التمثيل الخرائطي للظواهر البشرية والإجراءات العملية (نماذج مختارة من العراق) لعام ٢٠٢٤

أ.م.د.زينب محمد أمين حسين
zainab.m.ameen@aliraqia.edu.iq
م.م غفران ستار جبار
ghufran.s.jabbar@aliraqia.edu.iq
الجامعة العراقية / كلية الآداب

Cartographic Representation of Human Phenomena and Practical Procedures (Selected Models from Iraq) – 2024

Dr. Zainab Mohammed Amin
Ghufran Sattar Jabbar
College of Arts ALIraqia University

المستخلص

يهدف هذا البحث إلى دراسة التمثيل الخرائطي للظواهر البشرية في العراق عبر ثلاثة نماذج مكانية تمثلت بمحافظات دهوك والأنبار والبصرة، باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) وأساليب التعميم الكارتوغرافي على مقياس ١:٢٥٠,٠٠٠. تناول البحث إعداد خرائط الكثافة السكانية والتوزيع النسبي، فضلاً عن تعميم شبكة الطرق باستخدام أدوات التبسيط والتنعيم والحذف ضمن بيئة ArcMap. أظهرت النتائج تبايناً مكانياً واضحاً بين المحافظات الثلاث؛ إذ تميزت دهوك بتركيز سكاني مرتفع في المراكز الحضرية مع تأثير التضاريس الجبلية، بينما عكست الأنبار انتشاراً سكانياً متباعداً نتيجة المساحات الصحراوية الواسعة، في حين اتسمت البصرة بتوزيع سكاني متراكم حول المراكز الاقتصادية والنهرية. كما أثبتت عمليات التعميم فعاليتها في تقليل التشويش البصري وتحسين وضوح الخرائط مع الحفاظ على دقة التمثيل الجغرافي. وبذلك يسهم هذا البحث في تقديم إطار تطبيقي يمكن الاستفادة منه في إنتاج خرائط موضوعية أكثر كفاءة في البيئات الحضرية والريفية.

الكلمات المفتاحية: التمثيل الخرائطي، الظواهر البشرية، العراق.

Abstract

This research aims to study the cartographic representation of human phenomena in Iraq through three selected case studies: Duhok, Al-Anbar, and Basra governorates. The study employed Geographic Information Systems (GIS) techniques and cartographic generalization methods at a scale of 1:250,000. It involved producing maps of population density and relative distribution, as well as generalizing the road networks using simplification, smoothing, and elimination tools within the ArcMap environment.

The results revealed clear spatial variations among the three governorates: Duhok showed high population concentration in urban centers influenced by mountainous terrain, Al-Anbar reflected dispersed settlement patterns due to vast desert areas, while Basra was characterized by clustered population around economic and riverine centers. Furthermore, generalization processes proved effective in reducing visual clutter and enhancing map readability while preserving geographical accuracy. Hence, this study provides an applied framework that can be utilized for producing more efficient thematic maps in both urban and rural environments.

.Keywords: Cartographic Representation, Human Phenomena, Iraq

بسم الله الرحمن الرحيم

المقدمة:

تُعد الخرائط الموضوعية من الركائز الأساسية في علم الخرائط المعاصر، إذ تمثل أداة بصرية تسهم في نقل وتحليل المعلومات المكانية المرتبطة بالظواهر البشرية والطبيعية على حد سواء. ومع التقدم الكبير في تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، برزت الحاجة إلى تطوير آليات تمثيل بصري أكثر دقة وملاءمة، خصوصًا عند التعامل مع المقاييس الصغيرة التي تتطلب مستويات عالية من التبسيط دون فقدان المعنى الجغرافي. في هذا الإطار، يشكل التعميم الكارتوغرافي إحدى العمليات المحورية التي تساعد على تقليل التعقيد البصري، وتعزيز وضوح الخرائط، وتسهيل قراءتها من قبل الباحثين وصنّاع القرار.

لقد فرضت طبيعة المشهد الجغرافي والبشري في العراق تحديات متباينة أمام إنتاج خرائط موضوعية دقيقة؛ فالتنوع الطبوغرافي بين البيئات الجبلية في الشمال، والصحراوية في الغرب، والسهلية – النهرية في الجنوب، ينعكس مباشرة على أنماط التوزيع السكاني وشبكات البنية التحتية. ومن هنا تنبع أهمية هذا البحث في محاولة توظيف تقنيات التعميم الكارتوغرافي لإبراز التباين المكاني في ثلاث محافظات مختارة هي: دهوك، الأنبار، والبصرة.

إن هذا البحث لا يقتصر على دراسة الجانب التقني للتعميم فحسب، بل يسعى إلى إظهار دوره كأداة تحليلية قادرة على تعزيز القيمة التفسيرية للخرائط الموضوعية، وتوفير قاعدة معرفية تدعم الاستخدامات الأكاديمية والتطبيقية في مجالات التخطيط العمراني، وإدارة الموارد، ورسم السياسات التنموية.

أولا:-مشكلة الدراسة

هل يعاني التمثيل الخرائطي للظواهر البشرية في العراق من تحديات كبيرة في ظل التغيرات الاجتماعية والاقتصادية المستمرة، بما يؤثر في دقة عرض هذه الظواهر وقدرة الخرائط على أداء دورها التفسيري والتحليلي؟

ثانيا:- فرضية الدراسة

يفترض البحث أن التمثيل الخرائطي للظواهر البشرية في العراق يواجه تحديات ناجمة عن التغيرات الاجتماعية والاقتصادية المتسارعة، وأن تطبيق أساليب التعميم الكارتوغرافي وفق معايير علمية مدروسة يُسهم في الحد من هذه التحديات، ويُحسّن من دقة التمثيل وكفاءته التفسيرية بمقياس ١:٢٥٠,٠٠٠.

ثالثا:- هدف الدراسة

يهدف البحث إلى تقييم فعالية التعميم الكارتوغرافي في تمثيل الظواهر البشرية (السكان، الطرق) على الخرائط صغيرة المقياس، من خلال تطبيق أدوات التعميم على نماذج مختارة من العراق وتحليل نتائجها بصريًا ومكانيًا.

رابعا:- أهمية الدراسة

تبرز أهمية هذه الدراسة من خلال كونها تقدم نموذجًا عمليًا لتوظيف تقنيات التعميم الكارتوغرافي في إنتاج خرائط تحليلية دقيقة، تساعد المخططين والباحثين في فهم توزيع الظواهر البشرية المعقدة بمقاييس صغيرة، وتساهم في تطوير أدوات القراءة الخرائطية في السياقات العراقية.

خامسا: – المنهج العلمي المستخدم

تم اعتماد المنهج التحليلي المقارن، من خلال تنفيذ تجريبي لعمليات التعميم على بيانات واقعية، وتحليل الخرائط الناتجة قبل وبعد التعميم باستخدام أدوات GIS، مع الاستناد إلى المعادلات الرياضية (مثل معادلة توبفر) والتقويم البصري الكارتوغرافي.

سادسا:– موقع منطقة الدراسة

شملت منطقة الدراسة ثلاث محافظات عراقية تمثل أنماطًا جغرافية وسكانية مختلفة:

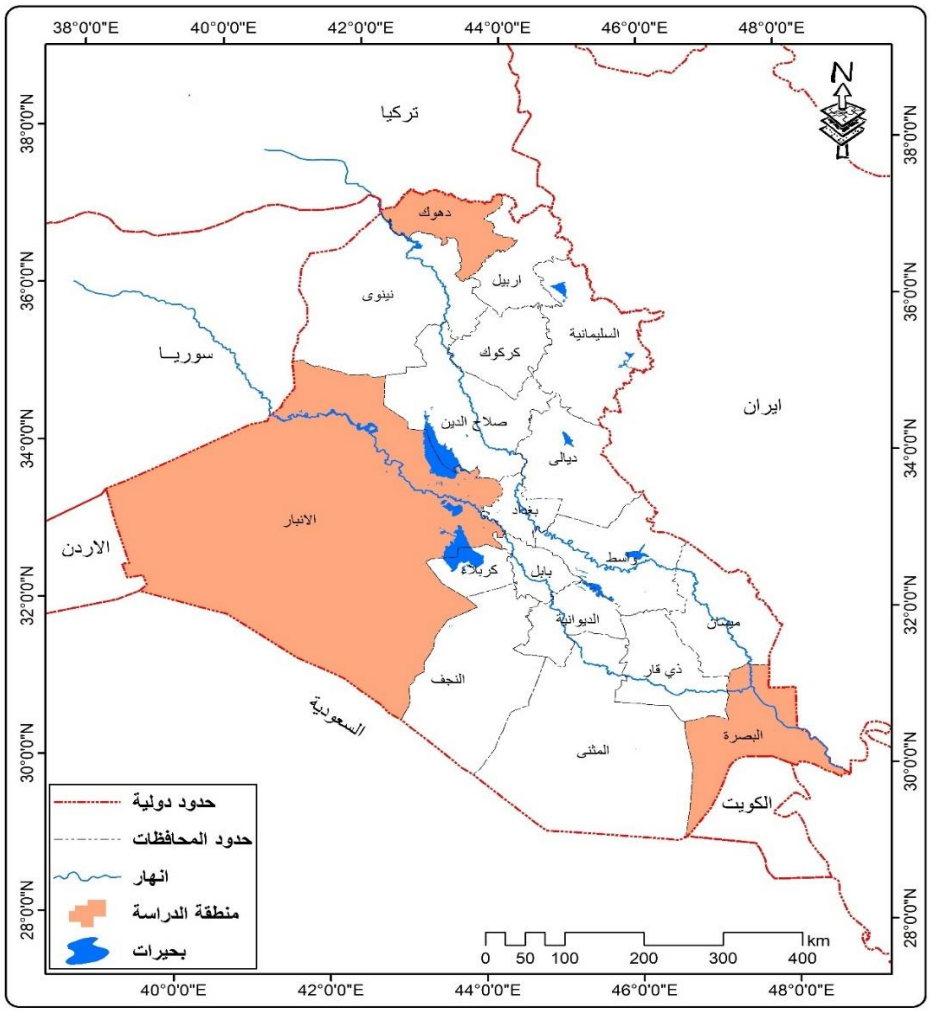
١– محافظة دهوك (نمط جبلي حضري)

٢– محافظة الأنبار (نمط صحراوي واسع ومتناثر)

٣– محافظة البصرة (نمط حضري ساحلي اقتصادي)

تم اختيارها لتغطية التنوع الجغرافي والديموغرافي، ولتوفير نماذج تطبيقية متباينة في طبيعتها، اما الحدود الزمانية فيما يخص نموذج السكان فكان اخر تعداد للسكان عام ١٩٩٧، في حين الأراضي الزراعية فتغطت فترة عام ٢٠٢٤.

خريطة(١) موقع منطقة الدراسة



المصدر: : وزارة الموارد المائية، مديرية المساحة العامة، خريطة العراق الإدارية، بمقياس١:٠٠٠٠٠٠، ٢٠٢٠.

سابعا:- الأدوات المستخدمة

١- برنامج (ArcGIS / ArcMap) للتحليل والتعميم الخرائطي.

٢- أدوات (Simplify، Smooth، Dissolve، Select by attributes).

المبحث الاول:

تعميم خرائط الكثافة والتوزيع النسبي للسكان بمقياس ١:٢٥٠,٠٠٠

(نماذج تطبيقية من العراق)

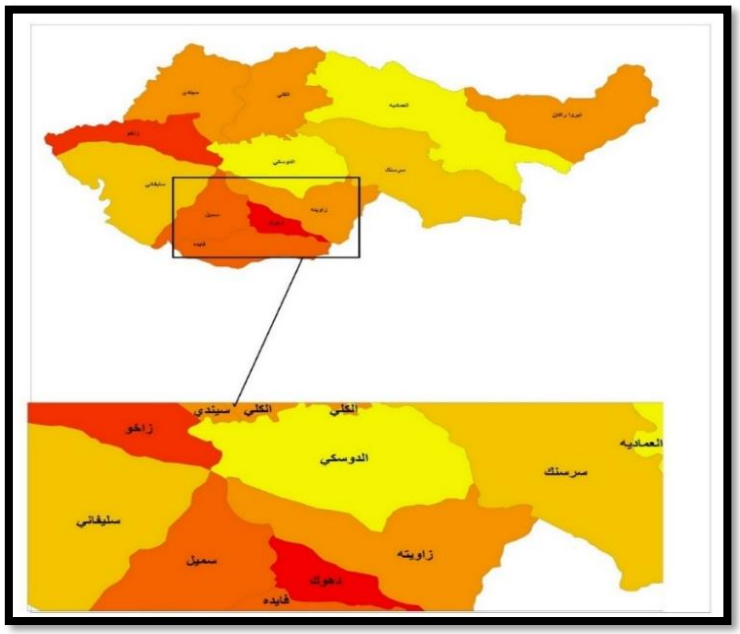
تشكل عملية التعميم إحدى الركائز الأساس في تصميم الخرائط الموضوعية، خاصه عند التعامل مع خرائط السكان مثل خرائط الكثافة السكانية والتوزيع السكاني، وعند الاعتماد على مقياس ١:٢٥٠,٠٠٠ تفرض طبيعة هذا المقياس الصغير تقليص التفاصيل الدقيقة والانتقال نحو إبراز السمات المكانية الأوسع، مما يستدعي تطبيق تعميم مناسب مع متطلبات القراءة البصرية وسرعة الفهم الجغرافي.

في هذا الاطار، استخدمت تقنيات التصنيف الطبقي في الخرائط ثنائية البعد لتقسيم القيم الرقمية مثل عدد السكان أو الكثافة إلى فئات محددة، يُمثل كل منها بلون مميز ضمن نطاق متدرج، ويُعد هذا النوع من التعميم الأكثر ملاءمة للخرائط الإقليمية، حيث يساعد على تبسيط البيانات وتحويل التوزيعات الرقمية إلى خرائط ذات دلالات مرئية واضحة، دون فقدان المعنى الجغرافي، وعادة ما يُستخدم في هذا النوع من التمثيل طرائق تصنيفية مثل(Equal Interval (Jenks تبعا لطبيعة البيانات ومدى تباينها.

وتعد خرائط الكثافة السكانية في هذا الإطار أداة لبيان شدة التركز السكاني ضمن الوحدات المكانية، بينما تستخدم خرائط التوزيع لعرض النمط الجغرافي للانتشار السكاني ومدى اتساقه مع الخصائص المكانية الأخرى كالاستعمالات الأرضية أو البنية التحتية، ومن هنا يبرز دور التعميم في جعل الخريطة أداة تحليلية فعالة تتناسب مع مستوى المقياس المعتمد وأهداف الدراسة (Slocum et al., 2009, p. 318)[١].

لقد تم اعتماد التعميم الثنائي الأبعاد لنموذج السكان لمحافظة دهوك لعام ١٩٩٧ على مقياس ١:٢٥٠.٠٠٠ باستخدام أسلوب التصنيف الكمي ضمن بيئة ArcMap، حيث تم تصنيف قيم الكثافة السكانية الى إلى ست فئات عددية وفق طريقةEqual Interval (Jenks)، وقد أُسندت لكل فئة تدرجات لونية متصاعدة من الفاتح إلى الداكن، مما مكّن من إبراز الفروقات المكانية في الكثافة السكانية داخل حدود محافظة دهوك بطريقة مبسطة وواضحة كما موضح في الشكل(١).

الشكل (١) تعميم الكثافة السكانية لمحافظة دهوك لعام ١٩٩٧ وفق المقياس ١:٢٥٠.٠٠٠



المصدر:- من عمل الباحث الباحثة بالاعتماد على:

وزارة التخطيط، الجهاز المركزي للإحصاء، بيانات غير منشورة لسنة ١٩٧٧-١٩٨٧-١٩٩٧.

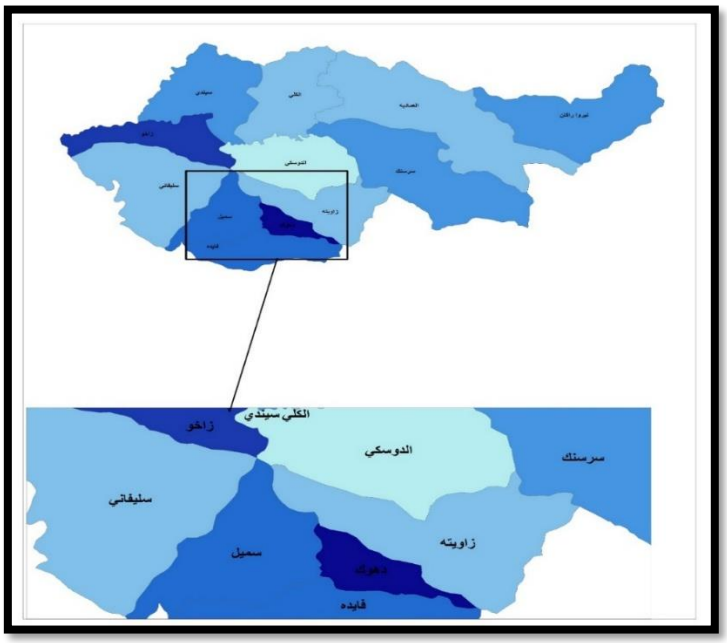
يتضح من الخريطة أن التركز السكاني في محافظة دهوك يتبع نمطاً شعاعياً يبدأ من المركز الحضري ويمتد تدريجياً نحو الأطراف، مع انخفاض واضح في الكثافة

كلما ابتعدنا عن مراكز الجذب ،حيث يتبع نمطاً مكانياً واضحاً في التركز السكاني، اذ تبرز وحدة دهوك المركزية باللون الأحمر الداكن كأعلى كثافة سكانية، حيث تركز الكثافات السكانية المرتفعة في قضاء دهوك وزاخو، وهي مناطق حضرية نشطة من حيث التنمية والخدمات، في المقابل، انخفضت الكثافة تدريجيًا في النواحي الجبلية والريفية مثل العمادية وسرسنك وديرلوك، وهو ما يعكس العلاقة العكسية بين التضاريس والكثافة السكانية، وقد ساعد التصنيف على إظهار الفروق الحقيقية بين المناطق مع الحفاظ على بساطة الشكل ودقته.

بينما التوزيع النسبي للسكان تم تطبيق تعميم خرائطي لبيانات بتصنيف القيم إلى ستت فئات دلالية وفق طريقة(Natural Breaks (Jenks ، وهي من أكثر طرق التصنيف ملاءمة لمثل هذه البيانات، إذ تعمل على كشف الفواصل الطبيعية بين القيم وتقليل التباين داخل الفئة الواحدة وزيادته بين الفئات المختلفة (Dent et al., 2009, p. 187)[2].

تم تنفيذ هذا التعميم بدءًا من المناطق ذات النسبة السكانية المنخفضة جدًا، وصولًا إلى المناطق الأعلى تركزًا، مما يسمح للقارئ باكتشاف التفاوت المكاني بين الوحدات الإدارية لمحافظة دهوك بطريقة مبسطة دون فقدان الجوهر التحليلي للبيانات، كما موضح في الشكل(٢) .

الشكل (٢) التعميم التوزيع النسبي السكانية محافظة دهوك لعام ١٩٩٧ وفق المقياس ١:٢٥٠.٠٠٠



المصدر:- المصدر:- من عمل الباحث الباحثة بالاعتماد على:

وزارة التخطيط ، الجهاز المركزي للإحصاء ، بيانات غير منشورة لسنة ١٩٧٧-١٩٨٧-١٩٩٧.

بالاعتماد على خريطة التوزيع النسبي للسكان لمحافظة دهوك لعام ١٩٩٧، يمكن يتضح من الشكل نمط مكاني واضح في تركز السكان، مما تشير الدرجات اللونية الداكنة إلى النواحي ذات النسبة الأعلى من مجموع سكان المحافظة، بينما تمثل الدرجات الفاتحة المناطق ذات التركز النسبي المنخفض، حيث أن قضاء دهوك يحتل المرتبة الأولى من حيث النسبة السكانية، يليه زاخو وسميل، مما يعكس الطابع الحضري لهذه المناطق وارتباطها بالمراكز الخدمية والاقتصادية. في المقابل، تتسم النواحي الجبلية مثل العمادية، سرسنك، ديرلوك، عقرة بانخفاض ملحوظ في النسبة

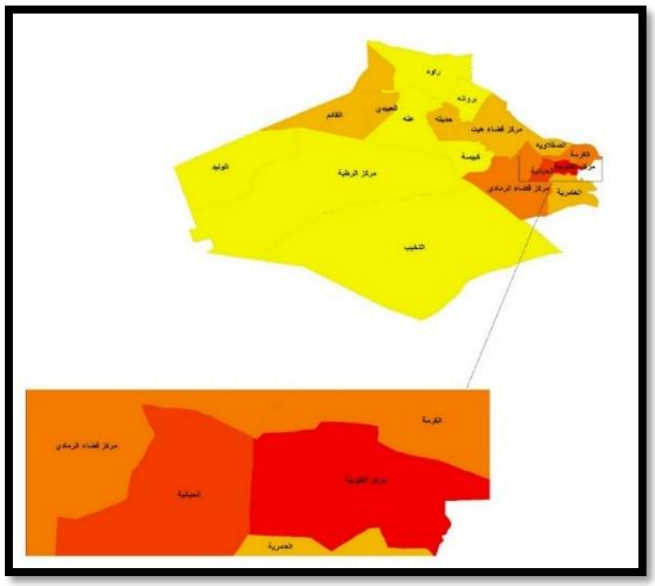
السكانية، وهو ما يشير إلى تشتت سكاني نسبي نتيجة العوامل الطبوغرافية وبعدها عن مراكز النشاط.

اما محافظة الانبار تتميز بتباينها الجغرافي بين البادية والضفاف النهرية والمراكز الحضرية، فإن نمط الكثافة يختلف بصورة واضحة، ومن أجل تبسيط هذا التباين وعرضه بطريقة مرئية مفهومة، تم اعتماد التعميم الكارتوغرافي الثنائي الأبعاد لخرائط الكثافة السكانية باستخدام أسلوب التصنيف الكمي داخل بيئة نظم المعلومات الجغرافية، بما يسمح بإبراز أنماط التركز والانتشار السكاني داخل الوحدات الإدارية للمحافظة.

فقد تم تنفيذ التعميم الكارتوغرافي لخرائط الكثافة السكانية لمحافظة الأنبار لعام ١٩٩٧ باستخدام أسلوب التصنيف الكمي داخل برنامجArcMap ، حيث جرى تقسيم القيم إلى خمس فئات باستخدام طريقة(Natural Breaks (Jenks ، وهي الطريقة الأنسب لإظهار التباين الطبيعي في البيانات.

تم إسناد تدرج لوني متصاعد إلى الفئات بدءًا من اللون الفاتح للدلالة على الكثافات المنخفضة، وصولاً إلى اللون الداكن للمناطق ذات الكثافة العالية، وأسهم هذا التمثيل الثنائي الأبعاد في إظهار الفروقات المكانية بوضوح بين مراكز المدن والمناطق الريفية أو الصحراوية، ما يعكس التفاوت المكاني في توزيع السكان داخل المحافظة، كما موضح في شكل (٣).

الشكل (٣) تعميم الكثافة السكانية لمحافظة الانبار لعام ١٩٩٧ وفق المقياس ١:٢٥٠,٠٠٠



المصدر:- المصدر:- من عمل الباحث الباحثة بالاعتماد على:

وزارة التخطيط ، الجهاز المركزي للإحصاء ، بيانات غير منشورة لسنة ١٩٧٧-١٩٨٧-١٩٩٧.

يلاحظ ان الخريطة تعكس تباينًا مكانيًا واضحًا في الكثافة السكانية على مستوى الوحدات الإدارية في محافظة الأنبار، فقد أظهرت النتائج أن مركز قضاء الرمادي يُمثل أعلى مستويات الكثافة السكانية، حيث ظهر باللون الأحمر الداكن ضمن الفئة العليا (١١٧ – ٣٣٨ نسمة/كم²)، وهو ما يعكس طابعه الحضري ودوره كمركز إداري وخدمي للمحافظة، وجاء بعده مباشرة مركز قضاء الفلوجة وبعض المناطق المجاورة التي ظهرت باللون البرتقالي الغامق، مما يشير إلى وجود تركز سكاني ملحوظ في المحاور الشرقية القريبة من بغداد.

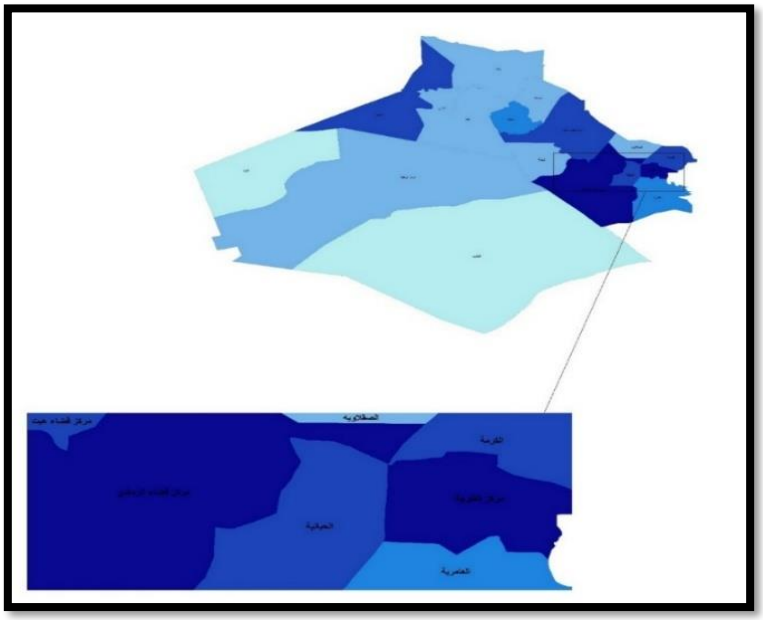
في المقابل، ظهرت المساحات الشاسعة في غرب وجنوب المحافظة مثل الرطبة، حصيبة، وبعض المناطق الصحراوية الأخرى بدرجات اللون الأصفر، ضمن الفئات

الأدنى للكثافة (أقل من ٦ نسمة/كم^2)، مما يعكس طبيعة تلك المناطق ذات الامتداد الصحراوي وقلة النشاط العمراني فيها.

خلاصة ان النمط العام للكثافة السكانية في محافظة الأنبار يدل على وجود تمركز سكاني حضري واضح في الشرق (الرمادي والفلوجة)، يقابله تبعثر سكاني واسع في غرب وجنوب المحافظة نتيجة الطبيعة الصحراوية واتساع المساحات غير المستغلة. وهذا التوزيع يعكس بشكل مباشر تأثير العوامل الجغرافية والاقتصادية والبنى التحتية في تشكيل الكثافة السكانية.

اما التوزيع النسبي فقد تم استخدام أسلوب التعميم الثنائي الأبعاد (D٢) داخل بيئة ArcMap، من خلال تصنيف نسب السكان إلى فئات عددية متتالية باستخدام طريقة Natural Breaks وفق مقياس ١:٢٥٠.٠٠٠، مما أتاح إبراز الفروقات النسبية في التوزيع الديموغرافي داخل المحافظة بصورة دقيقة وقابلة للفهم، حيث يُعبّر التوزيع النسبي للسكان عن نسبة سكان كل وحدة إدارية إلى إجمالي سكان المحافظة، كما موضح ففي الشكل(٤).

الشكل (٤) التعميم التوزيع النسبي السكانية محافظة لانبار لعام ١٩٩٧ وفق المقياس ١:٢٥٠.٠٠٠



المصدر:- المصدر:- من عمل الباحث الباحثة بالاعتماد على:

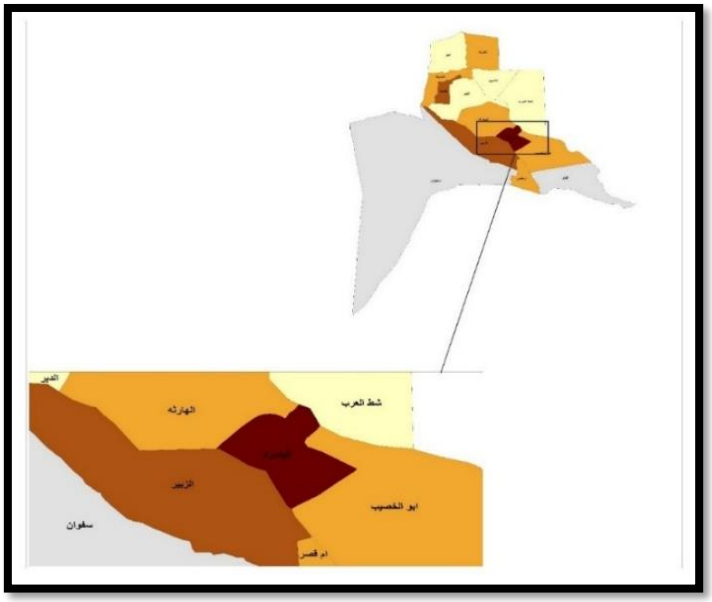
وزارة التخطيط ، الجهاز المركزي للإحصاء ، بيانات غير منشورة لسنة ١٩٧٧-١٩٨٧-١٩٩٧.

تُظهر الخريطة أن المناطق ذات اللون الازرق الداكن، مثل مركز قضاء الرمادي ومركز قضاء الفلوجة، تقع ضمن الفئة العليا (٨.٣٤ – ٢٨.١٥٪)، ما يعني أن كل واحدة من هذه الوحدات الإدارية تضم ما بين ٨٪ إلى ٢٨٪ من سكان المحافظة، وهي نسب مرتفعة جدًا، وهذا يعكس بوضوح الطابع الحضري والخدمي المكثّف في هذه المناطق، وكونها تشكّل مراكز جذب سكاني رئيسة.

في المقابل، المناطق ذات اللون سمائي الفاتح، مثل الرطبة، النخيب، أو القائم، تقع ضمن الفئات الدنيا (٠.٠٠٢ – ٢.٩٤٪)، مما يشير إلى ضعف وزنها السكاني النسبي مقارنة بباقي الوحدات، ويرتبط هذا الانخفاض بعوامل مثل كِبر المساحة ذات الطابع الصحراوي، وقلة الكثافة العمرانية والخدمات.

اما في ما يخص تعميم الكثافة السكانية المحافظة البصرة لعام ١٩٩٧وفق المقياس ١:٢٥٠.٠٠٠، فقد تم تحليل التباين الديموغرافي بين الوحدات الإدارية، وفي محافظة البصرة، التي تتباين فيها الخصائص الحضرية والريفية بين الأقضية والنواحي، فإن تمثيل الكثافة السكانية يحتاج إلى تبسيط بصري يُظهر النمط العام للتجمعات السكانية. لذا تم اعتماد التعميم الكارتوغرافي الثنائي الأبعاد (D٢) باستخدام أسلوب التصنيف الكمي داخل برنامج ArcMap، حيث جرى تصنيف القيم إلى ست فئات كمية وفق طريقة(Natural Breaks (Jenks، مما أتاح تمثيل الفروقات المكانية للكثافة السكانية بطريقة مرئية منظمة، كما موضح في الشكل(٥).

الشكل (٥) التعميم للكثافة السكانية محافظة البصرة لعام ١٩٩٧ وفق المقياس ١:٢٥٠.٠٠٠



المصدر:- المصدر:- من عمل الباحث الباحثة بالاعتماد على:

وزارة التخطيط ، الجهاز المركزي للإحصاء ، بيانات غير منشورة لسنة ١٩٧٧-١٩٨٧-١٩٩٧.

من خلال الخريطة اعلى تُظهر الكثافات السكانية متركزة في قضاء البصرة ومركز مدينة البصرة، والذي يقع ضمن الفئة العليا (٢٢٦.١٢ – ٢٣٦١.٢٥ نسمة/كم²)، ويُشار إليه باللون الأحمر الداكن. يُعزى هذا التركز إلى الطابع الحضري المكثّف للمدينة، واحتوائها على أغلب المؤسسات الإدارية والخدمية والاقتصادية في المحافظة، فضلاً عن كونها الميناء الرئيسي للعراق.

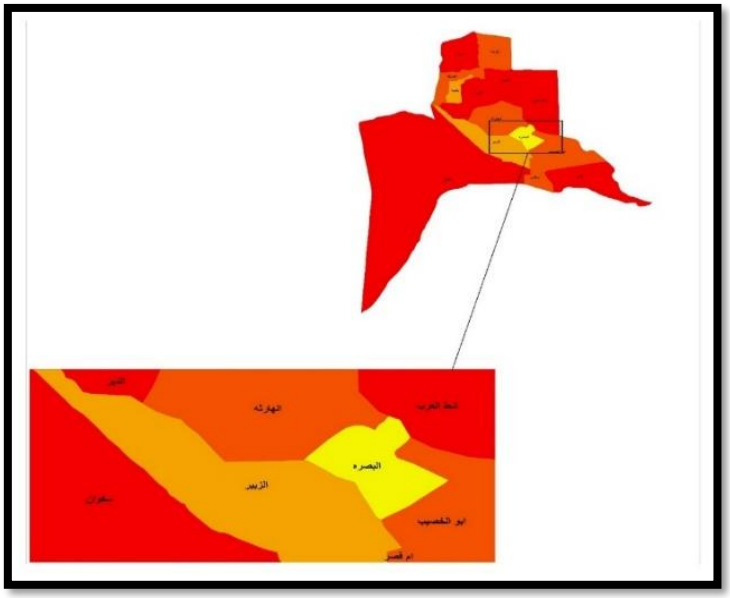
تليها مناطق مثل الزبير والقرنة ضمن الفئة الثانية المرتفعة (١٤٢.١٣ – ٢٢٦.١١)، ما يعكس وجود كثافة سكانية ملحوظة فيها نتيجة نشاطها الاقتصادي القريب من الموانئ أو الحقول النفطية، في المقابل، تظهر المناطق الطرفية مثل أم قصر، الفاو، شط العرب، المدينة بدرجات لونية أفتح، وتقع ضمن الفئات الدنيا (٢.٨٩ – ٦٤.٠٠ نسمة/كم²)، مما يشير إلى طابعها الريفي أو الساحلي وقلة الكثافة العمرانية فيها.

خلاصة ما تقدم يظهر نمطًا متمركزًا حول المدينة الرئيسة ومحيطها القريب، مقابل انخفاض واضح في المناطق الطرفية، وهو نمط يعكس تأثير الوظيفة الحضرية والاقتصادية لمركز المحافظة، فضلًا عن دور البنية التحتية وشبكات النقل والمرافق في جذب السكان نحو مراكز التركز السكاني.

اما التوزيع النسبي عند إعداد خرائط بشرية بمقياس رسم متوسط مثل ١:٢٥٠,٠٠٠، تُصبح الحاجة إلى التعميم الكارتوغرافي ضرورية لتبسيط التوزيع المكاني للبيانات السكانية دون الإضرار بالمضامين التحليلية. وفي هذا السياق، تم اعتماد أسلوب التصنيف الكمي لتعميم خريطة التوزيع النسبي للسكان في محافظة البصرة لعام ١٩٩٧، باستخدام الحقل p_c1997. وتم تطبيق التصنيف إلى اربع فئات كمية ضمن بيئة ArcMap، بطريقة تتناسب مع مستوى التعميم المطلوب عند هذا

المقياس، مع اعتماد رموز لونية واضحة تُظهر التفاوت الديموغرافي بين الوحدات الإدارية للمحافظة، كما موضح في الشكل(٦).

الشكل (٦) التعميم التوزيع النسبي السكانية محافظة البصرة لعام ١٩٩٧ وفق المقياس١:٢٥٠.٠٠٠



المصدر:- المصدر:- من عمل الباحث الباحثة بالاعتماد على:

وزارة التخطيط ، الجهاز المركزي للإحصاء ، بيانات غير منشورة لسنة ١٩٧٧-١٩٨٧-١٩٩٧.

يتضح من الخريطة ان التمركز السكاني يبدو واضحًا في مركز قضاء البصرة، يعد من اعلى من حيث النسبة المؤدية للسكان ويبرز باللون الأصفر، مما يعكس طابعه الحضري وكثافته السكانية العالية نتيجة لتركزه الاقتصادي والخدمي والإداري.

اما الاقضية الجنوبية والغربية فقد ظهرت بالون لاحمر مثل القرنة، المدينة، وأم قصر ضمن الفئات المتوسطة، مما يشير إلى وجود توزيع سكاني معتدل يعتمد على النشاط الزراعي أو التجاري أو المينائي.

نستنتج مما سبق وخلال تحليل خرائط الكثافة السكانية لعام ١٩٩٧ أن المحافظات الثلاث المدروسة تُظهر تباينًا كبيرًا في نمط الضغط السكاني على المساحة، فقد سجّلت محافظة البصرة أعلى كثافات سكانية، خاصة في مركز مدينة البصرة، نتيجة التركز الحضري الكثيف، والبنية التحتية، والنشاط الاقتصادي المتنوع. تليها محافظة دهوك التي أظهرت تباينًا واضحًا بين المناطق الحضرية مثل دهوك وزاخو والمناطق الجبلية ذات الكثافة المنخفضة، اما محافظة الأنبار فجاءت في المرتبة الأدنى من حيث الكثافة السكانية، إذ إن غالبية وحداتها الإدارية تقع ضمن مناطق صحراوية شاسعة وضعيفة الاستيطان، عدا مراكز الرمادي والفلوجة، حيث يدل ذلك إلى أن الكثافة السكانية ترتبط بقوة بالطبيعة الجغرافية للمكان ونمط التنمية الحضرية، وأن البصرة تمثل نمطًا حضريًا كثيفًا، بينما تعكس الأنبار نمطًا متبعثرًا ومنخفض الكثافة، وتأتي دهوك كنموذج وسطي بين النمطين.

اما من ناحية التوزيع فقد أوضحت الخرائط وجود نمط متشابه نسبيًا في المحافظات الثلاث من حيث تمركز نسبة كبيرة من السكان في المركز الحضري الرئيس، في مقابل انخفاض واضح في عدد السكانية للوحدات الطرفية، حيث تركزت النسبة الأكبر من سكان البصرة في مدينة البصرة، وفي دهوك ضمن مركز القضاء وزاخو، وفي الأنبار داخل الرمادي والفلوجة.

إلا أن وجود اختلاف في حدت التمركز بين المحافظات، حيث كان أكثر حدة في دهوك قد يكون بسبب صغر حجم وحداتها الإدارية، اما الأنبار تكون أكثر تبعثرًا في نتيجة لاتساع المساحات وقلة السكان، بينما تميل البصرة إلى نمط شبه مركزي مدفوع بالتوزيع على أطراف الموانئ والمراكز الاقتصادية.

مما يدل ذلك أن التوزيع النسبي للسكان يخضع لعوامل إدارية وخدمية واقتصادية، ويُظهر الوزن الحقيقي لكل وحدة ضمن المحافظة بصرف النظر عن مساحتها، وهو ما يجعل هذا النوع من التمثيل فعالًا في كشف أنماط التركز الديموغرافي الهيكلي.

المبحث الثاني

تعميم شبكة الطرق بمقياس ١:٢٥٠,٠٠٠ باستخدام أدوات التبسيط والتنعيم – دراسة مقارنة لمراكز أقضية مختارة

اصبحت عملية تعميم شبكة الطرق خطوة أساسية في إنتاج الخرائط بمقاييس صغيرة، حيث تهدف إلى تبسيط الشكل الهندسي لشبكة الطرق مع تقليل كثافة التفاصيل، بما يحقق وضوحًا بصريًا أفضل ويُسهل قراءة الخريطة عند عرضها بمقياس1:250,000 ، دون المساس بالبنية الطبوغرافية الأساسية.

تم اعتماد معادلة توبفر لضبط عدد الرؤوس[3*] بما يتناسب مع تغيير مقياس الخريطة:-

$$Ns = Nc\sqrt{\frac{Sc}{Ss}}$$

Ns= (عدد الرؤوس في الخريطة الأصلية)
Nc =عدد الرؤوس المطلوب الاحتفاظ بها بعد التعميم
Ss=مقياس الخريطة الأصلية
Sc=مقياس الخريطة المعمّمة

تم تطبيق معادلة توبفر بهدف حساب عدد الرؤوس المناسب بعد تعميم شبكة الط رق لمركز قضاء دهوك من مقياس 1:100,000 إلى .1:250,000 وتُعد هذه المعادلة من الأساليب العلمية الدقيقة لضبط التعميم بما يتناسب مع تغيير المقياس ، وتحقيق التوازن بين دقة التمثيل وتقليل التعقيد.

$$Nc=38492\times\sqrt{\frac{250000}{100000}}$$
$$Nc=38492\times0.632\approx24323$$

بلغت عدد الرؤوس في الخريطة لأصلية38492 بمقياس (١:١٠٠.٠٠٠)، لذا عند الانتقال الى مقياس أصغر (١:٢٥٠,٠٠٠)، يجب ان تبلغ عدد الرؤوس ٢٤٣٢٣ يظهر تشوه بصري واضح في بعض الطرق تم قطع واستبدال عدد من المسارات المنحنية بمقاطع مستقيمة أو غير مترابطة ، لذا فقد تم وتطبيق عملية التعميم باستخدام أداة التبسيط ختيار٥٠متر كمؤشر يعبر عن اقصى تعديل ممكن لعدد الرؤوس في ضوء عنصر الانتقاء ليصبح عدد الرؤوس في هذا المقياس ٣٣٤٧٢رأسا، أي بنسبة تقليل طفيفة بلغت نحو ١٣.١٪ فقط من إجمالي الرؤوس الأصلية البالغة ٣٨٤٩٢ رأسًا، وان الهدف من ذلك هي إزالة التفاصيل الدقيقة غير الضرورية التي لا تؤثر جوهريًا على شكل الطريق العام، خاصة عند استخدام مقياس رسم أصغر (مثل ١:٢٥٠,٠٠٠).

ولإكمال عملية التعميم المساق بمقياس ١:٢٥٠.٠٠٠، ادخلت مخرجات عنصر التبسيط كمخرجات عنصر التنعيم ليصبح عدد الرؤوس في هذا المقياس ٦٢٣٤٢رأسا، أي بنسبة تقليل طفيفة بلغت نحو ١٣.١٪ فقط من إجمالي الرؤوس

التبسيط ٣٣,٤٧٢ رأسًا،كما موضح في جدول (١)، وقد أظهر الفحص البصري للخريطة الناتجة أن هذا المستوى من التعميم لا يؤثر سلبًا على دقة تمثيل شبكة الطرق، بل ساعدا في إزالة الانحناءات الدقيقة والزوائد البصرية غير الضرورية، مع الحفاظ على الهوية الطبوغرافية لشبكة الطرق في مركز مدينة دهوك والمناطق الريفية المحيطة.

واستكمالًا لعملية التعميم الخطي لشبكة الطرق، تم عملية حذف الطرق الثانوية، وذلك بهدف التركيز على التمثيل البنيوي للطرق الرئيسة والسريعة فقط، وبعد إجراء هذه الخطوة، أُعيد احتساب عدد الرؤوس المتبقية، فبلغ مجموعها ١٧,٨٦٥ رأسًا، مقارنةً بعدد الرؤوس الأصلية ٣٨,٤٩٢، مما يشير إلى أن الطرق الثانوية كانت تمثل نحو ٤,٣٠٣ رأسًا، أي ما يعادل نسبة ١١.٢٪ من إجمالي عدد الرؤوس، وتُعد هذه الخطوة من قبيل التعميم الحذفي ،والذي يُستخدم لإزالة التفاصيل غير الضرورية ضمن الخرائط الصغيرة المقياس، بما يضمن وضوح شبكة الطرق عند العرض أو الطباعة، وان الغاية من حذف الطرق الثانوية يُساهم في تقليل التعقيد البصري وتحسين قابلية القراءة الخرائطية دون المساس بالهيكل العام للشبكة، لا سيما وأن الطرق المحذوفة لا تؤدي وظائف حركية محورية على مستوى القضاء.

جدول (1)يوضح أثر عمليات التبسيط والتنعيم في تعميم شبكة الطرق لمركز قضاء دهوك 1:250,000

العملية	عدد الرؤوس (Vertices)	مقياس الخريطة	الهدف	النتيجة على عدد الرؤوس
التبسيط (Simplify)	33,472	١.٢٥٠.٠٠٠	تقليل التفاصيل غير الضرورية	انخفاض عدد الرؤوس بنسبة13%
التنعيم (Smooth)	62,342	١.٢٥٠.٠٠٠	تحسين الانسيابية البصرية للطرق	زيادة عدد الرؤوس بنسبة86.2%
بعد حذف الطرق الثانوية	١٧،٨٦٥	١.٢٥٠.٠٠٠	إزالة الطرق الثانوية والإبقاء على الشبكة الرئيسة	انخفاض بنسبة ٩.٤٪

المصدر:- من إعداد الباحثة بالاعتماد على بيانات تحليلية داخل بيئة ArcMap

الشكل (٧) تعميم شبكة الطرق لمركز قضاء دهوك لعام ٢٠٢٤بمقاس 1.250.000

المصدر:- بالاعتماد على

Arc Map برنامج -٢ (BBBIKE EXTRACTS) موقع -

https://extract.bbbike.org/١

يلاحظ الخريطة الناتجة عن تطبيق أدوات التعميم على شبكة الطرق في محافظة دهوك نجاح عملية التبسيط والتنعيم في تحقيق الأهداف المنشودة من التعميم، حيث تم تقليل التشويش البصري الناتج عن كثرة التفاصيل الثانوية، وخاصة في المناطق ذات الكثافة الطرقية المرتفعة مثل مركز المدينة، الحفاظ على الهيكل الطرقي الرئيس دون حدوث تشوهات أو فقدان للاتجاهات الأساسية للطرق، تحقيق تجانس بصري بين أطراف المدينة ومركزها بما يتلاءم مع مقياس العرض الجديد(1:250,000) .

قد تمثلت عملية تعميم شبكة الطرق في مركز قضاء الرمادي بخطوة محورية ضمن إجراءات إعداد الخرائط الكارتوغرافية المخصصة للمقاييس الصغيرة، إذ تسعى إلى تبسيط الأشكال الهندسية للطرق بهدف تقليل تعقيد التمثيل البصري مع الحفاظ على البنية العامة للمسارات لذا تم تطبيق معادلة لتحيد عدد الرؤوس بما يتناسب مع المقياس:-

$$Ns=61401\times\sqrt{\frac{٢٥٠.٠٠٠}{١٠٠.٠٠٠}}$$

$$Ns=61401\times1.5811\approx97114$$

بلغ عدد الرؤوس في الطبقة الأصلية 61,401 رأسًا بمقياس ١٠٠.٠٠٠، لذا عند التحويل من مقياس كبير الى مقياس اصغر ال٢٥٠.٠٠٠ يفترض بعد المعادلة ان تكون عدد الرؤوس ٩٧١١٤ رئس، لذا قد تم تنفيذ مرحلتين من المعالجة الكارتوغرافية ، الأولى تمثلت في التبسيط الهندسي باستخدام التبسيط مع اعتماد مسافة ٥٠ مترًا كحد أقصى للإزاحة، حيث تم تقليل عدد الرؤوس من ٦١,٤٤١ رأسًا في الطبقة الأصلية إلى ٤٦,٣٣٨ رأسًا، أي بنسبة تخفيض بلغت نحو ٢٤.٦٪.

المرحلة الثانية تضمنت تطبيقالتنعيم على الطبقة المبسطة بنفس المسافة (٥٠ مترًا)، مما أدى إلى زيادة عدد الرؤوس إلى ٩١,١٨٤ رأسًا، أي بزيادة نسبتها ٩٦.٧٪ بالمقارنة مع طبقة التبسيط، ويُعزى ذلك إلى طبيعة خوارزمية التنعيم التي تُضيف نقاطًا جديدة لتوليد مسارات انسيابية على حساب المسارات الأصلية ذات الزوايا الحادة أو التعقيد المحلي.

وقد أظهر عملية التنعيم وضوح بصري مما حسّنت من وضوح خطوط الطرق، خاصة في المناطق الريفية والحضرية ذات التعرجات، دون أن تُفقدها بنيتها الطبوغرافية، وبذلك، فإن التعميم لم يكن مجرد حذفٍ للرؤوس، بل إعادة تشكيل مدروسة تتوازن بين البساطة والدقة.

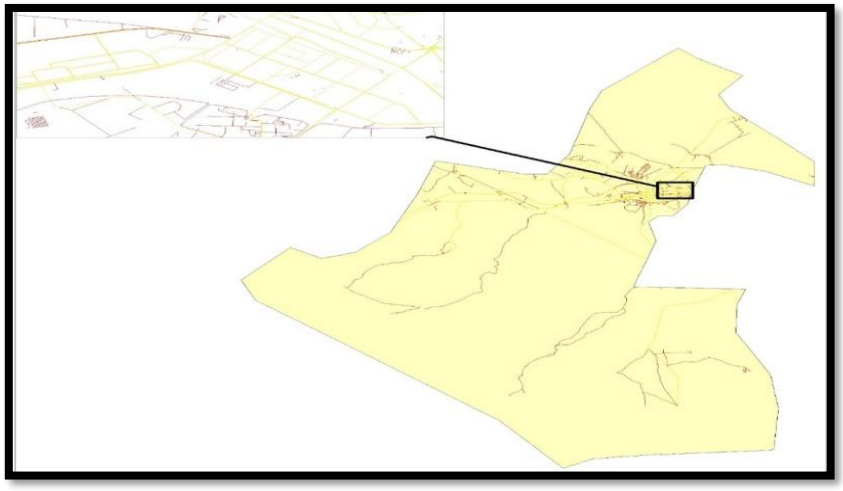
بعد ذلك تم حذف الطرق الثانوية من شبكة الطرق بهدف الاقتصار على الطرق الرئيسة والسريعة فقط، باعتبارها المكوّن البنيوي الأهم في الخرائط صغيرة المقياس، وبعد هذا الحذف أُعيد احتساب عدد الرؤوس لتقتصر على الطرق المحورية فقط، فبلغ مجموعها ٢٠,٧٨٦ رأسًا ، مقارنةً بعدد الرؤوس الكلي البالغ ٧٣,٩٩٥ رأسًا بعد عملية التنعيم، مما يُشير إلى انخفاض بنسبة ٧١.٩٪ من إجمالي الرؤوس، ان الغاية من هذه العملية هي تجنب تشتت الانتباه البصري عند عرض شبكات النقل على المقياس الصغير، ويُلاحظ أن هذا التبسيط المكاني لم يؤثر على الترابط البنيوي للشبكة، بل ساهم في إبراز محاور الحركة الرئيسة ضمن القضاء بوضوح أكبر، كما موضح في جدول(٢) والشكل(٨).

جدول(٢) يوضح أثر عمليات التبسيط والتنعيم في تعميم شبكة الطرق لمركز قضاء الرمادي عند مقياس ١:٢٥٠,٠٠٠

العملية	عدد الرؤوس (Vertices)	الهدف	نسبة التغير
بعد التبسيط (Simplify 50m)	33,025	تقليل التفاصيل الحادة وغير الضرورية	−46.2%
بعد التنعيم (Smooth 50m)	73,995	تحسين الانسيابية البصرية	+21%
بد حذف الطرق الثانوية	٢٠,٧٨٦	إزالة التفاصيل الغير الضرورية	٪١.٩−

المصدر:− من إعداد الباحثة بالاعتماد على بيانات تحليلية داخل بيئة ArcMap

الشكل(٨) تعميم شبكة الطرق لمركز قضاء الرمادي لعام ٢٠٢٤ بمقاس1.250.000



المصدر:- بالاعتماد على

1- موقع (BBBIKE EXTRACTS)
/https://extract.bbbike.org
2- برنامج Arc Map

يلاحظ من شكل الخريطة بعد تنفيذ عملية التبسيط الكارتوغرافي أن البنية الطبوغرافية العامة لشبكة الطرق الرئيسة داخل مركز الرمادي قد تم الحفاظ عليها، مما يدل أن التبسيط لم يُحدث تشويهاً في الخطوط الأساسية أو يفقد الترابط بين أجزاء الشبكة، وان إزالة التفاصيل الزائدة العديد من التعرجات والانحناءات الدقيقة، خصوصًا في المناطق الريفية والامتدادات الخارجية للطرق، قد تم تبسيطها إلى خطوط أكثر سلاسة واستقامة هذا الإجراء يُسهّل القراءة على مقياس صغير مثل 1:250,000.، ورغم التبسيط، احتفظت المناطق الحضرية في وسط المدينة بكثافتها النسبية، مما يشير إلى أن إعدادات التبسيط كانت متوازنة، ولم تؤدِ إلى حذف المعالم المهمة، تُعد هذه العملية ناجحة من الناحية الكارتوغرافية، حيث ساهمت في تحسين قابلية القراءة للخريطة وتقليل حجم البيانات لتناسب المقياس الجديد والحفاظ على الطابع العام لشبكة الطرق.

اما تعميم شبكة الطرق في مركز قضاء البصرة، فقد تمثل في تقليل التفاصيل غير الضرورية الناتجة عن العمل بمقاييس كبيرة ١:١٠٠.٠٠٠ وتحويلها إلى هيئة مناسبة لخرائط بمقياس١:٢٥٠.٠٠٠، حيث تم اعتماد المعادلة بوصفها أداة علمية لتقدير عدد الرؤوس المناسب الذي يُفترض الحفاظ عليه في الخريطة المعممة، أصبحت هذه الخطوة مهمة لضمان التوازن بين تبسيط الشكل الهندسي للطرق من جهة، والحفاظ على البنية الطبوغرافية العامة للشبكة من جهة أخرى.

$$Nc=99983\times\sqrt{\frac{250000}{100000}}$$

$$Nc=99983\times 1.581$$

$$Nc\approx 158,064$$

بلغت عدد الرؤوس في الخريطة لأصلية٩٩٩٨٣راسا بمقياس (١:١٠٠.٠٠٠)، لذا عند الانتقال الى مقياس أصغر (١:٢٥٠,٠٠٠)، يجب ان تبلغ عدد الرؤوس ١٥٨٠٦٤راسا، لذا تم تطبيق عنصر التبسيط بمقدار ٥٠ مترًا كأقصى مسافة مسموح بها للتعديل، وقد أدى ذلك إلى تقليل عدد الرؤوس من ٩٩,٩٨٣ إلى ٧٤,٨٦٦ رأسًا، أي بنسبة تخفيض بلغت نحو ٢٥.١٪، وهو ما يمثل إزالة فعالة للتفاصيل غير الضرورية على مستوى الطرق المحلية والثانوية، وبعد ذلك استخدمت مخرجات التبسيط ليتم اجراء عملية التنعيم بقيمة ٥٠ مترًا أيضًا، مما نتج عنه ارتفاع عدد الرؤوس إلى ٩٤,٤٣٨ رأسًا، أي بنسبة زيادة قدرها ٢٦.١٪ عن ناتج التبسيط، وانخفاض كلي قدره ٥.٥٪ فقط عن الطبقة الأصلية، وتعكس هذه الزيادة إضافة انسيابية بصرية إلى شكل الطرق دون التضحية بالبنية الطبوغرافية الأساسية، وان الغاية من تطبيق تقنيات التبسيط والتنعيم هي لتقليل التشويش البصري وزيادة وضوح الشبكة ضمن هذا المقياس.

وبمقارنة القيمة النظرية المستنتجة (١٥٨,٠٦٤ رأسًا) بالقيمة الفعلية الناتجة بعد التبسيط والتنعيم (٩٤,٤٣٨ رأسًا)، نجد أن النتيجة ضمن الحد المقبول نظريًا، بل أقل من القيمة العظمى المحسوبة، مما يدل على نجاح التعميم في تقليل التعقيد دون الإخلال بتمثيل شبكة الطرق، ويعزز ذلك ما ظهر في الخريطة الناتجة من وضوح بصري، خاصة في مناطق المركز الحضري وكثافة الانعطافات.

والتقليل التفاصيل الغير ضرورية تم حذف الطرق الثانوية والإبقاء على الطرق الرئيسة والسريعة فقط، وذلك بهدف تبسيط البنية المكانية للشبكة بما ينسجم مع وظائف الطرق البنيوية في الخرائط الصغيرة المقياس، وقد أظهرت أن عدد الرؤوس بعد الحذف انخفض من ٩٤,٤٣٨ رأسًا بعد التنعيم إلى ٢٠,٧٨٦ رأسًا فقط، أي

بانخفاض مقداره ٧٣,٦٥٢ رأسًا، وبنسبة ٧٧.٩٪ من مجموع الرؤوس، ويؤكد هذا الانخفاض الكبير أهمية الحذف في إزالة التفاصيل الثانوية غير المؤثرة على ترابط الشبكة العامة، وقد أدى هذا الإجراء إلى تحسين المقروئية الخرائطية دون الإخلال بالمسارات المحورية للنقل في مركز قضاء البصرة، كما موضح في جدول (٣)والشكل(٩).

جدول(٣) يوضح أثر عمليات التبسيط والتنعيم في تعميم شبكة الطرق لمركز قضاء البصرة عند مقياس ١:٢٥٠,٠٠٠

العملية	مقياس الخريطة	عدد الرؤوس (Vertices)	النتيجة على عدد الرؤوس	الهدف
التبسيط (Simplify)	1:250,000	866,74	انخفاض عدد الرؤوس بنسبة 25.1%	تقليل التفاصيل غير الضرورية
التنعيم (Smooth)	1:250,000	438,94	زيادة عدد الرؤوس بنسبة 26.1%عن التبسيط، وانخفاض كلي قدره 5.5% عن الطبقة الأصلية	تحسين الانسيابية البصرية للطرق
بعد حذف الطرق الثانوية	1:250,000	٢٠,٧٨٦	إزالة الطرق غير المحورية والبقاء على السريع والرئيسي	إزالة التفاصيل الغير الضرورية

المصدر:- من إعداد الباحثة بالاعتماد على بيانات تحليلية داخل بيئة ArcMap

الشكل(٩) تعميم شبكة الطرق لمركز قضاء البصرة لعام ٢٠٢٤بمقاس 1.250.000

المصدر:- بالاعتماد على

١- موقع (BBBIKE EXTRACTS)

/https://extract.bbbike.org

٢- برنامج Arc Map

يلاحظ من الخريطة اعلاه انخفض عدد الرؤوس بنسبة ٤٪ تقريبًا بعد التبسيط، مما ساهم في تقليل التفاصيل المفرطة مع الحفاظ على التوجه العام للطرق، بالمقابل ارتفع عدد الرؤوس بنسبة كبيرة جدًا بعد التنعيم ليصل إلى ٢٣٠,٠٨٨ رأسًا، مما عكس الطبيعة المعقدة للبيئة الحضرية في مدينة البصرة، حيث تتطلب المناطق المكتظة سلاسة بصرية أكثر لتسهيل قراءة شبكة الطرق سمحت عمليات التبسيط

والتنعيم بالحفاظ على الطرق الرئيسية واضحة المعالم، مع حذف الطرق الثانوية، وهو ما يتناسب مع متطلبات تمثيل الخرائط على المقياس الصغير المستخدم.

تعكس الخريطة الناتجة تحقيق توازن بين الدقة المكانية والتجريد البصري، وقد أزيلت التفاصيل الزائدة دون الإخلال ببنية شبكة الطرق، واختيار نوع الخوارزميات وقيم المناسبة ساهم في إنتاج خريطة مقروءة وفعالة للتحليل المكاني والنشر الكارتوغرافي.

ان النتائج المستخلصة من عملية تعميم شبكة الطرق التي تعد من العمليات الكارتوغرافية الجوهرية عند إعداد الخرائط صغيرة المقياس، لما لها من دور في تحسين وضوح العناصر الخطية وتقليل التشويش البصري الناتج عن كثافة التفاصيل، وقد تم تنفيذ التعميم في مراكز أقضية دهوك والرمادي والبصرة باستخدام أدوات رقمية متقدمة لتبسيط الأشكال الخطية ثم تنعيمها، ضمن بيئة نظم المعلومات الجغرافية.

انطلقت المعالجة من الطبقات الأصلية التي كانت تحتوي على كثافة عالية من الرؤوس والانحناءات، والتي قد تؤدي إلى ازدحام بصري في مقياس ١:٢٥٠,٠٠٠. وقد ساعدت أداة التبسيط في تقليل التعقيد الهندسي للطرق من خلال إزالة الرؤوس الزائدة التي لا تؤثر على الشكل العام، بينما أضافت أداة التنعيم انسيابية بصرية ساعدت في تحسين تمثيل الانحناءات.

وقد أظهرت الخرائط الناتجة تحسنًا ملحوظًا في وضوح شبكة الطرق، مع الحفاظ على الخصائص الطبوغرافية والهيكلية العامة للطرق، كما أن النتائج التي تم الحصول عليها ظلت ضمن الحدود النظرية المقبولة وفق معادلة توبفر، ما يؤكد نجاح التعميم في الحفاظ على التوازن بين الدقة الجغرافية والبساطة البصرية المطلوبة على هذا المقياس، حيث ضهرت النتائج مقاربة لما جاءت به المعادلة.

وبذلك، أثبتت تجربة التعميم في هذه الأقضية الثلاثة إمكانية إنتاج خرائط واضحة، دقيقة، ومتوازنة من الناحية التصميمية والوظيفية، بما يخدم الأغراض التحليلية والعرضية في آنٍ واحد.

أولًا: الاستنتاجات

١- أثبتت تقنيات التعميم الكارتوغرافي فعاليتها في تبسيط تمثيل الظواهر البشرية على الخرائط صغيرة المقياس (١:٢٥٠,٠٠٠)، دون الإخلال بالدلالة المكانية أو فقدان المعنى التحليلي.

٢- خرائط الكثافة السكانية أظهرت قدرة عالية على إبراز التفاوتات المكانية داخل المحافظات عند استخدام أسلوب التصنيف الكمي (Jenks)، وساعدت في عرض التركز السكاني بشكل بصري واضح يدعم التحليل المكاني والديموغرافي.

٣- خرائط التوزيع النسبي وفّرت قراءة دقيقة للوزن السكاني لكل وحدة إدارية ضمن المحافظة، وكشفت أنماط التمركز السكاني الحقيقي بغض النظر عن حجم المساحة، مما يجعلها أداة فعالة في التحليل الهيكلي الديموغرافي.

٤- محافظة البصرة تميّزت بأعلى كثافة سكانية ضمن المحافظات الثلاث، تليها دهوك، ثم الأنبار، ويُعزى ذلك إلى طبيعة البنية التحتية، والنشاط الاقتصادي، والخصائص الجغرافية لكل محافظة.

٥- تمثيل شبكة الطرق بعد التعميم باستخدام أدوات التبسيط والتنعيم، ساهم في تحسين المقروئية الخرائطية وتقليل الزخم البصري، خاصة بعد حذف الطرق الثانوية التي لا تؤدي وظائف بنيوية رئيسة.

٦- معادلة توبفر مثّلت أداة فعالة لضبط عدد الرؤوس وتحقيق التوازن بين التفاصيل والدقة، حيث أظهرت النتائج تطابقًا مقبولًا بين القيم النظرية والتطبيقية بعد التعميم.

٧- تفاوت تأثير التعميم بين المناطق الحضرية والريفية، حيث تطلّبت المناطق المكتظة ضبطًا دقيقًا لخيارات التعميم، بينما كان بالإمكان تبسيط الشبكات في المناطق المفتوحة دون فقدان المعالم الجوهرية.

ثانيًا: التوصيات

١- الاعتماد على التعميم الكارتوغرافي كأسلوب منهجي عند إعداد الخرائط البشرية للمقاييس الصغيرة، بما يضمن وضوح الرسالة الخرائطية وتحقيق التوازن بين البساطة والدقة.

٢- ضرورة اختيار طريقة التصنيف المناسبة لطبيعة البيانات عند تصميم الخرائط الموضوعية، حيث يُنصح باستخدام طريقة Natural Breaks (Jenks) في حالة التباين الطبيعي العالي، وطريقة Equal Interval عند التجانس.

٣- استخدام التعميم التدريجي متعدد المراحل (تبسيط ← تنعيم ← حذف) يحقق نتائج أفضل من تطبيق أداة واحدة، خاصة في خرائط الطرق التي تتطلب انسيابية بصرية عالية دون تشويه للهيكل العام.

٤- تضمين المعادلات الكارتوغرافية مثل معادلة توبفر في إعداد الخرائط المؤتمتة ضمن نظم المعلومات الجغرافية، لتقدير مستوى التعميم الأمثل وضبط عدد الرؤوس تلقائيًا.

٥- أهمية اختبار المستخدم النهائي للخريطة قبل اعتماد التصميم النهائي، خاصة في الخرائط الموجهة لأغراض التخطيط الحضري أو الدراسات السكانية، لضمان توافقها مع الإدراك البصري للمستفيدين.

٦- دمج خرائط التوزيع النسبي مع خصائص جغرافية أخرى (مثل شبكة الخدمات أو استعمالات الأرض) يُعد توجهًا واعدًا لفهم العلاقات المتبادلة بين السكان والبيئة.

٧- تشجيع استخدام أدوات التعميم الكارتوغرافي في البيئات الأكاديمية والتخطيطية في العراق، وربطها بالتحليل المكاني والنمذجة المكانية لاتخاذ قرارات مبنية على بيانات مرئية موثوقة.

الهوامش

1 Slocum, T. A., McMaster, R. B., Kessler, F. C., & Howard, H. H. (2009). ThematicCartography and Geovisualization (3rd ed.). Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, p. 318.

2 Dent, B. D., Torguson, J. S., & Hodler, T. W. (2009). Cartography: Thematic Map Design (6th ed.). McGraw-Hill Higher Education, New York, p. 187.

*تُعرّف الرؤوس (Vertices) بأنها النقاط الإحداثية التي تُحدد شكل الخط أو المضلع في الخريطة الرقمية، وتُعد وحدة البناء الأساسية في تمثيل المعالم الخطية.

3 (Longley et al., *Geographic Information Systems and Science*, 2015, p. 178)

المراجع :

-1- Biljecki, F., Stoter, J., Ledoux, H., Zlatanova, S., & Çöltekin, A. (2016). Applications of 3D City Models: State of the Art Review. ISPRS International Journal of Geo-Information, 5(11), 19. https://doi.org/10.3390/ijgi511019

-2- Alkan, M., & Türker, M. (2020). Assessing the effectiveness of dynamic 4D visualization in urban growth monitoring. The Cartographic Journal, 57(3), 195–208. https://doi.org/10.1080/00087041.2019.1633105

-3-Shepherd, I. D. H., & Bleisch, S. (2012). The usability of 3D information visualization. Cartography and Geographic Information Science, 39(3), 161–173. https://doi.org/10.1559/15230406392161

-4-Slocum, T. A., McMaster, R. B., Kessler, F. C., & Howard, H. H. (2009). Thematic Cartography and Geovisualization (3rd ed.). Pearson Prentice Hall.

-5- Dent, B. D., Torguson, J. S., & Hodler, T. W. (2009). Cartography: Thematic Map Design (6th ed.). McGraw-Hill.

٦- وزارة التخطيط والتعاون الإنمائي، الجهاز المركزي للإحصاء (١٩٩٧). بيانات تعداد السكان لسنة ١٩٩٧ – غير منشورة. بغداد، العراق.
-7- BBBike Extracts. (n.d.). Free extracts of OpenStreetMap data for selected cities. Retrieved from https://extract.bbbike.org/
-8-Esri. (2011). ArcGIS Desktop: Release 10. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute.