ISSN: 2706-6495

تقييم إمكانية الوصول المكاني لمحطات حافلات النقل العام في مدينة مكة المكرمة باستخدام الشبكات السداسية

Evaluating the spatial accessibility of public bus stations in the city of Makkah Al-Mukarramah using hexagonal networks

إعداد: الباحثة/ حسناء بنت حسن بن عبدالله العفيفي

محاضر بجامعة أم القرى، قسم الجغرافيا، كلية العلوم الاجتماعية، جامعة أم القرى، المملكة العربية السعودية

Emil: hhafifi@uqu.edu.sa

أ.د/ محمد بن إبراهيم بن سليمان الدغيري

أستاذ الجغرافيا الاقتصادية، قسم الجغرافيا، كلية اللغات والعلوم الإنسانية، جامعة القصيم، المملكة العربية السعودية

Emil: aldagheiri@yahoo.com

الملخَّص:

يعتبر تحليل إمكانية الوصول المكاني إحدى المشكلات الأساسية للجغرافيا، وجغرافيا النقل على وجه الخصوص، ويعد أحد العوامل الرئيسة التي تؤثر على قدرة سكان منطقة معينة على استخدام خدمات معينة؛ لذلك من المهم تطوير أساليب مناسبة لتحليل إمكانية الوصول المكاني. يهدف هذا البحث إلى تحليل إمكانية الوصول المكاني إلى محطات حافلات النقل العام في مدينة مكة المكرمة باستخدام شبكة سداسية مقترنة بتحليل الشبكة وتحديد المناطق ذات إمكانية الوصول العالية والمنخفضة. حيث تسهم هذه الدِّراسة في تحسين التَّخطيط الحضري من خلال تقديم منهجيَّةٍ مبتكرةٍ باستخدام الشَّبكة السُّداسيَّة لتحليل الوصول المكاني؛ ما يساعد المخطِّطين الحضريين على اتخاذ قراراتٍ أفضل حول مواقع محطَّات حافلات النَّقل العام، وكذلك في تحديد المناطق الَّتي تحتاج إلى تحسين توزيع محطات حافلات النقل العام؛ ما يؤدِّي إلى تحسين الوصول العادل لجميع السُّكَّان، وتقليل الفوارق في إمكانيَّة الوصول إلى المحطَّات.

أظهرت النتائج تبايناً كبيراً في إمكانية الوصول بين المناطق، حيث يتمتع سكان المناطق ذات الكثافة السكانية العالية بوقت ومسافة وصول أقل مقارنة بالمناطق النائية. بلغ متوسط زمن الوصول 3.16 دقيقة، بينما انخفض المعدل الموزون إلى 2.46 دقيقة. كما أوضحت النتائج أن المناطق النائية مثل الحديبية والشامية الجديدة تعاني من زمن ومسافة وصول طويلة تصل إلى 30.10 دقيقة و23.25 كم، مما يستدعي تحسين توزيع المحطات.

الكلمات المفتاحيَّة: إمكانية الوصول، الشبكات، الشبكات السداسية، محطة الحافلات، مكة المكرمة.

ISSN: 2706-6495

Evaluating the spatial accessibility of public bus stations in the city of Makkah Al-Mukarramah using hexagonal networks

Abstract:

Spatial accessibility analysis is considered one of the fundamental challenges in geography, particularly in transport geography. It is one of the main factors influencing the ability of residents in a specific area to access certain services. Therefore, it is important to develop suitable methods for spatial accessibility analysis. This research aims to analyze spatial accessibility to public bus stations in the city of Makkah using a hexagonal network combined with network analysis to identify areas with high and low accessibility. This study contributes to improving urban planning by presenting an innovative methodology using a hexagonal grid to analyze spatial accessibility. This helps urban planners make better decisions about the locations of public bus stations, as well as identify areas that need improved public bus station distribution. This leads to improved equitable access for all residents and reduces disparities in accessibility to stations.

The results showed significant variations in accessibility between areas, where residents of high-density areas enjoy shorter travel times and distances compared to remote areas. The average accessibility time was 3.16 minutes, while the weighted average decreased to 2.46 minutes. Additionally, the findings revealed that remote areas such as Al-Hudaibiya and New Al-Shamiya suffer from long travel times and distances, reaching 30.10 minutes and 23.25 kilometers, respectively, highlighting the need to improve station distribution.

Keywords: Accessibility, Networks, Hexagonal grids, Bus station, Makkah.

1. المقدِّمة:

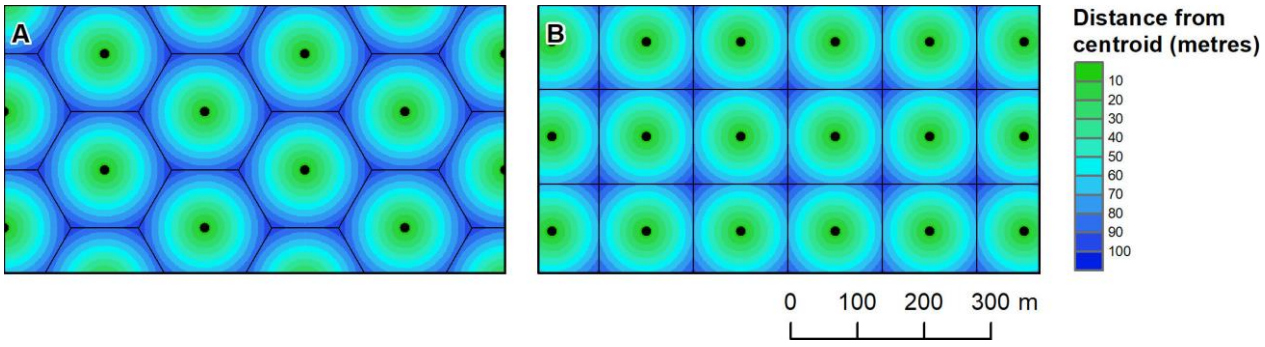
تُعتبر تنمية سهولة الوصول Accessibility في المناطق الحضريَّة هدفًا تصبو إليه الدِّراسات الحضريَّة بصفةٍ عامَّةٍ من أجل راحة المجتمع وتقدُّمه، وذلك بتقليل زمن الرِّحلة، وتكلفتها، وتحقيق أقصى عوائد ممكنةٍ لتكبير الوفورات النَّاجمة عن تخطيط الرِّحلات اليوميَّة والأسبوعيَّة والموسميَّة من أجل العمل والتَّسوُّق والتَّرفيه (مصيلحي، 2003م، ص449).

يشير كمونة والبغدادي (2001) إلى أنَّ سهولة الوصول هي تحقيق أكبر قدرٍ من الأمان والرَّاحة، ولا يمكن الوصول إلى هذا أو تحقيقه إلَّا إذا استطاع الإنسان أن يبرمج الاستفادة من أرض المنطقة السَّكنيَّة بشكلٍ يُوجِدُ علاقةً مكانيَّةً صحيحةً وعمليَّةً ما بين الاستعمالات المختلفة الموجودة فيها: (تعليميَّة، وصِحِّيَّة، وتجاريَّة، ودينيَّة)، وتأتي العلاقات المكانيَّة الصَّحيحة من خلال توزيع استعمالات الأرض المختلفة هذه بالشَّكل الَّذي تُصبح فيه في متناول الإنسان في المنطقة السَّكنيَّة دون تعبٍ أو مُعاناة.

يهدُفُ البحثُ إلى تقديم منهجيَّةٍ لتحليل إمكانيَّة الوصول المكاني إلى محطَّات حافلات النَّقل العام داخل مدينة مكَّة المكرَّمة باستخدام تحليل الشَّبكات السُّداسيَّة؛ لمعرفة مُعدَّل زمن ومسافة الرِّحلة المستغرقة من أي مكانٍ لجميع المواقع الأُخرى داخل مدينة مكَّة المكرَّمة، ويُمكن من خلال خرائط التَّحليل الشَّبكي فهم سُهُولة الوُصُول وتبايُنها المكاني بصريًّا.

تُستخدم الشَّبكاتُ السُّداسيَّة (Hexagonal Sampling Grids) في تقييم الوصولية المكانية بشكلٍ فعَّالٍ مُقارنةً بالشَّبكات المربَّعة Square grids؛ إذ تُقدِّم عِدَّة مميِّزاتٍ رئيسة، من أهمِّها توزيع أفضل للنِّقاط؛ حيثُ يُمكن للشبكة السُّداسيَّة تغطية المنطقة بكفاءةٍ باستخدام عددٍ أقل من الخلايا بنحو 30% مُقارنةً بالشَّبكة المربَّعة؛ ما يُقلِّل من عدد النِّقاط المطلوبة في التَّحليل دون التَّأثير على دِقَّة النَّتائج، كما أنَّ الشَّبكة السُّداسيَّة تضمن أنَّ المسافة من مركز الخلِيَّة Centroid إلى حدودها تكون مُتساويةً تقريبًا، بعكس الشَّبكة المربَّعة؛ حيثُ تختلف المسافات من المركز إلى الأطراف، هذه الخاصيَّة تجعلها أكثر دِقَّةً في تمثيل البيانات المكانيَّة وتقديم تمثيلٍ مُتساوٍ للنِّطاق الجغرافي.(Burdziej, 2019,p101)

الشَّكل رقم (1): مقارنةٌ بين الكفاءة المكانيَّة للشَّبكة السُّداسيَّة A والشَّبكات المربَّعة.



المصدر (Burdziej ,2019,p101)

علاوةً على ذلك، تُساعد هذه الشَّبكاتُ في تقديم تحليلاتٍ مكانيَّةٍ أسرع وأكثر فعالِيَّةً، خاصَّةً عند استخدام بيانات شبكة الطُّرُق والشَّبكات الحضريَّة؛ إذ تُسهِّلُ الشَّبكة السُّداسيَّة حساب المسارات والمسافات ضمن النِّطاقات الزَّمنيَّة المحدَّدة للوصول إلى نقاط الاهتمام (POIs) كما في حالتنا هذه إلى محطَّات النَّقل العام داخل مدينة مكَّة.

1.1. مشكلة الدِّراسة:

تتمحور مشكلة الدراسة حول التوزيع غير المتكافئ لمحطَّات حافلات النَّقل العام في مدينة مكَّة المكرَّمة بالمقارنة مع المناطق العُمرانيَّة؛ ما يؤدِّي إلى تفاوُتٍ في سهولة الوصول المكاني لهذه المحطَّات، ففي كثيرٍ من الحالات يُعاني بعض السُّكَّان من صعوبة الوصول إلى المحطَّات بسبب مواقعها غير المناسبة أو البعيدة، هذا التفاوُت في الوصول قد يُؤثِّرُ سلبًا على جودة الحياة، ويزيد من الازدحام المروري، وتكاليف التَّنقُّل، والاعتماد على السَّيَّارات الخاصَّة.

2.1. أهداف الدِّراسة:

- تحليل الوصول المكاني إلى محطَّات حافلات النَّقل العام بمدينة مكَّة المكرَّمة باستخدام شبكةٍ مكانيَّةٍ سُداسيَّةٍ.
- تحديد المناطق الَّتي تُعاني من نقصٍ في المحطَّات ومناطق كفاية الخدمة.

3.1. أهمِّيَّة الدِّراسة:

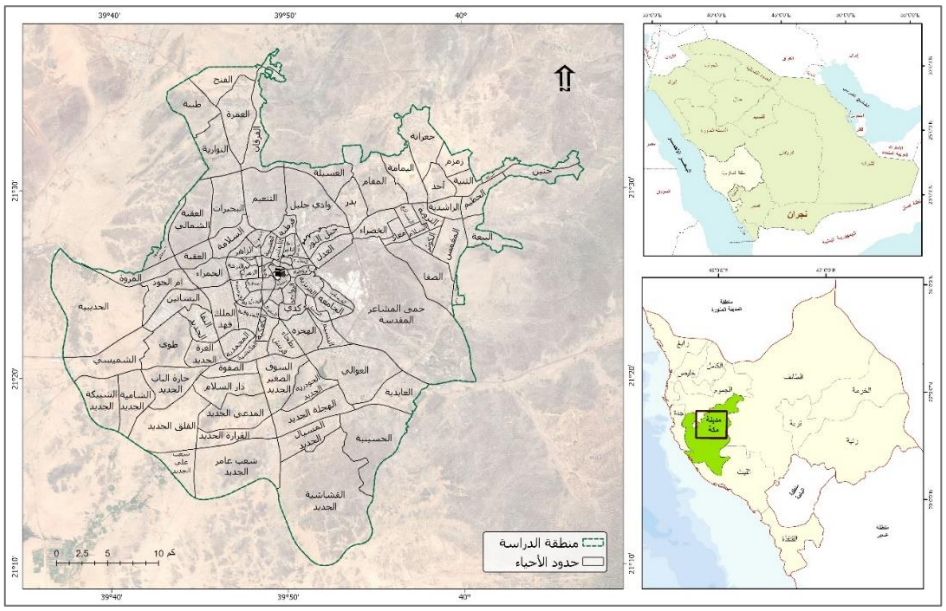
- تسهم الدِّراسة في تحسين التَّخطيط الحضري من خلال تقديم منهجيَّةٍ مبتكرةٍ باستخدام الشَّبكة السُّداسيَّة لتحليل الوصول المكاني؛ ما يساعد المخطِّطين الحضريين على اتخاذ قراراتٍ أفضل حول مواقع محطَّات حافلات النَّقل العام.
- تُسهمُ الدِّراسة في تحديد المناطق الَّتي تحتاج إلى تحسين توزيع محطات حافلات النقل العام؛ ما يؤدِّي إلى تحسين الوصول العادل لجميع السُّكَّان، وتقليل الفوارق في إمكانيَّة الوصول إلى المحطَّات.

2. منطقة الدِّراسة:

تُعدُّ مدينة مكَّة المكرَّمة أبرز الوجهات الدِّينيَّة في العالم، وتقعُ في وسط الإقليم الغربي من المملكة العربيَّة السُّعوديَّة، وتقع فلكيًّا بين خطَّي الطُّول 39.610 و40.115 شرقًا، وبين دوائر عرض 21.166 و21.625 شمالًا، ويحُدُّ مدينة مكَّة من النَّاحية الجنوبيَّة محافظة اللِّيث، ومن الشَّمال محافظة الجموم، ومدينة الطَّائف من الشَّرق، ومدينة جدَّة من الغرب، تتميَّز مدينة مكَّة المكرَّمة بعددٍ من الخصائص الطَّبيعيَّة الفريدة؛ حيثُ تُحيط بها الجبالُ من كافَّة الجهات، بما في ذلك جبال الحجاز وجبل عرفات، الَّتي تُعتبرُ من أبرز الجبال في المنطقة، كما تحتوي مكَّة المكرَّمة على العديد من الأودية مثل: وادي نقرة، وادي إبراهيم، ووادي نمار، وعلى الرَّغم من أنَّ مكَّة المكرَّمة ليست مدينةً ساحليةً، فإنَّها تبعُدُ بضعة كيلومترات فقط عن ساحل البحر الأحمر، وقد أثَّرت الطَّبيعة الجبليَّة السَّائدة في المدينة بشكلٍ كبيرٍ على توجيه نمو النِّطاقات العُمرانيَّة؛ حيثُ كان النُّمو يمتدُّ بشكلٍ رئيسٍ نحو الشَّمال الغربي من مركز المدينة (الحبيشي، 2015).ويوُضِّح الشكل رقم (2) موقع مدينة مكَّة المكرَّمة في منطقة مكَّة، وتبلغ مساحتها 1203.3 كم^2، وتشغل المساحة العُمرانيَّة المأهولة بالسُّكَّان نحو 420 كم^2 (طبقة الغطاء الأرضي land cover لعام 2021)، ويبلغ عدد سكَّانها (2.247,924) نسمة لعام 2022م (الهيئة العامة للإحصاء، 2024)، موزَّعين بين أحيائها البالغ عددها (108) أحياء، يُوضِّح الشَّكل رقم (3) شبكة النَّقل العام (محطَّة الحافلات)، وعلاقتها بأحياء مدينة مكَّة من ناحية، وشبكة الطُّرق والشَّوارع من ناحيةٍ أُخرى.

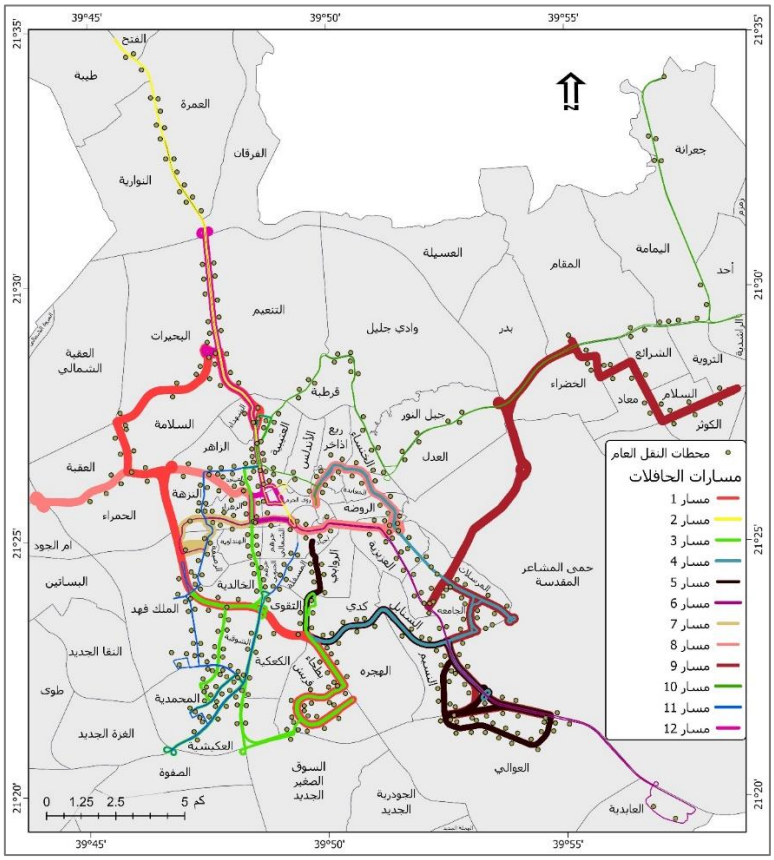
ISSN: 2706-6495

الشَّكل رقم (2): موقع مدينة مكَّة المكرَّمة.



المصدر: عملُ الباحثان اعتمادًا على برنامج ArcGIS Pro 3.2 طبقات حدود الأحياء والبلديَّات، وزارة الشؤون البلديَّة والقرويَّة، وكالة التَّخطيط الحضري والأراضي، 2023م.

الشَّكل رقم (3): شبكة النَّقل العام- الحافلات في مدينة مكَّة المكرَّمة عام 2023م.



المصدر: عملُ الباحثان اعتمادًا على برنامج ArcGIS Pro 3.2 مواقع المحطَّات بناءً على الهيئة الملكيَّة بمدينة مكَّة المكرَّمة والمشاعر المقدَّسة، 2023م.

3. الدِّراسات السَّابقة:

دراسة Burdziej (2019) بعنوان (استخدام الشبكات السداسية وتحليل الشبكات لتقييم إمكانية الوصول المكاني في البيئات الحضرية ـ دراسة حالة للمرافق العامة في تورون) هدفت الدراسة إلى تحليل الوصول المكاني في مدينة تورون باستخدام شبكةٍ سُداسيَّةٍ؛ لتحديد أقصر المسارات إلى المرافق العامَّة، لتطوير منهجيَّةٍ لتحليل الوصول المكاني في البيئات الحضريَّة، وقد تمَّ تحليل الشَّبكات عبر بيانات OpenStreetMap وتم تحليل التوزيع المكاني لإمكانية الوصول إلى المرافق العامة المختارة وتحديد المناطق ذات إمكانية الوصول العالية والمنخفضة، وأوصت الدِّراسة بتطوير أدوات دعم القرار للسُّكَّان وصُنَّاع القرار؛ لتقييم الوصول المكاني بناءً على تفضيلاتٍ شخصيَّة، باستخدام هذه الأدوات كذلك لتقليل الازدحام المروري، وتحسين جودة الحياة في المناطق الحضريَّة.

دراسة البلاع (2020م)بعنوان (تحليل سهولة الوصول إلى الحدائق والفسح الخضراء في المدينة المنورة باستخدام الأساليب الجيومعلوماتية) هدفت إلى تحليل التَّوزيع الجغرافي للمساحات الخضراء في المدينة المنوَّرة باستخدام نظم المعلومات الجغرافيَّة للتَّعرُّف على نمط التَّوزيع الجغرافي، وتنوُّع الوصول إليها لكُلِّ حي، واعتمدت الدِّراسة على المنهج التَّحليلي من خلال الاستعانة بالطُّرق الإحصائيَّة المختلفة بتقنياتٍ جيومعلوماتيَّة، وأوضحت الدراسة أنَّ التوزيع الحالي لا يُوفِّر سهولة الوصولِ بشكلٍ شاملٍ لجميع السُّكَّان؛ ولا يجعل التَّوزيع أكثر عدلًا للمساحات الخضراء؛ ما يستدعي طلب توزيعٍ عادلٍ لجميع الأحياء السَّكنيَّة لسهولة الوصول إليها.

دراسة الخليفة والشويش (2020م) بعنوان (استخدام تقنيات الاستيفاء المساحي ونماذج تخصيص الموقع لتحديد إمكانية الوصول إلى مراكز الرعاية الصحية الأولية في مدينة الرس) هدفت إلى التَّعرُّف على التَّوزيع المكاني لمراكز الرِّعاية الصِّحِّيَّة الأوَّليَّة في مدينة الرَّس، وتحليل إمكانيَّة الوُصُول إليها باستخدام تقنية الاستشعار عن بُعدٍ ونظم المعلومات الجغرافيَّة، ممثَّلةً في تقنيات الاستيفاء المساحي بتطبيق تقنية Mapping Dasymetric؛ للكشْف عن التَّوزيع المكاني الفعلي للسُّكَّان، ولإيجاد التَّوزيع الأمثل ونموذج تخصيص الموقع P-Median لمعرفة مواقع المراكز المثلى الَّتي تُقدِّم تغطيةً للسُّكَّان داخل نطاق خدماتها، وذلك ضمن مسافة 800م و1200م، وتوصَّلت النَّتائج إلى أنَّ 58% من مجموع السُّكَّان خارج نطاق التغطية 800م، وتنخفض هذه النِّسبة إلى 34% عند مسافة 1200م، وأوصت الدِّراسة بضرورة تبنِّي نتائج تطبيق نموذج P- Median؛ لتحديد التَّوزيع الأمثل لمراكز الرِّعاية الصِّحِّيَّة الأوَّليَّة الحالي والمستقبلي.

دراسة القحطاني (2020م): هدفت إلى استخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) في تحليل خرائط خطوط الزَّمن المتساوي (الأيزوكرون) لتقويم إمكانيَّة الوصول للخدمات التَّعليميَّة للمرحلة الجامعية في مدينة أبها؛ للتَّعرُّف على مدى تطبيق اختيار موقع الخدمة الجامعيَّة وفق المعايير المحلِّيَّة والإقليميَّة باستخدام نموذج الملاءمة المكانية؛ إضافة إلى نماذج تحليل المواقع المتخصِّصة، واعتمدت الدِّراسة على الاستبانات واستخدام برنامج SPSS لتحليل البيانات الإحصائيَّة، وتحليل استمارة الاستبانة، كما استخدمت برنامج Excel.

دراسة Sarkar (2021) بعنوان (تحليل إمكانية الوصول إلى شبكة الطرق باستخدام نظرية الرسم البياني و نظم المعلومات الجغرافية: دراسة لقرى إنجليش بازار بلوك، الهند) هدفت إلى تحليل اتِّصاليَّة الطُّرق، وإمكانيَّة الوصول إلى الشَّبكة لقُرى الدِّراسة، باستخدام نظريَّة المخطَّطات graph theory، كما تمَّ أيضًا استخدام مُؤشِّر الاتِّصال، ومؤشِّر شمبل shimbel index، والرقم المرتبط associated number، ومتوسِّط طول المسار الأقصر؛ لفهم حجم إمكانيَّة الوصول إلى الشَّبكة بشكلٍ قاطعٍ.

تُظهر النَّتيجة تباينُاتٍ مكانيَّةً كبيرةً من حيثُ الاتِّصال وإمكانيَّة الوصول إلى الشَّبكة، ويُشيرُ الباحثُ إلى الحاجة لتحسين الاتِّصال، وإمكانيَّة الوصول إلى تلك القرى البعيدة الأصعب في الوصول، من أجل النُّمو والتَّطوُّر المستقبلي لمنطقة الدِّراسة.

دراسة Bhatt (2022) بعنوان(قياس إمكانية الوصول المعتمد على نظم المعلومات الجغرافية ونموذج الجاذبية لقطار مترو دلهي) تمَّ من خلال هذه الدراسة مُناقشة سياسة تحسين إمكانيَّة الوصول لرحلات العمل؛ اعتمادًا على المترو، ودراسة العلاقة بين نظام النَّقل متعدِّد الوسائط Multi Modal Transport System (MMTS) مع إمكانيَّة الوصول باستخدام (ArcGIS)، ونموذج الجاذبيَّة Gravity Model من خلال إجراء تحليلٍ ثلاثيّ المستويات لمنطقة دلهي، ولاحظت الدراسة أنَّه من خلال إضافة وتوسيع خطوط المترو، تمَّ تحسين إمكانيَّة الوصول إلى النَّقل بشكلٍ كبيرٍ، كما تُظهرُ هذه الدِّراسة أنَّ النِّسبة المئويَّة للمناطق في دلهي ذات مستوى الوصول العالي يمكن أن تزيد من 5 إلى 13.88٪ مع تنفيذ المرحلة الرَّابعة من المترو، إضافةً إلى ذلك يمكن أن يؤدِّي تنفيذ المرحلة الرابعة من المترو إلى تقليل متوسِّط وقت السَّفر بين المناطق ومحطَّات المترو.

Alamri at el (2023) بعنوان (تحليل نظم المعلومات الجغرافية لإمكانية الوصول إلى وسائل النقل العام في المناق الحضرية الكبرى) هدفت الدراسة إلى تطوير نموذج قياسٍ جديدٍ يُقيِّمُ النَّقل العام في المناطق السَّكنيَّة بأستراليا، ومعرفة مدى ملاءمته لمدينة ملبورن الكبرى، وفيكتوريا، تمَّ اعتماد منهج إمكانيَّة الوصول لتقييم إمكانية الوصول إلى أنواعٍ مختلفةٍ من وسائل النَّقل العام في المناطق السَّكنيَّة في حدود منطقة الدِّراسة، مع تحليل مدى ترابُط كثافة السُّكَّان، وسُهُولة الوصول إلى النَّقل العام، وقد استنتج البحث أهمِّيَّة ترابُط كفاءة النَّقل العام مع المواقع الجغرافيَّة للمحطَّات الحاليَّة وكثافتها السُّكَّانيَّة بناءً على الاستعانة بأدوات تحليل نُظُم المعلومات الجغرافيَّة؛ حيثُ أكَّد البحثُ أنَّ العوامل الرَّئيسة المؤثِّرة في كفاءة النَّقل العام هي الموقع الجغرافي وكثافة السُّكَّان.

4. الخطوات المنهجيَّة:

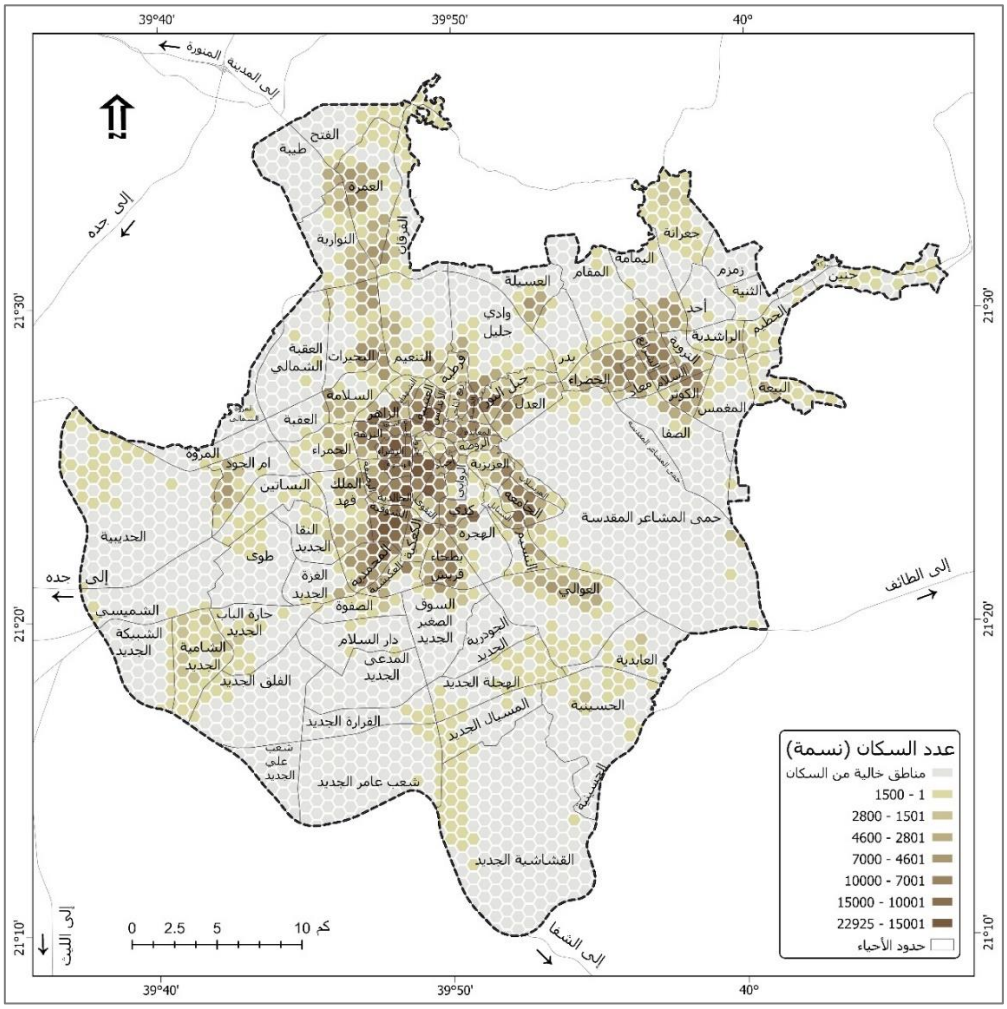
سيتمُّ تحليل إمكانيَّة الوصول إلى محطَّات الحافلات بشكلٍ عامٍ داخل مدينة مكَّة، مع التَّركيز على المناطق السَّكنيَّة الحاليَّة، يُعدُّ تحليلُ إمكانيَّة الوصول من أهم الأدوات المستخدمة في التَّخطيط الحضري؛ حيثُ يُساعدُ في تقييم مدى سهولة وصول السُّكَّان إلى الخدمات الأساسيَّة مثل النَّقل العام.

تعتمدُ منهجيَّة تحليل إمكانيَّة الوصول المكاني إلى محطَّات حافلات النَّقل العام على تحليل الشَّبكة للعُثُور على أقصر الطُّرق داخل منطقة الدِّراسة إلى الوجهة السَّكنيَّة، وتمَّ الاعتماد على بياناتٍ شبكيَّة السُّكَّان المستلمة من **الهيئة العامَّة للإحصاء لعام 2022**، وقد تمَّ استخدام هذه البيانات لتحديد المناطق المأهولة بالسُّكَّان في مكَّة، مع استبعاد المناطق الجبليَّة والأراضي الفضاء والمخطَّطات الَّتي ما زالت تحت الإنشاء، هذه الخُطوة ضروريَّةٌ؛ لضمان تركيز التَّحليل على المناطق ذات الحاجة الفعليَّة إلى النَّقل العام، ويضمن استبعاد المناطق غير السكنية دقَّة التَّحليل، ويُجنِّب التَّحيُّز الَّذي قد ينشأ من إدراج مناطق لا تحتاج إلى خدمات النَّقل. في هذه الدراسة تمَّ استخدام طريقة **المضلَّعات السُّداسيَّة (Hexagon)** لتغطية منطقة الدِّراسة كاملةً؛ حيثُ تُعتبرُ هذه الطَّريقة من الأدوات الشَّائعة في التَّحليل المكاني؛ حيثُ تُوفِّر توزيعًا أكثر توازُنًا للبيانات مُقارنةً بالمضلَّعات التَّقليديَّة، مثل المربَّعات ويسمحُ استخدام المضلَّعات السُّداسيَّة بتحليلٍ أكثر دقَّةً للبيانات، ويُقلِّل من تشوُّه النَّتائج بسبب اختلاف أحجام المناطق. (Carr et al, 1992)

بعد تقسيم المناطق السَّكنيَّة إلى مُضلَّعاتٍ سُداسيَّةٍ من خلال الأمر Generate Tessellation داخل برنامج ArcGIS Pro، وتُغطِّي كُلُّ خليَّةٍ داخل الشَّبكة السُّداسيَّة مساحةً تُقدَّرُ بـ500000 متر مربع، ويبلُغُ طول الضِّلع الواحد داخل الخليَّة نحو 450م، أي أنَّ مدينة مكَّة تُغطِّيها نحو 2603 خليَّة تقريبًا، بينما تُغطِّي المناطق السكنية نحو 931 خليَّة؛ لضمان دِقَّةٍ أكبر في النَّتائج،

تمَّ وزن كُلِّ مُضلَّعٍ سداسيٍّ بناءً على عدد السُّكَّانِ داخِله؛ اعتمادًا على شبكيَّة السُّكَّان بأبعاد 100م*100م، وذلك من خلال أدوات الإحصاء النِّطاقي Zonal statistics، أي أنَّ كُلَّ مُضلَّعٍ سيُمثِّل عددًا مُعيَّنًا من السُّكَّان كما في **الشكل رقم (4)**، وسيتم ضرب زمن/ مسافة الوصول في عدد السُّكَّان؛ لتحديد **المعدَّل الموزون لزمن/ مسافة** وصول السُّكَّان إلى أقرب محطَّة حافلات، كما أنَّ هناك مناطق تخلو من السُّكَّان قُدِّرت بنحو 1627 خليةً بنسبةٍ بلغت نحو 64% من شبكة الخلايا السُّداسيَّة الَّتي تُغطِّي مدينة مكَّة، هذه الخطوة تضمن أنَّ النَّتائج تعكس الواقع بدِقَّةٍ أكبر؛ حيثُ يتمُّ إعطاء الأولويَّة للمناطق ذات الكثافة السُّكَّانيَّة العالية في حساب الزمن.

الشَّكل رقم (4): توزيع الشَّبكة السُّداسيَّة داخل مدينة مكَّة وعدد السُّكَّان داخل كُلِّ خليَّة.



المصدر: عملُ الباحثان اعتمادًا على برنامج ArcGIS Pro 3.2 اعتمادًا على تعداد السُّكَّان لعام 2022م، الهيئة العامَّة للإحصاء، 2024م.

سيتمُّ حساب زمن الوصول إلى أقرب محطَّة حافلاتٍ لِكُلِّ خليَّةٍ[1] باستخدام **وظائف التَّحليل الشَّبكي Network Analysis** المتاح في نظم المعلومات الجغرافيَّة، وتحديدًا من خلال تحليل أقرب مِرفق Closest Facility، هذا التَّحليل يعتمد على شبكة الطُّرق الفعليَّة في مدينة مكَّة.

[1] تم تحويل كل خلية سداسية لنقطة تقع بالمركز الهندسي للخلية حتى يمكن استخدام الشبكة السداسية داخل التحليل الشبكي كنقاط طلب Demand points موزونة حسب عدد السكان داخل كل خلية.

يهدُفُ استخدام التَّحليل Closest Facility إلى معرفة المسافة المستغرقة والزَّمن اللَّازم للوصول من مناطق الطَّلب Demand Points إلى أقرب محطَّةٍ لهذه النِّقاط، ومن ثمَّ معرفة متوسِّط زمن ومسافة وصول السُّكَّان لأقرب محطَّة من ناحية، ومن ناحيةٍ أخرى تحديد تلك المناطق المخدومة والمحرومة حسب معايير زمنيَّةٍ محدَّدة، ورسم المدرج التِّكراري Histogram للعلاقة بين زمن الوصول لأقرب محطَّةٍ وعدد السُّكَّان عند كُل زمن (نقاط الطلب الموزونة بعدد السُّكَّان)، ويتطلَّب التَّحليل طبقتي محطَّات الحافلات، ونقاط الطَّلب (مع تحديد الوزن لها، وهو عدد السُّكَّان عن كُلِّ نقطة)، إلى جانب وجود شبكةٍ من النَّوع Logical Network ذات علاقاتٍ طبولوجيَّةٍ صحيحةٍ ومحدَّدةٍ أثناء إنشاء تلك الشبكة، وينتج عن هذا التَّحليل خطوطٌ مستقيمةٌ تربط بين كل نقطة طلبٍ وأقرب محطَّة، تلك الخطوط مرتبطةٌ بالمعلُومات الوصفيَّة الَّتي تُشير إلى الزَّمن المستغرَق، والمسافة الفعليَّة على الطَّريق، والمسافة المباشرة بين نقطة الطَّلب وأقرب محطَّة (أو أي عددٍ يُحدِّده المستخدم من المحطَّات الأقرب)، وتُمثِّل نقاط الطَّلب مراكز الشبكة السُّداسيَّة Hexagonal fishnet، وتحديد المسافة الأقرب يعتمد على مفهوم الممانعة المستخدَم في التحليل impedance واتجاه الحركة (من/ إلى المحطة) والحد الأقصى لمسافة/ زمن الوصول.

تمَّ عرض النَّتائج النِّهائيَّة من خلال **خرائط جغرافيَّة** وجداول إحصائيَّة تُوضِّح المناطق الَّتي تتمتَّع بزمن وصولٍ سريعٍ إلى محطَّات الحافلات، والمناطق الَّتي تُعاني من وصولٍ بطيءٍ أو صعبٍ، والمعدَّلات الإحصائيَّة لمدينة مكَّة بشكلٍ عام، وللمناطق السَّكنيَّة بشكلٍ خاصٍّ. هذه الخرائط والمؤشِّرات ستُستخدمُ لتحديد الفجوات في خدمة النقل العام، وتقديم توصياتٍ لتحسين إمكانيَّة الوصول في المناطق الأكثر حاجة.

ويتطلَّب تحليل الشَّبكة نموذجًا تفصيليًّا لشبكة الطُّرق يمكن استخدامه للتوجيه الآلي في المنهجيَّة المقترحة routable road network، تمَّ استخدام مجموعة بيانات HERE Navteq للتَّحليل الشَّبكي، وتُعتبرُ شبكةُ الطُّرق التَّابعة لـHERE Navteq واحدةً من أكثر قواعد البيانات الجغرافيَّة دِقَّةً وشموليَّةً عالميًّا؛ حيثُ تُستخدمُ على نطاقٍ واسعٍ في تطبيقات الملاحة وتحليل البيانات الجغرافيَّة، تُوفِّر الشَّبكة تغطيةً جغرافيَّةً شاملةً للمناطق الحضرية والريفية مع تمثيلٍ دقيقٍ للبُنية التحتية للطرق، بما في ذلك الطرق السريعة والشوارع المحلِّيَّة، وتتميَّز البيانات بتفاصيل دقيقة مثل: عدد الحارات، اتجاهات السير، حدود السرعة، وإشارات المرور، إضافةً إلى معلوماتٍ محدَّثة حول حالة المرور في الوقت الفعلي وأي أعمالٍ جارية على الطُّرق، كما تحتوي قاعدة البيانات على مواقع نقاط الاهتمام (POI) مثل: المحطَّات، والمستشفيات، والمرافق العامَّة؛ ما يجعلها أداةً حيويَّةً للتَّخطيط الحضري وتحليل إمكانيَّة الوصول، تعتمد دقَّة البيانات على تقنياتٍ متقدِّمةٍ مثل: المسح الميداني، وتحليل الصور الملتقطة بالأقمار الصناعية، مع تحديثاتٍ مستمرَّةٍ لضمان توافقها مع التَّغيُّرات الجارية في شبكة الطُّرق، تُستخدم هذه البيانات بشكلٍ واسعٍ في أنظمة الملاحة وتطبيقات النَّقل الذَّكيَّة، إضافةً إلى دورها المحوري في نُظُم المعلومات الجغرافيَّة؛ لتحليل الشَّبكات، ودعم القرارات الإستراتيجيَّة (HERE Technologies, 2024).

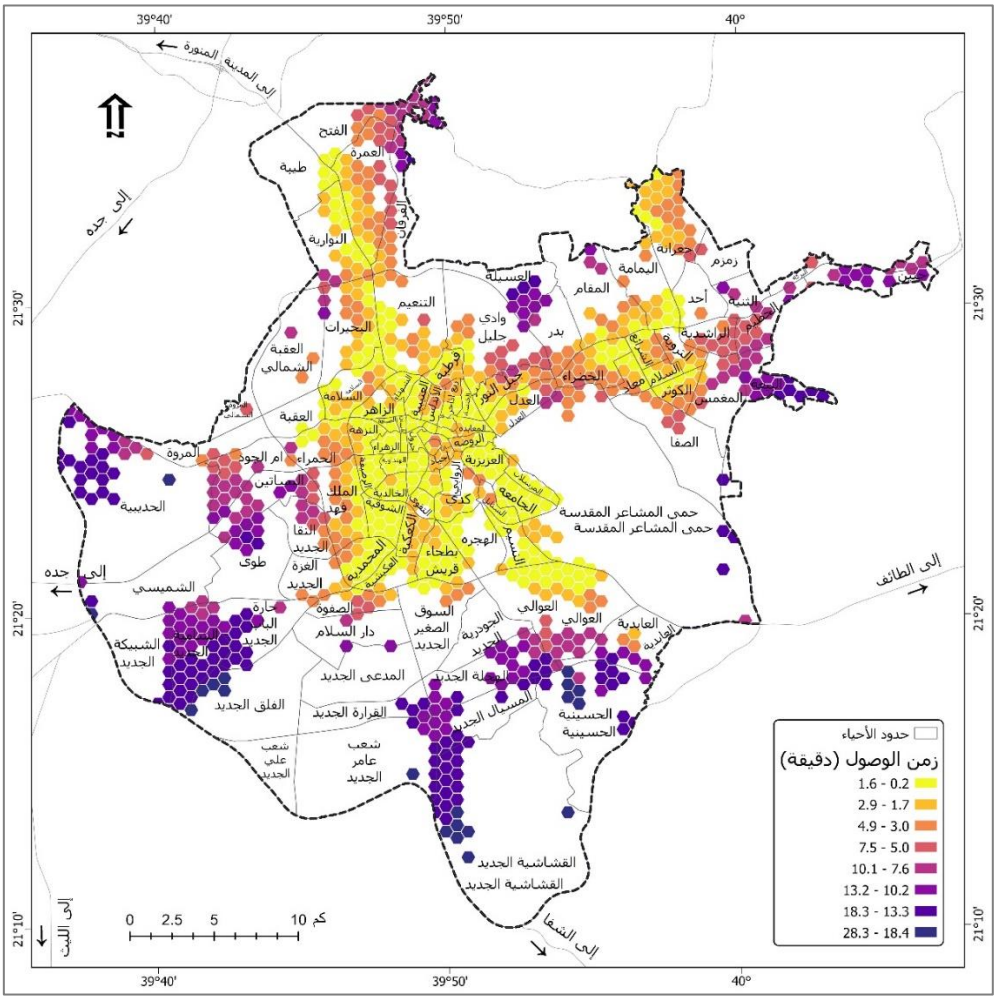
ينتُجُ عن التحليل الشَّبكي طبقةٌ خطِّيَّةٌ (سواءً كانت خطوطًا مستقيمةً ممثِّلةً للحركة من – إلى، أو خطوط طرقٍ فعليَّة) يرتبط بتلك الطَّبقة جدولٌ يحتوي على مسافة وزمن الوصول لكل مسار، يبدأ من نقطة الطلب (مركز الخليَّة للشَّبكة السُّداسيَّة)، وينتهي عند أقرب محطَّة لذلك المركز، ومن خلال أدوات التَّحليل المكاني والتَّلخيص الإحصائي يمكن ربط ذلك الجدول بالطَّبقة المساحيَّة الأصليَّة الَّتي تُمثِّل خلايا تلك الشَّبكة، وذلك باستخدام أدوات التَّلخيص الإحصائي Summary statistics وأدوات الرَّبط الوصفي table join، ومن ثَمَّ التمثيل الكارتوجرافي للتباين المكاني لزمن الوصول اللَّازم للانتقال لأقرب محطَّة حافلات.

ISSN: 2706-6495

5. التحليل والمناقشة:

يُركِّز تحليل إمكانيَّة الوصول على معرفة طبيعة زمن وصول السُّكَّان بشكلٍ خاصٍّ إلى أقرب محطَّة حافلاتٍ داخل مدينة مكَّة، وبشكلٍ عامٍّ العلاقة بين أي موقعٍ داخل مدينة مكَّة وأقرب محطَّة حافلات، وبالتَّالي فإنَّ المناطق الموضَّحة بالخريطة التَّالية هي فقط للمناطق المأهولة بالسُّكَّان، بينما المناطق الأخرى تُمثِّل مناطق جبليَّة أو أراضي فضاء أو مُخطَّطات تحت الإنشاء. يعتمد التحليل على بناء مضلَّعات Hexagon[2] للمناطق السَّكنيَّة القائمة فقط حسب شبكيَّة السُّكَّان المستلمة من الهيئة العامة للإحصاء لعام 2022[3]، ولحساب مُعدَّلات زمن وصول السُّكَّان بشكلٍ دقيق، فقد تمَّ وزن كُلِّ مُضلَّعٍ حسب عدد السُّكَّان بداخله، ومن ثَمَّ معرفة المعدَّل الموزون لزمن وصول السُّكَّان لأقرب محطَّة حافلات.

الشَّكل رقم (5): زمن وصول السُّكَّان لأقرب محطَّة حافلاتٍ بمدينة مكَّة المكرَّمة عام 2024م.



المصدر: عملُ الباحثان اعتمادًا على استخدام برنامج ArcGIS Pro 3.2.

واعتمادًا على التلخيص الإحصائي من واقع أدوات Summary statistics وFrequency analysis داخل بيئة ArcGIS Pro، يمكن استخلاص مُعدَّلاتٍ لزمن ومسافة وصول السُّكَّان لأقرب محطَّة نقلٍ عامٍّ في مدينة مكَّة المكرَّمة عام 2024م، ومقاييس

[2] تبلغ مساحة كل مضلع نحو 30000 متر مربع، أو 3 هكتار لكل مربع، تم تطبيق الأداة generate Tessellation داخل البرنامج ArcGIS Pro.

[3] تبلغ أبعاد شبكية السكان population Grid نحو 100م*100م.

التَّشتُّت والنَّزعة المركزيَّة لعروض تلك الطُّرق داخل منطقة الدِّراسة.

الجدول رقم (1): التَّلخيص الإحصائي لزمن وصول السُّكَّان لأقرب محطَّة نقلٍ عامٍ في مدينة مكَّة المكرَّمة عام 2024م.

Average	**3.16**	**المعدَّل العام (دقيقة)**
Weighted Average	2.46	المعدَّل الموزون (دقيقة)
Quartile 1	0.96	الإرباعي الأوَّل (دقيقة)
Quartile 2 (Median)	1.66	الإرباعي الثَّاني (الوسيط) (دقيقة)
Quartile 3	3.19	الإرباعي الثَّالث (دقيقة)
Maximum	30.10	أقصى قيمة (دقيقة)
standard deviation	3.87	الانحراف المعياري
Weighted standard deviation	0.19	الانحراف المعياري الموزون
Variance	14.94	التباين
Coef of Variance %	122.39	معامل الاختلاف (%)
Standard Error	0.03	الخطأ المعياري
Kurtosis	4.95	معامل التَّفرطح
Skewness	2.27	معامل الالتواء
Mean Absolute Deviation	2.64	معدَّل الانحراف المطلق عن المتوسط

المصدر: عمل الباحثان اعتمادًا على الشكل رقم (5).

الجدول رقم (2): التَّلخيص الإحصائي للمسافة المستغرقة لوصول السُّكَّان لأقرب محطَّة نقلٍ عامٍ في مدينة مكَّة المكرَّمة عام 2024م.

Average	**2546**	**المعدَّل العام (متر)**
Weighted Average	1884	المعدَّل الموزون (متر)
Quartile 1	603	الإرباعي الأوَّل (متر)
Quartile 2 (Median)	1057	الإرباعي الثَّاني (الوسيط) (متر)
Quartile 3	2180	الإرباعي الثَّالث (متر)
Maximum	23250	أقصى قيمة (متر)
standard deviation	3755	الانحراف المعياري
Weighted standard deviation	167	الانحراف المعياري الموزون
Variance	14100696	التباين
Coef of Variance %	147.51	معامل الاختلاف (%)

Standard Error	31.73	الخطأ المعياري
Kurtosis	5.58	معامل التَّفرطح
Skewness	2.47	معامل الالتواء
Mean Absolute Deviation	2477	معدل الانحراف المطلق عن المتوسِّط

المصدر: عملُ الباحثان اعتمادًا على الشكل رقم (5).

تُوضِّح النتائج حسب الشكل رقم (5) والجدول رقم (1)، (2) بلوغ المعدَّل العام لزمن الوصول داخل مدينة مكَّة لأقرب محطَّةٍ نحو 3.16 دقيقة، بينما بلغ المعدَّل الموزُون حسب عدد السُّكَّان نحو 2.46 دقيقة، وهذا يُشيرُ إلى أنَّ المناطق ذات الكثافة السُّكَّانيَّة العالية تتميَّز بزمن وصولٍ أقل إلى محطَّات النَّقل؛ ما يشير إلى أنَّ أغلب السُّكَّان يعيشون في مناطق تكون فيها محطَّات النقل العام قريبةً؛ ما يُعزِّز من كفاءة النَّقل العام في تلك المناطق، كما أنَّ أقصى قيمة للزمن: 30.10 دقيقة، وهي قيمةٌ تُشير إلى وجود مناطق بعيدةٍ نسبيًّا عن محطَّات النَّقل، وفي المقابل فإنَّ المناطق ذات زمن الوصول الأكبر غالبًا ما تكون ذات كثافةٍ سُكَّانيَّة أقل؛ ما يُقلِّلُ من تأثيرها على التَّحليل الموزون، بينما يبلغ مُعدَّل زمن الوصول العام للحافلات داخل مدينة مكَّة نحو 10.1 دقيقة، سواءً للمناطق المأهولة بالسُّكَّان أو مناطق حماية التنمية المستقبليَّة.

بلغ الانحراف المعياري لزمن الوصول 3.87 دقيقة؛ ما يعكس وجود تبايُنٍ كبيرٍ بين المناطق المختلفة، كما أنَّ معامل الاختلاف الذي بلغ 122% يُؤكِّد هذا التَّبايُن الكبير في الوصول[4]؛ ما يُشير إلى أنَّ السُّكَّان في بعض المناطق يُضطرُّون إلى التنقل لفتراتٍ أطول للوصول إلى المحطَّات، ويظهر ذلك جليًّا في وجود قيمٍ مُتطرِّفةٍ مثل المناطق النَّائية أو المتناثرة بعيدًا عن الكُتلة العُمرانيَّة الرَّئيسة، كما هو الحال في الحديبية والشَّامية الجديدة.

بالنظر إلى قيمة الوسيط التي تبلغ 1.66 دقيقة، والتي هي أقل بكثيرٍ من المعدَّل العام 3.16 دقيقة، يتَّضح أنَّ هناك عددًا كبيرًا من المناطق الَّتي تتميَّز بزمن وصولٍ أقل من المتوسِّط؛ ما يعكس فعاليَّة النَّقل في تلك المناطق الحضريَّة، ومع ذلك فإنَّ وجود قِيَمٍ مُتطرِّفةٍ، كما في المناطق النَّائية، يُؤدِّي إلى رفع المعدَّل العامّ بِشكلٍ ملحُوظ.

أمَّا بالنِّسبة لمسافة الوصول؛ فقد بلغ المعدَّل العام لمسافة الوصول داخل مدينة مكَّة لأقرب محطَّةٍ نحو 2.54 كم بالسَّيَّارة، بينما بلغ المعدَّل الموزُون حسب عدد السُّكَّان نحو 1.9 كم، وهو الأقرب للصواب إذا أخذنا في الاعتبار أنَّ المناطق ذات مسافة الوصول الأكبر قليلة السُّكَّان، وبلغ الانحراف المعياري لمسافة الوصول نحو 3.7 كم، وبالتالي فإنَّ معامل الاختلاف بلغ 147.5% بما يشير إلى التَّبايُن الكبير في مسافة وصول السُّكَّان داخل مدينة مكَّة لأقرب محطَّة حافلات، كما تشير قيمة الوسيط 1.05 كم واختلافها عن المعدَّل العام 2.54 كم إلى وجود قِيَمٍ مُتطرِّفةٍ لمسافة الوصول، وغالبًا ما تُمثِّل تلك القيم المتطرِّفة المناطق السُّكَّانيَّة المتناثرة بعيدًا عن الكُتلة العُمرانيَّة الرَّئيسة كما هو الحال في الحديبية والشَّامية الجديدة.

يُظهر التحليل تبايُنًا واضحًا في إمكانيَّة الوصول بين مختلف مناطق مكَّة؛ حيثُ تتمتَّع بعض المناطق بقُربٍ ووقتِ وُصُولٍ قصيرٍ إلى محطَّات النَّقل، بينما تُعاني مناطق أخرى من بُعدٍ واضِحٍ. ورغم وجود بعض المناطق النَّائية، فإنَّ الغالبيَّة العُظمى من السُّكَّان يعيشون بالقُرب من محطَّات النَّقل العام وفق التَّحليل الموزون، يمكن تحسين توزيع محطَّات النَّقل في هذه المناطق النَّائية لتقليل الفجوة الزَّمنيَّة والمسافة الَّتي يُعاني منها بعض السُّكَّان.

[4] يعد معامل التباين coefficient of variance أحد مقاييس التشتت او الاختلاف، وهو يفضل على الانحراف المعياري وغيره من مقايس التشتت لمقارنة تشتت البيانات بين مجموعات من البيانات. ويمكن قياسه من خلال النسبية بين الانحراف المعياري الى المتوسط الحسابي.

كما يُوضِّح الجدول التَّالي نتائج التَّحليل الشَّبكي داخل بيئة نظم المعلومات الجغرافيَّة لتقييم زمن ومسافة الوصول إلى محطَّات النَّقل العام في مدينة مكَّة، مع مقارنةٍ بين جميع المناطق داخل المدينة (سواءً سكنيَّةً أو غيرها) والمناطق السَّكنيَّة فقط، تشير النتائج إلى أنَّ متوسط زمن الوصول في المناطق السكنية يبلغ 2.46 دقيقة، وهو أقل بكثيرٍ مقارنةً بالمتوسِّط العام لكامل المدينة البالغ 10.8 دقيقة، وبالمثل تُظهِرُ مسافة الوصول متوسِّطًا أقل في المناطق السكنية (1,884 متر) مقارنةً بالمعدَّل العام (9,250 متر)، تُظهر هذه الفروقاتُ دلالةً واضحةً على أنَّ توزيع محطَّات النَّقل العام في مكَّة يعكس تركيزًا على تلبية احتياجات السُّكَّان داخل المناطق السكنية؛ ما يُسهم في تقليل زمن ومسافة الوصول.

من جهةٍ أُخرى، يعكس التَّبايُن في القِيمِ القُصوى والمعدَّلات العامَّة بين المناطق السَّكنيَّة وكامل المدينة أنَّ الخدمات في المناطق غير السَّكنيَّة أقل كثافةً؛ ما قد يكون مرتبطًا بأنماط استخدام الأراضي المختلفة داخل المدينة، بناءً على ذلك؛ تعكس هذه النَّتائج أهمِّيَّة تحسين التَّوزيع الجُغرافي لمحطَّات النَّقل العام بما يُراعي الكثافة السُّكَّانيَّة، ويُحسِّن من سهولة الوصول في جميع أنحاء المدينة.

الجدول رقم (3): التَّلخيص الإحصائيُّ لمقارنة الزَّمن والمسافة المستغرقة للوصول لأقرب محطَّة نقلٍ عامٍّ بين المناطق السَّكنيَّة داخل مكَّة، وجميع أنحاء المدينة بشكلٍ عام.

المتغيِّر	كامل مدينة مكَّة			المناطق السَّكنيَّة فقط		
	أقل قيمة	أقصى قيمة	المعدَّل العام	أقل قيمة	أقصى قيمة	المعدَّل العام
زمن الوصول (دقيقة)	0.1	41	10.8	0.1	30.1	2.46
مسافة الوصول (م)	50	41,900	9,250	50	23,250	1,884

المصدر: عمل الباحثان اعتمادًا على الشكل رقم (5).

6. النتائج والتوصيات:

توصَّلت الدراسة إلى النتائج التالية:

1- تُوضِّح الدراسة أنَّ توزيع محطَّات النَّقل العام داخل مدينة مكَّة المكرَّمة يعكس تبايُنًا مكانيًّا واضحًا في سهولة الوصول إليها؛ حيث تتميَّز المناطق ذات الكثافة السُّكَّانيَّة العالية بزمنٍ ومسافة وُصُولٍ أقل إلى المحطَّاتِ مقارنةً بالمناطق ذات الكثافة المنخفضة أو البعيدة، وقد بلغ المعدَّل العام لزمن الوصول 3.16 دقيقة، في حين انخفض المعدَّل الموزون حسب عدد السُّكَّان إلى 2.46 دقيقة؛ ما يدُلُّ على أنَّ غالبيَّة السُّكَّان يتمتَّعون بسهولة الوصول إلى محطَّات الحافلات. ومع ذلك، فإنَّ بعض المناطق النائية، مثل الحديبية والشامية الجديدة، تُسجِّل زمنًا ومسافاتٍ طويلةً للوصول، كما بلغ أقصى زمن وصولٍ نحو 30.10 دقيقة في المناطق النَّائية ذات الكثافة السُّكَّانيَّة المنخفضة، ما يعكس الحاجة إلى تحسين توزيع المحطَّات لتلبية احتياجات هذه المناطق بشكلٍ أفضل.

2- تُظهِرُ الدراسة تبايُنًا ملحُوظًا في مسافة الوصول إلى محطَّات النَّقل العام داخل مدينة مكَّة المكرَّمة؛ حيثُ بلغ متوسِّط المسافة العامَّة للوصول 2.54 كم، بينما انخفض المعدَّل الموزون إلى 1.88 كم عند احتساب الكثافة السُّكَّانيَّة لكُلِّ منطقة، يُظهر هذا الانخفاض في المعدَّل الموزون أنَّ غالبيَّة السُّكَّان يعيشون في مناطق تتميَّز بقُربها من المحطَّات؛ ما يعكس تركيز التوزيع الحالي على خدمة الكُتل السُّكَّانيَّة الرَّئيسة. ومع ذلك، فإنَّ القيم القصوى لمسافة الوصول، الَّتي بلغت 23.25 كم في بعض

المناطق النائية، مثل الحديبية والشامية الجديدة، تُبرز وجود تحدِّياتٍ في الوصول إلى النَّقل العام في هذه المناطق؛ ما يترُكُها عُرضةً لضعف الخدمات وزيادة الاعتماد على السَّيَّارات الخاصَّة.

3- أظهرت الدِّراسة -أيضًا- أنَّ استخدام الشَّبكات السُّداسيَّة في التَّحليلِ كان له دورٌ كبيرٌ في تحقيق دِقَّة تمثيل البيانات المكانيَّة، وتجنُّب التشوُّهات النَّاتجة عن اختلاف أحجام المناطق في الشَّبكات التَّقليديَّة، وقد سمح ذلك بتحليلٍ أكثر توازُنًا حيثُ يعكس الكثافة السكانية الواقعية ويظهر التباينات في إمكانية الوصول، كما أظهرت النتائج أنَّ الشبكة السُّداسيَّة ساعدت في تقليل الزمن والمسافة المستغرقة للوصول إلى المحطَّات في المناطق السكنية مقارنةً بكامل مدينة مكَّة. وبناءً على ذلك، يوصى بتبني أنظمة الشبكة السداسية في التحليلات المكانية المستقبلية ومشاريع تخطيط النقل. يمكن لهذا النهج أن يعزز دقة البيانات، ويمثل توزيعات السكان بشكل أفضل، ويحسن تقييمات إمكانية الوصول، مما يساهم في زيادة الكفاءة المكانية.

4- تُشيرُ مُعدَّلات التَّبايُن الإحصائي، مثل الانحراف المعياري ومعامل الاختلاف، إلى وجود تفاوُتٍ كبيرٍ بين المناطق من حيث زمن ومسافة الوصول، في حين أنَّ المتوسط العام لمسافة الوصول بلغ 2.54 كم؛ فإنَّ المعدَّل الموزون البالغ 1.88 كم يكشف عن تأثُّر النَّتائج بالمناطق ذات الكثافة السُّكَّانيَّة العالية، والَّتي تتميَّز بسهولة الوصول، ورغم أنَّ توزيع المحطَّات يُركِّز على المناطق السَّكنيَّة، فإنَّ هناك فجواتٍ واضحةً في تغطية المناطق النَّائية وغير السَّكنيَّة؛ ما يُؤكِّد الحاجة إلى تحسين التوزيع المكاني للمحطات؛ لتعزيز العدالة في سهولة الوصول

5- ساهم الاعتماد على أدوات نُظُم المعلومات الجغرافيَّة ـــ مثل: التحليل الشَّبكي والتَّحليل الإحصائي ـــ في دقَّة النتائج، خاصَّةً باستخدام بياناتٍ حديثة حول التوزيع السُّكَّاني وشبكة الطُّرق.

6- بناءً على النَّتائج، تظهر ضرورة مراجعة خطط توزيع محطَّات النَّقل العام؛ لتعزيز الكفاءة، وتقليل الفوارق بين المناطق المختلفة، هناك فرصةٌ لتحسين شبكة النقل في المناطق النائية، والذي يمكن أن يسهم في تقليل زمن ومسافة الوصول، خاصَّةً في المناطق البعيدة ذات الكثافة السكانية المرتفعة؛ ما يُعزّز من جودة النقل العام، ويُقلِّل الاعتماد على السَّيَّارات الخاصَّة في تلك المناطق.

7. المراجع:

7.1. المصادر والمراجع العربية

- البلاع، هيفاء بنت يحيى بن عبيد بن ناصر. (2020). تحليل سهولة الوصول إلى الحدائق والفسح الخضراء في المدينة المنورة باستخدام الأساليب الجيومعلوماتية. *المجلة العربية للدراسات الجغرافية*، *3*(7)، 219- 237.
- الحبيشي، سناء بنت صالح. (2015). التوافق المكاني بين المخططات واتجاهات النمو العمراني في مدينة مكة المكرمة. *المجلة العربية لنظم المعلومات الجغرافية*، *8* (2)، 1- 55.
- الخليفة، أشواق بنت محمد، والشويش، إبراهيم بن عبيد. (2019). استخدام تقنيات الاستيفاء المساحي ونماذج تخصيص الموقع لتحديد إمكانية الوصول إلى مراكز الرعاية الصحية الأولية في مدينة الرس. *مجلة العلوم الإنسانية والاجتماعية*، *3* (9)، 13- 40.
- القحطاني، حسن محمد مسفر. (2020). خرائط الزمن المتساوي الأيزوكرون للوصول لجامعة الملك خالد بمدينة أبها- بمنطقة عسير باستخدام نظم المعلومات الجغرافية. *المجلة المصرية للتغير البيئي*، *12* (خاص، يوليو 2020)، 5- 61.

- كمونة، حيدر عبد الرزاق، والبغدادي، عبد الصاحب ناجي رشيد. (2001). مؤشرات سهولة الوصول كمقياس للملاءمة المكانية لاستعمالات الأرض السكنية في مدينة النجف. *مجلة البحوث الجغرافية*، (1)، 95- 119.
- مصيلحي، فتحي محمد. (2003). جغرافية المدن: الإطار النظري وتطبيقات عربية. *مجلة العقيق*، *24* (47-48)، 285-290.
- الهيئة العامَّة للإحصاء. (2024). التعداد العام لسكان مدينة مكَّة المكرَّمة لعام 2022م.
- الهيئة الملكيَّة لمنطقة مكَّة المكرَّمة والمشاعر المقدَّسة. (2023). مواقع محطَّات حافلات النَّقل العام.
- وزارة الشئون البلدية والقروية، وكالة التخطيط الحضري والأراضي. (2023). طبقات حدود الأحياء والبلديَّات.
- وزارة الشئون البلدية والقروية، وكالة التخطيط الحضري والأراضي. (2023). خريطة الطرق.

2.7. المراجع غير العربية

- Alamri, S., Adhinugraha, K., Allheeib, N., & Taniar, D. (2023). GIS analysis of adequate accessibility to public transportation in metropolitan areas. ISPRS International *Journal of Geo-Information*, *12*(5), 180. https://doi.org/10.3390/ijgi12050180
- Bhatt, D., Chandra, M. (2022). GIS and Gravity Model-Based Accessibility Measure for Delhi Metro. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Civil Engineering*, (46), 3411–3428.
- Burdziej, J. (2019). Using hexagonal grids and network analysis for spatial accessibility assessment in urban environments – a case study of public amenities in Toruń. *Miscellanea Geographica*, *23*(2), 99-110.
- Carr, D. B., White, D., & MacEachren, A. M. (1992). Hexagon Mosaic Maps for Display of Univariate and Bivariate Geographical Data. *Cartography and Geographic Information Systems*, *19*(4), 228-236.
- HERE Technologies. (2024). *Road Network Data for Advanced Navigation and GIS Analysis*. Retrieved from here.com
- Sarkar, T., Sarkar, D. & Mondal, P. (2020). Road network accessibility analysis using graph theory and GIS technology: a study of the villages of English Bazar Block, India. *Spat. Inf. Res.* 29(6). 405–415.

جميع الحقوق محفوظة © 2025، الباحثة/ حسناء بنت حسن بن عبدالله العفيفي، أ.د/ محمد بن إبراهيم بن سليمان الدغيري، المجلة الأكاديمية للأبحاث والنشر العلمي (CC BY NC)

Doi: doi.org/10.52132/Ajrsp/v6.71.11