نمذجة الكثافة السكانية في مدينة سبها باستخدام الخرائط الديزمترية

https://doi.org/10.37375/jlgs.v4i2.2848

أ. وفاء محمد عطية شخنوب
أستاذ مساعد بقسم الجغرافيا/ كلية الآداب/ جامعة سبها
waf.sakhnoub@sebhau.edu.ly

الملخص:

تُعَدُّ دراسة التوزيع الجغرافي للسكان غاية في الأهمية؛ لدورها في إدراك أنماط التوزيع السكاني، والاستجابة للاحتياجات والمشاكل الحضرية. وتقدم الخرائط الديزمترية تقديرات دقيقة لتوزيع السكان وتبرز تباين الكثافة داخل مساحات الوحدة الإدارية؛ لذلك تهدف الدراسة إلى التعرف على مستويات الكثافة السكانية في مدينة سبها باستخدام الخرائط الديزمترية، وتسعى الدراسة إلى إنتاج خريطة ديزمترية تعكس التوزيع الفعلي للسكان في الحيز الجغرافي، وتبرز تباين الكثافة داخل مساحات الوحدة الإدارية. اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي، وأُسْتُخْدمتْ طريقة الفئات المتعددة لإنشاء خريطة ديزمترية لتوزيع السكان، وذلك بنمذجة البيانات داخل بيئة نظم المعلومات الجغرافية. وأظهرت النتائج أنّ خريطة الكثافة السكانية الديزمترية لمدينة سبها تظهر التمثيل الدقيق لتوزيع السكان، حيث أُسْتثنيت المناطق غير المأهولة وغير السكنية، والتي مثلت 79% من إجمالي المساحة (2006م)، و62% (2022م)، كما تباينت مستويات الكثافة داخل الأحياء بتباين نمط السكن. وتبيّن اتجاه التوزيع السكاني إلى الانتشار الأفقي في الحيز المكاني. وكانت القيم المقدرة للكثافة الديزمترية للمدينة قريبة من القيم الفعلية، مما يشير إلى فاعلية المرئيات الفضائية وتقنية نظم المعلومات الجغرافية في إنتاج خرائط الكثافة الديزمترية.

الكلمات المفتاحية: سبها، الخرائط الديزمترية، توزيع السكان، الكثافة السكانية، الاستشعار عن بعد، التصنيف الموجه.

Vol. 4, Issue.2, July 2024
ISSN 2789 - 4843
Journal of Libya for Geographical Studies
المجلد 4 العدد 2 ، يوليو 2024م
مجلة ليبيا للدراسات الجغرافية

Modeling population density in the city of Sebha using dasymetric maps

https://doi.org/10.37375/jlgs.v4i2.2848

Wafa Mohamed Atia Sakhnoub
Assist. Prof. in Department of Geography, Faculty of Arts, Sebha university
waf.sakhnoub@sebhau.edu.ly

Abstract:

Studying the geographic distribution of the population is important. For its role in recognizing population distribution patterns and responding to urban needs and problems. Dasymetric maps provide accurate estimates of population distribution and highlight the variation in density within the areas of the administrative unit. Therefore, the study aims to identify the levels of population density in the city of Sebha using decimetric maps. The importance of the study lies in producing a dasymetric map that reflects the actual distribution of population in geographical space and highlights the variation of density within areas. Administrative unit. The study relied on the descriptive analytical approach, and we used the multi-category method to create a dasymetric map of population distribution, by modeling the data within a geographic information systems environment. The results showed that the density map of Sebha shows an accurate representation of population distribution, as it excluded uninhabited and non-residential areas, which represented 79% of the total area (2006 AD) and 62% (2022 AD), and density levels varied within neighborhoods depending on the housing type. It shows that the population distribution tends to spread horizontally across space. The estimated values of the city's dasymetric density were close to the actual values, which indicates the effectiveness of satellite visualization and GIS technology in producing decimeter density maps.

***Keywords*:** Sebha ,dasymetric mapping, population distribution, population density, remote sensing, supervised classification

مُقدِّمة:

تُعَدُّ دراسة التوزيع الجغرافي للسكان غاية في الأهمية؛ لدورها في إدراك أنماط التوزيع السكاني، والاستجابة للاحتياجات والمشاكل الحضرية والاجتماعية والاقتصادية والبيئية. وتعطي خرائط التوزيع النسبي للسكان (الكثافة السكانية) صورة عامة ومضللة لتوزيع السكان في الحيز الجغرافي، فهي توضح الصورة المتوسطة لتوزيع السكان في الوحدة الإدارية، ممَّا يضعف هدف الخريطة في نقل صورة واقعية للكثافة السكانية، في المقابل تقدم الخرائط الديزمترية تقديرات أدق لتوزيع السكان وتبرز تباين الكثافة داخل مساحات الوحدة الإدارية، فهي تقوم على أساس تقدير الكثافات وحسابها في أجزاء الوحدة الإدارية اعتمادًا على البيانات الإحصائية، فالاختلاف في نوع الوحدة المساحية التي تستخدم لجمع البيانات وتمثيل توزيع السكان، وبالتالي تجنب أنماط التوزيعات غير الحقيقية للسكان وفهم الواقع المكاني للتوزيع.(أبو راضي، 2001م، ص78-80) فالمعرفة الدقيقة للتوزيع المكاني للسكان تتيح القيام بتحليلات مكانية، وتساهم في توفير المعلومات مما يقدم دعماً للمخططين ومتخذي القرار لتحقيق سرعة الاستجابة لهذه الاحتياجات والمشاكل وإدارتها.

ولا تتوفر بيانات تفصيلية حول التوزيع السكاني في مدينة سبها رغم أنها أكبر تجمع سكاني في الجنوب الليبي، وتمثل المركز الإداري والخدمي لإقليم فزان، مما يعيق استثمار الموارد البشرية وتوفير الاحتياجات الاساسية للسكان وتطوير وإدارة المدينة، حيث لا يمكن إجراء تحليلات مكانية لفهم الاحتياجات والاستجابة للمشاكل بدون فهم لطبيعة توزيع السكان داخل المناطق الحضرية. ومن أجل ذلك تحاول هذه الدراسة الحصول على تمثيل دقيق لتوزيع السكان في مدينة سبها باستخدام الخرائط الديزمترية، وتقصّي مدى دقتها. وضمَّت الدراسة مقدمةً تشمل الأسس المنهجية لها، ثُمَّ عرضاً للفكرة العامة للخرائط الديزمترية، فطريقة إجراء الدراسة وتقييم الدقة، وأخيرا النتائج والتوصيات.

مشكلة الدراسة:

تكمن مشكلة الدراسة في التساؤلات الآتية:

1. هل تُظهر الخرائط الديزمترية تمثيلاً دقيقاً وواقعياً لأنماط التوزيع السكاني في مدينة سبها؟
2. ما دور تقنية نظم المعلومات الجغرافية وصور الأقمار الصناعية في فاعلية الخرائط الديزمترية عند تقدير التوزيع السكاني؟

3. ما مدى دقة تقديرات الكثافة السكانية في الخرائط الديزمترية المنتجة بتقنية نظم المعلومات الجغرافية باستخدام برنامج ARC GIS ؟

الفرضيات:

1. تُظهر الخرائط الديزمترية تمثيلاً دقيقاً لتباين مستويات الكثافة السكانية في أحياء مدينة سبها.
2. زاد تطور نظم المعلومات الجغرافية وصور الأقمار الصناعية من فاعلية الخرائط الديزمترية في تقدير التوزيع السكان.
3. يمكن إنتاج خرائط ديزمترية عالية الدقة للكثافة السكانية بتقنية نظم المعلومات الجغرافية باستخدام برنامج ARC GIS .

أهداف الدراسة:

تهدف الدراسة إلى الحصول على تمثيل أكثر دقة لتوزيع السكان في مدينة سبها باستخدام الخرائط الديزمترية، والاستفادة من الإمكانات المتاحة في بيئة نظم المعلومات الجغرافية؛ لزيادة فاعليتها في تقدير التوزيع السكاني.

أهمية الدراسة:

تتجلَّى أهمية الدراسة في إنتاج خريطة ديزمترية تمثل التوزيع المكاني الدقيق لسكان مدينة سبها، وتعكس التوزيع الفعلي لهم في الحيز الجغرافي، وتبرز تباين الكثافة داخل مساحات الوحدة الإدارية بخلاف خرائط التوزيع النسبي للسكان التي تعكس المتوسط العام للكثافة في الوحدة الإدارية، وذلك بنمذجة البيانات داخل بيئة نظم المعلومات الجغرافية، ممَّا يتيح التعرف على أنماط التوزيع المختلفة، فالمعرفة الدقيقة للتوزيع المكاني للسكان تتيح القيام بتحليلات مكانية وتسهم في توفير المعلومات، ممَّا يقدم دعماً للمخططين ومتخذي القرار لتحقيق سرعة الاستجابة للاحتياجات والمشاكل وإدارتها.

الدراسات السابقة:

- دراسة (**Cartagena, Mattei, & Wang. 2022**) بعنوان: (Dasymetric Mapping of Population Using Land Cover Data in JBNERR, Puerto Rico during 1990–2010)، وقد قام الباحثون بتطبيق رسم الخرائط الديزمترية متعدد الطبقات، لتقدير التوزيع الجغرافي للسكان باستخدام بيانات التعداد

السكاني والغطاء الأرضي المستمدة من المرئيات الفضائية، ذات الدقة المكانية 30م باتباع طريقة التصنيف الموجّه. وأظهرت نتائج الدراسة فاعلية الخرائط الديزمترية ودقتها في تمثيل تباين الكثافة السكانية في منطقة الدراسة.

- دراسة **(Alena & Jan, 2013)** بعنوان: (Dasymetric mapping as an analytical tool for the city development identification and its cartographic visualization) حاول الباحثان من خلالها مراقبة تطور المدينة لفترة زمنية طويلة بتقنية الخرائط الديزمترية باستخدام طريقة الفئات المتعددة اعتمادًا على استخدامات الأرض المستمدة من التصنيف الموجه للمرئيات الفضائية بدقة 100م. وكشفت النتائج مدى ملاءمة هذا التطبيق لدراسة تطور توزيع سكان المدينة.

- دراسة **(Bayns, Neale, & Hultgren. 2022)** بعنوان: (Improving intelligent dasymetric mapping population density estimates) التي درست إمكانية تحسين تقديرات الكثافة السكانية للخرائط الديزمترية بدقة 30م للولايات المتحدة، وذلك باستثناء المناطق غير المأهولة، وتحديد استخدامات الأرض المستمدة من المرئيات الفضائية. وأظهرت الدراسة إمكانية إنتاج تقديرات عالية الدقة للكثافة السكانية من خلال الخرائط الذكية، وكانت التقديرات أفضل في الولايات ذات المناطق الحضرية الأكبر من الولايات ذات الكثافة السكانية المنخفضة.

- دراسة **(Eicher, & Brewer. 2001)** بعنوان: Dasymetric Mapping and Areal Interpolation Implementation and Evaluation) وفيها قام الباحثان باختبار عدة طرق لرسم الخرائط الديزمترية، تمثلت في الطريقة الثنائية، والطريقة الثلاثية المستويات، وبيانات استخدام الأراضي، واستخدام أنواع أخرى من البيانات المساعدة تمثلت في ست متغيرات اجتماعية واقتصادية لمنطقة الدراسة، وتمَّ تقييم دقة الخرائط باستخدام التحليلات الإحصائية. وأظهر التحليل أن الطريقة الثنائية التقليدية بها خطأ أقل من الطرق الأخرى.

- دراسة **(Kim & Choi. 2011)** بعنوان: (A hybrid dasymetric mapping for population density surface using remote sensing data). وتطرقت الدراسة إلى ثلاثة طرق لرسم الخرائط الديزمترية، وهي الطريقة الثنائية التقليدية، وطريقة

الاستيفاء التحسسي (التدرّج بتأثير البيانات المجاورة)، والطريقة الهجينة التي تتمثل في دمج الطريقتين داخل بيئة نظم المعلومات الجغرافية، وتمَّ إنتاج ثلاث خرائط وتقييم دقتها. وأظهرت النتائج أن الطريقة الثنائية التقليدية أقل خطأ.

- دراسة **(Mennis & Hultgren, 2005)** بعنوان: (Dasymetric mapping for disaggregating coarse resolution population data) وقد اعتنى الباحثان بدراسة إعادة توزيع البيانات السكانية باستخدام الخرائط الديزمترية بالدمج بين الطريقة الثنائية والطريقة الثلاثية المستويات باستخدام بيانات الاستشعار عن بعد، وبينت النتائج مدي فاعلية الخرائط الديزمترية في تقدير التوزيع السكاني.

- دراسة **(Krunić, Bajat, Kilibarda, & Tošić. 2011)** بعنوان: (Modelling the spatial distribution of Vojvodina's population by using dasymetric method) التي حلّلت إمكانية تطبيق طريقة الخرائط الديزمترية لنمذجة التوزيع المكاني للسكان، وقد بدأت الدراسة بعرض أساس وتطور الخرائط الديزمترية، عرض بعدها الباحثون التطبيق لهذه الطريقة، وبينت النتائج أن تطور نظم المعلومات الجغرافية وصور الأقمار الصناعية زاد فاعلية الخرائط الديزمترية في تقدير التوزيع السكاني.

منهجية الدراسة:

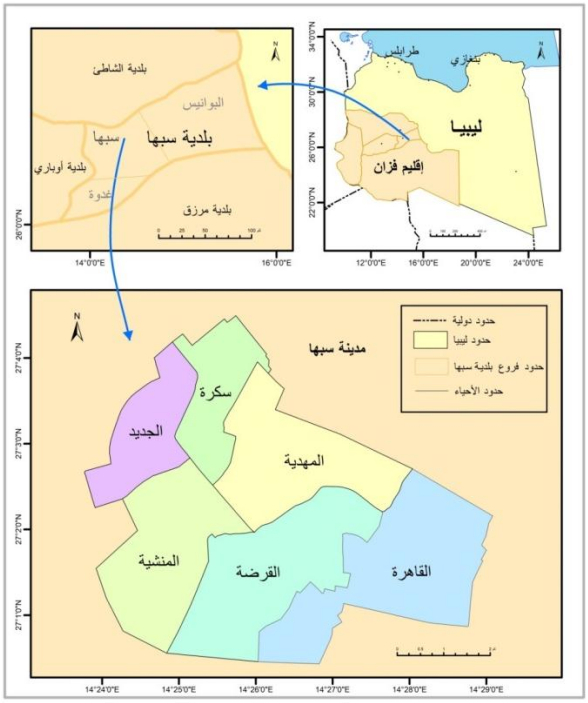
اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي والمنهج المقارن للحصول على تمثيل أكثر دقة لتوزيع السكان في مدينة سبها؛ للكشف عن تباين التوزيع المكاني للسكان بدون تحكم الحدود الإدارية في التوزيع باستخدام الخرائط الديزمترية، واستخدمت الدراسة لهذه الغاية تقنية نظم المعلومات الجغرافية اعتمادا على تحليلات التراكب المتاحة في برنامج ARC GIS 10.3 لنمذجة البيانات وإنشاء خريطة ديزمترية لتوزيع سكان المدينة.

منطقة الدراسة:

تتمثل منطقة الدراسة كما يبين الشكل (1) في الفرع البلدي سبها الواقعة في الجزء الجنوبي الغربي لليبيا بين دائرتي عرض َ26033- َ27016 شمالاً، وخطي طول َ13059- َ14049 شرقاً، الذي يضم مدينة سبها أكبر تجمع سكاني في إقليم فزان كما أنها تمثل المركز الإداري والخدمي للإقليم، ويشغل الفرع البلدي سبها مساحة 4271.6 كم2، ويحدها إدارياً من الشرق الفرع البلدي البوانيس، ومن الغرب بلدية أوباري، ومن الشمال بلدية

الشاطئ، ومن الجنوب الفرع البلدي غدوة. وتتركز المنطقة العمرانية المأهولة بالسكان في الجزء الشمالي من الوحدة الإدارية، وتشغل مساحة 63.37 كم^2 (2022م)، أي 1.4% من إجمالي المساحة الإدارية. ويبلغ عدد سكانها 217880 نسمة (2022م) وفقاً للإسقاط السكاني. وتضم المدينة ستة أحياء هي: الجديد والقرضة والمنشية والقاهرة والمهدية وسكرة. وقد نمت المدينة من تجمعات سكنية صغيرة شكلت النويات الأولى وهي الجديد والقرضة وحجارة، تم اندمجت هذه التجمعات بملء الفضاءات بينها، إضافةً إلى التوسع في أطرافها، حيث امتد العمران وتعدى حدود المخطط العمراني في الجهة الجنوبية والغربية للمدينة؛ نتيجة للنمو السكاني وعدم تطوير جميع مناطق المخطط، وهذا ينعكس على تباين أنماط التوزيع السكانية، حيث تختلف هذه الأنماط بين المناطق عالية الكثافة التي تشغل النويات الأولى والمناطق المحيطة بها، والأقل كثافة في أطراف المدينة وخارج حدود المخطط العمراني؛ نتيجة لاختلاف نمط السكن. كما أن المدينة تحتوي على مجموعة متنوعة من فئات استخدامات الأراضي مما ينعكس أيضاً على تباين أنماط التوزيع السكانية.

الشكل (1) موقع منطقة الدراسة.



المصدر: إعداد الباحثة اعتمادًا على: (مصلحة المساحة، 2005م)، و(مصلحة التخطيط العمراني، المنطقة الجنوبية).

أولاً: فكرة عامة عن خرائط الكثافة الديزمترية:

1. خرائط الكثافة الديزمترية:

تعطي خرائط الكثافة السكانية التي تعد أهم خرائط التوزيع النسبي للسكان صورةً عامةً ومضللة لتوزيع السكان في الحيز الجغرافي، فهي توضح الصورة المتوسطة لتوزيع السكان في الوحدة الإدارية، وهذا المتوسط العام لا يستثني المناطق غير المأهولة بالسكان داخل الوحدة الإدارية، بالإضافة إلى أنه لا يظهر التباين الإقليمي والاختلافات المحلية للتوزيع، مما يضعف هدف الخريطة في نقل صورة واقعية للكثافة السكانية الحقيقية، وللتغلب على هذه الإشكالية جاءت الطريقة الديزمترية لعمل بعض التقديرات الشخصية لتباين الكثافة داخل مساحات التوزيع اعتمادا على الطبيعة الحقيقية لتنوع السطح الإحصائي التي توضح التباين المكاني في الكثافة السكانية. وبالتالي فإن التمثيل الديزمترية أسلوب كارتوجرافي يستخدم في رسم خرائط تبين كثافة السكان دون الأخذ في الاعتبار المتوسط العام للكثافة في الوحدة الإدارية، وإنما يقوم على أساس تقدير الكثافات وحسابها في إجزاء الوحدة الإدارية اعتمادا على البيانات الإحصائية للأقسام الداخلية للوحدة الإدارية، للتغلب على تحكم الحدود الادارية غير المناسبة في التوزيع، وبالتالي تجنب أنماط التوزيعات غير الحقيقية للسكان. ويعد العالم الروسي سيموف تيان شاتسكي أول من أشار إلى هذا المصطلح في عام 1923م. وأهم عيوب هذه الطريقة أنها تعتمد على عنصر التقدير، إلا أن النتائج المستخلصة منها لا تكون أقل دقة من القيم المنتظمة النمط في التوزيع. ولحساب قيم الكثافة في أجزاء الوحدات الادارية، تقدم رايت 1936م باقتراح طريقة لتقدير قيمة الكثافة في أقسام الوحدة الإدارية بما يتوافق مع نمط الكثافة لكل الوحدة الإدارية، وتتلخص هذه الطريقة في المعادلة التالية: (أبوراضي، 2001م، ص78-80)

ك ب = ك – (ك1م1) / م ك

حيث ك ب = كثافة السكان التي يجب أن تكون للقسم ب

ك = متوسط الكثافة العامة للوحدة الادارية ككل

ك1= كثافة السكان المقدرة للقسم1

م1،م ب = مساحة الأقسام في المنطقة

وعلى الرغم من استخدام الخرائط الديزمترية لأكثر من قرنين، إلا أن طريقة رسمها لم يتم توحيدها بعد، مثل: طرق رسم خرائط التوزيعات الأخرى، مما يجعلها ذاتية تعتمد على تقدير الباحث إلى حد كبير وبدون معايير متوافقة؛ فنتائجها تتغير بشكل كبير بسبب تغيير مستويات تجميع البيانات الإحصائية، ويرجع ذلك إلى أن طريقة إنشاءها معقدة إلى حد ما، يضاف إليه صعوبة توفير البيانات المستخدمة لإنتاجها نسبيًا. (Krunić et al, 2011, p45). وبرز استخدام الطريقة الديزمترية مع تطور نظم المعلومات الجغرافية التي يسرت عملية إنتاجها وزادت من دقة نتائجها من خلال الأدوات المتاحة في هذه الأنظمة، كما أن توفر البيانات المستشعرة عن بعد كالمرئيات الفضائية التي يمكن معالجتها في بيئة نظم المعلومات الجغرافية أتاحت البيانات المستخدمة لإنتاج الخرائط الديزمترية. وقد طبقت عدة دراسات نمذجة الخرائط الديزمترية داخل بيئة نظم المعلومات الجغرافية من خلال عدة خطوات متتابعة باستخدام الأدوات المتاحة في برنامج ArcGis منها دراسة (Cartagena et al, 2022) ، ودراسة (Alena & Jan, 2013)، ودراسة (Kim & Choi, 2011). كما حاولت دراسات أخرى أتمتة أداة واحد تقوم بعملية إنتاج الخرائط الديزمترية بشكل آلي من خلال صندوق أدوات خاص بها، مما ييسر العمل ويوفر إجراء عدة خطوات تقنية داخل بيئة نظم المعلومات الجغرافية غير إنها مازالت تحت الدراسة والتطوير مثل، دراستي.(Mennis et al, 2005) (Sleeter, & Gould. 2007)

2. طرق رسم خرائط الكثافة الديزمترية:

تعتمد فكرة الخرائط الديزمترية على تمثيل السكان وفقا لحدود توزيعها الحقيقي في الحيز المكاني دون الأخذ في الاعتبار الحدود الادارية التي قد يخلو بعض أجزأها من السكان، أو قد تتباين كثافة توزيعهم داخل أجزاءها ذات الطابع المتجانس نسبيًا، حيث يتم إعادة توزيع السكان من الوحدات الادارية في خريطة المتوسط العام للكثافة السكانية إلى المناطق المستهدفة التي تبرز تباين التوزيع داخل الوحدة الادرية، حيث يتم تشكيل المناطق المستهدفة من خلال تراكب خريطة الكثافة العامة وخرائط المناطق المستهدفة التي تبرز التباين في التوزيع، من خلال تحديد أوزان نسبية للفئات لإعادة توزيع السكان على أساساها، وذلك بإنشاء علاقة بين السطح الإحصائي الأساسي ونسب الفئات المختلفة الموجودة داخل المناطق المستهدفة باستخدام المعادلة سابقة الذكر. وتعتمد عملية رسمها على كيفية

تحديد حدود توزيع السكان الفعلي، وتحكم عنصر التقدير الشخصي في تحديد مساحة الفئات داخل المناطق المستهدفة وأوزانها النسبية ضمن الخريطة وفقًا لما يدركه الباحث. (Mennis & Hultgren, 2006, p2) كما إن هناك اتجاهات أخرى تعتمد على تحديد العلاقة من خلال تحليل الانحدار بين السطح الإحصائي الأساسي والمناطق المستهدفة، أو باستخدام العينات التجريبية للحصول على معلومات حول كثافة البيانات واستخدام نسبها لإعادة توزيع السكان، ومازالت هذه الطرق قيد البحث. وتتمثل أهم طرق تنفيذ الخرائط الديزمترية في ما يأتي:

الطريقة الثنائية: تُعَدُّ أكثر الطرق استخداماً، حيث يتم أعادة توزيع السكان على أجزاء الوحدات الادارية المأهولة بالسكان فقط، ويتم استبعاد المساحات غير المأهولة بالسكان مما يعطي معلومات أفضل حول توزيع السكان، أي أن تشكيل المناطق المستهدفة يتم من خلال تراكب خريطة الكثافة العامة وخريطة المناطق المستهدفة التي تحدد المناطق المأهولة وغير المأهولة. وبالرغم من أنه ستكون لدينا قيمتان جديدتان مقدرتان للكثافة في قسمي الوحدة الإدارية إلا أنهما متوافقتان مع نمط الكثافة لكل الوحدة. ويعيب هذه الطريقة صعوبة تحديد المساحات المأهولة وغير المأهولة بالسكان، غير أن استخدام بيانات الغطاء الأرضي المستمدة من المرئيات الفضائية وفرت هذه البيانات رغم ارتفاع أسعارها. وفي الواقع، فإن العيب الرئيسي لهذه الطريقة يتمثل في افتراض تساوي التوزيع على كامل مساحة المناطق المأهولة بالسكان وهذا غير واقعي فكثافة السكان تتباين باختلاف نوع التجمعات الحضرية، كما أنها تتباين داخل التجمعات الحضرية باختلاف استخدامات الأرض ونمط السكن. (Krunić et al , 2011, p46)

طريقة الفئات المتعددة: تتغلب هذه الطريقة على الخطأ في النمط الثنائي الذي يفترض تجانس توزيع السكان في المناطق المأهولة بالسكان، وتعتمد على تصنيف المنطقة المأهولة إلى فئات متجانسة التوزيع، حيث تقدم هذه الطريقة حلا لتباين التوزيع السكاني داخل المناطق المأهولة بالسكان، وذلك بإعادة توزيع السكان داخل الوحدات الإدارية في خريطة المتوسط العام للكثافة السكانية إلى المناطق المستهدفة ذات الفئات المتعددة داخل الوحدة الإدارية، حيث يتم تشكيل المناطق المستهدفة بتقاطع خريطة الكثافة العامة وخرائط الفئات التي تبرز التباين في التوزيع، من خلال تحديد أوزان نسبية للفئات، وبالتالي تسهم كل منطقة مستهدفة

بجزء من بياناتها بما يتناسب مع الوزن المقدر من قبل الباحث حسب معرفته بمنطقة الدراسة والدراسة الميدانية. واعتمدت أغلب الدراسات على استخدام ثلاث فئات باستثناء المناطق غير المأهولة (مرتفعة الكثافة، ومتوسطة الكثافة، ومنخفضة الكثافة)، واختلفت الأوزان النسبية لهذه الفئات من دراسة إلى أخرى بما يتناسب وطبيعة منطقة الدراسة، مثل دراسة (Mennis & Hultgren, 2005) ودراسة (Sleeter, & Gould.2007)، في حين اعتمدت دراسات أخرى على تحديد خمس فئات، كدراسة (Hernando et al, 2022) ، ودراسة (Alena & Jan, 2013). وتعتمد دقة الخرائط المنتجة على دقة تحديد الفئات وأوزانها وفقا لطبيعة منطقة الدراسة، وارتباط الفئات بتوزيع السكان.

ج. **طريقة البيانات المساعدة**: تعتمد هذه الطريقة على استخدام بيانات إضافية للحصول على نموذج دقيق لتوزيع السكان، لاسيما في المناطق الحضرية ذات الكثافة السكانية العالية من خلال تحليل المتغيرات الاجتماعية والاقتصادية، وذلك باستخدام بيانات استخدامات الأراضي الحضرية وتحديد معايير تؤثر في توزيع السكان مثل الأضواء الليلية وشبكة الطرق وبيانات الهاتف المحمول. (Liu et al, 2018,p2)

ثانياً: طريقة إجراءات الدراسة:

تعتمد الدراسة على طريقة الفئات المتعددة لإنشاء خريطة ديزمترية لتوزيع السكان بمدينة سبها بناء على تراكب خريطة الكثافة العامة مع فئات التصنيف، حيث يتم إعادة توزيع السكان على الخريطة الديزمترية بناءً على القيم المقدرة لكل فئة. وتم اعتماد طريقة الفئات المتعددة لأنها تتغلب على الخطأ في الطريقة الثنائية التي تفترض تجانس توزيع السكان في المناطق المأهولة بالسكان، فضلاً عن أن دقة طريقة البيانات المساعدة تعتمد على قوة العلاقة بين توزيع السكان والبيانات المساعدة. تم استخدام نظم المعلومات الجغرافية لنمذجة البيانات وإنتاج خريطة الكثافة الديزمترية لسكان مدينة سبها. وجمعت وعولجت البيانات باستخدام برنامج Google Earth Pro و Arc GIS.10.3 باتباع الخطوات الآتية:

1. تتمثل الخطوة الأولى بإعداد قاعدة بيانات جغرافية باستخدام Arc GIS.10.3 تتضمن الطبقات الآتية:

أ. طبقتان لتوزيع السكان حسب أحياء المدينة لعامي 2006-2022م كما يتضح من الجدول (1) بناء على التقسيم الإداري لمصلحة التخطيط العمراني المتوافقة مع الحدود

الإدارية لبيانات التعداد السكاني، كما اعتبر الامتداد العمراني في ظهير كل حي عام 2022م تابع له إدارياً. وتمّ الاعتماد على بيانات التعداد العام للسكان 2006م كبيانات أساسية لتوزيع سكان المدينة باعتباره أخر تعداد للسكان في ليبيا. في حين تم إجراء اسقاط سكاني لتقدير حجم السكان سنة 2022م ؛ نتيجة لعدم وجود مصدر لتوزيع السكان بالمدينة بعد عام 2006م، وعدم إمكانية استخدام بيانات السجل المدني لتوزيع السكان حسب الأحياء، لأنها لا تمثل الواقع فالسكان يغيرون مكان إقامتهم داخل حدود المدينة وخارجها دون نقل قيد نفوسيتهم في السجل المدني رغم بساطة إجراءات النقل؛ نتيجة للروابط الاجتماعية وعدم وجود قانون يلزم السكان بتغيير نُفوسيتهم في حالة تغيير مكان إقامتهم، فضلاً عن أن الاستفادة من الخدمات الأساسية متاحة لجميع السكان بأي منطقة في ليبيا بغض النظر عن مكان قيد نُفوسيتهم. (شخنوب، 2018م، ص147)

جدول (1) توزيع سكان مدينة سبها.

الأحياء	عدد السكان (2006م)	عدد السكان (2022م)*
الجديد	25229	59421
القرضة	25179	47160
المنشية	22000	34651
سكره	14491	23254
المهدية	17135	29259
القاهرة	17861	24138
المجموع	121895	217880

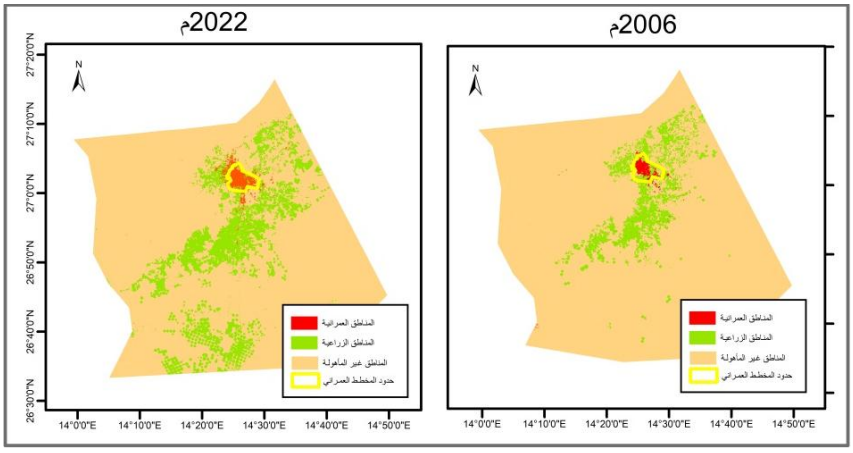
المصدر: إعداد الباحثة اعتمادًا على: (الهيئة العامة للمعلومات، 2008م)، و(أمانة اللجنة الشعبية العامة للاقتصاد والتخطيط،1985م).

* تم حساب الاسقاط السكاني اعتمادا على معدلات النمو التي تم استخراجها باستخدام الطريقة الأسية للفترة (1984-2006م)، وتم الاسقاط باستخدام المعادلة الأسية التالية: لوك2 = لوك1 + (ر ن لو هـ). (أبوعيانة، 1985م، ص330).

ب. طبقتان لتصنيف منطقة الدراسة إلى مناطق مأهولة وغير مأهولة اعتمادًا على مرئيات Landsat لعامي 2006-2022م، ذات الدقة المكانية 30متر من خلال التصنيف الموجه للمرئيات الفضائية لتحديد طبيعة غطاءات الأرض، واستثناء المناطق الزراعية

والأراضي الفضاء غير المأهولة والشكل (2) يوضح مرئيات Landsat بعد عملية التصنيف، وتحديد المنطقة المأهولة التي تمثل العمران المتصل. ويتضح من الشكل زيادة حجم المنطقة العمرانية فقد تضاعفت مساحة المنطقة العمرانية تقريبًا خلال ستة عشر عام (2006م-2022م) في حين استغرق تضاعف حجم المنطقة العمرانية 25 عام في الفترة السابقة (1981م-2006م)، فقد كانت مساحة المنطقة العمرانية حسب بيانات مخطط فنماب 1175هكتارًا عام 1981م (أمانة اللجنة الشعبية العامة للمرافق، 1985م)، وهذا يشير إلى تسارع النمو العمراني للمدينة. في حين بلغت مساحة المنطقة العمرانية حوالى 2581.9 هكتارًا عام 2006م، وازدادت إلى 5706.5 هكتارًا عام 2022م، وتبعا لذلك تضاعفت نسبتها من إجمالي مساحة الفرع البلدي من 0.6% إلى 1.4%، ويظهر الامتداد العمراني في الجزء الجنوبي والشمالي الغربي خارج حدود المخطط العمراني.

شكل (2) تصنيف مرئيات Landsat.



المصدر: المصدر: من عمل الباحثة باستخدام GIS 10.3.

ج. تصنيف المنطقة المأهولة إلى فئات حسب ارتباطها بتوزيع السكان لعامي 2006-2022م، اعتماداً على المرئيات المستشعرة عن بعد التي تغطي المدينة والمتاحة ببرنامج Google Earth Pro، ذات الدقة المكانية العالية، والتي تتيح عرض مستوى سطح الأرض وبالتالي يمكن التعرف على ارتفاع المباني ونمط السكن، إضافة إلى معرفة الباحثة بمنطقة الدراسة. حيث تم تصنيف المناطق السكنية إلى فئات متجانسة في تسلسل هرمي حسب ارتباطها بتوزيع السكان من خلال الترقيم باستخدام المرئيات المتاحة داخل برنامج Google

Earth Pro واستيرادها في برنامج Arc GIS.10.3، بعد استثناء استخدامات الأرض غير السكنية داخل المدينة كالاستخدامات التعليمية والترفيهية والدينية والصحية والصناعية. كما تم استبعاد المباني قيد الإنشاء والمشاريع السكنية التي لم يتم إكمالها بسبب عدم الاستقرار السياسي منذ 2011م، على الرغم من أن بعض السكان استخدموها للسكن في فترات متقطعة وتم إخلاؤها من قبل الجهات المسئولة. وتم تصنيف المناطق السكنية إلى خمس فئات وتقدير النسبة التي تمثلها كل فئة من إجمالي سكان المدينة اعتمادا على معرفة الباحثة بطبيعة المنطقة وبيانات مصلحة الأملاك. وكما يتضح من الجدول (2) فقد تم تقدير نسب مختلفة لعامي 2006-2022م للحصول على نموذج للتغير في توزيع السكان للفترتين استناداً إلى التغير في نمط السكن، فقد ارتفعت الكثافة السكانية في المناطق ذات الكثافة المنخفضة والمتوسطة، وشيدت مناطق سكنية جديدة على أراضٍ لم يتم تهيئتها وتجهيزها للبناء من قبل مصلحة التخطيط العمراني خارج حدود المخطط العمراني، كما أنَّ التعثر في استكمال الوحدات السكنية الجاهزة أثر في الكثافة السكانية، إذ لم تتجاوز نسبة تنفيذ المخططات العمرانية للجيل الثاني (1981-2000) 60% (أمانة اللجنة الشعبية العامة للتخطيط، تقرير غير منشور)، إضافة إلى تعثر تنفيذ المخططات العمرانية للجيل الثالث (2000-2025م)، مما ترتب عليه نفاد العقار في المدينة وارتفاع الاسعار، ولجوء السكان إلى الامتداد العمودي بزيادة طوابق البناء وتقسيمه إلى شقق، كما توسع السكن أفقياً على حساب الأراضي الزراعية، وظهرت تجمعات ثانوية بمساكن فردية في أطراف المدينة لانخفاض أسعارها نسبيًا وتوفر العقار فقد قام ملاك الأراضي الزراعية بتنفيذ مقسمات فردية داخل وخارج حدود المخطط العمراني.

جدول (2) فئات تصنيف المناطق السكنية

نمط السكن	الوصف	النسبة المقدرة 2006م	النسبة المقدرة 2006م
مساكن القطاع الخاص القديمة	تمثل مساكن القطاع الخاص القديمة في نويات الأحياء القديمة، مساحتها صغيرة وتم استغلال أغلب سياج هذه المباني لزيادة عدد الغرف لعدم استيعابها لأفرادها، كما تم إضافة طوابق لغرض زواج الأبناء، أو الاستثمار في إيجار الشقق، وتعد مناطق سكنية عالية الكثافة.	36	**37**
مساكن القطاع الخاص متوسطة الكثافة	يتكون أغلبها من طابقين يمثل الطابق الارضي نمط المساكن الحديثة غالبا، أما الطابق الثاني فاستغل كشقق للأبناء أو الايجار.	25	**20**
مساكن القطاع الخاص الحديثة الفردية	سكن فردي غير منتظم الشكل موزع بطريقة عشوائية، ينتشر في أطراف المدينة داخل وخارج المخطط العمراني في أراضٍ زراعية غالبا قسمها ملاكها إلى قطع ارضي سكنية. ويمكن تصنيفها مناطق ذات كثافة منخفضة.	13	**18**
القطاع العام (العمارات)	يتألف أغلبها من ثلاثة طوابق وتضم ست شقق مساحتها صغيرة، وتعد من المناطق ذات الكثافة العالية.	17	**14**
القطاع العام (المساكن الشعبية)	يتألف أغلبها من طابقين، مسكن في كل طابق مساحتها أكبر من شقق العمارات وتعد مناطق ذات كثافة متوسطة عام 2006م، في حين تعتبر مناطق ذات كثافة عالية عام 2022م؛ حيث أضاف إليها السكان طوابق أخرى.	4	**5**
مساكن الصفيح ومساكن غير صحية	مساكن تمّ إنشاؤها في ثمانينات القرن الماضي من قبل السكان العائدين من خارج الدولة، وتتمثل في الجنوب الغربي للمدينة " في مخيم 80 ومخيم 84 " بمنطقة المنشية، إضافة إلى الطيوري في جنوب المدينة في منطقة القاهرة، وهي مساكن صغيرة المساحة وذات كثافة عالية.	5	**6**

المصدر: من عمل الباحثة.

2. الخطوة الثانية تتمثل في نمذجة البيانات وإنشاء الخرائط الديزمترية لتوزيع السكان لعامي 2006-2022م بالاعتماد على تحليلات التراكب المتاحة في بيئة نظم المعلومات الجغرافية باتباع الخطوات التالية:

أ. تحويل طبقة التوزيع السكاني حسب الحدود الإدارية إلى Raster باستخدام عمود السكان.

ب. إضافة عمود الوزن إلى طبقة فئات تصنيف المناطق السكنية يمثل تقدير الوزن النسبي لكل فئة من إجمالي السكان، وتحويلها إلى Raster باستخدام عمود الوزن.

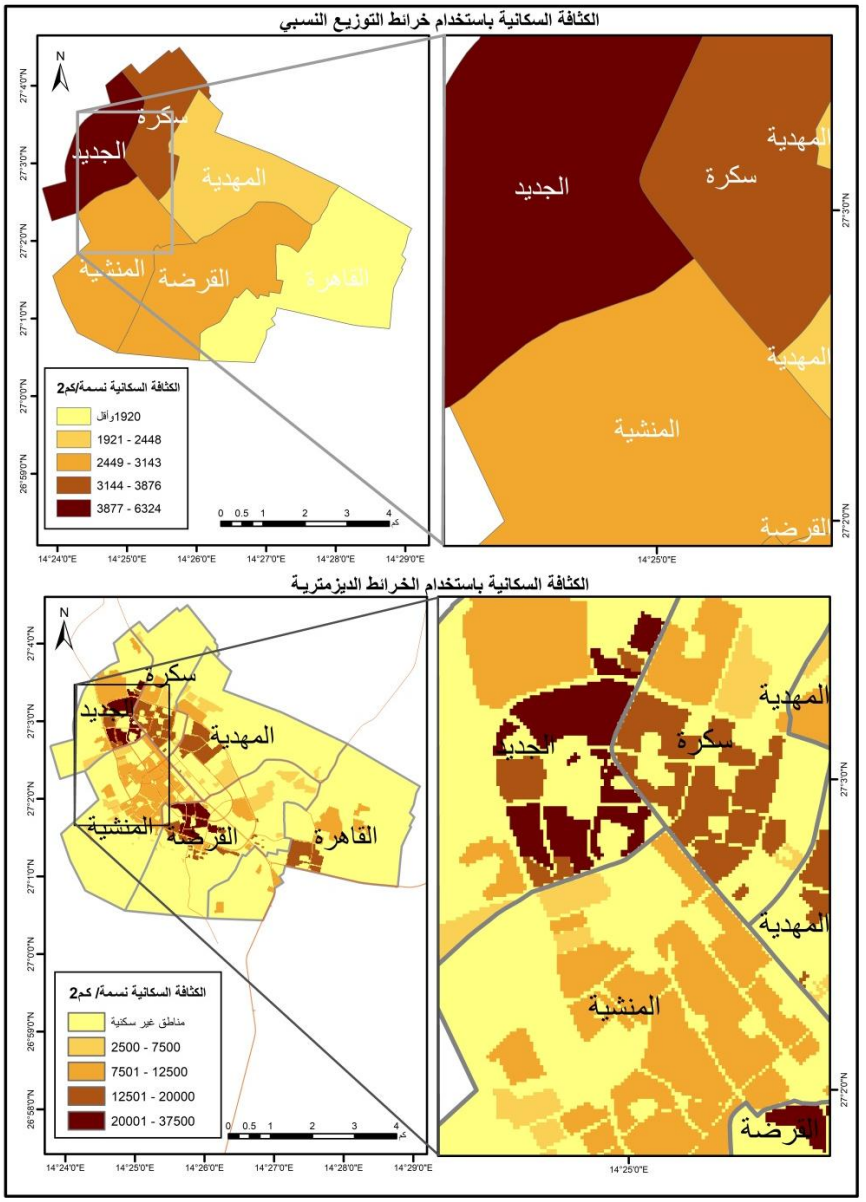
ج. إجراء عملية تراكب تؤدي إلى التقاطع بين طبقة Raster التي تمثل توزيع السكان، وطبقة Raster التي تمثل فئات تصنيف المناطق السكنية بعد إجراء عملية تلخيص جدولية لإنتاج طبقة بيانات متقاطعة تمثل تقدير السكان في كل خلية بدقة 20 متر، ويمكن تحويلها إلى الكثافة من خلال جدول البيانات الخاص بالخريطة الديزمترية المنتجة. وأخيرا عمل (Symbology) لإظهار تباين الكثافة، وقد تم التصنيف باستخدام طريقة جينكز (Jenks) التي تعمل على تقليل التباين داخل الطبقات وتزيد من التباين بين الفئات؛ مما يعطي أفضل ترتيب للقيم في الطبقات المختلفة (جهاد، وحمادي،2019م، ص348)

أظهرت نتائج نمذجة البيانات وإنشاء الخريطة الديزمترية للكثافة السكانية لعامي 2006م و2022م كما يتضح من الشكلين (3-4) الفرق الواضح في تمثيل الكثافة بين خريطة الكثافة السكانية حسب الوحدات الإدارية (الأحياء)، والخريطة الديزمترية التي توزع السكان من خلال تقسيم الوحدة الإدارية إلى مناطق متجانسة وفقًا لاستخدامها، ففي حين تظهر خريطة الكثافة العامة متوسط الكثافة في حدود كل حي دون استثناء للمناطق غير السكنية والأراضي الفضاء والأراضي الزراعية، كما تُعطى قيمة واحدة للكثافة دون إبراز تباين التوزيع داخل الأحياء، تبين الخريطة الديزمترية التوزيع الفعلي للسكان، وفيما يآتي وصف تحليلي لكل خريطة على حدا:

يتَّضح من الشكل (4) أن الكثافة السكانية باستخدام خرائط التوزيع النسبي للمدينة 2006م تباينت بين (1920-6324 نسمة/كم^2)، وعند تصنيفها في خمس مستويات تمثل المستوى العالي جدا للكثافة في حي الجديد؛ فهو يمثل أحد النويات التي نمت حولها المدينة، و المستوى العالي في حي سكرة، في حين مثل حيًّا القرضة والمنشية المستوى المتوسط

للكثافة، وفي المقابل كانت المستوى المنخفض للكثافة في المهدية، والمستوى المنخفض جداً في القاهرة؛ فهو الأكبر مساحةً، كما أنه متطرف عن وسط المدينة وأغلب أجزائه حديثة نسبيا.

شكل (3) خريطة الكثافة السكانية لمدينة سبها 2006م.



المصدر: من عمل الباحثة باستخدام GIS 10.3.

وفي المقابل تظهر خريطة الكثافة السكانية الديزمترية للمدينة 2006م التمثيل الدقيق لتوزيع السكان، وتباينت الكثافة بين الصفر في المناطق غير المأهولة وغير السكنية، وبين 37500 نسمة/كم^2. وكما يتضح من الجدول (3) فإن 79% من إجمالي المخطط العمراني مناطق غير مأهولة أو غير سكنية، وبالتالي فإن سكان المدينة يتوزعون على ما يمثل 21% فقط من إجمالي مساحتها، وهذا يفسر ارتفاع مستوى الكثافة في الخريطة الديزمترية. ويمثل المستوى العالي جداً 2.4% من مساحة المدينة، ويظهر فقط في حيي الجديد والقرضة الذين يمثلا نويات المدينة. أما المستوى العالي فيمثل4.6% من مساحة المدينة، ويوجد في جميع الأحياء باستثناء حي المنشية. ويتضح أن الكثافة العالية جدا والعالية تتوزع في أجزاء الأحياء القريبة من وسط المدينة داخل حدود الطريق الدائري الثاني باستثناء المستوى العالي بحي القاهرة. ويمثل المستوى المتوسط8.7%، والمستوى المنخفض 5.3% ، ويتوزع المستوى المنخفض والمنخفض جداً في جميع الأحياء، غير أن هناك تباين واضح في نصيب الأحياء من المناطق الخالية والمناطق غير السكنية، فنحو 25% منها يوجد بحي القاهرة؛ وهذا يفسر انخفاض مستوى الكثافة باستخدام خرائط التوزيع النسبي فيه، يليه حي القرضة بنسبة 21.3%، ويرجع هذا إلى إن جزء كبير من الحي مخصص للخدمات، بالإضافة إلى وجود الأراضي الزراعية في أطرافه الجنوبية، ويليها المهدية والمنشية بنسب متقاربة 18.8% و16.9% على التوالي، وأقل نسبة كانت في حيي سكرة والجديد بنسبة 9.2% و8.7%، ويرجع ذلك لصغر مساحتهما نسبياً.

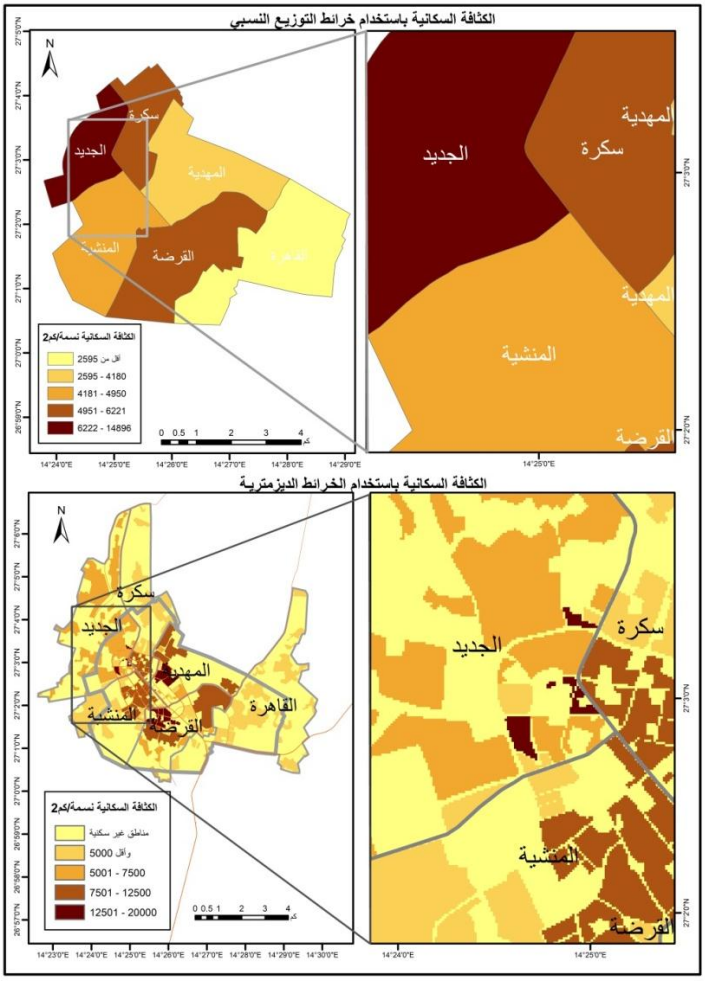
جدول (3) مستويات الكثافة الديزمترية 2006م.

الكثافة الديزمترية (نسمة/كم^2)	المساحة م^2	النسبة المئوية
عالية جداً (37500–20001)	935200	2.4
عالية (20000–12501)	1831200	4.6
متوسطة (12500–7501)	3423200	8.7
منخفضة (7500–وأقل)	2096400	5.3
مناطق غير سكنية (صفر)	31043200	79.0
المجموع	**39329200**	**100**

المصدر: من عمل الباحثة باستخدام GIS 10.3.

يتبين من الشكل (4) أن الكثافة السكانية باستخدام التوزيع النسبي لمدينة سبها 2022م ازدادت في جميع أحياء المدينة، فقد تباينت بين (2595-14896 نسمة/كم^2)، ولم يختلف تصنيف الأحياء حسب مستويات الكثافة كثيراً عن عام 2006م، فمازال حي الجديد يمثل المستوى المرتفع جداً للكثافة السكانية، وحي القاهرة يمثل المستوى المنخفض جداً، غير أن الكثافة السكانية في حي القرضة ازدادت بشكل أكبر، وبالتالي انتقل إلى المستوى العالي من حيث الكثافة السكانية؛ فهو يعد من النويات الأولى للمدينة، فضلاً عن نموه تجاريا وخدمياً مما جعله يمثل منطقة جذب سكاني.

شكل (4) خريطة الكثافة السكانية لمدينة سبها 2022م.



المصدر: من عمل الباحثة باستخدام GIS 10.3.

وعلى الجانب الآخر تبين خريطة الكثافة السكانية الديزمترية 2022م تغير اتجاهات توزيع السكان في المدينة فقد اختفت القيم العالية للكثافة، وتباينت الكثافة بين الصفر في المناطق غير المأهولة وغير السكنية وبين 20000 نسمة/كم^2، مما يشير إلى انخفاض في مستوى الكثافة السكانية مقارنة بعام 2006م، حيث وصل الحد الأقصى للكثافة إلى 37500 نسمة/كم^{2}م، وهذا يعني اتجاه التوزيع السكاني إلى الانتشار الأفقي في الحيز المكاني، وزيادة الامتداد العمراني في أطراف المدينة. وهذا يتفق مع بيانات الجدول (4) الذي يشير إلى تناقص نسبة المناطق غير المأهولة و غير السكنية إلى 62% من إجمالي مساحة المدينة. كما أن نسبة المستوى العالي جداً للكثافة انخفضت إلى 1.7% من إجمالي المساحة، وتوزعت في ثلاثة أحياء (الجديد والقرضة والمهدية). وفي المقابل ازدادت نسبة كلا من المستوى العالي والمتوسط والمنخفض، ومثلت 8.3% و19.6% و8.4% على التوالي، وتوزعت في جميع الأحياء، مما يشير إلى الانتشار الأفقي للسكان في الأراضي الفضاء، والامتداد العمراني في أطراف المدينة خاصة في حي الجديد وسكرة والقاهرة؛ ويفسر انخفاض نسبة المستويات العالية للكثافة في هذه الأحياء. وهذا يتفق مع دراسات الأمم المتحدة التي تشير إلى الانخفاض التدريجي في متوسط الكثافة الحضرية على الرغم من الزيادة المطلقة في عدد سكانها، وذلك بسبب توسع مساحة الامتداد العمراني في أطراف المدن لارتفاع أسعار الأراض في وسط المدن، مما يدفع النشاط السكني بالتوجه إلى الأطراف. (George, 2008, p53)، كما إن المستوى العالي للكثافة بدأ بالانتشار خارج نطاق الطريق الدائري الثاني، وهذا يشير إلى اتجاه تركز السكان نحو الأطراف بعيداً عن مركز المدينة. وهذا أمر متوقع حيث يتغير تدرج الكثافة السكانية في المدن مع نموها، ففي حين تتدرج الكثافة من المركز نحو الأطراف في مراحل النمو الأولى للمدينة، فإنها تتجه إلى التناقص في المركز والتزايد في الأطراف مع مرور الزمن والتوسع العمراني للمدنية، نتيجة لمنافسة الاستخدامات التجارية والخدمية، مما يدفع استخدامات الأرض السكنية بالتوجه نحو الأطراف لانخفاض سعر الأرض وتوفر مساحة أكبر (مكي،1984م، ص99).

الجدول (4) مستويات الكثافة الديزمترية 2006م.

الكثافة الديزمترية (نسمة/كم^2)	المساحة م^2	النسبة المئوية
عالية جداً (12501-20000)	1158400	1.7
عالية (7501-12500)	5620800	8.3
متوسطة (5001-7500)	13203600	19.6
منخفضة (5000 وأقل)	5658800	8.4
مناطق غير سكنية (صفر)	41879200	62.0
المجموع	**67520800**	**100**

المصدر: من عمل الباحثة باستخدام GIS 10.3.

وقد تغيَّر التوزيع النسبي للمناطق الخالية مع زيادة مساحة المدينة، نتيجة للامتداد العمراني في أطراف المدينة خاصة في أحياء الجديد وسكره والقاهرة. في حين مازال حي القاهرة يستحوذ على أعلى نسبة من المناطق الخالية وغير السكنية رغم تناقص نسبته إلى 32%، ازدادت النسبة في حيي الجديد وسكرة إلى 20.6% و14.7% على التوالي بسبب التوسع العمراني في ظهيرهما. ثم المهدية والمنشية بنسب متقاربة 11.4% و 11.2% على التوالي، وأخيراً كانت أقل نسبة في حي القرضة 10.2%؛ مما يشير إلى تسارع النمو العمراني فيها.

3. الخطوة الثالثة تتمثل في تقييم دقة تقديرات الكثافة السكانية الديزمترية، وقد استخدمنا متوسط الخطأ المطلق (MAE)، وخطأ الجذر التربيعي (RMSE) لقياس الخطأ على مستوى الأحياء، لإمكانية تفسيره بسهولة على أنه خطأ القيمة بنفس وحدات المتغير المقاس. ويمثل متوسط الخطأ المطلق (MAE) التباين للقيم المقدرة في الخريطة الديزمترية عن القيم الفعلية، أما خطأ الجذر التربيعي (RMSE) فيمثل الجذر التربيعي لمتوسط مربعات انحراف القيم الفعلية عن القيم المقدرة في الخريطة الديزمترية. وتمّ قياسهما تبعا للتالي:

متوسط الخطأ المطلق (MAE)= مجموع الفرق بين القيم المقدرة والفعلية للأحياء/ عدد الاحياء.

خطأ الجذر التربيعي (RMSE) = $\sqrt{}$ مجموع مربع الفرق بين القيم المقدرة والفعلية للأحياء/ عدد الاحياء. (Cartagena et al, 2022, p40)

وكما يوضح الجدول (5) فإن القيم المقدرة قريبة من القيم الفعلية، ويظهر أن القيم المقدرة أقل من القيم الفعلية بمقدار بسيط مما يشير إلى دقة الخرائط الديزمترية لمدينة سبها.

جدول (5) تقييم دقة الخريطة الديسمترية.

السنة	متوسط الخطأ المطلق (MAE)	خطأ الجدر التربيعي (RMSE)
2006	0.02-	0.09-
2022	0.03-	0.07-

المصدر: من عمل الباحثة باستخدام GIS 10.3.

النتائج:

1. تُظهر خريطة الكثافة السكانية الديزمترية لمدينة سبها التمثيل الدقيق لتوزيع السكان، فقد تمّ استثناء المناطق غير المأهولة وغير السكنية والتي مثلت 79% من إجمالي المساحة في عام 2006م، و62% في عام 2022م، كما تباينت مستويات الكثافة داخل الأحياء بتباين نمط السكن.
2. تغيّر اتجاهات توزيع السكان في المدينة، حيث اختفت القيم العالية للكثافة في عام 2022م، مما يشير إلى تناقص مستويات الكثافة السكانية مقارنة بعام 2006م، واتجاه التوزيع السكاني إلى الانتشار الأفقي في الحيز المكاني.
3. إن القيم المقدرة للكثافة السكانية للخرائط الديزمترية لمدينة سبها باستخدام برنامج ARC GIS قريبة من القيم الفعلية، مما يشير إلى دقتها.
4. تتيح المرئيات الفضائية تحديد المناطق العمرانية وتصنيفها حسب كثافة العمران، كما تتيح تحليلات التراكب المتاحة في بيئة نظم المعلومات الجغرافية نمذجة البيانات وإنشاء الخرائط الديزمترية، مما يزيد من فاعليتها في تقدير التوزيع السكان.

التوصيات:

1. استخدام الخرائط الديزمترية لتقدير التوزيع الجغرافي للسكان في المناطق الحضرية للتعرف على أنماط التوزيع المختلفة مما يقدم دعم للمخططين ومتخذي القرار لتوفير الاحتياجات الأساسية للسكان وتطوير وإدارة المدينة.
2. الاستفادة من الإمكانيات المتاحة في بيئة نظم المعلومات الجغرافية لزيادة فاعلية الخرائط الديزمترية في تقدير التوزيع السكاني في المناطق الحضرية.

المصادر والمراجع:

الكتب :

– أبو راضي، فتحي، (2001)، **خرائط التوزيعات البشرية ورسومها البيانية**، دار النهضة العربية للطباعة والنشر والتوزيع، بيروت، ط1.

– كلارك، جون، ترجمة: مكي، محمد شوقي إبراهيم، (1984)، **جغرافية السكان**، دار المريخ، الرياض.

– أبوعيانة، فتحي محمد، (1985)، **دراسات في علم السكان**، دار النهضة العربية، بيروت.

الدوريات العلمية والنشرات :

– جهاد، أحمد محمد، حمادي، أحمد سلمان، (2019)، **التصنيف الرقمي للفئات في خرائط الكثافة السكانية باستخدام** GIS، مجلة مداد الآداب، تصدر عن كلية الآداب الجامعة العراقية، العدد (13)، عدد خاص بالمؤتمرات.

– شخنوب، وفاء محمد عطية، (2018)، **مصادر بيانات الهجرة الداخلية في ليبيا**، أعمال المؤتمر الجغرافي الثاني حول جغرافية ليبيا، جامعة بنغازي، كلية الآداب، قسم الجغرافيا، نوفمبر 2018م.

المصادر والوثائق الحكومية:

– أمانة اللجنة الشعبية العامة للاقتصاد والتخطيط، (1985م)، **نتائج التعداد العام للسكان سنة 1984م**، مصلحة الإحصاء والتعداد، طرابلس.

– أمانة اللجنة الشعبية العامة للتخطيط، مخطط الجيل الثالث، **النطاق التخطيطي فزان 2005– 2025م**، المكتب الاستشاري الهندسي للمرافق، تقرير غير منشور.

– أمانة اللجنة الشعبية العامة للمرافق، (1985م)، **التقرير النهائي للمخطط الإقليمي، إقليم سبها**، تقرير رقم س.ن1، شركة فنماب.

– مصلحة المساحة، (2005م)، **خريطة ليبيا**، الشركة المصرية للأعمال المساحية وإنتاج الخرائط، القاهرة.

– مصلحة التخطيط العمراني، **المنطقة الجنوبية**، (2022م)، بيانات غير منشورة.

- الهيئة العامة للمعلومات، (2008م)، **نتائج التعداد العام للسكان سنة 2006م**، مصلحة الاحصاء والتعداد، طرابلس.

المراجع الأجنبية:

- Alena, V., & Jan, K., (2013). Dasymetric mapping as an analytical tool for the city development identification and its cartographic visualization.
- Baynes, J., Neale, A., & Hultgren, T. (2022). Improving intelligent dasymetric mapping population density estimates at 30 m resolution for the conterminous United States by excluding uninhabited areas. Earth system science data, 14(6), 2833-2849
- Cartagena-Colón, M., Mattei, H., & Wang, C. (2022). Dasymetric Mapping of Population Using Land Cover Data in JBNERR, Puerto Rico during 1990–2010. Land, 11(12), 2301
- Eicher, C., & Brewer, C. (2001). Dasymetric mapping and areal interpolation: Implementation and evaluation. Cartography and Geographic Information Science, 28(2), 125-138.
- George, M., Preparing for Sustainable Urban Growth in Developing Regions. Meeting of the United Nations Group of Experts on Population Distribution, Urbanization, Internal Migration and Development, United Nations, New York, 21-23 January 2008, 47-72.
- Kim, H., & Choi, J. (2011). A hybrid dasymetric mapping for population density surface using remote sensing data. Journal of the Korean Geographical Society, 46(1), 67-80.
- Krunić, N., Bajat, B., Kilibarda, M., & Tošić, D. (2011). Modelling the spatial distribution of Vojvodina's population by using dasymetric method. Spatium, (24), 45-50.
- Liu, L., Peng, Z., Wu, H., Jiao, H., & Yu, Y. (2018). Exploring urban spatial feature with dasymetric mapping based on mobile phone data and LUR-2SFCAe method. Sustainability, 10(7), 2432.
- Mennis, J., & Hultgren, T. (2005, July). Dasymetric mapping for disaggregating coarse resolution population data. In Proceedings of the 22nd Annual International Cartographic Conference (pp. 9-16).
- Mennis, J., & Hultgren, T. (2006). Intelligent dasymetric mapping and its application to areal interpolation. Cartography and Geographic Information Science, 33(3), 179-194.
- Sleeter, R., & Gould, M. (2007). Geographic information system software to remodel population data using dasymetric mapping methods (Vol. 11). Denver, CO, USA: US Department of the Interior, US Geological Survey.