الكشف و الإستخلاص التلقائي لبصمَة المباني في المرئيات الفضائية بإستخدام تقنيات التعلم العميق بتطبيق Arc GIS pro – دراسة لـــحي التُراثْ في مدينة الديوانية

أ.م. د. أحمد الغريري

أ.د. رافد العامري

جامعة القادسية – كلية الآداب–قسم لجغرافية

rafid.abd@qu.edu.iq

https://orcid.org/0000-0002-3746-2570

Extraction and Automatic Identification of Building Footprints in Satellite Imagery Using Deep Learning Techniques with ArcGIS Pro Application - A Study of Al-Turath District in Al-Diwaniyah City

Ass. Prof. Ahmad S. Yasien Al-Gurairy
Prof.Dr. Rafid M. Abd Hassoun Al-Amery
University of Al-Qadisiyah - College of Arts - Department of Geography

المستخلص

ان التطور التقني الكبير الذي شَهِدَتهُ عملية التغطية الواسعة للمرئيات الفضائية، فضلاً عن تطور تطبيقات معالجة بياناتها، قد أتاحت للإنسانية آفاقاً جديدة للبحث في مختلف التخصصات ومنها التخطيط الحضري، بل وحتى إعادة الإعمار من خلال إستخراج بصمات الابنية للمناطق الحضرية بصورة تلقائية. كذلك، فإنَّ لتكامل البيانات المختلفة الناتجة عن توافر مصادر بيانات الإستشعار عن بعد، يمكن ان يجعل تحسين جودة ودقة مخططات الاحياء السكنية ممكناً، لاسيما مع إستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي التي اصبحت متاحة على نطاقٍ اوسع من ذي قبل.

ولا يخفى على احد ،ان رسم الخرائط الحضرية للمدن باستخدام الوسائل التقليدية ومنها التخطيط المجسم ليس فعالاً، نظراً لأنه يستغرق الكثير من الوقت والجهد. وبالتالي، فقد جاءت هذه الدراسة لإيجاد وإيضاح طريقة فعالة في استخراج بصمة المباني باستخدام برنامج Arc GIS pro لتسريع عمليات رسم خرائط المدن العُراقية. فقد شملت هذه الطريقة على أربع خطوات هي: تجهيز البيانات، تحويل البيانات التي تم تجميعها، إستخدام الموديل و تحسين جودة الموديل المُستخَرَج.

تمثل تطبيقات الذكاء الاصطناعي الحديثة في مجال التخطيط الحضري وغيرها مجالاً علمياً واسعاً، لاسيما وانه لايزال في بداياته. وبالرغم مما توفره هذه التطبيقات من إمكانيات علمية – اكاديمية مهمة في يومنا هذا، لاسيما اذا اضفنا لها موضوع متابعة التغيرات الحضرية لفترات زمنية مختلفة. إلا إنها قد تواجه بعض المشاكل التقنية التي يمكن تجاوزها وتلافيها بطرائق علمية شتى، ابرزها ما يتعلق بإمكانية الحصول على مرئيات فضائية عالية الدقة (10 * 10 سم)، نظراً لان تطبيقات الذكاءالاصطناعي لا تعمل بصورة كاملة وصحيحة إلا مع توافر هكذا بيانات، الامر الذي يتطلب إستخدام استراتيجيات مختلفة لتحقيق هذه الاهداف العلمية.

الكلمات المفتاحية : الذكاء الاصطناعي، إستخراج بصمة المباني، التعلم العميق، الخرائط الحضرية، مدينة الديوانية، Arc GIS pro.

Abstract

The technological advancements witnessed in the comprehensive coverage of satellite imagery, coupled with the evolution of its data applications, can be celebrated as opening up new horizons in various fields, particularly in the geographic distribution for urban planning and even reconstruction through the automated production of building footprints in urban areas. The integration of various data arises from the availability of remote sensing data sources, enabling the enhancement of the quality and accuracy of residential neighborhood plans, especially with the use of artificial intelligence technologies that are now more widespread than ever before.

Moreover, mere reliance on random and inefficient urban planning, followed by ineffective modeling, is insufficient as it consumes significant time and effort. Consequently, this study has succeeded in elucidating an effective method for extracting building footprints using the ArcGIS Pro software to expedite the mapping processes of Iraqi urban cities. Thus, this is the straightforward four-step method: data preparation, transformation of the collected data, model utilization, and enhancement of the extracted model's quality.

Applications of artificial intelligence in urban planning and other broad-ranging fields are still in their infancy, especially given the lack of significant scientific-academic advancements in this area today, particularly when considering monitoring various scientific developments. However, they may encounter some technical challenges that can be overcome and mitigated through diverse scientific approaches, highlighting the potential for obtaining high-resolution imagery (10*10 cm), due to artificial intelligence applications, do not work fully and correctly except with the availability of such data, which requires Various uses of these scientific objectives.

Keywords: Artificial Intelligence, Building Footprint Extraction, Deep Learning, Urban Maps, Diwaniyah City, ArcGIS Pro.

المقدمة:

شهد العالم قفزات علمية كبيرة في مجال الإستشعار عن بعد وتطبيقاته المختلفة التي اصبحت في متناول يد الباحثين وغيرهم، فضلاً عما رافق ذلك من تطور واتساع كبير في كميات البيانات المتاحة بصورة مطردة. لذلك تطورت الحاجة العلمية – الاكاديمية من كيفية الحصول على البيانات الرقمية البسيطة إلى مرحلة كيفية معالجة القدر الهائل من هذه البيانات حالياً، لذلك تم العمل على محاولة ربط التطبيقات الجيومكانية والحوسبة الجغرافية **بالذكاء الإصطناعي المكاني (GeoAI)**، في محاولة لتحليل الكم الهائل من البيانات المختلفة من جهة، والحصول على افضل النتائج العلمية خلال مدة زمنية قصيرة من جهة ثانية. الامر الذي ادى إلى نقل علوم المعلومات الجغرافية ومراقبة الارض ومواردها الطبيعية إلى مرحلة وعصرٍ جديد مرتبط بالذكاء الاصطناعي.

ولا يخفى إن الحوسبة الجغرافية تتمتع بميزة استخدام الأساليب والأدوات الحسابية المختلفة لاستكشاف وتحليل البيانات الجغرافية المكانية وتوليد معارف ونتاجات علمية جديدة في عصرنا هذا. كما إنها تعمل مع **GeoAI** في إحداثِ تحسينٍ كبير للنهج المتبع في معالجة التحديات الجغرافية المكانية المعقدة، لاسيما تلك المتعلقة منها بالأرض والتصنيف المكاني(Longley et al., 1998; Benediktsson, Pesaresi & Amason, 2003; Fischer, 2006; Li et al., 2016; Song et al., 2023 أحمد عيادة، 2019; يارا الويش، صفية عيد & ناصر إبراهيم، 2023; رقية احمد محمد امين & حسين صدى عباس، 2023; ناجي الزناتي & محمد المقرحي، 2023). في الوقت نفسه، توفر **تطبيقات الذكاء الإصطناعي المكانية GeoAI** خوارزميات تعليمية قوية كالتعلم الآلي والتعلم العميق ونقل التعلم لتطوير حلول فعَّالة ومبتكرة لقضايا الجغرافيا المكانية المختلفة (VoPham et al.,2018; Janowicz et al., 2020). لذلك، فإن عملية إستحداث وتطوير الادوات الحسابية المتقدمة التي تشمل (تحليل البيانات الضخمة، الحوسبة الجغرافية للعلوم الإجتماعية،

الحوسبة السحابية كما في إستخدام **تطبيق** Google Earth Engine، وغير ذلك) ودمجها بالتحليل الجغرافي المكاني ومراقبة الأرض، قد أدى إلى إحداث تطورات أساسية واسعة في البيانات الجغرافية المكانية الضخمة وطرائق تحليلها والإفادة منها لتحقيق افضل واسرع النتائج التي تهدف إلى معالجة المشكلات المختلفة والتي تصب بدورها في مصلحة المجتمع الإنساني عامة (Yao et al., 2019; Qin et al., 2022; Song et al., 2023). وبالتالي تحقيق إمكانية الحصول على الخرائط الرقمية المختلفة بصورة سريعة وتحديثها آنياً بفضل هذه التطبيقات، وهو من الموضوعات المهمة جداً لاسيما إن رسم الخرائط يعد عنصراً أساسياً في نظم المعلومات الجغرافية ومراقبة الأرض، الامر الذي يساعد في فهم البيئات الطبيعية عموماً والحضرية منها بشكلٍ خاص.

لذا فقد ركزت دراستنا هذه على إستخدام التطبيقات الجغرافية المكانية المدمج معها تقنيات الذكاء الإصطناعي، لاجل توظيفها في عمليات التخطيط الحضري وتحقيق اقصى فائدة من المعلومات الرقمية الهائلة مختلفة الانواع والاشكال في هذا المجال، وإنجاز ذلك بوقتٍ قياسي وبمجهود ابسط مما عليه سابقاً. اذ تسعى دراستنا هذه لتحقيق الإجابة عن عدة تساؤلاتٍ مهمة متعلقة بهذا الموضوع، متمثلةً بـــ :

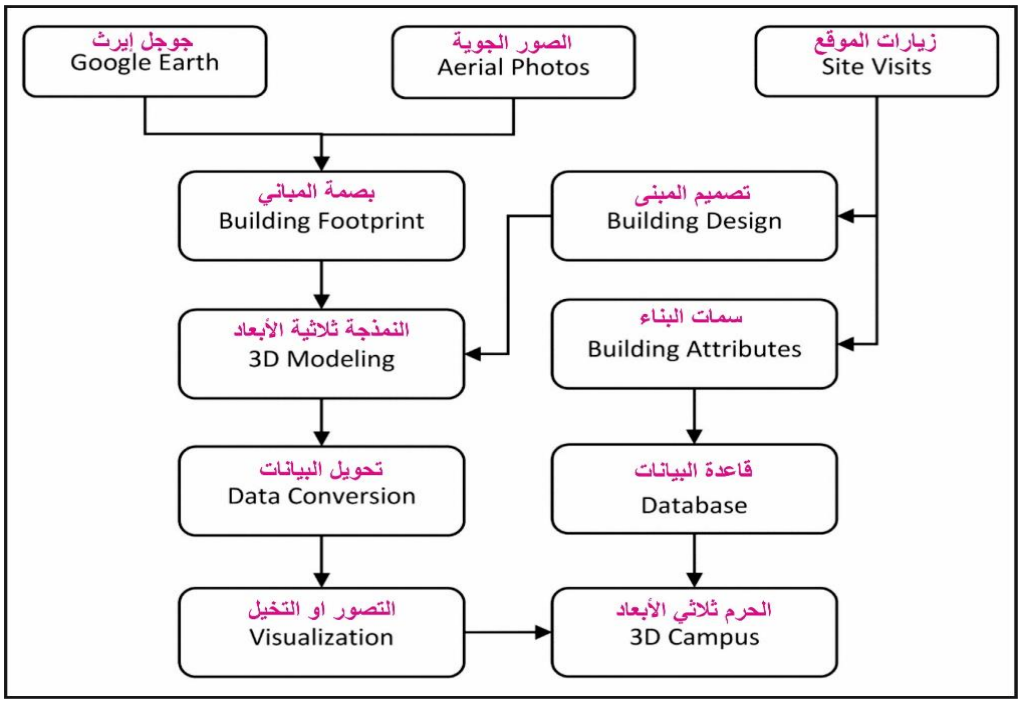
هل يمكن إستخدام تقنيات التطبيقات الجغرافية المكانية المدمجة بالذكاء الإصطناعي في التخطيط الحضري للمدن من خلال الإستخلاص التلقائي لبصمة المباني السكنية في المدينة ؟ وهل تساعد هذه الطريقة في تسريع عمليات الحصول على النتائجو وبالتالي تقليل الجهد المبذول والوقت في إنجاز ذلك؟ ثم، ما هي ابرز المعوقات التي يمكن ان تواجه الباحثين في هذا الموضوع ، وكيفية التغلب عليها ؟

عموماً، اصبح التمثيل المكاني للمناطق الحضرية وتعميم النماذج ثلاثية هو الشغل الشاغل للحكومات والمراكز البحثية عالمياً، لاسيما وانه يدخل في موضوع تحويل المدينة التقليدية إلى مدينةٍ ذكية. هذا الموضوع يدخل بضمنه عدة موضوعات مترابطة مع بعضها البعض بدرجة وثيقة، كما هو الحال في عملية المحاكاة ثلاثية الابعاد

للمدينة، معرفة السيناريوهات المختلفة الحالية والمستقبلية لحالة المدينة واحيائها، وبالتالي فإن عملية الإستخلاص التلقائي لبصمة المباني السكنية داخل وخارج المدينة سيسهم في ذلك بدرجة كبيرة كونه يمثل المقدمة لهكذا مشروع **(الشكل 1)**، والذي سيؤدي بدوره إلى تحقيق نتائج اكثر اهمية متمثلة بـــ التطوير الآني والمستقبلي للمدن الذكية او تطوير التوائم الرقمية الذي يعد بدوره المهمة الرئيسة للحكومات العالمية حالياً (Mao, B. 2011; Alastal, Salha & El-Hallaq, 2019; Salleh, Ujang & Azri, 2021; Khayyal., Zeidan & Beshr, 2022).

الشكل (1) المنهجية العامة لبناء حرم إفتراضي ثلاثي الأبعاد

(عن: Salleh, Ujang & Azri, 2021)



لذلك، فيمكن أن توفر عملية الجمع بين النمذجة ثلاثية الأبعاد وأنظمة المعلومات الجغرافية على سبيل المثال، مجموعة واسعة من التطبيقات المختلفة ذات الاهمية الكبيرة، مثل التعلم الآلي، أعمال الترميم، تحليل الظل، التخطيط الحضري، رسم خرائط وتخطيط الأشكال الأرضية الطبيعية وتمكين المستخدمين من التعامل مع القيود

المفروضة على نظم المعلومات الجغرافية ثنائية الأبعاد(Piccoli, 2013; Khayyal., Zeidan & Beshr, 2022). وبذلك، تعد تقنية الذكاء الاصطناعي لنظم المعلومات الجغرافية (Geo–AI) حالياً مجالًا بحثيًا واسعاً، لأنه يمثل مزيج من تقنية الذكاء الاصطناعي والوظائف المكانية (بما في ذلك معالجة البيانات المكانية وتحليلها). كما إنه يُعدُّ مصطلحاً عاماً لسلسلة من التقنيات القابلة للتشغيل البيني للذكاء الاصطناعي وأنظمة المعلومات الجغرافية، لذلك ففي الآونة الأخيرة، أصبحت GeoAI تدريجياً محور التركيز الرئيس لأبحاث وتطبيقات علوم الأرض (Mohanty et al., 2020).

1.منطقة الدراسة – Study Area :

تم إختيار حي التُراث السكني في مدينة الديوانية هدفاً للدراسة ، **الشكل (2)**، في محاولةٍ لمعرفة وتشخيص النتائج التي يمكن تحقيقها في عملية إستخراج بصمة المباني السكنية داخل المناطق الحضرية باستخدام اساليب الذكاء الإصطناعي.

الشكل (2) حي التُراث – مدينة الديوانية

2.جمع وإعداد البيانات – Dataset :

تطلب هذا العمل إعداد مجموعة من البيانات والتطبيقات المختلفة، إبتدأت بتنصيب برنامج Arc GIS pro 2.8 في الحاسوب المحمول، كذلك ضرورة تنزيل وتنصيب

مكتبة التعلم العميق (deep learning libraries and installer for arcgis pro 2.8) من موقع الشركة المنتجة للتطبيق (ESRI). من ثمَّ، قمنا بتنزيل ملفات المطابقة الخاصة بالكشف عن بصمة المباني من الموقع الرسمي لشركة إيسري – ArcGIS Living Atlas of the World (https://livingatlas.arcgis.com)، وقد تم إختيار وتنزيل ملف المطابقة المعتمد في إستخراج بصمة المباني في المملكة العربية السعودية (Building Footprint Extraction – KSA) لدراستنا هذه، مع تنزيل ملف المطابقة لاستخراج بصمة المباني في الولايات المتحدة ومصر لتكون تحت متناول اليد. فيما تم جمع العديد من المرئيات الفضائية التي تظهر ضمنها منطقة الدراسة من مصادر عدة، لاجل ضمان إختيار الأكثر دقةٍ منها لهذا العمل.

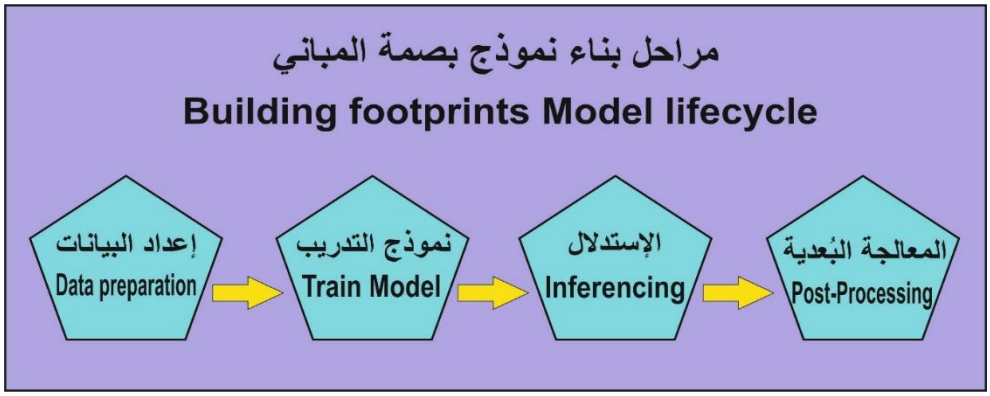
3.مراحل العمل لبناء نموذج بصمة المباني – Building footprints Model:

تم تنفيذ الدراسة من خلال أربعة مراحل، وكالتالي :

1.4. مرحلة إعداد البيانات – Data Preparation :

وهي المرحلة الاولى من العمل والتي تتضمن تهيأة التطبيقات والمرئيات الفضائية والملفات الضرورية الاخرى اللازمة للبدء بالمشروع، **الشكل (3)**.

الشكل **(3)** مخطط يوضح مراحل بناء نموذج إستخراج بصمة المباني باستخدام برنامج **ArcGIS pro**



2.4. مرحلة إعداد نموذج التدريب – Train Model

تتضمن هذه المرحلة عدة خطوات مهمة تتمحور بشان إنجاز نموذج (Model) ضمن بيئة برنامج ArcGIS pro، يمكن البرنامج بالتالي من التعامل بنفسه (بتقنية الذكاء الإصطناعي) مع المرئية الفضائية لمنطقة الدراسة، وإستخراج الأشكال المشابهة لها في النموذج التدريبي اعلاه.

بدايةً، تم العمل على إنشاء نموذج التدريب الذي سيشكل العيِّنة المعتمدة للبرنامج (Simple Data)، من خلال الادوات التي تتيحها بيئة البرنامج ووفقاً للخطوات التالية:

Analysis → Tools (Tool Box) → Geoprocessing → Create Feature Class ↓

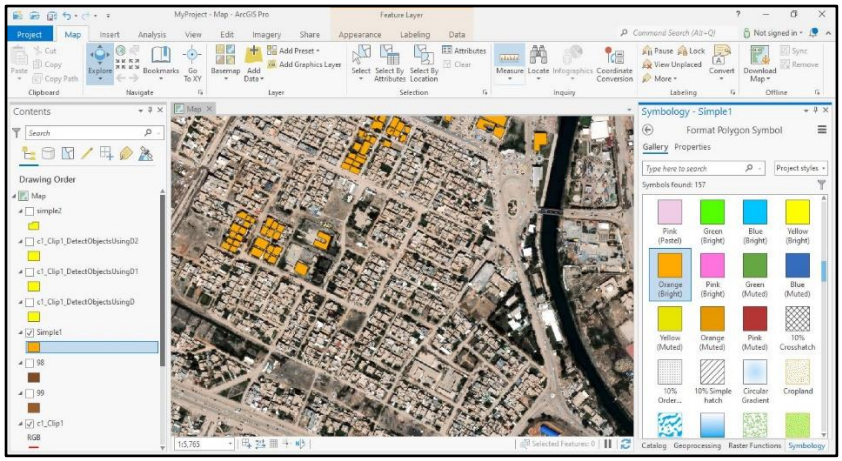
→ Edit → Create Features → إدخال البيانات وإنشاء العينة الفارغة

→ Polygonرسم العينات فوق المرئية الفضائية لمنطقة الدراسة (كلما زاد عدد الوحدات المرسومة داخل العينة، كلما كانت النتائج اكثر دقة)→ فتح خيار Attribute Tableبالنقر على ايقونة النموذج

→إضافة حقلين جديدين داخل جدول العينة (النموذج) وهما: (Class Value, Class Name)

يلاحظ، ضرورة القيام ببعض الخطوات البسيطة اللاحقة الاخرى، لتصبح العينة جاهزة للإستخدام، الشكل(4).

الشكل (4) يوضح إنشاء العينة (النموذج) ضمن بيئة برنامج ArcGIS pro



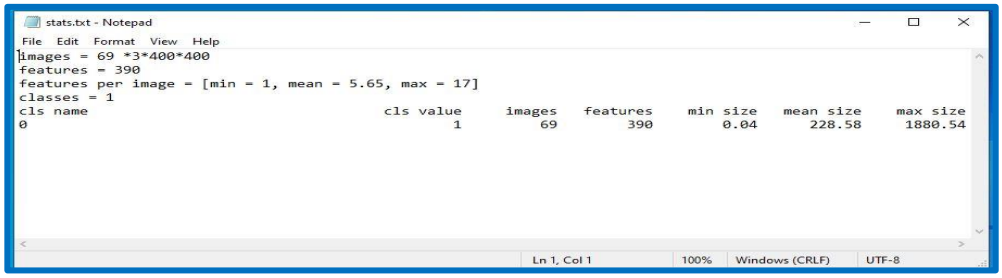
بعد ذلك، تأتي الخطوة اللاحقة ضمن هذه المرحلة، وهي تهيئة النموذج (**Simple 1)** لتصديره إلى **اداة التعلم العميق – Deep Learning**، لاجل تهيئة بيئة البرنامج لمعرفة المطلوب منها عمله من خلال الذكاء الاصطناعي، وكما موضح :

Geoprocessing → **Export Training Data for Deep Learning** → **use Simple 1** → تحديد بعض المواصفات → **Run** .

سينتج لنا العديد من المقاطع الصورية الصغيرة لمرئية الدراسة، عمد البرنامج إلى تقطيعها بحسب المساحات التي طلبناها وفي دراستنا هذه كانت الصفة او المساحة المطلوبة **(400 * 400)**، فكانت عدد المقاطع التي كوَّنها البرنامج عن مرئية منطقة الدراسة تبلغ **(69)** صورة مقطعية فيما كانت عدد السمات او المظاهر المشتقة **(390)**، **الشكل (5، 6)**. يُذكر، إن التطورات الحديثة في إعادة استخدام شبكات CNN لتجزئة الصور الدلالية تجعل من التصنيف الكثيف للصور بحسب البكسل ممكنًا ويعطي نتائج جيدة (Long, Shelhamer & Darrell, 2015) .

الشكل (5) بعض من الصور المقطعية التي قام البرنامج بتجهيزها

الشكل (6) ملف عرض النتائج التي قام البرنامج بإنجازها ضمن هذه المرحلة



وبالتالي، فان هذه المرحلة شمُلت تقطيع مرئية منطقة الدراسة على صورٍ مقطعية (**بواقع 69 مقطع**) ومعايرتها مع العينة او النموذج الذي قمنا بإنشائه (**Simple 1**)، لاجل عمل قناع ظل (**Mask**) على سطح كل بناية داخل منطقة الدراسة، لاجل ان يتمكن البرنامج لاحقاً وبالذكاء الإصطناعي من إشتقاق جميع الابنية السكنية والتجارية ضمن المنطقة بصورة تلقائية، إعتماداً على هذه الخطوة. ويمكن ايضاً ان يتم إستخدام تطبيقات البايثون بتشغيل (**bot**) يمكنه العمل على هذا الموضوع ايضاً لزيادة الدقة في النتائج.

3.4. مرحلة الإستدلال – Inferencing

وهي تمثل المرحلة النهائية تقريباً للحصول على النتائج، حيث يتم عمل الإستدلال للذكاء الإصطناعي داخل التطبيق بالاعتماد على نتائج السابقة، وكما يلي :

Geoprocessing → Detect Object → تعديل وإضافة البيانات المطلوبة → مع إضافة Model Definition وفي حالتنا هنا إعتمدنا النوذج السعودي→ = Run الكشف عن بصمة المباني

فكانت النتائج الأولية كما موضحة في الشكل (7)، تمثل الحصيلة شبه النهائية للتطبيق، والتي ستحدد فيما بعد ما إذا إن كان العمل يحتاج إلى خطواتٍ اخرى متعددة ام خطوة واحدة فقط.

الشكل (7) نجاح عملية الكشف عن بصمة المباني في منطقة الدراسة ضمن بيئة برنامج ArcGIS pro

تُظهر النتائج المستحصلة من الشكل (7) نتيجتين مهمتين، إحداهما طبيعية وتحتاج إلى معالجة في المرحلة الرابعة اللاحقة. أما الثانية، فهي متعلقة بدقة ووضوح المرئية الفضائية المستخدمة في عملية الكشف عن بصمة المباني هنا. ففي حالتنا الدراسية هنا، ونتيجةً لاستخدامنا مرئية فضائية بدرجة وضوح (60 * 60 سم) فقط، كونها المتوفرة، فقد ادى ذلك إلى إعطاء نتائج غير كاملة عند الكشف عن بصمة مباني المنطقة، حيث تراحت نسبة التغطية إلى نحو (55 – 60 %) من جملة البنايات الموجودة في الحي السكني. فلو تم الحصول على مرئية فضائية عالية الدقة لهذا الحي السكني (مثلاً 10 * 10 سم) او صورة جوية ملتقطة بواسطة طائرة او طائرة بدون طيار لتغيرت نتائج التغطية وإستخلاص البصمة بدرجة اكبر مما حدث في حالتنا هذه.

3.4. مرحلة المعالجة البعدية – Post-processing

يمكننا ملاحظة ان شكل البصمة المستحصلة بالذكاء الإصطناعي او التعلم العميق، قد كانت غير منتظمة الشكل بحيث تبدو حافات كل بصمة او قناع لاي مبني سكني او تجاري غير منتظمة الحدود (متعرجة وليست مستقيمة)، الامر الذي يحتم علينا طبيعياً العمل على معالجة ذلك في هذه المرحلة الاخيرة. ولاجل ذلك فقد قمنا باتباع

الخطوتين التاليتين للحصول على بصمة منتظمة الشكل وذات خطوط غير متداخلة، وكما موضح: إلغاء الخطوط الزائدة وحذف تداخلها

Geoprocessing → Dissolve → Run =

من ثَمَّ، نعمد إلى الخطوة اللاحقة باستخدام ناتج الخطوة اعلاه **(Dissolve)**، وفقاً لـــ

Geoprocessing → Regularize Building Footprint → Run =

للحصول على الشكل النهائي المنتظم لكل بصمة ناتجة عن عملية الكشف والإستخلاص التلقائي.من خلال الشكل (8)، يمكن ملاحظة الفرق بين البصمة المستخلصة بالتعلم العميق قبل وبعد معالجتها البعدية.

الشكل (8) شكل حافات البصمة المستخلصة بالتعلم العميق قبل وبعد المعالجة البعدية

وبالتالي فإن النتيجة ما قبل النهائية ستظهر كما مبينة في الشكل (9)، بعد إجراء كافة المعالجات المطلوبة.

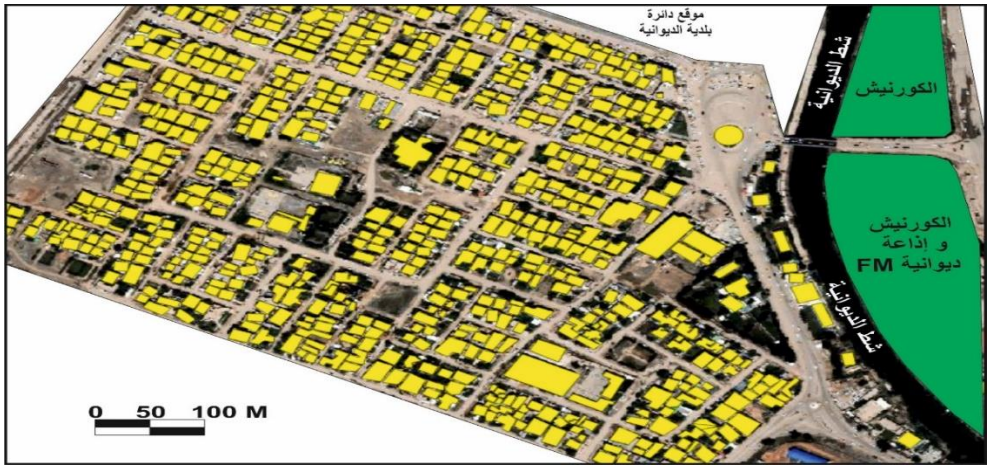
الشكل (9) شكل البصمة المستخلصة بالتعلم العميق بعد المعالجة البعدية

مما سبق، يظهر ان الخطوات المتبعة قد أدت إلى إنتاج بصمة لمباني حي التُراث بنسبة تجاوزت الـــ **55%** من اجمالي البنايات الموجودة فيه (المحددة باللون الاصفر). وبإتباع عملية الإضافة اليدوية ضمن بيئة البرنامج نفسه (المباني المحددة باللون الاخضر)، لما لم يظهر من بصمات المباني بالذكاء الإصطناعي، فقد تم إنجاز العملية بصورة كاملة، **الشكل (10)**.

الشكل (10) إستخلاص بصمة المباني لـ حي التُراث بصورةٍ كاملة (الصفراء بالتعلم العميق والخضراء يدوياً)

وبذلك، تم الحصول على النتائج النهائية بصورة كاملة لجميع اجزاء الحي، كما موضح في الشكل (11).

الشكل (11) النتيجة النهائية لعملية الكشف وإستخلاص بصمة المباني في حي التُراث باستخدام تطبيق ArcGIS pro



ختاماً، فعلى الرغم من التطبيقات المتزايدة للحوسبة الجغرافية وGeoAI في رسم الخرائط، لا تزال هنالك حاجة متزايدة لدراسة تطبيقاتها من وجهات نظر مختلفة. حيث إنَّ من المهم بشكل متزايد فهم الآثار الجغرافية المكانية للطرائق المتبعة والنتائج الناتجة عن الحساب الجغرافي والذكاء الاصطناعي الجغرافي من جهة. بالإضافة إلى ذلك، تعد البيانات الجغرافية المكانية وبيانات الأرض معقدة ومتنوعة عموماً، مع وجود مجموعة واسعة من المصادر والأنواع الخاصة بها، مثل مرئيات الأقمار الصناعية والصور الجوية وبيانات التصوير المساحي والبيانات الجغرافية المكانية وبيانات الموقع من وسائل التواصل الاجتماعي وتلك التطبيقات المختلفة المتواجدة على هواتفنا النقالة من جهةٍ ثانية .

4. الخاتمة – Conclusion

إنَّ موضوع الإستخراج التلقائي لبصمة المباني، يُعَدُّ مجالًا مهمًا للبحث العلمي ضمن مجالات الاستشعار عن بعد باستخدام التعلم العميق والذكاء الإصطناعي الجغرافي. فهو يساهم في إغناء تطبيقات مختلفة مثل رسم خرائط الغطاء الأرضي لاستخدامات الأراضي ومواجهة الكوارث وادارتها، بالإضافة إلى مساهمته المهمة أخذت بالتوسع كثيراً في العديد من الأنشطة الاجتماعية والاقتصادية الأخرى. تُساهم دراستنا هذه

في محاولة إغناء موضوع الكشف عن بصمة المباني بالذكاء الإصطناعي (بإعتبارها إحدى الدراسات الرائدة على مستوى العُراق حالياً) باختيار احدى المناطق السكنية لمدينة الديوانية كعينة دراسية يمكن تعميمها مستقبلاً. وقد تم ذلك، باتباع منهجية تعتمد إستخراج بصمة المباني ذات الأحجام والأشكال المختلفة مع الحد الأدنى من التدخل البشري ضمن بيئة تطبيق ArcGIS pro.

بالطبع، لم تخل العملية من بعض المشاكل التقنية الناتجة عن عدم توفر مرئية فضائية عالية الدقة للمنطقة. فكانت النتائج المستحصلة للتصنيف التلقائي والإستحصال على بصمة المباني تتراوح بين **(55 – 60%)** من جملة مباني المنطقة. هذه النسبة من النجاح تعد نسبة مقبولة بالمقارنة مع نوعية ودقة المرئية المتاحة، لذلك حدثت بعض المشاكل المتوقعة نتيجة لذلك، إذ تم العمل على حلها يدوياً ضمن بيئة البرنامج نفسه. علاوة على ذلك، فقد تمت إزالة مشكلة التداخل الخطي التي تحدث كنتيجة طبيعية متوقعة عند الحصول على النتائج الاولية، والتي يجب تهذيبها وتشذيبها باستخدام الادوات المناسبة المتاحة في بيئة التطبيق.

إن منهجية الاستخراج التلقائي للمباني المقترحة بسيطة وسريعة وفعالة، ولا تتطلب أي معلومات وبيانات ضخمة لاجل العمل عليها. وبالتالي، فقد تمكنت هذه الدراسة من تحقيق نسبة نجاح عالية في هذا الموضوع، من الممكن ان يتم تطوير واستثمار هذا النجاح ليكون نواةً مستقبلية في عمليات التخطيط الحضري للمدن العراقية وادارتها بصورة رقمية، تمهيدا لعملية تحويلها من مدن قديمة إلى مدن ذكية. كذلك، يمكن استخدام هذه الطريقة في تطبيقات مختلفة، مثل تقدير الأضرار من خلال تحديد المباني المتضررة وغير المتضررة اثناء الزلالزل او الحرائق وغيرها، وحساب كثافة المباني في المنطقة.

References:

1. Song, Y., Kalacska, M., Gašparović, M., Yao, J., & Najibi, N. (2023). Advances in geocomputation and geospatial artificial intelligence (GeoAI) for mapping. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 103300.[GoogleScholar] https://doi.org/10.1016/j.jag.2023.103300

2. Longley, P. A., Brooks, S., Macmillan, W., & McDonnell, R. A. (1998). *Geocomputation: a primer*. Wiley. [Google Scholar]
3. Fischer, M. M. (2006). *Spatial analysis and geocomputation: selected essays*. Springer Science & Business Media.[Google Scholar] [Google Books]
4. 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*, *17*(1), 1-6. [Google Scholar] https://doi.org/10.1186/s12940-018-0386-x
5. Janowicz, K., Gao, S., McKenzie, G., Hu, Y., & Bhaduri, B. (2020). GeoAI: spatially explicit artificial intelligence techniques for geographic knowledge discovery and beyond. International Journal of Geographical Information Science, 34(4), 625-636.[GoogleScholar] https://doi.org/10.1080/13658816.2019.1684500
6. Li, S., Dragicevic, S., Castro, F. A., Sester, M., Winter, S., Coltekin, A, & Cheng, T. (2016). Geospatial big data handling theory and methods: A review and research challenges. *ISPRS journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, *115*, 119-133. [GoogleScholar] https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2015.10.012
7. Yao, X., Li, G., Xia, J., Ben, J., Cao, Q., Zhao, L., ... & Zhu, D. (2019). Enabling the big earth observation data via cloud computing and DGGS: Opportunities and challenges. *Remote Sensing*, *12*(1), 62. [Google Scholar] https://doi.org/10.3390/rs12010062
8. Kun, Q. I. N., Hui, L. I. N., Yang, Y., & Feng ZHANG, J. G. (2022). Spatial Humanities and Geo-computation for Social Sciences: Advances and Applications. (*测绘学报 (英文版)*, *5*(2), 1-6. [GoogleScholar] https://doi.org/10.11947/j.JGGS.2022.0201
9. Mao, B. (2011). *Visualisation and generalisation of 3D City Models* (Doctoral dissertation, KTH Royal Institute of Technology). [GoogleScholar]https://urn.kb.se/resolve?urn=urn%3Anbn%3Ase%3Akth%3Adiva-48174
10. Alastal, A. I., Salha, R. A., & El-Hallaq, M. A. (2019). The Reality of Gaza Strip Cities towards the Smart City's Concept. A Case Study: Khan Younis City. *Current Urban Studies*, *7*(1), 143-155. [GoogleScholar] https://doi.org/10.4236/cus.2019.71006
11. Salleh, S., Ujang, U., & Azri, S. (2021). Virtual 3D campus for universiti teknologi Malaysia (UTM). *ISPRS International Journal of Geo-Information*, *10*(6), 356.[Google Scholar] https://doi.org/10.3390/ijgi10060356

12. Khayyal, H. K., Zeidan, Z. M., & Beshr, A. A. (2022). Creation and spatial analysis of 3D city modeling based on GIS data. *Civil Engineering Journal*, *8*(1), 105. [Google Scholar] https://doi.org/10.28991/CEJ-2022-08-01-08
13. Piccoli, C. (2013, April). CityEngine for Archaeology. In *Proceedings of the Mini Conference 3D GIS for Mapping the via Appia, Amsterdam, The Netherlands* (Vol. 19). [Google Scholar] [Site]
14. Mohanty, S. P., Czakon, J., Kaczmarek, K. A., Pyskir, A., Tarasiewicz, P., Kunwar, S., ... & Schilling, M. (2020). Deep learning for understanding satellite imagery: An experimental survey. *Frontiers in Artificial Intelligence*, *3*, 534696. [GoogleScholar] https://doi.org/10.3389/frai.2020.534696
15. Benediktsson, J. A., Pesaresi, M., & Amason, K. (2003). Classification and feature extraction for remote sensing images from urban areas based on morphological transformations. *IEEE transactions on geoscience and remote sensing*, *41*(9), 1940-1949. [GoogleScholar] https://doi.org/10.1109/TGRS.2003.814625
16. Long, J., Shelhamer, E., & Darrell, T. (2015). Fully convolutional networks for semantic segmentation. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 3431-3440). [Google Scholar] [Site]

المصادر باللغة العربية

17. احمد عياده خضير (2019). تحليل ونمذجة خرائط الترب في قضاء راوه باستخدام نظم المعلومات الجغرافية . مداد الآداب 13 ,(الجزء الاول)، 925-938 [Google Scholar]
18. رقية احمد محمد امين & حسين صدى عباس. (2023). تغيرات الغطاء الأرضي لمنطقة المسيب–بابل باستخدام بيانات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية: تغيرات الغطاء الأرضي لمنطقة المسيب–بابل باستخدام بيانات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية . *مداد الآداب*، *3*(30), 473-502 , [Google Scholar]
19. ناجي عبدالله مختار الزناتي & محمد فرج بلعيد المقرحي (2023). رصد الزحف العمراني العشوائي بحرم وادي القطارة بمدينة بنغازي، ليبيا.: رصد الزحف العمراني العشوائي بحرم وادي القطارة بمدينة بنغازي، ليبيا . مجلة مداد الآداب 13 ,(عدد خاص بمؤتمر قسم الجغرافية 2023)، 1235-1262. [Google Scholar]
20. يارا الويش، صفية عيد & ناصر إبراهيم (2023). استخدام الصور الرادارية (Sentinel-1) في دراسة الغطاء النباتي (دراسة تطبيقية على منطقتي النبي متى وسهل عكار في محافظة طرطوس). مجلة مداد الآداب 13 ,(عدد خاص بمؤتمر قسم الجغرافية – الجامعة العُراقية ، 2023)، 199-234. [Google Scholar]