مجلة جامعة الملك عبد العزيز: علوم تصاميم البيئة، م 15، ص ص: 49-71 (2024)
DOI: 10.4197 / Env.15-2

الاستثمار المكاني للإشارات المرورية وصولاً إلى المدينة الذكية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية

منال علي عبدالرحمن
أستاذ تخطيط النقل ونظم المعلومات الجغرافية المساعد بقسم الجغرافيا، كلية العلوم الاجتماعية، جامعة ام القرى، المملكة العربية السعودية
maabdulrahman@uqu.edu.sa

المستخلص. تنظيم تدفق الحركة على الطرق أمر معقد في المدن الكبيرة، لذلك لا يكفي الاعتماد فقط على تخطيط الشبكة ومواقع الإشارات المرورية خاصة في زمن الثورة المعلوماتية متعددة المصادر، لذلك هدف البحث إلى دمج أنماط النقل واقتراح طريقة للاستثمار الاقتصادي المعرفي والمادي، للإشارات الضوئية المرورية كمنظم رئيس لتدفق الحركة على الطرق في المدن الذكية؛ والخروج بخريطة للمواقع الملائمة لهذا الاستثمار، باستخدام المنهج الاستقرائي التحليلي ومدخل تحليل النظم والتقنيات الجغرافية، وافادت نتائج البحث بإمكانية تخفيض تكلفة جمع بيانات الحركة على الطرق والتنبوء بسلوك المسافرين باستخدام المستشعرات والبيانات الضخمة الناتجة عن مستخدمي الطريق، والخروج بنموذج الملائمة المكانية للمواقع الحيوية للاستثمار الاقتصادي للإشارات المرورية، وأوصت باستثمار قدرات النماذج المكانية في حوكمة جمع البيانات وتأجير المواقع الحيوية في أنماط النقل الأخرى.

كلمات مفتاحية: النمذجة المكانية، الإشارات الضوئية، الاستثمار الاقتصادي، المدن الذكية، GIS.

1. المقدمة

تترافق مع تطورات سريعة للتقنيات الجغرافية والحاسوبية، فضلاً على ذلك في الوقت الراهن يوجد تسونامي من البيانات الرقمية المفتوحة؛ مصدرها الإنسان في جميع تعاملاته عبر الأجهزة الذكية المختلفة،وهذا يحتم خلق آليات مختلفة لتوظيفها في اكتسب مفهوم المدن الذكية زخماكبيراً على مدى العقد الماضي على جميع الأصعدة التخطيطية والاقتصادية والسياسية،نظراً للنمو الهائل للبيانات الحضرية التي

ومن متطلبات الرؤيا للمملكة العربية السعودية 2030 تحويل المدن الكبرى إلى مدن ذكية، مما يجعلها مراكز جذب سكانية؛ توفر فرص العمل والخدمات الحكومية والصحية والتعليمية والاقتصادية[1]، وبما أن النقل وعناصره من طرق ومواقف السيارات و الإشارات المرورية الضوئية ركن أساسي منظم لمرونة تدفق الحركة المرورية لجميع الخدمات في المدينة، والتي مازالت تفتقر إلى الاستثمار الأمثل لإمكاناتها الكامنة، والتي يمكن تحسينها واستثمارها اقتصادياً ونقلها من الاستخدام التقليدي إلى الرقمي بسبب توفر الكم الهائل من البيانات الضخمة المتولدة من مرتادي المدينة، حيث تعمل إشارات المرور المتطورة على زيادة التنقل بنسبة 23 ٪ وتقليل الانبعاثات بنسبة 35٪ (Ibarra-Martínez *et al.*, 2014)، فعندما تتم إدارة الطرق بواسطة إشارات مرور متطورة، يتم تحقيق مستوى أفضل من الخدمة وفوائد بيئية كبيرة، وبفضل التطور السريع للتكنولوجيا السحابية من المرجح أن يرتفع نصيب الفرد من الأجهزة الذكية من 2تقريباً في عام 2015 إلى ما يقرب من 10 في عام 2025 (Alavi, 2018).

إن كفاءة وشفافية التخطيط ودافع الابتكار هي الأهداف الأساسية في رقمنة التخطيط المكاني (Hersperger *et al.*, 2021)، وبما أن النقل يعتمد على التفاعل المكاني لأنماط الحركة المادية مثل النقل رفع جودة الحياة، وأضحت هذه البيانات مصدر قوة رئيس لمتخذي القرار في استثمارها بشكل سليم يسمح بالوفاء بمتطلبات المدن الذكية.

أدى الاهتمام العالمي بالمعلومات الحضرية المكانية إلى رفع مستويات تحليلها تقنياً للوصول إلى مدن ذكية مستدامة (Sabri& Witte, 2023)، ويمكن تمثيل العلاقة بين المكان والأماكن الأخرى بالتدفقات الجغرافية (Shu *et al.*, 2020)، والتي تعرف بأنها تفاعل الكائنات المختلفة بين المواقع الجغرافية، وفي السنوات الأخيرة أصبح من السهل الوصول إلى بيانات التدفق المختلفة مع ظهور البيانات الجغرافية الضخمة (Wang *et al.*, 2022)، إلا أن القيمة المضافة للرقمنة في الإدارة الحضرية محددة السياق، مما يعني أنه ينبغي إيلاء الاهتمام لخصائص المستخدمين والقضايا المطروحة (Nummi et al، 2023).

يرى Popovich (2021(أن التفاعل بين أهداف النقل وحلول الخدمة الجديدة والعرض والطلب الديناميكيين في المناطق الحضرية لم يتم فهمه جيداً بعد. حيث أصبح الكم الهائل من البيانات التي يجري إنتاجها، وتخزينها، والعمل على إتاحتها من مواقع متعددة مصدر قوة رئيس لأي مجتمع، في حال إدارتها على نحو صحيح، وستسهم في التنمية الاقتصادية، والاجتماعية المستدامة، لاتخاذ القرارات المناسبة (شبيلة و مقناني، 2019).

(1) برنامج التحول الوطني 2030 https://www.vision2030.gov.sa

س2: كيفية الاستفادة من الموقع المكاني للإشارات التقليدية المرورية، وتطوير الدور المنوط بها؟

س3: ماهي الالية المقترحة للاستفادة من الإشارات التقليدية؟ وما مدى مساهمتها في اتخاذ القرار؟

س4: كيف يمكن استخدام تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) في تحديد مواقع الاستثمار الاقتصادي للإشارات المرورية وفق الاشتراطات العلمية؟

2. مصطلحات الدراسة

النمذجة المكانية: هي عملية دمج نظريات الإحصاء المكاني مع البيئة البشرية والطبيعية المكونة للنظام المتمثلة في متغيرات الدراسة الجغرافية والهندسية، وفق الاشتراطات والمعايير المخصصة لطبيعة المنطقة المدروسة، لإظهار كمية التفاعل ونمط العلاقات المتبادلة للتحقق من التغيرات الحضرية وتوقعاتها المستقبلية (Lu *et al.*, 2019).

الذكاء الاصطناعي الجغرافي المكاني (GeoAI): هو مجال تحليل مكاني تقني متعدد التخصصات يعتمد على التكامل بين نظم المعلومات الجغرافية والبيانات الكثيفة المحوسبة، ويكمل النماذج التجريبية والنظرية والحسابية (Mortaheb & Jankowski, 2023).

البري والبحري والجوي واللامادي المرتبط بنقل البيانات والأموال ونحوها؛ لذا يهدف البحث إلى خلق نوع من التكامل بين الجانبين بحيث يصبح النقل اللامادي جزء رئيس يخدم النقل البري لمواكبة تطورات المدن ورفع وعي المستخدم؛ من خلال الاستثمار الاقتصادي المعرفي والمادي، للإشارات الضوئية المرورية كمنظم رئيس لتدفق الحركة على الطرق؛ لإحداث تغيير إيجابي داخل المجتمعات المدنية، والخروج بخريطة للملائمة باستخدام منهجية التحليل المكاني باستخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS، ولإيجاد اجابة للسؤال الرئيس للبحث حول كيف يمكن إنتاج مصدر اقتصادي جديد للمدينة من خلال نمذجة الإشارات الضوئية المرورية؟ وكيف يمكن مواءمة التقنيات الرقمية الجغرافية مع أهداف النقل المستدام ضمن مشروعات التحول الرقمي للمدن الذكية، وتوظيف النظريات العلمية والعملية لنظام تخطيط النقل والاستفادة من التقنيات الجغرافية في فهم وتحليل البيانات الضخمة الناتجة عن المقيمين في المساحات الحضرية، لتدعيم الجهود الاكاديمية مع المخططين ومتخذي القرار، ويمكن تفصيل أسئلة الدراسة على النحو التالي:

س1: ماهي الأهمية المكانية للإشارات المرورية التقليدية، وما علاقتها بتدفق الحركة في المدينة؟

التحليل المكاني في عملية اتخاذ القرار والاستدامة، والثانية: تناقش دور تخطيط البنية التحتية للنقل في الاستثمار الاقتصادي، والثالثة: تقنيات تطوير الإشارات المرورية الضوئية.

يجد **مقناني و شبيلة** عام (2019) أن الدول العربية لا تستثمر البيانات الضخمة بالشكل الكافي من اجل التنمية المستدامة ويجب عليهم تضمينها في استراتيجيات التطوير لتسريع عجلة التقدم لأنها تعتبر قيمة مضافة في التخطيط الحضري وأنها أهم من رأس المال في تحقيق النمو والاستدامة. ويتفق Sabri & Witte (2023) و Kandt & Batty (2021) حول دور التقنيات الرقمية في تحويل الممارسات الحضرية إلى قيمة مضافة، وبأن تكامل الذكاء الاصطناعي الجغرافية المكاني وعلوم البيانات والبيانات المفتوحة الضخمة ذات إنعكاسات مباشرة على التخطيط والإدارة الحضرية من خلال النمذجة الحضرية القائمة على الذكاء الاصطناعي والتوائم الرقمية، فيما أضاف Mortaheb & Jankowski (2023) أن الذكاء الاصطناعي الجغرافي المكاني (GeoAI) يعمل على تعزيز كفاءة خدمات ووظائف المدينة الحضرية بالتكامل بين تخطيط المدن والمجالات العلمية للبيانات الضخمة وعلوم وأنظمة المعلومات الجغرافية وعلوم البيانات، وهذا ما أكده Chhetri وآخرون (2023) عند تحليل الاستثمار في الخدمات العامة والمرافق في خطط التنمية الحضرية في بوتان، وارجئوا

المدينة الذكية: هي مكان تصبح فيه الشبكات والخدمات التقليدية أكثر كفاءة باستخدام التقنيات الرقمية والاتصالات لصالح سكانها وأعمالها (Kim *et al.*, 2021).

البيانات الضخمة: تجميع كميات ضخمة من البيانات الأساسية للمستخدمين، ترجع لعدة تقنيات رقمية متقدمة مصممة لتحليل الأنماط السلوكية البشرية (Favaretto *et al.*, 2020)، وعلى الرغم من استخدامها على نطاق واسع، إلا أن دراسة (Janssen *et al.*, 2017) تشير إلى أن الاستفادة منها هي عملية متطورة يضفي الفهم لإمكانياتها دور مهم على النماذج التطبيقية.

3. الدراسات السابقة

لفهم المستقبل الاقتصادي للإشارات المرورية وعلاقتها بالمدن الذكية، ينبغي توجيه الاهتمام للتفاعلات بين الجهات النشطة بالمدينة وخصائصها لفهم دورها التخطيطي (Nummi *et al.*, 2033)، كما أكد Al-Sehrawy وآخرون (2023) على الإمكانيات الكبيرة المستقاة من تجسير النظرية والتطبيق لتحسين الإدارة الحضرية وإبراز دور التفوق التكنولوجية والتركيز على مشاركة المواطنين وآليات جمع اهتماماتهم عندما يكون الإصلاح المجتمعي هو الهدف الرئيس، لذلك يمكن تقسيم الادبيات إلى ثلاث مجموعات تكون النظام الجغرافي للظاهرة محل الدراسة، الأولى: تتناول تخطيط المدن الذكية ودور

منظور جديد لدمج البيانات الضخمة في والنمذجة المكانية يركز من خلاله على قدرتهم على إنتاج بيانات عالية الدقة تؤدي إلى تحديد أماكن العرض والطلب وتحسين إمكانية الوصول، للعمل على خفض الانبعاثات الكربونية والتنمية المستدامة للمدن.

يرى Gershenson (2004) أن الأساليب التقليدية لم تعد مجدية مع تعقيد متغيرات الإشارات المرورية، واقترح تشغيلها بنظام آلي ذاتي يتكيف مع ظروف المرور المتغيرة، وتقليل أوقات الانتظار، لتحسين تدفق حركة المرو، فيما عمل Krylatov وآخرون (2020) على بناء نظام خوارزمي للتحكم في إشارات المرور يعتمد على استخلاص الاتجاهات من البيانات التجريبية، وتحديد فترات الدورة التشغيلية لإشارات المرور، بينما اعتمدت الخوارزميات الخطية لـ Shepelev وآخرون (2022) على متوسط قيم العوامل المؤثرة بها بغرض تحسين دقة النموذج والتنبؤ بالسعة المرورية للتقاطعات التي يتم التحكم فيها بالإشارات المرورية.

وناقش Soylemez & Tunc (2016) و Polo وآخرون (2022) الآثار البيئية للإشارات المرورية من وجهة نظر بيئية، لما تخلفه الدورات الزمنية للإشارات المرورية المبرمجة مسبقاً والثابتة في الإزدحامات المرورية؛ فتنعكس على صحة الإنسان بسبب التلوث الذي تسببه جميع هذه المحركات على نظام التنفس، وأن استخدام Deep QLearning سبب افتقار الدولة للتوزيع العادل للخدمات والمرافق إلى عدم اعتماد معايير التخطيط المكاني الجغرافي للمدينة.

ودرس Popovic وآخرون (2021) منهجية لتطوير نمط النقل الجغرافي المكاني، مع التركيز على الخصائص الاقتصادية والجغرافية المكانية للمواقع الحضرية، وآثار استراتيجيات الاستثمار المحددة على مقاييس أداء نظام النقل مثل أوقات السفر أو إمكانية الوصول مما يمكن مخططي المدن وصانعي سياسات النقل من استخدامه في صنع القرار، فيما وضع Luوآخرون (2019) إطار لعمل البيانات الضخمة في تخطيط وتصميم البنية التحتية للنقل والاقتصاد المستدام في المدن الذكية بالاستعانة بتقنية نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، وأقر Ushakova وآخرون (2022) أن البيانات الضخمة لها تأثير مباشر على قدرة النقل في مدن المستقبل، ويمكن استخدام تحليلات البيانات الضخمة في وسائل النقل العام وإدارة حركة المرور، لفهم كيفية تعامل الناس مع المدينة بشكل أفضل، وأضاف Mitroshin وآخرون (2022) يمكن تكوين نموذج تنبؤي لنظام النقل البري يتيح تقدير الازدحام بالاتجاهات التي يمكن استخدامها كأداة في التخطيط لإعادة بناء وتطوير البنية التحتية للنقل بدمج البيانات الخاصة بأحوال الطقس وحوادث المرور على الطرق في النموذج المقدم، أما Yin وآخرون (2023) قدموا

(2023(النمذجة الجغرافية لبناء نموذج محاكاة قادر على محاكاة وتقييم تكوينات إشارات الطريق، يعتمد على بيانات حركة المرور والمكان والأشخاص والطقس، واثبت فاعليته في المساعدة على مواضع الإشارات الفعلي ، فضلاً عن كونهأساسًا لاقتراح أتمتة إشارات المرور من نهج إنترنت الأشياء للحصول على تكوين ذكي لحركة المرور.

واتضح من مراجعة الأدبيات تأثير النمذجة المكانية والبيانات الضخمة على تحسين طرق وأساليب البحث في مجال النقل، وتزويد الباحثين بمصادر بيانات جديدة وأدوات تحليلية لاستكشاف الديناميات المعقدة لأنظمة النقل، بالإضافة إلى إنشاء أسئلة بحثية جديدة عالية الجودة تتعلق بالأنظمة المكانية المتكاملة للمدن الذكية وتخطيط النقل ذي الصلة ومساهمتها في تطوير الإدارة وضمان استدامتها، كما ساهمت في تأصيل الهدف والتساؤل الرئيس للبحث الذي لم يسبق تناوله، وتحديد المفاهيم الأساسية، وقدمت رؤية واضحة في تحليل البيانات واتجاهات البحث.

4. المنهجية

تراعي المنهجية المستخدمة في هذه الدراسة مراجعة الادبيات التي تناولت مفهوم التخطيط المكاني لمواقع الإشارات المرورية كجزء من البنية التحتية للنقل في المدن الذكية وطرق استثمارها الاقتصادي، وتم استخدام المنهج الاستقرائي التحليلي ومدخل تحليل النظم System Analysis Approach، لإظهار العلاقة بالإضافة إلى Fuzzy Logic في التحكم في الأنظمة المعقدة، تقلل من كمية إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون، هذا وقد توافقت المعالجة التي قدمها Krzysztof (2016(مع مشكلة وطريقة المعالجة التي قدمتها دراسة Deryabin (2022(في أن الضوضاء المتولدة في مواقع إشارات المرور تسجل الحد الأقصى لمستويات الصوت. عند زيادة الفترة الزمنية لانقطاع الإشارة مما يسبب زيادة في انبعاث الضوضاء والتلوث البيئي، وعملا على تطوير جهاز محاكاة لاختبار توقيت إشارة المرور وضبط تشغيل ضوء الإشارة الضوئية بما يتناسب وحجم الحركة.

اعتمد Iwan &Małecki (2019(وYuloskov وآخرون (2023) على تطبيق محاكاة الحاسوب في نمذجة تدفق حركة المرور على الطرق مع إشارات المرور فيما يتعلق بسلوك السائقين، حيث طور الأول مؤقتات العد التنازلي للوقت حتى يضيء الضوء الأخضر؛ وتم إثبات التأثير الإيجابي لها، بينما عمل الاخر على تصميم خوارزميات التحكم في إشارات المرور، يعمل البرنامج في متصفح الويب، أما Schönrock & Czogalla2021) (فقد عملا على تطوير ضوء حاجز مبتكر قائم على المستشعر – منارة الاستشعار – يسمح بالإسناد الجغرافي لأعمال الطرق في الوقت الفعلي بدقة العداد الفرعي المتصل بإنترنت الأشياء للكشف عن التداخلات الزمانية المكانية لحركة المرور على الطرق، واستخدم Omán & Espino

– طبقات خطية Shapefiles للطرق والخدمات والاحياء والاشارات المرورية ومواقع الاختناقات المرورية لمدينة مكة المكرمة من أمانة العاصمة المقدسة بتاريخ 2022م.

– طبقات خطية Shapefiles لاستخدامات الأرض والمخطط الهيكلي لتطوير مدينة مكة المكرمة هيئة تطوير مكة المكرمة والمشاعر المقدسة بتاريخ 2022م.

يُظهر الشكل (1) المدخلات الأساسية لعملية النمذجة والتحليل والمتمثلة في:

– توحيد المسقط الجغرافي لجميع الطبقات الرقمية الخطية والشبكية الى WGS_1984_UTM_Zone_37N.

– معالجة شبكة الطرق واستخراج زمن قطع الطرق بالأخذ في الاعتبار حساب عناصر مقاومة الطريق (زمن التوقف، الالتفاف، المنحدرات، الطاقة الاستيعابية)، ثم حساب كثافة الطرق في المنطقة المجاورة لكل خلية نقطية ناتجة بالاعتماد على زمن قطع الطريق وباستخدام أداة (Line Density) واعتماد زمن قطع الطريق كمعيار ضابط، للتمكن من رسم خريطة (الايزوكرون) الزمن المتساوي.

– تصنيف مراقب لمرئية فضائية لمدينة مكة المكرمة للقمر Landsat لعام 2022م، لاستخراج المساحة الحضرية العمرانية ورسم اتجاهات النمو بين المتغيرات المتعددة بالخوارزميات المكانية، واستخدام التقنيات الجغرافية للوصول إلى قواعد بيانات وخرائط للمنطقة يمكن استثمارها في تحسين اقتصاد منطقة الدراسة، وتعين صانعي القرار والمخططين في الاستثمار المستدام.

ويمكن للمدن الذكية استخدام الدمج بين تخطيط المدن وثلاثة مجالات تقنية علمية بما في ذلك البيانات الضخمة وعلوم وأنظمة المعلومات الجغرافية وعلوم البيانات؛ بحيث تشكل مجالا ناشئا يعرف باسم الذكاء الاصطناعي الجغرافي المكاني GeoAI (Mortaheb & Jankowski ، 2023)، لذلك ، تعتمد إدارة الغرفة المركزية في المدن الذكية على دمج المعلومات الحضرية المادية التي تجمعها أجهزة الاستشعار وتوظيفها على منصات القواعد الجغرافية المكانية الرقمية، لإنشاء قاعدة مدمجة رقمياً للمدينة، تكون الاساس للحوكمة الحضرية الذكية (Deng, 2021).

تم استخدام أساليب التحليل المكاني Spatial Analysis والنمذجة المتعددة المعايير Model Builder الموجود في بيئة برنامج ARC GIS10.8 لمعالجة وتحليل البيانات (شكل 1)، وتم إعطاء اوزان معيارية لكل متغير داخل في بناء نموذج الدراسة بتطبيق اسلوب التحليل الهرمي The AHP Hierarchical Analysis process (جدول 1)، وقد تم الحصول على الطبقات الرقمية لمتغيرات الدراسة من الجهات الرسمية والمتمثلة في التالي:

اتخذت الدراسة مدينة مكة المكرمة نموذجاً للتطبيق لما لها من ميزات تتوافق وطبيعة البحث، حيث تكون إحدى المدن الكبرى في المملكة العربية السعودية المستهدفة ضمن رؤية التحول إلى مدينة ذكية، فضلا عن كونها المدينة المقدسة لملايين المسلمين حول العالم يقصدونها لأداء فريضتي الحج والعمرة لوجود الحرم المكي والمشاعر المقدسة، وكذلك هي ثالث مدن المملكة في الحجم السكاني (2,385,509 نسمة)، تقع في غرب المملكة العربية السعودية عند تقاطع دائرة °21 ´42 . 21 شمال الاستواء وخط °39´82 غرب غرينتش، تمتد على مساحة وقدرها 1085.7 كم^2 (شكل 4)، مكونة من (13) قطاع بلدي يضم (101) حي، ويمتد النطاق العمراني على مساحة وقدرها 148.6 كم^2 متنوع الاستخدامات (جدول 2).

يتضح من جدول (2) أن 25٪ من مساحة الاستخدام في المدينة مؤهل لتقديم الخدمات إلى (75٪) من الأراضي المخططة للاستخدام السكني والمبنية والأراضي المؤهلة للنمو المستقبلي، وهذا يكشف القوة الكامنة وراء الاختناقات على بعض أجزاء شبكة الطرق الحضرية، والقيود الإنمائية المتكاملة مكانياً، خاصة وأن النمو العمراني يمتد على هيئة اذرعه شمالي غربي وشرقي، وجنوبي شرقي وغربي، مع ميل للتركز في مركز المدينة والنطاق العمراني المتصل يتجه نحو الجنوب الغربي بسبب طبوغرافية

لاستخدامها في تحديد اتجاهات الحركة في المدينة باستخدام اداة Classify Raster (Spatial Analyst)

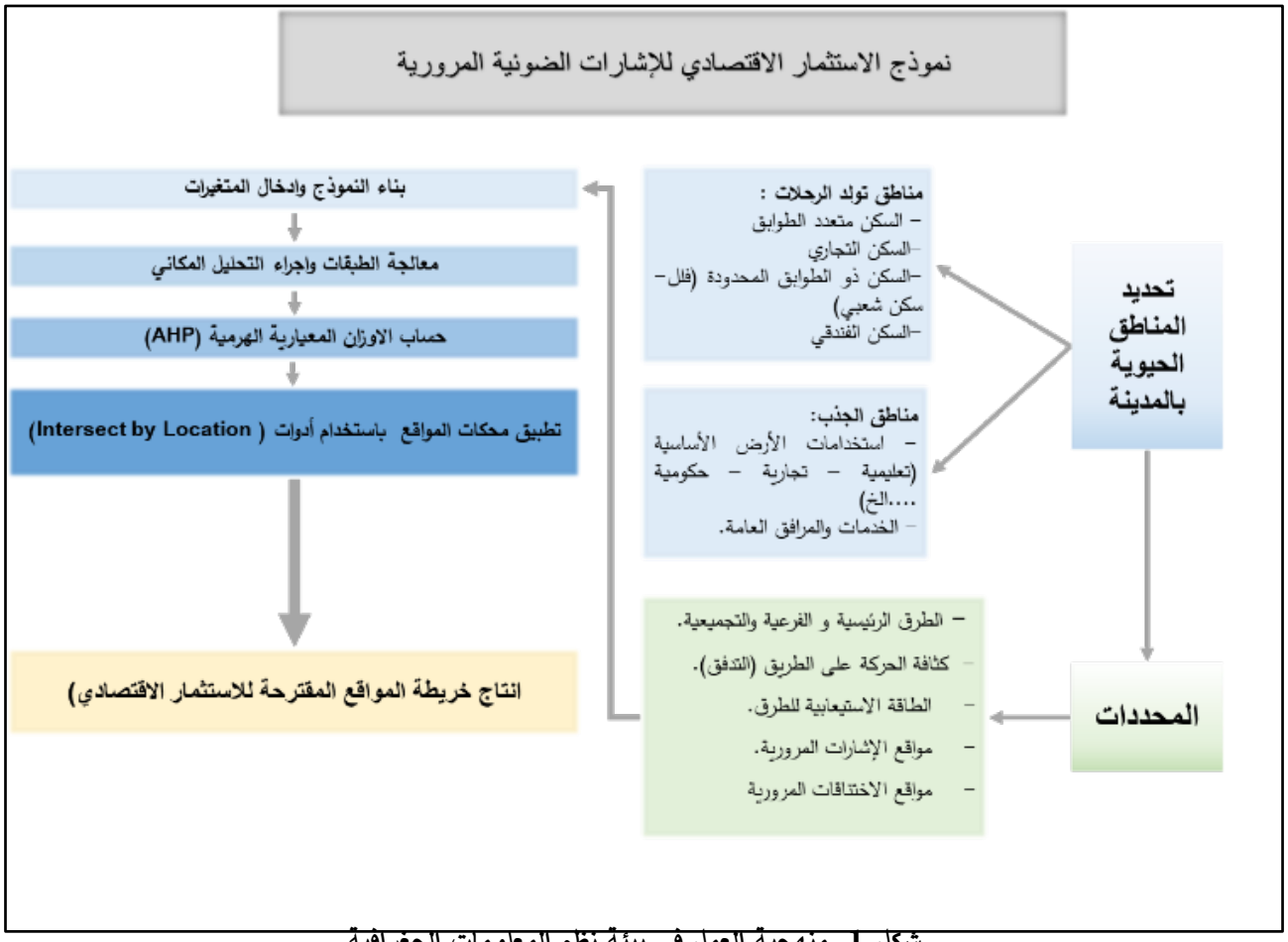
– استخراج مركزية العقد للإشارات المرورية باستخدام OD Cost Matrix من أدوات Network Analyst داخل بيئة برنامج.ARC GIS10.8 للتمكن من انتاج الخريطة الطبولجية.

– بناء نموذج رقمي Model Builder داخل بيئة برنامج ARC GIS10.8 (شكل2)، حيث تم توظيف أدوات ARC Analyst Tools في بناء النموذج التحليلي، وعملت أدوات Conversion Tools إلى تحويل الطبقات الخطية إلى شبكية (to Raster) ، ومعالجتها لتتلاءم وصيغة التحليل باستخدام أدوات Spatial Analyst Tools (Reclassify ، Euclidean Direction) حيث جرى تصنيفها واعطاءها قيم رتبيه وحساب قيم الخلايا واتجاهها بالدرجات(شكل 3)، للتمكن من اجراء التحليل الهرمي لها AHP وإدخال الاوزان لكل طبقة مدخلة باستخدام أداة (Weighted Overlay)، من ثم اجراء تقييم مشروط لكل خلية نقطية)Con(، وباستخدام (Majority Filter) لدمج الخلايا باعتماد قيمة الخلية الأصلية للتمكن من تحويلها إلى صيغة خطية حتى يتم تطبيق الاشتراطات المعيارية عليها وترشيح المخرجات حسب الأهمية من أداة Location-allocation.

5. منطقة الدراسة

لضمان سهولة الحركة وعدم الضغط على البنية التحتية وشبكات الطرق.

المنطقة السهلية خاصة وأن السطح يتدرج بالارتفاع كلما اتجهنا شرقاً (شكل5)، مما يتطلب إعادة توزيع للخدمات بما يتناسب واتجاهات العمران في المدينة مما يحقق عدالة التوزيع والوصول الأمثل للخدمات



شكل 1. منهجية العمل في بيئة نظم المعلومات الجغرافية.

المصدر: من إعداد الباحثة

جدول 1. نتائج التحليل الهرمي AHP للأوزان المعيارية لمتغيرات الدراسة.

Priorities

These are the resulting weights for the criteria based on your pairwise comparisons:

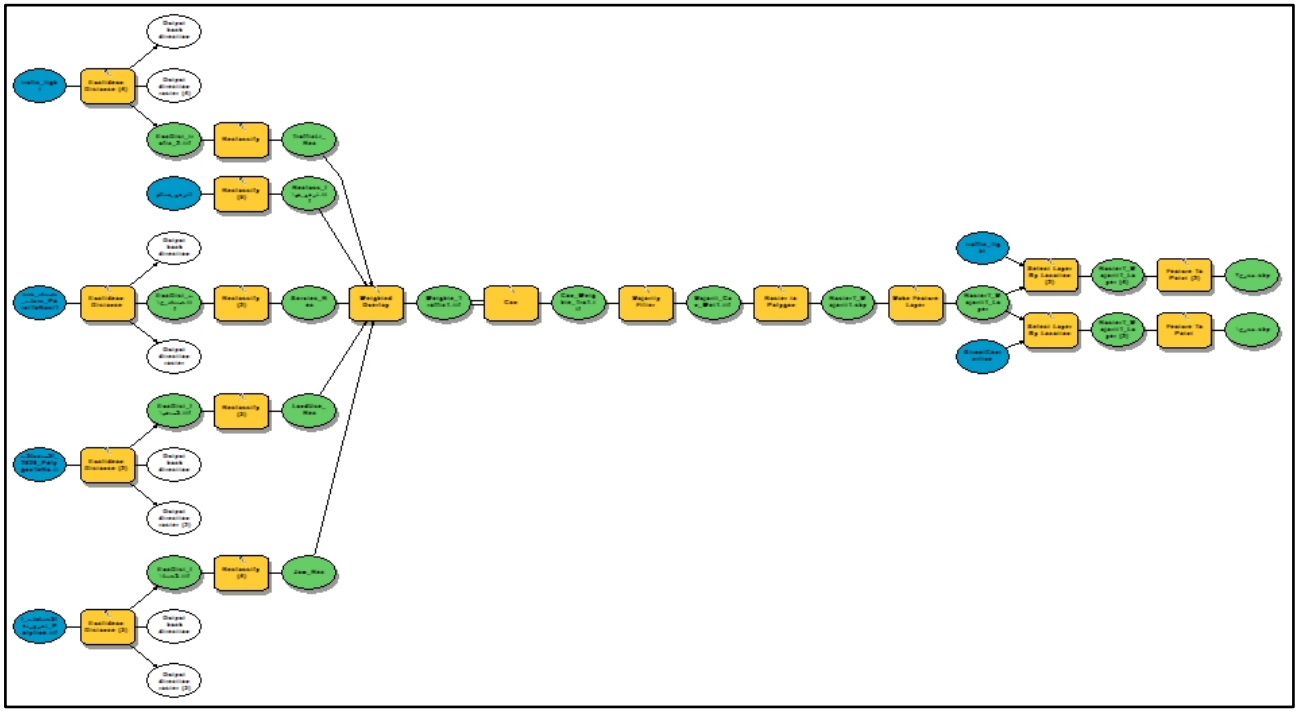
Cat		Priority	Rank	(+)	(-)
1	تصنيف الطرق	26.3%	1	8.5%	8.5%
2	الاشارات المرورية	19.5%	2	7.0%	7.0%
3	مواقع الاختناقات المرورية	15.6%	4	5.7%	5.7%
4	العمران	12.9%	5	4.3%	4.3%
5	الخدمات	17.4%	3	7.0%	7.0%
6	المرافق العامة	8.2%	6	4.3%	4.3%

Decision Matrix

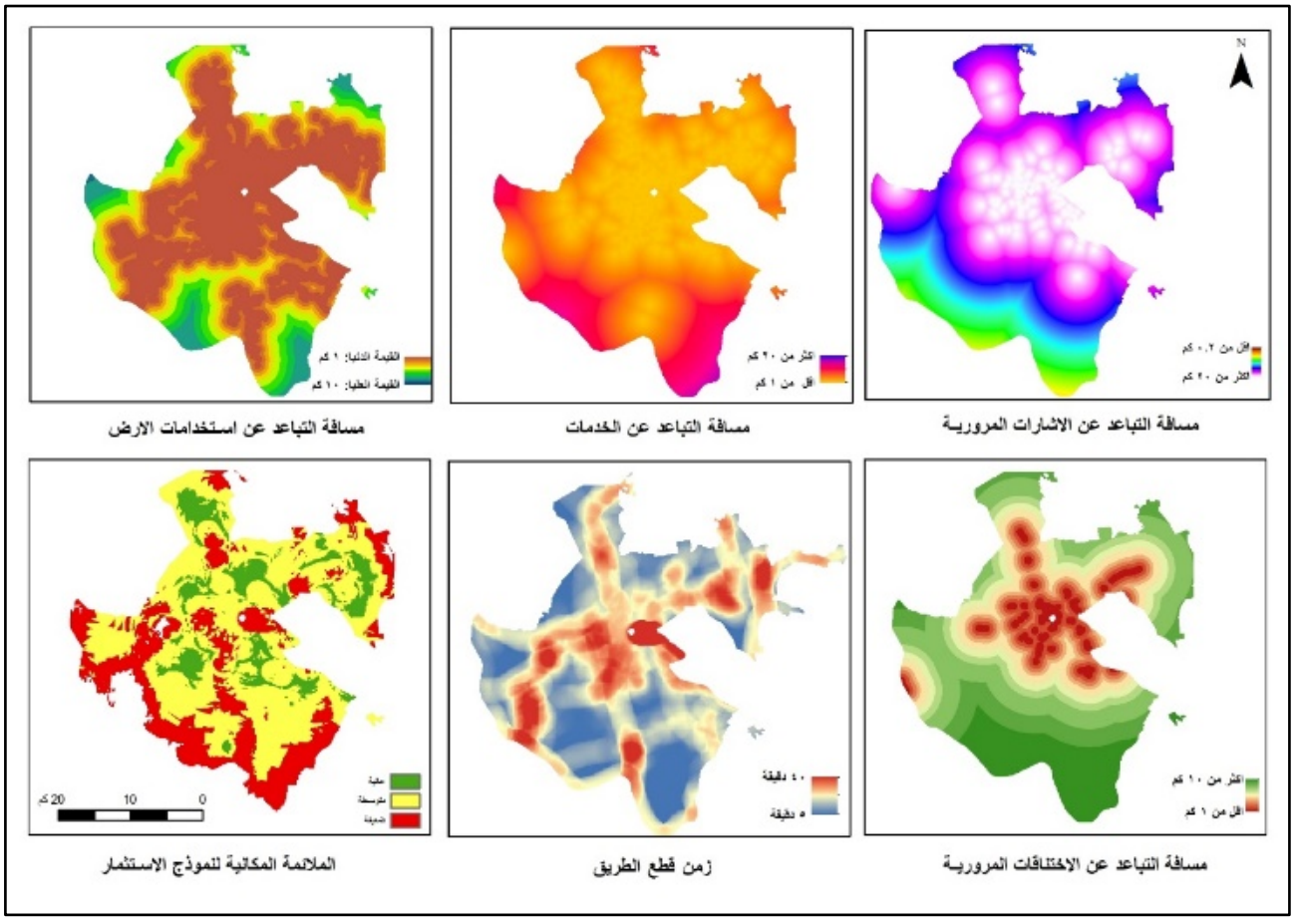
The resulting weights are based on the principal eigenvector of the decision matrix:

	1	2	3	4	5	6
1	1	1.00	1.00	3.00	2.00	4.00
2	1.00	1	1.00	1.00	1.00	4.00
3	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1.00
4	0.33	1.00	1.00	1	1.00	1.00
5	0.50	1.00	1.00	1.00	1	4.00
6	0.25	0.25	1.00	1.00	0.25	1

المصدر: من اعداد الباحثة بالاعتماد على موقع AHP Priority Calculator.



شكل 2. نموذج الملائمة المكانية لمواقع الاستثمار الاقتصادي للإشارات المرورية باستخدام برنامج (ARC GIS 10.8).

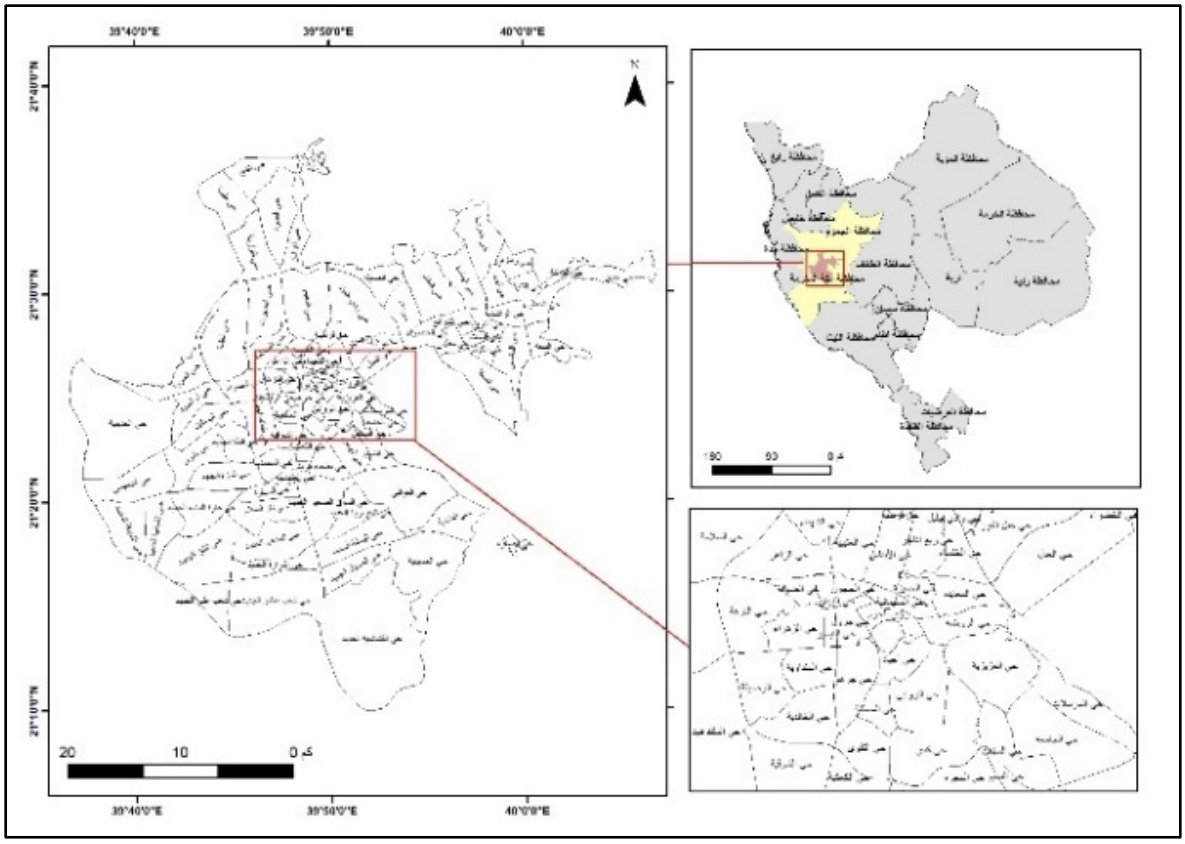


شكل 3. تصنيف بيانات الدراسة باستخدام برنامج (ARC GIS 10.8).

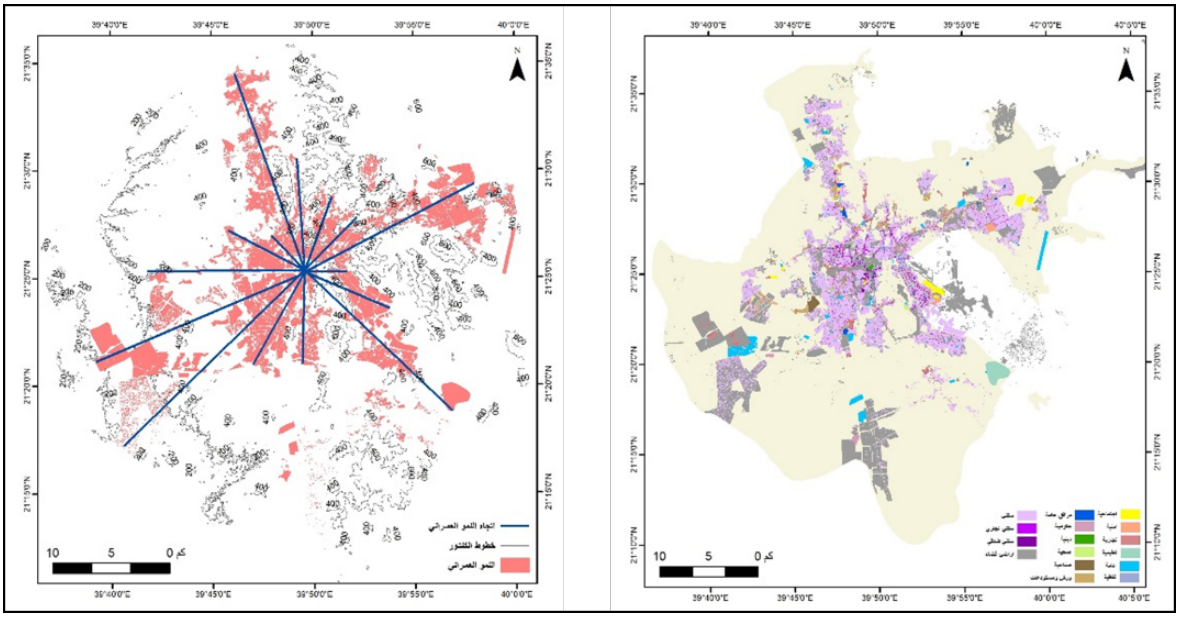
جدول 2. الفئات المساحية للخدمات في منطقة الدراسة.

الفئة	الاستخدامات	المساحة/كم 2	النسبة لاستخدام الأرض٪
صغيرة المساحة (أقل من 5 كم)	صحية، ودينية، وثقافية، ومرافق عامة، وصناعية، وأمنية، وحكومية، واجتماعية، وورش ومستودعات	16,5	11,10
متوسطة المساحة (5 إلى 10 كم)	تعليمية، وتجارية، وخدمات عامة	20,6	13,9
كبيرة المساحة (أكثر من 10 كم)	أراضي فضاء – سكني	228516	75,03

المصدر: الباحثة بالاعتماد على الطبقة الرقمية لاستخدامات الأرض من أمانة العاصمة المقدسة.



شكل 4. موقع منطقة الدراسة.



شكل 5. استخدامات الأرض واتجاهات النمو العمراني بمدينة مكة المكرمة.

وعند تحليل الشكل (6) يتضح بأن الطاقة الاستيعابية للطرق السريعة والدائرية تتراوح من 6 إلى 9 الاف سيارة تمتد من خارج المدينة إلى القلب بطول يصل إلى (1151كم)، بمحاذاتها الطرق الرئيسة ذات الطاقة الاستيعابية من 4 إلى 6 الاف سيارة لتوزع الحركة على الطرق الفرعية بطول يصل إلى (848 كم)، اما الطرق الفرعية والتي تتراوح طاقتها الاستيعابية بين 2 إلى 4 الاف سيارة ويصل طولها إلى (1783 كم)، والتي تغذيها الطرق التجميعية بالحركة تتراوح سعتها بين 900 إلى 2000 سيارة ويصل طولها إلى (2066 كم)، وعلى الرغم من إتساع الطرق إلا أننا نلاحظ تركز لمواقع الاختناقات المرورية على أجزاء من الطرق الرئيسة والفرعية المتجهة إلى قلب المدينة عند تقاطعات (39) من الإشارات المرورية أي 27٪ من الإشارات البالغ عددها (142 اشارة)، مما يؤثر على زمن قطع الطريق حيث تظهر القمم التي تتقارب فيها خطوط زمن الحركة والتي يصل فيها زمن قطع الطريق إلى 15 و20 دقيقة في وسط المدينة عند المنطقة المركزية بالقرب من الحرم المكي الشريف متجهه من الجنوب الشرقي عند احياء العزيزية والجامعة والنسيم حيث الاستخدامات التجارية والفنادق وهكذا في حي الشوقية وطريق مكة جدة السريع في جنوب غرب المدينة نحو النمو العمراني الحديث وأعلى كثافة سكانية على مستوى المدينة حسب هيئة الإحصاءات العامة 2022م، اما القمم الشمالية على طريق المدينة المنورة–مكة، وكذا الجنوبية الشرقية في حي العوالي و الشمالي الشرقي في حي الشرائع حيث مناطق الجذب الخدمية التي استحدثتها مخططات المدينة الهيكلية منذ ما يزيد عن 30 عام واكتمل العمران والخدمات بها.

6. مناقشة النتائج

يجد Espino & omán (2023(أن التخطيط المروري أصبح من المهام الرئيسة للرقابة والتنظيم والسلامة الحضرية، وهو خطوة مهمة نحو المدن الذكية، ولتحقيق اهداف البحث يجب مناقشة الخصائص الاتجاهية للتدفق المروري باعتبارها المكون الرئيس لتنقلات السكان اليومية، وبالتالي حساب الأهمية المكانية للإشارات المرورية وحساب جاذبيتها، ودور الذكاء الاصطناعي الجغرافي كحل تقني للاستثمار الاقتصادي، ونمذجة المواقع الاستثمارية للإشارات المرورية الضوئية.

6-1. الخصائص الاتجاهية للتدفق المروري في منطقة الدراسة

يمكن تعريف الانتقال بين نقطتين بأنه تدفق جغرافي سواء كان مادي أو غير مادي، ويعتمد هذا التدفق على مساحة انتشار الشبكة ومدى ترابطها واتصالها لمعرفة أنماط الحركة، وعند تحليل شبكة الطرق المكونة لمدينة مكة المكرمة يتضح بأن أطوال الطرق بها تصل إلى 1619,6 كم تمتد إلى خارج حدودها الإدارية مكونة من (195664) وصلة طريق و (117445) عقدة، فيكون مستوى ترابطها حسب معامل بيتا (1,6) أي أكثر من شبكة مترابطة ومتكاملة، تحتوي على جميع أنواع الطرق الرئيسة والفرعية والتجميعية والمحلية والدائرية لتربط جميع اجزاءها، وعلى الرغم من ذلك إلا أن تدفق الحركة بها يعاني من الإزدحامات المرورية في بعض الأجزاء مما يحدث اشكالية في تدفق الحركة (شكل 6).

ثانوية	2000-1200	44	31.4
طرفية	أكثر من 2000	23	16.4

المصدر: الباحثة بالاعتماد على تحليل الشبكة الطوبولوجية للإشارات المرورية.

ومن تحليل الجدول السابق يتضح بأن الإشارات المرورية تحتل أهمية نسبية متفاوتة يمكن تقسيمها إلى ثلاثة أنواع:

- عقد مركزية: إمكانية الوصول اليها عالية في مسافة لا تتجاوز 1200كم، تشكل ما يزيد عن نصف اعداد الإشارات 52٪، تقع في منتصف المدينة (شكل 7) وهذا ما اكسبها هذه الميزة.
- عقد ثانوية: إمكانية الوصول اليها من 1200 إلى 2000 كم، منتشرة ما بين الدائري الثاني والثالث وتشكل 31٪ من النسبة الكلية للإشارات.
- عقد طرفية: وتكون إمكانية الوصول اليها ضعيفة تتجاوز 2000 كم، متوزعة على محاور الحركة في أطراف المدينة في اقصى الشمال والشمال الشرقي والجنوب الشرقي.

6-3. نموذج الذكاء الاصطناعي الجغرافي المكاني (GeoAI) للاستثمار الاقتصادي في إشارات المرور

إن توجيه حركة المرور في المدن مهمة معقدة للغاية، تتطلب تحسين الكفاءة بالتنسيق بين العديد من الجهات الفاعلة، وهذا حفز إدارات المدن على استغلال جميع البيانات المتاحة وتسخيرها في تطوير مرونة البنية التحتية للنقل لمواجهة تحديات النقل والقيود المفروضة عليه للوصول إلى المدن الذكية،

6-2. الأهمية المكانية للإشارات المرورية

تحدد الإشارات المرورية نوعية التدفق المروري وتعكس خبرة المخططين وإدارة النقل، وعلى الرغم من كثافة شبكة الطرق وتدرج أنواعها إلا أن اختيار الموقع الملائم للإشارات كمنظمات للحركة المرورية يعمل على رفع إمكانية الوصول لمناطق الجذب السكاني مما يقود إلى الرفاهية الحضرية، ويعرف كريستالر المركزية بأنها الأهمية النسبية للمكان وقدرته على التفاعل المكاني مع جميع الخدمات المحيطة به، لذلك يمكن للإشارات المرورية ذات الوصول العالية أن توفر إمكانية جذب لسائقي المركبات على الطريق، وعلى العكس للإشارات ذات إمكانية الوصول المنخفضة حيث تقل أهميتها النسبية.

تتوزع على شبكة الطرق الحضرية بمدينة مكة المكرمة (142) إشارة مرورية يتركز 70٪ منها في مساحة وقدرها (270كم) داخل حدود الدائري الثالث (شكل 6-ج)، حيث النمو المكتمل للمدينة والاستخدام الكثيف للأرض والخدمات، لذلك تختلف الأهمية النسبية للإشارات المرورية حسب مسافة الوصول اليها (جدول 3)، حيث تؤكد نظريات تخطيط المدن على العلاقة الطردية بين التكلفة المادية والمسافة المقطوعة لما تستهلكه المركبات من حرق وقود يتزايد من حجم المركبات (Yin, *et al.*, 2023).

جدول 3. مركزية الإشارات المرورية حسب المسافة بين العقد.

نوع العقدة	المسافة/كم	عدد الإشارات	النسبة
مركزية	اقل من 1200	73	52.1

عن الإشارة الضوئية 500 متر يرسل إشارة إنذار الموقع والحالة إلى مركز التحكم بالمدينة عند تجاوز توقف السيارات امامه لأكثر من 30 ثانية لمتابعة الوضع ومد فترة فتح الإشارة في التقاطع المزدحم (شكل 9)، حيث اثبتت دراسة (Pérez-Acebo وآخرون 2021) بأن أكثر من 26٪ من السائقين لا يحترموا الضوء الأحمر، حيث زادت سرعة سائقي السيارات عن رؤية التحول إلى الأحمر، مما يسبب الاصطدامات المرورية.

- دعم التحول الرقمي للمدن الذكية بتحويل الإشارات من النمط التقليدي إلى الرقمي، بوضع مستشعر (Sensor) دقيق وجهاز إرسال ذكي فوق الإشارة المرورية، يرسل أوامر الإشارة المرورية الرقمية إلى الأجهزة الذكية والهواتف المحمولة في الاتجاه الصحيح للإشارة حسب الدقة المكانية لأنظمة تحديد المواقع العالمية (GPS).
- جمع بيانات الطريق من المستشعرات ورصد الحالة المرورية وبناء قواعد البيانات المحدثة آنياً، ومعالجتها لتكون مصدر لحساب تدفق الحركة بالمدينة، باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، وضمان الاستدامة.
- جمع اهتمامات المستخدمين وبناء قواعد بيانات تفيد في تحليل الاتجاه العام السلوكي.
- الاستثمار الاقتصادي المادي:
- تنويع مصادر دخل المدينة باستثمار مواقع الاختناقات المرورية؛ واستخدام سلوك الركاب في السيارات او النقل العام للأجهزة الذكية، وحوكمة تأجير هذه المساحات للشركات حيث قامت إدارات المدن بتقدير قيمة البيانات التي يمكن الحصول عليها من البيانات الضخمة وآليات توجيهها لتصبح اكثر نفعاً وفعالية تمكن المخططين من جمع ومعالجة كميات كبيرة من البيانات بشكل مستمر، حيث يرى(Mehmood *et al*., 2017،) إمكانية دمج الوظائف التشغيلية والإعلامية والتجارية والجودة في نظام واحد بفضل البيانات الضخمة ، كما أشار (Nummi *et al*., 2023) إلى أنه يجب لثقافة التخطيط اعتماد الجوانب التكنولوجية والاجتماعية معاً، عبر استخدام البيانات الضخمة الناتجة عن نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) والهواتف المحمولة للأفراد والشركات. (Ushakova *et al*., 2022).

ومع تطور الأجهزة الذكية والتقنيات الداعمة لنظام تحديد المواقع العالمي (GPS) وأنظمة توليد البيانات المتعددة، أصبح بالإمكان بناء نموذج ديناميكية يحاكي الواقع ويسخر البيانات الضخمة لدعم الذكاء الجغرافي المكاني GeoAI بهدف توفير رؤية جديدة في الديناميكيات الزمنية والمكانية للإشارات المرورية وجمع البيانات في المدن الذكية، حيث يقوم النموذج المقترح على الاستفادة من جميع مكونات النظام وإضافة عناصر جديدة (شكل 8).

يقوم النموذج على استثمار الاقتصاد المعرفي والمادي على النحو التالي:

- استثمار الاقتصاد المعرفي:
- تنظيم الحركة المرورية لرفع إمكانية الوصول وضمان سلاسة تدفق المركبات في مواقع الاختناقات المرورية، من خلال وضع مستشعر)Sensor) و وأنظمة تحديد المواقع العالمية)GPS) على حامل يثبت على الرصيف يبعد

على خريطة للمواقع المثلى للاستثمار (شكل 10) وفق المنهجية الموضوعة.

يتضح من تحليل الشكل السابق وجود 68 موقع مقترح مؤهل للاستثمار بالمدينة، وفق لمتغيرات النموذج (أشكال 1–3) لمناطق تولد الرحلات ومناطق الجذب ومكونات الشبكة، تم تقسيمها إلى الفئات التالية:

- الفئة الأولى: مناطق ذات أهمية عالية جداً، وحصل عليها 40٪ من المواقع المقترحة بما يعادل 27 موقع محصورة داخل الدائري الثاني والثالث وموقعين أحدهما في حي الشرائع واخر في حي العوالي حيث تركز استخدامات الأرض والكثافة العمرانية، إضافة إلى موقعين في المشاعر المقدسة (عرفة).
- الفئة الثانية: مواقع ذات أهمية عالية: وحصل عليها 25٪ من المواقع المقترحة بواقع 17 موقع، تجاور سابقتها في المواقع.
- الفئة الثالثة: مواقع ذات أهمية متوسطة: وحصل عليها كذلك 25٪ من المواقع المقترحة.
- الفئة الرابعة: مواقع ذات أهمية منخفضة: حيث نالت 7 مواقع فقط من المواقع المرشحة أي 10٪ فقط على هذه النسبة المنخفضة متوزعة على أطراف المدينة خارج الطريق الدائري الثالث.

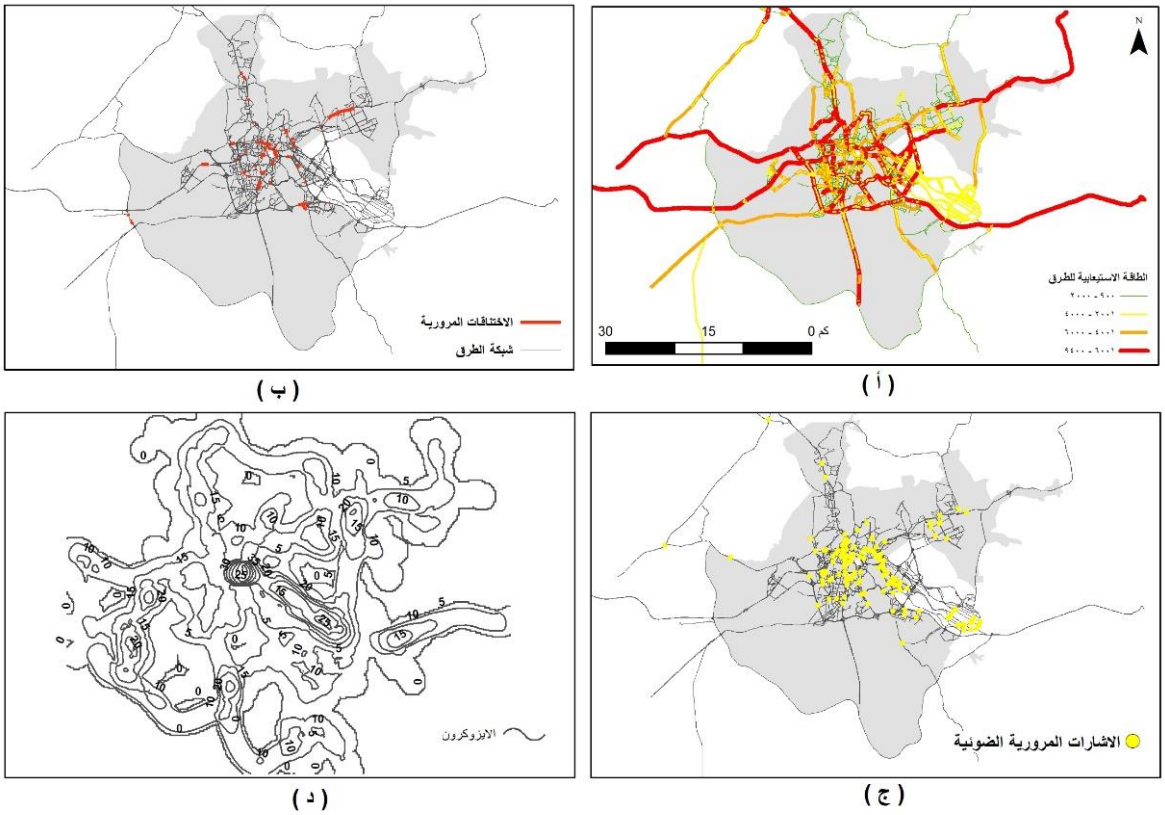
الإعلانية من قبل الدولة لبث الإعلانات الرقمية؛ باستخدام إنترنت الأشياء.

- تأجير المواقع الحيوية للإشارات المرورية في الإعلانات الالكترونية المعلقة.

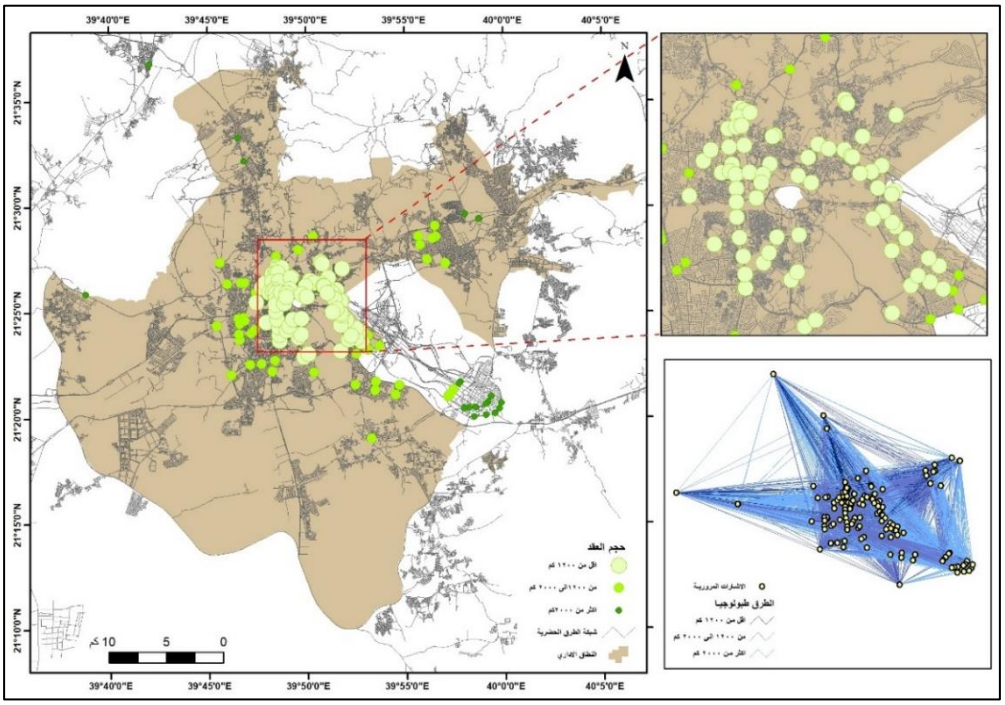
6-4. نمذجة المواقع الاستثمارية للإشارات المرورية الضوئية

تعد دراسة النمذجة مرحلة أولية للتحقق من كيفية استخدام البيانات الضخمة لإعادة تعريف وتمكين النماذج التشغيلية الجديدة، حيث توفر فهماً جديداً حول مشاركة الأحمال والتحسين في سياق المدينة الذكية (Mehmood *et al.*, 2017)، كذلك يمكن جمع كميات كبيرة من البيانات عبر استخدام المستشعرات وأنظمة تحديد المواقع العالمية (GPS) ووسائل التواصل الاجتماعي وأنظمة المعلومات الجغرافية. (Ushakova *et al.*, 2.22) لتستفيد الحكومة والشركات الخاصة منه مثل الإعلانات المحلية والتوجيه المحسن (Ma & Chen, 2018).

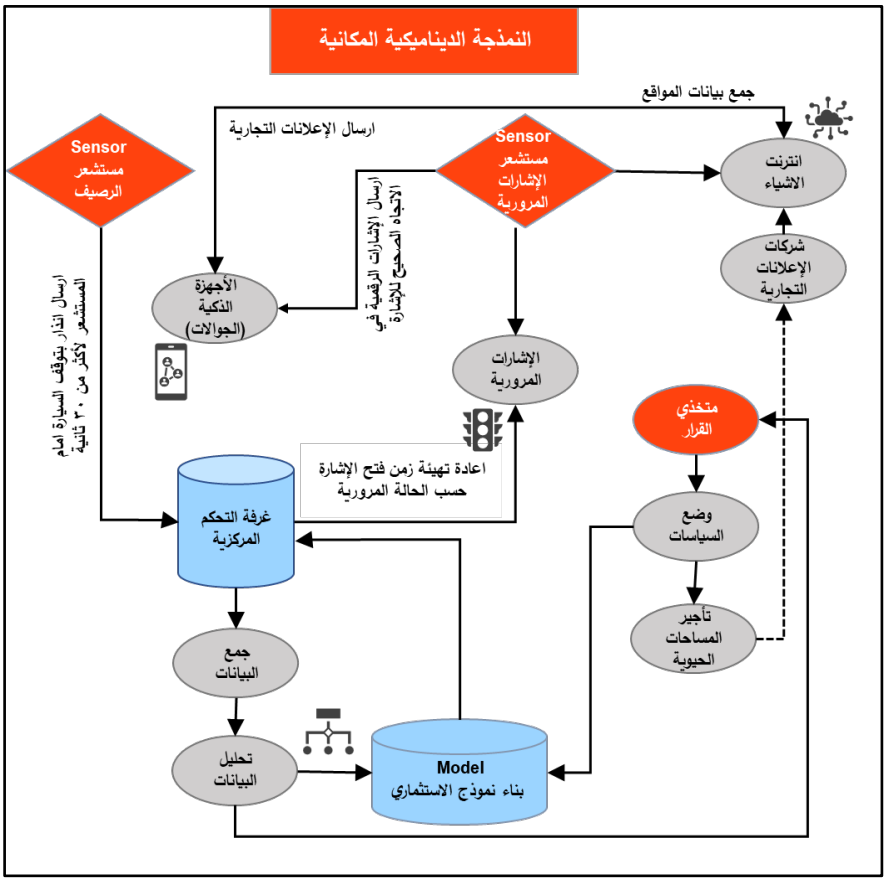
تماشياً مع متطلبات العصر والتطور التقني العالمي، تم بناء نموذج ديناميكي للإشارات المرورية يعمل لاستثمارها كقوة تمكن من الكشف عن مناطق القوة المكانية والتنبؤ بالاتجاهات المحتملة لتحرك هذه القوة عن طريق توليد معرفة مكانية موجهة تساعد متخذي القرار في تخطيط المدن وتوجيه استثمارها على الصعيد الفردي او المؤسسي، وتحقيقاً لهدف البحث تم نمذجة وتحليل متغيرات البحث والحصول



شكل 6. تدفق الحركة في مدينة مكة المكرمة.

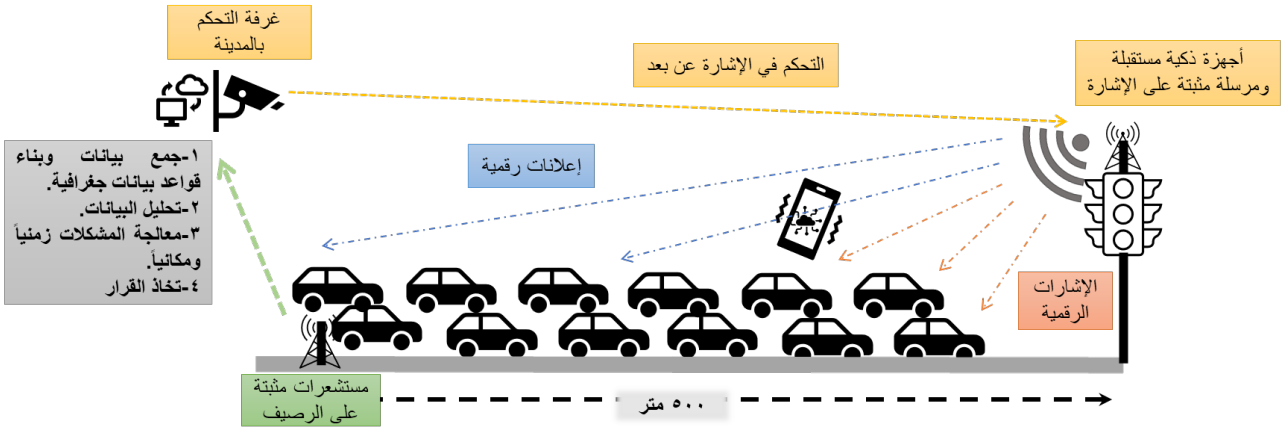


شكل 7. الأهمية النسبية لإمكانية الوصول للإشارات المرورية.



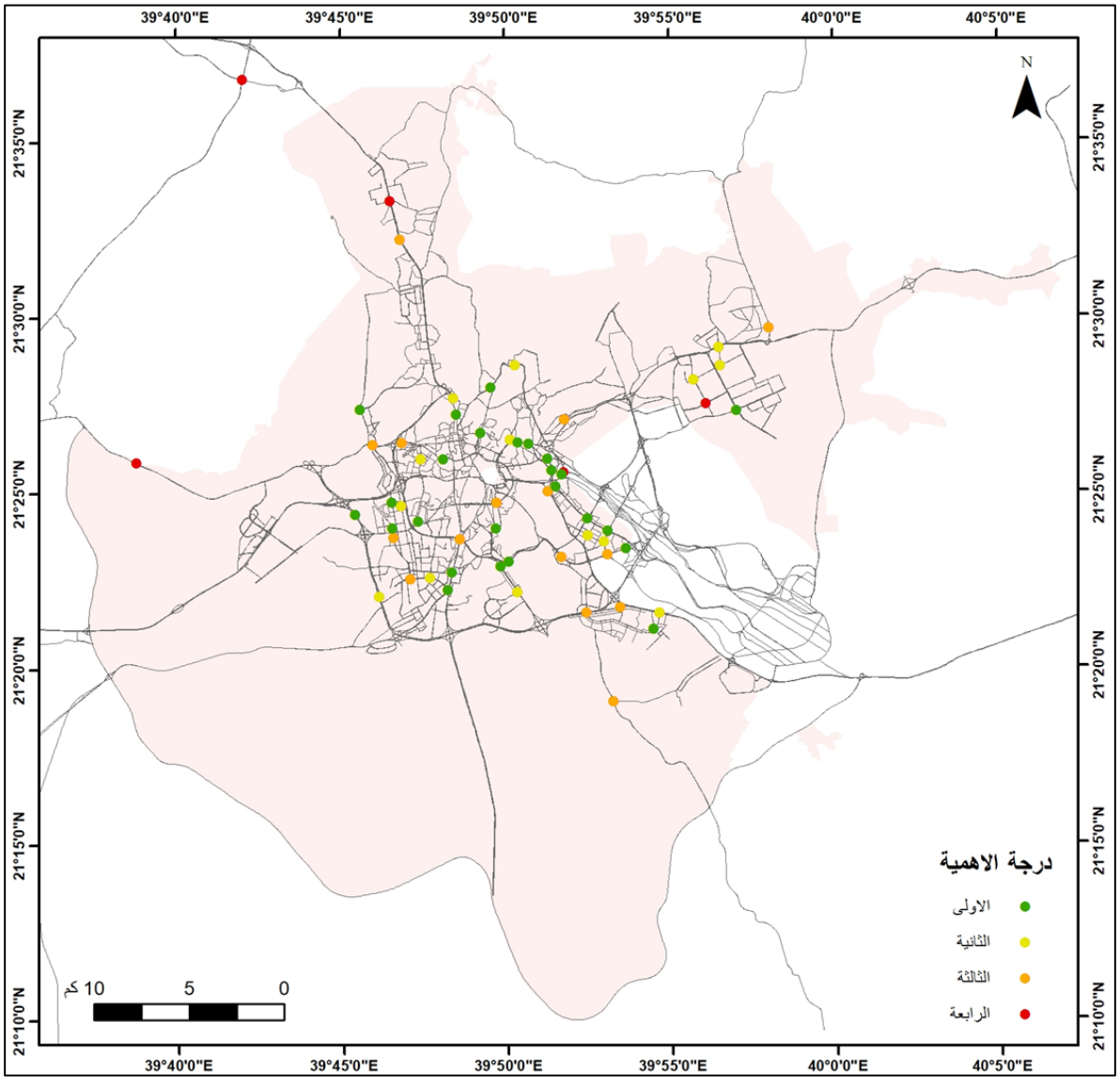
شكل 8. النمذجة الديناميكية للاستثمار في الإشارات المرورية.

المصدر: الباحثة.



شكل 9. نموذج تصوري لحالة عمل النموذج.

المصدر: الباحثة.



شكل 10. المواقع المثلى للاستثمار الاقتصادي في الإشارات المرورية بمدينة مكة المكرمة.

مستخدمي الطريق وتسخير النمذجة المكانية الحديثة للوصول إلى نموذج المدن الذكية، والمساهمة في سد الفجوة البحثية بين النظرية والتطبيق من خلال توفير نتائج يمكن استخدامها في دعم خطط المدينة، سواء في منطقة الدراسة أو في مدن أخرى، وقد أسهمت الدراسة في الإجابة عنالتساؤلات المطروحة حيث

7. الخاتمة

هدف البحث إلى القاء الضوء على الأهمية الكامنة خلف الإشارات المرورية وإمكانية تنويع طرق استخدامها من منظم مروري إلى موقع لجمع البيانات وحوكمة الإعلانات التجاري واستخدام المواقع الحيوية إلى مواقع دخل إضافي للمدينة بغرض رفع وعي

اعطاؤها رتب متفاوتة حسب المتغيرات المدخلة في التحليل.

التوصيات

- يمكن استخدام النمذجة المكانية الرقمية لتحديد المواقع الحيوية للإعلانات الرقمية الموجهة في الموانئ البحرية والجوية وحتى القطارت.
- تسمح المستشعرات والبرمجة الذكية للمواقع بخفض تكاليف المسح الميداني وتوفر بيانات آنية.
- استثمار النطاقات المتعددة في النموذج المتحصل عليه في تنويع سعر الاستثمار المادي للمواقع الحيوية بتدرجها حسب الأهمية.
- أن تركز الأبحاث المستقبلية على إيجاد مصادر بيانات جديدة يمكن توظيف التقنيات الجغرافية بها لخدمة تطوير المدينة ومتخذي القرار.

المراجع

Alavi, A.H., Jiao, P., Buttlar, W.G. and **Lajnef, N.** (2018). Internet of Things-enabled smart cities: State-of-the-art and future trends. *Measurement*. **129**, December, pp 589-606

Al-Sehrawy, R., Kumar, B. and **Watson, R.W.** (2023). The pluralism of digital twins for urban management: Bridging theory and practice. *Journal of Urban Management.* **12**, Issue 1, March, pp 16-32

Czogalla, O. and **Schönrock, R.** (2021). *Detection of Spatiotemporal Interferences of Road Traffic with IoT-Connected Sensor Beacons. IFAC-PapersOnLine.* Volume 54, Issue 4, 2021, Pages 177-182.

Chhetri, B. Drukpa, C. and **Dorji, T**. (2023). Analysis of investment in public facilities and amenities in urban development plans in Bhutan: How systematic is it? *World Development Sustainability*, **2**, 100065.

Deng, T., Zhang, K. and **Shen, Z.M.** (2021). A systematic review of a digital twin city: A new pattern of urban governance toward smart cities. *Journal of management science and Engineering*, **6**, Issue 2, PP;125-134.

اتضح من تحليل المتغيرات المستخدمة في النمذجة المكانية العلاقة بين توزيع الكتلة العمرانية وخصائص شبكة الطرق و سبب مركزية 52٪ من الإشارات المرورية القائمة بالمدينة ، والتي تم الاستفادة منها في تحديد مدى قابلية الاستفادة من مواقعها في انتاج خريطة للملائمة المكانية لاستخدمها كدليل ارشادي لمواطن المستشعرات لتتبع تدفق الحركة على شبكة الطرق دون الحاجة الى عمليات المسح الميدانية التقليدية ذات التكلفة المادية والزمنية وكذلك إمكانية استثمار البيانات الضخمة الناتجة عن مستخدمي الطريق والكشف عن اهتماماتهم، بالإضافة الى إمكانية وحوكمة الإعلانات التجارية التي تبث في هذه المواقع وتأجيرها من قبل الجهات ذات الصلاحية، ويمكن تلخيص نتائج البحث في النقاط التالية:

- يمكن الاستثمار المعرفي في البيانات الضخمة واعتبارها أحد المصادر الجديدة في بيانات أنظمة النقل وأنماط السفر لاشتقاق بيانات بتكلفة منخفضة عن المسوح الميدانية.
- تتيح النمذجة المكانية لبيانات النقل تطوير أساليب بحثية جديدة تتضمن استخدام التحليلات المتقدمة للبيانات، واستكشاف استخدامات جديدة للتنبوء بأنماط السفر وسلوك مستخدمي الطريق وإدارته، مما يسمح بتحسين أداء أنظمة النقل من حيث الكفاءة والاستدامة.
- نتج عن النمذجة المكانية للإشارات المرورية اقتراح 68 موقع على مستوى المدينة تم

Deryabin, I. (2022). *Traffic lights as a factor in the regulation of traffic noise*. *Transportation Research Procedia*.https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.06.032

Gershenson, C. (2005). *Self-organizing Traffic Lights. Complex Systems*, 16(1), pp; 29–53. https://doi.org/10.1002/cplx.20392

Hersperger, A. Thurnheer, C. Wittenwiler, S. Tobias, S. Folvig and **C. Fertner**. (2021). Digitalization in land-use planning: Effects of digital plan data on efficiently, transparency and innovation. *European Planning Studies* (2021), pp; 1-17, 10.1080/09654313.2021.2016640.

Pérez-Acebo, H., Ziolkowski, R. and **Gonzalo-Orden, H.** (2021). Evaluation of the Radar Speed Cameras and Panels Indicating the Vehicles' Speed as Traffic Calming Measures (TCM) in Short Length Urban Areas Located along Rural Roads. *Energies*, **14**(23), 8146. https://doi.org/10.3390/en14238146

Ibarra-Martínez, S., Castán-Rocha, J. and **Laria-Menchaca, J.** (2014). Optimizing urban traffic control using a rational agent. *Journal of Zhejiang University SCIENCE C*, **15**, 1123 - 1137. https://doi.org/10.1631/jzus.C1400037.

Janssen, M., Voort, H. and **Wahyudi, A.** (2017). Factors influencing big data decision-making quality. *Journal of Business Research*, **70**, 338-345. https://doi.org/10.1016/J.JBUSRES.2016.08.007.

Kandt, J. and **Batty, M.** (2020). Smart cities, big data and urban policy: Towards urban analytics for the long run. *Cities*. **109**, February 2021, 102992.

Kim, H.M., Sabri, S. and **Kent, A.** (2020). Smart cities as a platform for technological and social innovation in productivity, sustainability, and livability: A conceptual framework. *Smart Cities for Technological and Social Innovation*, pp: 9 - 28. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818886-6.00002-2

Krylatov, A.Y., Puzach, V.G., Shatalova, N. and **Asaul, M.** (2020). Optimization of traffic lights operation using network load data. *Transportation research procedia*, **50**, 321-329.

Krzysztof, M. (2016). The Importance of Automatic Traffic Lights Time Algorithms to Reduce the Negative Impact of Transport on the Urban Environment. *Transportation Research Procedia*, **16**: 329-342.

Lu, Y., Xie, H., Arshika Zain, S. and **Xu, Z.** (2019). Geographic Information Systems and Big Data Driven Framework for Planning and Design of Smart Cities. *2019 4th International Conference on Information Systems Engineering (ICISE)*, pp; 6-10.

Ma, X. and **Chen, X.** (2018). Public transportation big data mining and analysis. *In: Data-Driven Solutions to Transportation Problems*. Elsevier. pp.175–200.

Małecki, K. and **Iwan, S.** (2019). Modeling traffic flow on two-lane roads with traffic lights and countdown timer. *Transportation Research Procedia*. **39**, pp; 300-308

Mehmood, R., Meriton, R., Graham, G., Hennelly, P. and **Kumar, M.** (2017). Exploring the influence of big data on city transport operations: a Markovian approach. *International Journal of Operations and Production Management*, **37**. 1, pp; 75–104.

Mitroshin, P.A., Shitova, Y.Y., Shitov, Y.A., Vlasov, D. and **Mitroshin, A.** (2022). Big Data and Data Mining Technologies Application at Road Transport Logistics. *Transportation Research Procedia.* **61**, pp; 462-466.

Mortaheb, R. and **Jankowski, P.L.** (2022). Smart city re-imagined: City planning and GeoAI in the age of big data. *Journal of Urban Management*. **12**, Issue 1, pp; 4-15.

Nummi, P., Staffans, A. and **Helenius, O.** (2022). Digitalizing planning culture: A change towards information model-based planning in Finland. *Journal of Urban Management.* **12**, Issue 1, March, pp; 44-56.

Omán, A.C.M. and **Espino, M.M.** (2023). Traffic Signs Configuration with a Geo-simulation Approach. *In: Méndez-González*. https://doi.org/10.1007/978-3-031-29775-5_10

[24] **Polo, L.E., Jimenez-Barros, M.A., Narváez, V.V.** and **Daza, C.P.** (2022). Simulation and Optimization of Traffic Lights For Vehicles Flow in High Traffic Areas. *Procedia Computer Science*. **198**, pp; 548-553

Popovich, N., Spurlock, C.A., Needell, Z.A., Jin, L., Wenzel, T., Sheppard, C.J. and **Asudegi, M.** (2021). A methodology to develop a geospatial transportation typology. *Journal of Transport Geography*. **93**, May, 103061.

Sabri, S. and **Witte, P.A.** (2023). Digital technologies in urban planning and urban management. *Journal of Urban Management*. **12**, Issue 1, March, pp; 1-3.

Shepelev, V.D., Glushkov, A.I., Makarova, I.V. and **Boyko, A.** (2022). Clustering Urban Transport Network Junctions Using Convolutional Neural Networks and Fuzzy Logic Methods. *Transportation Research Procedia*. **62**, pp; 581-588.

Shu, H., T. Pei, C. Song, X. Chen, S. Guo, Y. Liu and **C. Zhou.** (2020). L-Function of Geographical Flows. *International Journal of Geographical Information Science* **35** (4). pp; 689–716.

Tunc, I. and **Soylemez, M.T.** (2023). Fuzzy logic and deep Q learning based control for traffic lights. *Alexandria Engineering Journal*. **67**, 15 March, pp; 343-359

Ushakov, D., Dudukalov, E.V., Mironenko, E. and **Shatila, K.** (2022). Big data analytics in smart cities' transportation infrastructure emodernization. *Transportation Research Procedia.* **63**, pp; 2385–2391.

Yin, G., Huang, Z., Yang, L., Ben-Elia, E., Xu, L., Scheuer, B. and **Liu, Y.** (2023). How to quantify the travel ratio of urban public transport at a high spatial resolution? A novel computational framework with geospatial big data. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinformation*, **118**, 103245.

Yuloskov, A., Bahrami, M.R., Mazzara, M., Imbugwa, G.B., Ndukwe, I. and **Kotorov, I.** (2023). *Traffic Light Algorithms in Smart Cities: Simulation and Analysis.* https://doi.org/10.1007/978-3-031-29056-5_21.

شبيلة، مقدم. مقناني، صبرينة (2019)، مجلة دراسات المعلومات والتكنلوجيا. https://doi.org/10.5339/jist.2019.4

Spatial Investment of Traffic Light Leading to the Smart City Using GIS

Manal A. Abdulrahman

Department of Geography, College of Social Sciences, Umm Al-Qura University, Makkah, Saudi Arabia

maabdulrahman@uqu.edu.sa

Abstract. Regulating traffic flow on roads is complex in large cities, Therefore, it is not enough to rely only on the network layout and the locations of the traffic lights; Especially in the time of the multi-source information revolution, Therefore, the research aimed to integrate transportation patterns and propose a method for (knowledge and material economic) investment, for traffic lights as a major regulator of traffic flow on roads in smart cities, to come up with a map of the appropriate sites for this investment, using the methodology of spatial analysis and geographical techniques,The results of the research indicated the possibility of reducing the cost of road traffic data collection and predicting the behavior of travelers using sensors and big data generated by road users, and coming up with a spatial suitability model for vital sites for the economic investment of traffic signals, and recommended investing the capabilities of spatial models in data collecting under governmental supervision and leasing vital sites in other modes of transport.

Keyword: Spatial modeling, Traffic lights, Economic investment, Smart cities, GIS.