التحليل الجغرافي لشبكات طرق النقل البري في مدينة اربيل باستخدام نظم المعلومات الجغرافية

م.م. احمد ناصر صابر

جامعة تكريت – كلية الآداب – قسم الجغرافية ونظم المعلومات الجغرافية

البريد الإلكتروني Email : ans240003prt@tu.edu.iq

الكلمات المفتاحية: النقل البري، تحليل الشبكات، نظم المعلومات الجغرافية، التحليل الجغرافي.

كيفية اقتباس البحث

صابر، احمد ناصر ، التحليل الجغرافي لشبكات طرق النقل البري في مدينة اربيل باستخدام نظم المعلومات الجغرافية،مجلة مركز بابل للدراسات الانسانية، أيلول ٢٠٢٦، المجلد:١٦ ،العدد:٩ .

هذا البحث من نوع الوصول المفتوح مرخص بموجب رخصة المشاع الإبداعي لحقوق التأليف والنشر (Creative Commons Attribution) تتيح فقط للآخرين تحميل البحث ومشاركته مع الآخرين بشرط نَسب العمل الأصلي للمؤلف، ودون القيام بأي تعديل أو استخدامه لأغراض تجارية.

مفهرسة في Indexed
IASJ

مسجلة في Registered
ROAD

Spatial-Temporal Analysis of Road Transport Networks in Erbil City Using Geographic Information Systems (GIS)

M.M. Ahmed Nasser Saber
Tikrit University – College of Arts – Department of Geography and Geographic Information Systems

Keywords : Land transport, network analysis, Geographic Information Systems, Geographical Analysis.

How To Cite This Article
Saber, Ahmed Nasser, Spatial-Temporal Analysis of Road Transport Networks in Erbil City Using Geographic Information Systems (GIS),Journal Of Babylon Center For Humanities Studies, September 2026,Volume:16,Issue 9.

This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

Abstract:
This study aims to monitor and analyze the historical development of the road transport network in Erbil City for the period 1990–2025 using Geographic Information Systems (GIS), by examining the spatial and temporal changes that occurred in the urban road structure during this period. The study also relies on classifying the road network into primary, secondary, and tertiary roads based on OpenStreetMap (OSM) data, in order to understand the hierarchical structure of the road system and identify its levels of importance and functions within the urban fabric.
The analysis applies a set of advanced spatial methods, including Kernel Density analysis for spatial distribution and pattern analysis, Network Isochrones for transport accessibility analysis, and Morphometric and Structural analysis using Space Syntax techniques, with the aim of evaluating network efficiency in terms of spatial distribution, accessibility, and spatial integration.
The results of the Kernel Density analysis indicate that low-density areas account for 44.6% of the total network area (75 km²), reflecting weak

road connectivity in peripheral zones and the expansion of incomplete urban growth areas. The study recommends the development of new ring road systems that directly connect peripheral areas without passing through the city center in order to reduce traffic congestion and improve spatial flow distribution.

المستخلص :

يهدف هذا البحث إلى رصد ومتابعة التطور التاريخي لشبكة طرق النقل البري في مدينة أربيل للمدة ١٩٩٠–٢٠٢٥ باستخدام نظم المعلومات الجغرافي(GIS) ، عن طريق تحليل التغيرات المكانية والزمانية التي طرت على بنية الطرق للمدينة خلال هذه المدة، كما يعتمد البحث على تصنيف شبكة الطرق إلى طرق رئيسية وثانوية وفرعية بالاعتماد على بيانات OpenStreetMap (OSM)، من اجل فهم البنية الهرمية لنظام الطرق وتحديد مستويات اهميته ووظائفه داخل النسيج الحضري، ويعتمد التحليل على تطبيق مجموعة من الأساليب المكانية المتقدمة وشملت تحليل الكثافة المكانية ونمط التوزيع باستخدام Kernel Density ، وتحليل شبكات النقل من خلال نطاقات الوصول الزمني Network Isochrones ، اضافة إلى التحليل المورفومتري والتركيبي باستخدام أسلوب Space Syntax ، وذلك بهدف تقييم كفاءة الشبكة من حيث التوزيع، والوصولية، والتكامل المكاني، وتشير نتائج تحليل Kernel Density الى ان الكثافة المنخفضة تستحوذ على ٤٤.٦% من مساحة الشبكة (٧٥ كم²) ما يعكس ضعف ترابط الطرق في الاطراف واتساع مناطق النمو غير المكتمل، وتوصي الدراسة الى تطوير شبكة طرق حلقية جديدة تربط الاطراف مباشرة دون المرور بالمركز لتقليل الضغط المروري وتحسين توزيع الحركة.

المقدمة :

تعد شبكات النقل البري أحد أهم عناصر البنية التحتية في المدن الحديثة، إذ تمثل الإطار الذي يربط بين الاستخدامات الحضرية المختلفة ويحدد كفاءة الحركة وتوزيع الأنشطة الاقتصادية والاجتماعية داخل الحيز المكاني، وقد شهدت المدن خلال العقود الأخيرة تحولات كبيرة في انماطها العمرانية نتيجة النمو السكاني والتوسع الحضري السريع، مما انعكس بشكل مباشر على تطور شبكات الطرق من انظمة بسيطة إلى شبكات معقدة متعددة المستويات والوظائف (محمود، ابراهيم، ٢٠٢٠، ص ١٨٨) .

وأصبحت دراسة شبكات النقل لا تقتصر على الوصف الكمي للطرق بل امتدت إلى التحليل المكاني المتقدم باستخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS، لما توفره من قدرة على رصد التغيرات المكانية والزمانية وتفسير أنماط التوزيع والكثافة والارتباط المكاني، وتعد مدينة اربيل واحدة من

المدن العراقية التي شهدت تحولات عمرانية سريعة بين عامي ١٩٩٠ و٢٠٢٥، حيث انتقلت من نسيج حضري محدود الى مدينة إقليمية ذات توسع حضري واسع وشبكة طرق متعددة المستويات، لذلك تأتي هذه الدراسة لتحليل التطور الزمكاني لشبكات الطرق في مدينة اربيل باستخدام تقنيات GIS واساليب التحليل المكاني مثل Kernel Density و Network Isochronesو Space Syntax، بهدف فهم البنية الحالية وتفسير اتجاهات النمو وتحديد كفاءة الأداء المكاني لشبكة الطرق.

مشكلة الدراسة : تتمثل مشكلة الدراسة في السؤال الرئيس الآتي: ما طبيعة التطور المكاني والزماني لشبكة طرق مدينة أربيل، والى اي مدى اسهم هذا التطور في تحقيق التوازن في توزيع كثافة الطرق ومستويات الوصولية والتكامل المكاني، وانعكاس ذلك على كفاءة الحركة الحضرية واداء النظام الحضري؟ **ومن خلال هذه المشكلة يمكن طرح التساؤلات الآتية :**

١-ما هي طبيعة التطور الزمكاني لشبكة طرق النقل في مدينة أربيل بين عامي ١٩٩٠ و٢٠٢٥؟

٢-ما مستوى الكثافة المكانية والوصولية والتكامل المكاني لشبكة الطرق في مدينة أربيل؟

٣-كيف يمكن تقييم كفاءة شبكة النقل الحالية وتحديد مناطق القوة والضعف فيها باستخدام التحليل المكاني؟

فرضية الدراسة :

١-ان شبكة الطرق منطقة الدراسة شهدت تحولا من نمط شعاعي بسيط إلى شبكة حلقية-شعاعية اكثر تعقيدا مع توسع عمراني واضح.

٢-ان اطراف منطقة الدراسة تعاني من انخفاض في الكثافة المكانية وضعف في الوصولية مقارنة بالمركز الحضري.

٣-ان نظام شبكات الطرق في منطقة الدراسة يتسم بعدم توازن في مستويات التكامل المكاني مع سيادة التكامل المتوسط على اغلب الشبكة.

اهداف الدراسة :

١-تحليل التطور التاريخي لشبكة طرق النقل في منطقة الدراسة خلال المدة ١٩٩٠-٢٠٢٥.

٢-قياس الكثافة المكانية والوصولية والتكامل المكاني باستخدام تقنيات الجغرافية الحديثة GIS.

٣-تحديد مناطق القوة والضعف في شبكة النقل واقتراح حلول تخطيطية لتحسين كفاءتها.

اهمية الدراسة :

تتبع اهمية الدراسة من كونها تقدم تحليل مكاني شامل لشبكة طرق منطقة الدراسة باستخدام أدوات كمية حديثة في برمجيات GIS، مما يساعد في فهم العلاقة بين النمو الحضري والبنية التحتية للنقل، كما تسهم في دعم متخذي القرار في مجال التخطيط الحضري من خلال تحديد مناطق الاختلال في الشبكة وتقديم مؤشرات علمية يمكن الاعتماد عليها في تطوير البنية التحتية وتحسين كفاءة الحركة داخل المدينة وربطها بالإقليم المحيط.

منهجية الدراسة :

اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي المدعوم بالتحليل الكمي المكاني باستخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS اذ تم استخدام بيانات شبكة الطرق من قاعدة OpenStreetMap وتحليلها ضمن بيئة ArcGIS ، وشملت الأدوات التحليلية:

١-تحليل الكثافة المكانية Kernel Density لتحديد أنماط التوزيع المكاني للطرق .

٢-تحليل نطاقات الوصول الزمني Network Isochrones لقياس سهولة الوصول داخل المدينة .

٣-تحليل Space Syntax لقياس التكامل المكاني والبنية التركيبية للشبكة .

كما اعتمدت الدراسة على المقارنة الزمنية بين عامي ١٩٩٠ و٢٠٢٥ لفهم التحولات البنيوية في شبكة النقل وتفسير علاقتها بالنمو الحضري في منطقة الدراسة.

التطور التاريخي لطرق النقل في مدينة اربيل للمدة ١٩٩٠-٢٠٢٥ :

شهدت مدينة أربيل خلال المدة بين ١٩٩٠ و٢٠٢٥ تحولات واضحة في شبكة طرق النقل نتيجة التغيرات السياسية والاقتصادية والنمو الحضري المتسارع وكانت الشبكة في بداية الفترة محدودة نسبيا وتعتمد بشكل اساسي على طرق رئيسة قليلة تربط مركز المدينة بالأطراف مع ضعف واضح في الطرق الثانوية والفرعية وانخفاض مستوى الترابط بين الأحياء السكنية، ومن خلال ذلك يتضح من التحليل المقارن للشكل (١ و ٢) الممثلتين لشبكة طرق مدينة أربيل لعام ١٩٩٠ وعام ٢٠٢٥ تحولا جذريا في بنية النقل الحضرية، اذ يعكس انتقال المدينة من نسيج طرق تقليدي محدود الامتداد إلى منظومة نقل شعاعية حلقية معقدة ترتبط مباشرة بالنمو العمراني والديموغرافي، وفي عام ١٩٩٠ كانت شبكة الطرق في أربيل تعتمد بشكل واضح على مركز حضري واحد يتمثل في قلب المدينة التاريخي، حيث تتفرع الطرق الرئيسة بشكل شعاعي بسيط باتجاه مداخل المدينة مثل طريق الموصل، و طريق كركوك، وطريق مخمور، وطريق شقلاوة،

Journal Of Babylon Center For Humanities Studies 2026 Volume :16 Issue : 9
(ISSN): 2227-2895 (Print) (E-ISSN):2313-0059 (Online)

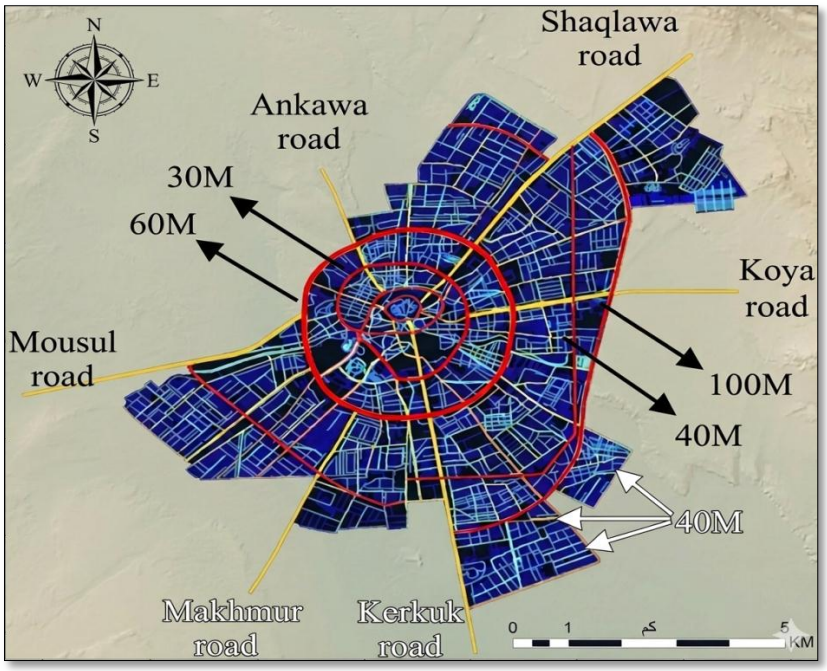
مع غياب واضح للطرق الحلقية المنظمة أو الشوارع السريعة متعددة المسارات، وان هذا النمط كان يعكس مدينة محدودة التوسع تعتمد على مركز واحد في إدارة الحركة، وتظهر كثافة عمرانية أقل وتجزئة شبكية ضعيفة في الأطراف مع سيطرة واضحة للطرق المحلية داخل الأحياء.

وفي عام ٢٠٢٥ التي تعرف بالمرحلة متقدمة من التحول البنيوي في شبكة النقل حيث أصبحت المدينة تعتمد على نظام مزدوج يجمع بين الطرق الشعاعية القديمة وطرق حلقية متدرجة تحيط بالمدينة على شكل حلقات متتابعة، تمثل ما يشبه (الهيكل الدائري المتعدد) وان هذا التطور لم يكن شكليا فقط بل مرتبط بإعادة تنظيم تدفق الحركة المرورية عبر محاور استراتيجية مثل طريق ١٠٠ متر والطريق الدائري الخارجي، إضافة إلى تطوير محاور الربط مع كوية وشقلاوة وكركوك والموصل بشكل أكثر سعة وتنظيما، كما يظهر من الشكل (٢) إدخال تقاطعات حديثة وجسور وممرات سريعة ما يعكس انتقال المدينة إلى نموذج (المدينة الإقليمية) التي لا تخدم مركزها فقط بل ترتبط بشبكة إقليمية واسعة.

وعند المقارنة بين المرحلتين يتضح أن التحول من ١٩٩٠ إلى ٢٠٢٥ لم يقتصر على زيادة عدد الطرق بل شمل تغييرا في فلسفة التخطيط نفسها ، اذ في عام ١٩٩٠ كانت الحركة تتمحور حول المركز مما يسبب اختناق مروري مع نمو السكان ، أما في عام ٢٠٢٥ فقد اصبح هناك توزيع للحركة عبر حلقات متعددة تقلل الضغط عن المركز وتعيد توجيه المرور العابر خارج النسيج الداخلي، كما ان التوسع العمراني نحو الأطراف خاصة باتجاه كركوك وكوية وشقلاوة، جعل الطرق تلعب دور مزدوج (نقل داخلي داخل المدينة وربط خارجي مع الإقليم).

وان هذا التحول يعكس ارتباط مباشر بين البنية التحتية والنمو الحضري حيث أدت زيادة الاستثمارات وتوسع الأحياء السكنية والمجمعات الحديثة إلى دفع شبكة الطرق نحو التوسع الطولي والحلقي في الوقت نفسه ، كما أن ظهور الطرق السريعة متعددة المسارات في عام ٢٠٢٥ يشير إلى تحول في نمط التنقل من الاعتماد المحلي إلى التنقل الإقليمي السريع، وهو ما يتماشى مع تحولات المدن المتوسطة إلى مدن إقليمية ذات نفوذ اقتصادي وخدمي أوسع، ونستنتج مما تقدم ان تطور شبكة النقل في اربيل بين عامي ١٩٩٠ و٢٠٢٥ يعكس انتقال المدينة من نموذج شعاعي بسيط إلى نموذج شبكي– حلقي معقد يرتبط فيه التخطيط المروري بالتوسع الحضري والوظيفي للمدينة ويعكس مرحلة انتقال من مدينة مركزية تقليدية إلى مدينة إقليمية ديناميكية متعددة المحاور.

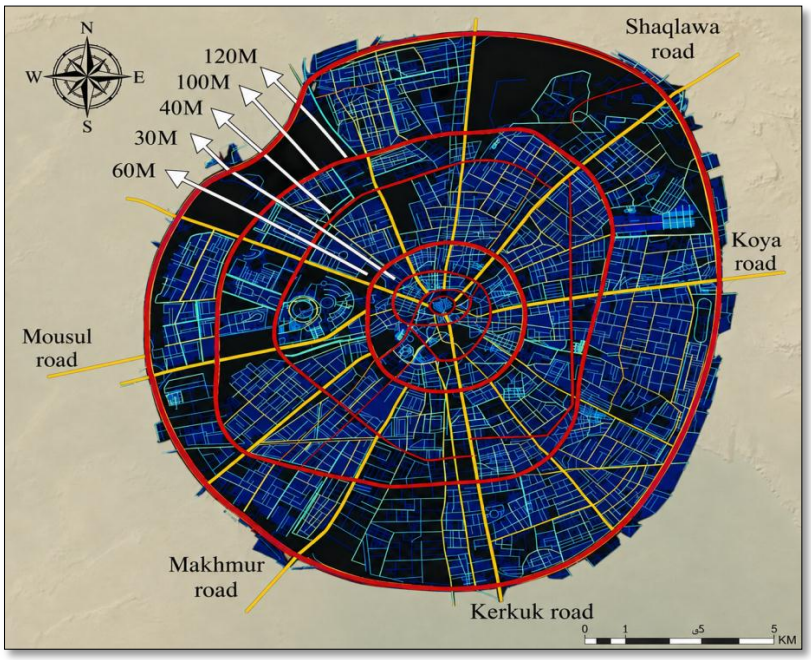
الشكل (١) طرق النقل في مدينة اربيل لعام ١٩٩٠



المصدر : بالاعتماد على البيانات العالمية OSM لشبكات طرق النقل في العالم لعام ١٩٩٠.

https://www.openstreetmap.org/#map=13/33.31896/44.35781&layers=C

الشكل (٢) طرق النقل في مدينة اربيل لعام ٢٠٢٥



المصدر : بالاعتماد على البيانات العالمية OSM لشبكات طرق النقل في العالم لعام ٢٠٢٥.

https://www.openstreetmap.org/#map=13/33.31896/44.35781&layers=C

اصناف الطرق في مدينة اربيل لعام ٢٠٢٥ :

تصنف الطرق في نظم النقل عادة وفق وظيفتها ومستوى أهميتها داخل الشبكة الحضرية أو الإقليمية، وان هذا التصنيف يساعد في فهم كيفية حركة المرور وربط المناطق ببعضها، وتوزيع الأحمال المرورية وتحديد كفاءة البنية التحتية للنقل ، وهي كالآتي (الهيتي،٢٠١٧،ص١٨) :

الطرق الرئيسة : تمثل العمود الفقري لشبكة النقل وتربط المدن الكبرى والمناطق الحيوية، وتتحمل أعلى كثافة مرورية وسرعات حركة عالية نسبيا، وغالبا تكون مهيأة للرحلات الطويلة وتقل فيها نقاط التوقف.

الطرق الثانوية : تأتي في مستوى أدنى من الطرق الرئيسة ووظيفتها ربط الأحياء والمناطق المحلية بالطرق الرئيسة وتكون أقل عرضا وسرعة وتخدم حركة متوسطة الكثافة.

الطرق الفرعية : وتكون داخل الأحياء السكنية تمثل المستوى الأخير في الشبكة ووظيفتها الاساسية هي خدمة الوصول المباشر للمباني والمنازل والمرافق وتتميز بانخفاض السرعة وكثرة التقاطعات(Amin & Hussien, 2024, p. 1-4) .

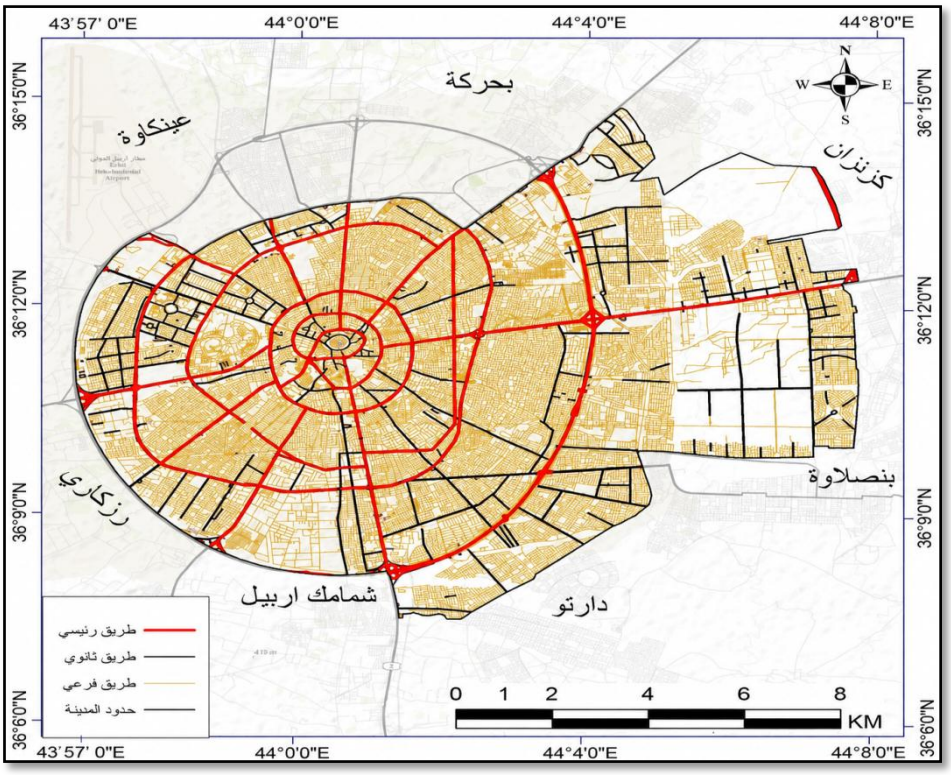
وان هذا التصنيف لا يعتمد فقط على الشكل الهندسي للطريق بل يرتبط بوظيفته في النظام المكاني، فكلما ارتفع مستوى الطريق زادت أهميته في الربط المكاني وتوسيع نطاق الحركة، وكلما انخفض المستوى أصبح التركيز على الوصول المحلي المباشر، وان فهم هذا التصنيف ضروري في تحليل شبكات النقل داخل المدن لأنه يوضح بنية الاتصال المكاني وكفاءة الحركة داخل المدينة وتوزيع النشاطات الاقتصادية والسكانية على طول الشبكة، والجدول (١) والخريطة (٢) يوضحان اصناف الطرق في مدينة اربيل لعام ٢٠٢٥ .

الجدول () اصناف الطرق في مدينة اربيل لعام ٢٠٢٥

ت	الصنف	طول / كم²	طول %
١	طريق رئيس	١٣١	٣.٩
٢	طريق ثانوي	٥٢٢	١٥.٥
٣	طريق فرعي	٢٧١٣	٨.٦
٤	المجموع	٣٣٦٦	%١٠٠

المصدر : بالاعتماد على البيانات العالمية OSM لشبكات طرق النقل في العالم لعام ٢٠٢٥، ومخرجات برنامج Arc Map .

الخريطة (٢) اصناف الطرق في مدينة اربيل لعام ٢٠٢٥



المصدر : بالاعتماد على البيانات العالمية OSM لشبكات طرق النقل في العالم لعام ٢٠٢٥، ومخرجات برنامج Arc Map .

يتضح من الجدول (١) والخريطة (٢) الخاص بأصناف الطرق في مدينة أربيل لعام ٢٠٢٥ اذ ان شبكة الطرق تتسم بتدرج واضح في الوظائف والامتداد المكاني، حيث يبلغ إجمالي طول الشبكة ٣٣٦٦ كم، تتوزع بشكل غير متوازن بين الطرق الرئيسة والثانوية والفرعية وهو ما يعكس طبيعة النمو الحضري واتساع المدينة خلال السنوات الأخيرة.

وتشكل الطرق الفرعية النسبة الاكبر من الشبكة بطول ٢٧١٣ كم، أي ما يقارب ٨٠.٦% من إجمالي الأطوال، وان هذا الارتفاع الكبير يدل على توسع عمراني واسع داخل الأحياء السكنية وتزايد الحاجة إلى الوصول المحلي داخل المناطق السكنية الجديدة، كما يعكس هذا النمط أن التوسع الحضري في منطقة الدراسة كان بشكل افقي أكثر منه رأسي مما ادى إلى زيادة كبيرة في الشبكات المحلية التي تخدم حركة السكان اليومية داخل الأحياء.

اما الطرق الثانوية فتبلغ ٥٢٢ كم بنسبة ١٥.٥%، وهي تمثل حلقة الربط الأساسية بين الأحياء السكنية والطرق الرئيسة وان هذه النسبة تشير إلى وجود هيكل وسيط في الشبكة لكنه لا يزال بحاجة إلى تعزيز في بعض المناطق لرفع كفاءة الاتصال بين الأطراف الداخلية ومراكز المدينة

الحيوية وان أهمية هذا النوع من الطرق تكمن في تخفيف الضغط على الطرق الرئيسة وتوزيع الحركة بشكل أكثر توازن.

أما الطرق الرئيسة فتبلغ ١٣١ كم فقط بنسبة ٣.٩%، وهي نسبة منخفضة نسبيا لكنها طبيعية ضمن الهيكل الهرمي لشبكات النقل، إذ تتركز وظيفتها في ربط المدينة بمحيطها الإقليمي وتسهيل الحركة السريعة بين المناطق الكبرى وان انخفاض نسبتها مقارنة ببقية الأنواع يعكس تركيز الشبكة على خدمة التوسع الداخلي اكثر من النقل الإقليمي لكنه في الوقت نفسه قد يشير إلى تحديات مستقبلية تتعلق بازدياد الضغط المروري على هذه المحاور الحيوية.

ونستنتج من خلال ذلك ان هذا التوزيع في منطقة الدراسة يتميز بشبكة طرق ذات طابع هرمي غير متوازن نسبيا يغلب عليه الطابع المحلي وهو ما يرتبط مباشرة بمرحلة التوسع العمراني السريع بعد عام ٢٠٠٠ وتكمن اهمية هذا التحليل في أنه يساعد على فهم كفاءة البنية التحتية للنقل وتحديد مناطق الضغط المروري ودعم عمليات التخطيط المستقبلي لتطوير شبكة أكثر توازنا بين الربط الإقليمي والوصول المحلي بما ينسجم مع النمو الحضري والاقتصادي للمدينة.

التحليل الاحصائي لشبكات الطرق في مدينة اربيل لعام ٢٠٢٥ :

يهدف التحليل الإحصائي لشبكات الطرق في مدينة اربيل لعام ٢٠٢٥ إلى تقييم البنية المكانية وكفاءة أداء الشبكة في نقل الحركة وربط أجزاء المدينة، اذ يعتمد هذا التحليل على اساليب كمية حديثة لتحديد أنماط التوزيع والكثافة المكانية للطرق باستخدامKernel Density ، وقياس سهولة الوصول إلى الخدمات والمراكز الحيوية عبر تحليلNetwork Isochrones ، إضافة إلى دراسة الترابط البنيوي للشبكة من خلال تحليل Space Syntax (ابراهيم، محمود،٢٠٢٠، ص١٧٦)، وان تطبيق هذه التحليلات تساعد على فهم مستوى تكامل الشبكة وتحديد مناطق القوة والضعف بما يدعم التخطيط الحضري لمنطقة الدراسة في المستقبل.

تحليل الكثافة المكانية ونمط التوزيع باستخدام (Kernel Density) :

يتم حساب هذا التحليل في نظم المعلومات الجغرافية GIS باستخدام خوارزمية **كثافة النواة (Kernel Density Estimation – KDE)** لطرق النقل وباستخدام المعادلة الآتية (ArcGIS Online, n.d.):

$$KDE(x) = \frac{1}{h^2} \sum_{i=1}^{n} \frac{3}{\pi} \left(1 - \left(\frac{d_{ix}}{h}\right)^2\right)^2$$

حيث إن:

h: نصف قطر البحث التصميمي (Search Radius أو Bandwidth).

d_{ix}: المسافة بين النقطة المراد حساب الكثافة عندها والخط i.

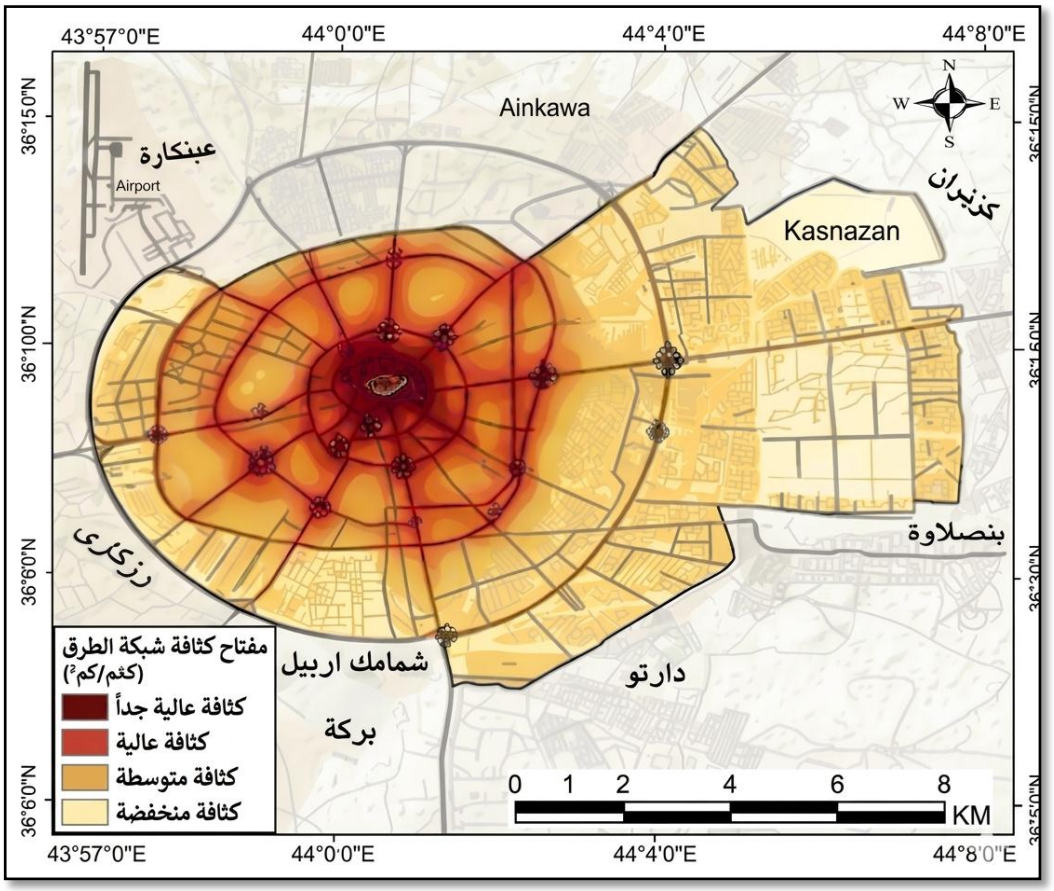
n: عدد الخطوط الواقعة ضمن نصف قطر البحث.

الجدول (٢) تصنيف الكثافة المكانية لشبكة طرق أربيل

الصنف (Density Class)	مدى الكثافة (km/km2)	المساحة (km2)	النسبة المئوية (%)	التوزيع الجغرافي المرتبط بالخريطة
كثافة عالية جدا	١٢<	٤.٨	%٢.٩	مركز المدينة القديم
كثافة عالية	٨.١ – ١٢	٢٨.٢	%١٦.٨	النطاق المحصور بين طريقي ٦٠م و١٠٠م
كثافة متوسطة	٤.١ – ٨	٦٠.٠	%٣٥.٧	التوسعات السكنية بين طريقي ١٠٠م و١٢٠م
كثافة منخفضة	≤٤	٧٥.٠	%٤٤.٦	الأطراف الخارجية، امتداد كسنزان، بنصلاوة، وظهير عينكاوة
المجموع	–	١٦٨.٠	%١٠٠	–

المصدر : بالاعتماد على الخريطة (٣) وتحليلات برنامج Arc Map.

الخريطة (٣) تصنيف الكثافة المكانية لشبكة طرق أربيل



المصدر : بالاعتماد تحليلات برنامج Arc Map.

يتبين من خلال تحليل بيانات الجدول (٢) والخريطة (٣) الخاصة بتحليل الكثافة المكانية لشبكة طرق مدينة أربيل باستخدام Kernel Density لعام ٢٠٢٥ والتي تظهر تباين واضح في توزيع الكثافة بين مركز المدينة والاطراف حيث تبلغ المساحة الكلية ١٦٨ كم² موزعة على أربع فئات رئيسة تعكس اختلاف شدة تركز الطرق بحسب البنية الحضرية ودرجة التطور العمراني وكالآتي: تسجل فئة الكثافة المنخفضة النسبة الاكبر من المساحة بنسبة ٤٤.٦% وبمساحة ٧٥ كم²، وهي تتركز في الأطراف الخارجية مثل كسنزان وبنصلاوة وامتداد عينكاوة، ويعود هذا التوسع إلى الطابع العمراني الحديث في هذه المناطق حيث ما زالت في مرحلة النمو غير المكتمل مما يؤدي إلى ضعف في ترابط شبكة الطرق واتساع الفراغات بين الطرق وهذا يدل إلى حاجة هذه المناطق إلى تعزيز الربط الطرقي وتكثيف الشوارع الثانوية لرفع مستوى التكامل المكاني.

اما الكثافة المتوسطة فتشكل ٣٥.٧% من المساحة وبواقع ٦٠ كم² وتمتد بين طريقي ١٠٠م و١٢٠م، وهي تمثل مناطق التوسع السكني الحديثة نسبيا وان هذا النمط يعكس مرحلة انتقالية في النمو الحضري حيث تكون شبكة الطرق قد بدأت بالاستقرار لكن ما زالت بحاجة إلى تحسين

في الترابط الداخلي وزيادة التوزيع المنتظم للطرق لضمان كفاءة الحركة وتقليل الاختناقات المستقبلية.

في حين تمثل الكثافة العالية ١٦.٨% بمساحة ٢٨.٢ كم² وتتركز ضمن النطاق الحضري الأكثر نشاطا بين طريقي ٦٠م و١٠٠م وتعكس هذه الفئة مناطق ذات نشاط عمراني وخدمي مرتفع حيث تتكامل شبكة الطرق فيه بشكل أفضل وتزداد كثافة التقاطعات مما يعزز سهولة الحركة لكنه قد يسبب ضغطا مروريا اعلى يتطلب إدارة مرورية أكثر كفاءة.

أما الكثافة العالية جدا فتشكل النسبة الأقل ٢.٩% فقط وبمساحة ٤.٨ كم²، وتتركز في مركز المدينة القديم وان هذا التركيز العالي يعكس البنية التاريخية الكثيفة والمضغوطة للمدينة اذ تتقارب الطرق بشكل كبير نتيجة النشوء العمراني القديم وعدم توفر تخطيط حديث واسع وان هذه المناطق غالبا ما تعاني من اختناقات مرورية وتتطلب حلولا مثل إعادة تنظيم الحركة أو تحويل بعض المسارات إلى اتجاهات أحادية لتخفيف الضغط.

ونستنتج من ذلك ان شبكة طرق في منطقة الدراسة تتسم بتدرج مكاني واضح من مركز عالي الكثافة إلى اطراف منخفضة الكثافة وهو نمط يرتبط مباشرة بالتوسع الحضري الأفقي وتكمن المعالجة التخطيطية في ضرورة تعزيز الربط بين الاطراف والمراكز وتوسيع الشبكة الثانوية في المناطق منخفضة الكثافة مع إعادة تنظيم الحركة في المناطق عالية الكثافة لتحقيق توازن وظيفي افضل داخل المدينة.

تحليل شبكات النقل نطاقات الوصول الزمني Network Isochrones:

تعتمد على حساب التكلفة الزمنية التراكمية (Cumulative Travel Time) عبر عناصر الشبكة الخطية ونقاط العقد(Junctions) وباستخدام المعادلة الآتية (Papa & Silva, 2020, p. 341) :

$$T_{\text{total}} = \sum_{i=1}^{m} \left(\frac{L_i}{S_i} \times C_i \right) + \sum_{j=1}^{k} D_j$$

حيث إن:

L_i: طول الوصلة الخطية (Segment Length).

S_i: السرعة التصميمية للطريق حسب صنفه (رئيسي: 100 كم/س، ثانوي: 60 كم/س، فرعي: 30 كم/س).

C_i: معامل التأخير المروري أو الازدحام (Congestion Factor).

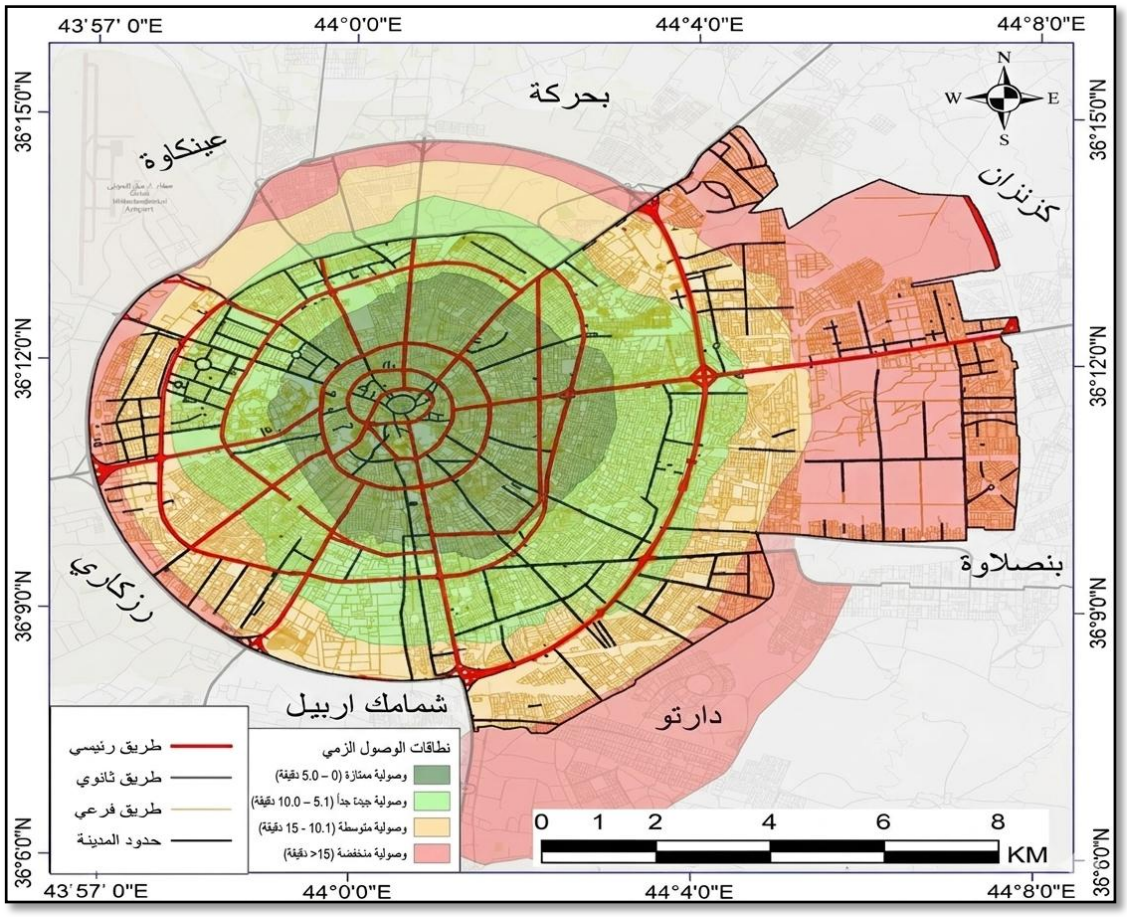
D_j: زمن التأخير عند التقاطعات أو الإشارات المرورية (Turn Delay).

الجدول (٣) نطاقات الوصول الزمني من مركز مدينة أربيل

صنف الوصولية (Isochrone)	الزمن المستغرق (دقيقة)	المساحة (km2)	النسبة المئوية (%)	الأحياء
وصولية ممتازة	٠ – ٥.٠	٥.٢	%٣.١	قلب المدينة، المجمع الإداري، والتقاطعات القريبة من المركز
وصولية جيدة جداً	٥.١ – ١٠.٠	٣٥.٨	%٢١.٣	الأحياء الواقعة بين طريق ٦٠م وطريق ١٠٠م وعينكاوة
وصولية متوسطة	١٠.١ – ١٥	٦٥.٠	%٣٨.٧	أحياء التوسع الحديثة وصولاً إلى طوق طريق ١٢٠م
وصولية منخفضة	>١٥	٦٢.٠	%٣٦.٩	الضواحي الخارجية (كسنزان، دارتو، بنصلاوة، رزكاري)
المجموع	–	١٦٨.٠	%١٠٠	–

المصدر : بالاعتماد على الخريطة (٤) وتحليلات برنامج Arc Map.

الخريطة (٤) نطاقات الوصول الزمني من مركز مدينة أربيل



المصدر : بالاعتماد على تحليلات برنامج Arc Map.

يتبين من خلال تحليل بيانات الجدول (٣) والخريطة (٤) الخاصة بتحليل نطاقات الوصول الزمني لشبكة النقل في مدينة أربيل لعام ٢٠٢٥ تباينا واضحا في كفاءة الوصول المكاني من مركز المدينة نحو الأطراف، اذ تبلغ المساحة الكلية ١٦٨ كم² موزعة على أربع فئات زمنية تعكس درجة سهولة الحركة داخل شبكات الطرق في منطقة الدراسة وكالآتي :

اذ تسجل فئة الوصولية المتوسطة النسبة الاكبر من المساحة بنسبة ٣٨.٧% وبمساحة ٦٥ كم²، وتمتد إلى أحياء التوسع الحديثة حتى حدود طريق ١٢٠م ويعكس هذا النمط مرحلة انتقالية في البنية الحضرية حيث ما تزال هذه المناطق بعيدة نسبيا عن المركز لكنها مرتبطة بشبكة طرق رئيسة متوسطة الكفاءة مما يؤدي الى زيادة زمن الوصول تدريجيا وتكمن المعالجة في تعزيز المحاور الرابطة بين هذه المناطق والمركز عبر تطوير الطرق الثانوية وتحسين انسيابية الحركة لتقليل زمن الرحلة.

أما الوصولية المنخفضة فتشكل ٣٦.٩% من المساحة وبواقع ٦٢ كم²، وتتركز في الضواحي الخارجية مثل كسنزان ودارتو وبنصلاوة ورزكاري ويعود ضعف الوصولية إلى بعدها المكاني عن مركز المدينة وضعف كثافة الطرق السريعة والرابطة المباشرة إضافة إلى محدودية التقاطعات المنظمة وتتطلب هذه المناطق تحسين البنية التحتية للنقل من خلال إنشاء طرق حلقية وربط مباشر مع المحاور الرئيسة لتقليل العزلة الزمنية وتعزيز التكامل المكاني.

في حين تمثل الوصولية الجيدة جدا ٢١.٣% بمساحة ٣٥.٨ كم²، وتتركز بين طريق ٦٠م و١٠٠م وامتداد عينكاوة وهي مناطق تتمتع باتصال جيد نسبيا نتيجة توفر شبكة طرق اكثر تنظيما وتعدد مسارات الربط، ومع ذلك ما زالت بحاجة الى تحسين بعض نقاط الاختناق المروري لضمان استقرار زمن الوصول وتقليل التفاوت بين الأحياء.

اما الوصولية الممتازة فتشكل النسبة الأقل ٣.١% فقط وبمساحة ٥.٢ كم²، وتتركز في قلب المدينة والمجمع الإداري والتقاطعات القريبة من المركز، ويعكس هذا التركيز سهولة الحركة العالية بسبب كثافة الطرق وتعدد البدائل المرورية، لكنه في الوقت نفسه قد يشهد ازدحام مروري مرتفع نتيجة تركز الانشطة والخدمات مما يتطلب إدارة مرورية دقيقة وتنظيم الإشارات المرورية وتخفيف الضغط على العقد المركزية.

ومن خلال ذلك نستنتج ان نمط الوصول الزمني في اربيل يتدرج من مركز عالي الكفاءة نحو اطراف منخفضة الوصولية، وهو نمط يعكس التوسع الحضري الافقي وعدم التوازن في توزيع الخدمات والبنية التحتية ولمعالجة ذلك يستحسن ان يتم تعزيز اللامركزية الوظيفية وتطوير محاور نقل شعاعية وحلقية تربط الاطراف بالمركز بشكل اسرع واكثر كفاءة لتحقيق توازن زمني ومكاني داخل المدينة.

التحليلات المورفومترية والتركيبية(Space Syntax) :

يقيس هذا التحليل البنية الهندسيّة الفضائية للشبكة بصرف النظر عن حركة المرور الواقعية، ويعتمد على حساب العمق المتوسط (Mean Depth) ثم الانحراف النسبي (Relative Asymmetry – RA) وصولا إلى التكامل البصري(Integration) ، وباستخدام الآتي :(Khalil & Mohammed, 2020, p. 4-9)

١-معادلة العمق المتوسط(MD) (Hillier & Hanson, 1984):

مجلة مركز بابل للدراسات الإنسانية ٢٠٢٦ المجلد ١٦/ العدد ٩

$$MD_i = \frac{\sum_{j=1}^{n} d_{ij}}{n-1}$$

(حيث d_{ij} هي أقصر مسافة توپولوجية/خطوات بين المحور i والمحور j).

٢-معادلة التكامل البصري والمكاني (Rashid, 2013):

$$I_i = \frac{1}{RA_i} = \frac{n-2}{2(MD_i - 1)}$$

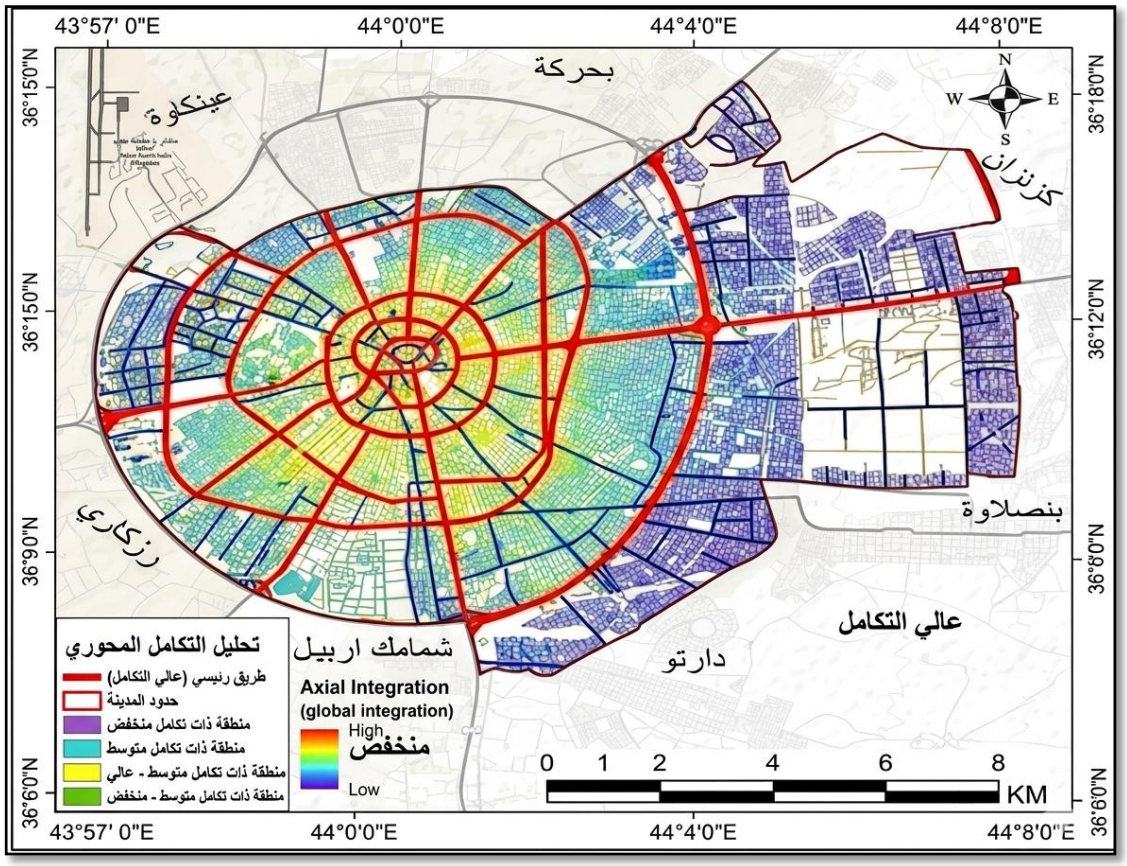
لتسهيل المقارنة بين المدن المختلفة، يُستخدم التكامل الحقيقي النسبي (RRA) بدلاً من RA عبر قسمته على قيمة معيارية (D_n).

الجدول (٤) مستويات التكامل المكاني لشبكة طرق أربيل (أطوال الطرق)

صنف التكامل	قيمة المؤشر القياسية	أطوال الشوارع (km)	النسبة المئوية (%)	التفسير
تكامل مرتفع جدا	١.٤٠<	١٣١.٠	%٣.٩	الشرايين الحلقية الرئيسية (٦٠م، ١٠٠م) والمحاور الإشعاعية النافذة
تكامل مرتفع	١.١١ – ١.٤٠	٥٢٢.٠	%١٥.٥	الطرق الثانوية الرابطة بين القطاعات السكنية الكبرى
تكامل متوسط	٠.٨٠ – ١.١٠	٢١١٣.٠	%٦٢.٨	الشوارع الداخلية للأحياء السكنية
تكامل منخفض	٠.٨٠>	٦٠٠.٠	%١٧.٨	النهايات المغلقة في الأحياء التراثية، والأطراف الشرقية النامية
المجموع	–	٣٣٦٦	%١٠٠	–

المصدر : بالاعتماد على الخريطة (٥) وتحليلات برنامج Arc Map.

الخريطة (٥) مستويات التكامل المكاني لشبكة طرق أربيل (أطوال الطرق)



المصدر : بالاعتماد على تحليلات برنامج Arc Map.

يتبين من خلال تحليل بيانات الجدول (٤) والخريطة (٥) الخاصة بالتحليلات المورفومترية والتركيبية لشبكة طرق منطقة الدراسة باستخدام أسلوب Space Syntax لعام ٢٠٢٥ اذ ان البنية الفضائية للشبكة تتسم بتدرج واضح في مستويات التكامل المكاني وهو ما يعكس اختلاف دور الشوارع داخل النظام الحضري من محاور رئيسية إلى شوارع محلية داخلية وكالآتي :

اذ تسجل فئة التكامل المتوسط النسبة الأكبر من أطوال الشبكة بنسبة ٦٢.٨% وبطول ٢١١٣ كم وهي تمثل الشوارع الداخلية للأحياء السكنية ويشير هذا النمط الى ان اغلب شبكة الطرق في المدينة ذات طابع محلي منخفض إلى متوسط في الترابط حيث تؤدي وظيفة الوصول داخل الأحياء اكثر من كونها محاور حركة رئيسة، ويعود هذا إلى التوسع العمراني الافقي السريع الذي ادى إلى نشوء احياء سكنية جديدة تعتمد على شوارع داخلية غير مهيكلة بالكامل، مما يقلل من كفاءة الترابط المكاني العام.

اما فئة التكامل المنخفض فتشكل ١٧.٨% بطول ٦٠٠ كم وتتركز في النهايات المغلقة للأحياء التراثية وبعض الأطراف الشرقية النامية ويعكس هذا المستوى وجود مناطق ذات عزلة مكانية

نسبية وضعف في الاتصال بالشبكة الرئيسة وهو ما ينتج عن الطبيعة العمرانية القديمة في بعض الاحياء او التخطيط غير المكتمل في المناطق الحديثة، وان المعالجة تتطلب فتح وصلات طرقية جديدة وربط هذه المناطق بالشبكة الثانوية لتقليل العمق المكاني وتحسين الوصولية.

في حين تمثل فئة التكامل المرتفع ١٥.٥% وبطول ٥٢٢ كم وهي الطرق الثانوية الرابطة بين القطاعات السكنية الكبرى وتؤدي هذه الفئة دور محوري في تعزيز الترابط بين أجزاء المدينة اذ تعمل كحلقة وسيطة بين الشوارع المحلية والمحاور الرئيسة، مما يساهم في تحسين تدفق الحركة وتقليل الاعتماد على المركز بشكل مباشر ويعد تعزيز هذه الفئة من اهم ادوات تحسين كفاءة الشبكة الحضرية.

اما فئة التكامل المرتفع جدا فتشكل النسبة الأقل ٣.٩% فقط وبطول ١٣١ كم، وتمثل الشرايين الحلقية الرئيسة مثل طريق ٦٠م وطريق ١٠٠م والمحاور الاشعاعية النافذة وان هذه الفئة تمثل العمود الفقري للبنية المكانية للمدينة حيث تحقق اعلى درجات الاتصال والتكامل وتعمل على ربط مختلف اجزاء المدينة ببعضها وبالمحيط الخارجي، ورغم محدودية نسبتها الا انها تلعب دورا حاسما في تنظيم الحركة وتخفيف الضغط عن الشبكات الداخلية.

ونستنتج من ذلك ان شبكة طرق منطقة الدراسة تتسم بسيادة البنية المتوسطة التكامل مع وجود مركزية واضحة في المحاور عالية التكامل مقابل اتساع نسبي في المناطق منخفضة التكامل ويعكس ذلك مرحلة نمو حضري سريع لم يكتمل فيه بعد التوازن البنيوي للشبكة ولمعالجة ذلك يفضل تعزيز الربط بين الشوارع المحلية والمحاور الثانوية ورفع كفاءة الاتصال في المناطق منخفضة التكامل، مع دعم وتوسيع المحاور عالية التكامل لضمان نظام نقل اكثر توازن وكفاءة على مستوى المدينة ككل.

الاستنتاجات :

١-اظهرت الدراسة ان شبكة طرق مدينة اربيل بين ١٩٩٠ و ٢٠٢٥ انتقلت من نمط شعاعي بسيط يعتمد على مركز واحد إلى شبكة حلقية – شعاعية اكثر تعقيدا مما يعكس تحول المدينة إلى مركز حضري واقليمي نشط .

٢-يتضح من تصنيف الطرق لعام ٢٠٢٥ ان الطرق الفرعية تشكل النسبة الاكبر من الشبكة بطول ٢٧١٣ كم وبنسبة ٨٠.٦%، مما يدل على هيمنة النمط المحلي واتساع التوسع العمراني الافقي داخل المدينة .

٣-تشير نتائج تحليل Kernel Density الى ان الكثافة المنخفضة تستحوذ على ٤٤.٦% من مساحة الشبكة (٧٥ كم²) ما يعكس ضعف ترابط الطرق في الاطراف واتساع مناطق النمو غير المكتمل .

٤-اظهر تحليل الوصول الزمني الى ان ٣٦.٩% من مساحة المدينة تقع ضمن نطاق وصولية منخفضة (٦٢ كم²)، مما يكشف عن تفاوت مكاني واضح في سهولة الوصول بين المركز والأطراف .

٥-بين تحليل Space Syntax ان ٦٢.٨% من اطول الطرق تقع ضمن فئة التكامل المتوسط (٢١١٣ كم) مما يشير الى ان اغلب الشبكة ذات وظيفة محلية اكثر من كونها محاور نقل رئيسة .

٦-يتركز التكامل المرتفع جدا في نسبة محدودة تبلغ ٣.٩% (١٣١ كم)، وهي الطرق الحلقية والمحاور الرئيسة مما يؤكد وجود مركزية واضحة في تدفق الحركة .

المقترحات:

١-العمل على تطوير شبكة طرق حلقية جديدة تربط الاطراف مباشرة دون المرور بالمركز لتقليل الضغط المروري وتحسين توزيع الحركة.

٢-تعزيز الطرق الثانوية داخل المناطق منخفضة الكثافة لرفع مستوى الترابط المكاني وتقليل العزلة الحضرية.

٣-العمل على اعادة تأهيل المحاور الرئيسة في مركز المدينة وتنظيم التقاطعات لتقليل الاختناقات المرورية في مناطق الكثافة العالية جدا.

٤-تصميم وانشاء محاور ربط شعاعية جديدة بين الاحياء الحديثة والطريق الدائري الخارجي لتحسين الوصول الزمني وتقليل زمن الرحلة.

المصادر :

١-محمود، نجيب عبدالرحمن. ابراهيم، سعد ثامر. (٢٠٢٠) .الخرائط التحليلية ، ط١. العراق: دار الابداع للطباعة والنشر.

٢-سعد ثامر إبراهيم، نجيب عبد الرحمن محمود. (٢٠٢٠). مشكلات التمثيل الحجمي في الخرائط الموضوعية الكمية. Journal of Al-Frahids Arts, 12.

٣-الهيتي، خالد عباس. (٢٠١٧). جغرافية النقل أسس ومفاهيم معاصرة. عمان: دار غيداء للنشر والتوزيع.

4-Amin, S. S., & Hussien, B. A. (2024). Styles, classification, and development of transportation street networks in Ranya City between 1957 and 2024. Raparin Journal of Humanities. https://doi.org/10.26750/q0de5x43

5-Papa, E., & Silva, C. (2020). GIS-based accessibility analysis using isochrone maps for urban transport networks. ISPRS International Journal of Geo-Information, 9(5), 341. https://doi.org/10.3390/ijgi9050341

6-Hillier, B., & Hanson, J. (1984). The social logic of space. Cambridge University Press.

7- ArcGIS Online. (n.d.). *Kernel density analysis and GIS spatial modeling*. Retrieved May 24, 2026, from ArcGIS Online Kernel Density Resource

8-Hillier, B., & Hanson, J. (1984). The social logic of space. Cambridge University Press.https://doi.org/10.1017/CBO9780511597237

9-Rashid, M. (2013). Measuring spatial configuration by space syntax methodology.https://www.researchgate.net/publication/228580253