Abhat Journal, Volume. 18, Issue. 2, September 2026

Abhat Journal, Faculty of Arts, Sirte University مجلة أبحاث بكلية الآداب جامعة سرت
Source Homepage: http://journal.su.edu.ly/index.php/ABHAT/index
https://doi.org/10.37375/aj.v18i2.4297

# التحليل الجيومكاني لديناميكيات التوسع العمراني باستخدام بيانات GHSL ونظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد والمؤشرات المكانية: دراسة حالة لبلدية زليتن، ليبيا (2000–2025)

د. فوزية محمد كحيل

قسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية، كلية الآداب، الجامعة الأسمرية الإسلامية – ليبيا

f.ekhel@asmarya.edu.ly

**الملخص:**

تشهد المدن الساحلية الليبية تحولات مكانية في بنيتها المورفولوجية، انعكست في إعادة تشكيل مظهرها الحضري، وأنماط امتداده، إلا أن تفسير الديناميكيات لايزال محدودًا ويعتمد على مقاربات أحادية المؤشر، وتهدف هذه الدراسة إلى تحليل تفسير تحولات البنية المكانية للتوسع العمراني في بلدية زليتن خلال الفترة (2000–2025) ضمن إطار جغرافي تكاملي يدمج مؤشرات النمو الحضري، واتجاهه، وإعادة تموضعه، وانتشاره المكاني، وتعقيده المورفولوجي، واعتمدت الدراسة على بيانات GHSL، ومعالجتها عبر منصة GEE السحابية، وأدوات التحليل الجيومكاني، وكشفت النتائج عن توسع في البصمة العمرانية، بزيادة إجمالية بلغت نحو (26.40 كم$^2$)، وتمثل النمط الاتجاهي السائد في الشرق مستحوذًا على (21.56 %) من اجمالي التوسع، وفي المقابل اتجهت محصلة الاتجاه الكلية للنمو نحو الجنوب والجنوب الشرقي بزاوية (158.49$^0$)، واقترن ذلك بانتقال مركز الثقل العمراني بمقدار (0.889 كم)، كما بينت النتائج ارتفاعًا في قيمة Shannon Entropy من (0.685) إلى (0.737)، مما يدل على تزايد الانتشار وإعادة التوزيع المكاني، وتعكس قيمة Fractal Dimension والتي بلغت (1.5436) تعقد المظهر المورفولوجي وعدم انتظامه، وتؤكد النتائج فاعلية الاطار المتكامل في تفسير التحولات المكانية للتوسع الحضري بأبعاده المتعددة، ويعزز قابليته للتطبيق في دعم التخطيط الحضري المستدام في المدن المتوسطة محدودة البيانات.

**الكلمات المفتاحية:**

**التوسع العمراني؛ التشتت المكاني؛ النمو الاتجاهي؛ المورفولوجيا الحضرية؛ طبقة الاستيطان البشري (GHSL.)؛ منصة Google Earth Engine (GEE.)..**

**معلومات النشر:**

تاريخ الاستلام: 2026/05/19
تاريخ القبـــول: 2026/06/30
تاريخ النشـــر: 2026/09/01

# Geospatial Assessment of Urban Expansion Dynamics Integrating GHSL Data, Remote Sensing, GIS, and Spatial Metrics:Evidence from Zliten Municipality, Libya (2000–2025)

**Fawzia Mohammed Ekhiel**

Department of Geography, Faculty of Arts, Alasmarya Islamic University, Zliten – Libya
f.ekhel@asmarya.edu.ly

**Abstract:**

Urban expansion is a multidimensional process involving changes in spatial organization, directional growth, dispersion, and morphological structure; however, these dimensions are often assessed independently, limiting an integrated understanding of urban transformation. This study develops an integrated geospatial framework to characterize urban expansion dynamics in Zliten Municipality, Libya, during 2000–2025. Multi-temporal built-up surfaces were derived from the Global Human Settlement Layer (GHSL) using Google Earth Engine and analyzed through complementary measures of growth, centroid displacement, directional expansion, spatial dispersion, and morphological complexity. Results indicate a total urban expansion of **26.40 km²**, with a **compound annual growth rate of approximately 2.94%**. Despite substantial growth, the urban centroid shifted by only **0.889 km**, indicating limited displacement of the overall urban mass. The **eastern sector** dominated directional expansion (**21.56%**), while the resultant net growth vector was oriented **SSE (158.5°)**. Shannon entropy increased from **0.685 to 0.737**, indicating greater spatial dispersion, whereas a **fractal dimension of 1.5436** reflects increasing morphological complexity. These findings demonstrate that Zliten's urban transformation extends beyond areal growth to encompass spatial redistribution, directional reorganization, dispersion, and morphological restructuring. The framework provides a transferable basis for diagnosing complex urban growth dynamics and supporting evidence-based spatial planning in medium-sized, data-limited coastal cities.

**Keywords:**

**Urban Expansion; Spatial Dispersion; Directional Growth; Urban Morphology; Global Human Settlement Layer (GHSL); Google Earth Engine (GEE)**

**Information:**
Received: 19/05/2026
Accepted: 30/06/2026
Published: 01/09/2026



©Abhat Journal, Sirte University 2026

**1. مقدمة:**

يعد التوسع العمراني من أبرز التحولات المكانية المؤثرة في تشكيل المشهد الجغرافي للمدن؛ وهو نتيجة عن التفاعل المتبادل بين نمو السكان، والأنشطة الاقتصادية، والتغير في استخدام الأرض، وشبكة الطرق، والسياسة التخطيطية، ولا يقتصر أثره علي زيادة المساحات العمرانية، بل يمتد تأثيره إلى إعادة تشكيل البنية المورفولوجية، وتغير توزيع الأنشطة، والعلاقات المكانية داخل المجال الحضري، كما أنه يلعب دورًا بارزًا في تفسير ديناميكيات المدن، وفي دعم التخطيط والتنمية الحضرية المستدامة.

وتزداد أهمية دراسة التوسع العمراني في ظل تسارع عمليات التحضر خاصة في الدول النامية، والتي قد يتجاوز فيها النمو العمراني قدرة التخطيط الحضري على استيعابه، مما قد يؤدي إلى الضغط على الأراضي، والموارد الطبيعية، والبنية التحتية، والخدمات، إضافة إلى التداعيات البيئية والاجتماعية وأثرها في كفاءة المدن واستدامتها (K. Seto, Fragkias, Güneralp, & Reilly, 2011)، ونظرًا لذلك لم يعد تقييم التوسع الحضري يقتصر على قياس الزيادة في المساحة الحضرية، بل أصبح يهتم بدراسة تفسير أنماط الامتداد العمراني، ودرجة تركزه أو تشتته، وخصائصه المورفولوجية التي تعكس الكيفية التي تطور بها المجال الحضري خلال فترة من الزمن.

وقد أسهمت التقنيات الجيومكانية في توفير بيانات مكانية وزمنية تتيح رصد تطور المناطق الحضرية، و تحليل تغير استخدامات الأرض بدقة عالية (Weng, 2002)، كما عملت منصات الحوسبة السحابية وفي مقدمتها Google Earth Engine (GEE) على تعزيز إمكانيات أدوات التحليل الجيومكاني من خلال معالجة كميات ضخمة من البيانات الجغرافية بكفاءة عالية، وإجراء التحليلات المكانية و الزمنية واسعة النطاق بشكل سريع، وقابل للتطبيق (Gorelick et al., 2017)، و من هذه المصادر العالمية للبيانات Global Human Settlement Layer (GHSL) والتي تعد أحد المصادر العالمية لرصد تطور المستوطنات البشرية، حيث توفر سلسلة زمنية تعتمد منهجية موحدة، ويمكن من خلالها إجراء مقارنات مكانية و زمنية موثوقة، خاصة في المناطق المحلية التي تعاني من محدودية البيانات (Pesaresi, Melchiorri, Siragusa, & Kemper, 2016).

كما شهدت المؤشرات المستخدمة في تحليل التوسع الحضري تطورًا ملحوظًا، حيث اتجهت إلى توظيف مؤشرات كمية ومكانية ومورفولوجية لتفسير خصائص البينية الحضرية وديناميكيات تطورها، و من هذه المؤشرات؛ معدل النمو العمراني Annual Growth Rate (AGR)، ومؤشر شدة التوسع العمراني Urban Expansion Intensity Index (UEII)، Entropy Shannon و Fractal Dimension، وتحليل انتقال مركز الثقل الحضري Urban Centroid Shift ، نظرًا لقدرة هذه المؤشرات على توصيف أنماط الانتشار الحضري وإعادة التنظيم المكاني والتغيرات في المشهد المورفولوجي بشكل اكثر شمولًا( Batty & Longley, 1994)، (Yeh & Li, 2001).

ولا تزال كثير من الدراسات تعتمد على مؤشرات منفردة، أو تتناولها بشكل مستقل، على الرغم من تطور المؤشرات المستخدمة في تحليل التوسع الحضري، وهو ما يحد من تفسير ديناميكيات النمو، والعلاقات المتبادلة بين النمو الكمي، وإعادة توزيع الكتلة العمرانية، والانتشار الحضري، والتعقيد المورفولوجي، بوصفها عملية مكانية متكاملة، وقد أكدت الدراسات الحديثة أن عملية دمج وتكامل هذه المؤشرات داخل إطار تحليلي موحد تعطي تقييمًا أكثر شمولًا لديناميكيات التوسع الحضري خاصة في المدن المتوسطة والصغيرة التي تختلف في خصائصها المورفولوجية عن المدن الكبرى ( Jamwal, Singh, Sharma, & Singh, 2026)، وعلى الرغم من ذلك فإن التطبيقات التي تعتمد هذه المنهجية لاتزال محدودة خاصة في المناطق التي تعاني من نقص البيانات المكانية.

وقد شهدت بلدية زليتن توسعًا عمرانيًا ملحوظًا، ارتبط بالزيادة السكانية، وتوسع النشاط الاقتصادي، والأنشطة الخدمية، وتحسين شبكة النقل، مما أدى إلى إعادة تشكيل الامتداد العمراني، والتغير في استخدامات الأرض، وتعتبر الدراسات التي تناولت هذا الموضوع محدودة، حيث ركزت غالبيتها على قياس المساحات المبنية، أو وصف اتجاهات النمو بشكل منفرد، كما لا توجد دراسات وظفت بيانات GHSL داخل منصة GEE، لدراسة موضوع التوسع الحضري في زليتن، أو في مدن ساحلية مشابهة في ظل ما اطلعت عليه الباحثة، ومن هنا تنبع الفجوة البحثية، حيث تنطلق الدراسة للإجابة على أسئلة ثلاثة:

- كيف تطورت المساحات المبنية في بلدية زليتن خلال الفترة (2000-2025)؟
- كيف تغيرت أنماط إعادة التنظيم المكاني، والانتشار الحضري، والخصائص المورفولوجية للنسيج العمراني؟

- إلى أي مدى يسهم دمج مؤشرات النمو الحضري في بناء إطار تفسيري أكثر شمولًا لتقييم ديناميكيات التوسع الحضري؟

وتهدف الدراسة إلى تطوير إطار جيومكاني متكامل لتقييم ديناميكيات التوسع الحضري في بلدية زليتن خلال الفترة (2000–2025)، بالاعتماد على بيانات GHSL ضمن المنصة السحابية GEE.

وتنطلق الدراسة من فرضية مفادها أن ديناميكيات التوسع الحضري في بلدية زليتن تمثل سلسلة مترابطة من التحولات المكانية، تبدأ بزيادة المساحات المبنية، ثم إعادة توزيع الكتلة العمرانية داخل النطاق الجغرافي، والذي قد يؤدي إلى تغير أنماط انتشارها المكاني، ومن ثم ينعكس على الخصائص المورفولوجية للشكل الحضري لزليتن، وبالتالي لا يتم تفسير المؤشرات المستخدمة كقياسات منفصلة، بل كإطار تحليلي متكامل يصف المراحل المختلفة للتحولات الحضرية، ويعطي تفسيرًا أشمل لديناميكيات التوسع الحضري مقارنة بالاعتماد على مؤشر واحد مستقل.

**مشكلة الدراسة:**

تتمثل مشكلة الدراسة في الحاجة إل تطوير إطار تحليلي جيومكاني متكامل يدمج المؤشرات الكمية والمكانية والمورفولوجية لتفسير تحولات التوسع الحضري في بلدية زليتن خلال الفترة (2000–2025)، وتتبلور مشكلة الدراسة في السؤال الرئيس:

**– كيف يمكن تفسير ديناميكيات التوسع الحضري في بلدية زليتن خلال الفترة (2000–2025) ضمن إطار تحليلي متكامل، بالاعتماد عل بيانات GHSL، داخل المنصة السحابية GEE؟**

**أهداف الدراسة:**

تهدف الدراسة إلى تطوير إطار جيومكاني متكامل لتقييم التحولات المكانية للتوسع الحضري في بلدية زليتن خلال الفترة (2000–2025)، من خلال:

- تحليل التطور الزمني للمساحات المبنية، ومعدلات النمو العمراني.
- تتبع إعادة التموضع المكاني للنمو باستخدام مركز الثقل العمراني.
- تقييم الانتشار الحضري والتعقيد المورفولوجي باستخدام Entropy Shannon وFractal Dimension.
- دمج هذه المؤشرات في إطار متكامل لتفسير ديناميكيات التوسع الحضري.

**أهمية الدراسة:**

تتجسد أهمية الدراسة العلمية في تقديم منظور جغرافي متكامل لفهم التحولات المكانية المصاحبة للتوسع العمراني، بما يسهم في تطوير الأدبيات الجغرافية المتعلقة بتحليل التحولات المكانية باستخدام التقنيات الجيومكانية. أما الأهمية المنهجية فتتمثل في توظيف منهج جيومكاني، إذ تعزز الدراسة استخدام تطبيقات الاستشعار عن بعد، ونظم المعلومات الجغرافية، وتدمجها مع بيانات GHSL دخل منصة الحوسبة السحابية GEE، مما يوفر منهجية قابلة للتطبيق في دراسات حضرية أخرى في المدن الساحلية متوسطة الحجم. وتكمن الأهمية التطبيقية في دعم التخطيط الحضري في المدن الساحلية الليبية، كذلك تعتبر نتائج الدراسة مرجعًا يمكن الاستفادة منه، فهي توفر قاعدة بيانات تحليلية يمكن أن تساعد على اعداد سياسات التخطيط العمراني، ودعم التخطيط الحضري المستدام، واتخاذ القرارات في البيئات التي تعاني من نقص البيانات.

## 2. الدراسات السابقة حول المؤشرات المكانية والمورفولوجية في تحليل النمو الحضري:

شهد تحليل التوسع الحضري تحولًا في المنهجية خلال العقود الأخيرة، من دراسات وصفية تعتمد على خرائط تقليدية إلى مقاربات كمية تعتمد على الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، نظرًا لما تمتلكه هذه الأدوات الجيومكانية من توفير بيانات مكانية وزمانية قابلة للمقارنة، لرصد التغيرات في المساحات المبنية، وتحليل أنماط النمو الحضري. وتعد هذه التقنيات ضرورية في دراسة المناطق الحضرية، خاصة التي تعاني نقصًا في قواعد البيانات العمرانية، وقد ركزت مجموعة من الدراسات على تطوير مقاييس كمية، تهدف إلى تفسير الأنماط المكانية والمورفولوجية للتوسع الحضري، وفيما يلي سرد لبعض الدراسات

- قدم Batty and Longley (1994) اطارًا نظريًا لتحليل الشكل الحضري، باعتباره نظامًا مكانيًا معقدًا، مُوضِحَيْن أن الشكل الحضري يمكن تفسيره من خلال خصائص هندسية كمية، منها **Fractal Dimension**، الذي يقيس درجة التعقيد، وعدم الانتظام في البنية المورفولوجية.
- طور Yeh and Li (2001) استخدام مؤشر **Shannon Entropy** لتحليل درجة التركز أو التشتت المكاني للنمو الحضري، وقد أوضحا أن ارتفاع قيم المؤشر يعكس انتقال النمو من نمط مركزي إلى نمط أكثر انتشارًا. وعلى الرغم من أهمية هذه المقاييس في تفسير التحولات الحضرية، فإن العديد من الدراسات اعتمدت على مؤشرات منفصلة، أو فترات زمنية محدودة، والذي

يحد من قدرتها على تفسير المسارات طويلة المدى للنمو الحضري، مما يؤكد على الحاجة إلى قواعد بيانات مكانية وزمنية متجانسة تدعم المقارنات التاريخية.

وقد أصبحت السلاسل الزمنية المستخرجة من الأقمار الصناعية أداة رئيسة لرصد التحولات العمرانية مع تطور تقنيات معالجة البيانات المكانية، إلا أن اختلاف مصادر البيانات، وأساليب التصنيف بين الفترات الزمنية ظل يمثل تحديًا رئيسًا أمام المقارنات طويلة المدى، ومن هنا ظهرت الحاجة إلى قواعد بيانات عمرانية عالمية تعتمد منهجية موحدة، وهو ما وفرته لاحقا قاعدة بيانات GHSL.

- استعرض Pesaresi et al. (2016) منهجية انتاج GHSL بهدف تطوير قاعدة بيانات عالمية قابلة للمقارنة لرصد تطور المستوطنات البشرية عبر فترات زمنية طويلة. كما تناول Corbane et al. (2019) التطورات الحديثة في قاعدة GHSL، مُوضِّحين خصائصها وامكاناتها في دعم التحليلات المكانية والزمانية للمستوطنات البشرية على مستويات مكانية متعددة، مما عزز استخدامها في دراسات النمو الحضري طويلة المدى.
- استخدم Sharma and Ghuge (2025) في دراسة تطبيقية حديثة بيانات GHSL لتحليل ديناميكيات النمو الحضري في (514) مدينة كبرى خلال الفترة (1975-2020)، من خلال تطبيق مؤشر توسع المناظر الطبيعية Landscape Expansion Index لتحديد أنماط النمو العمراني المتمثلة في التوسع الحدي، والنمو الداخلي، والنمو المنعزل. وأكدت الدراسة قدرة بيانات GHSL على دعم التحليل المقارن واسع النطاق للتغيرات العمرانية.
- وظفت دراسة Jamwal et al. (2026) مؤشر Normalized Shannon Entropy، إلى جانب بيانات Landsat، وتقنيات GIS لتحليل التغيرات المكانية والزمنية في مدينة Kathua، احدى المدن الصغيرة والمتوسطة في سفوح جبال الهمالايا. وأظهرت النتائج أن النمو الحضري أدى إلى تحول تدريجي في استخدامات الأرض، مع تركز التوسع على محاور النقل والمناطق الطرفية، كما كشف تحليل Shannon Entropy عن نمط يجمع بين التركز الداخلي والانتشار المحيطي. وتتفق دراسة Jamwal et al. (2026) مع هذه الدراسة في اعتماد المؤشرات المكانية لتحليل نمط الانتشار الحضري، إلا أن الدراسة الحالية تختلف عنها في استخدام بيانات Surface_GHSL_Built كسلسلة زمنية موحدة للفترة (2000-2025)، ودمج مؤشرات متعددة تشمل مساحة المناطق المبنية، معدل النمو السنوي، مؤشر شدة التوسع الحضري، انتقال مركز الثقل العمراني، Shannon Entropy ، و Fractal Dimension لتقديم تفسير أكثر شمولًا لديناميكيات النمو الحضري في بلدية زليتن.
- تعد دراسة Al-sharif, Pradhan, Mansor, Shafri, (2015) and Shafri من الدراسات المهمة التي استخدمت تقنيات الاستشعار عن بعد، ونموذج Shannon Entropy لتحليل التوسع الحضري في مدينة طرابلس وأظهرت الدراسة قدرة المؤشرات المكانية على تحديد اتجاهات الانتشار الحضري، وقد ركزت الدراسة على قياس الانتشار، إلا أن التحليل لم يكن متكاملًا يجمع بين السلاسل الزمنية الطويلة، والمؤشرات المورفولوجية.

**تكشف مراجعة الأدبيات وجود ثلاث فجوات رئيسة:**

- تركز الدراسات في معظمها على المدن الكبرى، أو المناطق التي تتوفر لها قواعد بيانات مورفولوجية تفصيلية، في الوقت الذي لاتزال فيه المدن الساحلية الليبية ذات الحجم المتوسط نسبيًا غير ممثلة بالصورة الكافية في الدراسات الكمية طويلة المدى.
- اعتمدت العديد من الدراسات على قياس الزيادة في المساحات المبنية فقط، دون دمج مؤشرات حجم النمو، وشدته، واتجاهه، ونمط انتشاره، وتعقيده المورفولوجي.
- أن استخدام بيانات GHSL كسلسلة زمنية متجانسة ضمن إطار متكامل يدمجها مع المؤشرات المكانية والتقنيات الجيومكانية داخل منصات الحوسبة السحابية لايزال محدودًا في المدن الساحلية في شمال أفريقيا، في ظل ما اطلعت عليه الباحثة.

واستجابة للفجوات البحثية تقدم الدراسة الحالية اطارًا تحليليًا جيومكانيًا قابلًا للتطبيق في المدن الساحلية المتوسطة، التي تتشابه في خصائصها المورفولوجية مع زليتن، لتفسير ديناميكيات التوسع الحضري، باستخدام بيانات GHSL Built Surface.

## 3. المنهجية: إجراءات الدراسة والأدوات:

### 1.3 الإطار النظري والتحليلي للدراسة:

اعتمدت الدراسة اطارًا تحليليًا جيومكانيًا بُني على فرضية الدراسة، لتفسير ديناميكيات التوسع الحضري في بلدية زليتن خلال الفترة

(2000_2025)، ويرتكز الإطار على تسلسل تفسيري يربط بين مراحل التحولات الحضرية، حيث تبدأ المرحلة الأولى بقياس النمو الكمي للمساحات المبنية باستخدام مساحة العمران Built Up Area، ومعدل النمو السنوي Annual Growth Rate (AGR)، ومؤشر شدة التوسع الحضري Urban Expansion Intensity Index (UEII)، الذي يبين حجم التغير وسرعته خلال فترة الدراسة، وتمثل هذه المؤشرات القاعدة التي تنطلق منها بقية مراحل التحليل.

وتأتي بعد ذلك مرحلة تحديد اتجاهات الامتداد الحضري، والكشف عن التغيرات في التوزيع المكاني للكتلة العمرانية ضمن الحدود الزمنية للدراسة، أي تحليل إعادة التوزيع المكاني للنمو الحضري عن طريق تتبع انتقال مركز الثقل العمراني Urban Centroid Shift. تليها مرحلة تحليل أنماط الانتشار، ومعرفة ما إذا كان النمو قد اتخذ نمطًا مُدمجًا أو منتشرًا، وذلك عن طريق استخدام مؤشر Shannon Entropy الذي يقيس درجة تركز، أو تشتت المساحات المبنية داخل المجال الحضري. وتختتم المراحل بتحليل التعقيد المورفولوجي للنسيج الحضري، والذي يعكس أثر النمو والانتشار المكاني في إعادة تشكيل البنية المورفولوجية لمنطقة الدراسة، باستخدام مؤشر Fractal Dimension، والذي يقيس درجة انتظام أو تعقيد الشكل الحضري الناتج عن عمليات التوسع.

تجدر الإشارة إلى أنه قد أجري اختبار حساسية من خلال رفع عتبة السطح المبني من 30% إلى 50 % ، للتحقق من قوة النتائج، وقياس مدى تأثر تقديرات التوسع العمراني، مع الإبقاء على جميع إجراءات المعالجة، والتحليل، والمعايير المكانية الأخرى ثابتة، وقد استخدمت عتبة 30% كونها القيمة الأساسية في التحليل، بينما استخدمت عتبة 50% لاختبار مدى استقرار النتائج عند تطبيق معيار أكثر للنسيج العمراني المبني، وبذلك فإن اختبار الحساسية استخدم في تحديد أثر معيار تعريف العمران على تقدير ديناميكيات النمو الحضري، مع بقاء الاطار التحليلي، وبقية مدخلات الدراسة.

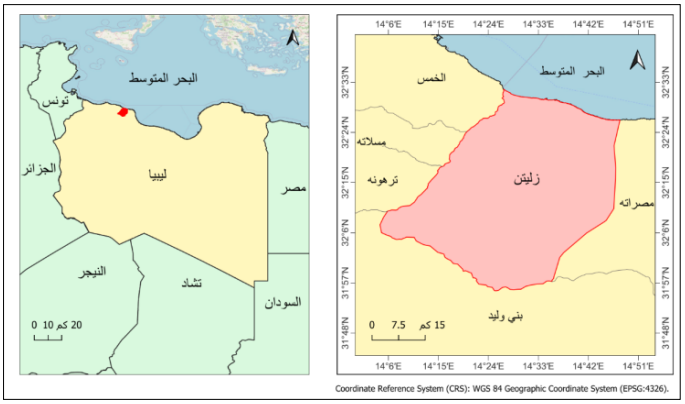
واستنادًا للإطار الذي تقدمه الدراسة انتظمت مراحل الدراسة في تسلسل منهجي بدءً من استخراج بيانات المناطق المبنية من قاعدة بيانات GHSL، ثم معالجة السلاسل الزمنية، واستخراج مؤشرات النمو الكمي، وتحليل إعادة توزيع الكتلة العمرانية، وقياس أنماط الانتشار، والتعقيد المورفولوجي، وصولًا إلى دمج جميع المؤشرات ضمن إطار تفسيري متكامل وموحد لتقييم ديناميكيات التوسع الحضري في بلدية زليتن خلال فترة الدراسة.

### 2.3 منطقة الدراسة:

تقع بلدية زليتن على الساحل الليبي للبحر المتوسط على بعد نحو (150) كم شرق مدينة طرابلس، وترتبط بحدود إدارية مع خمس بلديات؛ هي: مصراته شرقًا، والخمس، ومسلاته، وترهونه غربًا، وبني وليد جنوبًا، وتمتد فلكيًا بين دائرتي عرض ($30^{\circ}-32^{\prime}$ و $55^{\prime}-31^{\circ}$) شمالاً، وبين خطي طول ($10^{\circ}-14^{\prime}$ و $60^{\prime}-14^{\circ}$) شرقاً، كما هو مبين بالشكل (1)، على مساحة تقارب (2700) كم$^2$. ويمنحها موقعها الجغرافي، وخصائصها المكانية ضمن السهل الساحلي الليبي أهمية خاصة لدراسة ديناميكيات التوسع الحضري، حيث تتفاعل متطلبات التنمية الحضرية مع محدودية الأراضي الساحلية، والضغوط المتزايدة على استخدامات الأرض، اختيرت بلدية زليتن كحالة دراسة استنادًا إلى ثلاث اعتبارات رئيسة:

- شهدت بلدية زليتن، تحولات عمرانية ملحوظة خلال الفترة (2000-2025)، تمثلت في زيادة المساحات المبنية، وتغير أنماط الامتداد الحضري، واستخدامات الأرض، مما يسمح بتحليل التحولات المكانية طويلة المدى.
- محدودية الدراسات التي تناولت التوسع الحضري الليبي باستخدام مؤشرات كمية، ومكانية، ومورفولوجية متكاملة.
- توفر سلسلة زمنية متجانسة من بيانات GHSL، والذي يتيح إجراء تحليل مكاني وزمني، يسمح بمقارنة النتائج بين الفترات الزمنية المختلفة.

**شكل (1) الموقع الجغرافي لبلدية زليتن والحدود الإدارية المستخدمة في التحليل المكاني**




**Source**: OpenStreetMap (OSM); DIVA-GIS (Africa & Libya); Zliten Municipality Boundary digitized. Map preparation: by F.Ekheil, using QGIS 3.44.3. Date: 2026.

### 3.3 مصادر البيانات:

اعتمدت الدراسة على بيانات GHSL، وبالتحديد منتج

GHSL_Built-S P2023A، الصادر عن مركز البحوث المشتركة Joint Research Centre European Commission، والذي يوفر سلسلة زمنية متجانسة للأسطح المبنية استنادًا إلى منهجية موحدة لمعالجة بيانات الاستشعار عن بعد، ويتميز بقدرته على دعم التحليل الزمني للتوسع الحضري، ويتيح المقارنة بين البيانات، خاصة في المناطق التي تعاني من نقص قواعد البيانات العمرانية لفترات زمنية سابقة.

تم اختيار بيانات GHSL لأسباب ثلاثة هي:

- توفر سلسلة زمنية منتظمة تغطي فترة الدراسة، يمكن من خلالها تتبع اتجاهات النمو الحضري طويلة المدى.
- اعتماد منهجية موحدة لاستخراج المناطق المبنية، للتقليل من تأثير اختلاف مصادر البيانات وتقنيات المعالجة بين الفترات الزمنية.
- ملائمة بيانات GHSL لتحليل المناطق التي تشهد تحولات عمرانية، والتي تفتقر إلى سجلات عمرانية متكاملة.

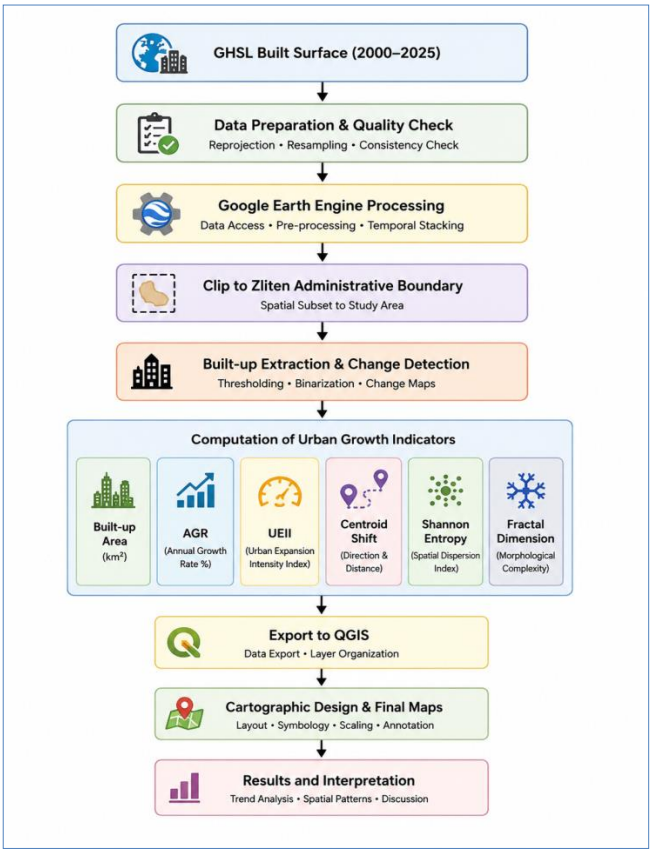
وتشمل الدراسة خمس فترات زمنية (2000، 2005، 2010، 2015، 2020، 2025)، وفاصل زمني ثابت مقداره خمس سنوات، واستخدم إطار مكاني موحد لجميع عمليات الاستخراج والتحليل، وهو الحدود الإدارية لبلدية زليتن، بحيث تكون المقارنات بين الفترات الزمنية المختلفة لها نفس النسق.

وقد استخدمت المنصة السحابية GEE في معالجة بيانات GHSL، لاستخراج طبقات المساحات المبنية، وتحليل التغيرات الزمنية، كما استخدام برنامج QGIS3.44.3.3 لإدارة البيانات المكانية، واجراء التحليلات النهائية، وإنتاج الخرائط وفقًا للأسس الكارتوغرافية، بنظام الاحداثيات WGS 84/ UTM ZONE 33$^0$N (EPSG)، لضمان الدقة المكانية وتوحيد القياسات، كذلك تم اجراء تحقق بصري Visual Cross Validation، نظرًا لأن بيانات GHSL قد تحد من تمثيل بعض التفاصيل العمرانية الصغيرة أو التغيرات الموضعية الدقيقة، من خلال اجراء المقارنة بين نتائج التوسع العمراني المستخرجة مع صور الأقمار الصناعية المرجعية عالية الدقة، بهدف تقييم الأنماط العامة للتوسع الحضري مع الواقع المكاني.

### 4.3 المعالجة الجغرافية المكانية

نفذت إجراءات الدراسة وفقًا لمخطط سير عمل متكامل تضمن اعداد بيانات GHSL، واستخراج التغيرات العمرانية، وحساب مؤشرات التوسع الحضري، وإنتاج الخرائط النهائية. ويوضح الشكل (2) التسلسل المنهجي لإجراءات المعالجة والتحليل.

**شكل (2) سير عمل المعالجة الجغرافية المكانية المعتمد لاستخراج وتحليل ورسم خرائط مؤشرات التوسع الحضري**




**Source:** Developed by the author based on GHSL (JRC/GHSL) data using Google Earth Engine (GEE) and QGIS

### 5.3 مؤشرات النمو الحضري والمقاييس المكانية:

يضم الإطار التحليلي المتكامل للدراسة مؤشرات كمية ومكانية ومورفولوجية، لتوصيف ديناميكيات التوسع الحضري في بلدية زليتن خلال فترة الدراسة. ويبين الجدول (1) المؤشرات المستخدمة، والغرض من استخدامها، وهذه المؤشرات: قياس حجم النمو العمراني، وسرعته، وشدته، واتجاهه المكاني، ونمط توزيعه، وتعقيده المورفولوجي.

**جدول (1) المؤشرات المستخدمة في الدراسة والغرض التحليلي لكل منها**

| Indicator | Purpose | Results |
|---|---|---|
| Total Urban Expansion (2000–2025)<br>الزيادة في المساحة المبنية | Quantifying urban growth<br>قياس النمو الحضري | +26.40 كم² |
| Annual Growth Rate (AGR)<br>معدل النمو السنوي | Measuring temporal growth dynamics<br>قياس ديناميكيات النمو الزمني | 2.94% |
| Urban Expansion Intensity Index (UEII)<br>مؤشر شدة التوسع | Assessing expansion intensity relative to available land<br>تقييم شدة التوسع بالنسبة للأرض المتاحة | 0.0297 |
| Dominant Urban Growth Direction<br>الاتجاه السائد للنمو الحضري | Identifying the sector with the largest share of urban expansion<br>تحديد القطاع صاحب أكبر مساهمة في التوسع | E (East)<br>5.69 km² (21.56%) |
| Net Urban Growth Direction (Resultant)<br>صافي اتجاه النمو الحضري (المحصلة) | Identifying the resultant direction of the combined expansion vectors<br>تحديد الاتجاه السائد الناتج عن محصلة اتجاهات التوسع | S (South)<br>Bearing = 158.49°;<br>Resultant = 3.46 km² |
| Urban Centroid Shift<br>انتقال مركز الثقل<br>(تحول مركز المدينة) | Identifying spatial direction of urban redistribution<br>تحديد الاتجاه المكاني لإعادة توزيع المناطق الحضرية | ≈0.889 كم |
| Shannon Entropy<br>قياس درجة تركز أو انتشار الكتلة العمرانية | Measuring spatial dispersion and distribution pattern<br>قياس التشتت المكاني ونمط التوزيع | 0.685 → 0.737 |
| Fractal Dimension | Evaluating morphological complexity of urban form<br>تقييم تعقيد الشكل الحضري | 1.5436 |

**Source:** Author's analysis based on GHSL (JRC/GHSL) data, processed and analyzed using Google Earth Engine (GEE) and QGIS.

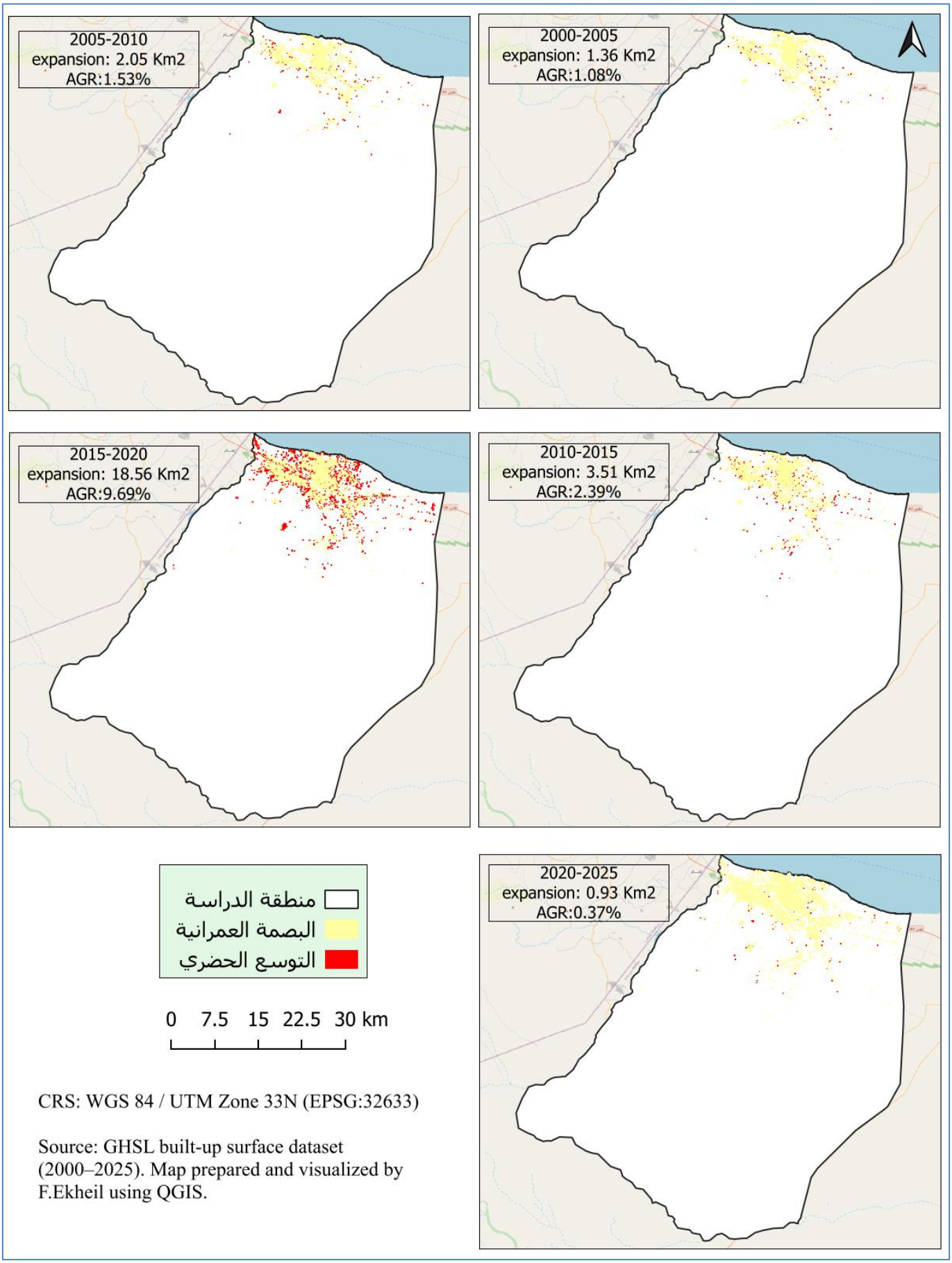
## 4. مناقشة النتائج:

جاءت النتائج متوافقة مع فرضية الدراسة، وداعمة لها، والتي تنص على أن النمو الحضري في بلدية زليتن خلال الفترة (2000–2025) يمثل عملية ديناميكية تخضع لعدة أبعاد، ولا يمكن تفسيرها من خلال تغير المساحة العمرانية فقط، إذ لابد من دمج وتكامل المؤشرات الكمية والمكانية والمورفولوجية، فالاعتماد على مؤشر واحد لا يعكس صورة ديناميكيات التوسع العمراني.

### 1.4 ديناميكية النمو الحضري (2000–2025):

تميز التطور الزمني الذي اتخذه النمو العمراني في بلدية زليتن خلال فترة الدراسة بالنمو التدريجي، خلال الفترة (2000إ–2015)، كما بينت النتائج حدوث تسارع في النمو العمراني نسبيًا للفترة (2015–2020)، ثم بعد ذلك شهدت الفترة (2020–2025)، استقرارًا نسبيًا، حيث بينت النتائج زيادة في البصمة العمرانية من (24.83) كم$^2$ إلى (51.23) كم$^2$، بمقدار زيادة نحو (26.40) كم$^2$، ويبين الجدول (2)، والشكل (3) أن أكبر نمو عمراني حدث في الفترة (2000–2015)، بزيادة تقدر بنحو (70%) من اجمالي التوسع خلال فترة الدراسة، مما يعني تغير في نمط استخدام الأرض، ومن منظور جغرافي يمكن تفسير هذا النمط على أنه انتقال من نمو تراكمي منخفض إلى مرحلة توسع أكثر نشاطًا، ثم يعقبه تباطؤ في النمو، وهذه النتيجة تتفق مع فكرة تغير سرعة ديناميكية النمو الحضري وفق تفاعل الظروف المحلية مع إمكانية الوصول، والطلب عل الأرض والتغيرات الاقتصادية والاجتماعية (K. Seto et al., 2011)، Angel, Parent, Civco, Blei, & Potere, ) (2011.

**شكل (3) تطور التوسع الحضري في بلدية زليتن (2000–2025)**



**جدول (2). التغير الزمني في مساحة المناطق المبنية ببلدية زليتن خلال الفترة(2000–2025)**

| السنة | مساحة المناطق المبنية | الزيادة (كم$^2$) | الزيادة (%) |
|---|---|---|---|
| 2000 | 24.83 | - | - |
| 2005 | 26.17 | 1.34 | 5.40 |
| 2010 | 28.26 | 2.09 | 7.99 |
| 2015 | 31.85 | 3.59 | 12.70 |
| 2020 | 50.30 | 18.45 | 57.93 |
| 2025 | 51.23 | 0.93 | 1.85 |

**المصدر** :إعداد الباحثة بالاعتماد على بيانات Global Human Settlement Built Surface (2000–2025) Layer (GHSL)، ومعالجتها باستخدام Google Earth Engine (GEE)وQGIS.

يوضح الشكل (3) والجدول (2) كيفية تطور المساحة العمرانية خلال فترة الدراسة، حيث سجلت زيادة تقدر بنحو (26.40) كم$^2$، كما يتبين أن النمو العمراني قد شهد تباينًا في معدلات الزيادة، وهذا يعني أنه لم يكن منتظمًا خلال كل الفترات، مع ملاحظة وجود تسارع نسبي خلال الفترة (2015–2020)، وفي هذه الفترة أكبر زيادة في المساحة المبنية مقارنة بالفترات التي سبقتها، إذ سجلت (18.45) كم$^2$، بنسبة (57.93 %)، بينما تباطأ النمو العمراني إلى نحو (0.93) كم$^2$، بنحو (1.85 %) خلال الفترة (2020–2025)، مما يشير إلى أن التوسع الحضري مر بمراحل نمو متباينة، تعكس تغيرًا في استخدامات الأراضي أكثر من كونها زيادة خطية ثابتة.

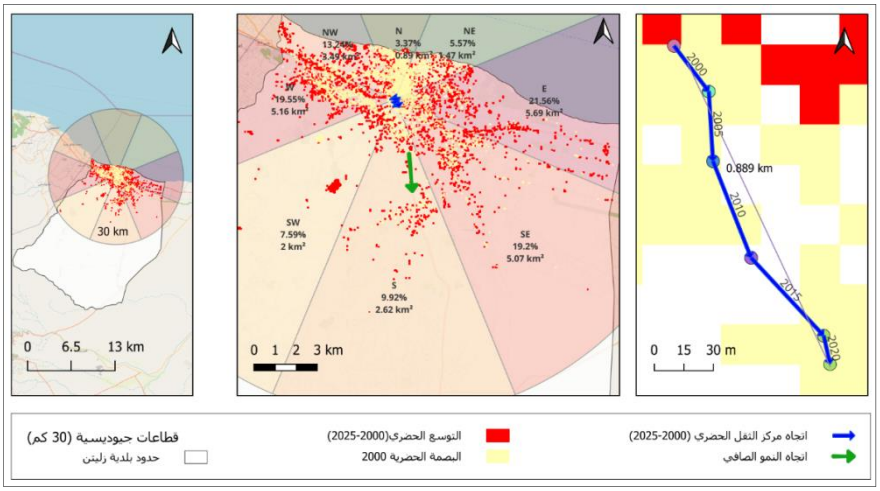
**وتجدر الإشارة** إلى أن التوسع الحضري بمعناه التخطيطي يختلف عن الزيادة في مساحة السطح المبني، فالدراسة الحالية تقيس مساحة السطح المستخرج وفق بيانات GHSL والعتبة المعتمدة، وبالتالي فان الزيادة المسجلة لا تكفي لتحديد العوامل الاقتصادية أو الاجتماعية التي تسببت فيها، وإنما تجيب عن السؤال متى حدث التحول المكاني في منطقة الدراسة؟، والذي يمكن أن يكون أساسًا لدراسة العوامل المحركة للتوسع العمراني في دراسة جغرافية تحليلية لاحقة، وبالتالي فإن القيمة العلمية للنتيجة الحالية هي تحديد مرحلة التطور والتحول الزمني.

وتعتبر نتيجة قيمة صافي النمو العمراني خلال فترة الدراسة (26.40) كم$^2$، المرحلة الأولى في سلسلة من ديناميكيات النمو العمراني والتي أعادت تشكيل البنية المورفولوجية لبلدية زليتن، إلا أن هذه النتيجة لا تكفي وحدها لتفسير بنية النمو الحضري، وعليه ينتقل التحليل من السؤال كم توسعت منطقة الدراسة؟ إل أين حدث هذا التوسع؟، وما هو الاتجاه الذي اتخذه؟ ومن ثم فإن تفسير ديناميكية النمو الحضري يتطلب الانتقال من قياس كمية الزيادة في المساحة العمرانية، إلى تحليل اتجاهاتها، وكيفية إعادة توزيع الكتلة العمرانية، ودرجة انتشارها، وخصائصها المورفولوجية، وهو ما تتناوله الأقسام اللاحقة من هذه الدراسة من خلال مؤشرات مركز الثقل، Shannon Entropy، Shannon Entropy ضمن إطار تفسيري متكامل

### 2.4. الاتجاهات المكانية للتوسع الحضري

أظهرت نتائج تحليل اتجاهات التوسع الحضري باستخدام القطاعات الجغرافية الثمانية أن التوزيع غير متماثل واتخذ اتجاهات متعددة، حيث يوضح الشكل (4) أن التوسع لم يكن موجهًا نحو قطاع واحد، إنما توزع على عدة قطاعات، إذ استحوذ اتجاه الشرق على أكبر نسبة، يليه اتجاهي الغرب والجنوب الشرقي، وهو ما يدل عل أن النمو الحضري في زليتن اتخذ عدة اتجاهات.

**شكل (4) الاتجاهات المكانية والازاحة المركزية ومتجه النمو الصافي للتوسع الحضري في بلدية زليتن خلال (2000–2025)**




**Source:** GHSL Built Surface (P2023A), JRC; Processed and analyzed by F.Ekheil using GEE & QGIS. Date: 2026.

وعلى الرغم من أن اتجاه الشرق يمثل نحو (21.56 %) من اجمالي النمو العمراني، فإنه لا يمكن القول أن ديناميكية التوسع العمراني يتوسع باتجاه الشرق، نظرًا لأن النسبة الأكبر للتوسع العمراني قد توزعت على اتجاهات القطاعات الأخرى، وبالتالي فإن بلدية زليتن قد شهدت نموًا متعدد الاتجاهات، مع استحواذ واضح لاتجاه الشرق، وتؤكد النتائج أن التوسع العمراني يخضع لحصيلة تفاعل عوامل متعددة، منها الطرق وإمكانية الوصول، والقرب من النسيج العمراني القائم، والنشاط الاقتصادي، والقيود المكانية، وليس نتيجة محرك مكاني واحد، وتأثير أي عامل لا يمكن استنتاجه من تحليل الاتجاهات وحده.

تجدر الإشارة إلى أنه تم اختبار قوة النتائج لاتجاه النمو العمراني من خلال رفع قيمة عتبة استخراج السطح من (30%) إل (50%)، حيث أظهرت النتائج انخفاضًا في المساحة العمرانية من (26.40 كم$^2$) إل (3.14 كم$^2$)، مع ملاحظة أن قطاع الشرق استحوذ على أكبر نسبة على الرغم من رفع قيمة عتبة استخراج السطح، وبالتالي أكد الاختبار صدق وموثوقية استنتاج أن اتجاه الشرق هو القطاع المستحوذ على اتجاه التوسع العمراني، وبقاء ارتباط قيم المساحة العمرانية بقيمة العتبة المستخدمة.

### 3.4 استقرار مركز الثقل واتساع البصمة العمرانية:

يدل مركز الثقل العمراني على مدى إعادة تمركز الكتلة العمرانية في بداية فترة الدراسة ونهايتها (2000-2025) في بلدية زليتن، وهو بذلك يختلف عن حجم التوسع ، أو اتجاه القطاع الأكثر نموًا، وقد بينت نتائج الدراسة أن مقدار الإزاحة الكلية لمركز الثقل العمراني سجلت نحو (0.889 كم)، في حين بلغت الزيادة في المساحة العمرانية نحو (26.40كم$^2$)، مما يعكس توزع الزيادة العمرانية على عدة اتجاهات، ويدل عل محدودية إزاحة الكتلة العمرانية عند مقارنتها بمقدار الزيادة في البصمة العمرانية، ولا تعني محدودية إعادة تموضع الكتلة العمرانية أن هناك تماثل في النمو العمراني، أو انه اتخذ شكلًا دائريًا، وبالتالي يمكن القول أن النمو الحضري في بلدية زليتن تميز باستمرار النواة العمرانية القائمة، أي زيادة وانتشار الكتلة العمرانية في عدة اتجاهات حول النواة القائمة، أكثر من حدوث تحول جوهري في موضع مركز الثقل العمراني، مما يعني استمرار تمركز الوظائف الحضرية الرئيسية داخل النواة العمرانية القائمة، وحدوث النمو الجديد في مناطق الأطراف المحيطة بالنواة.

ويمكن تفسير هذا النمط من منظور جغرافي، بوصفه امتدادًا حضريًا محيطيًا(Radial Peripheral Expansion) ، حيث تحتفظ المدينة بمركزها الوظيفي والإداري، بينما تتوسع الكتلة العمرانية تدريجيًا على الهوامش، استجابةً لزيادة الطلب على الأراضي، ويُعد هذا النمط من السمات الشائعة في المدن المتوسطة التي لا تزال تعتمد على مركز حضري واحد، في مقابل المدن متعددة الأقطاب التي يصاحب نموها انتقال واضح في مركز الثقل وظهور مراكز عمرانية ثانوية.

وتكتسب هذه النتيجة أهمية أكبر عند تفسيرها بالاقتران مع نتائج القسم السابق؛ إذ إن الزيادة الكبيرة في المساحة المبنية، مقرونةً بإزاحة مكانية محدودة لمركز الثقل، تشير إلى أن النمو لم يكن متناظرًا بالكامل حول المركز الحضري، لكنه في الوقت نفسه لم يكن كافيًا لإعادة تشكيل الهيكل المكاني للمدينة؛ إذ لو كان التوسع متوازنًا في جميع الاتجاهات لبقي مركز الثقل شبه ثابت، بينما كان من المفترض أن تؤدي هيمنة اتجاه واحد للنمو إلى انتقال أكبر للمركز. ووفقًا لذلك فإن قيمة الإزاحة المسجلة تعكس وجود اتجاهات نمو مفضلة، دون أن تصل إلى مستوى إعادة هيكلة النظام الحضري.

وتتوافق هذه القراءة مع الأدبيات التي تؤكد أن تحليل مركز الثقل يمثل أداة فعالة للكشف عن استقرار أو تحول البنية الحضرية، لأنه يقيس إعادة توزيع الكتلة العمرانية وليس مجرد تغير مساحتها. وتشير النتائج في حالة بلدية زليتن إلى أن التوسع اتخذ طابعًا تراكميًا أكثر منه تحويليًا؛ أي أنه عزز الامتداد العمراني حول النواة القائمة بدلًا من إنتاج نمط حضري متعدد المراكز.

وتكمن أهمية هذه النتيجة عند دمجها مع نتائج الشكل (4)، فالقطاع الشرقي استحوذ على أكبر نسبة منفردًا، إلا أن قطاعات الغرب والجنوب الشرقي والقطاعات الأخرى، قد حد من تأثير اتجاه واحد على مركز الثقل.

### 4.4 محصلة اتجاه التوسع الحضري:

استخدمت الدراسة تحليل متجه النمو الصافي لتحديد الاتجاه المحصل للنمو الحضري، وذلك من خلال دمج مساهمة كل قطاع من القطاعات الاتجاهية الثمانية، حيث بلغ مقدار متجه النمو الصافي (158.5$^0$) تقريبًا، باتجاه عام نحو الجنوب والجنوب الشرقي، ويتبين من الشكل (4) عدم تطابق **Dominant Sector** و **Net Growth Vector**، وهذا الاختلاف لا يمثل تناقضًا، فكل مؤشر يقيس خاصية مختلفة، فالقطاع الشرقي يعبر عن أكبر مساحة

نمو منفردة، ويجيب عن السؤال أين سُجّل أكبر قطاع منفرد للتوسع؟، في حين يعبر المتجه الصافي عن المحصلة الاتجاهية لجميع القطاعات بعد تحويل مجموع مساهمة كل القطاعات إلى مكونات متجهية، وهو بذلك يجيب عن السؤال: إلى أين تميل محصلة النمو عند النظر إلى جميع القطاعات مجتمعة؟.

وتكمن الأهمية الجغرافية لهذه النتيجة كونها تكشف أن اختزال الاتجاه في القطاع الأكبر قد يخفي بنية مكانية أكثر تعقيدًا، ففي حالة منطقة الدراسة أسهمت القطاعات الاتجاهية؛ الشرق، والجنوب الشرقي، والجنوب، والجنوب الغربي بدرجات مختلفة في تكوين المحصلة الاتجاهية، وهو ما أدى إلى ظهور اتجاه صاف نحو الجنوب والجنوب الشرقي، على الرغم من أن الشرق يمثل أكبر قطاع منفرد.

يشير ذلك إلى أن النمو اعتمد بدرجة أكبر على الامتداد الأفقي خارج النواة العمراني، ويعكس ذلك انتقالًا تدريجيًا نحو نمط الامتداد الحضري المحيطي (Peripheral Urban Expansion)، وهو نمط يرتبط عادةً بالمدن المتوسطة التي تشهد تزايدًا في الطلب على الأراضي مع محدودية فرص إعادة التطوير داخل النواة العمرانية. ويفسر جغرافيًا أن هذا النمط يعكس انتقال المدينة من مرحلة "التكثف الحضري" إلى مرحلة "التمدّد الحافي (Urban Sprawl)"، حيث يصبح النمو مرتبطًا بامتداد الأطراف أكثر من إعادة هيكلة النسيج الداخلي.

وتقود هذه النتيجة إلى التساؤل عما إذا كان الامتداد الطرفي قد انعكس أيضًا على درجة انتشار العمران داخل المجال المكاني، وللإجابة عن ذلك، ينتقل القسم التالي إلى تحليل مؤشر (Shannon Entropy)لتقييم ما إذا كان النمو قد أدى إلى زيادة التشتت المكاني للعمران، أم أنه حافظ على درجة مرتفعة من التركز الحضري رغم اتساع المساحة المبنية.

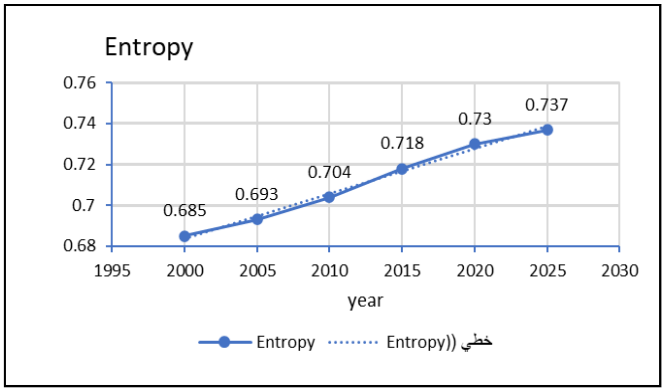
### 5.4 التحول في نمط الانتشار الحضري: تحليل (Shannon Entropy)

أظهرت النتائج في القسم السابق أن التوسع العمراني في بلدية زليتن حدث مع بقاء مركز الثقل الحضري شبه مستقر، ويُطرح السؤال :كيف أعاد هذا التوسع تنظيم توزيع العمران داخل المجال المكاني؟ وللإجابة عنه استخدمت الدراسة مؤشر Shannon Entropy بوصفه أحد أهم المقاييس الكمية لتقييم درجة التركز أو الانتشار المكاني للعمران، حيث اعتمد التحليل على شبكة مكانية ثابتة (1×1 كم) لجميع سنوات الدراسة لضمان قابلية المقارنة الزمنية بين الفترات المختلفة. وأظهرت النتائج ارتفاع قيمة مؤشر Shannon Entropy من (0.685) عام 2000 إلى (0.737) عام 2025، بنسبة زيادة بلغت نحو (7.6%)، وهو ما يعكس تحولًا تدريجيًا في نمط توزيع الكتلة العمرانية داخل المدينة. ويبين الجدول (3)، والشكل (5) التغير في قيم Shannon Entropy خلال فترة الدراسة.

**جدول (3). التغير الزمني في قيم Shannon Entropy لقياس الانتشار المكاني في بلدية زليتن للفترة (2000–2025)**

| السنة | 2000 | 2005 | 2010 | 2015 | 2020 | 2025 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Entropy** | 0.685 | 0.693 | 0.704 | 0.718 | 0.730 | 0.737 |

**الشكل (5) التطور الزمني لمؤشر Shannon Entropy في بلدية زليتن خلال الفترة (2000–2025)**




**Source**: Author's analysis based on GHSL (JRC/GHSL) data

يشير الشكل (5) إلى اتجاه تصاعدي مستمر في قيمة Shannon Entropy خلال فترة الدراسة، إذ رافق الزيادة في المساحة العمرانية تغير في توزيع العمران، وانتشار مكاني أكبر في بلدية زليتن، وتكتسب هذه النتيجة أهميتها بمقارنتها بنتيجة انتقال مركز الثقل العمراني ، حيث يشير بقاء مركز الثقل قريبًا نسبيًا من موضعه، مع ارتفاع مؤشر Shannon Entropy إلى أن الانتشار حدث حول كتلة حضرية حافظت على المركزية النسبية، ولم تنتقل إلى موضع جديد، مما يؤكد على أنه لا يمكن تفسير النمو الحضري بالاعتماد على مركز الثقل فقط، ويتوافق ذلك مع الغرض من استخدام Shannon Entropy في قياس التغير في درجة التشتت المكاني، حيث تعكس القيم الأعلى توزيعًا أكثر انتشارًا للكتلة العمرانية ضمن نفس التحليل والمجال المكاني للقياس (Yeh & Li, 2001)، ومع ذلك، فإن قيمة Shannon Entropy المسجلة في بلدية زليتن لا تشير إلى حالة تشتت حضري كامل، وإنما تعكس مرحلة انتقالية بين الاندماج والأكثر انتشارًا، مع استمرار

احتفاظ النواة الحضرية بدرجة واضحة من التماسك المكاني وعلى الرغم من ذلك فإن تفسير ارتفاع المؤشر من (0.685- 0.737) يكون اكثر دقة إذا وصف بأنه تحول تدريجي نحو توزيع أكثر انتشارًا، وليس دليلًا على الوصول إلى حالة sprawl ، إذ أن معرفة النمط المتشتت للامتداد العمراني يتطلب دمج Shannon Entropy مع المسافة عن المركز، وكثافة العمران، ونمط التوسع، كما يشير الارتفاع المبين في الجدول (3)، والشكل (6) إلى أن النمو الحضري لم يقتصر على زيادة المساحة المبنية، وإنما صاحبه انتشار تدريجي للعمران خارج نواة المدينة، ويتوافق هذا التفسير مع نتائج القسمين السابقين؛ إذ إن الزيادة الكبيرة في المساحة المبنية (القسم 1.4) مع محدودية انتقال مركز الثقل (القسم 3.4) تعني أن الامتداد الحضري تحقق أساسًا عبر توسع محيطي حول النواة القائمة، وليس عبر انتقال مركز النشاط الحضري إلى موقع جديد.

تؤكد النتائج ضرورة التكامل بين المؤشرات الكمية والمكانية والمورفولوجية في دراسة النمو العمراني، فاستخراج المساحة العمرانية تبين حجم النمو الكمي، في حين أظهر مركز الثقل العمراني محدودية إعادة توزيع الكتلة العمرانية، بينما أوضح مؤشر Shannon Entropy كيف أن النمو الحضري أدى إلى إعادة تنظيم البنية الحضرية، والزيادة التدريجية في الانتشار المكاني، مما يدل على أنه لا يمكن تفسير ديناميكيات التوسع العمراني في بلدية زليتن بالاعتماد على مؤشر منفصل عن بقية المؤشرات، وانما من خلال ترابط وتسلسل المؤشرات بدءً بالنمو الكمي، فإعادة التوزيع المكاني، ثم قياس الانتشار الحضري، هذا الانتشار يسبق التغير في الشكل المورفولوجي الذي سيتم تناوله باستخدام مؤشر Fractal Dimension.، لقياس درجة التعقيد المورفولوجي للكتلة العمرانية وتطور حدودها خلال فترة الدراسة، للإجابة عن السؤال: كيف انعكس هذا الانتشار على الشكل الهندسي للنسيج الحضري؟

### 6.4 التعقيد المورفولوجي للنسيج الحضري: تحليل: Fractal Dimension)

يضيف مؤشر Fractal dimension بعدًا للتحليل ، فهو يتناول خصائص الشكل الحضري وتعقيد النسيج العمراني، وتزداد أهميته عند ربطه بنتيجة Shannon Entropy والذي يدل على زيادة انتشار العمران داخل منطقة الدراسة، في حين يقدم Fractal dimension مؤشرًا على خصائص الشكل الناتج من الانتشار العمراني، وبالتالي لا يعني ارتفاع مؤشر Shannon Entropy أن الحدود العمرانية أصبحت أكثر تعقيدًا، وإنما الدمج بين المؤشرين يعطي تفسيرًا تكاملي للعلاقة بين التوزيع المكاني وشكل النسيج العمراني، ويتوافق استخدام مؤشر Fractal dimension مع الاطار النظري الذي قدمه Batty and Longley (1994)، والذي يرى أن الشكل الحضري ينتج عن عمليات نمو مكانية معقدة ليس بالضرورة أن تتبع أشكالًا هندسية منتظمة.

وقد أظهرت النتائج أن قيمة Fractal dimension بلغت نحو (1.5436)، وتعد هذه القيمة متوافقة مع خصائص المدن الساحلية التي تواجه قيودًا مكانية بسبب تداخل المناطق الزراعية، وشبكات النقل، وهي قيمة تشير إلى أن النسيج العمراني في بلدية زليتن يتميز بدرجة متوسطة إلى مرتفعة من التعقيد المورفولوجي، حيث لم يتطور العمران وفق حدود هندسية منتظمة أو امتداد دائري متجانس، وإنما اتخذ أشكالًا أكثر تعرجًا وعدم انتظام نتيجة اختلاف اتجاهات النمو وخصائص البيئة المحيطة.

كما بينت النتائج أن عملية النمو العمراني تخضع لتفاعل عوامل مكانية، من أهمها اتجاهات الامتداد العمراني ذات العلاقة بمحاور النقل، كذلك اختلاف أنماط استخدامات الأراضي المجاورة، والعوائق الطبيعية، ونتيجة لذلك أصبح النمو الحضري أكثر تعقيدًا من مجرد زيادة متجانسة في المساحة المبنية، فالانتشار المكاني لم يقتصر على إعادة توزيع العمران، وإنما ساهم في إعادة تشكيل الحدود الخارجية للبنية المورفولوجية وزيادة تعقيدها، والتي تمثل المرحلة النهائية في تسلسل ديناميكيات التوسع العمراني في بلدية زليتن خلال الفترة (2000–2025)، ومن ثم فإن تفسيرها يتطلب دمج لهذه المؤشرات باعتبارها مراحل مترابطة، وهو ما سيتم مناقشته في الجزئية التالية

### 7.4 التكامل بين المؤشرات والنموذج التفسيري لديناميكيات التوسع العمراني:

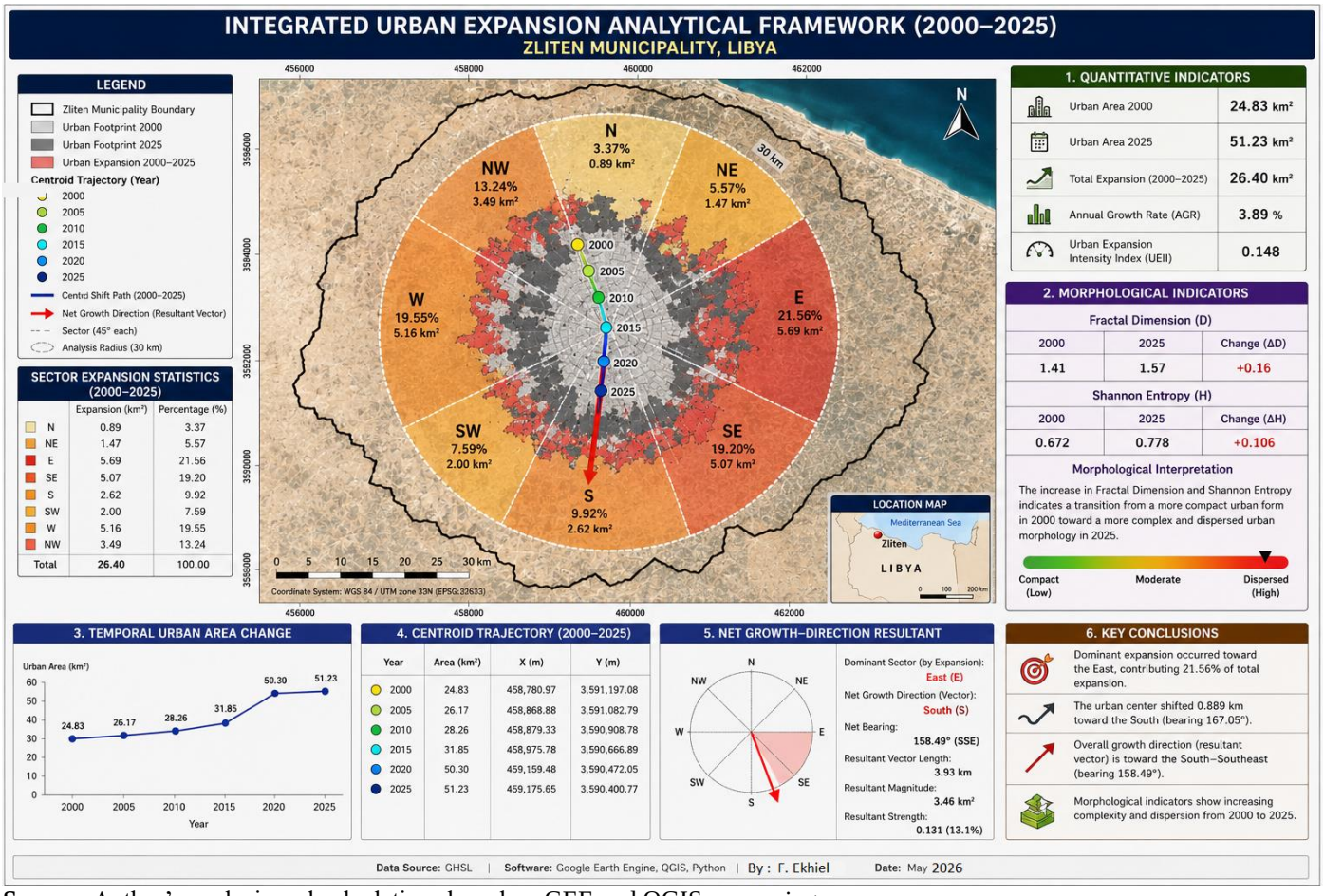
تكشف القراءة التكاملية لنتائج الدراسة أن المؤشرات المستخدمة في دراسة النمو الحضري لا تمثل قياسات مستقلة، وإنما تصف مراحل متتابعة من عملية تحول مكاني واحدة، فكل مؤشر يفسر جانبًا مختلفًا من ديناميكية التوسع، بينما يتيح دمجها بناء تصور أكثر شمولًا لكيفية تطور البنية الحضرية في بلدية زليتن خلال الفترة (2000-2025)، ويبين الجدول (4)، والشكل (6) تصور للنتائج النهائية للإطار التحليلي المتكامل للتوسع الحضري في بلدية زليتن.

**جدول (4) النتائج النهائية للإطار التحليلي المتكامل للتوسع الحضري في بلدية زليتن.**

| المؤشر | النتيجة المعتمدة |
|---|---|
| Built-up Area 2000 | 24.83كم² |
| Built-up Area 2025 | 51.23كم² |
| Total Urban Expansion | 26.40كم² |
| Relative Increase | 106.3% |
| CAGR (2000–2025) | ≈2.94% |
| Centroid Shift | 0.889كم |
| Dominant Sector | East |
| Dominant Sector Share | 21.56% |
| Net Growth Vector | SSE |
| Net Bearing | ≈158.5° |
| Shannon Entropy | 0.685 → 0.737 |
| Fractal Dimension | 1.5436 |
| Sensitivity: Threshold 30% | 26.40كم² |
| Sensitivity: Threshold 50% | 3.14كم² |
| Dominant Direction at 50% | East |

**Source:** Author's analysis and calculations based on GEE and QGIS processing.

**شكل (6) تصور للإطار التحليلي المتكامل لديناميكيات التوسع الحضري في زليتن للفترة (2000–2025)**



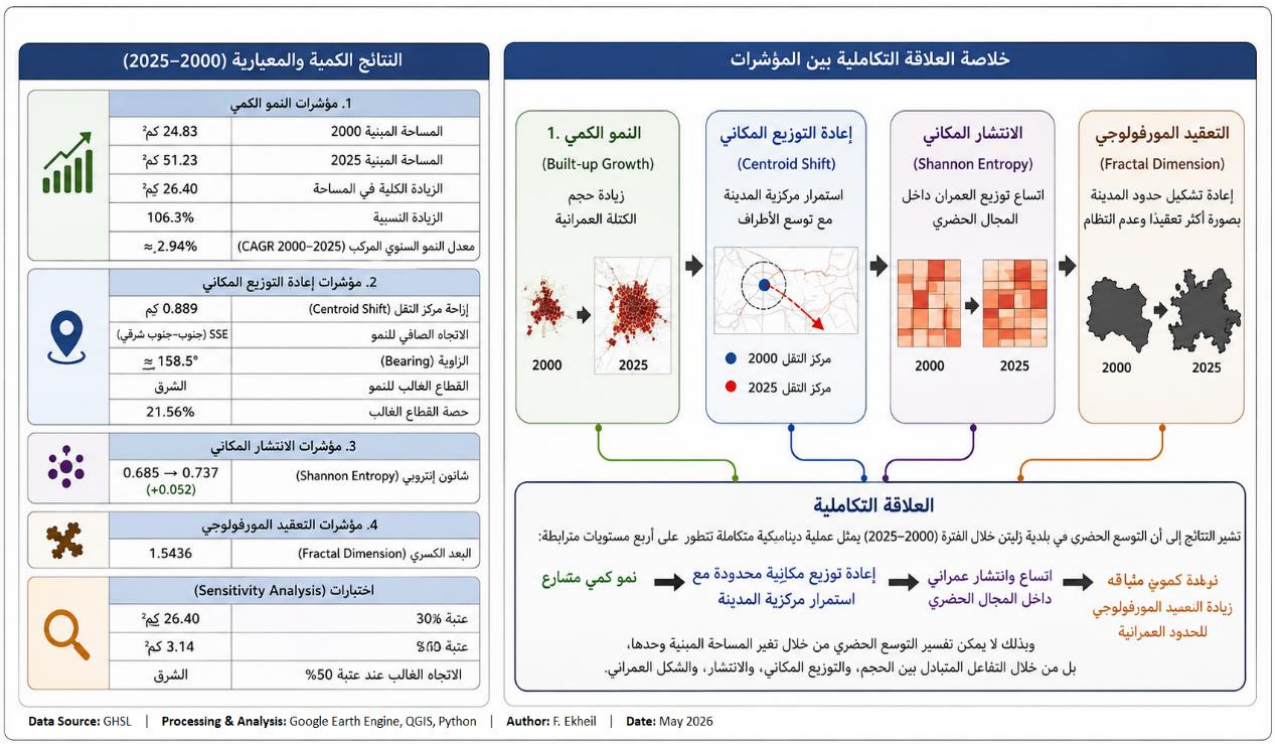

**Source:** Author's analysis and calculations based on GEE and QGIS processing.

يمكن القول من خلال الشكل (6) أن عملية النمو العمراني كمية في حجمها وتتخذ في توزيعها اتجاهات متعددة ومحدودة في إعادة توضع مركزها العمراني ومتزايدة في انتشارها المكاني مع تعقيد في المظهر المورفولوجي في النسيج العمراني. وتبدأ هذه العملية بالتحول الكمي المتمثل في زيادة المساحة العمرانية من (24.83) إلى (51.23) كم$^2$، إلا أنها لا تحدث بصورة متجانسة زمنيًا، إذ تتركز أكبر زيادة في الفترة (2015–2020)، وتبين القطاعات الاتجاهية أن النمو توزع على عدة اتجاهات، مع سيادة نسبية للشرق.

كما يتبين من تحليل مركز الثقل العمراني أن التوسع العمراني لم يؤدي إلى إعادة توضع كبيرة للنواة العمرانية، حيث بقيت الإزاحة عند (0.889 كم)، كذلك فإن ارتفاع Shannon Entropy يدل عن تحول تدريجي في الانتشار المكاني للعمران، بينما يعكس Fractal Dimension صورة للتعقيد المورفولوجي الناتج عن هذه العملية، ويمثل تسلسل المؤشرات اطارا تفسيريا مكانيا يربط بين المؤشرات المستخدمة ضمن نموذج تحليلي يمكن من خلاله تفسير أبعاد التوسع الحضري بشكل متكامل، من خلال فهم العلاقة المتبادلة بين حجم النمو، وتوزيعه المكاني، وخصائص الشكل المورفولوجي، وليس اعتمادًا على مؤشر تغير المساحة المبنية فقط، ومن ثم يمكن توضيح العلاقة بين المؤشرات على النحو التالي، وكما هو كما هو موضح بالشكل (7):

- النمو الكمي (Built-up Growth): زيادة حجم الكتلة العمرانية.
- إعادة التوزيع المكاني (Centroid Shift): استمرار مركزية المدينة مع توسع الأطراف.
- الانتشار المكاني (Shannon Entropy): اتساع توزيع العمران داخل المجال الحضري.
- تعقيد المظهر المورفولوجي (Fractal Dimension): إعادة تشكيل حدود منطقة الدراسة بصورة أكثر تعقيدًا وعدم انتظام.

**شكل (7) العلاقة التكاملية بين مؤشرات التوسع الحضري في بلدية زليتن (2000–2025)**




**Source:** Author's analysis and calculations based on GEE and QGIS processing.

وتشير الأدبيات المتعلقة بديناميكيات التوسع العمراني، إلى أن نمو المدن لا يقتصر على زيادة مساحة البصمة العمرانية، بل يشمل أيضًا إعادة تنظيم توزيعها المكاني وامتدادها نحو الأطراف، وبالتالي يؤدي إلى تغير تدريجي في الشكل المورفولوجي للنسيج العمراني، وهو ما يتفق مع نتائج هذه الدراسة، حيث أوضح K. C. Seto, Güneralp, and Hutyra (2012) أن التوسع الحضري يمثل عملية تحويل متواصلة للأراضي غير الحضرية إلى استخدامات عمرانية بفعل النمو السكاني والاقتصادي، في حين بيّن Angel

et al. (2011) أن العديد من المدن، ولا سيما في الدول النامية، تتجه إلى استيعاب النمو العمراني من خلال الامتداد الأفقي نحو الأطراف إلى جانب التغيرات التي تطرأ على النسيج العمراني القائم، وهو ما يبرهن نتائج بلدية زليتن، حيث تطور التوسع العمراني عبر مراحل متتابعة بدأت بالنمو الكمي للمساحة العمرانية، ثم إعادة توزيعها حول النواة القائمة، ثم يليها زيادة في الانتشار المكاني، وانتهت بتعقد المظهر المورفولوجي للنسيج الحضري خلال فترة الدراسة.

**5. المساهمة العلمية للدراسة:**

تقدم الدراسة إطارا جغرافيا متكاملا لتحليل التوسع العمراني من خلال دمج بياناتGHSL ، RS، وتحليل الاتجاه، ومركز الثقل العمراني، ومؤشرات الانتشار المكاني، والتعقيد المورفولوجي ضمن منصة GIS،GEE في نموذج تفسيري واحد، لتنطلق من السؤال كم توسعت المدينة؟، إلى مجموعة أسئلة مكانية؛ متى تسارع النمو؟ وأين حدث؟ وما الاتجاه الذي اتخذه؟ هل تم إعادة تموضع مركز الكتلة العمرانية؟ وهل أصبح النسيج أكثر انتشارًا وتعقيدًا؟ وبذلك تقدم إضافة إلى الأدبيات المحلية المتعلقة بالتوسع الحضري في ليبيا، من خلال تقديم قراءة جغرافية أكثر تكاملًا للاتجاه والمركز والمحصلة المتجهية.

والجدير بالذكر أن الدراسة الحالية تحدد نمط التوسع وموقعه واتجاهه في بلدية زليتن، وتظل نتائجها المكانية الحالية غير كافية لإثبات العوامل المسببة للتوسع العمراني، إلا أنها لا تختبر بصورة مباشرة تأثير النمو السكاني أو الأنشطة الاقتصادية أو شبكة الطرق أو أسعار الأراضي، ولذلك ينبغي التعامل مع هذه المتغيرات باعتبارها عوامل تفسيرية محتملة، وليس نتائج مثبتة في الدراسة الحالية، كذلك فإن استخدام GHSL يفرض ضرورة الانتباه إلى تأثير دقة البيانات وعتبة استخراج السطح المبني على المساحة المطلقة للتوسع، وهو ما جرى التعامل معه جزئيًا من خلال اختبار الحساسية.

**6. الاستنتاجات:**

أظهرت الدراسة أن التوسع الحضري في بلدية زليتن خلال الفترة (2000-2025) قد أخذ تحولًا مكانيًا له عدة أبعاد، حيث ارتفعت مساحة البصمة العمرانية من (24.83 كم$^2$) عام 2000 إلى (51.23 كم$^2$) عام 2025، بمقدار زيادة تقدر بنحو (26.40 كم$^2$)، مع تفاوت واضح في معدلات النمو عبر الفترات الزمنية؛ إذ شهدت الفترة (2015-2025) أكبر زيادة في المساحة العمرانية، بينما شهدت الفترة (2020-2025) تباطؤ واضح.

وأظهر تحليل اتجاه النمو الحضري أن النمو كان متعدد الاتجاهات، وقد سجل القطاع الشرقي منفردًا أعلى قيمة بنحو (21.56 %)، يأتي بعده اتجاه الغرب والجنوب الشرقي، وكشف تحليل النمو الصافي اتجاهًا عامًا نحو الجنوب، والجنوب الشرقي بمقدار زاوية ($158.5^0$)، مما يؤكد على أن القطاع المسيطر لا يمثل بالضرورة اتجاه المحصلة الكلية للنمو الحضري.

كذلك أظهر تحليل مركز الثقل العمراني أن الازاحة الكلية لم تتجاوز (0.889 كم)، مما يدل عل استقرار نسبي لمركز النواة العمرانية القائمة، رغم الزيادة في مساحة البصمة العمرانية، وفي مقابل ذلك ارتفعت قيمة Shannon Entropy (من 0.685 إلى 0.737)، وهو ما يشير إلى تحول تدريجي في الانتشار المكاني للتوسع الحضري، وفي نفس الوقت بلغت قيمة Fractal Dimension نحو (1.5436)، بما يعكس وجود درجة من التعقيد المورفولوجي في النسيج العمراني.

وقد أثبت اختبار قوة النتائج أن رفع عتبة استخراج السطح المبني من (30%) إلى (50 %) نتج عنه انخفاض في المساحة العمرانية من (من 26.40 إلى 3.14 كم$^2$)، وعلى الرغم من ذلك ظل الاتجاه المسيطر هو القطاع الشرقي، مما يؤكد قوة الاستنتاج الاتجاهي للنمو الحضري.

وتقدم هذه النتائج أساسًا مكانيًا لدراسة اختبار العوامل التي قد تكون أسهمت في توجيه النمو، خاصة شبكة الطرق، وتوزيع الأنشطة الاقتصادية، باستخدام نماذج تحليلية قادرة على تحليل الارتباط المكاني والعلاقة السببية.

كما أن نتائج الدراسة توفر مؤشرات مكانية يمكن أن تدعم التخطيط الحضري في المدن الساحلية المتوسطة عن طريق تحسين مراقبة الامتداد العمراني وتوجيه استخدامات الأرض نحو أنماط أكثر استدامة.

وتوصي الدراسة مستقبلًا بدمج المتغيرات الديموغرافية، والاقتصادية وشبكات النقل مع نماذج التحليل المكاني والتنبؤ الحضري لفهم القوى المحركة للنمو الحضري.

**المصادر والمراجع:**


- Al-sharif, A., Pradhan, B., Mansor, S., Shafri, H., & Shafri, M. (2015). URBAN EXPANSION ASSESSMENT BY USING REMOTELY SENSED DATA AND THE RELATIVE SHANNON ENTROPY MODEL IN GIS: A CASE STUDY OF TRIPOLI.

*Theoretical and Empirical Researches in Urban Management* .

- Angel, S., Parent, J., Civco, D. L., Blei, A., & Potere, D. (2011). The dimensions of global urban expansion: Estimates and projections for all countries, 2000–2050. *Progress in Planning, 75*(2), 53-107. doi: https://doi.org/10.1016/j.progress.2011.04.001
- Batty, M., & Longley, M. (1994). Fractal Cities - A Geometry of Form and Function. *Academic Press, London* .
- Corbane, C., Ehrlich, D., Florczyk, A., Freire, S., Kemper, T., Maffenini, L., . . . Zanchetta, L. (2019). *GHSL data package 2019 – Public release GHS P2019*: Publications Office.
- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment, 202*. doi: 10.1016/j.rse.201706.031.
- Jamwal, I., Singh, S., Sharma, L., & Singh, R. (2026). Geospatial quantification of urban dispersion and LULC dynamics: a sustainability perspective from Himalayan Foothill Town, Kathua, J&K, India. *GeoJournal, 91*. doi: 10.1007/s10708-026-11583-x
- Pesaresi, M., Melchiorri, M., Siragusa, A., & Kemper, T. (2016). *The Atlas of the Human Planet 2016. Mapping Human Presence on Earth with the Global Human Settlement Layer*.
- Seto, K., Fragkias, M., Güneralp, B., & Reilly, M. (2011). A Meta-Analysis of Global Urban Land Expansion. *PloS one, 6*, e23777. doi: 10.1371/journal.pone.0023777
- Seto, K. C., Güneralp, B., & Hutyra, L. R. (2012). Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 109*(40), 16083-16088. doi: doi:10.1073/pnas.1211658109
- Sharma, G. K., & Ghuge, V. V. (2025). Assessment of urban growth dynamics using landscape expansion index: A study of 514 metropolitan cities from 1975 to 2020. *Land Use Policy, 1* .107557 ،53doi: https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2025.107557
- Weng, Q. (2002). Land use change analysis in the Zhujiang Delta of China using satellite remote sensing, GIS and stochastic modelling. *Journal of Environmental Management, Volume 64*(Issue 3 .284-273 ،(doi: doi.org/10.1006/jema.2001.0509
- Yeh, A., & Li, X. (2001). Measurement and monitoring of urban sprawl in a rapidly growing region using entropy. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 67*, 83-90 .