تحليلات شبكة الطرق الحضرية
في مدينة جـــدة بالمملكة العربية السعودية

إعداد

هيثم أحمد محمود علواني

أ.د محمد زكي حامد السديمي
أستاذ الجغرافيا الاقتصادية والخرائط وعميد كلية الآداب الأسبق كلية الآداب - جامعة طنطا
د. ضياء صبري عبداللطيف إسماعيل
مدرس الجغرافيا الطبيعية ونظم المعلومات الجغرافية كلية الآداب - جامعة طنطا

المستخلص:
تعد تحليلات الشبكة الحضرية واحدة من أهم التحليلات مفتوحة المصدر غير المدرجة في مربع أدوات المعالجة Arc Toolbox ببرنامج ArcGIS، حيث أمكن تحميله من شبكة الأنترنت من الموقع الالكتروني:(http://cityform.mit.edu/projects/urban-network-analysis.html)، وتثبيته على بيئة برنامج ArcGIS V10.2، ويتضمن التحليل مقاييس مركزية الشبكة Network Centrality Measure، وهي إحدى أهم الطرق الرياضية لتقدير أهمية كل عقدة في الشبكة، وتركز مقاييس المركزية بشكل أساسي على مركزية كل عنصر بالشبكة فيما يتعلق بالعناصر المحيطة، ويمكن استخدام مربع أدوات تحليل الشبكة الحضرية لحساب خمسة أنواع مختلفة من مقاييس المركزية على الشبكات المكانية وتطبيقها على طبقة المباني وهي كالآتي: مدى الوصول Reach، ومؤشر الجاذبية Gravity Index، والتباعد Betweenness، والقرب Closeness، والاستقامة Straightness.

الكلمات الإفتتاحية:

تحليلات الشبكة الحضرية، التحليلات مفتوحة المصدر، مقاييس مركزية الشبكة، الشبكات المكانية، مدى الوصول، مؤشر الجاذبية، التباعد، القرب، الاستقامة، التحليل المكاني، نظم المعلومات الجغرافية، النقل الحضري، مدينة جدة، المملكة العربية السعودية.

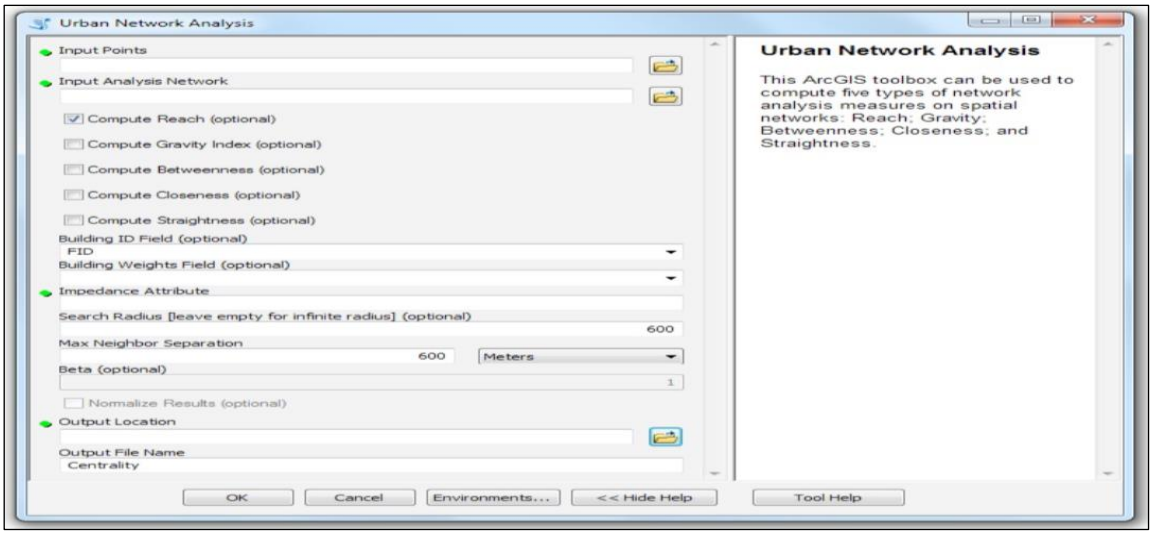
١. المقدمة:

يركز البحث على تحليلات شبكة الطرق الحضرية من خلال تطبيق مقاييس مركزية الشبكة مثل مدى الوصول، ومؤشر الجاذبية، والتباعد، والقرب، والاستقامة، كما يركز هذا الفصل في المحور الثالث على شبكات حافلات النقل الجماعي بجدة؛ التي تتضمن شبكة الحافلات الأهلية "خط البلدة"، وشبكة حافلات الشركة السعودية للنقل الجماعي "سابتكو"، مع بيان لأطوال مساراتها ومحطات الإركاب عليها، مع عرض مُفصل للتحليلات المكانية لشبكة النقل الجماعي بالمدينة، وتخصيص جزء لتحليلات التغطية الجغرافية؛ كتحليل النطاق/الحرم، وتحليل نطاق الخدمة حسب المسافة أو الزمن، وتطبيق تحليل تكرار رحلات تشغيل خدمة النقل الجماعي، فضلاً عن تحليلات سهولة الوصول لسكان جدة إلى وجهاتهم عن طريق النقل الجماعي. ويتطرق الجزء الأخير إلى التحليل الكمي لشبكة حافلات النقل الجماعي الذي يتضمن مؤشر الانعطاف، ودرجة الترابط والمركزية، وقطر الشبكة، ودرجة انتشارها.

٢. موضوع البحث

تحليلات شبكة الطرق الحضرية Urban Network Analysis:

يعد تحليل الشبكة الحضرية ملحق برمجي يمكن دمجه في بيئة برنامج ArcGIS، ويعتمد التحليل على عدة أدوات تمثل مجموعة أدوات حديثة وتستخدم هذه الأدوات لحساب خمسة أنواع من مقاييس التحليل للشبكات المكانية، وتعتمد على معادلات/خوارزميات تستخدم في التحلي الشبكي، ويعتمد تحليل الشبكة المكانية على دراسة دقيقة للمسافة والزاوية بين الأماكن، وتشمل تلك المقاييس: الاتصال، والجاذبية، والبينية، والتقارب، والاستقامة، كما هو موضح في واجهة المستخدم الرسومية الخاصة بصندوق الأدوات كما في شكل (١-١). وسوف نقوم باستعراض كل من هذه المقاييس الخمسة بالتفصيل أدناه.



شكل (١-١) شاشة واجهة المستخدم الخاصة بصندوق أدوات تحليلات الشبكة الحضرية UNA.

وهذه المقاييس معلومة في أدبيات نظرية عن المخططات والشبكات الخطية عموماً، إنما الجديد في هذا التحليل أنه يتمثل في تطبيق برمجي مع ما لزم من تعديل واختبارات لهذه المقاييس والمؤشرات، وبذلك فإن هذه الأدوات توفر بيئة تخصصية لتطبيق التحليل الشبكي في المجال الحضري أو العمراني؛ ما يستلزم أن يكون التركيز هنا على طبقة المباني لمدينة جدة التي يتم استخدامها كوحدات تحليل مكانية لجميع المقاييس، إذ أنه من الممكن أن يكون لمبنيين متجاورين على نفس قطاعات الشوارع إمكانية وصول مختلفة (Sevtsuk, et al., 2016).

وتكمن القيمة الفورية لصندوق أدوات تحليل الشبكة الحضرية؛ في أنه يوفر للمهندسين المعماريين والمخططين والجغرافيين وغيرهم من الباحثين في البيئة المبنية فرصة لقياس إمكانية الوصول والمركزية اعتماداً على الشبكات المكانية، وقد تكون هذه البيئات المبنية كثيفة العمالة ويصعب الوصول إليها. لذا سوف تتزايد أهمية هذه التطبيقات مع زيادة توافر البيانات الجغرافية المكانية والتحسينات المستمرة في القدرة على حساب الخوارزميات. وتسمح هذه الأدوات للفرد من بيان كيفية تفاعل أنماط الشبكة والنشاط الحضري المتوافقة معها مع بعضها البعض. من خلال التركيز على تأثيرات الشكل الحضري وأنماط استخدام الأراضي أو مزيج منها، حيث يمكن قياس كل سمة من سمات المدينة بشكل مستقل.

وتسمح أدوات تحليل الشبكة الحضرية بشكل اختياري أن تُوزن طبقة المباني لمدينة جدة حسب خصائصها –مثل المباني الأكثر كثافة، أو المأهولة بالسكان، أو حسب الأكثر أهمية، أو عدد السكان، أو حجم المبنى-، وذلك من أجل أن يكون لها تأثير أقوى نسبياً في نتائج التحليل، مما يؤدي إلى نتائج أكثر دقة وموثوقية لأي من القياسات المستخدمة، كما يجب الاختيار فيما بين خمسة مقاييس لتحليل الشبكات، وكل مقياس عبارة عن معادلة/خوارزمية، يتم الاعتماد عليها في عملية تحليل الشبكة المكانية، ويمكن اختيار أي تحليل من مقاييس تحليل الشبكة الخمسة بناءً على نوع التحليل المطلوب؛ وفيما يأتي عرض لتلك المقاييس:

١- مقياس مدى الوصول Reach:

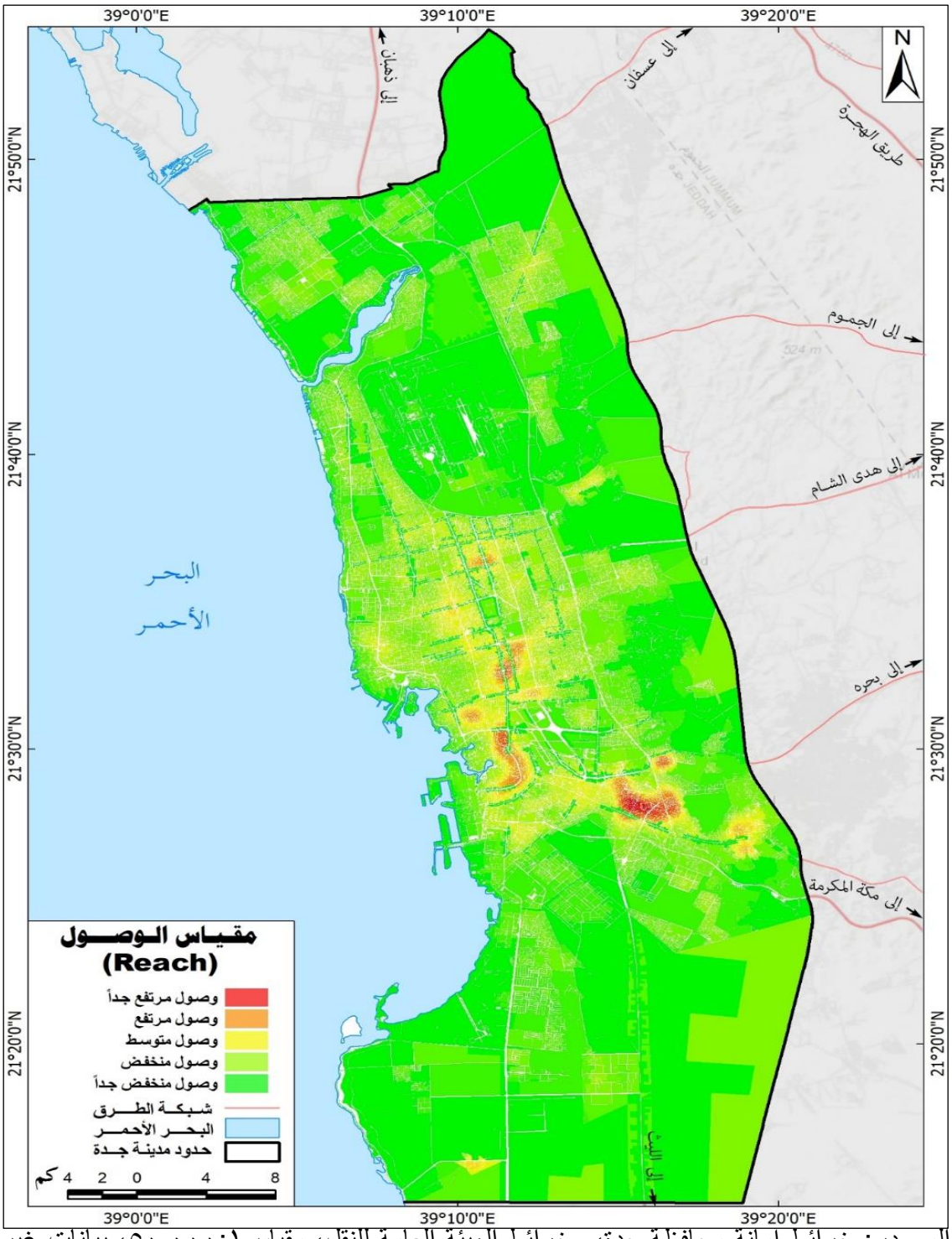
يقوم مقياس الوصول بتحديد عدد المباني المحيطة/المجاورة التي يمكن لأي مبنى الوصول إليها في إطار نصف قطر دائرة بحث محددة على الشبكة، لذلك يمكن للمقياس أن يربط بين طبقة المباني ونمط الشبكة الخطية (Sevtsuk, et al., 2016)، ويمكن أن تعرّف معادلة مقياس مدى الوصول رياضياً على النحو المبين الآتي:

	i,j	المبنى
	G	الشبكة
	r	نصف قطر بحث

أقصر المسارات مسافة بين المبنى (i) و(j)	d	[illegible]

المصدر: حميدة بنت فاضل المسعود، ٢٠٢١م، ص٩٥ & Sevtsuk, 2016, p47.

وبتطبيق مقياس مدى الوصول على جدة، باعتبار الشبكة الخطية هي طبقة شبكة الطرق بالمدينة، وباعتبار حقل "بلوكات المباني" هو الوزن بذلك التحليل، سوف ينتج لدينا طبقة مباني جديدة مصنفة لونياً بتدرج حسب مدى الوصول لكل مبني من مباني الكتلة العمرانية في حدود بحث مقدار نصف قطره ٤٠٠ متراً على الشبكة (وزارة الاقتصاد والتخطيط،٢٠١٢م، ص٣) كما في شكل (١-٢).



المصدر: خرائط أمانة محافظة جدة، وخرائط الهيئة العامة للنقل، مقياس١:٥٠.٠٠٠، بيانات غير منشورة، ٢٠١٩م.

شكل (١-٢) تحليل مدى الوصول Reach إلى الكتلة العمرانية في مدينة جدة عام ٢٠١٩م.

يتضح من شكل (١-٢) أنه كلما زادت القيم كما في طبقة المباني المصنفة بدرجات اللون الأحمر دل ذلك على زيادة أعداد بلوكات المباني وازدحامها، كما يدل على زيادة كثافة شبكة الطرق، وتأثيره على مدى الوصول وحركة الأفراد إلى المباني التي في إطار حدود البحث وهو ٤٠٠

متراً؛ وهذا يدل على أن معظم المباني التي باللون الأحمر يكون إمكانية الوصول إليها داخل الشبكة الحضرية مرتفعة جداً، وتمثل في مباني قلب المدينة المطلة على تقاطع طريق الملك فهد مع طريق الملك عبدالله، كما بأحياء الشرفية، والبغدادية، وعند تقاطع طريق الحرمين السريع مع طريق الليث في أحياء الجامعة، والروابي، وتقاطع طريق الملك فهد مع شارع غرناطة كما في حي مشرفة، وهذا يرجع إلى قوة الترابط بين أجزاء شبكة الطرق في هذا الجزء من المدينة. كما اتضح أن قيمة المقياس تقل في الأطراف بانتظام، حيث إن معظم المباني في المناطق الهامشية بالمدينة التي تظهر باللون الأخضر الغامق كما في شمال شرم أبحر كأحياء الصواري والزمرد، وأيضاً الامتدادات العمرانية الجديدة جنوب جدة على طريق الليث كأحياء الخمرة والفضيلة والقرينية. ويرجع السبب في ذلك لتراخي الشبكة وضعف الترابط بين أجزاءها، حيث إن هذه الأحياء يخدمها شارع رئيسي واحد أو اثنين على أقصى تقدير، كما أن معظم شوارعها غير مخططة.

٢-مقياس مؤشر الجاذبية Gravity Index:

مقياس الجاذبية هو عامل إضافي في عوامل الإعاقة المكانية المطلوبة للرحلة أو الحركة إلى كل الوجهات، وهو أحد أكثر المقاييس شيوعاً لإمكانية الوصول المكاني في أبحاث النقل، ويفترض المقياس أن إمكانية الوصول إلى المصدر أو مكان أو مبنى؛ حيث تتناسب طردياً مع جاذبية (وزن) المبنى لكنها تتناسب عكسياً مع المسافة بين المنشأ والمبنى كوجهة (Sevtsuk, et al., 2016)، وقد وضع Hansen معادلة لحساب هذا المؤشر رياضياً عام ١٩٥٩م (Hansen, w. g, 1959, p73)، ويمكن أن تعرّف معادلة مقياس مؤشر الجاذبية رياضياً على النحو المبين الآتي:

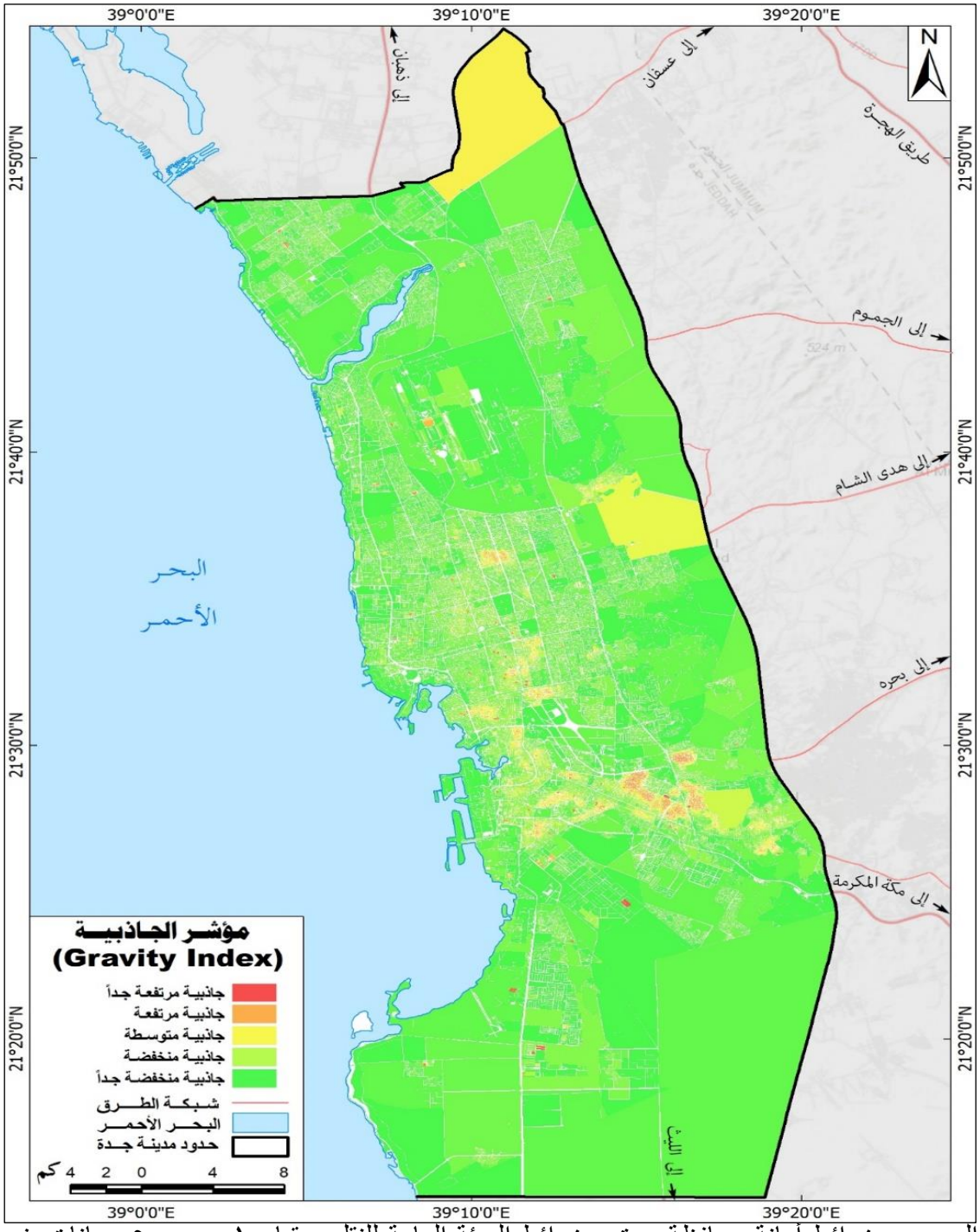
$$Gravity[i]^r = \sum_{j \in G-\{i\},\, d[i,j] \le r} \frac{W[j]}{e^{\beta d[i,j]}}$$

i,j	المبنى
G	الشبكة
W	الوزن
d	أقصر المسارات مسافة بين المبنى (i) و(j)
β	معامل أسّي لضبط تأثير تضاؤل المسافة
r	مسافة نصف قطر البحث

المصدر: حميدة بنت فاضل المسعود، ٢٠٢١م، ص٩٦ & Sevtsuk, 2016, p47.

وبتطبيق مؤشر الجاذبية على مدينة جدة، باعتبار الشبكة الخطية هي طبقة شبكة الطرق في المدينة، وباعتبار حقل "أعداد بلوكات المباني" هو الوزن بذلك التحليل، وقيمة بيتا تبلغ نحو ٠.٠٠٢١٧، والجدير بالذكر أنه إذا كانت قيم بيتا تساوي صفر فإن هذا يعني أنه لا يوجد تأثير

للمسافة على التحليل، وتكون النتيجة مشابهه لتحليل مدى الوصول. سوف ينتج لدينا طبقة مباني جديدة مصنفة لونياً بتدرج حسب الجاذبية لكل مبني من مباني الكتلة العمرانية في حدود بحث مقدار نصف قطره ٤٠٠ متراً على الشبكة (وزارة الاقتصاد والتخطيط، ٢٠١٢م، ص٣) كما في شكل (١-٣).



المصدر: خرائط أمانة محافظة جدة، وخرائط الهيئة العامة للنقل، مقياس١:٥٠.٠٠٠، بيانات غير منشورة، ٢٠١٩م.

شكل (١-٣) تحليل جاذبية Gravity Index الكتلة العمرانية في مدينة جدة عام ٢٠١٩م.

يتضح من شكل (١-٣) أنه كلما زادت القيم كما في طبقة المباني المصنفة بدرجات اللون الأحمر دل ذلك على زيادة أعداد بلوكات المباني، وزيادة ازدحام المباني، كما يدل على زيادة كثافة شبكة الطرق، وتأثيرهم على جاذبية الحركة للمباني التي في إطار حدود البحث وهو ٤٠٠ متراً؛ حيث يتضح أن طبقة بلوكات المباني التي تظهر باللون الأحمر؛ هي تلك المباني التي تتمتع بجاذبية مرتفعة جداً، وتتركز تلك المناطق بقلب المدينة التي تحوي ضمن نطاقها منطقة الأعمال المركزية CBD، ويمتد تأثير المقياس إلى جامعة الملك عبدالعزيز كما في حي الروابي والجامعة حيث تتميز بأنها يمكن الوصول لأغلب الشوارع بها، وتبلغ مساحة هذه المباني نحو ٩٪ فقط من مساحة النطاق العمراني للمدينة. بينما تضم المناطق المبنية الواقعة بين قلب المدينة والامتدادات الشرقية والشمالية للمدينة مبان تتمتع بجاذبية متوسطة التي تظهر باللون الأصفر، حيث تعمل الشوارع التي تخرج من قلب المدينة باتجاه تلك المناطق على رفع جاذبيتها نسبياً، وتحسين إمكانية الوصول إليها، وبلغت مساحة هذه المباني نحو ٢٦٪ من إجمالي مساحة النطاق العمراني بالمدينة. بينما تقل قيم المقياس في الأطراف بانتظام؛ حيث تضم المناطق المبنية الواقعة في النطاق الهامشي بأقصى شمال وجنوب المدينة مبان أقل في مستوى الجاذبية طبقاً لعامل المسافة، حيث إن معظمها يمثل مناطق عمرانية حديثة البناء لم تُخدم بشوارع مرصوفة، وبالتالي فجاذبيتها منخفضة جداً، وبلغت مساحة هذه المناطق نحو ٦٥٪ من إجمالي مساحة النطاق العمراني بالمدينة.

٢- مقياس البينية Betweenness:

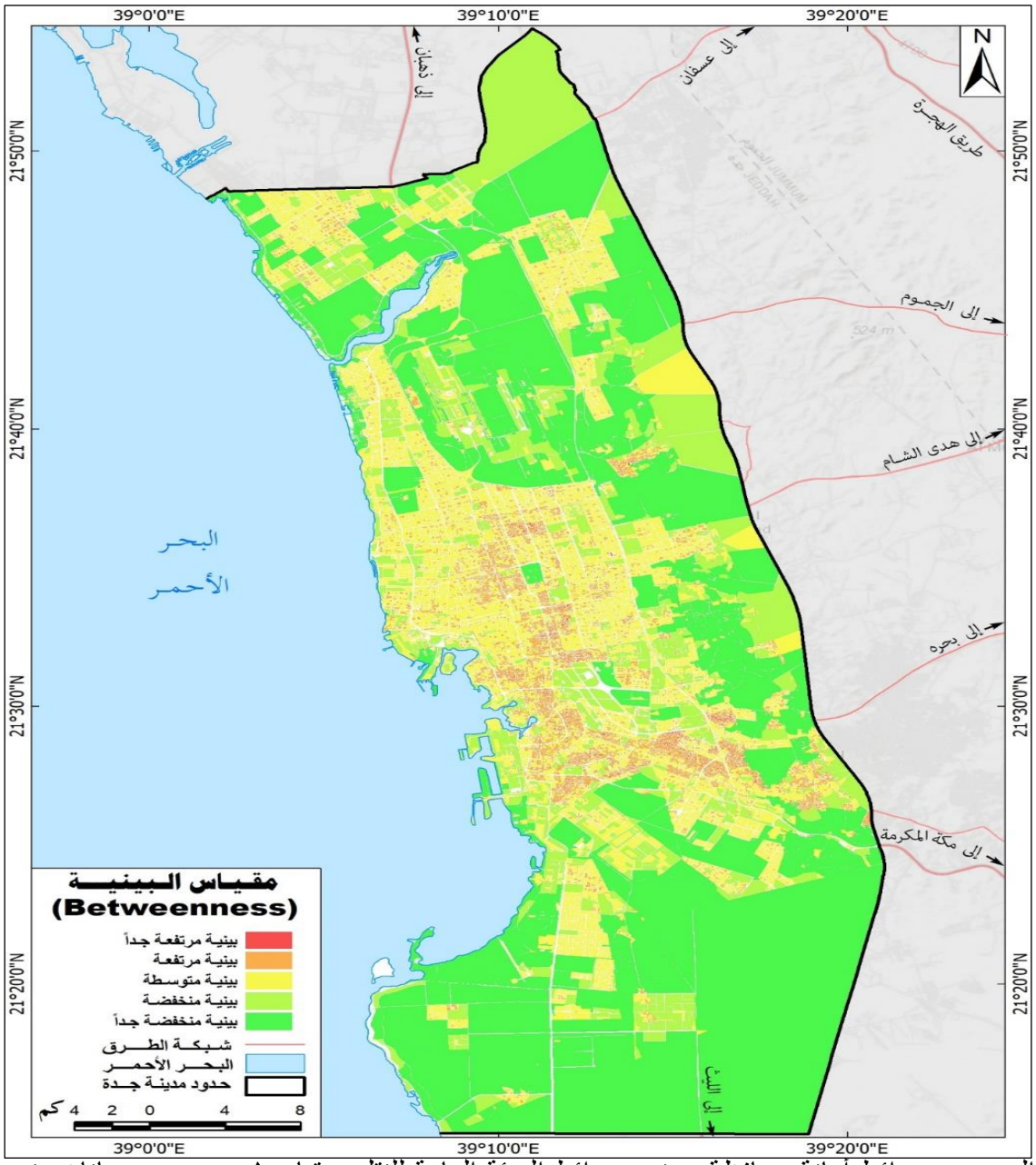
يسمى أيضاً "مؤشر التباعد"، يمكن تعريف تباعد المباني وتداخلها بأنه جزء من أقصر المسارات بين أزواج من المباني الأخرى في الشبكة التي تمر بمبنى ما، وإذا تم العثور على أكثر من أقصر مسار بين عقدتين أي مكانين على الشبكة، كما هو الحال دائماً في شبكة الشوارع المتعامدة، فعندئذٍ يعطي كل مسار من المسارات المتماثلة في المسافة وزناً متساوياً بحيث يبلغ مجموع الأوزان وحدة واحدة –أي قيمة ١ صحيح- (Linton C. Freeman, 1977, p35)، وعادةً ما يستخدم هذا المقياس في حالة معرفة احتمالية وجود حركة مرور أو مشاة عند مبان مختلفة على الشبكة، كما يقيس مدى الاتصال بين المبنى والمباني الأخرى بالشبكة، وبالتالي يدل على مركزية العقد أو تطرفها وهامشيتها (Sevtsuk, et al., 2016)، ويمكن أن تعرّف معادلة مقياس التباعد رياضياً على النحو المبين الآتي:

$$Betweenness[i]^r = \sum_{i \neq j \neq k \in G} \frac{n_{jk}[i]}{n_{jk}} . W[j]$$

i, j	المبنى
$n_{jk}[i]$	عدد المسارات الأقصر من المبنى(i)
n_{jk}	مجموع عدد المسارات الأقصر بين
r	المسافة بين بين المبنى (i) و(j)
G	الشبكة
W	الوزن

المصدر: حميدة بنت فاضل المسعود، ٢٠٢١م، ص٩٧ & Sevtsuk, 2016, p47.

وبتطبيق مقياس البينية على مدينة جدة، باعتبار الشبكة الخطية هي طبقة شبكة الطرق في المدينة، وباعتبار حقل "أعداد بلوكات المباني" هو الوزن بذلك التحليل، وقد يكون الوزن إحدى الخصائص السكانية، وإذا وزن التحليل بصفات الوزن المرتبطة بالعقد، مثل خاصية سكانية معينة للمباني المجاورة، فإن المؤشر يأخذ في الاعتبار احتمالية حركة المرور الذي له نفس الخاصية عند المبنى (i). سوف ينتج لدينا طبقة مباني جديدة مصنفة لونياً بتدرج حسب التباعد لكل مبني من مباني الكتلة العمرانية في حدود بحث مقدار نصف قطره ٤٠٠ متراً على الشبكة (وزارة الاقتصاد والتخطيط، ٢٠١٢م، ص٣) كما في شكل (١-٤).



المصدر: خرائط أمانة محافظة جدة، وخرائط الهيئة العامة للنقل، مقياس١:٥٠.٠٠٠، بيانات غير منشورة، ٢٠١٩م.

شكل (١-٤) تحليل بينية Betweenness الكتلة العمرانية في مدينة جدة عام ٢٠١٩م.

يتضح من شكل (١-٤) أنه كلما زادت القيم كما في طبقة المباني المصنفة بدرجات اللون الأحمر دل ذلك على زيادة تأثير أعداد بلوكات المباني، وزيادة تأثير البلوكات المزدحمة التي تحوي عدداً من المباني، أو زيادة تأثير كثافة شبكة الطرق على الحركة البينية بين المباني في إطار حدود البحث وهو ٤٠٠ متراً؛ حيث يتضح أن معظم المباني وعقد الشبكة في المدينة ذات مستوى بينية/تباعد مرتفعة جداً هي التي تظهر باللون الأحمر، ويتضح ذلك بوضوح في قلب المدينة وجدة التاريخية وبعض الأحياء القديمة ذات التخطيط العشوائي كأحياء البلد والكندرة والثعالبة والثغر وغليل وبترومين والقريات، ويرجع السبب في ذلك لوجود ضعف نسبي في ترابط الشبكة؛ نتيجة قلة أعداد المسارات المباشرة بين أجزاء المدينة، كما يعيب تلك المسارات امتدادها بشكل طولي كما في طريق الملك فهد، وطريق الملك عبدالعزيز، وطريق المدينة المنورة، وطريق الأمير ماجد، كما تقل قيم المقياس في الأطراف بانتظام.

٣- مقياس التقارب Closeness:

يمكن تعريف تقارب المباني بأنه معكوس/مقلوب المسافة التراكمية المطلوبة للوصول من مبنى في الشبكة إلى جميع المباني الأخرى التي تقع داخل دائرة نصف قطر البحث على طول أقصر المسارات، وفي حين أن مؤشر البينية السابق ذكره يقيس حركة المرور الممكنة العابرة لمبنى ما، فإن مقياس التقارب يبين مدى قرب المبنى من جميع المباني المحيطة الأخرى ضمن حد معين للمسافة، وإذا لم يتم تحديد نصف قطر البحث، فسيتم حساب المؤشر لجميع المباني المدخلة، كما يوجد علاقة وثيقة بين هذا المقياس ومقياس الوصول؛ حيث يعد الأخير مقلوب مقياس الوصول أو كسره؛ وبالتالي فإن قيمة الناتجة من هذا المؤشر تتناسب عكسياً مع القيمة الناتجة من مقياس الوصول، لذا فإن ناتج معادلة هذا المقياس في الغالب ما يكون رقم صغير جداً. (Sevtsuk, et al., 2016)، ويمكن أن تعرّف معادلة مقياس التقارب رياضياً على النحو المبين الآتي:

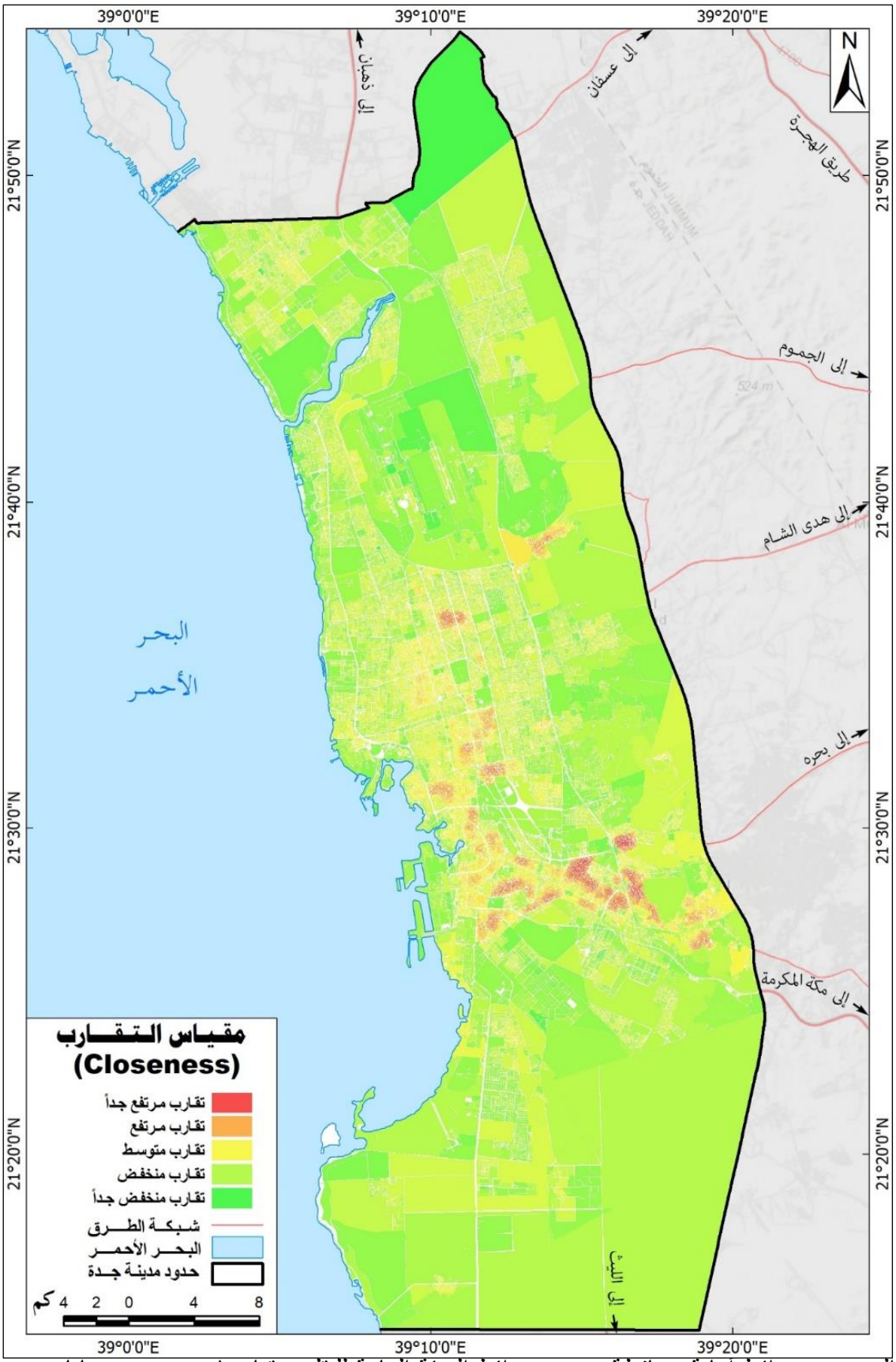
$$Closeness[i]^r = 1 \Big/ \sum_{j \in G-\{i\}, d[i,j] \le r} (d[i,j].W[j])$$

i	المبنى "المنشأ"
j	المبنى "الوجهة"
d	أقصر المسارات مسافة بين المبنى (i) و(j)
r	المسافة بين (i) و(j)
G	الشبكة
W	الوزن

المصدر: حميدة بنت فاضل المسعود، ٢٠٢١م، ص٩٨ & Sevtsuk, 2016, p47.

وبتطبيق مقياس التقارب على مدينة جدة، باعتبار الشبكة الخطية هي طبقة شبكة الطرق في المدينة، وباعتبار حقل "أعداد بلوكات المباني" هو الوزن بذلك التحليل، سوف ينتج لدينا طبقة

مباني جديدة مصنفة لونياً بتدرج حسب التقارب لكل مبني من مباني الكتلة العمرانية في حدود بحث مقدار نصف قطره ٤٠٠ متراً على الشبكة (وزارة الاقتصاد والتخطيط،٢٠١٢م، ص٣) كما في شكل (١-٥).



المصدر: خرائط أمانة محافظة جدة، وخرائط الهيئة العامة للنقل، مقياس١:٥٠.٠٠٠، بيانات غير منشورة، ٢٠١٩م.

شكل (١-٥) تحليل تقارب Closeness الكتلة العمرانية في مدينة جدة عام ٢٠١٩م.

يتضح من شكل (١-٥) أنه كلما زادت القيم كما في طبقة المباني المصنفة بدرجات اللون الأحمر دل ذلك على زيادة تأثير أعداد بلوكات المباني، وزيادة تأثير المباني المزدحمة التي تحوي عدداً كبيراً من الوظائف، أو زيادة تأثير كثافة شبكة الطرق/الحافلات على زيادة تركز التقارب للمباني في كامل الكتلة العمرانية في إطار حدود البحث وهو ٤٠٠ متراً؛ فنجد أن المباني في قلب المدينة التي تظهر باللون الأحمر لديها معدل تقارب مرتفع جداً، وتتمثل معظمها في الأحياء العشوائية بعدد ٢٦ حياً بمساحة إجمالية ١٨.٥ كم٢ منها أحياء البلد، السبيل، الهنداوية، البغدادية، الشرفية، بني مالك، مشرفة، العزيزية، الربوة، ابرق الرغامة، القوزين، بالإضافة إلى الأحياء العشوائية الواقعة ضمن أراضي وقف الملك عبدالعزيز للعين العزيزية وعددها ٨ أحياء بمساحة إجمالية ١٣.٩ كم٢ منها أحياء الجامعة، الروابي، قويزه، النزلة اليمانية، المتنزهات، العين العزيزية، المحاميد، مدائن الفهد، ويدل هذا على انخفاض مقياس الوصول بمباني قلب المدينة، ويرجع ذلك إلى ارتفاع إجمالي المسافة التراكمية التي يمكن قطعها في العموم من كل مبنى للوصول إلى كافة المباني في أجزاء الشبكة ممثلة في مباني المدينة، كما يتضح أن المباني الطرفية تأخذ قيماً أقل من المباني الداخلية باتجاه قلب المدينة، حيث تكون المسافة أقل من نظائرها في المباني الطرفية والهامشية وبالتالي تقل القيم في الأطراف بانتظام.

٤- مقياس الاستقامة Straightness:

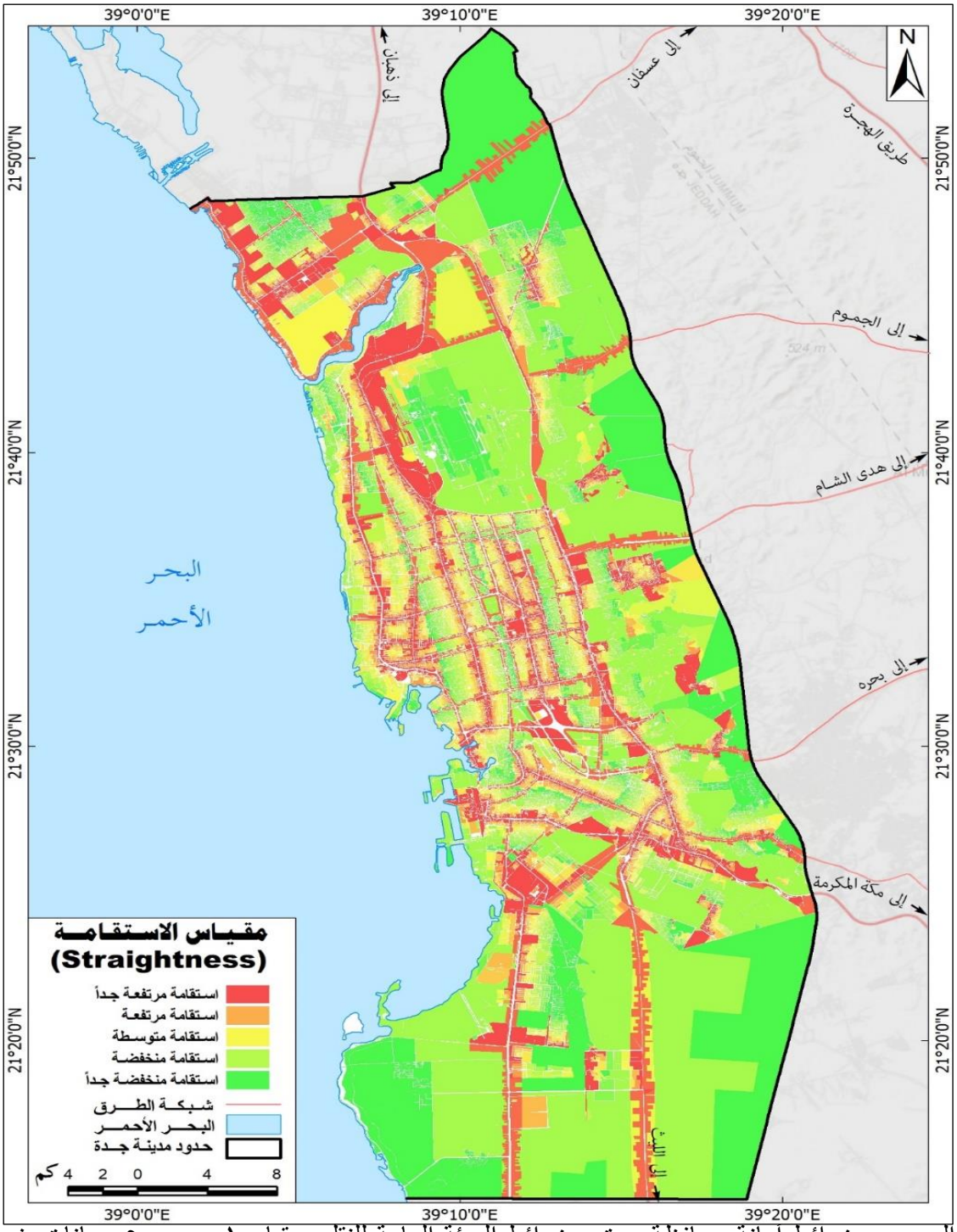
يمكن تعريف استقامة المباني بأنه الطريقة التي يمكن بها توضيح إلى أي مدى تشبه المسارات الأقصر من عقدة أي مكان محدد مختار إلى جميع العقد الأخرى في الشبكة الخطية للمسارات الإقليدية المستقيمة. أي أن المؤشر يقيس الانحرافات الإيجابية "الزائدة" في مسافات الحركة أو التنقل الناتجة عن القيود الهندسية لشبكة الشوارع مقارنةً بمسافات الخطوط المستقيمة في مستوى منبسط لا يحوي أية معالم، فكلما كانت المسافة بين المبنيين في الشبكة أطول كلما كان الاختلاف بين المسافة في الشبكة والمسافة المستقيمة أقل ما يكون، كما يجب استخدام ذلك المؤشر فقط إذا كانت صفة الإعاقة في شكل مسافة خطية مثل الكيلومترات، والأميال (Sevtsuk, et al., 2016)، ويمكن أن تعرّف معادلة مقياس الاستقامة رياضياً على النحو المبين الآتي:

$$Straightness[i]^r = \sum_{j \epsilon G-\{i\}, d[i,j] \leq r} \frac{\delta[i,j]}{d[i,j]} . W[j]$$

i,j	المبنى
r	نطاق بحث بمقدار نصف قطر
δ	المسافة الإقليدية المستقيمة بين المبنى (i) والمبنى (j)
d	المسافة الأقصر بين مبنى (i) و(j)

المصدر: حميدة بنت فاضل المسعود، ٢٠٢١م، ص٩٩ & Sevtsuk, 2016, p47.

وبتطبيق مقياس الاستقامة على مدينة جدة، باعتبار الشبكة الخطية هي طبقة شبكة الطرق في المدينة، وباعتبار حقل "أعداد بلوكات المباني" هو الوزن بذلك التحليل؛ حيث تتركز النتائج على إمكانية الوصول المكاني إلى الوظائف التي يتم استضافتها داخل النسيج المبني. سوف ينتج لدينا طبقة مباني جديدة مصنفة لونياً بتدرج حسب الاستقامة لكل مبني من مباني الكتلة العمرانية في حدود بحث مقدار نصف قطره ٤٠٠ متراً على الشبكة (وزارة الاقتصاد والتخطيط، ٢٠١٢م، ص٣)، وتشبه نتيجة هذا المؤشر إلى حد قريب نتيجة مؤشر الوصول كما في شكل (١-٦).



المصدر: خرائط أمانة محافظة جدة، وخرائط الهيئة العامة للنقل، مقياس١:٥٠.٠٠٠، بيانات غير منشورة، ٢٠١٩م.

شكل (١-٦) تحليل استقامة Straightness الكتلة العمرانية في مدينة جدة عام ٢٠١٩م.

يتضح من شكل (١-٦) أنه كلما زادت القيم كما في طبقة المباني المصنفة بدرجات اللون الأحمر دل ذلك على زيادة تأثير أعداد بلوكات المباني، وزيادة تأثير المباني المزدحمة التي تحوي عدداً كبيراً من بلوكات المباني، كما تدل على زيادة تأثير كثافة شبكة الطرق على زيادة استقامة

المباني في كامل الكتلة العمرانية في إطار حدود البحث وهو ٤٠٠ متراً؛ حيث يشير المقياس إلى انه كلما كانت المباني على استقامة واحدة كلما ارتفع المؤشر، ولعل هذا يتضح في المباني الواقعة على الطرق ذات الامتداد الطولي الكبير مثل طريق الحرمين السريع، وطريق جدة مكة السريع، وطريق مكة القديم، وطريق المدينة المنورة، وطريق الملك فيصل، والملك عبدالله، وطريق الأمير ماجد، والأمير متعب، حيث نجد أن معظم المباني التي عليها تظهر باللون الأحمر وهذا يدل على أن مؤشر استقامتها مرتفع جداً، وتقل القيم بالابتعاد عن المسارات الطولية بشكل تدريجي. كما يتضح أن هناك اختلاف في مقياس الاستقامة بين مباني شرق المدينة والجزء الغربي منها، حيث يقل الاختلاف بين طول المسار الحقيقي والمستقيم بين المبنيين كلما ارتفع مؤشر البينية/التباعد مع ثبات طول المسار الأقصر بينهما، وبالتالي فإن المباني الداخلية التي يقل فيها طول المسار الحقيقي والمسار المستقيم يكون فيها المؤشر أعلى ما يكون، كما يتضح ذلك في شرق وجنوب المدينة، حيث إن تقارب شبكة الطرق أدى إلى قلة الاختلاف بين طول المسار الحقيقي والمستقيم، كما أدى إلى قلة أطوال المسارات القصيرة، بينما نجد في مناطق شمال وغرب المدينة التي تتباعد بها المباني نسبياً مما يزيد الاختلاف وينتج عنه انخفاض المؤشر.

٣. الدراسات السابقة

- دراسة إبراهيم السنهوري وعبد الرحمن الشعلان، (١٩٩٨م): "بعض خصائص رحلات النقل الدراسي في مدينة جدة". تم في هذه الدراسة تلمس واقع النقل المدرسي بجدة، والكشف عن أهم المتغيرات النقلية ذات الصلة بنقل الطلاب بهذه الوسيلة، والتعرف على دوافع استخدام النقل الخاص بالحافلات.
- دراسة محمد زكي حامد السديمي، (١٩٩٥م): "النقل والتنمية الاقتصادية في منطقة عسير". تم في هذه الدراسة التحليل الكمي لشبكة الطرق في منطقة عسير باستخدام بعض المقاييس الوصفية والإحصائية البسيطة وتحليلها لقياس التطور، لمعرفة أثر النقل على التنمية الاقتصادية بالمنطقة.
- دراسة سعيد أحمد عبده، (١٩٨٩م): "شبكة الطرق البرية بين المدن الرئيسة في دولة الإمارات العربية دراسة تحليلية كمية". تم في هذه الدراسة محاولة تحديد العوامل الأكثر تأثيراً على تحديد اتجاهات شبكة النقل البري بالدولة وكفاءة الشبكة، والتتبع التاريخي لنمو شبكة الطرق المعبدة، واستخدام الأساليب الكمية في تحليل شبكة النقل البري والوقوف على مدى ترابط الشبكة وفاعليتها.
- دراسة محمد زكي حامد السديمي، (٢٠٠١م): "حركة النقل على المداخل الرئيسة على لمدينة طنطا دراسة في جغرافية النقل". تم في هذه الدراسة التعرف على الوضع الحالي لحركة النقل بالمدينة من حيث الطرق وحجم والحركة والعوامل المؤثرة فيها، إضافة إلى التعرف على أهم المشكلات التي تواجه النقل، ودراسة الخصائص العامة لشبكة الطرق في المدينة واشتمل على تصنيف الطرق وخصائصها وامتدادها وأطوالها ودرجة انحدارها والعوامل الجغرافية المؤثرة في شبكة الطرق وحركة النقل.

- Trinh Dinh Toan & Govind .M.S. (2009): "Managing traffic congestion in a city: A study of Singapore's experiences".

أشارت هذه الدراسة المُعنونة "الاختناقات المرورية في سنغافورة" إلى تشجيع الحكومة على استخدام النقل العام، والحد من استخدام السيارة الخاصة في التنقل. فقد عملت على توفير نقل عام آمن ومريح ورخيص مقارنة بوسائل النقل الأخرى، كما قامت بفرض سياسات للحد من الاعتماد على السيارة الخاصة، ومن أهمها زيادة الضرائب على البنزين، ورفع أجور المواقف، وفرض الرسوم على استخدام الطرق وغيرها، وقد نجحت هذه الإجراءات في تحقيق أهدافها بزيادة الاعتماد على النقل العام في التنقل.

٤. منهج البحث وأسلوبه

- المنهج التاريخي Historical Approach الذي تناول نشأة وتطور الحوادث المرورية في المملكة العربية السعودية ومدينة الرياض عبر فترات زمنية متفاوتة.
- المنهج الوصفي التحليلي Approach Descriptive Analytical الذي تناول دراسة الحوادث المرورية كما هي على أرض الواقع، ومن ثم وصفها وصفاً دقيقاً ومعبراً كيفاً وكماً.
- منهج التحليل المكاني Spatial Analysis Approach الذي تناول تطبيق وظائف التحليل الملائمة التي توفرها برامج نظم المعلومات الجغرافية من أجل التعرف على الاختلافات المكانية لمواقع الحوادث المرورية، ومسببات ذلك من أجل الوصول إلى تفسير وتعليل لتلك الاختلافات المكانية.

٥. النتائج

تظهر الدراسة أن التحليل الكمي لشبكة حافلات النقل الجماعي في مدينة جدة، إلى ارتفاع نسبة مؤشر الانعطاف في منطقة الدراسة؛ حيث إن متوسط مؤشر الانعطاف العام لشبكة خطوط حافلات سابتكو في مدينة جدة بلغ ١٤٧.٥٪، كما تبين بتطبيق دليل الاتصال "الترابط" على شبكة حافلات سابتكو بجدة أنه يعادل ٠.٠٣ من أقصى درجة يمكن أن يتحقق معها الاتصال المباشر بين المسافات المختلفة للشبكة في منطقة الدراسة وهي نسبة ترابط ضئيلة جداً، وبتطبيق مؤشر بيتا على شبكة خطوط حافلات سابتكو في مدينة جدة، تبين أن درجة ترابط الشبكة وفقاً لهذا المؤشر بلغت ١ مما يعني وجود شبكة واحدة داخلية مغلقة، وبذلك تصبح شبكة حافلات جدة كاملة الترابط، وبتطبيق مؤشر ألفا على شبكة خطوط حافلات سابتكو في مدينة جدة؛ تبين أن درجة الترابط حسب هذا المؤشر بلغت ٠.٠٠٧ وهذا يدل على أن شبكة خطوط حافلات سابتكو في مدينة جدة شبكة ضعيفة الترابط أو شبه مترابطة، وبتطبيق مؤشر جاما على شبكة خطوط حافلات سابتكو في مدينة جدة؛ تبين أن درجة الترابط تبعاً لمؤشر جاما قد بلغت ٠.٣٤، ويتضح من نتيجة مؤشر جاما أن شبكة خطوط حافلات سابتكو في مدينة جدة ضعيفة الترابط أو شبه مترابطة، كما يتضح أن محطة البلد "مسجد بن لادن" تمثل العقدة المركزية الأولى بشبكة خطوط حافلات سابتكو في مدينة جدة عن كافة الخطوط الست، كما اعتبر مسار خط ١٠ بين البلد ومستشفى

الحرس الوطني قطراً لشبكة شبكة خطوط حافلات سابتكو في مدينة جدة، وبتطبيق مؤشر آيتا على شبكة خطوط حافلات سابتكو في مدينة جدة تبين أن المؤشر سجل ١.٦ كم، وهذا يدل على أن أطوال الوصلات في المدينة متوسطة، و بتطبيق مؤشر باي على شبكة خطوط حافلات سابتكو في مدينة جدة نجد أن المؤشر قد بلغ ٥.٢، وهو مؤشر متوسط مما يدل على التباعد النسبي بين المحطات "العقد النقلية" وقصور شبكة الخطوط في مدينة جدة.

٦. الخلاصة

أتضح من دراسة تحليلات شبكة الطرق الحضرية المتمثلة في مقاييس مركزية الشبكة مثل مقياس مدى الوصول والتباعد والقرب والاستقامة ومؤشر الجاذبية في حدود بحث مقدار نصف قطره ٤٠٠ متراً على الشبكة، وتطبيقها على شبكة الطرق في المدينة، أنه كلما زادت القيم كما في طبقة بلوكات المباني المصنفة بدرجات اللون الأحمر دل ذلك على زيادة إمكانية الوصول إليها وازدحامها أو زيادة كثافة شبكة الحافلات، التي تتركز بمباني قلب المدينة بأحياء الجامعة، وفيحاء، والثغر، والنزلة اليمانية، والقريات، والثعالبة، والفيحاء، ومدائن الفهد، والشرفية، والرويس، والورود، والنسيم، وتقل في الأطراف بانتظام.

٧. التوصيات

توصي هذه الدراسة بالآتي:

- ضرورة العمل على سرعة تنفيذ مشاريع النقل الجماعي بشكل عام ومشروع مترو جدة بشكل خاص، لما في ذلك من أثر كبير على رفع مستوى أداء المنظومة المرورية والتخفيف من الأحجام المرورية المرتفعة التي تشهدها غالبية الطرق في مدينة جدة، فضلاً عن حثّ شركات النقل الجماعي لتقديم خدمة متميزة تُقنع قائدي المركبات الخاصة من التخلي عن سيارته الخاصة واستخدام تلك الخدمات، خصوصاً بالأوقات التي تشهد فيها المدينة كثافة مرورية مرتفعة، وسوف يسهم ذلك في تقليل الأحجام المرورية للحركة وبالتالي خفض الضغط على المنظومة المرورية بشكل كامل.
- التحول إلى وسائط النقل المستدامة التي تستخدم الطاقات النظيفة والمتجددة مثل استخدام السيارات الكهربائية والسيارات الهجينة وتشجيع وسائط النقل الحضري على استخدام الوقود المستدام وغير الملوث للبيئة عن طريق تطبيق برنامج خاص لتزويد وسائط النقل الحضري بوقود صديق للبيئة مثل طاقة الهيدروجين والوقود الحيوي Bio Fuel، كما يعتبر الهيدروجين الأخضر Green Hydrogen بمثابة السلاح السري في مواجهة التحول المناخي، ويمكنه أن يحل مكان أنواع الوقود الأحفوري في كافة مجالات الاستخدام عملياً في

الشاحنات وسيارات الركاب والقطارات، لذا يعد الهيدروجين الأخضر هو "وقود المستقبل النظيف".

- تسمية محطات شبكة القطارات في مدينة جدة بأسماء سهلة ميسرة، ذات دلالة جغرافية أو تاريخية، لأن الأسماء لها مدلولاتها كما أن سهولتها وتميزها يساعد على حفظها، والتمييز فيها بينها، ومن أهم ضوابط التسمية مراعاة تسمية المحطات بأسماء ذات بعد تاريخي أو جغرافي أو علامات أرضية مشهورة، ومراعاة جمالية الأسماء، وسهولة النطق والكتابة باللغتين العربية والإنجليزية.
- أن تشمل خدمة النقل الجماعي في مدينة جدة نقل تلاميذ المدارس في التعليم العام، أو على الأقل تلاميذ المرحلة الثانوية، مع مراعاة توفير احتياطات السلامة لهم، والحرص على إيجاد برنامج لاختيار سائقي الحافلات وتدريبهم وتأهيلهم، وبذل الجهود الإعلامية بالمناسبة لتهيئة المجتمع.
- إعادة النظر في مواصفات عربات المترو الفنية المتعلقة بتحمل القطارات للحرارة، حيث تشير دراسة أعدتها شركة مترو جدة إلى أنها مصممة لتحمل درجات الحرارة بين -٥ إلى ٥٠ درجة مئوية، وهذا غير مناسب؛ لأن معدلات الحرارة في فصل الصيف تحت أشعة الشمس تصل إلى حوالي ٥٥ إلى ٦٠ درجة مئوية أو أكثر.
- إعادة النظر في الطاقة الاستيعابية للمواقف التي سوف يتم إنشاؤها لخدمة ركاب مترو جدة، ودراسة إمكانية زيادتها؛ لتؤدي الغرض الذي أنشئت من أجله، ولا يضطر ركاب القطار للوقوف في الشوارع المحيطة، فتسبب مشكلات كثيرة، يمكن تجنبها من أساسها.

٨. المصادر والمراجع

١- المرصد الحضري بجدة (٢٠١٩م): المؤشرات الحضرية لمدينة جدة، مؤشرات النقل والمواصلات في مدينة جدة، استخدامات الأراضي في مدينة جدة.

٢- أمانة محافظة جدة (٢٠١٩م): الخطة الاستراتيجية لتطوير محافظة جدة.

٣- وزارة الاقتصاد والتخطيط، (٢٠١٢م): التقرير السنوي، الرياض.

٤- جمال عبدالمحسن عبدالعال، (١٩٩٩م): "تقدير حجم الطلب على وسائط التنقل في جدة"، ندوة النقل البري بين الماضي والحاضر، كلية الهندسة، جامعة الملك عبدالعزيز، ص ص ١٠٤-١١١، جدة.

٥- صلاح عبدالجابر عيسى، (١٩٨٦م): "التحليل الكمي لشبكة الطرق البرية في مدن محافظة المنوفية"، ع١٨، المجلة الجغرافية العربية، الجمعية الجغرافية المصرية، القاهرة.

٦- عبدالله صالح الرقيبة، والأصم عبد الحافظ أحمد (١٤١٩ه): "الحافلات الأهلية الواقع والمشكلات: دراسة حالة مدينة الرياض"، ندوة النقل العام بالحافلات وخدمة المجتمع، وزارة المواصلات. الرياض.

٧- علي بن معاضه الغامدي وحميدة بنت فاضل المسعود، (٢٠٢١م): "مدخل إلى الشبكات الخطية: أسس وتحليل وتطبيقات باستخدام نظم المعلومات الجغرافية"، مكتبة الملك فهد الوطنية، الرياض.

٨- ليلى صالح زعزوع، (٢٠٠٣م): "حوادث مرور التقاطعات ذات المستويات المتعددة (الجسور) في مدينة جدة: دراسة تطبيقية في جغرافية الحوادث المرورية"، المجلة العربية للدراسات الأمنية والتدريب، مج ١٥، ع ٢٩، الرياض: أكاديمية نايف العربية للعلوم الأمنية.

٩- هيثم أحمد محمود علواني، (٢٠١٧م): "التحليل المكاني للحوادث المرورية في مدينة الرياض دراسة في الجغرافيا التطبيقية"، رسالة ماجستير (غير منشورة)، قسم الجغرافيا، جامعة بنها.

١٠-إيهاب لطفي البرنس السعيد، (٢٠١٠م): "النقل في مركز كفر الشيخ دراسة في الجغرافيا الاقتصادية"، رسالة دكتوراه (غير منشورة)، قسم الجغرافيا، جامعة كفر الشيخ، كفر الشيخ.

11- Sevtsuk, A., Mekonnen, M., and Kalvo, R. (2016). Urban Network Analysis, Version1.01: Toolbox for ArcGIS 10.x. Harvard University Graduate School of Design 48 Quincy St. Cambridge, MA 02138 USA.

Urban Network Analysis in Jeddah City, Saudi Arabia

By
Haitham Ahmed Mahmoud Elwany

Prof. Mohamed Zaki Hamid El-Sedemy

Professor of Economic Geography & Maps Former Dean of the Faculty of Arts – Tanta University

Lect. Diaa Sabri Abdullatif Ismail

Lecturer of Physiography & GIS Faculty of Arts – Tanta University

Abstract:

Urban network analytics is one of the most important open source analyzes not included in the Arc Toolbox in ArcGIS, which can be downloaded from the web from the website: (http://cityform.mit.edu/projects/urban-network-analysis.html), and install it on the ArcGIS V10.2 environment. The analysis includes Network Centrality Measure, which is one of the most important mathematical methods for estimating the importance of each node in the network. Centrality measures mainly focus on the centrality of each network element with respect to surrounding elements. Use the Urban Network Analysis Toolbox to calculate and apply five different types of centrality measures to spatial networks on the building layer: Reach, Gravity Index, Betweenness, Closeness, and Straightness.

Keywords: Urban network analytics, open source analytics, network centrality measure, spatial networks, reach, gravity index, distance, proximity, straightness, spatial analysis, GIS, urban transportation, Jeddah, Saudi Arabia.