت على شبكة الشوارع ، بالتالي يجب تزويد المؤسسات بهذه التقنيات بما فيها دائرة البلدية والكهرباء. وتشجيع البحث العلمي في هذا المجال واقامة مراكز مهنية لهذه البحوث لتنمية الكفاءات المحلية والاستفادة منها قدر الامكان.

٥- ان الاعمال المستقبلية لهذه الدراسة يمكن ان تمتد لتشمل شبكة الشوارع في العراق. وهذه العملية تحتاج الى قاعدة بيانات يمكن ان توفرها وزارة التخطيط. وان الشبكة التي يمكن انشاؤها تمثل شبكة الشوارع في العراق والتي قد تعطي مؤشرات معتمدة للحد من الازدحامات المرورية علاوة على تحديد مواطن الخلل في الجوانب المتعلقة بشبكة الشوارع .

Bibliography of Arabic References (Translated to English)

- Sumer and Wadi, From A to Z in Geographic Information Systems, Journal of Scientific Research, Issue (12), 2012.
- Mohammed Mohsen Sayyid, Some Features of Traffic Movement and Its Effects – A research paper published on the Urban Planning Network website at the following
  http://www.araburban.net/author/muhammed.html
- Bastian, Mathieu; Heymann, Sebastien ; Jacomy, Mathieu (2009), "Gephi: An Open Source Software for Exploring and Manipulating Networks", AAAI Publications, Third International AAAI Conference on Weblog and Social Media, retrieved 2011-11-22
- Mathieu Bastian and Sebastien Heymann ,Mathieu Jacomy, Gephi : An Open Source Software for Exploring and Manipulating Networks, WebAtlas founding member R&D at TIC-Migrations program in Fondation Maison des Sciences de l'Homme, Paris, France,2020
- Foulds, L. R. (2012). *Graph theory applications*. Springer Science & Business Media.
- Heidler, R., Gamper, M., Herz, A., & Eßer, F. (2014). Relationship patterns in the 19th century: The friendship network in a German boys' school class from 1880 to 1881 revisited. *Social Networks*
- West, D. B. (1996). *Introduction to graph theory* (Vol. 2). Upper Saddle River, NJ: Prentice hall

Sources

- Summer and Wadi, "From A to Z in Building Geographic Information Systems", Scientific Research Journal, Issue (12), 2012 .
- Mohammed Muhsin Sayid: "Examining Traffic Movement Characteristics and Their Impact" - Research published on the Iraqi Planning Network website at the following link:
  http://www.araburban.net/author/muhammed.html
- Bastian, Mathieu; Heymann, Sebastien ; Jacomy, Mathieu (2009), "Gephi: An Open Source Software for Exploring and Manipulating Networks", AAAI

Publications, Third International AAAI Conference on Weblog and Social Media, retrieved 2011-11-22

- Mathieu Bastian and Sebastien Heymann ,Mathieu Jacomy, Gephi : An Open Source Software for Exploring and Manipulating Networks, WebAtlas founding member R&D at TIC-Migrations program in Fondation Maison des Sciences de l'Homme, Paris, France,2020
- Foulds, L. R. (2012). Graph theory applications. Springer Science & Business Media.
- Heidler, R., Gamper, M., Herz, A., & Eßer, F. (2014). Relationship patterns in the 19th century: The friendship network in a German boys' school class from 1880 to 1881 revisited. Social Networks
- West, D. B. (1996). Introduction to graph theory (Vol. 2). Upper Saddle River, NJ: Prentice hall

الملاحق

جدول (٤) معايير الشبكة المركزية للتقاطعات في شبكة شوارع مدينة الموصل بجانبيها الأيمن والأيسر.

تسلسل	التقاطع	الحمل	القرب المركزي	البينية المركزية	معامل التجميع (العنقدة)	مركزية ايكن
١	البعث	٥	٠,٢٧٥٨٦٢	٠,٢١٤٨٧٥	٠,٢	٠,٣٥١٤٠٥
٢	المجموعة	٥	٠,٢٩٩٠٦٥	٠,٢٠٥٠٦٦	٠,٤	٠,٧٧٣٧٧٣
٣	المنصة	٥	٠,٢٧١١٨٦	٠,١٩٨١٥٢	٠,٢	٠,٣١١٤٥٩
٤	المثنى	٤	٠,٢٥٦	٠,١٩٤٤٨٩	٠,١	٠,٢٤١٢٠٤
٥	الفيصلية	٥	٠,٣٠٤٧٦٢	٠,١٨٨	٠,٣٢١٤٢٩	١
٦	الزراعة	٥	٠,٢٩٠٩٠٩	٠,١٦٠٥٣٩	٠,٢٦٦٦٦٧	٠,٦٠٧٨٧٨
٧	راس الجادة	٥	٠,٢٣٧٠٣٧	٠,١٦٠٢١٦	٠,١٣٣٣٣٣	٠,٤٢٥٩٤٩
٨	الثالث	٣	٠,٢٩٠٩٠٩	٠,١٥٤٩١٩	٠,٢٣٨٠٩٥	٠,٧٤١٥٩٧
٩	الفاروق	٤	٠,٢٩٣٥٧٨	٠,١٣٤٥٢٧	٠,٢٦٦٦٦٧	٠,٧٣٧٨٨٣
١٠	البورصة	٣	٠,٢٦٠١٦٣	٠,١٢٩١٩٩	٠,٢	٠,٥٥٨٧٦٣
١١	البراوي	٤	٠,٢٣١٨٨٤	٠,١١٤٧٦٤	٠,٢	٠,٢٢٨٥٤٧
١٢	الجوسق	٤	٠,٢٤٨٠٦٢	٠,١١٢٦٧٨	٠,٣٣٣٣٣٣	٠,٢١٥١٢٧
١٣	حاملة الجرار	٤	٠,٢١٤٠٤٧	٠,١٠٨٣٣٩	٠,١٦٦٦٦٧	٠,١٤٤٨٧٦
١٤	الساعة	٤	٠,٢٦٤٤٦٣	٠,٠٩٥٠١٧	٠	٠,٤٥٥٣٣٣
١٥	الصناعة	٥	٠,٢٣٨٨٠٦	٠,٠٨٥٦٣٩	٠,١٦٦٦٦٧	٠,٢٠٥٣٧٤
١٦	موصل الجديدة	٥	٠,٢٠٩١٠٥	٠,٠٨٢٥٣٢	٠,٢	٠,٢٢١١٢٤
١٧	دواسة خارج	4	٠,٢٣٧٠٣٧	٠,٠٧٨٠٧٩	٠,٣٣٣٣٣٣	٠,٢٦٨٦٩٥
١٨	الأسدي	٣	٠,٢٤٩٠٢٧	٠,٠٧٥٨٦٩	٠,١٦٦٦٦٧	٠,٢٦٣٤٤٦
١٩	الجسر العتيق	٤	٠,٢٧٢٣٤	٠,٠٧٢٣٦٤	٠,٢٦٦٦٦٧	٠,٦٠٩٧٢٦
٢٠	باب جديد	٥	٠,٢٤٣٣٤٦	٠,٠٧٠٠٧٩	٠,١٩٠٤٧٦	٠,٥٠٣٢٧٧
٢١	المزارع	٣	٠,٢٢٤٥٦١	٠,٠٦٧٤٩٣	٠,٥	٠,٢٤٨٤٦٣
٢٢	الدركزلية	٥	٠,٢٨٣١٨٦	٠,٠٦٣٥٩٢	٠,٣	٠,٥٧٤٠٤٣
٢٣	الصابرين	٢	٠,٢٠٥٧٨٨	٠,٠٦٢٨٦٧	٠,٣	٠,٢٠٤١١٧
٢٤	الإخاء	٥	٠,٢١٣٣٣٣	٠,٠٥٧٩١٧	٠,٣٣٣٣٣٣	٠,١٥٨٣٥٢
٢٥	أبي تمام	٥	٠,١١٤٠٤٧	٠,٠٥٥٢٩٢	٠,١٦٦٦٦٧	٠,٢٢١٩٩١
٢٦	الغزلاني	٤	٠,١١٤٠٤٧	٠,٠٥٠٤١٩	٠	٠,١٥٠٧٧٢
٢٧	الميثاق	٣	٠,٢١٩١٧٨	٠,٠٤٤٤٥	٠,٣٣٣٣٣٣	٠,٢٢٧٩٩٩

٢٨	قصر المطران	٤	٠,٢٣٧٩١٨	٠,٠٣٤٩٩٦	٠,٤	٠,٢٢٠٣٤٩
٢٩	الجزائر	٤	٠,٢٥١٩٦٩	٠,٠٣٤٧٠٩	٠	٠,٢٢٠٣٤٩
٣٠	اليرموك	٥	٠,٢١٧٦٩٧	٠,٠٣٤٥٦٧	٠,١٦٦٦٦٧	٠,٢٢٠٣٤٩
٣١	البكر	٤	٠,١٨٣٣٨١	٠,٠٣٤٥٣٣	٠,٣٣٣٣٣٣	٠,١٠٠٥٤٩
٣٢	السواس	٣	٠,١٩٨١٤٢	٠,٠٣٤١٩٨	٠,٣٣٣٣٣٣	٠,١١١٥٣٩
٣٣	الوحدة	٢	٠,٢٣٦١٦٢	٠,٠٣٤٠٢٦	٠,٤	٠,٣٠٠٢٩٧
٣٤	السكر	٥	٠,٢١٩٩٣١	٠,٠٣٣٠٢٧	٠,٣٣٣٣٣٣	٠,١٢١٦٤
٣٥	المحروق	٤	٠,١٨١٨١٨	٠,٠١٣٦٨٨	٠,٣٣٣٣٣٣	٠,١١٦٢٦٢
٣٦	الحرية	٣	٠,٢٧٧٠٥٦	٠,٠٣٠٤٩٤	٠,٥	٠,٥٠٥١٢٤
٣٧	المالية	٤	٠,٢٥٠٩٨	٠,٠٢٥١٦٩	٠,٣٣٣٣٣٣	٠,٣٠١٤٨٨
٣٨	الزنجيلي	٤	٠,٢٤٣٣٤٦	٠,٠٢٣٠٧٢	٠,٣٣٣٣٣٣	٠,٢٨٦٦٤١
٣٩	عثمان الموصلي	٥	٠,٢١٩١٧٨	٠,٠٢٢٧١٦	٠,٣٣٣٣٣٣	٠,٢٨٧٨٣١
٤٠	النجار	٣	٠,٢٣١٨٨٤	٠,٠٢١٢٣	٠	٠,١٧١٨٨٤
٤١	دورة الحمام	٤	٠,٢٣٠٢١٦	٠,٠٢١٠٨٥	٠,١٦٦٦٦٧	٠,٢٣٢١٧٤
٤٢	الأندلس	٣	٠,٢٧٤٦٧٨	٠,٠٢٠٧٠٦	٠,٥	٠,٦٥٧٤٧٢
٤٣	العامل	٤	٠,١٧٥٣٤٢	٠,٠١٧٩٧٣	٠,٣٣٣٣٣٣	٠,٠٩٦١٠٣
٤٤	النور	٤	٠,١٨٨٧٩٠	٠,٠١٦٢٤٨	٠,٣٣٣٣٣٣	٠,٠٩٩٠٣١
٤٥	الاربجية	٣	٠,١٧١٥٨٢	٠,٠١٥٣٧٥	٠,٣٣٣٣٣٣	٠,١٠٩٣٤٣
٤٦	الرسالة	٣	٠,١٦٩٧٦١	٠,٠١٥٢٨٧	٠,٣٣٣٣٣٣	٠,٠٩٥١
٤٧	النبي يونس	٥	٠,٢٥	٠,٠١٣١٩٥	٠,٥	٠,٣٤٦٢٩
٤٨	الشهداء	٤	٠,٢٤٠٦٠٢	٠,٠١٠٣٢٨	٠,٥	٠,٣٨٧٣٩٤
٤٩	المصارف	٥	٠,١٨٨٢٣٥	٠,٠١٠٣٢٨	٠	٠,٠٥٦٤٢٩
٥٠	باب البيض	٣	٠,٢١٧٦٨٧	٠,٠٠٨٧٠١	٠,٦٦٦٦٦٧	٠,٢٥٩٠٨٥
٥١	الدواسة	٤	٠,٢٣٨٨٠٦	٠,٠٠٨٥٣٣	٠,٥	٠,٤٤٦٣٨٣
٥٢	العبادي	٤	٠,١٨٠٢٨٢	٠,٠٠٧٥٥٩	٠,٣٣٣٣٣٣	٠,٠٨٩٢٥٤
٥٣	السويس	٤	٠,٢٣٢٧٢٧	٠,٠٠٦٣٠٤	٠,٦٦٦٦٦٧	٠,١٥٥٢٦٨
٥٤	العريان	٤	٠,٢٤٥٢١١	٠,٠٠٣٧٦٢	٠	٠,١٩١٤٠٥
٥٥	الاقتصاديين	٤	٠,٢٠٥٧٨٨	٠,٠٠٣٥٥٥	٠,٣٣٣٣٣٣	٠,١٢٠١٩
٥٦	باب لكش	٣	٠,٢٢٥٣٥٢	٠,٠٠٢٥٥٢	٠,٦٦٦٦٦٧	٠,٣١٥٣٢٦
٥٧	السلام	١	٠,٢٠٦٤٥٢	٠,٠٠٢٤٠١	٠,٦٦٦٦٦٧	٠,٢٢٩٧٧٢
٥٨	العريبي	٣	٠,٢٠٥٧٨٨	٠,٠٠١١٩٩	٠,٣٣٣٣٣٣	٠,١٣٨٩٩
٥٩	الشفاء	٥	٠,٢٤٥٢١١	٠,٠٠٠٤٩٢	٠,٦٦٦٦٦٧	٠,٣٩٣٦٣٨

٦٠	الانتصار	٢	٠,١٧١٥٨٢	٠	١	٠,٠٦٩٨٤
٦١	سومر	٣	٠,١٧١٥٨٢	٠	١	٠,٠٦٩٨٤
٦٢	عدن	٥	٠,١٩٢١٩٢	٠	١	٠,٠٩٦٠٦١
٦٣	الزهراء	٣	٠,١٦١٦١٦	٠	١	٠,٠٦٥٢٢٩
٦٤	دورة بغداد	٣	٠,١٨٢٣٣٦	٠	١	٠,٠٨٢٧٩٣
٦٥	التنك (النهروان)	٤	٠,١٥١٦٥٩	٠	١	٠,٠٥٢٨٤٦

جدول (٥) أهم ١٠ تقاطعات في مدينة الموصل حسب معيار البينية المركزية.

تسلسل	التقاطع	البينية المركزية
١	البعث	٠,٢١٤٨٧٥
٢	المجموعة	٠,٢٠٥٠٦٦
٣	المنصة	٠,١٩٨١٥٢
٤	المثنى	٠,١٩٤٤٨٩
٥	الفيصلية	٠,١٨٨
٦	الزراعة	٠,١٦٠٥٣٩
٧	راس الجادة	٠,١٦٠٢١٦
٨	الثالث	٠,١٥٤٩١٩
٩	الفاروق	٠,١٣٤٥٢٧
١٠	البورصة	٠,١٢٩١٩٩

جدول (٦) أهم ١٠ تقاطعات في مدينة الموصل حسب معيار القرب المركزي.

تسلسل	التقاطع	القرب المركزي
١	الفيصلية	٠,٣٠٤٧٦٢
٢	المجموعة	٠,٢٩٩٠٦٥
٣	الفاروق	٠,٢٩٣٥٧٨
٤	الزراعة	٠,٢٩٠٩٠٩
٥	الثالث	٠,٢٩٠٩٠٩
٦	الدركزلية	٠,٢٨٣١٨٦
٧	الحرية	٠,٢٧٧٠٥٦
٨	البعث	٠,٢٧٥٨٦٢
٩	الاندلس	٠,٢٧٤٦٧٨
١٠	الجسر العتيق	٠,٢٧٢٣٤

جدول (٧) أهم ١٠ تقاطعات في مدينة الموصل حسب معيار مركزية أيكن.

تسلسل	التقاطع	مركزية ايكن
١	الفيصلية	١
٢	المجموعة	٠,٧٧٣٧٧٣
٣	الثالث	٠,٧٤١٥٩٧
٤	الفاروق	٠,٧٣٧٨٨٣
٥	الاندلس	٠,٦٥٧٤٧٢
٦	الجسر العتيق	٠,٦٠٩٧٢٦
٧	الزراعة	٠,٦٠٧٨٧٨
٨	الدركزلية	٠,٥٧٤٠٤٣
٩	البورصة	٠,٥٥٨٧٦٣
١٠	الحرية	٠,٥٠٥١٢٤

جدول (٨) أهم ١٠ تقاطعات في مدينة الموصل حسب معيار قيمة معامل التجميع.

تسلسل	التقاطع	معامل التجميع (العنقدة)
١	الانتصار	١
٢	سومر	١
٣	عدن	١
٤	الزهراء	١
٥	دورة بغداد	١
٦	التنك (النهروان)	١
٧	باب البيض	٠,٦٦٦٦٦٧
٨	السويس	٠,٦٦٦٦٦٧
٩	باب لكش	٠,٦٦٦٦٦٧
١٠	السلام	٠,٦٦٦٦٦٧