تحليل وتقييم كفاءة شبكة الطرق بمدينة نجع حمادي

"دراسة تطبيقية في نظم المعلومات الجغرافية"

Analysis and Evaluation of Road Network Efficiency in Nag Hammadi City: An Applied Study in Geographic Information Systems

إعداد

هيثم شعبان خلف

ديوان عام محافظة قنا

Hythem Shaapan Khalaf Mohamed

أ.د/ محمد الخزامي عزيز

Prof. Mohamed Al-Khouzami Aziz

أستاذ نظم المعلومات الجغرافية - عميد كلية العلوم الإنسانية – جامعة الجلالة سابقاً

أ.د/ عبد اللطيف محمد أحمد

Prof. Dr. Abdel Latif Mohamed Ahmed

أستاذ الجغرافيا الاقتصادية - كلية الآداب بقنا – جامعة جنوب الوادي

أ.م.د/ زمزم مرعي أحمد درويش

Dr. Zamzam Marai Ahmed Darwish

Doi: 10.21608/jasg.2025.458764

استلام البحث: ٢٩ / ٥ / ٢٠٢٥

قبـــول النشر: ١١ / ٧ /٢٠٢٥

خلف، هيثم شعبان و عزيز، محمد الخزامي و أحمد، عبداللطيف محمد (٢٠٢٥). تحليل وتقييم كفاءة شبكة الطرق بمدينة نجع حمادي "دراسة تطبيقية في نظم المعلومات الجغرافية". ***المجلة العربية للدراسات الجغرافية***، المؤسسة العربية للتربية والعلوم والآداب، مصر، ٨(٢٥)، ٣٥٣ - ٣٩٤.

https://jasg.journals.ekb.eg

تحليل وتقييم كفاءة شبكة الطرق بمدينة نجع حمادي "دراسة تطبيقية في نظم المعلومات الجغرافية"

المستخلص:

تركز هذه الدراسة على تحليل وتقييم الوضع الراهن لشبكة الطرق بمدينة نجع حمادي، كمثال للمدن النامية التي تواجه تحديات في إدارة النقل وتطوير البنية التحتية. تستكشف الدراسة العوامل المؤثرة في الكثافة المرورية وتوزيع أنواع الطرق الوظيفية، بالإضافة إلى مسببات الحوادث المرورية، وذلك بالاعتماد على التحليل المكاني ونظم المعلومات الجغرافية. تُظهر النتائج أن التوزيع المكاني لأنواع الطرق الوظيفية يتأثر بشكل كبير بنمط استعمالات الأراضي، وكثافة الأنشطة، والحواجز الطبيعية. كما تُبرز الدراسة أن الكثافة المرورية تتشكل بفعل تفاعل معقد بين سعة الطرق، استعمالات الأراضي، ونقاط الجذب العمراني. وفيما يتعلق بالسلامة المرورية، تُحدد الدراسة "النقاط الساخنة" للحوادث كالمناطق التي تتضافر فيها عوامل مثل التعرج الشديد للطرق، ضعف الإضاءة، الكثافة المرورية العالية، وسوء الحالة الإنشائية. تهدف الدراسة إلى تقديم فهم شامل لهذه التحديات واقتراح أسس لتطوير استراتيجيات مستدامة لتحسين كفاءة وسلامة شبكة الطرق في نجع حمادي.

الكلمات المفتاحية: شبكات الطرق، نجع حمادي، تقييم كفاءة الطرق، التحليل المكاني، نظم المعلومات الجغرافية

Abstract:

This study focuses on analyzing and evaluating the current status of the road network in Nag Hammadi city, as an example of developing cities facing challenges in transport management and infrastructure development. The study explores factors influencing traffic density, the spatial distribution of functional road types, and traffic accident causes, relying on spatial analysis and Geographic Information Systems (GIS). Results indicate that the spatial distribution of functional road types is significantly influenced by land use patterns, activity density, and natural barriers. The study also highlights that traffic density is shaped by a complex interplay of road capacity, land use, and urban attraction points. Regarding traffic safety, the study identifies accident "hotspots" as areas where factors such as severe road sinuosity, poor lighting, high traffic density, and inadequate structural conditions converge. This research aims to provide a comprehensive understanding of these challenges and

ISSN: 2537-0839 *eISSN : 2537-088X*

propose foundations for developing sustainable strategies to enhance the efficiency and safety of Nag Hammadi's road network.

المقدمة:

تُعد شبكات الطرق شريان الحياة للمدن، وتنعكس كفاءتها بشكل مباشر على التنمية العمرانية والاجتماعية والاقتصادية.

أ- مشكلة الدراسة:

تُعاني العديد من المدن النامية، ومنها مدينة نجع حمادي، من تحديات متزايدة في كفاءة شبكات الطرق وإدارة الحركة المرورية. تتجلى هذه المشكلة في عدة أبعاد:

١. الازدحام المروري المتزايد :على الرغم من التطور العمراني والسكاني، لا تتناسب البنية التحتية للطرق دائمًا مع حجم الطلب المتنامي على النقل، مما يؤدي إلى ارتفاع الكثافة المرورية، خاصة في أوقات الذروة وفي المناطق المركزية.

٢. تدهور السلامة المرورية :تُشير المؤشرات إلى وقوع حوادث مرورية متكررة، قد تكون مرتبطة بعوامل متعددة تشمل التصميم الهندسي للطرق، الحالة الإنشائية للرصف، ضعف الإضاءة، ونقص تنظيم المرور.

٣. عدم التوافق بين التصنيف الوظيفي للطرق واستعمالات الأراضي :قد لا تخدم بعض الطرق وظيفتها الأساسية بكفاءة بسبب تداخل استعمالات الأراضي أو عدم وجود تخطيط واضح، مما يؤثر على انسيابية الحركة ويزيد من الاحتكاكات المرورية.

٤. غياب التحليل المكاني الشامل :في كثير من الأحيان، يتم التعامل مع مشكلات الطرق بشكل مجزأ دون فهم عميق للعلاقات المكانية بين خصائص الشبكة والعوامل الحضرية المحيطة، مما يحد من فعالية الحلول المقترحة.

ب- فروض الدراسة:

- الفرضية الأولى: يوجد ارتباط مكاني مباشر بين نمط استعمالات الأراضي (سكني، تجاري، خدمي، صناعي) والتوزيع الوظيفي لأنواع الطرق (شرياني، تجميعي، محلي) في مدينة نجع حمادي.

- الفرضية الثانية: تتأثر الكثافة المرورية في شبكة طرق نجع حمادي بشكل كبير بخصائص الطرق الهندسية (مثل العرض والتعرج)، وتوزيع نقاط الجذب العمراني، وفعالية أنظمة تنظيم المرور.

- الفرضية الثالثة: تتجمع الحوادث المرورية في "نقاط ساخنة" ضمن شبكة طرق نجع حمادي، وتُعزى هذه النقاط إلى تضافر عوامل خطر متعددة تشمل التعرج الشديد للطرق، ضعف الإضاءة، الكثافة المرورية العالية، وسوء الحالة الإنشائية.

- الفرضية الرابعة: يمكن لنظم المعلومات الجغرافية (GIS) أن توفر إطارًا تحليليًا فعالًا لتقييم كفاءة شبكة الطرق وتحديد مناطق المشكلات، مما يدعم عمليات التخطيط وصنع القرار لتحسين الأداء المروري والسلامة.

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

ج- أهمية الدراسة:

تنبع أهمية هذه الدراسة من عدة جوانب، على المستويين النظري والتطبيقي:

الأهمية العلمية/النظرية:

١- تُساهم الدراسة في إثراء الأدبيات العلمية المتعلقة بتحليل شبكات النقل الحضرية في سياق المدن النامية، خاصة في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا.

٢- تُطبق الدراسة منهجيات التحليل المكاني ونظم المعلومات الجغرافية في تقييم كفاءة الطرق، مما يُعزز من فهم العلاقات المكانية بين عناصر النقل والبيئة الحضرية.

٣- تُقدم إطارًا تحليليًا يمكن تعميمه على دراسات مشابهة في مدن أخرى تواجه تحديات مماثلة في قطاع النقل.

الأهمية التطبيقية:

١- دعم صانعي القرار :تُوفر الدراسة بيانات وتحليلات مكانية دقيقة تُمكن مهندسي النقل في محافظة قنا ومدينة نجع حمادي من اتخاذ قرارات مستنيرة بشأن تطوير وصيانة شبكة الطرق.

٢- تحديد أولويات التدخل :تُساعد الدراسة في تحديد "النقاط الساخنة" للازدحام والحوادث.

٣- تحسين السلامة المرورية :من خلال تحديد العوامل المسببة للحوادث، تُقدم الدراسة توصيات عملية لتعزيز السلامة على الطرق وتقليل الخسائر البشرية والمادية.

٤- تعزيز كفاءة النقل :تُسهم الدراسة في فهم أعمق للعلاقة بين استعمالات الأراضي وشبكة الطرق، مما يُمكن من اقتراح حلول لتحسين انسيابية الحركة وتقليل زمن الرحلات وتكاليف التشغيل.

٥- التنمية المستدامة :تُساهم النتائج في تحقيق أهداف التنمية المستدامة المتعلقة بالنقل الآمن والفعال.

د- منهجية الدراسة:

بدأت الدراسة بجمع البيانات الأولية، ثم تصميم نموذج حصر رقمي متكامل وقاعدة بيانات جغرافية للبيانات المكانية والوصفية الخاصة بشبكة الطرق ومفرداتها وخصائصها وملحقاتها، بعد ذلك التدقيق المكتبي وضبط جودة البيانات المكانية والوصفية، تجهيز النماذج التحليلية والنصوص البرمجية الخاصة بالتحليلات المكانية، وفي الأخير البدء في عملية استخراج الخرائط والأشكال وبدء عمليات التقييم والتحليل لمفردات الشبكة.

ه- تحديد منطقة الدراسة:

تركز الدراسة على مدينة نجع حمادي الواقعة بشمالي غرب مركز نجع حمادي بمحافظة قنا.

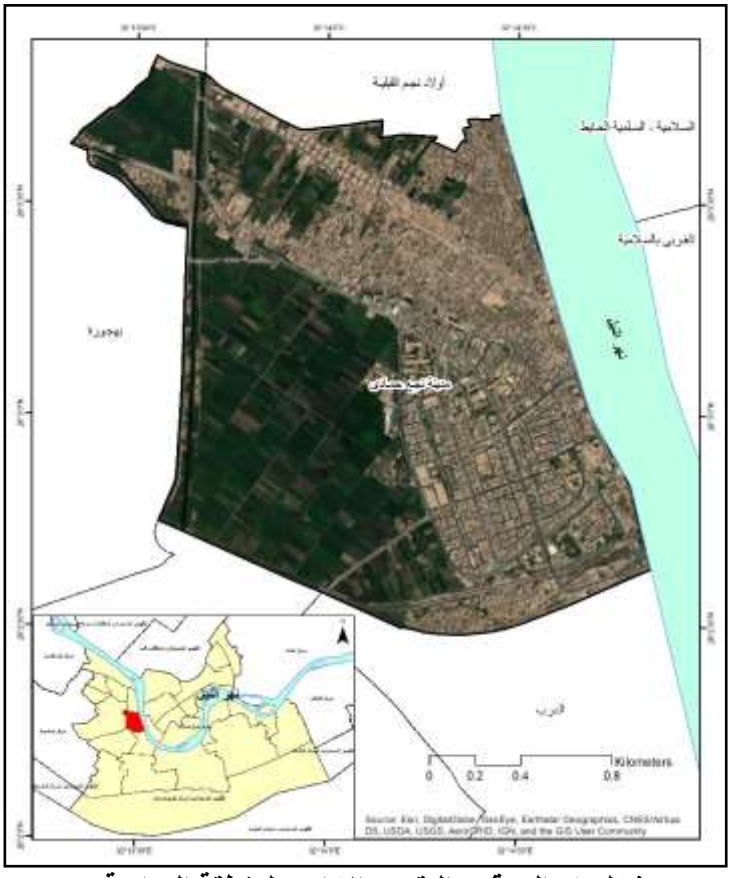
ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

الموقع الجغرافي والفلكي:

تقع مدينة نجع حمادي بشمالي غرب مركز نجع حمادي، يحدها من الشمال قرية أولا نجم القبلية، ومن الجنوب قرية الدرب، ومن الشرق نهر النيل، ومن الغرب قرية الغربي بهجورة، وتقع المدينة بين دائرتي عرض "٢٨ '٢ ° ٢٦ و "٥١ '٣ ° ٢٦ شمالا، وخطي طول "١٩ '١٣ ° ٣٢ و "٥١ '١٤ ° ٣٢ شرقا.

المساحة:

تشكل المدينة مساحة مقدارها (٣.٥ كم^{٢})، وتشكل نسبة مقدارها ١.٣% من إجمالي مساحة مركز نجع حمادي.



شكل ١: الموقع والتقسيم الإداري لمنطقة الدراسة

المصدر: إعداد الباحث باستخدام حزمة ARC/GIS، اعتمادا على التقسيم الإداري لجمهورية مصر العربية ٢٠١٧

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

تمهيد:

تسهم أساليب النمذجة المعلوماتية المكانية Spatial Data Modeling والتي تمثل العمود الفقري لنظم المعلومات الجغرافية التحليلية Analytical GIS في الاستفادة المثلى من البيانات، وخاصة التي تتباين من حيث النوع والكم والمصدر (عزيز، ٢٠٠٧). وتُعَد شبكات الطرق من أهم عناصر البنية التحتية الحضرية، لكونها تُسهم بشكل مباشر في تنظيم حركة النقل، وتحقيق الترابط بين مكونات المدينة المختلفة، وتعزيز الاتصال مع المراكز العمرانية المجاورة. (Rodrigue et al., 2016)

في ضوء الرؤية التنموية لمحافظة قنا وفي سياق التوجه الاستراتيجي الرامي لتنمية المحافظة من الداخل، ومن خلال مشروع التنمية العمرانية المتوازنة بالمحافظة، يعتبر مركز نجع حمادي والمتمثل في مدينة نجع حمادي أحد الأقطاب التنموية للمحافظة والتي تنقسم إلى عدة أنواع وهي:

أ- **مراكز تنمية حضرية إقليمية:** وهي المراكز ذات نطاق التأثير الأكبر وتتمثل في مدينة قنا.

ب- **مراكز تنمية حضرية رئيسية**: وهي مراكز يتعدى نطاق تأثيرها للنطاق الذي توطن به إلا أنها مراكز ذات رتبة تنموية ثانية تلي مركز التنمية الحضري الإقليمي ويمثلها من المدن القائمة مدينتي (نجع حمادي وقوص) وهي الفئة التي يقع بها المركز الذي يحوي المنطقة محل الدراسة.

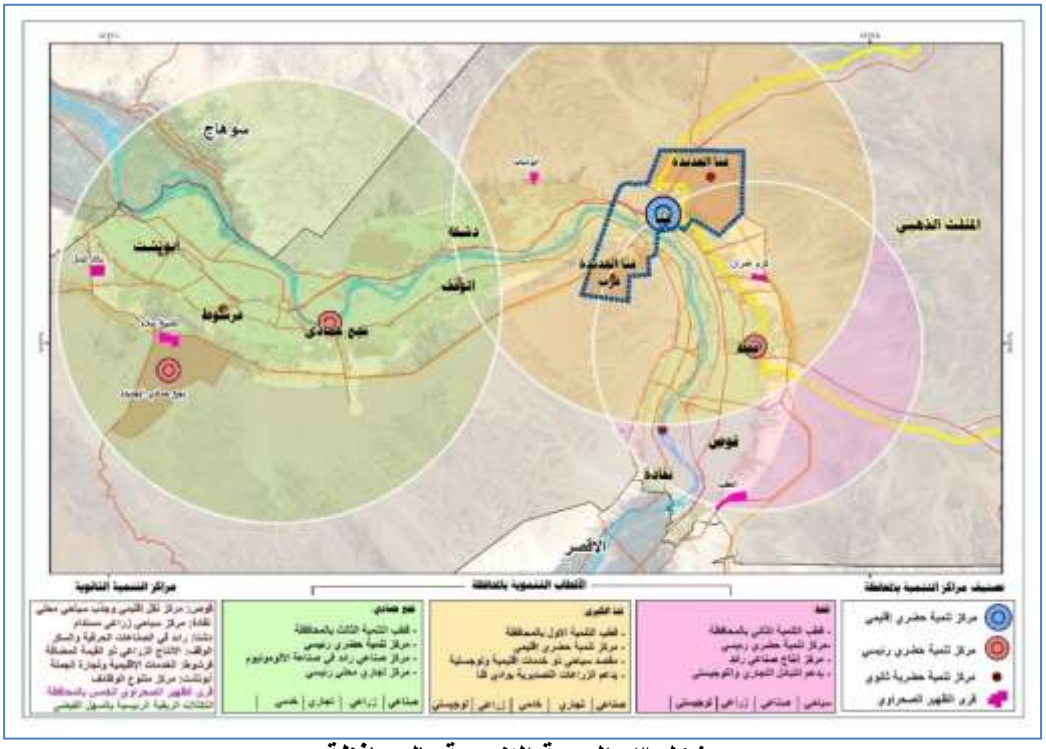
ج- **مراكز تنمية حضرية ثانوية**: وهي التي لا يتعدى أثرها الإقليمي مراكز التنمية الرئيسية ويمثلها مدن (نقادة – قوص – دشنا – الوقف – فرشوط – أبوتشت - قفط)

د- **مراكز تنمية ريفية**: وهي التجمعات الريفية ذات القدرة التنموية ومعدلات التنمية البشرية المرتفعة

شكل ٢: الأقطاب التنموية بالمحافظة

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

إعداد الباحث اعتمادا على الرؤية التنموية لمحافظة قنا وتقرير المخطط الاستراتيجي العام للمحافظة ٢٠٢٤



شكل ٣: الرؤية التنموية بالمحافظة

إعداد الباحث اعتمادا على الرؤية التنموية لمحافظة قنا وتقرير المخطط الاستراتيجي العام للمحافظة ٢٠٢٤

يبرز الشكل أهمية نجع حمادي كقطب تنموي وهو ما يؤكد حتمية وجود شبكة طرق تخدم هذه الرؤية.

أولا رصد الوضع الراهن لشبكة الطرق:

يُعَد التحليل المكاني لمكونات شبكة الطرق وخصائصها أداةً أساسية لفهم أنماط توزيعها ومدى كفاءتها في تحقيق الاتصال الداخلي بين مكونات المدينة، والربط الخارجي مع محيطها الإقليمي. كما تعتبر دراسة طبيعة تشكل الشبكة وحالتها الإنشائية وكفائتها التشغيلية خطوة أساسية نحو تقويم وضعها القائم ليتسق مع دوره الفعال في خدمة قضايا التنمية.

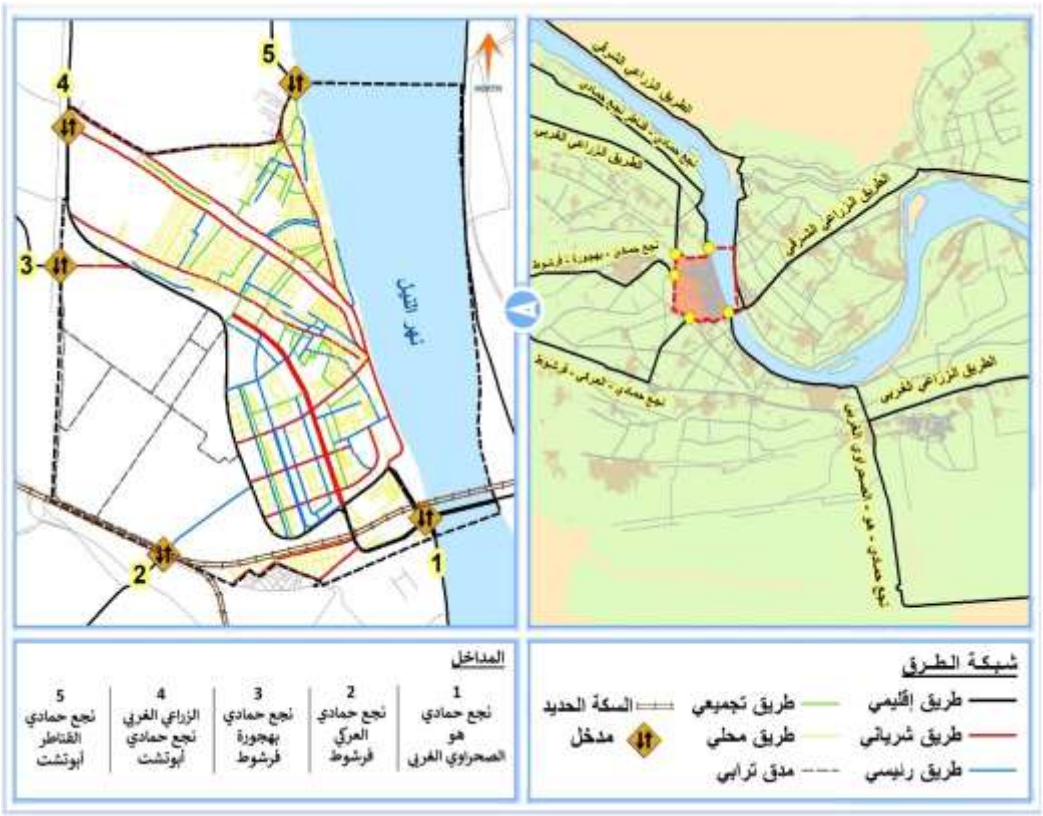
ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

أ- العلاقات المكانية والمحاور الرئيسية لمدينة نجع حمادي

تبرز دراسة العلاقات المكانية لشبكة الطرق تحليلًا وتقييمًا مكانيًا للاتصالية الإقليمية بين المدينة ومحيطها الخارجي، كما توضح دراسة المحاور الرئيسية بالمدينة ارتباط شبكة الطرق المحلية بإطارها الإقليمي الأشمل.

١- العلاقات المكانية لمدينة نجع حمادي:

تتوسط مدينة نجع حمادي الثلث الشمالي من محافظة قنا وترتبط كقطب تنموي هام بمحيطها الإقليمي من خلال عدة مداخل يمثلها الشكل (٤):



شكل ٤: الاتصالية المكانية لمدينة نجع حمادي بمحيطها الخارجي

إعداد الباحث اعتمادا على قاعدة البيانات الجغرافية بالدراسة، شبكة الطرق الإقليمية ببرنامج Google Earth Pro.

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

يوضح الشكل (٤) الاتصالية المكانية لمدينة نجع حمادي بإطارها الإقليمي، من خلال مداخل المدينة الأساسية الخمس، وفيما يلي عرض لأهم العناصر والمحددات الإلزامية لمداخل المدن وروابطها الإقليمية:

جدول ١: محددات جودة مداخل المدن

نوع العنصر	المحدد	التوصيف
العناصر المبنية	نوع الرصف	أسفلتي/ خرساني
	حالة الرصف	جيدة
	عرض الطريق	٢٠ متر على الأقل
العناصر البيئية	التشجير	على جانبي الطريق
	النظافة	دورية
فرش الغطاءات (الملحقات)	العلامات المرورية بالأرض	ضرورية
	اللافتات الجانبية	ضرورية
	اللافتات المعلقة	ضرورية
استعمالات الأرض	مواقف نقل جماعي	ضروري
	أماكن الانتظار	ضروري
	الخدمات اللوجستية	ضروري
	الاستغلال الاستثماري	اختياري

إعداد الباحث اعتمادا على مرجع "أسس ومعايير تصميم مداخل المدن بجمهورية مصر العربية: دراسة حالة مداخل الطرق – المؤتمر المعماري الدولي الثاني"

وبتطبيق المحددات السابقة على مداخل المدينة الخمس واتصاليتها الإقليمية نخلص إلى ما يلي:

جدول ٢: الاتصالية المكانية بين المدينة ومحيطها

المدخل	الطريق واتصاليته الإقليمية	كفاءة المدخل	كفاءة الطريق
(1)	الصحراوي الغربي: (نجع حمادي – هو)	متوسطة	سيئة
	الزراعي الغربي: (الوقف – دندرة – قنا – نقادة)		متوسطة
	الزراعي الشرقي: (دشنا – قنا – قوص)		متوسطة
	الزراعي الشرقي: (نجع حمادي – أبوتشت)		متوسطة
(2)	فرشوط: نجع حمادي – العركي - فرشوط	متوسطة	سيئة
(3)	فرشوط: (نجع حمادي – بهجورة – فرشوط)	سيئة	سيئة
(4)	الزراعي الغربي: (نجع حمادي – أبوتشت)	متوسطة	جيدة
(5)	أبوتشت: (نجع حمادي – القناطر – أبوتشت)	جيدة	سيئة

إعداد الباحث اعتمادا على الشكل رقم (٤) وأعمال الحصر الميداني لمفردات الشبكة عام ٢٠٢٤.

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

يوضح الجدول (٤) نقاط الربط بين المدينة ومحيطها الإقليمي وتقييم مدى كفاءة المداخل والطرق المؤدية إليها ومن أهم أسباب التقييم التي تم رصدها من خلال الدراسة الميدانية ما يلي:

جدول ٣: توصيف حالة مداخل المدينة وروابطها الإقليمية

نوع العنصر	المحدد	مدخل ١			مدخل ٢	مدخل ٣	مدخل ٤	مدخل ٥
		ط١	ط٢	ط٣-٤	ط٥	ط٦	ط٧	ط٨
العناصر المبنية	نوع الرصف	✓	✓	✓	✓	❍	✓	✓
	حالة الرصف	❍	❍	✓	❍	❍	✓	❍
	عرض الطريق	❍	×	✓	❍	×	❍	❍
العناصر البيئية	التشجير	×	✓	✓	✓	✓	✓	×
	النظافة	✓	×	✓	×	×	✓	×
فرش الغطاءات (الملحقات)	العلامات الأرضية	❍	×	×	×	×	×	×
	اللافتات المرورية	❍	✓	✓	❍	×	✓	×
	الإضاءة	×	×	❍	×	×	×	×
استعمالات الأرض	موقف نقل جماعي	×	×	✓	✓	✓	✓	×
	أماكن انتظار	✓	✓	❍	×	×	×	×
	خدمات لوجيستية	❍	❍	❍	×	×	❍	×
	استغلال استثماري	✓	❍	❍	×	×	×	×

ط١- الصحراوي الغربي: (نجع حمادي – هو)	**ط٥- فرشوط:** نجع حمادي – العركي - فرشوط
ط٢- الزراعي الغربي: (الوقف – دندرة – قنا – نقادة)	**ط٦- فرشوط:** (نجع حمادي – بهجورة – فرشوط)
ط٣- الزراعي الشرقي: (دشنا – قنا – قوص)	**ط٧- الزراعي الغربي:** (نجع حمادي – أبوتشت)
ط٤- الزراعي الشرقي: (نجع حمادي – أبوتشت)	**ط٨- أبوتشت:** (نجع حمادي – القناطر – أبوتشت)

✓ = **مقبول**	❍ = **بحاجة إلى رفع كفاءة**	× = **بحاجة إلى تطوير كلي**

إعداد الباحث اعتمادا على أعمال الحصر الميداني لمفردات الشبكة عام ٢٠٢٤.

٢- المحاور الرئيسية بمدينة نجع حمادي:

تُعد محاور النقل الرئيسية (Major Transportation Arterials) شرايين الحياة الحضرية، حيث تُعرف بأنها الشبكة الهرمية العليا للطرق التي تُصمم وتُبنى لتسهيل حركة المرور الكبيرة والسريعة بين المناطق الوظيفية الرئيسية داخل المدينة (مثل المراكز التجارية، المناطق السكنية الكبرى، المناطق الصناعية، ونقاط الدخول/الخروج من المدينة)، وكذلك بين المدن، كما تُسهم الكفاءة التشغيلية لهذه المحاور بشكل مباشر في النمو الاقتصادي للمدن، وسهولة الوصول للخدمات. (HCM, 2000)

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

ترتبط مدينة نجع حمادي بمحيطها الخارجي في إطارها الإقليمي الأشمل بمحاورها الرئيسية الداخلية عن طريق مداخلها الخمسة وهو ما يمثله الشكل (٥):

شكل ٥: المحاور الرئيسية بالمدينة

إعداد الباحث اعتمادا على الدراسة الميدانية وقاعدة البيانات الجغرافية بالدراسة عام ٢٠٢٤

يوضح الشكل (٥) المحاور الرئيسية بمدينة نجع حمادي، والتي تمثل الاتصالية المكانية بين المدينة ومحيطها الخارجي، تختلف هذه المحاور فيما بينها في الخصائص المختلفة، ومن أهم هذه الخصائص كون هذه المحاور مؤهلة لاستيعاب حركة النقل القادمة إليها من عدمه، وفيما يلي بيان بالمحاور التي تحتاج إلى إعادة تأهيل:

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

جدول ٤: حالات المحاور الرئيسية بالمدينة

م	اسم المحور	الوظيفة	الحاجة لإعادة تأهيل	الملاحظات
1	**طريق مصر - أسوان الزراعي (داخل المدينة)**	محور إقليمي داخلي رئيسي	يحتاج إعادة تأهيل جزئي	كثافة مرورية عالية – اختناقات أمام المواقف – هبوطات سطحية
2	**طريق الكورنيش**	محور ترفيهي خدمي	لا يحتاج حاليًا	حركة متوسطة أغلب اليوم – ازدحام مسائي – حالة الرصف جيدة
3	**طريق كوبري النيل**	محور إقليمي رابط شرق وغرب النيل	لا يحتاج	كثافة مرتفعة – حالة رصف جيدة
4	**طريق حسني مبارك**	محور محلي يربط مناطق سكنية	يحتاج إعادة تأهيل جزئي	كثافة متوسطة – تداخل حركة وسائل النقل المحلية
5	**طريق كوبري نجع حمادي**	محور صناعي ونقل ثقيل ومخرج إقليمي	لا يحتاج حاليًا	حركة نقل صناعي – ازدحام متكرر – حالة متوسطة
6	**طريق موقف بهجورة**	محور نقل محلي للمواقف	يحتاج إعادة تأهيل شامل	ازدحام مرتفع – تآكل وبري ركامي – مطبات عشوائية – ضيق جدا
7	**طريق نجع حمادي - جرجا (الجمهورية)**	محور ربط سكني	يحتاج إعادة تأهيل	حالة رصف ضعيفة – كثافة متوسطة
8	**طريق عبدالسلام عارف**	محور خدمي محلي	يحتاج تحسين وصيانة دورية	كثافة متوسطة – ازدحام في الذروة – حالة متوسطة

إعداد الباحث اعتمادا على أعمال الحصر الميداني لمفردات الشبكة عام ٢٠٢٤.

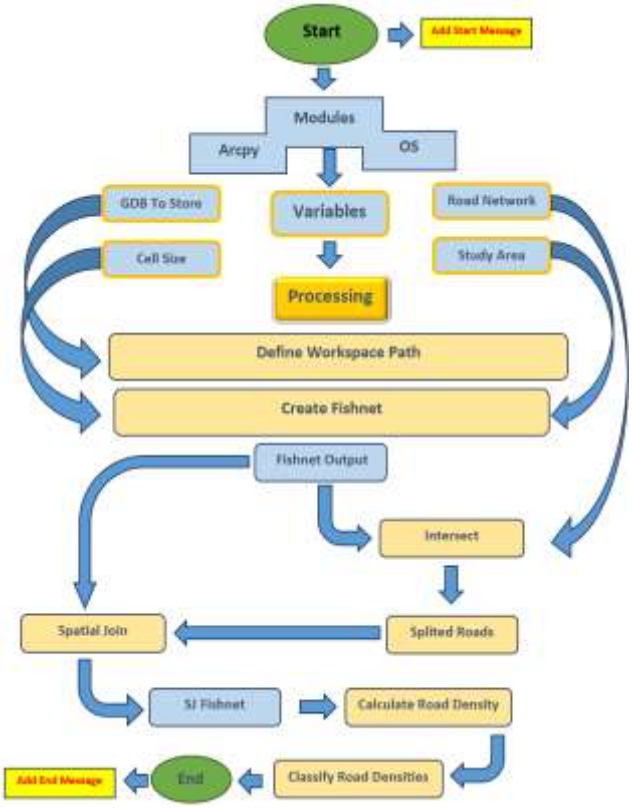
٣- كثافة شبكة الطرق بالمدينة:

كثافة شبكة الطرق (Road Network Density): هي مؤشر كمي يُستخدم لقياس مدى تغطية شبكة الطرق لمنطقة معينة، ويتم حسابها كنسبة إجمالي أطوال الطرق (بالكيلومترات) إلى مساحة المنطقة (بالكيلومتر المربع). وتُعد من المؤشرات الأساسية التي تعكس كفاءة البنية التحتية للنقل، وتوفر الاتصال المكاني بين مختلف أجزاء المناطق الحضرية.

تُعد كثافة شبكة الطرق من المؤشرات المكانية المهمة في دراسات تخطيط النقل الحضري، حيث تعكس مدى توزيع واتصال الطرق داخل المناطق العمرانية. ويُساهم تحليل كثافة الطرق في التعرف على المناطق التي تعاني من ضعف في التغطية الطرقية، أو التي تحتاج إلى تعزيز البنية التحتية المرورية في كل قسم من أقسام المدينة، وفي حالة عدم وجود

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

تقسيم إداري داخلي للمدينة تقسَم إلى مربعات مكانية متساوية (Fishnet) [1] وقياس أطوال الطرق داخل كل مربع، بما يُسهم في تقييم الوضع الراهن للشبكة، ويتم حسابها كنسبة إجمالي أطوال الطرق ضمن وحدة مساحية محددة (م/م² أو م/هكتار أو م/كم²)، (El-Geneidy, A., & Levinson, 2011) بما يعكس مدى تغطية الطرق للمنطقة، ويوضح الشكل التالي تدفق البيانات وعمليات المعالجة اللازمة لاحتسابها



شكل ٦: المخطط التصميمي لخوارزمية حساب كثافة الطرق بالمدينة

إعداد الباحث باستخدام برنامج Microsoft Visio Drawing

[1] - هو نموذج شبكي (Grid) يُستخدم في نظم المعلومات الجغرافية لتقسيم مساحة الدراسة إلى شبكة منتظمة من المربعات أو المستطيلات المتساوية(Cells) ، ويُستخدم في عمليات التحليل المكاني لتحديد كثافات الظواهر، أو إجراء تحليل التوزيع المكاني، أو توليد طبقات نقاط/مضلعات تحليلية منتظمة.

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

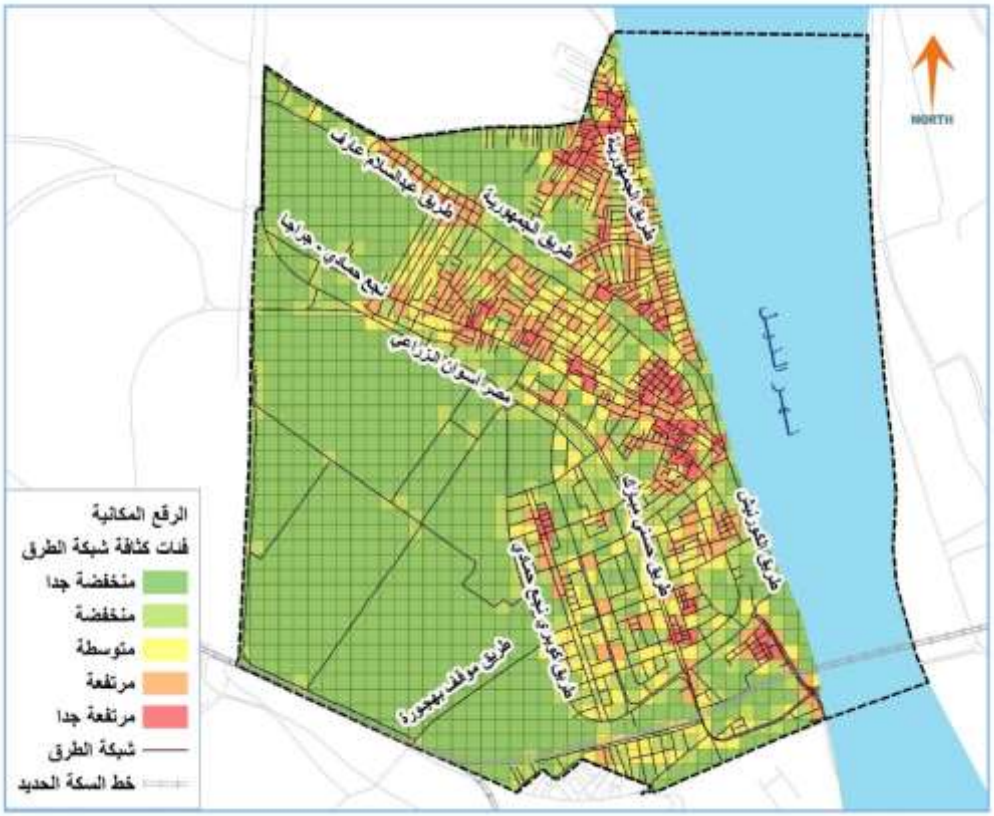
يوضح الشكل السابق الخطوات الخاصة باحتساب كثافة شبكة الطرق بالمدينة والتي تتمثل في النص البرمجي التالي:

```
import arcpy
import os

# Set environment: inside Geodatabase
arcpy.env.workspace = r"D:\Master\practical\Final_GDB\Final_MSN_GDB"
arcpy.env.overwriteOutput = True

# Define input feature classes and output names
roads = "roads_Final_fc"
study_area = "MSN_Boundry_fc"
fishnet_output = "fishnet_fc"
intersect_output = "Splited_Roads_fc"
sj_output = "spatialjoin_fishnet_fc"

# Get the extent of the study area
extent = arcpy.Describe(study_area).extent

# Create Fishnet grid with 50m cell size
arcpy.CreateFishnet_management(
    fishnet_output,
    f"{extent.XMin} {extent.YMin}",
    f"{extent.XMin} {extent.YMin+10}",
    50, 50, "", "",
    f"{extent.XMax} {extent.YMax}",
    "NO_LABELS", study_area, "POLYGON"
)

# Intersect roads with Fishnet grid and calculate segment lengths (in meters)
arcpy.Intersect_analysis([[roads, "LINE"], [fishnet_output, "POLYGON"]], intersect_output)
arcpy.AddField_management(intersect_output, "Length_m", "DOUBLE")
arcpy.CalculateGeometryAttributes_management(intersect_output, [["Length_m", "LENGTH"]], "METERS")

# Perform Spatial Join One-to-Many to assign road segments to each fishnet cell
arcpy.SpatialJoin_analysis(
    target_features=fishnet_output,
    join_features=intersect_output,
    out_feature_class=sj_output,
    join_operation="JOIN_ONE_TO_MANY",
    join_type="KEEP_ALL",
    match_option="INTERSECT"
)

# Calculate area (in square meters) for each fishnet cell
arcpy.AddField_management(sj_output, "Area_m2", "DOUBLE")
arcpy.CalculateGeometryAttributes_management(sj_output, [["Area_m2", "AREA"]], "SQUARE_METERS")

# Calculate road density (length per area) for each cell
arcpy.AddField_management(sj_output, "Density", "DOUBLE")
arcpy.CalculateField_management(sj_output, "Density", "!Length_m! / !Area_m2!", "PYTHON3")

# Classify road density into defined categories
arcpy.AddField_management(sj_output, "DensityClass", "TEXT", field_length=20)
arcpy.CalculateField_management(
    sj_output, "DensityClass",
    """
        'منخفضة جدا' if !Density! <=34 else
        'منخفضة' if !Density! <=66 else
        'متوسطة' if !Density! <=93 else
        'مرتفعة' if !Density! <=121 else
        'مرتفعة جدا' if !Density! <=152 else
        'خارج المنطقة'
    """,
    "PYTHON3"
)
```

شكل ٧: النص البرمجي والواجهة الرسومية لخوارزمية احتساب كثافة شبكة الطرق بالمدينة

إعداد الباحث باستخدام لغة البرمجة Python - مكتبة Arcpy

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X



شكل ٨: كثافة شبكة الطرق بمدينة نجع حمادي

إعداد الباحث اعتمادا على قاعدة البيانات الجغرافية بالدراسة - عام ٢٠٢٤

يوضح الشكل (٨) فئات كثافة شبكة الطرق في الرقع المكانية المتساوية بمدينة نجع حمادي وفيما يلي تفسير لنتيجة التحليل:

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

جدول ٥: كثافة شبكة الطرق بمدينة نجع حمادي

فئة الكثافة	مدى الكثافة (م/م²)	التوصيف	المواقع
منخفضة جدًا	8 – 36	مناطق طرفية أو زراعية بلا شبكة طرق واضحة	تشمل أطراف المدينة جهة العركي، والمناطق الزراعية المفتوحة شمالًا
منخفضة	37 – 64	مناطق ذات شبكة طرق محدودة ومتباعدة	توجد في أطراف الحيز العمراني بنجع حمادي غربًا ناحية الوقف، وجنوب غرب المدينة.
متوسطة	65 – 93	مناطق عمرانية مستقرة ذات شبكة طرق وظيفية	تغطي المناطق متوسطة الكثافة مثل الشونة، وبعض مناطق وسط المدينة المتوسطة النشاط
مرتفعة	94 – 121	مناطق حيوية متصلة بشبكة طرق كثيفة	تشمل الكتلة العمرانية حول ميدان النجدة، وامتداد شارع عبدالسلام عارف.
مرتفعة جدًا	122 – 152	قلب المدينة ومراكز النشاط التجاري والخدمي	متمركزة حول شارع الجمهورية والكورنيش، وحسني مبارك، وسوق نجع حمادي.

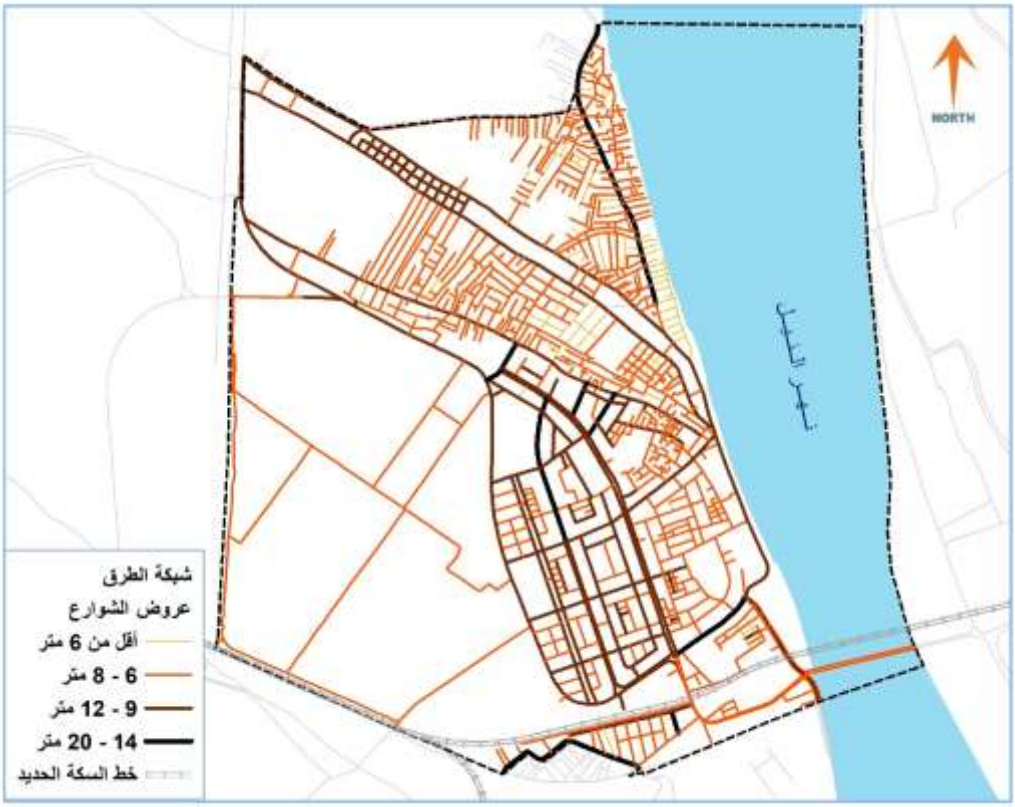
إعداد الباحث اعتمادا على قاعدة البيانات الجغرافية بالدراسة ودليل HCM

ب- التوزيع المكاني لعروض الطرق بالمدينة:

تُعد عروض الشوارع من العناصر الأساسية المؤثرة في كفاءة شبكة الطرق، حيث يتحكم العرض في القدرة الاستيعابية للطريق ومستوى الخدمة المرورية. ويتوقف تحديد العرض المناسب على عوامل عمرانية ومرورية وبيئية تختلف باختلاف أهمية الشارع وطبيعة استخدامات الأراضي المحيطة وحجم الحركة. ويمثل تصنيف العروض أداة تخطيطية لضبط العلاقة بين الحركة المرورية والأنشطة العمرانية، بما يحقق سيولة وكفاءة وظيفية لشبكة الطرق وهي كما يلي:

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

١- التوزيع المكاني لعروض الطرق:



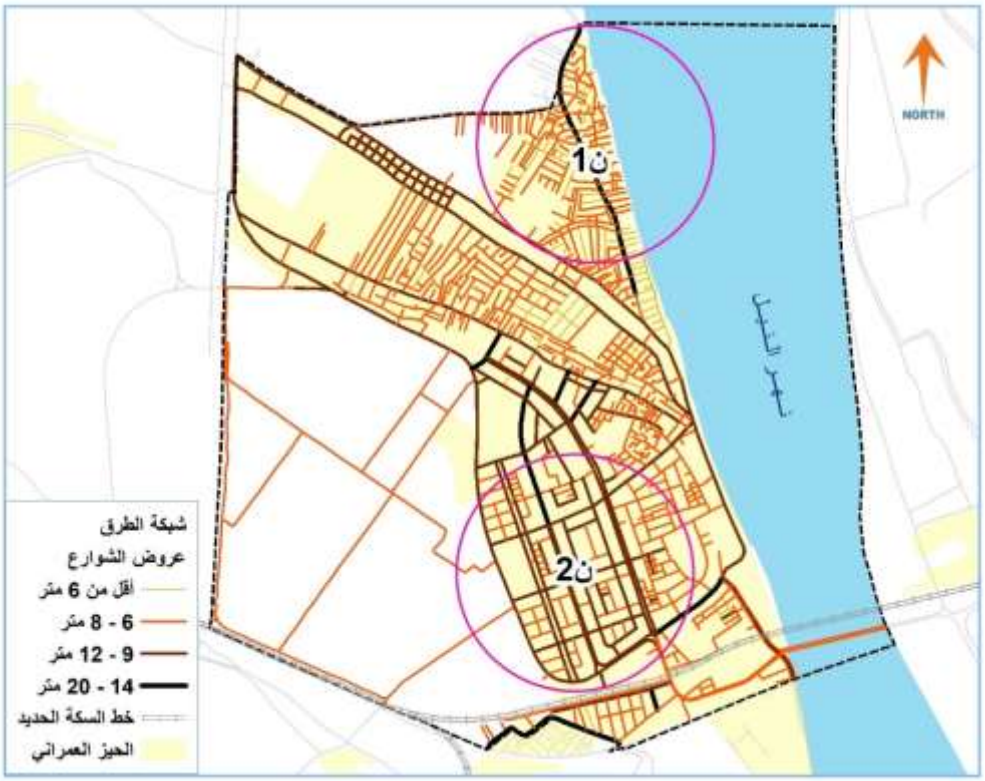
شكل ٩: عروض الشوارع بالمدينة

إعداد الباحث اعتمادا على قاعدة البيانات الجغرافية بالدراسة – عام ٢٠٢٤

يوضح الشكل (٩) التوزيع المكاني لعروض الشوارع بمدينة نجع حمادي ومن أهم المعلومات في هذا الصدد أن الطرق التي يتوافق استخدامها كطرق شريانية هي ١٠ طرق فقط بإجمالي طول ٦.٢ كم وهو ما يمثل نسبة ٧% فقط من إجمالي أطوال الشبكة وهو ما يؤثر على كفاءة الشبكة حيث يجب أن تكون أقل نسبة للطرق الشريانية بالمدينة حوالي ٢٠% للحصول على شبكة طرق بحركة إنسيابية، كما تمثل أكبر قيمة للطرق الطرق بعرض ٦ متر وهو الأمر الذي يؤدي لاختناق مروري متكرر في مناطق متفرقة من المدينة.

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

٢- العوامل المؤثرة في التوزيع المكاني لعروض الطرق بالمدينة



شكل ١٠: العوامل المؤثرة في عروض الشوارع

إعداد الباحث اعتمادا على قاعدة البيانات الجغرافية بالدراسة – عام ٢٠٢٤

من أبرز العوامل المؤثرة في تحديد عروض الشوارع بمدينة نجع حمادي ما يلي:

– طبيعة نشأة المدينة: حيث أن المدينة نمت بشكل تقليدي نواة يتبعها تطور وهو ما أدى إلى عدم وجود تخطيط موحد للشبكة من بداية نشأة المدنية.

– أدت النشأة التقليدية للمدينة إلى تنوع في النسيج العمراني حيث أن بدايات نشأة المدينة مناطق ذات نسيج عمراني غير منتظم، أما المناطق المخططة الحديثة ذات نسيج عمراني منتظم وشوارع أكثر اتساعا وأفضل تنظيما وهو الأمر الموضح في الخريطة السابقة حيث الفرق بين المنطقة ن١ و ن٢.

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

- ظاهرة البناء العشوائي والتعدي على خطوط التنظيم بالإضافة إلى البناء بدون ترخيص.
- وقوع بعض الطرق بين أملاك الري والأملاك الخاصة مما يضيَق مدارها.

ج- تصنيف الطرق من حيث التصنيف الوظيفي:

تتباين أنواع الطرق وفقًا لوظيفتها في خدمة الحركة المرورية وتنظيم انتقال الأفراد والبضائع داخل وخارج الكتل العمرانية. ويُعد التصنيف الوظيفي للطرق من أهم التصنيفات المعتمدة في دراسات التخطيط العمراني والنقل، حيث تُصنّف الطرق بناءً على دورها في نقل الحركة المرورية وتوزيعها بين المناطق المختلفة، سواء داخل المدن أو بين المناطق الحضرية والريفية. ويساعد هذا التصنيف في تحقيق كفاءة أعلى لشبكات الطرق، من خلال تحديد نوع الطريق المناسب لحجم الحركة المرورية المتوقعة، ومستوى الخدمة المطلوب، ونوعية الربط بين المواقع. (SaThierbach et al., 2015)

جدول ٦: خصائص أنواع الطرق وفقا لتصنيفها الوظيفي

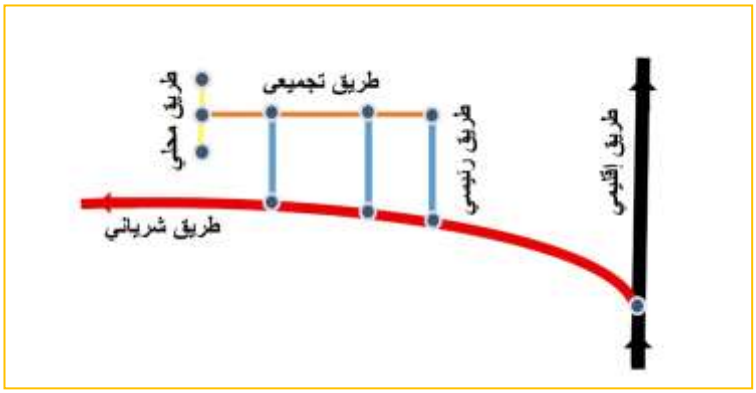
نوع الطريق	الوظيفة الرئيسية	الخصائص العامة
طريق إقليمي (Regional Road)	ربط المدينة بالمراكز والمدن الأخرى والمحافظات المجاورة	عرض كبير – مسارات متعددة – سرعات عالية – بدون تقاطعات مستوية
طريق شرياني (Arterial Road)	نقل الحركة بين الأحياء والمناطق الكبرى داخل المدينة	عرض مناسب – كثافة مرورية عالية – نقاط تقاطع مضبوطة – خدمات متوسطة
طريق رئيسي (Main Road)	ربط الشوارع التجميعية بالطرق الشريانية أو الإقليمية	عرض متوسط – حركة مرورية متوسطة – نقاط تقاطع عديدة – توافر خدمات
طريق تجميعي (Collector Road)	تجميع الحركة من الطرق المحلية وتوجيهها إلى الطرق الرئيسية	عرض صغير إلى متوسط – حركة مرورية منخفضة إلى متوسطة – تقاطعات عديدة
طريق محلي (Local Road)	خدمة الحركة داخل الأحياء والمناطق السكنية	عرض صغير – حركة مرورية منخفضة – سرعات محدودة – مداخل مباشرة للمنازل

إعداد الباحث اعتمادا على HCM 2000

١- <u>التوزيع المكاني لأنواع الطرق وفقا لتصنيفها الوظيفي:</u>

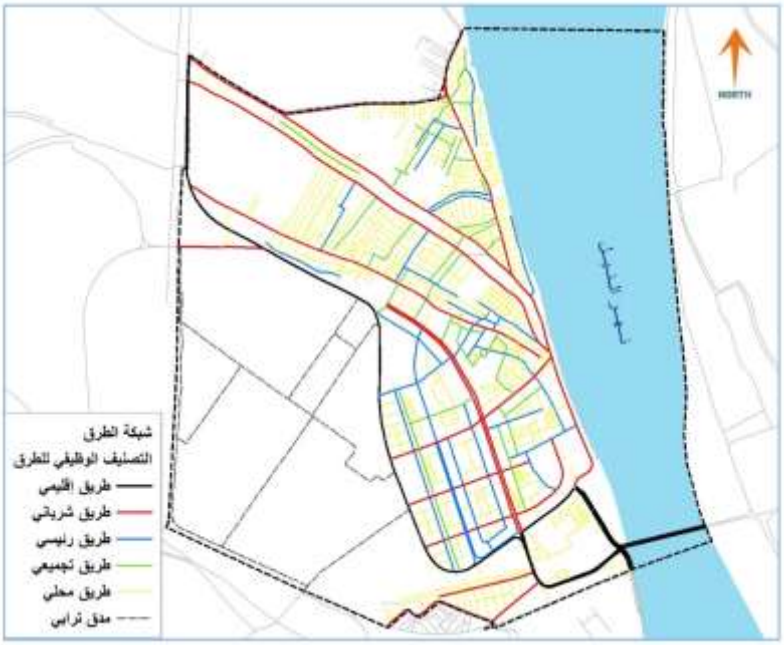
تتنوع الطرق في مدينة نجع حمادي فيما بينها وفقا لتصنيفها الوظيفي وهو ما يمثله الشكل التالي:

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X



شكل ١١: أنواع الطرق وفقا لتصنيفا الوظيفي

إعداد الباحث اعتمادا على الجدول السابق



شكل ١٢: التصنيف الوظيفي للطرق بمدينة نجع حمادي

إعداد الباحث اعتمادا على قاعدة البيانات الجغرافية بالدراسة – عام ٢٠٢٤

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

يوضح الشكل (١٢) التوزيع المكاني لأنواع الطرق بالمدينة وفقا لتصنيفها الوظيفي ويبين الجدول رقم ٧ التوزيع الإحصائي لها كما يلي:

جدول ٧: التوزيع الاحصائي لأنواع الطرق بمدينة نجع حمادي

الفئة الوظيفية	عدد الوصلات	الطول (م)	النسبة (%)
إقليمي	19	7218	9.0
شرياني	28	14547	18.1
رئيسي	40	9974	12.4
تجميعي	46	6787	8.4
محلي	516	35715	44.4
مدق ترابي	10	6135	7.6
إجمالي	659	80376	100

إعداد الباحث اعتمادا على الشكل السابق

يوضح الجدول (٧) التوزيع العددي والنسبي لأنواع الطرق وفقا لتصنيفها الوظيفي والذي يبرز أن عدد الطرق غير مرتبط ارتباطا كليا بأطوالها، وأنه ثمة ارتباطًا طرديًا بين ارتفاع الفئة الوظيفية للطرق وطولها، حيث انخفاض عدد الوصلات وزيادة أطوالها بالأصناف الوظيفية العليا.

٢- العوامل المؤثرة في التوزيع المكاني لأنواع الطرق وفقا لتصنيفها الوظيفي:

يوجد العديد من العوامل الطبيعية والبشرية المؤثرة في تشكل شبكة الطرق لمدينة نجع حمادي على هذا النحو ولعل من أهم هذه العوامل ما يبينه الجدول التالي:

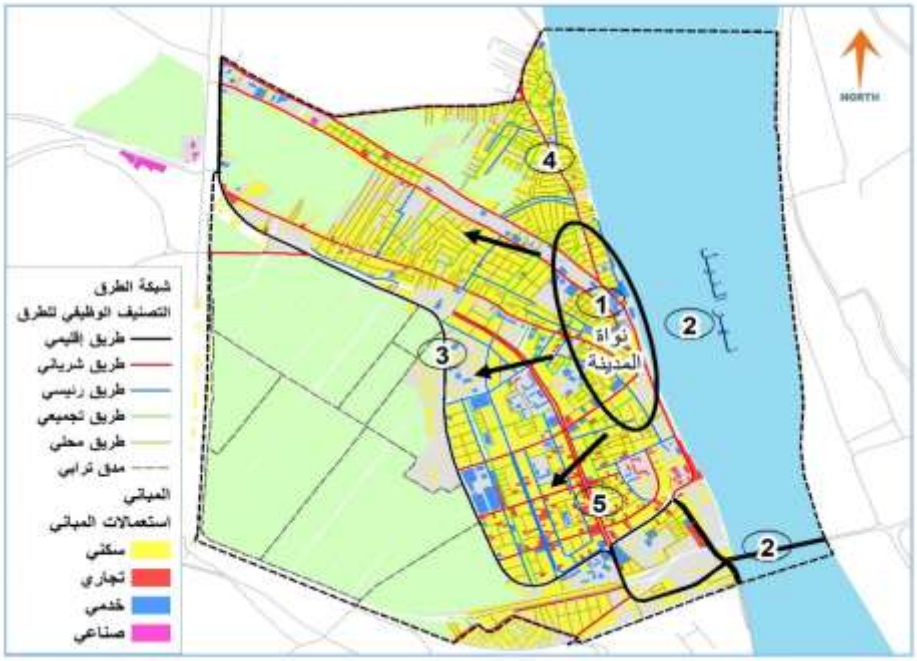
جدول ٨: العوامل المؤثرة في التوزيع المكاني لأنواع الطرق وفقا لتصنيفها الوظيفي

م	العامل	التوصيف
1	**النمو العمراني للمدينة**	تعتبر نواة مدينة نجع حمادي الملاصقة لنهر النيل بداية ظهور الطرق الشريانية في المدنية ومن ثم الطرق الشريانية الموازية لها والرئيسية العمودية عليها.
2	**نهر النيل**	يعتبر النيل عائقًا طبيعيًا يحد المدينة من الناحية الشرقية حيث تقع المدينة غربي النيل مما يجعل الطرق الشريانية موازية لضفة النيل. كما أن وجود الكباري فوق النيل يحدد مواقع عبور الطرق الإقليمية، مما يؤثر على توزيعها.
3	**الترع والمصارف**	يتطلب إنشاء جسور أو عبارات للطرق لعبور هذه المجاري المائية، مما أنتج طرق تجميعية ومحلية.
4	**الكثافة السكنية**	تميزت بشبكة كثيفة من الطرق المحلية لتوفير الوصول المباشر للمنازل والخدمات، كما أن الطرق التجميعية تكون أكثر شيوعًا لربط هذه الأحياء ببعضها.
5	**الاستخدامات غير السكنية**	تطلبت التجارية والصناعية طرق رئيسية وتجميعية قوية ذات قدرة استيعابية عالية لخدمة حركة البضائع والموظفين.

إعداد الباحث اعتمادا على أعمال الحصر الميداني لمفردات الشبكة عام ٢٠٢٤.

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

ومما سبق نستنتج أن التوزيع المكاني لأنواع الطرق الوظيفية في نجع حمادي هو نتيجة تفاعل معقد بين هذه العوامل وهو ما يوضحه الشكل التالي:



شكل ١٣: العوامل المؤثرة في التوزيع المكاني لأنواع الطرق وفقا لتصنيفها الوظيفي
إعداد الباحث اعتمادا على أعمال الحصر الميداني لمفردات الشبكة عام ٢٠٢٤.

د- تصنيف الطرق وفقا لمواد السطح:

تُصنّف الطرق وفقًا لمواد السطح المستخدمة في إنشائها إلى عدة أنواع، وذلك استنادًا إلى طبيعة المادة التي تغطي السطح العلوي للطريق والذي يتعرض مباشرة لحركة المرور. ويُعد هذا التصنيف من المعايير الأساسية في مجالات التصميم الهندسي، والصيانة، وتحليل كفاءة أداء الطرق، حيث تؤثر مادة السطح بشكل مباشر على خصائص الطريق من حيث مقاومة الانزلاق، الراحة في القيادة، تحمل الأحمال، وعمر الخدمة.

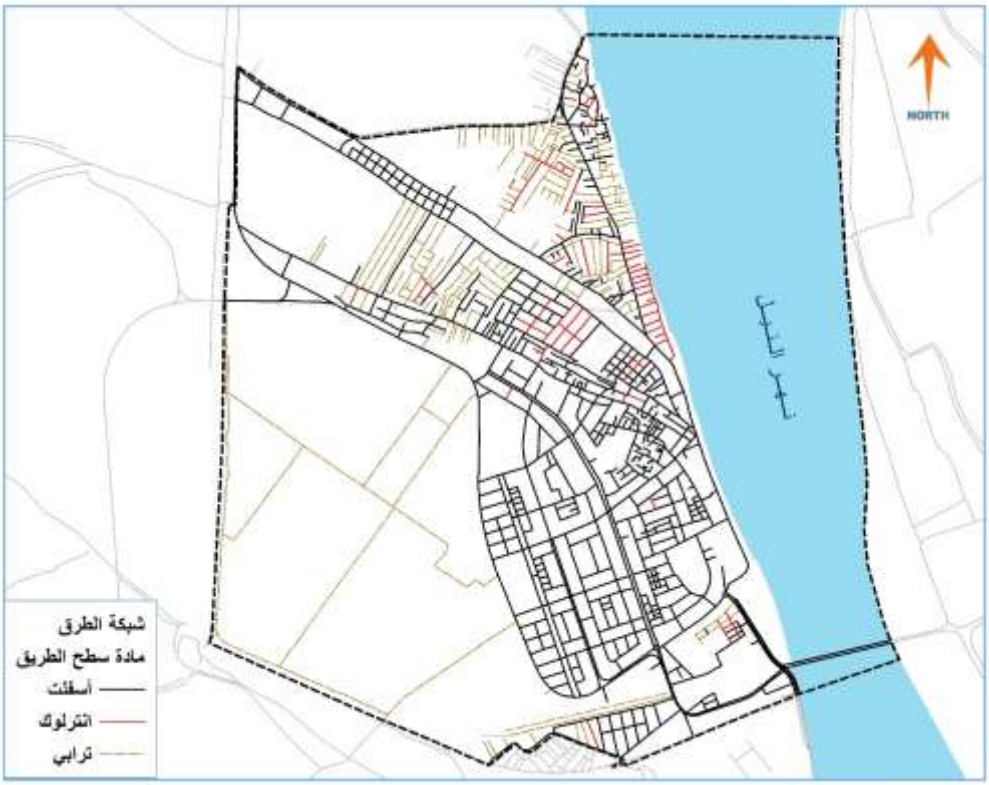
وتشمل المواد الشائعة في تغطية أسطح الطرق بالمنطقة محل الدراسة ما يلي: الأسفلت (Bituminous Pavement)، والانترلوك (Interlocking Concrete Pavers) والطرق غير المعبدة (Unpaved Roads) والتي تُغطى بالحصى أو التربة المحسّنة.

(Yoder, E. J. Witczak, 1975)

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

٣- التوزيع المكاني للطرق وفقا لمواد السطح:

تتشكل شبكة الطرق بمدينة نجع حمادي من عدد من الطرق الأسفلتية، والانترلوك والطرق الترابية وهو ما يظهر في الشكل (١٤):



شكل ١٤: تصنيف الطرق وفقا لمواد السطح

إعداد الباحث اعتمادا على قاعدة البيانات الجغرافية بالدراسة

يوضح الشكل (١٤) التوزيع المكاني لأنواع الطرق بالمدينة وفقا لتصنيفها الوظيفي ويكون التوزيع الإحصائي لها كما يلي:

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

جدول ٩: التوزيع الإحصائي للأنواع المختلفة لمواد سطح الطريق

الفئة الوظيفية	عدد الوصلات	الطول (م)	النسبة (%)
أسفلت	426	54543	68
إنترلوك	178	20957	26
ترابي	63	4876	6
إجمالي	659	80376	100

يوضح الجدول (٩) التوزيع الإحصائي لأنواع الطرق وفقا لمواد سطحها بمدينة نجع حمادي والذي يبرز فيه سيطرة الرصف الأسفلتي على حوالي ثلثي شبكة الطرق بالمدينة، وانخفاض نسبة الطرق الترابية.

٤- العوامل المؤثرة في التوزيع المكاني لأنواع مواد سطح الطرق:

توجد العديد من العوامل المؤثرة في تحديد مادة سطح الطريق ومن أهمها ما يوضحه الجدول (١٠):

جدول ٩: العوامل المؤثرة في التوزيع المكاني لأنواع مواد السطح

المعيار	١-الأسفلت	٢-الخرسانة	٣-الإنترلوك	٤-الطرق غير المعبدة
حجم وكثافة المرور	مرتفع	مرتفع	متوسط	منخفض
تحمل المركبات الثقيلة	جيد	ممتاز	متوسط	ضعيف
المناخ المناسب	المناطق الحارة	المناطق الباردة	جميع المناخات	المناطق الجافة فقط
التكلفة الأولية	متوسطة	مرتفعة	متوسطة	منخفضة
تكاليف الصيانة	متوسطة إلى مرتفعة	منخفضة	منخفضة	مرتفعة
سهولة التنفيذ	سهلة	صعبة	سهلة جدًا	سهلة
توفر المواد	متوفر	متوفر	متوفر	متوفر
المظهر الجمالي	محدود	مقبول	متميز	رديء
الأثر البيئي	متوسط	مرتفع	منخفض	منخفض
مدة الخدمة الافتراضية	١٠-١٥ سنة	٢٠-٣٠ سنة	١٥ – ٢٠ سنة	٢-٥ سنوات
أفضل استخدام	طرق إقليمية – شريانية – تجميعية	طرق شريانية - إقليمية	طرق محلية - أرصفة	طرق ريفية – طرق المزارع

ه- تصنيف الطرق وفقا للكثافة المرورية:

تعرف الكثافة المرورية بأنها عدد المركبات التي تتواجد على وحدة طول معينة من حارة مرور أو طريق ويُعبر عنها (مركبة/كم)، وقياس كثافة المرور أمر صعب إذ يتطلب الأمر تصوير طول معين من الطريق ولكن يمكن حسابها من خلال عد السيارات أو المركبات المارة على الطريق خلال زمن معين.(ECP No.104)

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

كما تُعد الكثافة المرورية من المؤشرات المكانية المهمة التي تُستخدم في دراسة ديناميكيات حركة المرور وتوزيعها المكاني ضمن شبكات النقل الحضرية والإقليمية. حيث تعكس هذه القيمة طبيعة الاستخدام المكاني للطريق، ومدى الضغط المروري الواقع عليه، ومستوى الخدمة الذي يوفره للمستخدمين، تتفاوت الكثافات المرورية من منطقة إلى أخرى وفقًا لمجموعة من العوامل المكانية أهمها: نمط استعمالات الأراضي، وتوزيع الأنشطة الحضرية، ومواقع الطرق بالنسبة لمراكز الجذب العمراني، بالإضافة إلى خصائص البنية التحتية لشبكة النقل. (Pande & Wolshon, 2016)

ويُعتمد على الكثافة المرورية في التحليل الجغرافي لقياس مستوى الانسيابية أو الازدحام داخل مقاطع الطرق المختلفة، وربطها بمحددات مكانية مثل: الكثافة السكانية، توزيع الخدمات، أنماط النمو العمراني، ومراكز العمل والأنشطة التجارية. كما تُمثل الكثافة المرورية مقياسًا حيويًا في التخطيط المكاني لشبكات النقل من حيث تحديد أولوية تطوير أو تحسين مقاطع معينة من الشبكة وفقًا لمعدلات الضغط المروري المكاني عليها.

ووفقًا للكود المصري لتصميم الطرق(ECP No.104)، تُستخدم الكثافة اللحظية ومتوسط الحركة اليومية (AADT)[٢] في تصنيف الطرق إلى فئات تصميمية تتدرج من الطرق المحلية منخفضة الكثافة إلى الطرق الشريانية والسريعة ذات الكثافة المرتفعة، مع الأخذ في الاعتبار تأثيرها المكاني على توزيع استعمالات الأراضي والأنشطة داخل المدن.

ومن ثم، يُعد تحليل الكثافة المرورية أداة مكانية فعالة لفهم حركة الأشخاص والبضائع داخل الفضاء الجغرافي للمدن، والمساهمة في رسم خرائط مرورية تحدد مناطق الاختناق وأماكن الانسيابية، وتساعد متخذي القرار في وضع خطط مكانية لتحسين كفاءة شبكات الطرق ورفع مستوى الخدمة المرورية، وتحقيق توزيع متوازن للحركة يتماشى مع أنماط النمو العمراني المستقبلي.

تُوظف (كثافة اللحظة)[٣] جنبًا إلى جنب مع متوسط الحركة اليومية السنوي (AADT)من أجل تحديد الفئة التصميمية للطريق، والتي تُستخدم في اختيار عدد الحارات، سماكات الطبقات، ومدة الخدمة والصيانة. الكثافة تُستخدم بشكل رئيسي لتحليل الأداء اللحظي والازدحام، بينما يعتبر AADT أساسياً في التخطيط طويل الأجل لإدارة وصيانة الطرق، وبناءً على ما سبق ووفقا لما ورد بالكود المصري يمكن تصنيف وتوصيف كثافات الطرق كما يلي:

[٢]- هو الحجم الإجمالي لسفر المركبات على جزء معين من الطريق خلال فترة عام كامل (٣٦٥ يومًا)، مقسومًا على عدد أيام السنة (٣٦٥).

[٣]- العدد الفعلي للمركبات الموجودة على جزء محدد من مسار الطريق (أو حارة واحدة) في نقطة زمنية معينة.

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

جدول ١٠: توصيف الفئات المختلفة لكثافة الطرق بالمدينة

الفئة	الكثافة (مركبة/يوم) AADT	الكثافة (مركبة/ساعة / حارة)	الكثافة اللحظية (مركبة/كم)	مستوى الخدمة (LOS)	الوظيفة التصميمية	وصف الحركة
منخفضة	5000 >	200-600	< 25	A–B	طرق محلية	حركة مرنة جدًا وانسيابية، بلا تأخير
متوسطة	20000-5000	600-1200	26–65	C–D	طرق تجميعية	حركة منتظمة مع تباطؤ بسيط أو متوسط
مرتفعة	20000 <	1200-1800	> 65	E–F	طرق شريانية – طرق سريعة	حركة مزدحمة مع تباطؤ شديد أو توقف

إعداد الباحث اعتمادا على قاعدة البيانات الجغرافية بالدراسة ودليل HCM

شكل ١٥: الكثافة المرورية بمدينة نجع حمادي

تجميع الباحث اعتمادا على أعمال الحصر الميداني لمفردات الشبكة عام ٢٠٢٤.

١- التوزيع المكاني لأنماط الكثافة المرورية:

تنتشر الحركة المرورية بمدينة نجع حمادي بشكل متفاوت مما يُنتج درجات مختلفة للكثافة المرورية يوضحها الشكل التالي:

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

شكل ١٦: التوزيع المكاني للكثافة المرورية بمدينة نجع حمادي

تجميع الباحث اعتمادا على أعمال الحصر الميداني لمفردات الشبكة عام ٢٠٢٤.

يوضح الشكل (١٦) التوزيع المكاني لفئات الكثافة المرورية بطرق المدينة، وهو ما يبرز أنه لا توجد علاقة طردية بين الكثافة المرورية للطريق وفئته الوظيفية، فقد يكون الطريق في فئة من الفئات الوظيفية العليا وحجم مرور متوسط، ويكون التوزيع الإحصائي لها كما يلي:

جدول ١١: التوزيع الإحصائي لفئات الكثافة المرورية بالمدينة

فئة الكثافة	عدد الوصلات	الطول (م)	النسبة (%)
مرتفعة	33	15426	19
متوسطة	105	23517	29
منخفضة	529	41433	52
إجمالي	667	80376	100

إعداد الباحث اعتمادا على الشكل السابق

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

يوضح الجدول (١٢) توزيع فئات الكثافة المرورية بمدينة نجع حمادي وهو ما يبرز أن حوالي ٥٠% من الشوارع بالمدينة متوسطة إلى مرتفعة وهو أمر يسبب اختناق مروري متكرر بالمدينة.

٢- التوزيع المكاني للقدرة التشغيلية للطرق:

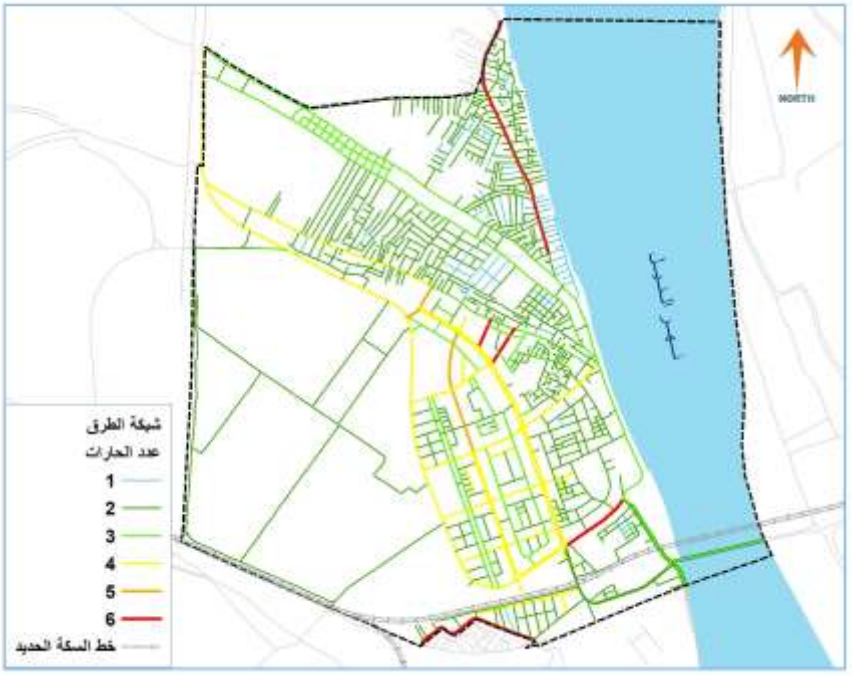
يُعرف معامل قدرة الطريق بأنه مقياس يعبّر عن العلاقة بين حجم المرور الفعلي (Actual Traffic Volume) والطاقة الاستيعابية القصوى للطريق (Road Capacity) خلال فترة زمنية محددة. ويُستخدم هذا المؤشر لتقييم مدى كفاءة أداء الطريق ومدى اقترابه من حالته التصميمية القصوى(HCM, 2000)، ويتم حسابه من خلال المعادلة التالية:

$$\text{معامل قدرة الطريق} = \frac{\text{حجم المرور الفعلي}}{\text{الطاقة الاستعابية للطريق}} = \frac{\text{الكثافة المرورية الفعلية(مركبة لكل ساعة)} \times \text{عدد الحارات}}{\text{السعة التصميمية للحارة} \times \text{عدد الحارات}}$$

فتكون المعطيات المطلوبة:

- الكثافة المرورية الفعلية للطرق (سيارة/ساعة/حارة) - السعة التصميمية للحارة
- اتجاهات الطريق (اتجاه - اتجاهان) - عدد حارات كل طريق

وفيما يلي عرض لعدد الحارات الخاصة بكل طريق في المدينة:



شكل ١٦: التوزيع المكاني لعدد حارات الطرق بالمدينة

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

تجميع الباحث اعتمادا على أعمال الحصر الميداني لمفردات الشبكة عام ٢٠٢٤.

يوضح الشكل (١٧) التوزيع المكاني لعدد حارات الطرق بمدينة نجع حمادي، فمن خلال البيان السابق وبيان الكثافات المرورية يمكن حساب معامل قدرة الطريق[٤] ومن ثَم مستويات الخدمة (LOS)[٥]، وحيث أن الدراسة لا تمتلك عدد السيارات التي تمر خلال الساعة على كل طرق المدينة، وحيث أن فئات كثافة الطرق بالمدينة (سيارة/ساعة/حارة) عبارة عن فترات وفقا للجدول التالي فهناك ثلاث سيناريوهات لاستكمال معطيات المعادلة (السيناريو الأول: الحساب على الحد الأدنى للفئة، السيناريو الثاني: الحساب على الحد الأقصى للفئة، السيناريو الثالث: توزيع القيم على الطرق وفقا لكامل فترة الفئة والحالة العامة للطريق)، وستقوم الدراسة بالحساب وفقا للسيناريو الثالث.

وبناءا على ما سبق يمكن تقسيم معاملات قدرة الطرق بالمدينة إلى فئات على هيئة مستويات خدمة يوضحها الجدول (١٣):

جدول ١٢: توصيف مستويات خدمة الطرق

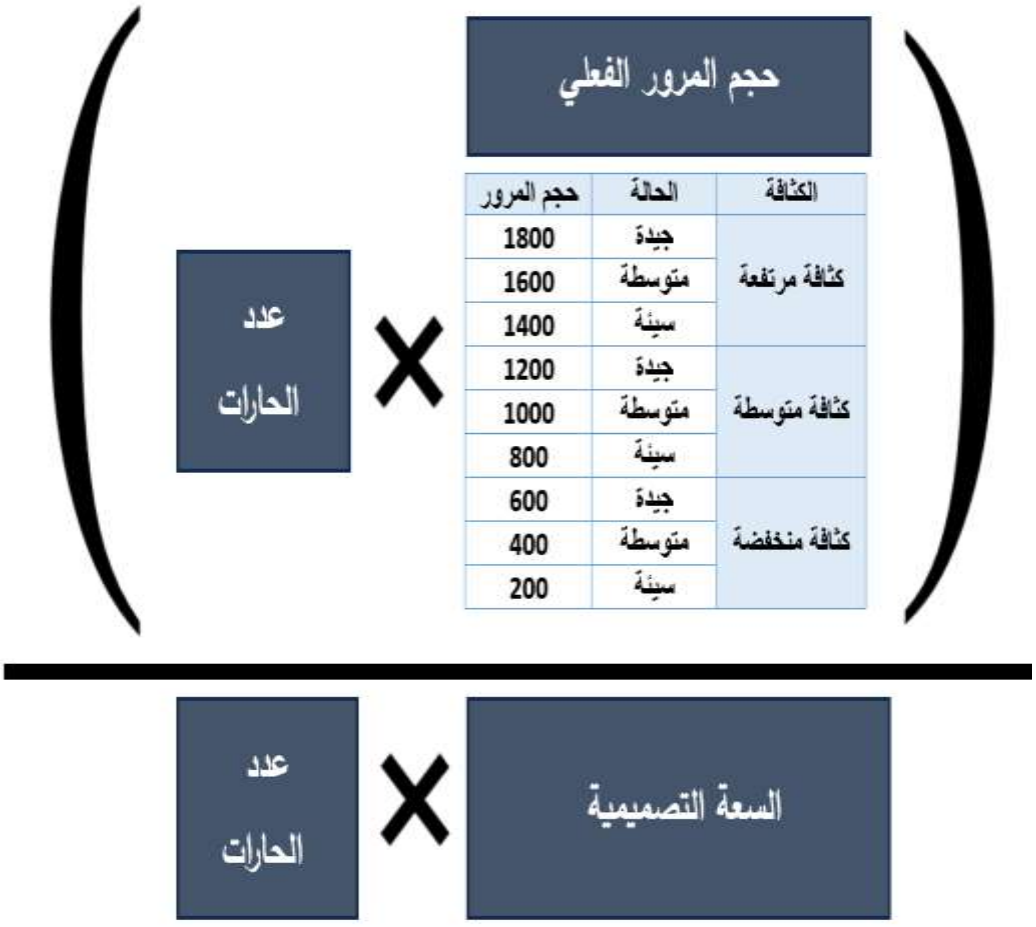
معامل القدرة(V/C Ratio)	مستوى الخدمة(LOS)	الوصف
≤ 0.60	خدمة جيدة	الطريق يعمل بكفاءة عالية، حركة مرنة بدون تأخير
٠.٦ – ٠.٧	خدمة متوسطة	الطريق يعمل بشكل مقبول مع ظهور تباطؤ بسيط
0.7 - 0.8	مزدحم	ازدحام ملحوظ وتأخير في الحركة
0.8 – 0.9	مزدحم جدا	ازدحام ملحوظ وتأخير شديد في الحركة
٠.٩ - ١	مكتظ	توقف متكرر للطريق أثناء ساعات الذروة
> 1.00	فوق الطاقة الاستيعابية	حجم المرور يتجاوز الطاقة التصميمية للطريق

إعداد الباحث اعتمادا على تصنيفات HCM 2000

[٤]- معامل قدرة الطريق: مؤشر كمي يُستخدم لتقييم كفاءة التشغيل ومدى إجهاد جزء معين من منشأة مرورية (مثل قطاع طريق، تقاطع، أو نقطة دمج/فصل) من خلال التعبير عن النسبة بين حجم المرور الفعلي (Actual Traffic Volume) الذي يعبر هذه المنشأة خلال فترة زمنية محددة، والطاقة الاستيعابية القصوى (Maximum Capacity) لها.

[٥]- مؤشر مستوى خدمة الطريق LOS: هو مقياس نوعي مُصنّف أبجديًا (من A إلى F) يصف الظروف التشغيلية السائدة على جزء معين من شبكة الطرق أو منشأة مرورية محددة (مثل وصلة طريق، تقاطع، أو منطقة دمج) من وجهة نظر مستخدمي الطريق.

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X



الكثافة	الحالة	حجم المرور
كثافة مرتفعة	جيدة	1800
	متوسطة	1600
	سيئة	1400
كثافة متوسطة	جيدة	1200
	متوسطة	1000
	سيئة	800
كثافة منخفضة	جيدة	600
	متوسطة	400
	سيئة	200

شكل ١٧ : كيفية حساب معامل قدرة الطريق وفقا لمعطيات الدراسة

إعداد الباحث اعتمادا على معادلة حساب معامل قدرة الطريق

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

شكل ١٨: معامل قدرة الطريق

إعداد الباحث اعتمادا على قاعدة البيانات الجغرافية بالدراسة – عام ٢٠٢٤

٣- العوامل المؤثرة في الكثافة المرورية بمدينة نجع حمادي:

توجد العديد من العوامل المؤثرة في تحديد الكثافة المرورية للطرق بالمدينة ومن أبرزها ما يلي:

جدول ١٤: العوامل المؤثرة في الكثافة المرورية بالمدينة

م	العوامل	درجة الأهمية	شدة الأثر	
1	نمط استعمالات الأراضي	عالية	عالية	
2	تصنيف شبكة الطرق الوظيفي	عالية	عالية	
3	السعة التصميمية للطرق	متوسطة	عالية	
5	نقاط الجذب العمراني	عالية	عالية	
6	الحالة الإنشائية للطرق	متوسطة	متوسطة	
7	مستوى تنظيم المرور	عالية	عالية	
8	التوقيت الزمني (فترات الذروة)	متوسطة	متوسطة	
9	النمو العمراني والسكاني	متوسطة	منخفضة	

تجميع الباحث اعتمادا على أعمال الحصر الميداني لمفردات الشبكة عام ٢٠٢٤.

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

يُقدم الجدول (١٤) إطارًا تحليليًا لفهم العوامل المتعددة المؤثرة في الكثافة المرورية داخل المدن، ويؤكد أن إدارتها تتطلب نهجًا متكاملًا لا يقتصر على توسيع الطرق، بل يشمل التخطيط المكاني الذكي لاستعمالات الأراضي، وتصميم شبكة طرق متكاملة، وتحديد نقاط الجذب، وتطبيق أنظمة مرور فعّالة. تُعد العوامل ذات شدة الأثر والأهمية العالية (مثل نمط استعمالات الأراضي، التصنيف الوظيفي للطرق، نقاط الجذب، ومستوى تنظيم المرور) ركائز أساسية في إدارة الكثافة، إذ تتحكم في حجم الطلب على النقل وتوزيعه، مما يستلزم إعطاءها أولوية في أي استراتيجية مرورية. أما العوامل ذات الأثر المتوسط (مثل السعة التصميمية، الحالة الإنشائية، وفترات الذروة) فتمثل مكملات للعوامل الأساسية، حيث يسهم تحسينها في تعزيز انسيابية الحركة دون أن يُغني عن معالجة مسببات الطلب. ويُعد النمو السكاني والعمراني تحديًا مستقبليًا ذا تأثير متراكم يتطلب تخطيطًا استباقيًا للبنية التحتية لضمان استدامة الشبكة. باختصار، تستدعي إدارة الكثافة المرورية منظورًا متعدد الأبعاد يدمج بين التخطيط المكاني، وهندسة النقل، والإدارة التشغيلية، مع التركيز أولًا على العوامل المحركة للطلب ثم المكملة، استعدادًا للنمو المستقبلي وفيما يلي عرض مكاني تطبيقي لهذه العوامل على نجع حمادي:

شكل ١٩: العوامل المؤثرة في الكثافة المرورية بالمدينة

إعداد الباحث اعتمادا على قاعدة البيانات الجغرافية بالدراسة

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

تُظهر هذه الخريطة التحليلية أن الكثافة المرورية في مدينة مثل نجع حمادي هي نتيجة لتفاعل معقد بين العرض المتاح للبنية التحتية للطرق، وكثافة وتوزيع استعمالات الأراضي، ومواقع الأنشطة الرئيسية، بالإضافة إلى القيود التي تفرضها الحواجز الطبيعية والصناعية. المناطق التي تتسم بوجود طرق ذات قدرة استيعابية محدودة (خاصة الضيقة)، أو نقاط تقاطع حرجة (مثل معابر السكك الحديدية أو مداخل الجسور)، أو تركيز كبير للأنشطة الجاذبة للرحلات (مثل المناطق التجارية أو المنشآت التعليمية/الصحية)، هي الأكثر عرضة لارتفاع الكثافة المرورية وتشكيل الازدحام. هذا التحليل المكاني يُعد أساسًا حيويًا للمخططين ومهندسي النقل في نجع حمادي لفهم وتوقع أنماط الكثافة المرورية الحالية والمستقبلية، وتصميم استراتيجيات فعالة لإدارة الازدحام وتحسين تدفق الحركة في المدينة.

و- الحوادث المرورية:

تُمثل الحوادث المرورية إحدى أبرز المشكلات العامة التي تواجه المجتمعات على المستويين المحلي والدولي، نظرًا لما تسببه من خسائر بشرية ومادية جسيمة، فضلًا عن آثارها الاجتماعية والاقتصادية بعيدة المدى. وتشير تقارير منظمة الصحة العالمية (WHO,2018) إلى أن الحوادث المرورية تتسبب سنويًا في وفاة أكثر من ١.٣٥ مليون شخص حول العالم، وتنقسم مسببات حوادث المرور إلى ثلاث أقسام رئيسية وهي:

- العامل البشري
- عوامل المركبة
- عوامل الطريق

وفيما يلي عرض تفصيلي لأهم العوامل المسببة للحوادث المرتبطة بالطريق ذاته

جدول ١٣: مسببات الحوادث في مدينة نجع حمادي

م	العامل	فئة التأثير	الملاحظات
1	**سوء الحالة الإنشائية للطريق**	تأثير مرتفع	يؤثر بشكل مباشر على السيطرة على المركبة، خاصة في السرعات العالية
2	**ضعف أو غياب العلامات والإشارات المرورية**	تأثير مرتفع	يتسبب في إرباك السائقين وزيادة احتمالات التصادم
3	**تصميم التقاطعات والمنحنيات بشكل غير آمن**	تأثير مرتفع	غالبًا ما يرفع معدل الحوادث عند التقاطعات في المدن والطرق السريعة
4	**ضعف أو غياب الإضاءة ليلاً**	تأثير متوسط	يضاعف خطورة الحوادث لضعف الرؤية خاصة في الطرق الريفية
5	**الكثافة المرورية وعدد الحارات قياسا إلى الفئة الوظيفية للطريق**	تأثير مرتفع	يؤثر على حركة السير داخل الحارات ويزيد من التجاوز الخطر
7	**وجود مطبات أو عوائق غير مرئية**	تأثير متوسط	يسبب حوادث مفاجئة خصوصًا للدرّاجات والمركبات الصغيرة
8	**غياب ممرات للمشاة وحواجز أمان**	تأثير متوسط	يزيد من احتمالات حوادث الدهس والمركبات المنحرفة

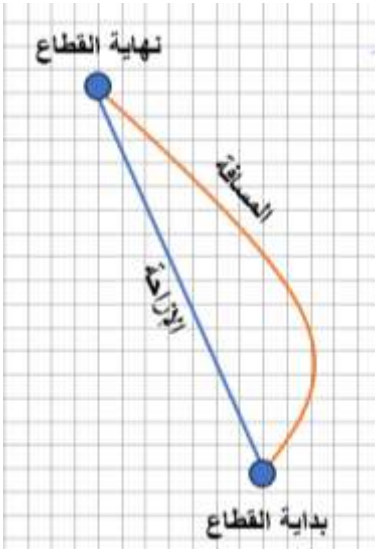
تجميع الباحث اعتمادا على أعمال الحصر الميداني لمفردات الشبكة - عام ٢٠٢٤.

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

يُظهر الجدول (١٥) تصنيفًا دقيقًا للعوامل المرتبطة بحالة الطريق والبنية التحتية وتأثيرها على معدلات الحوادث. ويتضح أن العوامل ذات التأثير المرتفع مثل سوء الحالة الإنشائية للطريق، وضعف أو غياب العلامات والإشارات المرورية، وتصميم التقاطعات والمنحنيات بشكل غير آمن، تعد من أبرز مسببات الحوادث، لما تسببه من تأثير مباشر على قدرة السائق في السيطرة على المركبة وزيادة احتمالات التصادم خاصة في السرعات العالية والمواقع الخطرة.

أ- مؤشرات قياس الجودة الهندسية للطرق بالمدينة:

١- معامل انعطاف الطريق (Coefficient of Curvature) من المؤشرات الهندسية الأساسية المستخدمة في تقييم كفاءة تصميم المسار الأفقي للطرق، حيث يُعبّر عن العلاقة بين طول المنحنى الأفقي (Length of Horizontal Curve) ونصف قطر انحنائه (Radius of Curvature). يُستخدم هذا المعامل في تقدير درجة حدة المنحنيات ومدى تأثيرها على راحة القيادة، والتحكم في المركبة، وسلامة حركة المرور، خاصة عند السرعات العالية. فكلما زادت قيمة معامل الانعطاف (أي كلما كان المنحنى أقصر بالنسبة لنصف قطره، أو كان نصف القطر أصغر بالنسبة لطوله)، دل ذلك على وجود منحنيات أكثر حدة تتطلب من السائقين تقليل السرعة ورفع درجة الحذر أثناء القيادة لضمان الثبات وتقليل القوى الجانبية المؤثرة على المركبة. كما يُسهم هذا المعامل في تحديد مواقع المنحنيات الحرجة التي قد تشكّل نقاط خطورة محتملة على الطريق، مما يتيح لمهندسي النقل إدراجها ضمن أولويات تحسين التصميم الهندسي، أو تعزيز عناصر السلامة بها مثل وضع لافتات تحذيرية، تحسين الرؤية، أو تطبيق تدابير تهدئة السرعة.



٢- درجة تعرج الطريق (Road Tortuosity) مؤشرًا جغرافيًا وهندسيًا يعبر عن مدى التواء أو انحراف المسار الفعلي للطريق عن أقصر مسافة مستقيمة ممكنة بين نقطتي بدايته ونهايته. تُحسب هذه الدرجة عادةً كنسبة بين الطول الفعلي للطريق (Actual Road Length) على طول مساره المنحني، والمسافة الخطية المستقيمة (Euclidean Distance) بين نقطتي البداية والنهاية لهذا المسار. قيمة هذا المؤشر تكون دائمًا أكبر من أو تساوي ١؛ حيث تشير القيمة ١ إلى طريق مستقيم، وتشير القيم الأكبر من ١ إلى درجات متفاوتة من التعرج والالتواء كالتالي:

(AASHTO, 2018)

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

جدول ١٤: قيمة درجة التعرج إلى معامل الانعطاف

معامل الانعطاف	درجة التعرج	تأثير المنحنى على القيادة
(1.00 – 1.05)	مستقيم	تدفق حر، لا يتطلب تقليل السرعة، راحة قيادة عالية
(1.05 – 1.30)	معتدل التعرج	تدفق مستقر، تعديل بسيط للسرعة، راحة قيادة جيدة
(1.30 – 1.70)	متعرج	يتطلب تعديلاً للسرعة، راحة مقبولة
(> 1.70)	شديد التعرج	تقليل كبير للسرعة، حذر شديد، إجهاد للسائق

إعداد الباحث اعتمادا على AASHTO,2018

ويمكن حساب معامل انعطاف الطريق كما يلي:

$$\text{Curvature Coefficient} = \frac{L(Lenght)}{D(Distance)}$$

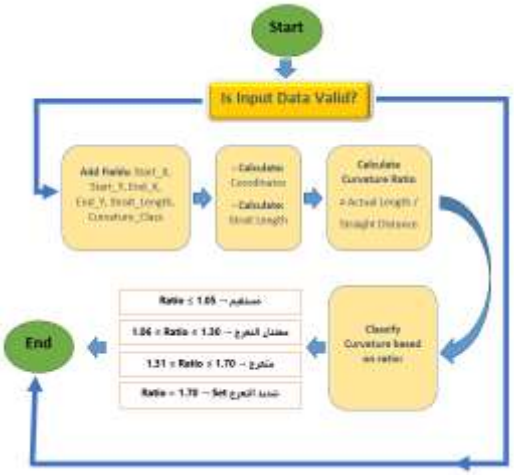
حيث (L) = الطول الفعلي للطريق والذي يمثله في جدول البيانات الوصفية (Shape Length)

أما (D)= الطول المستقيم أو الإزاحة وهي (أقصر مسافة خط مستقيم بين نقطتي البداية والنهاية)

ويمكن حساب الإزاحة من خلال إحداثيات نقطتي بداية ونهاية الخط عن طريق المعادلة التالية:

$$Euclidean\ Distance = \sqrt{(X_2 - X_1) - (Y_2 - Y_1)}$$

ويتم تطبيق ذلك على البيانات الوصفية في قاعدة البيانات الجغرافية كما يلي:



شكل ٢٠: المخطط التصميمي لخطوات حساب معامل الانعطاف ودرجات التعرج

إعداد الباحث اعتمادا على AASHTO,2018

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

وفيما يلي عرض للتوزيع المكاني للعوامل المسببة للحوادث بالمدينة:

شكل ٢١: مسببات الحوادث بالمدينة

تجميع الباحث اعتمادا على أعمال الحصر الميداني لمفردات الشبكة - عام ٢٠٢٤.

يوضح الشكل (٢٢) العوامل المسببة للحوادث في مدينة نجع حمادي وهي كالتالي:

- مستوى تعرج الطرق في أجزاء معينة من الشبكة: هذه المناطق هي بؤر محتملة للحوادث، حيث تتطلب مهارات قيادة أعلى، وتزيد من احتمالية انحراف المركبات عن مسارها أو الاصطدامات الجانبية أو الأمامية.

- مناطق ضعف وغياب الإضاءة خاصة في الأجزاء المتعرجة من الطرق أو عند التقاطعات. هذا التزامن بين ضعف الإضاءة والتصميم الهندسي المعقد للطريق يُضاعف من مخاطر الحوادث، حيث يقل زمن رد فعل السائقين بشكل كبير.

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

– المناطق التي تفتقر إلى اللافتات[٦] والإشارات[٧]، خاصة في نقاط التعرج الشديد أو التقاطعات الحيوية، تُعد مناطق ذات خطر أعلى للحوادث بسبب نقص التوجيه والتحذير للسائقين.

– الكثافة المرورية العالية وعدد الحارات قياساً إلى وظيفة الطريق: عندما يتجاوز حجم المرور السعة التصميمية للطريق أو عدد حاراته لا يتناسب مع وظيفته (مثلاً، طريق شرياني بحارتين فقط)، يزداد الازدحام، مما يؤدي إلى التوقف المتكرر، وتغيرات مفاجئة في السرعة، وزيادة في حوادث الاصطدام الخلفي أو الجانبي بسبب محاولات تغيير المسار.

– وجود مطبات وعوائق وسوء الحالة الإنشائية: المطبات غير المخطط لها أو غير الواضحة، العوائق المفاجئة على الطريق (مثل الحفر الكبيرة، الأجسام المتساقطة، أو أعمال البناء غير المحمية)، وسوء الحالة الإنشائية للرصف (التشققات، التموجات، الحفر) تُجبر السائقين على المناورة المفاجئة أو الفرملة الشديدة، مما يزيد من خطر الاصطدامات، خاصة للدراجات النارية والمركبات الصغيرة.

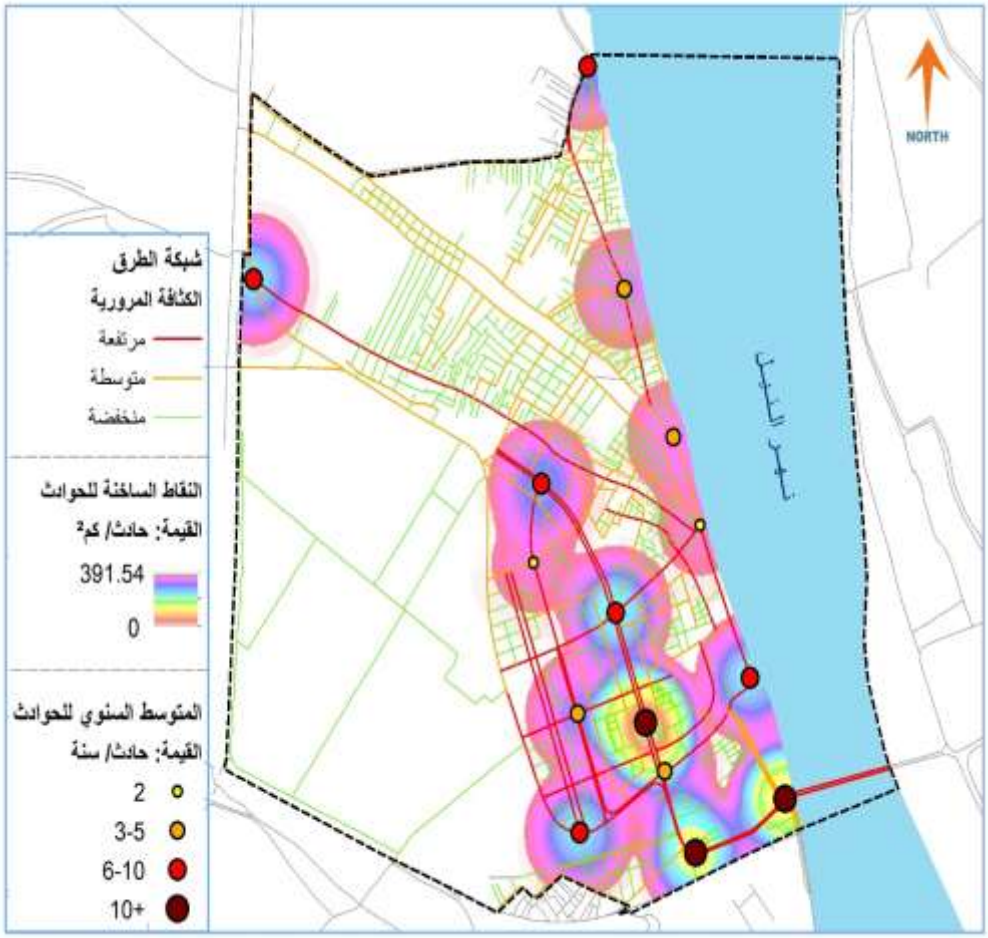
– التوزيع المكاني للعوامل المتداخلة :يُلاحظ أن هناك تجمعات معينة للطرق ذات التعرج الشديد، والتي قد تتزامن مع مناطق ضعف الإضاءة. هذا التداخل بين العوامل الهندسية والبيئية يُشكل "نقاطًا ساخنة (Hotspots[٨]) "للحوادث المرورية، حيث تتضافر عدة عوامل لزيادة المخاطر بشكل كبير .إضافة إلى ذلك، فإن تداخل هذه المناطق مع الكثافة المرورية العالية (خاصة في الطرق ذات الحارات القليلة مقارنة بوظيفتها) ووجود المطبات أو سوء الحالة الإنشائية، يُضاعف من خطورة هذه النقاط. تحديد هذه "النقاط الساخنة" التي تجمع بين عدة عوامل خطر يُعد أولوية قصوى في دراسات السلامة المرورية ويمثلها الشكل التالي:

[٦]- اللافتات التحذيرية: هي اللافتات المستخدمة عند تحذير قائدي المركبات من أي ظروف تنطوي على مخاطر معينة على الطريق أو بالقرب منه، وكذلك عند التغير في التخطيط مثل (التقاطعات – ضيق عرض الطريق – الانحدارات والتعرجات الحادة – عند مناطق عبور المشاة)

[٧]- إشارات المرور: هي وسيلة التحكم في في حركة وإدارة المرور وتعمل على توفير الحماية لجميع العناصر المرتبطة بحركة المرور.

[٨]- النقاط الساخنة (Hotspots) :هي مناطق جغرافية محددة على شبكة الطرق تتجمع فيها عدة عوامل خطر متداخلة، مما يؤدي إلى ارتفاع كبير في احتمالية وقوع الحوادث المرورية.

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X



شكل ٢٢ :النقاط الساخنة للحوادث بمدينة نجع حمادي

إعداد الباحث اعتمادا على أعمال الحصر الميداني بالدراسة ومنظومة بلاغات الشبكة الوطنية للطوارئ والسلامة العامة – ديوان عام محافظة قنا ٢٠٢٣-٢٠٢٤

يوضح الشكل (٢٣) النقاط الساخنة لحوادث الطرق داخل نطاق الدراسة وفقًا لتحليل النقاط الساخنة (Hot Spot Analysis). ويتضح من الخريطة تركز عدد من النقاط عالية الخطورة على طول المحاور المرورية الرئيسية والمناطق ذات الكثافة المرورية

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

المرتفعة. كما يتبين من بيانات الكثافة المرورية المصاحبة وجود ارتباط مكاني واضح بين ارتفاع الكثافة المرورية وزيادة عدد الحوادث في ذات المواقع. وقد تم توثيق عدد الحوادث السنوي بكل موقع في الخريطة، مما يبرز النمط الزمني لتكرار الحوادث في النقاط الساخنة ويساعد في تحديد أولويات التدخلات لتحسين السلامة.

الخلاصة

تُوضح هذه الدراسة بفاعلية أن تحليل وتقييم كفاءة شبكة الطرق في مدينة نجع حمادي يكشف عن تفاعل معقد بين عوامل متعددة تُشكل ديناميكيات الحركة المرورية وتُؤثر على السلامة. أظهرت النتائج الرئيسية ما يلي:

١- التوزيع المكاني للطرق الوظيفية :ليس عشوائيًا، بل هو نتاج مباشر لتفاعل استعمالات الأراضي السائدة، وكثافة الأنشطة البشرية، ووجود الحواجز الطبيعية (مثل نهر النيل) والصناعية (مثل خط السكة الحديد)، بالإضافة إلى مراحل النمو العمراني للمدينة. فالطرق الشريانية والرئيسية تتركز في قلب المدينة ومناطق الكثافة الوظيفية العالية لاستيعاب أحجام المرور الكبيرة، بينما تنتشر الطرق التجميعية والمحلية في المناطق السكنية لتوفير الوصول المباشر.

٢- الكثافة المرورية :تتشكل بفعل تفاعل معقد بين سعة الطرق المتاحة، استعمالات الأراضي، ونقاط الجذب العمراني، مما يؤدي إلى ارتفاع الكثافة في المناطق ذات الطرق المحدودة القدرة أو الأنشطة الجاذبة للرحلات.

٣- السلامة المرورية و"النقاط الساخنة" للحوادث :تم تحديد هذه النقاط كمناطق تتضافر فيها عدة عوامل خطر، أبرزها التعرج الشديد للطرق، ضعف أو غياب الإضاءة، الكثافة المرورية العالية، وسوء الحالة الإنشائية للطرق، بالإضافة إلى نقص اللافتات والإشارات.

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

التوصيات:

بناءً على هذه النتائج، تُؤكد الدراسة على ضرورة تبني نهج شمولي ومتكامل لإدارة وتطوير شبكة الطرق في نجع حمادي. هذا النهج يجب ألا يقتصر على الحلول الهندسية التقليدية، بل يمتد ليشمل التخطيط المكاني الذكي لاستعمالات الأراضي، وتصميم شبكة طرق وظيفية فعالة، وتحسين أنظمة تنظيم المرور، وتحديد وإدارة نقاط الخطر. إن فهم هذه العوامل المتداخلة يُعد حجر الزاوية في صياغة استراتيجيات مستدامة تهدف إلى تعزيز كفاءة وسلامة شبكة الطرق، وبالتالي المساهمة في التنمية الشاملة للمدينة وذلك وفقا للخطوات الآتية:

١- إعداد دليل تقني متكامل لحوكمة إدارة وصيانة الطرق المحلية.

٢- نمذجة تصميم وتقييم وإعادة تصميم شبكات الطرق بالمدن المصرية من خلال المكتبات البرمجية الخاصة بالعلوم المكانية.

٣- العمل على مفهوم (صفر حوادث) وتطبيقه بشكل فعلي في المدن المصرية

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

المصادر والمراجع:

أولا مصادر البيانات:

١- الدراسة الميدانية

٢- الرؤية التنموية لمحافظة قنا – بيانات غير منشورة

٣- الوحدة المحلية لمركز ومدينة نجع حمادي – مقابلة مع مسؤول

٤- تقرير المخطط الاستراتيجي لمحافظة قنا –٢٠٢٥- تحت النشر

٥- مديرية الطرق والنقل – بيانات غير منشورة

٦- مشروع التنمية المحلية بصعيد مصر – مكون إدارة الأصول – قطاع الطرق

٧- وحدة البنية المعلوماتية المكانية بمحافظة قنا – بيانات غير منشورة

٨- وحدة نظم المعلومات الجغرافية بمحافظة قنا – بيانات غير منشورة

ثانيا المراجع:

المراجع العربية:

الحسيني، ع. م. وحامد م. ع. (٢٠٠٨)، أسس ومعايير تصميم مداخل المدن بجمهورية مصر العربية (دراسة حالة: مداخل الطرق)

الهيئة العامة للتخطيط العمراني، (٢٠١٨). دليل عمل إعداد المخططات التفصيلية. القاهرة: الهيئة العامة للتخطيط العمراني.

عزيز، م. ا. (٢٠٠٧)، دراسات تطبيقية في نظم المعلومات الجغرافية. الكويت- حولي: دار العلم.

المراجع غير العربية:

AASHTO. (2018). A Policy on Geometric Design of Highways and Streets: The Green Book. American Association of State Highway and Transportation Officials.

El-Geneidy, A., & Levinson, D. (2011). No Network Structure and Travel Behavior. Transport Reviews.

HCM. (2000). Highway Capacity Manual. National Research Council, Washington, DC.

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

Pande, A., & Wolshon, B. (2016). Traffic Engineering Handbook.

Rodrigue, J. P., Comtois, C., & Slack, B. (2016). The Geography of Transport Systems.

SaThierbach, K., Petrovic, S., Schillbach, S., Yodra, M., Daniel, J., Perriches, T., & Rundlet, ... (2015). No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連行動に関する共分散構造分析Title. Proceedings of the National Academy of Sciences.

Yoder, E. J., & Witczak, M. W. (1975). Principles of Pavement Design.

ISSN: 2537-0839 *eISSN : 2537-088X*