نقد الخرائط السكانية التقليدية في ظل التحليل المكاني الحديث

د. زينب محمد امين
الجامعة العراقية / كلية الآداب
Zainab.m.ameen@aliraqia.edu.iq

Critique of Traditional Population Maps in Light of Modern Spatial Analysis

Dr. Zainab al ameen
Aliraqia University / College of Arts

المستخلص

يهدف هذا البحث إلى تقييم كفاءة الخرائط السكانية التقليدية في تمثيل التوزيع السكاني، ومقارنتها بإمكانات التحليل المكاني الحديث ضمن إطار تطبيقي على محافظة بغداد (بيانات ٢٠٢٤)، اعتمدت الدراسة منهجًا تحليليًا مقارنًا بين خرائط الكوروبلث بوصفها تمثيلًا وصفيًا قائمًا على الوحدات الإدارية كنموذج للخرائط التقليدية، وبين تقنيات التحليل المكاني مثل تحليل الكثافة السطحية (Kernel Density)وتحليل النقاط الساخنة (Hot Spot) والارتباط الذاتي المكاني (Moran's I) كنماذج للخرائط تحليل مكاني حديثة ،أظهرت النتائج أن الخرائط التقليدية تُظهر نمطًا عامًا للتوزيع يتمثل بتركز الكثافة المرتفعة (≥١٠,٠٠٠ نسمة/كم²) في نحو ١١ ناحية تمثل قرابة ٢٩٪، لكنها تُخفي التباين الداخلي وتتأثر بمشكلة الوحدات المساحية القابلة للتعديل(MAUP) ، وكشف التحليل المكاني عن تدرج مكاني مستمر للكثافة من المركز نحو الأطراف، وحدد تجمعات ذات دلالة إحصائية عالية (٩٩٪) في النواة الحضرية، مما يؤكد أن التوزيع السكاني يتصف بنمط متجمع غير عشوائي. وتخلص الدراسة إلى أن التحليل المكاني يوفر تمثيلًا أكثر دقة وتفسيرًا أعمق للبنية المكانية، ويدعم الانتقال من التمثيل الوصفي إلى النمذجة التفسيرية في الجغرافية السكانية، مع التأكيد على ضرورة تبني نماذج حديثة تتجاوز حدود الوحدات الإدارية.

الكلمات المفتاحية: الخرائط السكانية، التحليل المكاني، GIS، التوزيع السكاني، الكارتوغرافية السكانية..

Abstract

This research aims to evaluate the efficiency of traditional population maps in representing population distribution, and to compare them with the capabilities of modern spatial analysis within an applied framework on Baghdad Governorate (2024 data). The study adopted a comparative analytical approach between corporeal maps as a descriptive representation based on administrative units as a model for traditional maps, and spatial analysis techniques such as kernel density analysis, hot spot analysis, and spatial autocorrelation (Moran's I) as models for modern spatial analysis maps. The results showed that traditional maps show a general pattern of distribution characterized by the concentration of high density (≥10,000 people/km²) in about 11 districts representing about 29%, but they hide the internal variation and are affected by the problem of modifiable area units (MAUP). Spatial analysis revealed a continuous spatial gradient of density from the center towards the periphery, and identified clusters of high statistical significance (99%) in the urban core, which confirms that the population distribution is characterized by a clustered, non-random pattern. The study concludes that spatial analysis provides a more accurate representation and deeper interpretation of spatial structure, and supports the transition from descriptive representation to interpretive modeling in population geography, while emphasizing the need to adopt modern models that transcend the boundaries of administrative units..

Keywords :Population Maps – Spatial Analysis – GIS – Population Distribution – Population Cartography.

بسم الله الرحمن الرحيم

أولا: المقدمة

يُعدّ التوزيع السكاني ظاهرة جغرافية معقدة نتيجة تفاعل العوامل الطبيعية والبشرية ضمن الحيز المكاني بصورة ديناميكية وغير متجانسة، فضلاً عن اتسامه بالتدرج والاستمرارية والتباين على مستويات متعددة، مما يجعل تمثيله وتحليله تحدياً منهجياً في الدراسات المعاصرة، وقد اعتمدت الخرائط السكانية التقليدية، ولا سيما خرائط الكوروبلث والكثافة، على تجميع البيانات ضمن وحدات إدارية ثابتة لتبسيط الواقع المكاني، إلا أن هذا التبسيط أصبح يمثل قيداً منهجياً في ظل تطور طبيعة البيانات وأدوات التحليل.إذ إن التوزيع السكاني لا يخضع فعلياً لحدود إدارية، بل يعكس أنماطاً مكانية مستمرة، مما يجعل تمثيله ضمن وحدات مصطنعة اختزالاً قد يُفضي إلى تشويه البنية المكانية، كما أن الطابع الساكن للخرائط التقليدية يحدّ من قدرتها على تفسير العلاقات المكانية أو التنبؤ بها. في المقابل، أتاح التطور في نظم المعلومات الجغرافية (GIS)والاستشعار عن بعد والتحليل المكاني إمكانيات متقدمة للتعامل مع السكان بوصفهم ظاهرة مكانية مستمرة عالية الدقة، قابلة للنمذجة ضمن إطار ديناميكي يتجاوز القيود الإدارية عليه لم يعد تمثيل السكان مجرد عرض بصري، بل أصبح عملية تحليلية قائمة على نماذج مكانية تفسيرية تكشف أنماط التركز والتشتت وتقيس دلالتها الإحصائية، بما ينسجم مع توجهات الجغرافية التحليلية نحو الانتقال من الوصف إلى التفسير. ضمن هذا السياق، يسعى البحث إلى تقديم قراءة نقدية للخرائط السكانية التقليدية ومقارنتها بالتحليل المكاني الحديث، بهدف إعادة بناء منهجية أكثر دقة وواقعية لتمثيل التوزيع السكاني.

١. **مشكلة البحث:** تتمثل مشكلة البحث في الفجوة القائمة بين طبيعة التوزيع السكاني كظاهرة مكانية ديناميكية مستمرة، وبين الأساليب التقليدية التي تعالجه بوصفه قيماً منفصلة داخل حدود إدارية ثابتة، الأمر الذي ينعكس سلباً على دقة التحليل المكاني وموثوقية مخرجاته، خصوصاً في التطبيقات التخطيطية واتخاذ القرار.

٢. **فرضية البحث:** أن الأساليب الحديثة مثل تحليل الكثافة السطحية (Kernel Density)وتحليل النقاط الساخنة (Hot Spot Analysis) والارتباط الذاتي المكاني (Spatial Autocorrelation)، قادرة على الكشف عن الأنماط المكانية الدقيقة، وإظهار التدرج الحقيقي للكثافة السكانية، وتحديد مناطق التركز ذات الدلالة الإحصائية.

٣. **هدف البحث:** هو إعادة تقييم الأسس المنهجية لتمثيل التوزيع السكاني، من خلال الانتقال من المقاربات الكارتوغرافية التقليدية إلى توظيف تقنيات التحليل المكاني الحديثة ضمن إطار تحليلي تفسيري متكامل.

٤. **أهمية البحث:** تأتي أهمية هذا البحث من كونه يتناول إشكالية منهجية أساسية في الجغرافية السكانية، تتمثل في مدى كفاءة الأساليب التقليدية في تمثيل التوزيع السكاني، في ظل التحولات التي شهدتها تقنيات التحليل المكاني ونظم المعلومات الجغرافية، ويمكن تناول أهمية البحث من خلال بعدين رئيسين:

البعد العلمي: اذ يعيد البحث بناء فهم تمثيل السكان من خلال نقد الخرائط التقليدية وتبني التحليل المكاني التفسيري، بما يحقق تكاملاً بين النظرية والتطبيق

البعد التطبيقي: في تحسين دقة تمثيل التوزيع السكاني باستخدام تقنيات التحليل المكاني التي تكشف الأنماط المكانية الدقيقة، ويوفر أساساً علمياً لاتخاذ القرار المكاني عبر خرائط تحليلية ذات دلالة إحصائية، فضلاً عن تمهيد الطريق لتوظيف التقنيات

الحديثة كنظم المعلومات الجغرافية والذكاء الاصطناعي في إنتاج نماذج سكانية عالية الدقة.

٥. **الحدود المكانية:** تتمثل الحدود المكانية للدراسة في محافظة بغداد بوصفها حالة تطبيقية تمثل بيئة حضرية مركبة ذات تباين مكاني حاد في توزيع السكان، الأمر الذي يجعلها نموذجًا مناسبًا لاختبار كفاءة أساليب التمثيل الكارتوغرافي التقليدي مقارنة بالتحليل المكاني الحديث، وقد تم اعتماد مستوى الوحدات الإدارية الدنيا (النواحي) كوحدة تحليل أساسية في التمثيل التقليدي (شكل:١).

شكل (١): التقسيم الإداري لمحافظة بغداد بحسب النواحي ووفقا لتعداد ٢٠٢٤

المصدر/ من إعداد الباحثة بالاعتماد على بيانات الجهاز المركزي للإحصاء وتكنولوجيا المعلومات، وحدة نظم المعلومات الجغرافية ، بيانات محافظة بغداد المعتمدة في تعداد ٢٠٢٤، باستخدام ArcGIS.

الحدود الزمانية: اعتمدت الدراسة على بيانات التوزيع السكاني الخاصة بتعداد عام ٢٠٢٤، وتمثل أحدث قاعدة بيانات متاحة ذات دقة مكانية مناسبة للتحليل، ولضمان توحيد المقارنة بين الأساليب المختلفة ضمن إطار زمني ثابت، ولا تتناول الدراسة البعد الزمني الديناميكي للتغير السكاني، انما على تحليل النمط المكاني للتوزيع في زمن محدد، بهدف عزل أثر المنهج المستخدم في التمثيل والتحليل عن تأثير التغيرات الزمنية، ويُعد هذا التحديد ضروريًا لضبط المتغيرات البحثية، وتعود الفروقات في النتائج إلى الاختلاف المنهجي بين التمثيل التقليدي والتحليل المكاني، وليس إلى تغيرات زمنية في البيانات.

٦. **الحدود الموضوعية:** ينحصر نطاق الدراسة في تحليل وتمثيل التوزيع السكاني من خلال متغيرين رئيسين هما(عدد السكان والكثافة السكانية)، وذلك بهدف تقييم كفاءة الأساليب الكارتوغرافية التقليدية (Choropleth) مقابل تقنيات التحليل المكاني الحديثة، دون التوسع في تحليل العوامل التفسيرية (مثل العوامل الاقتصادية أو الاجتماعية) بالقدر الذي يخدم تفسير النمط المكاني.

٧. **الدراسات السابقة:** شهدت الدراسات الجغرافية تحولًا منهجيًا واضحًا في مقاربة تمثيل التوزيع السكاني، اذ هيمنت الخرائط التدرج اللوني (Choropleth Maps) في المرحلة الكلاسيكية بوصفها الأداة الرئيسة لعرض الكثافة ضمن الوحدات الإدارية، استنادًا إلى افتراض ضمني بتجانس التوزيع داخل هذه الوحدات، إلا أن هذا الافتراض تعرّض لنقد مبكر، إذ بيّن (Goodchild & Lam, 1980) أن التمثيل المساحي المتساوي يؤدي إلى تبسيط مخلّ يفقد البيانات دقتها المكانية، وهو ما تم تعميقه لاحقًا عبر إشكالية الوحدات المساحية القابلة للتعديلMAUP ، التي أثبت ,Openshaw) (1984 من خلالها أن نتائج التحليل ليست ثابتة بل تتغير تبعًا لبنية التقسيم الجغرافي،

مما يقوّض موثوقية التفسير المستند إلى الخرائط التقليدية، وفي السياق ذاته أعادت الكارتوغرافية النقدية صياغة فهم الخريطة بوصفها بناءً معرفيًا غير محايد، يعكس اختيارات منهجية وانتقائية في تمثيل الواقع، كما أوضح (Harley, 1989,Denis Wood, 1992)، والذي يفسر قدرة الخرائط السكانية على إخفاء التباين المكاني الدقيق بدل كشفه.

مع تطور نظم المعلومات الجغرافية، انتقل البحث الجغرافي نحو التحليل المكاني الكمي، وركّزت دراسات (Haining, 2003, Longley et al., 2015) على توظيف الإحصاء المكاني لفهم العلاقات بين الظواهر، مؤكدة أن البيانات السكانية تتصف بالاعتماد المكاني، وأن تجاهل هذا البعد يؤدي إلى نتائج مضللة، وظهرت خرائط بديلة مثل الخرائط الديزومترية التي تُستخدم لإعادة توزيع البيانات الإحصائية داخل الوحدات المكانية اعتمادًا على معلومات إضافية مثل استعمالات الأرض (John C. Slocum, et al., 2009)، بهدف تمثيل أكثر واقعية للتوزيع المكاني للظاهرة، بدلاً من افتراض التجانس داخل الوحدة الإدارية ، فضلا عن نماذج الانحدار الموزون جغرافيًا (GWR) التي أثبتت عدم استقرارية العلاقات المكانية عبر الفضاء (Brunsdon et al., 1996)، وهو ما رسّخ الحاجة إلى نماذج تحليلية مرنة تتجاوز التمثيل الثابت، كما عززت الاتجاهات الحديثة، ولا سيما دمج الاستشعار عن بعد والذكاء الاصطناعي ضمن مشاريع مثل WorldPop ، القدرة على إنتاج بيانات سكانية عالية الدقة على مستوى الخلايا الشبكية، بما يسمح بتمثيل التباين المكاني المستمر (Goodchild, 2004, Longley et al., 2015) ، وعلى الرغم من هذا التقدم المنهجي، تُظهر الدراسات استمرار الاعتماد على الخرائط التقليدية في التطبيقات العملية، مما يكشف عن فجوة واضحة بين التطور النظري والتطبيق الفعلي، وتكمن

هذه الفجوة في غياب إطار تكاملي يعيد بناء التمثيل الكارتوغرافي للسكان ضمن منظور تحليلي مكاني، بحيث يدمج بين النمذجة الإحصائية والتمثيل البصري في آن واحد، ومن هنا تنطلق هذه الدراسة لتجاوز الطرح الثنائي (تقليدي/حديث)، عبر بناء منهجية تحليلية– كارتوغرافية متكاملة تُختبر تطبيقيًا بما يتيح الانتقال من تمثيل ساكن قائم على الوحدات الإدارية إلى تمثيل ديناميكي فعّال يعكس البنية المكانية الفعلية للتوزيع السكاني، ويعزز القدرة التفسيرية للخرائط في سياق التحليل المكاني المعاصر .

المحور الأول: الإطار المفاهيمي

أولا: المفاهيم الأساسية:

تُعرَّف الخرائط السكانية بوصفها أدوات كارتوغرافية لتحويل البيانات الديموغرافية إلى تمثيلات بصرية تُبرز التباين المكاني والعلاقات بين الظواهر السكانية، ولا سيما الكثافة والنمو والهجرة ضمن وحدات مكانية مختلفة (Robinson et al., 1995; Kraak & Ormeling, 2020). أما التحليل المكاني فيمثل إطارًا كميًا–إحصائيًا لدراسة توزيع الظواهر والكشف عن أنماطها وعلاقاتها المكانية، مع اختبار دلالتها والتنبؤ بسلوكها (Burrough & McDonnell, 1998; Haining, 2003). ويشير التوزيع السكاني إلى أنماط انتشار السكان في الفضاء الجغرافي (متجمع، متباعد، متدرج) نتيجة تفاعل عوامل متعددة، وهو يعكس عدم التجانس المكاني للاستقرار البشري (Haggett, 2001; Weeks, 2012). وقد أسهمت نظم المعلومات الجغرافية (GIS) في نقل الجغرافية السكانية من الوصف إلى التحليل التفسيري عبر ربط البيانات بالموقع وتحليلها ضمن بيئة مكانية متكاملة، مما عزز دقة التمثيل وبناء النماذج التفسيرية.(Goodchild, 2004; Longley et al., 2015)

١. التطور التاريخي لتمثيل السكان:

مرّ تمثيل السكان بثلاث مراحل رئيسة: تمثلت المرحلة التقليدية في الاعتماد على خرائط الكوروبلث والكثافة لعرض البيانات ضمن وحدات إدارية ثابتة، مع افتراض التجانس الداخلي، وهو تبسيط يحدّ من الدقة ويخضع لإشكالية MAUP والتي وضحها (Robinson et al., 1995; Burrough & McDonnell, 1998). أما المرحلة الكمية فقد شهدت إدخال الأساليب الإحصائية مثل الارتباط المكاني، وكشفت عن حساسية النتائج للتقسيمات الجغرافية وأهمية الاعتماد المكاني (Openshaw, 1984; Haining, 2003)في حين تمثل المرحلة الحديثة GIS) (Al &تحولًا نوعيًا نحو تمثيل السكان كأسطح مستمرة(Kernel Density) ، وتحليل التركز(Hot Spot) ، ونمذجة العلاقات(GWR) ، وإنتاج بيانات عالية الدقة، مما نقل الخريطة من أداة عرض إلى أداة تحليل ونمذجة (Goodchild, 2004; Longley et al., 2015).

٢. الأسس النظرية للتحليل المكاني:

يرتكز التحليل المكاني على مبادئ أساسية، أهمها التباين المكاني الذي يؤكد عدم تجانس القيم عبر الفضاء(Haining, 2003) ، والاعتماد المكاني الذي يفترض ترابط القيم وفق قانون توبلر(Tobler, 1970; Anselin, 1995)، والاستمرارية المكانية التي تنظر إلى الظواهر كحقول متدرجة غير مقيدة بالحدود الإدارية (Burrough & McDonnell, 1998)، وأخيرًا النمذجة المكانية التي توظف النماذج الرياضية لتفسير العلاقات والتنبؤ بها ضمن إطار ديناميكي متعدد البيانات (Longley et al., 2015).

٣. الكارتوغرافية النقدية:

تعيد الكارتوغرافية النقدية تعريف الخريطة بوصفها بناءً معرفيًا غير محايد، يعكس اختيارات منهجية وثقافية .(Harley, 1989) فالخريطة لا تنقل الواقع بل تعيد تنظيمه عبر التعميم والتصنيف، مما يجعلها نموذجًا تفسيريًا أكثر من كونها انعكاسًا مباشرًا .(Wood, 1992)كما أن التبسيط الكارتوغرافي، رغم ضرورته، قد يؤدي إلى تشويه إدراك الظواهر المكانية وإنتاج أنماط مضللة، حيث تنطوي الخرائط على قدر من التلاعب المشروع الناتج عن عمليات الاختزال (Monmonier, 1996) وعليه فإن قراءة الخريطة تتطلب تحليل منهجية إنتاجها بقدر تفسير محتواها.

ثانيا: الخرائط التقليدية

١. الخرائط السكانية التقليدية

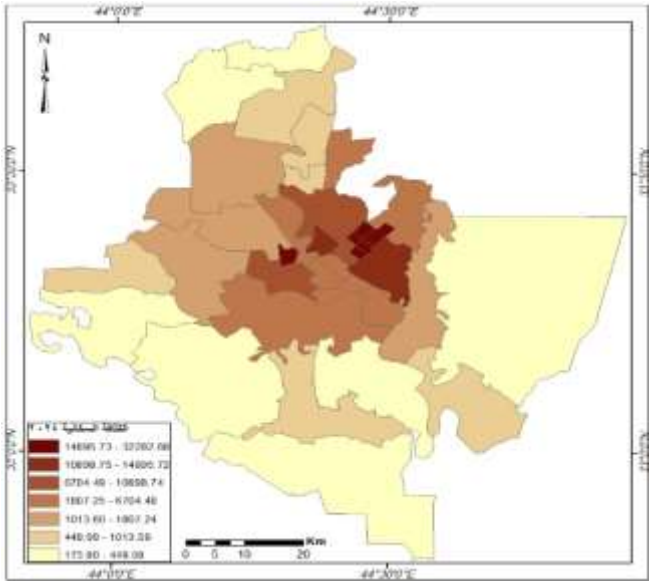
تُعدّ الخرائط السكانية التقليدية الأساس التاريخي لتمثيل التوزيع السكاني، إذ تعتمد على تحويل البيانات الإحصائية إلى تمثيل بصري ضمن وحدات إدارية ثابتة، ما يجعلها ذات طبيعة تجميعية تعكس المتوسطات المكانية. ورغم أهميتها في إظهار النمط العام، فإنها تظل محدودة علمياً بسبب طابعها الوصفي وعدم قدرتها على تمثيل الاستمرارية المكانية أو تفسير العلاقات الجغرافية المعقدة ,.Robinson et al) .(1995; Burrough & McDonnell, 1998 لذلك، برز اتجاه نقدي يدعو إلى إعادة تقييمها في ضوء التحليل المكاني الحديث.

٢. خرائط الكوروبلث

تعتمد على تمثيل القيم داخل وحدات إدارية بتدرج لوني، مع افتراض تجانس داخلي غير واقعي، في حالة بغداد (شكل ٢) والجدول (١)، تتركز الكثافات المرتفعة (≤١٠,٠٠٠ نسمة/كم²) في نحو ١١ ناحية (٢٩٪) ضمن النطاق المركزي الشرقي،

مقابل كثافات منخفضة في الأطراف، مما يعكس نمطًا شعاعيًا غير متكافئ، إلا أن هذا التمثيل يُخفي التباين الداخلي، ويتأثر بشدة بمشكلة MAUP وبالتصنيف الكارتوغرافي، فضلاً عن التضليل البصري المرتبط بالمساحة، ما يجعله أداة وصفية تجيب عن أين؟ دون تفسير لماذا؟(Openshaw, 1984; Monmonier, 1996) .

الشكل(٢): خريطة كوروبلث توزيع الكثافة السكانية لمحافظة بغداد ٢٠٢٤



المصدر/ بالاعتماد على بيانات تعداد ٢٠٢٤ الجزء الخاص بمحافظة بغداد.

جدول (١) توزيع الكثافة السكانية

فئة الكثافة (نسمة/كم²)	عدد النواحي	النسبة%
17 – 440	8	21%
440 – 1013	7	18%
1013 – 1807	6	16%
1807 – 4078	٦	16%
4078 – 10896	٥	13%
10896 – 14965	6	16%
المجموع	38	100%

٣. خرائط الكثافة

تمثل العلاقة بين السكان والمساحة (نسمة/كم^2)، وتُحسن المقارنة النسبية، لكنها تبقى مقيدة بالوحدات الإدارية وتفترض التجانس الداخلي، ولا تعكس التدرج المكاني المستمر، إذ تُظهر في بغداد نفس النمط العام للكوروبلث دون كشف مناطق الانتقال التدريجي(Longley et al., 2015) .

٤. خرائط النقاط

تعتمد على توزيع نقاط تمثل السكان داخل الوحدات، وتُظهر التباين بصرياً بشكل أفضل، إلا أنها تعتمد توزيعاً اصطناعياً لا يعكس المواقع الفعلية، وقد تُنتج أنماطاً مضللة، فضلاً عن غياب الدلالة الإحصائية واستمرار تأثير MAUP بشكل غير مباشر.

٥. تقييم تركيبي .

تتسم الخرائط التقليدية بتمثيل وصفي الجدول (٢)، دقة مكانية محدودة، ضعف إظهار التباين الداخلي، قدرة تفسيرية منخفضة، وحساسية عالية لـMAUP ، وتؤكد نتائج تطبيق بغداد أن هذه الخرائط، رغم إظهارها للنمط العام، تُخفي التباين الداخلي، وتُبسّط الظاهرة، ولا تكشف التركزات الحقيقية أو العلاقات المكانية، مما يحد من صلاحيتها للتحليل التفسيري، وهو ما يتوافق مع الأدبيات الحديثة التي تؤكد ضرورة تجاوزها نحو التحليل المكاني المتقدم(Haining, 2003; Longley et al., 2015) .

جدول (٢) تقييم تركيبي لخصائص الخرائط السكانية التقليدية

المعيار	التوصيف العلمي
طبيعة التمثيل	تمثيل وصفي يعتمد على عرض القيم دون تفسير العلاقات المكانية
وحدة التحليل	وحدات إدارية (نواحي/أقضية)
الدقة المكانية	محدودة بسبب التعميم داخل الوحدة
إظهار التباين الداخلي	ضعيف، إذ تُفترض قيم متجانسة داخل كل وحدة
القدرة التفسيرية	منخفضة، تقتصر على الإجابة عن أين دون لماذا
الحساسية لـMAUP	مرتفعة، حيث يتغير النمط تبعًا لحجم وشكل الوحدات
تمثيل التدرج المكاني	غير مستمر، يعتمد على حدود إدارية صلبة
الاعتماد على التصنيف	مرتفع، يتأثر اختيار الفئات الكارتوغرافية بالنمط الظاهر

ثانيا: المشكلات المنهجية في الخرائط التقليدية.

١- الخرائط السكانية التقليدية

تُعدّ الخرائط السكانية التقليدية، ولا سيما خرائط الكوروبلث، أداة وصفية شائعة لتمثيل التوزيع السكاني ضمن وحدات إدارية ثابتة، إلا أن كفاءتها المنهجية تبقى محدودة بسبب طبيعة البيانات المكانية التي تتسم بالتباين والاستمرارية، مقابل اعتماد هذه الخرائط على التجميع والتبسيط، ويؤدي هذا التباين بين طبيعة الظاهرة وأسلوب تمثيلها إلى مجموعة من القيود المنهجية يمكن تلخيصها كما يأتي:

٢- مشكلة الوحدات المساحية القابلة للتعديل(MAUP)

تتغير نتائج التحليل المكاني تبعاً لحجم وشكل الوحدات الإدارية المستخدمة، حتى مع ثبات البيانات (Openshaw, 1984) ففي تطبيق بغداد (شكل ٢)، يعكس نمط الكثافة السكانية بنية التقسيم الإداري (٣٨ ناحية) أكثر من التوزيع الحقيقي، حيث تبدو الوحدات الكبيرة منخفضة الكثافة أكثر حضوراً بصرياً مقارنة بوحدات صغيرة عالية الكثافة، كما أن تغيير مستوى التحليل يؤدي إلى أنماط مختلفة، مما يضعف حيادية النتائج(أمين ، ٢٠٢٦).

٣- التعميم الكارتوغرافي

يعتمد التمثيل التقليدي على تصنيف القيم إلى فئات لونية، ما يؤدي إلى اختزال البيانات المستمرة وفقدان التفاصيل الدقيقة، خصوصاً عند التقارب العددي بين القيم (Monmonier, 1996)، وفي حالة بغداد (شكل ٢)، يؤثر التصنيف اليدوي في إدراك النمط المكاني وقد يُخفي فروقاً فعلية داخل الفئة الواحدة.

٤- إخفاء التباين الداخلي

تفترض الخرائط التقليدية تجانس التوزيع داخل الوحدة الإدارية، إذ تمثل كل وحدة بقيمة واحدة، مما يؤدي إلى طمس التباين الداخلي والتدرج الحقيقي للكثافة، خاصة في البيئات الحضرية المعقدة. وقد أكد Haggett (2001) أن الاعتماد على المتوسطات يؤدي إلى فقدان البنية المكانية الدقيقة.

٥- التضليل البصري

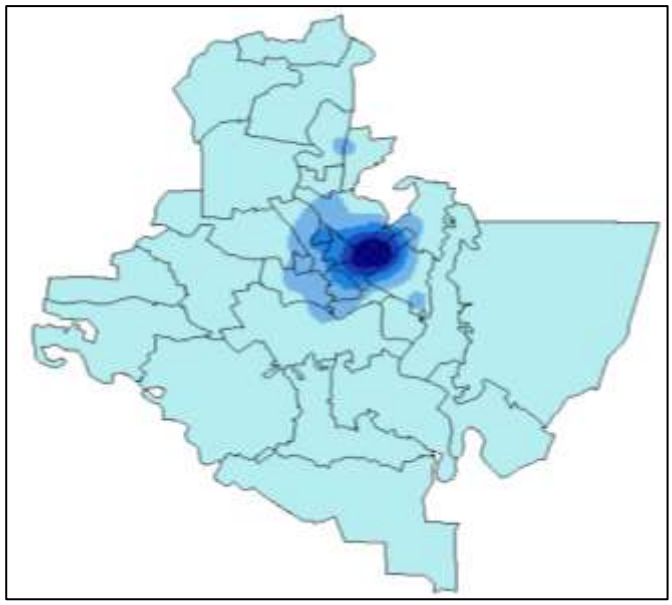
يعزز التمثيل المساحي من بروز الوحدات الكبيرة بصرياً بغض النظر عن كثافتها، مقابل تقليل ظهور المناطق الصغيرة عالية الكثافة، كما يظهر في بغداد (شكل ٢). ويؤدي ذلك إلى تحيز إدراكي يبالغ في أهمية الأطراف ويقلل من مركزية النواة الحضرية(Monmonier, 1996) .

٦- الطابع الوصفي المحدود

تتسم الخرائط السكانية التقليدية بتركيزها على البعد الوصفي للظاهرة، إذ تقتصر في الغالب على الإجابة عن سؤال "أين؟" دون التعمق في تفسير العلاقات المكانية أو اختبار دلالتها الإحصائية، مما يجعلها أقرب إلى أدوات عرض بصري منها إلى أدوات تحليل مكاني متقدم.(O'Sullivan & Unwin, 2010)

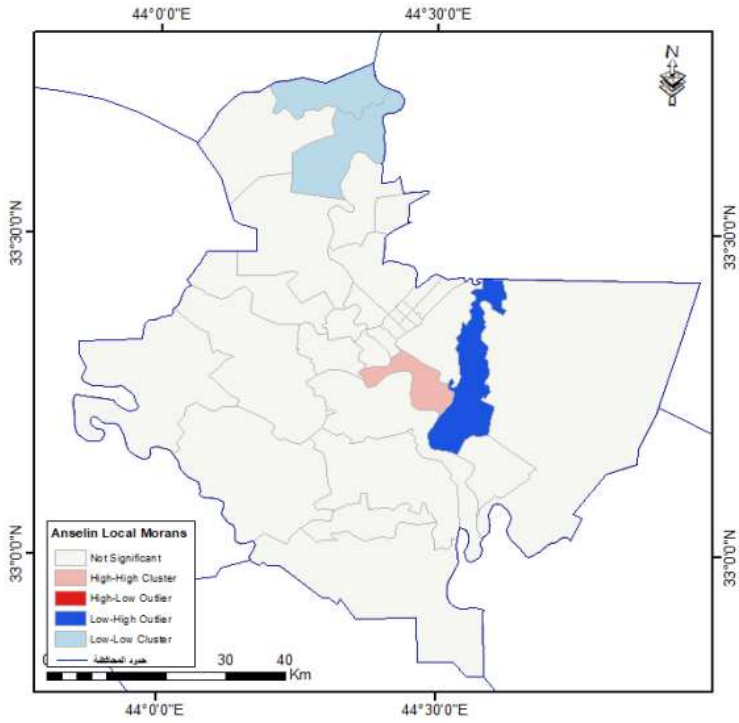
وفي المقابل، يُظهر التحليل المكاني الحديث – كما يتضح في الشكلين (٣، ٤) – أنماطاً مكانية أكثر تعقيداً، من خلال الكشف عن توزيع مستمر للكثافة السكانية وتحديد تجمعات مكانية ذات دلالة إحصائية عند مستوى ثقة (٩٩٪)، الأمر الذي يعكس قدرته على تفسير البنية المكانية للظاهرة بصورة أدق.

شكل (3): تحليل الكثافة السطحية(Kernel Density)



المصدر/ بالاعتماد على بيانات تعداد ٢٠٢٤ الجزء الخاص بمحافظة بغداد.

شكل (4): الارتباط الذاتي المكاني(Spatial Autocorrelation)



المصدر/ بالاعتماد على بيانات تعداد ٢٠٢٤ الجزء الخاص بمحافظة بغداد.

تكشف هذه الإشكالات أن الخرائط السكانية التقليدية، رغم أهميتها الوصفية، غير كافية لتمثيل الواقع المكاني بدقة، مما يستدعي اعتماد التحليل المكاني كبديل منهجي قادر على تجاوز القيود الإدارية وتقديم تفسير علمي أكثر موثوقية.

رابعا: تقييم كفاءة التمثيل التقليدي .

يُعدّ التمثيل الكارتوغرافي التقليدي، ولا سيما خرائط الكوروبلث، أداة شائعة في عرض التوزيع السكاني، إلا أن كفاءته تُقاس وفق معايير منهجية تشمل دقة التمثيل، والقدرة التفسيرية، والحساسية المكانية، وحدود الاستخدام، وتُظهر نتائج التطبيق على محافظة بغداد وجود قيود بنيوية تحد من دقته التحليلية.

١- دقة التمثيل

تعتمد خرائط الكوروبلث على تمثيل القيم ضمن وحدات إدارية ثابتة باستخدام المتوسطات، بما يفترض تجانس التوزيع داخل الوحدة، وهو افتراض لا يعكس الواقع المكاني غير المتجانس، خصوصًا في البيئات الحضرية، ففي بغداد تتركز الكثافات المرتفعة (≥١٠,٠٠٠ نسمة/كم²) في ١١ ناحية (٢٩٪)، ينظر الجدول (١) ، إلا أن هذا التمثيل يُخفي التباين الداخلي ولا يُظهر التدرج الحقيقي للكثافة، مما يؤدي إلى فقدان البنية المكانية الدقيقة.(Haggett, 2001)

٢- القدرة التفسيرية

يقتصر التمثيل التقليدي على وصف النمط العام دون تفسير أسبابه أو اختبار دلالته الإحصائية. ورغم إظهار نمط شعاعي للكثافة في بغداد (شكل ٢)، إلا أنه لا يكشف طبيعة التركز أو الترابط المكاني، في حين أظهرت أدوات التحليل المكاني (شكل ٣، ٤) أن التركز المركزي ذو دلالة إحصائية عالية (٩٩٪)، وعليه تبقى الخرائط التقليدية أدوات وصفية محدودة التفسير (O'Sullivan & Unwin, 2010) .

٣- الحساسية المكانية(MAUP)

تتسم الخرائط التقليدية بحساسية عالية لتغير وحدات التحليل، إذ يتأثر النمط المكاني بحجم وشكل الوحدات الإدارية وضمن محافظة بغداد يظهر تُضخّم النواحي الكبيرة منخفضة الكثافة بصريًا، بينما تُهمّش النواحي الصغيرة عالية الكثافة، مما يؤدي إلى تحيز إدراكي وتغير النتائج دون تغيير البيانات، وهو ما يُعد جوهر إشكالية MAUP (Openshaw, 1984).

٤- حدود الاستخدام

تظل الخرائط التقليدية ذات طابع وصفي قائم على التعميم والتصنيف، مع عجز عن تمثيل الاستمرارية المكانية أو إجراء تحليل إحصائي. وفي حالة بغداد، قدمت تصورًا عامًا للتوزيع، لكنها فشلت في تحديد بؤر التركز أو التمييز بين النمط العشوائي والمنظم. بالمقابل، أظهر التحليل المكاني تمثيلًا مستمرًا وكشف تجمعات ذات دلالة، مما يعزز دقة الفهم المكاني ويدعم التحليل التفسيري.

وعليه فإن محدودية التمثيل التقليدي لا ترتبط بأداة العرض فحسب، بل بطبيعته المنهجية القائمة على التجميع، مما يستدعي تبني مقاربات تحليلية مكانية أكثر دقة وموضوعية.

المحور الثاني: الأساليب الحديثة في تحليل السكان

أولا: التحليل المكاني كبديل منهجي

يمثل التحليل المكاني إطارًا منهجيًا متقدمًا يتجاوز التمثيل التجميعي للسكان ضمن وحدات إدارية، نحو تحليل الأنماط والعلاقات المكانية بوصفها ظاهرة مستمرة في الفضاء. ويعتمد على أساليب كمية تكشف طبيعة التوزيع (متجمع، متباعد، عشوائي) مع مراعاة الاعتماد المكاني، مما يجعله بديلاً تفسيرياً للنهج الكارتوغرافي الوصفي (Haining, 2003; Longley et al., 2015).

١. الانتقال من الوصف إلى التفسير

تقتصر الخرائط التقليدية، خاصة الكوروبلث، على إظهار مواقع القيم دون تفسيرها، إذ تجيب عن أين؟ دون لماذا؟ في المقابل يكشف التحليل المكاني البنية الفعلية للتوزيع، كما في حالة بغداد، حيث أظهر التمثيل التقليدي تركز الكثافة المرتفعة في نحو ١١ ناحية (٢٩٪)، لكنه أخفى التباين الداخلي. بينما بيّن تحليل Kernel Density (شكل

٣) تدرجًا مستمرًا من المركز نحو الأطراف، وحدد تحليل Hot Spot (شكل ٤) تجمعات ذات دلالة إحصائية عالية (٩٩٪)، مما يؤكد أن النمط متجمع وغير عشوائي (Getis & Ord, 1992; Anselin, 1995). وعليه، يتحول التمثيل من عرض تجميعي إلى تفسير ديناميكي قائم على البنية المكانية.

٢. دور نظم المعلومات الجغرافية(GIS)

أسهمت نظم المعلومات الجغرافية في تحويل الخريطة إلى أداة تحليلية، عبر دمج البيانات المكانية بالتحليل الإحصائي ضمن بيئة واحدة، فقد أتاحت تطبيق أدوات متقدمة مثل تحليل الكثافة السطحية لإنتاج أسطح مستمرة، والارتباط الذاتي المكاني (Moran's I) لقياس الاعتماد، وتحليل النقاط الساخنة (Gi*) لتحديد التجمعات ذات الدلالة، ويؤكد (Goodchild ,2004) أن الخريطة أصبحت جزءًا من عملية التحليل المكاني وليس مجرد مخرج بصري.

٣. دور البيانات عالية الدقة

أدى توفر البيانات المكانية عالية الدقة إلى تعزيز كفاءة التحليل المكاني، عبر الانتقال إلى نماذج شبكية وتمثيلات ديزومترية تعيد توزيع السكان وفق استخدامات الأرض والبنية العمرانية، ويسهم ذلك في تقليل تأثير MAUP وتحسين دقة التمثيل، فضلًا عن رفع القدرة على كشف التباين الداخلي والتجمعات الحقيقية وخفض الخطأ الإحصائي

RMSE)Root Mean Square Error

هو الجذر التربيعي لمتوسط مربع الخطأ وهو مؤشر إحصائي يُستخدم لقياس مقدار الانحراف بين القيم المتوقعة أو النموذجية وبين القيم الفعلية، وفي نمذجة التوزيع السكاني، فإنه يقيس مدى دقة النموذج كالكثافة أو التوزيع السطحي، وكلما كانت

قيمة RMSE منخفضة كان النموذج أكثر دقة وتمثيلاً للواقع) ، وهو ما يدعم النمذجة الواقعية للتوزيع السكاني

(Longley et al., 2015; Goodchild, 2004).

ثانيا: الأساليب الحديثة في تحليل السكان

تمثل أساليب التحليل المكاني المتقدمة نقلة منهجية من التمثيل الوصفي إلى التفسير الكمي للأنماط السكانية، إذ تتيح الكشف عن البنية المكانية الحقيقية للتوزيع السكاني بعيداً عن قيود الوحدات الإدارية، وفيما يلي عرض علمي موجز لأهم هذه الأساليب التي طُبّقت على بيانات محافظة بغداد، وبذلك فإن هذه الأدوات لا تحسن العرض الكارتوغرافي فحسب، بل تعيد تفسير البنية المكانية للتوزيع السكاني، كما أثبتته نتائج تطبيق بغداد (الأشكال ٣، ٤ والجدول ١)، مما يدعم التحول نحو منهجية تحليلية تفسيرية في الجغرافية السكانية.

١. تحليل الكثافة السطحية(Kernel Density)

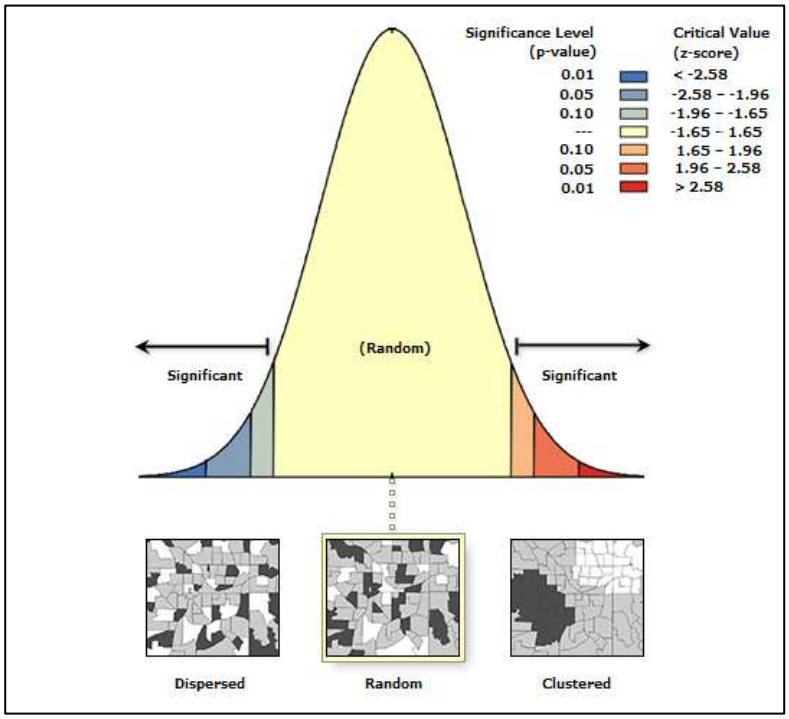
يُستخدم تحليل الكثافة السطحية لتحويل البيانات النقطية إلى سطح مكاني مستمر يُظهر درجة التركز السكاني تدريجياً، وتنخفض الكثافة مع الابتعاد عن مراكز التركز، وهذا الأسلوب يعتمد على تقدير الكثافة في كل موقع بناءً على القيم المجاورة ضمن نطاق تأثير مكاني محدد، وقد أظهر التطبيق على محافظة بغداد (شكل ٣) تركزاً واضحاً للكثافة السكانية في النواة الحضرية المركزية، مع تناقص تدريجي نحو الأطراف، مما يعكس نمطاً شعاعياً غير متجانس مرتبطاً بالبنية العمرانية والخدمية، ويُعد هذا الأسلوب أكثر قدرة على تمثيل الاستمرارية المكانية مقارنة بالخرائط التقليدية (Longley et al., 2015).

٢. الارتباط الذاتي المكاني(Spatial Autocorrelation – Moran's I)

يُستخدم مؤشر Moran's I لقياس درجة الترابط المكاني بين القيم، أي ما إذا كان توزيع السكان يتصف بالتجمع أو التشتت أو العشوائية، وتُشير القيم الموجبة للمؤشر إلى وجود تجمّع مكاني(Clustered Pattern) ، بينما تدل القيم السالبة على التباعد، والقيم القريبة من الصفر على العشوائية،

وقد أكدت الدراسات أن البيانات السكانية تتسم باعتماد مكاني واضح، وأن تجاهل هذا الترابط يؤدي إلى نتائج تحليلية مضللة (Anselin, 1995) ، وفي حالة بغداد تُشير نتائج تحليل Moran's I في شكل (٥) إلى أن قيمة المؤشر بلغت (0.0179)، وهي قيمة موجبة ضعيفة جداً وقريبة من الصفر، في حين بلغ (0.80) Z–score ومستوى الدلالة الإحصائية (p = 0.42)، وهي قيمة أعلى من مستوى الدلالة المعتمد (٠.٠٥)، مما يدل على عدم وجود ارتباط ذاتي مكاني ذو دلالة إحصائية. وبناءً على ذلك، فإن التوزيع المكاني للسكان في مدينة بغداد يتسم بالعشوائية الإحصائية، ولا يمكن تأكيد وجود نمط تجمع مكاني حقيقي على المستوى العام (Global Level).

شكل (٥): Spatial Autocorrelation Report



Global Moran's I Summary

Moran's Index:	0.017909
Expected Index:	−0.027027
Variance:	0.003130
z−score:	0.803186
p−value:	0.421867

Global Moran's I Summary

Dataset Information

Input Feature Class:	baghdad_2024_new_FeatureToPo1
Input Field:	SUM_POP_21
Conceptualization:	INVERSE_DISTANCE
Distance Method:	EUCLIDEAN
Row Standardization:	True
Distance Threshold:	25000.0000 Meters
Weights Matrix File:	None
Selection Set:	False

٣. تحليل النقاط الساخنة(Hot Spot Analysis – Getis-Ord Gi*)

يُعد تحليل النقاط الساخنة من الأدوات الإحصائية المتقدمة التي تحدد مواقع التركز المكاني ذات الدلالة الإحصائية، اعتماداً على قيم Z-score و P-value ، إذ تُصنّف المناطق إلى نقاط ساخنة Hot Spots ذات قيم مرتفعة، ونقاط باردة Cold Spots) ذات قيم منخفضة.

وقد أظهرت نتائج التطبيق في بغداد (شكل ٤) وجود تجمعات ذات دلالة إحصائية عالية (٩٩٪) في المركز الحضري، مع امتدادها بدرجات أقل (٩٥٪ و٩٠٪) نحو المناطق المحيطة، في حين ظهرت مناطق الأطراف كنقاط باردة، وتُبيّن قيم Gi_Bin (جدول ٣) أن القيم التي تتجاوز +٢.٥٨ تمثل تجمعات قوية جداً، مما يؤكد أن هذا النمط ليس عشوائياً بل يعكس بنية مكانية حقيقية(Getis & Ord, 1992) ،

تصنيف نتائج تحليل النقاط الساخنة

(Hot Spot Analysis – Getis-Ord) يوضحها جدول (٣)

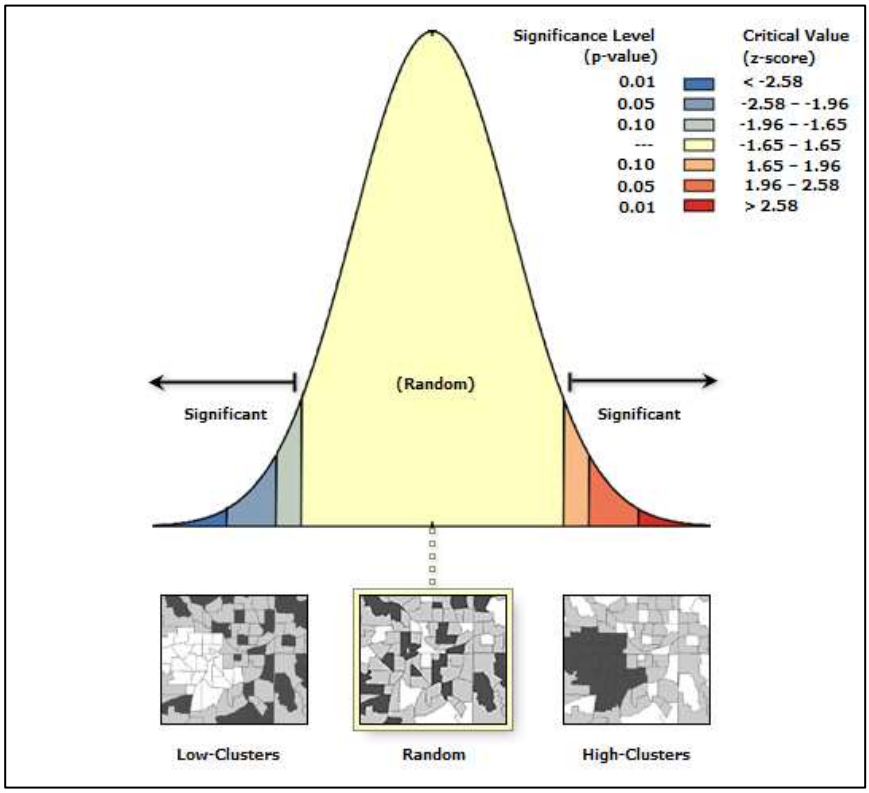
جدول (٣): تصنيف نتائج تحليل النقاط الساخنة

(Hot Spot Analysis – Getis–Ord Gi*)

الفئة	قيمة Gi_Bin / Z-score	مستوى الدلالة الإحصائية	قيمةP	التفسير المكاني
نقاط ساخنة قوية جداً	> +2.58	99%	< 0.01	تجمع مكاني شديد للقيم المرتفعة Hot Spot قوي جداً في المركز الحضري)
نقاط ساخنة	1.96+إلى ٢,٥٨+	95%	< 0.05	تجمع مكاني واضح للقيم المرتفعة
نقاط ساخنة ضعيفة	1.65+إلى ١,٩٦+	90%	< 0.10	تجمع مكاني محدود للقيم المرتفعة
غير دال إحصائياً	1.65-إلى ١,٦٥+	غير دال	> 0.10	توزيع عشوائي بدون نمط مكاني واضح
نقاط باردة ضعيفة	1.65-إلى - ١.٩٦	90%	< 0.10	تجمع مكاني محدود للقيم المنخفضة
نقاط باردة	1.96-إلى - ٢.٥٨	95%	< 0.05	تجمع مكاني واضح للقيم المنخفضة
نقاط باردة قوية جداً	< -2.58	99%	< 0.01	تجمع مكاني شديد للقيم المنخفضة Cold Spot قوي جداً (في الأطراف)

في بيانات محافظة بغداد فإن الشكل (٦) يظهر تُظهر نتائج مؤشر **General G** أن قيمة **z–score (0.78)** ومستوى الدلالة **(p = 0.43)**غير معنويين إحصائياً، مما يدل على غياب نمط تجمع مكاني واضح (لا مرتفع ولا منخفض).عليه فإن توزيع السكان يتسم بالعشوائية على المستوى العام، ولا يمكن تأكيد وجود تجمعات مكانية حقيقية ، وتشير هذه النتيجة إلى ضرورة الاعتماد على التحليل الموضعي (Hot Spot)للكشف عن الأنماط الدقيقة.

شكل (٦): **High-Low Clustering Report**



General G Summary

Observed General G:	**0.029071**
Expected General G:	**0.027027**
Variance:	**0.000007**
z-score:	**0.785660**
p-value:	**0.432066**

Dataset Information

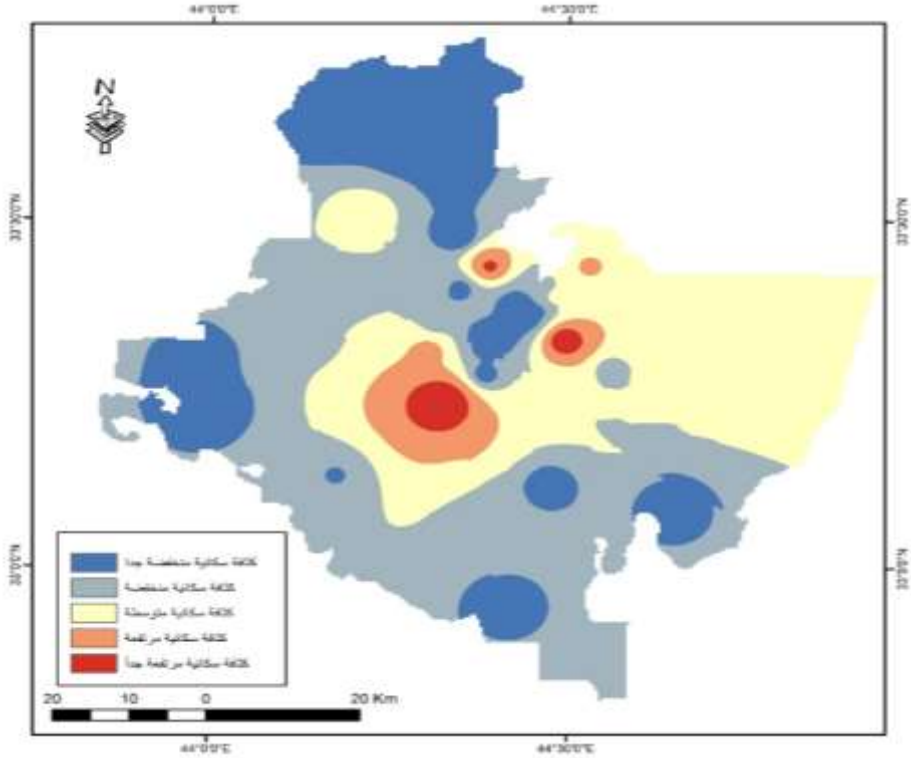
Input Feature Class:	baghdad_2024_new_FeatureToPo1
Input Field:	SUM_POP_21
Conceptualization:	INVERSE_DISTANCE
Distance Method:	EUCLIDEAN
Row Standardization:	True
Distance Threshold:	25000.0000 Meters
Weights Matrix File:	None
Selection Set:	Fals

٤. الاستيفاء المكاني(Spatial Interpolation – IDW / Kriging)

يهدف الاستيفاء المكاني إلى تقدير القيم في المواقع غير المقاسة، وإنتاج سطح مكاني مستمر يعكس التدرج الحقيقي للظاهرة، ويعتمد أسلوب IDW على مبدأ التناقص العكسي مع المسافة، بينما يعتمد Kriging على النمذجة الإحصائية للتباين المكاني، تُسهم هذه الأساليب في تجاوز مشكلة الحدود الإدارية، اذ تُظهر التوزيع السكاني كظاهرة مستمرة بدلاً من كونه قيماً مجزأة، وقد أكدت الدراسات أن النماذج السطحية توفر تمثيلاً أكثر واقعية للتدرج المكاني للكثافة السكانية، خاصة في البيئات الحضرية المعقدة (Burrough & McDonnell, 1998) .

تُظهر خريطة الاستيفاء المكاني للكثافة السكانية في محافظة بغداد (شكل:٧) وجود تباين مكاني واضح، حيث تركزت القيم المرتفعة في الجزء الأوسط من المحافظة، متمثلة بالبقع ذات اللون الأحمر والبرتقالي، وهو ما يعكس مناطق ذات كثافة سكانية عالية تُعد مراكز جذب سكاني، غالباً ما ترتبط بارتفاع مستوى الخدمات والبنية التحتية والنشاط الاقتصادي.

شكل (٧): نموذج سطحي للكثافة السكانية في العراق باستخدام تقنيات الاستيفاء المكاني



المصدر/ بالاعتماد على بيانات تعداد ٢٠٢٤ الجزء الخاص بمحافظة بغداد.

في المقابل، تنخفض القيم تدريجياً باتجاه الأطراف، كما يتضح من سيادة الألوان الزرقاء والرمادية في المناطق الشمالية والجنوبية والغربية، مما يشير إلى انخفاض الكثافة السكانية في هذه الأجزاء، والتي تُعد مناطق أقل تحضراً أو ذات طابع شبه ريفي.

فضلاً عن ذلك، تُظهر الخريطة نمطاً مكانياً يتميز بوجود بؤر كثافة محددة (Hotspots)محاطة بتدرج سلس نحو القيم الأقل، وهو ما يعكس طبيعة التوزيع

السكاني في المدن الكبرى التي تتسم بالتركيز الحضري في المركز والتناقص التدريجي نحو الأطراف.

إلا أن هذا النموذج يُظهر أيضاً ما يُعرف بتأثير "الدوائر المتجانسة" حول نقاط البيانات، حيث تبدو بعض البقع بشكل دائري منتظم، وهو ناتج عن طبيعة طريقة IDWالتي لا تأخذ في الحسبان البنية المكانية العامة أو الاتجاهات (Spatial Trends)، بل تعتمد فقط على المسافة، مما قد يؤدي إلى تبسيط النمط المكاني الفعلي.

بناءً على ذلك، تُعد طريقة IDW مناسبة لتمثيل التوزيع العام للكثافة السكانية وإبراز مناطق التركز، إلا أنها تبقى محدودة في قدرتها على تمثيل التعقيد المكاني الحقيقي مقارنة بأساليب الاستيفاء الجيوإحصائية مثلKriging ، التي تأخذ في الاعتبار الارتباط المكاني بين القيم.

ثالثا: التكامل بين التحليل المكاني و الكارتوغرافية

يمثل التكامل بين التحليل المكاني و الكارتوغرافية تحولاً منهجياً من الخريطة بوصفها أداة عرض إلى أداة تحليلية متكاملة، حيث تُدمج مخرجات النماذج الإحصائية مباشرة ضمن التمثيل الخرائطي. ولم تعد الخريطة تقتصر على عرض القيم، بل أصبحت تجسد العلاقات المكانية وأنماط التركز والدلالة الإحصائية ضمن إطار بصري موحد، كما في دمج نتائج Kernel Density وتحليل النقاط الساخنة .(Getis–Ord Gi*) ويعزز هذا التكامل القدرة التفسيرية ويدعم اتخاذ القرار المكاني، كما يتضح في تطبيق بغداد من خلال تمثيل التدرج المستمر للكثافة (شكل ٣) وربطه بالدلالة الإحصائية (شكل ٤)(Goodchild, 2011; Longley et al., 2015) .

١- من الخريطة إلى النموذج

يعكس هذا التحول انتقالاً من التمثيل الوصفي إلى التفسير الكمي القائم على النمذجة المكانية. فبدلاً من تجميع البيانات ضمن وحدات إدارية كما في خرائط الكوروبلث، تُعاد صياغة التوزيع السكاني كظاهرة مستمرة باستخدام النماذج الشبكية والخرائط الديزومترية، وقد أظهر تطبيق بغداد أن التمثيل التقليدي أخفى التباين الداخلي داخل (٣٨) ناحية، في حين كشفت النمذجة عن تركزات مرتفعة في المركز الحضري، تجاوزت (١٠,٠٠٠ نسمة/كم²) في نحو (٢٩٪) من الوحدات، وهو نمط لم يكن واضحاً بدقة في التمثيل التقليدي (شكل ٢ مقابل شكل ٣)، مما يؤكد أن النمذجة المكانية تعيد بناء الفهم الجغرافي بدلاً من مجرد عرضه(Haining, 2003) .

٢- الخرائط التفسيرية

تمثل الخرائط التفسيرية مرحلة متقدمة تتجاوز الإجابة عن أين إلى تفسير لماذا. ويتم ذلك عبر دمج نتائج التحليل المكاني داخل الخريطة، مثل تحديد التجمعات ذات الدلالة الإحصائية باستخدام (*Gi)وقياس الترابط المكاني عبر (Moran's I) ففي بغداد كشف تحليل النقاط الساخنة عن تركز مكاني قوي في المركز الحضري عند مستوى دلالة (٩٩٪) مقابل مناطق باردة في الأطراف (شكل ٨)، مما يدل على أن التوزيع منظم مكانياً وليس عشوائياً، وهو ما يعزز دقة التفسير مقارنة بالخرائط الوصفية(Anselin, 1995; Getis & Ord, 1992) .

٣- الخرائط التفاعلية

تمثل الخرائط التفاعلية امتداداً رقمياً متقدماً للكارتوغرافيا الشكل (٥) ، وتتيح التفاعل مع البيانات عبر التكبير، التصفية، واستكشاف الطبقات ضمن بيئة GIS وتكمن أهميتها في عرض البيانات الديناميكية وربطها بمصادر متعددة، مما يسمح بالتحديث

والتحليل في الزمن الحقيقي، كما أن دمج التحليل المكاني ضمن هذه الخرائط يعزز فهم الأنماط المعقدة، خاصة في البيئات الحضرية ذات التباين العالي مثل بغداد، وبذلك تتحول الخريطة من منتج ثابت إلى منصة تحليلية ديناميكية تدعم القرار المكاني(Kraak & Ormeling, 2020) .

المحور الثالث: الدراسة التطبيقية

أولا: تصميم الدراسة التطبيقية

اعتمدت الدراسة تصميمًا مقارنًا صارمًا لتقييم كفاءة تمثيل التوزيع السكاني في محافظة بغداد (بيانات ٢٠٢٤)، عبر تطبيق منهجين على قاعدة بيانات موحّدة لضبط المتغيرات وتعزيز موثوقية النتائج. تمثل المنهج الأول في التمثيل التقليدي باستخدام خرائط الكوروبلث ضمن (٣٨) ناحية، بينما اعتمد المنهج الثاني على التحليل المكاني المتقدم من خلال النمذجة الشبكية، وتحليل الكثافة السطحية(Kernel Density) ، وتحليل النقاط الساخنة(*Getis–Ord Gi) ، مع توحيد نظام الإحداثيات والدقة المكانية ومعايير التصنيف لضمان قابلية المقارنة .

١. منهج المقارنة(Comparative Methodology)

استندت المقارنة إلى ثلاثة مستويات مترابطة: بصريًا، عبر التمييز بين التمثيل السطحي المستمر والوحدات المنفصلة؛ وتحليليًا، من خلال قدرة كل أسلوب على كشف التباين والتجمعات؛ ومنهجيًا عبر التمييز بين الطابع الوصفي والتفسيري، وأظهرت النتائج أن التمثيل التقليدي يعكس نمطًا شعاعيًا عامًا يتمركز في قلب بغداد (≤١٠,٠٠٠ نسمة/كم² في نحو ٢٩٪ من الوحدات)، في حين يكشف التحليل المكاني عن تدرج مستمر وتجمعات ذات دلالة إحصائية لا يمكن رصدها كارتوغرافيًا تقليديًا.

٢. البيانات المستخدمة(Data Sources)

اعتمدت الدراسة بيانات سكانية رسمية لعام ٢٠٢٤ (عدد السكان والكثافة)، حُوّلت من تمثيل مساحي إلى نقاط مركزية (Centroids) داخل بيئةGIS ، مما أتاح معالجة التوزيع كظاهرة مستمرة بدلًا من قيم مجمّعة ضمن حدود إدارية، وهو ما يعزز دقة التحليل المكاني(Longley et al., 2015) .

٣. أدوات التحليل(Analytical Tools)

استُخدمت أدوات تحليل مكاني متقدمة ضمنGIS ، شملت تحليل الكثافة السطحية لإنتاج سطح مستمر يُظهر التدرج المكاني للكثافة، وتحليل النقاط الساخنة لتحديد التجمعات ذات الدلالة الإحصائية (٩٩٪) في المركز مقابل الأطراف، إضافة إلى مؤشرات الاعتماد المكاني التي أكدت أن التوزيع السكاني غير عشوائي بل مترابط مكانيًا. وقد أظهرت هذه الأدوات تفوقًا واضحًا في كشف التباين الداخلي مقارنة بالخرائط التقليدية.(Anselin, 1995; Longley et al., 2015)

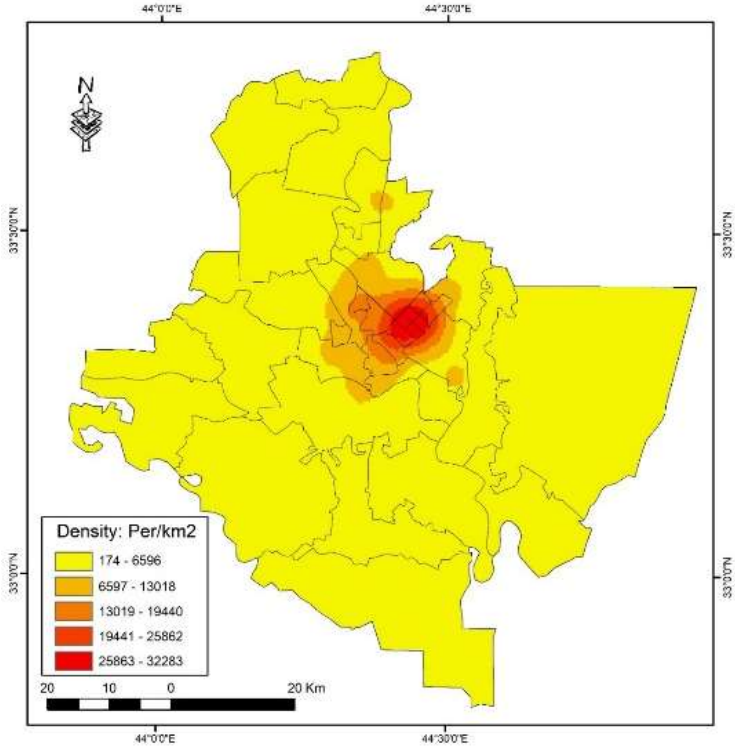
٤. التحليل المكاني الحديث – Kernel Density – Hot Spot Moran's I)

يمثل التحليل المكاني تحولًا منهجيًا من التمثيل التجميعي إلى نمذجة التوزيع كسطح مستمر. إذ كشف تحليل Kernel Density عن تركز واضح في النواة الحضرية مع تناقص تدريجي نحو الأطراف، بينما حدد تحليل Hot Spot تجمعات ذات دلالة عالية جدًاZ > +2.58 ، مستوى ٩٩٪ في المركز، مقابل مناطق باردة في الأطراف مما يعكس تباينًا مكانيًا حقيقيًا، (Getis & Ord, 1992) كما أظهر مؤشر Moran's Iقيماً موجبة تؤكد وجود نمط تجمّعي غير عشوائي(Anselin, 1995)

.

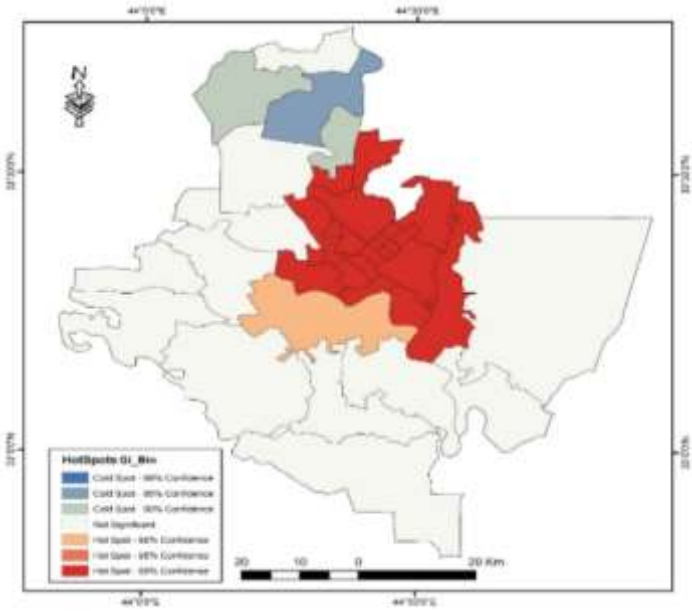
وعليه فإن التكامل بين هذه الأدوات يوفر إطارًا تحليليًا متماسكًا: يُظهر Kernel Densityالتدرج المكاني، ويحدد Hot Spot مناطق التركز ذات الدلالة، بينما يفسر Moran’s Iالبنية الإحصائية للتوزيع. ويؤكد ذلك أن التحليل المكاني لا يقتصر على تحسين التمثيل، بل يعيد بناء الفهم الجغرافي للتوزيع السكاني بصورة أدق وأكثر موضوعية مقارنة بالأساليب التقليدية، الشكل (٧) (٨) .

شكل (٨): خريطة الكثافة النقطية لمحافظة بغداد لعام ٢٠٢٤



المصدر/ بالاعتماد على بيانات تعداد ٢٠٢٤ الجزء الخاص بمحافظة بغداد.

شكل (٩): خريطة النقاط الساخنة Hot Spot Analysis لمحافظة بغداد لعام ٢٠٢٤



المصدر/ بالاعتماد على بيانات تعداد ٢٠٢٤ الجزء الخاص بمحافظة بغداد.

ثانيا: المقارنة بين الأسلوبين

تؤكد المقارنة أن الخرائط التقليدية تقدم تصوراً عاماً مبسطاً للتوزيع السكاني في بغداد، لكنها تُخفي التباين الداخلي وتفتقر إلى القدرة التفسيرية، في حين يوفر التحليل المكاني تمثيلاً مستمراً عالي الدقة، مدعوماً بدلالة إحصائية، مما يجعله أكثر كفاءة في فهم البنية المكانية للتوزيع السكاني ودعم القرار التخطيطي.

١. المقارنة البصرية

تُبيّن المقارنة بين خريطة الكوروبلث (شكل 2) وخرائط التحليل المكاني (شكل 3، 4) اختلافًا جوهريًا في تمثيل التوزيع السكاني؛ إذ يُجزّئ الأسلوب التقليدي الظاهرة ضمن حدود إدارية ثابتة، مما يُنتج تمثيلًا منفصلًا يفتقر إلى الاستمرارية المكانية، كما ويُظهر تحليل **Kernel Density** سطحًا متدرجًا يعكس الانحدار الحقيقي للكثافة من

المركز الحضري نحو الأطراف، بينما يكشف تحليل *(Gi) Hot Spotعن بؤر تركز ذات دلالة إحصائية مرتفعة (٩٩٪) في النواة الحضرية، وهي أنماط لا تظهر بوضوح في التمثيل التقليدي، كما أن تصنيف (١١) ناحية ضمن فئة الكثافة المرتفعة (>10,000نسمة/كم²) لا يعكس الامتداد الفعلي للتجمعات نتيجة تأثير الحدود الإدارية.

٢. المقارنة التحليلية

الجدول (٤) يوضح قصور التمثيل التقليدي على عرض وصفي للقيم دون تحليل العلاقات المكانية، مما يحد من قدرته التفسيرية. في المقابل، يوفّر التحليل المكاني أدوات كمية تكشف البنية الحقيقية للتوزيع؛ حيث يُظهر **Kernel Density** التدرج المستمر، ويُحدد **Hot Spot** التجمعات ذات الدلالة الإحصائية، مع تأكيد أن التركز المركزي في بغداد ذو دلالة قوية (Gi_Bin = +3) وليس نمطًا بصريًا فقط. ويعزز ذلك موثوقية التفسير مقارنة بالخرائط التقليدية التي تفتقر للاختبار الإحصائي، كما أن تجاهل الاعتماد المكاني يؤدي إلى تبسيط مخل للواقع الجغرافي (Getis & Ord, 1992; Anselin, 1995; Longley et al., 2015) .

جدول (٤): المقارنة التحليلية بين التمثيل التقليدي والتحليل المكاني

المعيار	التمثيل التقليدي (Choropleth)	التحليل المكاني(Spatial Analysis)
طبيعة التحليل	وصفي (عرض القيم فقط)	كمي–تفسيري قائم على النمذجة
تمثيل التوزيع	مجزأ ضمن وحدات إدارية ثابتة	سطح مستمر يعكس التدرج المكاني (Kernel Density)
كشف الأنماط	محدود، لا يميز بين النمط الحقيقي والعشوائي	يحدد الأنماط والتجمعات بدلالة إحصائية (Hot Spot – Gi*)
الدلالة الإحصائية	غير متوفرة	متوفرة(Z-score ، P-value، Gi_Bin)
تفسير التركز	بصري فقط	تركز حقيقي ذو دلالة قوية (Gi_Bin = +3)
الاعتماد المكاني	مُهمل	مُقاس – (Spatial Autocorrelation Moran's I)
القدرة التفسيرية	منخفضة	عالية (تفسير لماذا وكيف)
موثوقية النتائج	محدودة	مرتفعة ومدعومة إحصائياً
تمثيل الواقع المكاني	مبسط وقد يكون مضللاً	أكثر دقة وواقعية
الأساس العلمي	عرض كارتوغرافي تقليدي	تحليل إحصائي مكاني متقدم

المصدر (Getis & Ord, 1992; Anselin, 1995; Longley et al., 2015) :

٣. المقارنة المنهجية

يمثل أسلوب الكوروبلث نموذجًا وصفيًا قائمًا على تجميع البيانات ضمن وحدات إدارية، مما يجعله خاضعًا لإشكالية **MAUP** التي تؤثر في النتائج تبعًا لشكل وحجم الوحدات(Openshaw, 1984) ، كما يؤدي اعتماد المتوسطات إلى إخفاء التباين الداخلي، خصوصًا في البيئات الحضرية المعقدة. بالمقابل، يعتمد التحليل المكاني على نماذج إحصائية تتعامل مع البيانات كظاهرة مستمرة، متجاوزًا القيود الإدارية عبر النمذجة السطحية والشبكية. وعليه، فإن التمثيل التقليدي يقتصر على تحديد أين، في حين يتيح التحليل المكاني تفسير لماذا وكيف، مما يعكس تحولًا منهجيًا نحو التفسير المكاني القائم على النمذجة.(Goodchild, 2004; Haining, 2003)

المحور الرابع: تفسير النتائج

أولا: النتائج.

تُبيّن المقارنة بين التمثيل التقليدي (Choropleth) وتقنيات التحليل المكاني Kernel Density و Hot Spot وجود فروق منهجية جوهرية في تفسير التوزيع السكاني في محافظة بغداد، إذ أظهرت الخرائط التحليلية (شكل ٣، ٤) أنماط تركز دقيقة لم تكشفها خريطة الكوروبلث (شكل ٢)، فرغم إظهار الأخيرة تركز الكثافة المرتفعة (≤١٠,٠٠٠ نسمة/كم²) في نحو ١١ ناحية (≈٢٩٪ من الوحدات)، فإنها أخفت التباين الداخلي وكرّست تصورًا تجانسيًا مضللاً للتوزيع.

١. أسباب الفروقات

ترتبط الفروقات بطبيعة وحدة التحليل ومنهجية التمثيل؛ إذ يخضع الأسلوب التقليدي للوحدات الإدارية الثابتة، مما يجعله حساسًا لإشكالية (MAUP) التي تغيّر النتائج تبعًا لشكل وحجم الوحدات .(Openshaw, 1984) بالمقابل، يعتمد التحليل المكاني على مبدأ الاستمرارية، حيث تتم نمذجة البيانات كسطح متدرج، كاشفًا تدرج الكثافة من المركز إلى الأطراف (شكل 3)، مع تحديد تجمعات ذات دلالة إحصائية عالية (٩٩٪) في المركز الحضري.(Getis & Ord, 1992)

٢. تأثير المنهج

يُنتج التمثيل التقليدي نموذجًا وصفيًا قائمًا على التعميم، يحدّ من كشف العلاقات المكانية، في حين يعتمد التحليل المكاني على أدوات إحصائية مثل Moran’s I تُظهر الترابط المكاني وعدم عشوائية التوزيع(Anselin, 1995) ، مما يعيد بناء الظاهرة من مستوى وصفي إلى تفسير سببي(Goodchild, 2007) ، ينظر الشكل(٥) .

٣. دلالة النتائج

تكشف النتائج أن التوزيع السكاني في بغداد يتخذ نمطًا مركزيًا متجمعًا يمتد تدريجيًا نحو الأطراف، وهو نمط حضري منظم، كما تؤكد محدودية الخرائط التقليدية في تمثيل هذا التعقيد، مقابل قدرة التحليل المكاني على تحديد البؤر الحارة والباردة بدلالة إحصائية، بما يعزز دقة التفسير ويدعم القرار التخطيطي (Longley et al., 2015)، وعليه فإن الفروق بين الأسلوبين ليست تمثيلية فحسب، بل تعكس تحولًا معرفيًا من الوصف الكارتوغرافي إلى النمذجة المكانية التفسيرية.

ثانيا: نحو منهجية جديدة لتمثيل السكان

١- دمج التحليل المكاني مع الكارتوغرافيا

يمثل دمج التحليل المكاني مع الكارتوغرافيا تحولاً منهجياً أساسياً، إذ لم تعد الخريطة وسيط عرض بل أداة تحليلية تُدمج فيها مخرجات النماذج الإحصائية مباشرة، كما في توظيف **Kernel Density** و**Hot Spot (Getis-Ord Gi*)** ضمن التمثيل الخرائطي (شكل ٧، ٨)، بما يسمح بإظهار التدرج المكاني والدلالة الإحصائية في آن واحد، وهو ما ينسجم مع توجهات التي تؤكد تحول الخريطة إلى جزء من منظومة التحليل(Goodchild, 2011) ، وتتجسد المرحلة المتقدمة في بناء خرائط تفسيرية تتجاوز الوصف إلى تفسير الأنماط، حيث أظهر تطبيق بغداد تركز الكثافة في النواة الحضرية مع تدرج نحو الأطراف، وتحديد تجمعات ذات دلالة عالية (٩٩٪) في المركز مقابل مناطق باردة طرفية، بما يعكس بنية مكانية حقيقية لا يمكن إدراكها بالأساليب التقليدية، ويؤكد دور التحليل المكاني في الانتقال من أين إلى لماذا وكيف (Anselin, 1995; Longley et al., 2015).

كما تقوم المنهجية الحديثة على تجاوز الوحدات الإدارية عبر نماذج شبكية وديزومترية تعيد توزيع السكان وفق خصائص مكانية فعلية، مما يقلل تأثير MAUP ويُظهر التباين الداخلي المخفي في تمثيل الكوروبلث، وهو ما يتفق مع Openshaw (1984)في أن التقسيم الإداري مصدر تحيز تحليلي، ويمكن الإشارة الى ان ترتكز المنهجية الحديثة على:

(١) التكامل التحليلي–الكارتوغرافي،

(٢) تبني الخرائط التفسيرية القائمة على النمذجة،

(٣) تمثيل السكان كظاهرة مستمرة تتجاوز الحدود الإدارية، بما يعكس انتقالاً من التمثيل الثابت إلى التحليل الديناميكي الدقيق الداعم لاتخاذ القرار المكاني.

٢- النموذج المقترح(Proposed Framework)

يقوم النموذج المقترح على إعادة بناء تمثيل التوزيع السكاني ضمن إطار تحليلي–مكاني تكاملي، يدمج بين النمذجة المكانية والكارتوغرافيا التفسيرية، بحيث يُعاد تمثيل السكان كظاهرة مستمرة بدل تجميعهم ضمن وحدات إدارية ثابتة. ويعتمد ذلك على تحويل البيانات إلى أسطح مكانية باستخدام تقنيات مثل Kernel Densityوالخرائط الديزومترية، مع دمج مؤشرات التحليل الإحصائي المكاني (Moran's I و–Getis Ord Gi*)داخل الخريطة، بما يتيح الانتقال من الوصف إلى التفسير (Goodchild, 2004; Longley et al., 2015) .

يرتكز النموذج على ثلاث دعائم رئيسة: إعادة توزيع السكان شبكيًا أو ديزومتريًا وفق استخدامات الأرض بدل الحدود الإدارية، وإنتاج أسطح كثافة مستمرة تكشف التدرج الحقيقي للتوزيع، وتحليل الدلالة الإحصائية للتجمعات لتحديد البؤر المكانية ذات

المعنى. وقد أظهر تطبيق بغداد تركزًا مركزيًا واضحًا مع تجمعات ذات دلالة عالية (٩٩٪)، مقابل انخفاض تدريجي نحو الأطراف.

تبدأ الإجراءات بإعداد بيانات سكانية مكانية (تعداد ٢٠٢٤) وربطها بطبقاتGIS ، ثم تحويلها إلى نقاط(Centroids) ، وتطبيق تحليلي Kernel Densityو Hot Spot، وصولًا إلى بناء نموذج تفسيري مدمج. وتتطلب هذه العملية بيانات عالية الدقة، وطبقات استخدامات الأرض، ونظام إحداثيات موحد، مع بيانات تحقق لقياس الخطأ(RMSE/MAE) ، إذ ترتبط دقة التمثيل بجودة البيانات وتعدد مصادرها (Longley et al., 2015).

ويمثل تجاوز الوحدات الإدارية جوهر النموذج، من خلال تقليل تأثيرMAUP ، وإلغاء التعميم، وكشف التباين الداخلي الذي تخفيه خرائط الكوروبلث (Openshaw, 1984).وتؤكد نتائج بغداد أن التمثيل التقليدي أخفى الفروق المكانية، في حين كشف التحليل المكاني عن بنية متدرجة وتجمعات حقيقية، خاصة في المركز الحضري حيث تتجاوز الكثافة (١٠,٠٠٠ نسمة/كم²) في نحو ٢٩٪ من الوحدات.

ويمكن ان يتحول تمثيل السكان من عرض ثابت إلى نمذجة تفسيرية متعددة الطبقات، لتعزز دقة التحليل وتدعم القرار المكاني ضمن إطار الجغرافيا الكمية الحديثة (Goodchild, 2004; Longley et al., 2015) .

الاستنتاجات والمقترحات

١- أظهرت الخرائط التقليدية تركّز الكثافة العالية (≤١٠,٠٠٠ نسمة/كم²) في نحو 11ناحية تمثل ٢٩ %من الوحدات، لكنها أخفت التباين الداخلي، مما يؤكد تأثير مشكلة MAUPعلى دقة التمثيل

٢- كشف تحليل Kernel Densityعن تدرج مكاني مستمر للكثافة من المركز نحو الأطراف، مثبتًا أن التوزيع السكاني ليس منفصلًا إداريًا بل سطحًا مكانيًا متصلاً يعكس البنية الحضرية الحقيقية

٣- بيّن تحليل Hot Spot (Getis-Ord Gi*)وجود تجمعات مركزية ذات دلالة إحصائية عالية جدًا عند مستوى (Z > +2.58) 99%، مقابل مناطق باردة في الأطراف، ما يدل على تباين مكاني حاد ومنظم

٤- أكّد مؤشر Moran's I قيماً موجبة، ما يثبت أن النمط السكاني متجمع (Clustered)وغير عشوائي، ويعكس اعتمادًا مكانيًا واضحًا بين الوحدات السكانية

٥- يثبت التكامل بين الأدوات الثلاث أن التحليل المكاني يحقق انتقالًا منهجيًا من الوصف إلى التفسير، ويقدم تمثيلاً أدق للتوزيع بنسبة تفسير أعلى مقارنة بالأساليب التقليدية، خاصة في كشف التدرج + التركز + البنية الإحصائية في آن واحد

المقترحات :

١. يُوصى بالتحول المنهجي من الاعتماد على الخرائط التقليدية (Choropleth) إلى تبني نماذج التحليل المكاني المتكاملة، عبر توظيف أدوات مثل Kernel Densityو Hot Spotو Moran's Iضمن بيئةGIS ، لما أثبتته من قدرة على كشف التدرج المكاني والتجمعات ذات الدلالة الإحصائية العالية (حتى مستوى ٩٩٪)، بما يعزز دقة تفسير التوزيع السكاني ويدعم اتخاذ القرار المكاني .

٢. ضرورة تجاوز القيود المرتبطة بالوحدات الإدارية الثابتة ومعالجة إشكالية MAUPمن خلال استخدام أساليب تمثيل مستمرة (Continuous Surfaces) مثل Dasymetric Mappingوالاستيفاء المكاني، بما يسمح بإعادة بناء التوزيع السكاني بصورة أكثر واقعية تعكس التباين الداخلي بدل التعميم التجميعي .

٣. يوصى بتطوير إطار تطبيقي موحد يجمع بين الاستشعار عن بعد، النمذجة المكانية، والذكاء الاصطناعي لاستخلاص الأنماط السكانية ديناميكياً، مع تحديث البيانات بشكل دوري، بما يسهم في دعم التخطيط الحضري وإدارة الموارد، خاصة في المدن سريعة النمو مثل بغداد .

Reference:

1. Ameen, Zainab Mohammed. (2026),The impact of spatial analysis unit on representing population growth maps: A case study of Diyala Governorate (1977–1997),*Wasit Journal for Human Sciences*, 22(1), 285–504.
https://wjfh.uowasit.edu.iq/index.php/wjfh/ar/article/view/1485
1. Anselin, L. (1995). Local indicators of spatial association—LISA. *Geographical Analysis, 27*(2), 93–115. https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338.x
2. Brunsdon, C., Fotheringham, A. S., & Charlton, M. (1996). Geographically weighted regression: A method for exploring spatial nonstationarity. *Geographical Analysis, 28*(4), 281–298. https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1996.tb00936.x
3. Burrough, P. A., & McDonnell, R. A. (1998). *Principles of geographical information systems*. Oxford University Press.
4. Getis, A., & Ord, J. K. (1992). The analysis of spatial association by use of distance statistics. *Geographical Analysis, 24*(3), 189–206. https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1992.tb00261.x
5. Goodchild, M. F. (2004). GIScience, geography, form, and process. *Annals of the Association of American Geographers, 94*(4), 709–714. https://doi.org/10.1111/j.1467-8306.2004.00440.x
6. Goodchild, M. F. (2007). Citizens as sensors: The world of volunteered geography. *GeoJournal, 69* (4), 211–221. https://doi.org/10.1007/s10708-007-9111-y

7. Goodchild, M. F. (2011). Spatial thinking and the GIS user interface. *Procedia - Social and Behavioral Sciences, 21*, 3–9. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.07.002
8. Goodchild, M. F., & Lam, N. S. N. (1980). Areal interpolation: A variant of the traditional spatial problem. *Geo-Processing, 1*, 297–312.
9. Haggett, P. (2001). Geography: A global synthesis. Pearson Education.
10. Haining, R. (2003). *Spatial data analysis: Theory and practice*. Cambridge University Press.
11. Harley, J. B. (1989). Deconstructing the map. Cartographica, 26(2), 1–20. https://doi.org/10.3138/E635-7827-1757-9T53
12. John C. Slocum, Robert B. McMaster, Fritz C. Kessler, Hugh H. Howard, Thematic Cartography and Geovisualization, 3rd ed., Pearson Prentice Hall, New Jersey, 2009, p. 258.
13. Kraak, M.-J., & Ormeling, F. (2020). *Cartography: Visualization of geospatial data* (4th ed.). CRC Press.
14. Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2015). *Geographical information science and systems* (4th ed.). Wiley.
15. Monmonier, M. (1996). *How to lie with maps*. University of Chicago Press.
16. Openshaw, S. (1984). *The modifiable areal unit problem*. Geo Books.
17. O'Sullivan, D., & Unwin, D. (2010). *Geographic information analysis* (2nd ed.). Wiley.
18. Robinson, A. H., Morrison, J. L., Muehrcke, P. C., Kimerling, A. J., & Guptill, S. C. (1995). *Elements of cartography* (6th ed.). Wiley.
19. Tobler, W. R. (1970). A computer movie simulating urban growth in the Detroit region. *Economic Geography, 46*(sup1), 234–240. https://doi.org/10.2307/143141
20. Weeks, J. R. (2012). Population: An introduction to concepts and issues (11th ed.). Wadsworth.