تطبيق الذكاء الاصطناعي المكاني في استخراج بصمة المباني من الصور الجوية باستخدام التعلم العميق

د. عبد الله محمّد نور الربابعه
دكتوراة في الجغرافيا الطبيعية (GIS & RS)/ جامعة اليرموك – الاردن
dralrababah92@gmail.com

الملخص:

يعتمد هذا البحث على استخدام تطبيقات الذكاء الاصطناعي المكاني(Geospatial Artificial Intelligence (Geo AI في إجراء التحليلات لاكتشاف الظاهرات الجغرافية المتمثلة باستخراج بصمة المباني building footprint من الصور الجوية بالتعلم العميق Deep Learning للوصول إلى درجة عالية من التقدم في رسم الخرائط واستخراج الظاهرات الجغرافية بدرجة عالية من الدقة والسهولة، يهدف هذا البحث إلى تعزيز قدرات برمجيات نظم المعلومات الجغرافية لتسريع عمليات معالجة الكم الهائل من البيانات الجغرافية ومراقبة التطور الذي تمّ عليها في فترة زمنية محددة؛ حيث تمّ تطبيق أسلوب التعلم العميق لاستخراج بصمة المباني على منطقة النعيمة في محافظة إربد (كحالة دراسية) بأخذ صورة جوية للمنطقة في عام 2007، وصورة أخرى في عام 2024 باستخدام الذكاء الاصطناعي المكاني (Geo AI) وتطبيقات نظم المعلومات الجغرافية وتقنيات الاستشعار عن بعد GIS & RS. توصّلت الدراسة إلى أنّ هناك زيادة في عدد المباني في فترة الدراسة بالإضافة إلى فاعلية توظيف تطبيقات الذكاء الاصطناعي في تحليل واستخراج الظاهرات الجغرافية من الصور الجوية، وأوصت الدراسة بضرورة الاعتماد على آلية التعلم العميق في الدراسات الجغرافية والتي حققت نجاحًا هائلًا في عملية رسم الظاهرات الجغرافية التي تُعدّ تحديًا كبيرًا في التعلم الآلي التقليدي.

الكلمات المفتاحية: الاستشعار عن بُعد، بصمة المباني، التعلم العميق، الذكاء الاصطناعي المكاني، نظم المعلومات الجغرافية.

تاريخ الاستلام:
2026/02/28
تاريخ القبول:
2026/04/15
تاريخ النشر:
2026/07/01

OPEN ACCESS

حقوق النشر: © 2026 للمؤلف (للمؤلفين). والناشر مجلة ليبيا للدراسات الجغرافية. هذه المقالة منشورة بنظام الوصول المفتوح، ويتم توزيعها وفق شروط وأحكام ترخيص المشاع الإبداعي الدولي:

CC BY-NC-SA 04

Vol. 6, Issue.2, July 2026, pp555-568
ISSN : 2789-4843 (Online) 3080-0463 (print)
المجلد 6 العدد 2 ، يوليو 2026م

Journal of Libya for Geographical Studies
مجلة ليبيا للدراسات الجغرافية

Application of Geospatial Artificial Intelligence in Building Footprint Extraction from Aerial Imagery Using Deep Learning

Abdullah Mohammad Nour Al-Rababah
PhD in Physical Geography (GIS & Remote Sensing)
Yarmouk University - Jordan
dralrababah92@gmail.com

Abstract:

This study employs Geospatial Artificial Intelligence (GeoAI) applications to analyze and detect geographic features by extracting building footprints from aerial imagery using Deep Learning techniques. The approach aims to achieve a high level of accuracy and efficiency in mapping and geographic feature extraction. The study seeks to enhance the capabilities of Geographic Information Systems (GIS) software in processing large volumes of geospatial data and monitoring spatial changes that occur over specific time periods. To achieve these objectives, a deep learning-based building footprint extraction approach was applied to the Al-Nuaimah area in Irbid Governorate as a case study. Two sets of aerial images were analyzed: one acquired in 2007 and another in 2024. The study integrated Geospatial Artificial Intelligence (GeoAI), GIS applications, and Remote Sensing (RS) techniques to identify and quantify changes in the built environment over the study period. The findings revealed a noticeable increase in the number of buildings between 2007 and 2024, demonstrating significant urban growth within the study area. The results also confirmed the effectiveness of GeoAI applications in analyzing and extracting geographic features from aerial imagery with a high degree of accuracy and efficiency. The study recommends the wider adoption of deep learning approaches in geographical research, given their remarkable success in automated feature extraction and mapping tasks, which remain challenging for traditional machine learning methods.

Keywords: Remote Sensing, Building Footprint Extraction, Deep Learning, Geospatial Artificial Intelligence (GeoAI), Geographic Information Systems (GIS).

Received: 28/02/2026

Accepted: 15/04/2026

Published: 01/07/2026

OPEN ACCESS

Copyright © 2026 by the author(s). Published by the Journal of Libya for Geographical Studies. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution International License:

CC BY-NC-SA 04

أولًا: المقدمة:

تُعدّ نظم المعلومات الجغرافية (Geographic Information Systems– GIS) من أهم تطبيقات الحاسب الآلي الحديثة، إذ تسهم بصورة فاعلة في دعم الدراسات المعاصرة بالربط بين البيانات المكانية والبيانات الوصفية، بما يفضي إلى نتائج تعزز الفكر الجغرافي التطبيقي الحديث. (Aziz, 1998) وبناءً على ذلك تُعدّ نظم المعلومات الجغرافية إحدى الأدوات القيّمة في قياس التقدم ومتابعة تحقيق أهداف التنمية المستدامة بكفاءة وفاعلية أعلى.

وأسهم التطور المتسارع في تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بُعد، مثل (ArcGIS Pro) و(QGIS)، في ظهور أدوات وتقنيات متقدمة تساعد على توفير معلومات دقيقة تدعم عملية اتخاذ القرار وتُفعّل دور المشاركة المجتمعية في مجالات متعددة، كالمواقع الجغرافية، والبيئة الطبيعية، والمرافق العامة .(Rotuna et al., 2017) كما برزت الحاجة المتزايدة إلى مشاركة وعرض ومعالجة المعلومات الجغرافية بما يُعرف بـ«الخرائط الذكية» بسرعة وسهولة، بما يسهم في دعم اتخاذ القرار في العديد من المجالات ذات البعد المكاني.(Singh et al., 2012)

وفي الآونة الأخيرة حظي الذكاء الاصطناعي (Artificial Intelligence – AI) باهتمام متزايد في الأوساط الأكاديمية، ولا سيما في الحقل الجغرافي بتكامله مع نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بُعد، فيما يُعرف بالذكاء الاصطناعي المكاني. (Geospatial Artificial Intelligence – GeoAI) ويسهم هذا المجال في معالجة الظاهرات الجغرافية وتحليلها واستخراجها، فضلًا عن التنبؤ باتجاهاتها المستقبلية، كما أسهم في تطوير أدوات وأساليب التحليل وتحسين جودة المخرجات الجغرافية (عجرمة وشكري، 2022). ويُعدّ الذكاء الاصطناعي المكاني مجالًا علميًا ناشئًا يجمع بين الابتكارات في العلوم المكانية وتقنيات الذكاء الاصطناعي، ولا سيما التعلم الآلي وأدواته مثل التعلم العميق (Deep Learning)، إضافة إلى تقنيات استكشاف البيانات واستخراج المعلومات من البيانات المكانية الضخمة بدقة عالية وكفاءة متقدمة. (Vopham et al., 2018)

وعلى الرغم من التوظيف الواسع لتقنيات الذكاء الاصطناعي في تحليل الظاهرات الجغرافية، إلّا أنّ هناك محدودية في استخدام نماذج التعلّم العميق في استخراج بصمة المباني من الصور الجوية ضمن البيئات المكانية المحلية، مما يستدعي مزيدًا من الدراسة، خاصة في

ظل اختلاف أنماط التوسّع العمراني والتباين الكبير في الخصائص العمرانية. وانطلاقًا من ذلك، جاءت هذه الدراسة لتطبيق أنموذج Mask R-CNN في استخراج بصمة المباني في منطقة النعيمة حالة دراسية، بهدف تقييم فاعلية هذا الأسلوب في تمثيل المباني ورصد التغيرات العمرانية في فترة زمنية محددة.

ثانيًا: مشكلة الدراسة:

أدى التطور الكبير في حجم البيانات المستخدمة في الدراسات الجغرافية إلى تزايد الحاجة إلى تبنّي أساليب وطرق مبتكرة لتحليل هذه البيانات والتنبؤ بمتغيراتها، خاصة في ظل وجود عدد كبير من المتغيرات البحثية ذات العلاقات المتداخلة، والتي تتطلب جهدًا تحليليًا مكثفًا. وانطلاقًا من ذلك جاءت هذه الدراسة للبحث عن أساليب حديثة لمعالجة البيانات الجغرافية وتحليلها، ومحاولة الإجابة عن التساؤلات الآتية:

1. ما مدى إمكانية استخراج بصمة المباني (Building Footprint) باستخدام أسلوب التعلم العميق؟
2. ما حجم الزيادة في عدد المباني في منطقة النعيمة في الفترة (2007–2024)؟
3. ما مستوى الدقة في رسم المباني باستخدام تقنيات التعلم العميق (Deep Learning) ؟

ثالثًا: أهمية الدراسة:

تنبع من تناولها للظاهرة الجغرافية المتمثّلة في المباني بالتكامل بين نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بُعد وتطبيقات الذكاء الاصطناعي المكاني (GeoAI) باستخدام أسلوب التعلم العميق. ويسهم هذا التكامل في تمكين الباحثين من توظيف أساليب بحثية مبتكرة لدراسة وتحليل الظاهرات الجغرافية بدقة وكفاءة عالية، مع توفير الجهد والوقت.

رابعًا: أهداف الدراسة: تهدف هذه الدراسة إلى:

1. تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي المكاني (GeoAI) في الدراسات الجغرافية.
2. استخراج بصمة المباني (Building Footprint) في منطقة الدراسة باستخدام أسلوب التعلم العميق.(Deep Learning)
3. تحليل مقدار الزيادة في عدد المباني في فترة الدراسة.

خامسًا: الدراسات السابقة:

– **تناولت دراسة (Assefa et al.2021)** استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد للكشف

عن التغيّر في الغطاء النباتي وإدارة الأراضي المستدامة بالاعتماد على مؤشر الغطاء النباتي المعياري (NDVI) خلال الفترة (2010–2019)، حيث جرى تحليل أثر الهطول المطري في التغيرات الحاصلة في الغطاء النباتي. وأظهرت نتائج الدراسة حدوث تغيّر مفاجئ في الغطاء النباتي عام 2015 نتيجة التباين في كميات الهطول المطري، كما بيّنت قابلية توظيف نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في بناء قواعد بيانات تُبرز تأثير مستجمعات المياه في الغطاء النباتي.

وفي السياق ذاته **درست (العاجزة، 2018)** أثر التوسّع العمراني على متوسطات درجة حرارة سطح الأرض في شمال مدينة الرياض باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد للأعوام (1985، 2000، 2016)، بالاعتماد على مرئيات الأقمار الصناعية Landsat 4 و5 و8. وتوصّلت الدراسة إلى وجود توسّع عمراني ملحوظ في منطقة الدراسة، أسهم في ارتفاع درجة حرارة سطح الأرض، وأوصت بضرورة الاهتمام بمثل هذه الدراسات، ولا سيما في ما يتعلق بمراقبة الجزر الحرارية الحضرية وتطورها.

وهدفت **دراسة (الخشمان والسقرات، 2022)** إلى تحليل التغير في استعمالات الأراضي والنمو العمراني في لواء البتراء باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بُعد بأسلوب التصنيف الرقمي المراقب للمرئيات الفضائية. وأظهرت النتائج زيادة ملحوظة في المساحات الحضرية بنسبة بلغت نحو 170% خلال الفترة. (1980–2015)

كما استخدمت **دراسة (خرخاش وعميرش، 2020)** نظم المعلومات الجغرافية لتحليل التوسّع العمراني في مدينة المسيلة بالجزائر باستخراج طبقة المباني من الصور الجوية والمرئيات الفضائية باستخدام الرسم الآلي للطبقات، بهدف تحديد محاور التوسع العمراني. وتوصّلت الدراسة إلى أنّ النمو العمراني اتخذ في معظمه نمط التوسّع الأفقي، مع غلبة الاستخدام السكني على حساب الأراضي الزراعية والبساتين، إضافة إلى محدودية المرافق الترفيهية والمساحات الخضراء.

واعتمدت **دراسة (القدومي وحلاحلة، 2018)** على نظم المعلومات الجغرافية في التحليل المكاني لاستخدامات الأراضي في مدينة دورا، حيث أظهرت النتائج أنّ الاستخدام العمراني يستحوذ على النسبة الأكبر من إجمالي استخدامات الأرض، وأوصت الدراسة بضرورة الالتزام بالتخطيط التنظيمي لتحقيق العدالة المكانية في توزيع الاستعمالات.

من جهة أخرى هدفت **دراسة (Wang et al., 2019)** إلى تحليل توزيع مزارع الشاي في منطقة محددة باستخدام مرئيات Landsat وبرنامج (SAS.Planet) لتحليل الصور الجوية، وأظهرت النتائج فاعلية البرنامج في تحليل المرئيات الفضائية وتحديد المواقع بدقة عالية. وانطلاقًا من هذه الدراسات جاءت هذه الدراسة لتوظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي المكاني (GeoAI) لاستخراج بصمة المباني (Building Footprint) باستخدام أسلوب التعلم العميق(Deep Learning) ، وتتبع الزيادة العمرانية خلال الفترة (2007–2024) في منطقة الدراسة، وقياس مدى دقة هذا الأسلوب في رسم وتمثيل الظاهرات الجغرافية.

سادسًا: منهجية الدراسة:

اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي؛ وذلك لوصف وتحليل الخصائص الطبيعية لمنطقة الدراسة، من حيث الارتفاع والانحدار والاتجاه، بالاعتماد على أنموذج الارتفاع الرقمي (Digital Elevation Model – DEM) بدقة (30 م)، والمستخرج من بيانات هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية (United States Geological Survey – USGS).

كما تمّ الاعتماد على موقع (Google Earth) للحصول على الصورة الجوية لعام 2007، حيث جرى تحويل حدود منطقة الدراسة بصيغة (Shapefile) في برنامج (ArcGIS Pro)إلى صيغة (Keyhole Markup Language – KMZ) للعمل عليها ضمن بيئة برنامج (Google Earth Pro)، ومن ثَمّ استخراج الصورة الجوية الخاصة بمنطقة الدراسة. إضافة إلى ذلك جرى استخدام موقع (SAS.Planet) لتحميل الصورة الجوية لعام 2024، والذي يوفّر صورًا عالية الدقة تتراوح، بحسب الموقع، بين (0.5 م – 1.7 م). (Wang et al., 2019) .

واعتمدت الدراسة على برنامجي ArcGIS Pro وQGIS في تطبيق أسلوب التعلم العميق (Deep Learning) باستخدام أنموذج Mask R-CNN لاستخراج بصمة المباني (Building Footprint) من الصور الجوية، وذلك بتنفيذ الخطوات الآتية:

1. إعداد البيانات: (Data Preparation) تجهيز البيانات برسم عينات تدريبية (Annotated Samples) تمثّل أشكال المباني بدقة، لاستخدامها في تدريب الأنموذج، مع مراعاة تنوع الأنماط العمرانية داخل منطقة الدراسة.

2. تدريب الأنموذج: (Model Training) تمّ تدريب أنموذج Mask R-CNN على البيانات المعلّمة بهدف تمكينه من التعرّف على أنماط المباني واستخراج حدودها بدقة، حيث يعتمد الأنموذج على تقنيات تقسيم الكائنات (Instance Segmentation) التي تتيح تمييز كل مبنى على حدة.

3. التنبؤ أو الاستدلال: (Inferencing) تطبيق الأنموذج المدرّب على بقية الصور الجوية في منطقة الدراسة لاستخراج بصمات المباني بشكل آلي اعتمادًا على الأنماط التي تعلمها أثناء مرحلة التدريب.

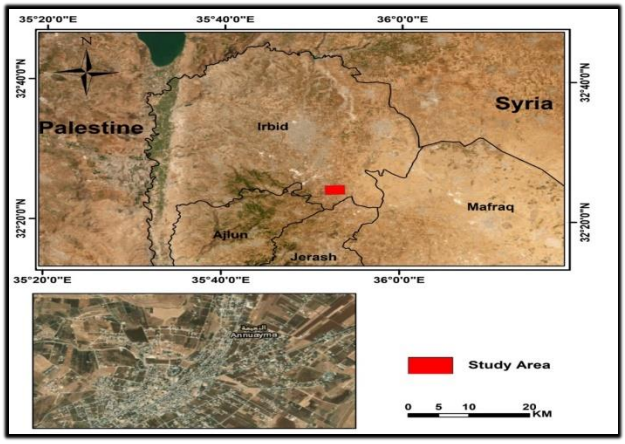
4. المعالجة اللاحقة: (Post-processing) تحسين جودة النتائج بإزالة الأشكال غير الدقيقة، وتنقية الحدود، ومطابقة الطبقات الناتجة مع الشكل الحقيقي للمباني على أرض الواقع.

وفي المرحلة الأخيرة جرى الإخراج الكارتوغرافي للنتائج النهائية وتمثيلها في صورة خرائط، بما يحقق أهداف الدراسة ويخدم أغراض التحليل المكاني.

سابعًا: الخصائص الطبيعية لمنطقة الدراسة:

1. الموقع: تقع منطقة الدراسة جنوب محافظة إربد في المملكة الأردنية الهاشمية، وتبعد نحو 24 كم عن مركز مدينة إربد، وتبلغ مساحتها حوالي 13.5 كم^2. وتتسم المنطقة بطابع قروي، كما تتوافر فيها ظروف طبيعية ملائمة للحياة البشرية من حيث المناخ والتربة، كما هو موضح في الشكل (1).

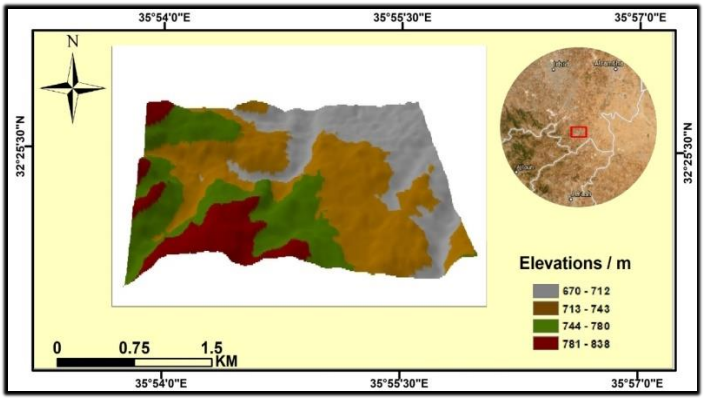
الشكل (1): موقع منطقة الدراسة.



المصدر: عمل الباحث باستخدام برنامجي ArcGIS Pro وQGIS.

2. الارتفاع: تقع منطقة الدراسة ضمن شريط المرتفعات الجبلية في الأردن، حيث تتراوح مناسيب الارتفاع فيها بين 838–670 مترًا فوق مستوى سطح البحر. ويترتب على ذلك تمتع المنطقة بمناخ دافئ صيفًا وبارد شتاءً، كما هو موضح في الشكل (2).

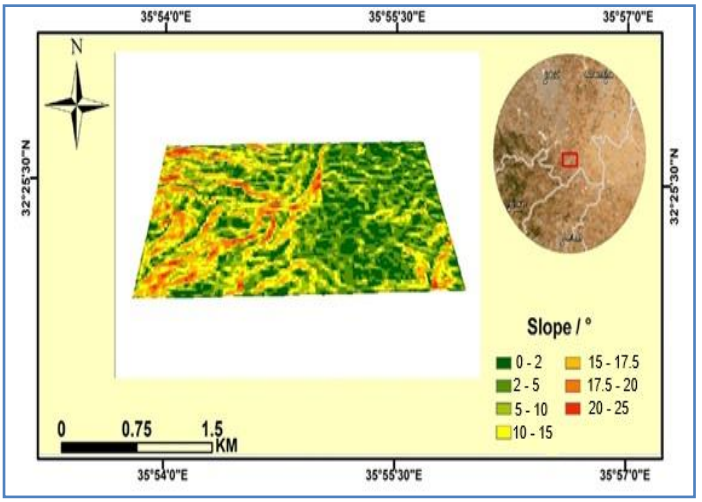
الشكل (2): نطاق الارتفاع في منطقة الدراسة.



المصدر: عمل الباحث باستخدام برنامجي ArcGIS Pro وQGIS.

3. الانحدار: تتراوح درجات الانحدار في منطقة الدراسة بين 23.8°–0، حيث تضم المنطقة مساحات مستوية ومتوسطة الانحدار، مع ندرة المناطق شديدة الانحدار. ويُوضّح الشكل (3) توزيع الانحدار في المنطقة.

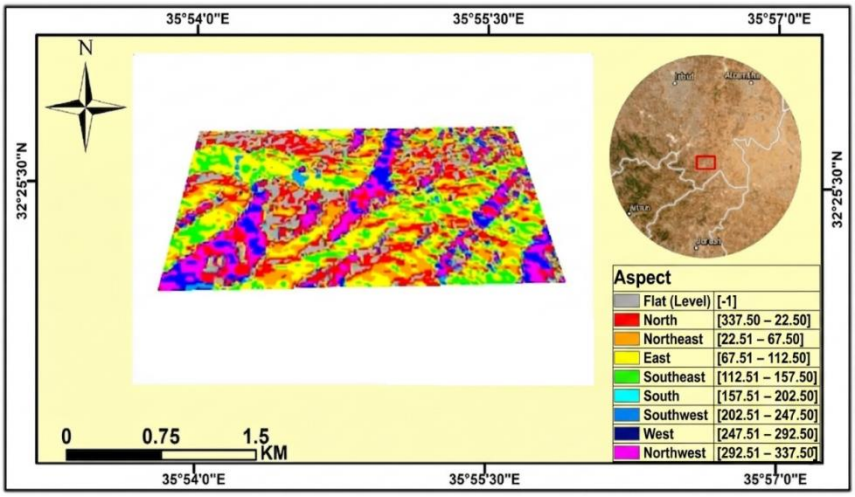
الشكل (3): درجات الانحدار في منطقة الدراسة.



المصدر: عمل الباحث باستخدام برنامجي ArcGIS Pro وQGIS.

4. اتجاه السفوح: تنوعت اتجاهات السفوح في منطقة الدراسة بين الشمالية والشرقية والجنوبية والغربية، كما يُوضّح الشكل (4).

الشكل (4): اتجاه السفوح في منطقة الدراسة.



المصدر: عمل الباحث باستخدام برنامجي ArcGIS Pro وQGIS.

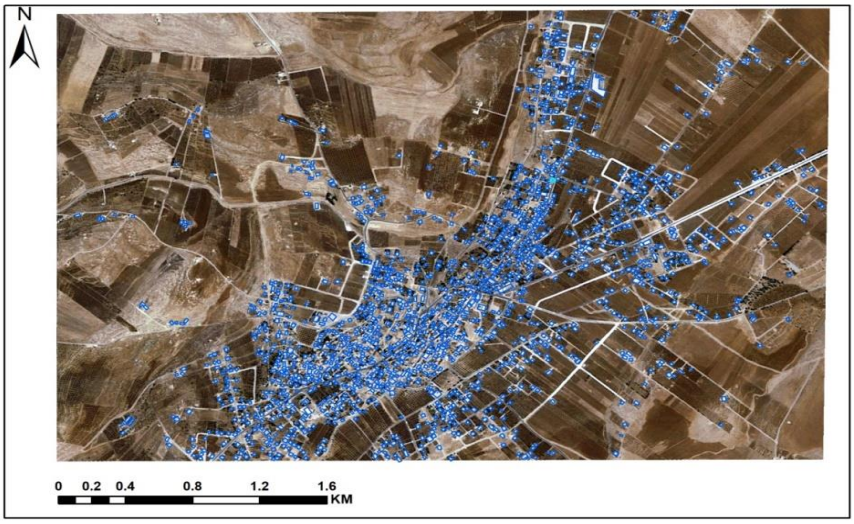
ثامنًا: النتائج والمناقشة:

بعد تطبيق أنموذج التعلم العميق Mask R-CNN على الصور الجوية المستخدمة في الدراسة لاستخراج بصمة المباني (Building Footprint) في منطقة الدراسة، تبيّن أنّ عدد العينات المستخرجة للمباني السكنية في الفترة الأولى (2007) بلغ 1219 مبنى.

ويُعدّ هذا الأنموذج من النماذج المتقدمة في مجال تقسيم الكائنات (Instance Segmentation)، حيث يتيح الكشف عن الأجسام وتحديد حدودها بدقة على مستوى كل كائن على حدة، مما يجعله مناسبًا لاستخراج معالم المباني من الصور الجوية.

وتوزعت هذه العينات بشكل غير منتظم، حيث اتبعت نمط التركز السكاني في وسط المنطقة مع انتشار مبعثر على الأطراف، وهو النمط السائد في معظم مناطق المملكة الأردنية الهاشمية، كما يُوضّح الشكل (5).

الشكل (5): بصمة المباني (building footprint) في منطقة الدراسة لعام 2007.

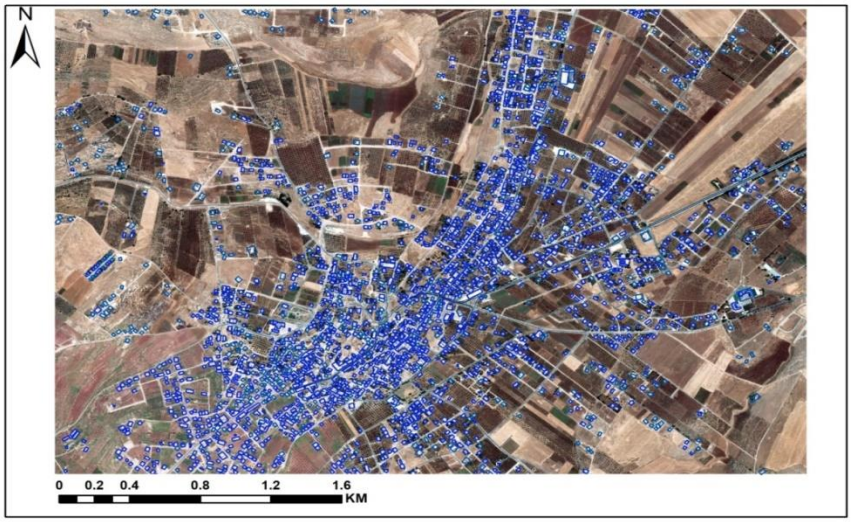


المصدر: عمل الباحث باستخدام برنامج ArcGIS Pro.

أمّا في الفترة الثانية من الدراسة (2024) فتبيّن من الصور الجوية زيادة عدد المباني مقارنة بالفترة الأولى، حيث بلغ عدد العينات المستخرجة باستخدام التعلم العميق (Deep Learning) 2050عينة للمباني السكنية. ولوحظ ازدياد التركز السكاني في وسط المنطقة، بالإضافة إلى زيادة عدد المباني المنتشرة في مختلف أنحاء الدراسة. كما تشير الصور الجوية إلى أنّ بعض المباني تمّ استحداثها على حساب الأراضي الزراعية، مما يعكس غياب التخطيط المتكامل بين عمليات البناء وإدارة الأراضي الزراعية.

وتشير نتائج تطبيق أسلوب التعلم العميق في هذه الدراسة إلى فعاليته في استخراج الظاهرات الجغرافية بدقة ووضوح من الصور الجوية. إلّا أنّ الدراسة لم تتضمن مقارنة كمية مباشرة مع طرق التصنيف التقليدية مثل التصنيف المراقب وغير المراقب باستخدام مؤشرات تقييم معيارية، مما يستدعي إجراء مثل هذه المقارنات في دراسات لاحقة.

الشكل (6): بصمة المباني (building footprint) في منطقة الدراسة لعام 2024.



المصدر: عمل الباحث باستخدام برنامج ArcGIS Pro.

ولغرض الوقوف على أداء أنموذج التعلم العميق Mask R-CNN في استخراج بصمة المباني من الصور الجوية تمّ الاعتماد على عينات مختارة من كامل منطقة الدراسة لتقييم النتائج بصريًا.

وأظهرت المخرجات قدرة جيدة على تمثيل المباني بشكل واضح ودقيق، مع إمكانية استخراج حدود المبنى بشكل كامل اعتمادًا على خصائصه الشكلية.

ويتميز أسلوب التعلم العميق (Deep Learning) بقدرته على استخراج بصمة المباني بدقة على مستوى الكائن (Object Level) ، حيث يركز على تمثيل المباني كعناصر مستقلة دون احتساب الفراغات بين المباني أو الأسطح الإسمنتية غير المصنفة ككائنات بنائية. ويسهم ذلك في تحسين تمثيل الشكل الهندسي للمباني وتقدير نطاق انتشارها المكاني في منطقة الدراسة بشكل أكثر تفصيلًا مقارنة بالأساليب التقليدية للتصنيف مثل التصنيف المراقب (Supervised Classification) والتصنيف غير المراقب (Unsupervised Classification)، والتي تعتمد بشكل أساسي على التصنيف الطيفي للبيكسلات في المرئيات الفضائية.، كما يتضح في الأشكال (7 و8).

الأشكال (7 و8): دقة بصمة المباني (building footprint) في منطقة الدراسة.

المصدر: عمل الباحث باستخدام برنامجي ArcGIS Pro وQGIS.

تاسعًا: الخاتمة:

شهد الحقل الجغرافي تطورًا كبيرًا بعد استخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بُعد في تحليل ودراسة البيانات والظاهرات الجغرافية، لا سيما المتعلقة بالموارد الاقتصادية والعمرانية والطبيعية، مما ساهم في حل العديد من المشاكل الجغرافية وتحسين اتخاذ القرار في عمليات التخطيط وإدارة البيئة والمجتمع.

ومع تزايد الاهتمام بالذكاء الاصطناعي (AI) في المجال الأكاديمي سارع الباحثون الجغرافيون إلى توظيفه في الحقل الجغرافي بالتكامل بين الجغرافيا والذكاء الاصطناعي، مما ساهم في ظهور حقل الذكاء الاصطناعي المكاني (Geo AI)، الذي يجمع بين الابتكارات في العلوم المكانية وأساليب التعلم الآلي (Machine Learning) باستخدام التعلم العميق (Deep Learning) لاستخراج الظاهرات الجغرافية.

وتسلط هذه الدراسة الضوء على إمكانية تطبيق الذكاء الاصطناعي المكاني في المجال الجغرافي، مع التركيز على التعلم العميق لاستخراج الظاهرات الجغرافية المتمثّلة في بصمة المباني (building footprint)وأظهرت النتائج أنّ التوزيع المكاني للمباني في منطقة الدراسة اتبع نمط تركز المباني في وسط المنطقة وانتشار مبعثر في الأطراف، مع زيادة عدد المباني في عام 2024 مقارنة بالفترة الأولى عام 2007.

عاشرًا: النتائج:

1. بيّنت الدراسة فاعلية تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي المكاني (GeoAI) في استخراج بصمة المباني من الصور الجوية باستخدام أنموذج Mask R-CNN، بتمثيل المباني

ككائنات مستقلة واستخراج حدودها الهندسية ضمن منطقة الدراسة.

2. أظهرت النتائج تغيرًا واضحًا في النمط العمراني داخل منطقة الدراسة، حيث ارتفع عدد المباني من 1219 مبنى في عام 2007 إلى 2050 مبنى في عام 2024، بما يعكس توسّعًا عمرانيًا ملحوظًا أثناء فترة الدراسة.

3. أظهرت المقارنة النوعية أنّ مخرجات أنموذج التعلم العميق توفر تمثيلًا أكثر وضوحًا لبصمة المباني مقارنة بطرق التصنيف التقليدية، مع تقليل التداخل بين الفئات، وذلك بالاعتماد على التقييم البصري دون إجراء تحليل كمي مباشر.

الحادي عشر: التوصيات:

1. توسيع استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي المكاني (GeoAI) في تحليل التغيرات العمرانية باستخدام الصور الجوية عالية الدقة، لما لها من دور في تحسين دقة استخراج الظاهرات الجغرافية ودعم صناع القرار في التخطيط المكاني.

2. توظيف نماذج التعلم العميق، مثل Mask R-CNN، في استخراج بصمة المباني وتمثيلها على مستوى الكائن، لما توفره من دقة في تحديد الحدود الهندسية وتقليل التداخل بين الفئات.

3. إجراء دراسات مستقبلية تعتمد على مقارنة كمية بين نماذج التعلم العميق وطرق التصنيف التقليدية باستخدام مؤشرات تقييم معيارية بما يسهم في تعزيز دقة التقييم العلمي والحد من الزحف العمراني على حساب الأراضي الزراعية بتوفير نتائج أكثر موثوقية.

المصادر والمراجع:

- خرخاش، ع، و عميرش، ح (2020). **أهمية نظم المعلومات الجغرافية في دراسة التوسع العمراني: دراسة حالة مدينة المسيلة بالجزائر** .مجلة العلوم الإنسانية، جامعة منتوري قسنطينة، 31.(3)

- الخشمان، ي، و السقرات، ع (2022). **التطور في استعمالات الأراضي والنمو العمراني في لواء البتراء من عام 1980–2015 باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد** .مجلة دراسات: العلوم الإنسانية والاجتماعية، 49.(3)

- العاجزة، ش (2018). **أثر التوسع العمراني على متوسطات درجة الحرارة في شمال مدينة الرياض باستخدام تقنيات الاستشعار عن بُعد.** مجلة العلوم الإنسانية والاجتماعية، 2.(9)

- عجرمة، أ، و شكري، ن (2022).**أساليب الذكاء الاصطناعي الجغرافي في نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بُعد بين النظرية والتطبيق.** المجلة العربية الدولية لتكنولوجيا المعلومات والبيانات، 2(2).

- القدومي، ح، و حلاحلة، خ (2018). **التحليل المكاني لاستخدامات الأرض في مدينة دورا باستخدام نظم المعلومات الجغرافية** .مجلة جامعة النجاح للأبحاث (العلوم الإنسانية)، 32.(5)

- Assefa, A., Haile, A., Dhanya, C., Walker, D., Gowing, J., & Parkin, G. (2021). Impact of sustainable land management on vegetation cover using remote sensing in Magera micro-watershed, Omo Gibe Basin, Ethiopia. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 103, 102495.
- Wang, C., Huang, P., & Chen, Y. (2019). Mapping the distribution of tea plantations using Landsat images and SAS.Planet software. *Geocarto International*, 34(9), 1006–1016.
- Vopham, T., Hart, J. E., Laden, F., & Chiang, Y. Y. (2018). Emerging trends in geospatial artificial intelligence (geoAI): Potential applications for environmental epidemiology. *Environmental Health: A Global Access Science Source*, 17(1).
- Singh, P. S., Chutia, D., & Sudhakar, S. (2012). Development of a web-based GIS application for spatial natural resources information system using effective open source software and standards. *Journal of Geographic Information System*, 4(3), 261–266.
- Rotună, C. I., Cîrnu, C. E., & Gheorghiță, A. (2017). Implementing smart city solutions: Smart city map and city drop. *Calitatea Vieții*, 28(3), 313–327.
- Aziz, M. A. (1998). *Geographical information systems: Basics and applications for geographers*. Knowledge Facility.