

استخدام الذكاء الصناعي الجغرافي (GEO AI) في أتمتة استخراج الأبنية العمرانية
من مرئيات الأقمار الصناعية

د. يارا سهيل الويش**

Yara.alwish@damascusuniversity.edu.sy

أ.د. بهجات محمد محمد*

bahjat56.moh@damascusuniversity.edu.sy

سورية / جامعة دمشق / كلية الآداب والعلوم الانسانية / قسم الجغرافية



**Using geographic artificial intelligence (GEO AI) to automate
the extraction of urban buildings from satellite images**

Dr. Yara Suhail Al-Wish**

Yara.alwish@damascusuniversity.edu.sy

Prof. Bahjat Muhammad Muhammad*

bahjat56.moh@damascusuniversity.edu.sy

Syria /Damascus University/Faculty of arts and human sciences /Geography

** مدرسة في قسم الجغرافية، كلية الآداب والعلوم الإنسانية في جامعة دمشق، سورية، اختصاص: فوتوغرامتري.

* أستاذ في المعهد العالي للتخطيط الإقليمي، جامعة دمشق، سورية، اختصاص: جيومعلوماتية.

**Doctor at the Department of Geography, Faculty of Arts and Humanities, Damascus University, Syria, specialization: photogrammetry.

*Professor at the Higher Institute of Regional Planning, Damascus University, Syria, specialization: Geoinformatics.



المخلص:

يُعرف الذكاء الصناعي الجغرافي (GEO AI) بأنه تقنية دمج الذكاء الصناعي مع البيانات الجغرافية المكانية لتسريع فهم العالم الحقيقي، واستخراج المعلومات من البيانات بسرعة أكبر. إذ تعمل هذه التقنية على تقليل الوقت الذي يتم من خلاله استخراج المعلومات من البيانات وبالتالي المساعدة على إدراك العلاقات بين المظاهر واتخاذ القرار المناسب.

فالهدف من الذكاء الصناعي الجغرافي هو إنشاء أنظمة ذاتية التعلم قادرة على إنشاء الخرائط واستخلاص المعلومات بناءً على مدخلات البيانات والأوامر والأكواد (Codes) ضمن البيئة البرمجية المناسبة. تتناول هذا البحث منهجية استخدام الذكاء الصناعي الجغرافي في أتمتة استخراج الأبنية العمرانية من مرئيات الأقمار الصناعية لمراكز عمرانية مختلفة من خلال دمج كل من خوارزميات AI والتعلم الآلي ML ومكتبات التعلم العميق (Deep Learning). حيث توفر هذه التقنية الكثير من الوقت والجهد الذي تستغرقه عملية الرقمنة التقليدية للأبنية باستخدام نظام المعلومات الجغرافي (GIS)، وبالتالي المساعدة على التحليل الفعال لأغراض التخطيط الحضري وإدارة الكوارث وتقدير كل من مساحة وكثافة الأبنية العمرانية. الكلمات المفتاحية: الذكاء الصناعي الجغرافي، بصمة الأبنية العمرانية، مكتبات التعلم العميق، التعلم الآلي، البيئة البرمجية.

Abstract:

Geospatial Artificial Intelligence (GEO AI) is the technology of combining artificial intelligence with geospatial data to accelerate understanding of the real world and to extract information from data more quickly. This technology reduces the time in which information is extracted from the data and thus helps to understand the relationships between features to make the appropriate decision.

The goal of geographic artificial intelligence is to create self-learning systems capable of creating maps and extracting information based on data inputs, commands, and codes within the appropriate software environment

This research discusses the methodology of using geographic artificial intelligence to automate the extraction of urban buildings from satellite images of different urban centers by integrating AI algorithms, machine learning ML, and deep learning libraries. This technology saves a lot of time and efforts taken by the traditional process of digitizing buildings using the Geographic Information System (GIS), and thus helps in effective analysis for the purposes of urban planning, disaster management, and estimation of both the area and density of urban buildings.

key words: *Geographic artificial intelligence, Urban building footprint, Deep learning libraries, Machine learning, Software environment.*

المقدمة:

يُعد الذكاء الصناعي اليوم ضرورة ملحة في أي تطبيق وعلم. وحظي باهتمام كبير في الآونة الأخيرة داخل العديد من الأوساط الأكاديمية. إذ أثبتت أساليب الذكاء الصناعي الجغرافي بشكل خاص المرتبط بنظام المعلومات الجغرافي والاستشعار عن بعد بما يسمى (Geo AI) أهميتها الحيوية والتطبيقية التي تُسهم بشكل فعّال في حل المشكلات البيئية والعمرانية وغيرها الكثير، فضلاً عن تقليل الوقت وتوفير الجهد في استخراج أكبر كم من البيانات المطلوبة ضمن مدة قصيرة.

وعليه قام هذا البحث بوضع منهجية لأتمتة استخراج بصمة الأبنية العمرانية (Buildings footprints) من المرئيات الفضائية أو حتى البيانات من صيغة (Shapefiles) لأي منطقة جغرافية تحتوي على أبنية ومراكز عمرانية اعتماداً على الذكاء الصناعي الجغرافي المتمثل بمنصات الذكاء الاصطناعي الجغرافي كمنصة (Eo Factory)، وبالإستعانة بأدوات الذكاء الصناعي ومكتبات التعلم العميق التابعة لوكالة (ESRI) ضمن بيئة برنامج (ARC GIS Pro).

أهمية البحث:

إن دراسة الاستخراج الآلي للمباني من المرئيات الفضائية والصور الجوية ليس له تطبيقات هندسية مهمة فحسب مثل رسم الخرائط الطبوغرافية والمسوحات ولكن له أيضاً أهمية نظرية إذ أن لخصائص المباني المنظمة والمرتبطة ارتباطاً وثيقاً بالإنسان دوراً مهماً في التحليل الآلي بالاعتماد على الذكاء الصناعي وخوارزميات التعلم العميق وإخراجها كخرائط، واكتشاف المخالفات والتنظيم، وما إلى ذلك. ففي العقود الماضية، حاولت الطرق التقليدية التعرف على المباني من خلال الملمس والخط والظل والميزات الأكثر تعقيداً والمصممة تجريبياً، لكنها فشلت في أتمتة استخراج المباني. أدى التطور الأخير في أساليب التعلم العميق وتطور أدوات الذكاء الصناعي إلى تعزيز جودة جديدة من الدراسات البحثية نحو الأتمتة، ومنه تأتي أهمية البحث من استخدام وسائل وأساليب الذكاء الصناعي الجغرافي المختلفة كالممنصات أو مكتبات التعلم العميق

وتدريب الموديلات لاختيار أفضل منهجية مناسبة لأتمتة استخراج بصمة الأبنية العمرانية بأسهل أسلوب وأسرع طريقة وأكثرها دقة.

أهداف البحث:

هدف البحث إلى تحقيق ما يلي:

1- أتمتة استخراج بصمة الأبنية العمرانية (Buildings footprints extraction) من المرئيات الفضائية اعتماداً على أدوات وأساليب الذكاء الصناعي الجغرافي المتمثلة بمنصة وأدوات (EoFactory.ai) وهي منصة ذكاء صناعي جغرافي.

2- أتمتة استخراج بصمة الأبنية العمرانية اعتماداً على أدوات الذكاء الصناعي ومكتبات التعلم العميق ضمن بيئة برنامج (ARC GIS PRO).

المناهج والطرائق المستخدمة في البحث:

اعتمد البحث على مجموعة من المناهج والطرق وهي:

1- الأسلوب الكارتوغرافي (Cartographic Method):

تم من خلاله إعداد خرائط ناتجة عن عملية استخراج الأبنية العمرانية من المرئية الفضائية باستخدام أساليب الذكاء الصناعي الجغرافي.

2- منهج البحث التجريبي (Experimental Method):

تمت المقارنة بين النتائج التي تم التوصل إليها بعد تطبيق منهجيات استخراج الأبنية العمرانية اعتماداً على منصة EoFactory ومكتبات التعلم العميق ضمن بيئة ARC

GIS Intelligence في برنامج ARC GIS Pro

الدراسات السابقة:

تم الاعتماد على دراسات عالمية ومنها:

1- دراسة لـ Krzysztof Janowicz, Song Gao, Budhendra Bhaduri, Yingjie

Hu and Grant Mckenzie بعنوان:

"GeoAI: spatially explicit artificial intelligence techniques for geographic knowledge discovery and beyond". 2019

تم في هذا البحث عرض الحاجة إلى استعراض أساليب GeoAI . حيث تم تحديد ثلاثة اتجاهات بحثية مهمة، وهي النماذج المكانية الواضحة، والإجابة على الأسئلة، والاستشعار الاجتماعي، ومناقشة الحاجة إلى مجموعة بيانات عالية الجودة.

2- دراسة لـ A. Buyantuyev، J. WU، وC. Gries بعنوان:

"Toward Automatic Building Footprint Delineation From Aerial Images Using CNN and Regularization".2020.

اقترحت هذه الدراسة منهجية لاستخراج بصمة البناء قائمة على شبكة عصبية تلافيفية (CNN) تم تدريبها اعتماداً على الذكاء الصناعي الجغرافي.

مواد البحث وأدواته: شملت على ما يلي:

أولاً: مواد البحث:

1- بيانات الاستشعار عن بعد المتمثلة بمرئية فضائية لمنطقة الدراسة (عدرا العمالية في ريف دمشق، سورية) من موقع تحميل المرئيات الفضائية (SAS Planet) الروسي.

ثانياً: أدوات البحث:

1- برنامج (ARC GIS Pro)

2- برنامج (ARC GIS Intelligence)

3- منصة (EOFactory.ai)

4- مكتبات التعلم العميق (Deep learning) والذكاء الصناعي الخاصة ببرنامج .ARC GIS Pro

أولاً: الذكاء الصناعي الجغرافي ودوره في أتمتة استخراج المعلومات من المرئيات الفضائية والصور الجوية:

لبناء مستقبل أكثر استدامة وتكيفاً مع حل المشكلات الجغرافية المكانية يُستخدم الذكاء الصناعي الجغرافي لأتمتة استخراج الكثير من المعلومات من المرئيات الفضائية والصور الجوية كالأبنية والطرق وعدد الأشجار، ومعرفة وتحديد الكثافة السكانية والبنية المعرضة لمخاطر الانهيارات الأرضية وغيرها الكثير.

إن ظهور الذكاء الصناعي AI والتعلم الآلي ML والتعلم العميق DL أثر في نظام المعلومات الجغرافي، وفتح إمكانيات جديدة لاستخراج البيانات وتحليلها مكانياً وتفسيرها واتخاذ القرارات. وذلك يتم من خلال:

1- تصنيف الصور والتعرف على الأشياء:

يمكن تدريب خوارزميات MI مثل الشبكات العصبية CNNs على مجموعة بيانات كبيرة من المرئيات الفضائية أو الصور الجوية لتصنيف المظاهر واستخراجها كالأبنية والطرق والنباتات والمسطحات المائية وغيرها. وبالتالي إمكانية رسم خرائط فعالة للغطاء الأرضي وكشف التغيرات.

2- تحليل البيانات المكانية.

ثانياً: منهجية أتمتة استخراج بصمة الأبنية العمرانية باستخدام الذكاء الصناعي الجغرافي (GEO AI):

1- منصة الذكاء الصناعي الجغرافي (EoFactory.ai):

عبارة عن منصة تحليلية لرصد الأرض تعتمد على الذكاء الاصطناعي، وتساعد الشركات والأفراد في مجال الأقمار الصناعية والرادار والاستشعار عن بعد والطائرات بدون طيار (Drone) ومعالجة الصور الجوية المكانية بدقة عالية. يمكن للشركات أو المطورين المستقلين أيضاً إنشاء نماذج الذكاء الاصطناعي- تعلم الآلة الخاصة بهم من خلال واجهة برمجة التطبيقات الخاصة بناءً على متطلباتهم. تقوم هذه المنصة بما يلي:

1- توفر منصة EO factory مساحات عمل متعددة لإنشاء المشاريع وتنظيم بيانات الصور ومصادر البيانات لاستخراج المعلومات من مصادر بيانات متعددة في بيئة واحدة.

2- حتى إن لم تتوفر بيانات فإن المنصة توفر مجموعة متنوعة من البيانات المتاحة للاتصال بها، بما في ذلك مرئيات الأقمار الصناعية والصور الجوية وصور

الطائرات بدون طيار (Drone) جميعها متصلة باستخدام مفاتيح API خاصة وأمنة ويمكن بعد ذلك تشغيل نماذج التحليلات.

3- تتيح المنصة أيضاً إنشاء نماذج خاصة من خلال أدوات الذكاء الاصطناعي التفاعلية التي تستغل قوة التعلم الآلي للمساعدة في إنشاء أفضل نماذج التعلم الآلي لـ EO.

4- إذا كان هناك حاجة إلى إنشاء نموذج جديد لأي تطبيق، فيتم ربط نموذج التعليقات الخاص بالمنصة مباشرةً بخبراء التعلم الآلي لديهم الذين سيساعدون في إنشاء نماذج مخصصة من اختيار الباحث.

5- تسمح المنصة بإعداد البيانات الجاهزة للتحليل بسهولة باستخدام مجموعة أدوات الذكاء الصناعي التي تسمح بتصحيح السحابة وإزالة الضباب والموزاييك والدمج (Layer stacks) ومحاذاة الصورة، بحيث يمكن الحصول على المعالجة التلقائية للمرئيات والصور، والحصول على أفضل النتائج من خلال الذكاء الاصطناعي/التعلم الآلي.

6- هي منصة مجتمعية لعلماء ومستخدمي الاستشعار عن بعد. إذ يمكن مشاركة النتائج، ودمجها مع لوحات المعلومات المخصصة، استناداً إلى نموذج البيانات المفتوحة EOfactory

7- توفر المنصة إمكانية أتمتة استخراج المظاهر وصنع الخرائط التالية:

- ❖ أتمتة استخراج بصمة الأبنية العمرانية Building footprint delineation
- ❖ كشف التغيرات العمرانية Building change detection
- ❖ كشف تغيرات الغطاء الغابي (المانغروف) Mangrove detection
- ❖ حدود الحقول Farm boundary
- ❖ خرائط إزالة الغابات Deforestation mapping
- ❖ عد الأشجار Tree counting

غالباً ما تُستخدم آثار أقدام المباني لإعداد خرائط الأساس والمساعدات الإنسانية وإدارة الكوارث وتخطيط النقل. هناك عدة طرق لإنشاء آثار أقدام البناء (بصمة البناء) ويشمل ذلك الرقمنة اليدوية باستخدام أدوات لرسم كل مبنى (Polygons) ومع ذلك، فهي عملية تستغرق وقتاً طويلاً. بينما مع ظهور منصات وأدوات الذكاء الصناعي الجغرافي أصبح بالإمكان أتمتة استخراج بعض المظاهر وتوفير الجهد والوقت.

بالاعتماد على منصة Eo تمت منهجية العمل كالتالي:

1- تحميل مرئية فضائية مرجعة لمنطقة الدراسة من موقع SAS Planet وتم اختيار مدينة عدرا العمالية في محافظة ريف دمشق/ سورية كونها منطقة سكنية.

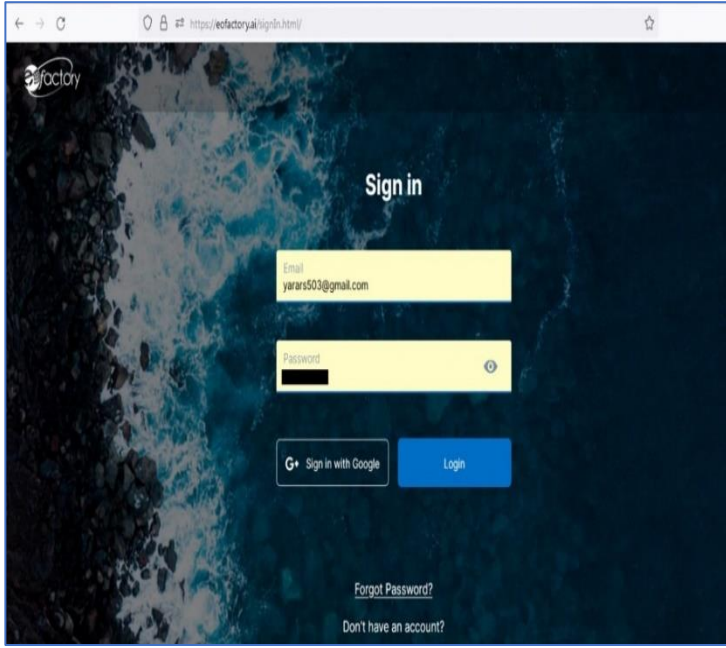
صورة (1): منطقة عدرا العمالية، ريف دمشق/سورية



المصدر : SAS Planet

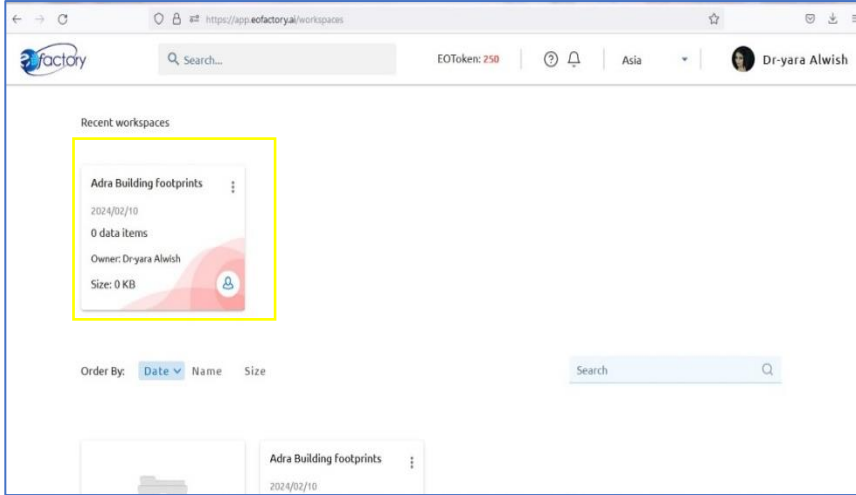
2- إنشاء حساب بحثي في منصة EoFactory : <https://eofactory.ai/signin.html>

شكل(1) : Eo Factory sign in



2- إنشاء مشروع (New workspace) خاص بأتمتة استخراج الأبنية كما في الشكل (2):

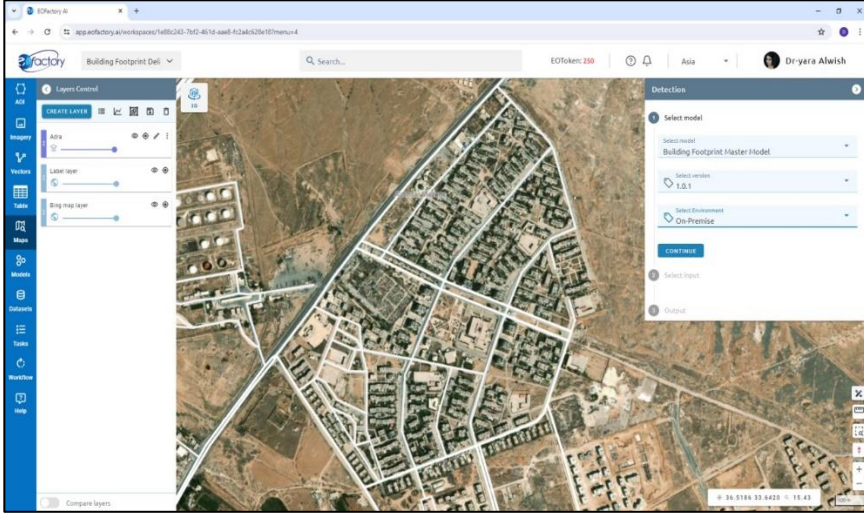
شكل (2): إنشاء مشروع لاستخراج بصمة الأبنية في منطقة عدرا العمالية/ ريف دمشق



3- تتم إضافة المرئية الفضائية التي تم تحميلها من موقع SAS Planet لمدينة عدرا العمالية (Upload Image) إلى المنصة كما في الشكل (3):

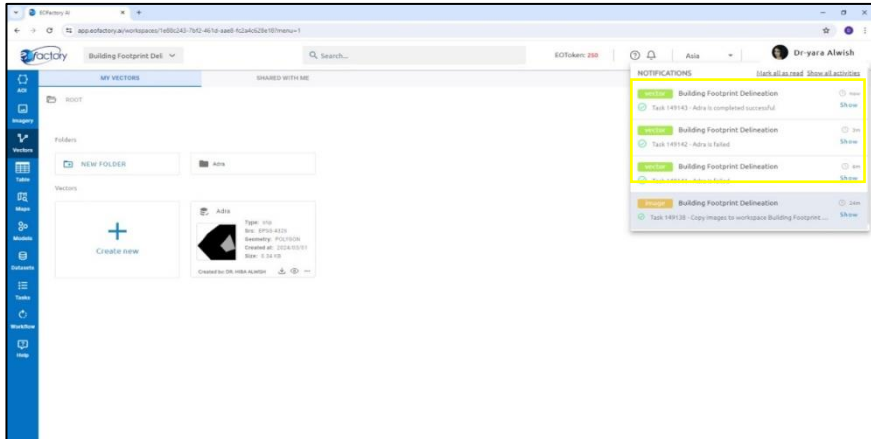
استخدام الذكاء الصناعي الجغرافي (GEO AI) في أتمتة استخراج الأبنية العمرانية...

شكل(3): إضافة المرئية الفضائية المراد أتمتة استخراج أبنيتها إلى منصة الذكاء الصناعي
* EoFactory



في حال لم تتوفر مرئية فضائية أو صورة جوية لمنطقة الدراسة يمكن الحصول عليها من خلال الاعتماد على الخريطة في المنصة ورسم منطقة الاهتمام (AOI area)، أو حتى إذا توفر شريحة من نوع (Shapefile) كما في الشكل التالي.

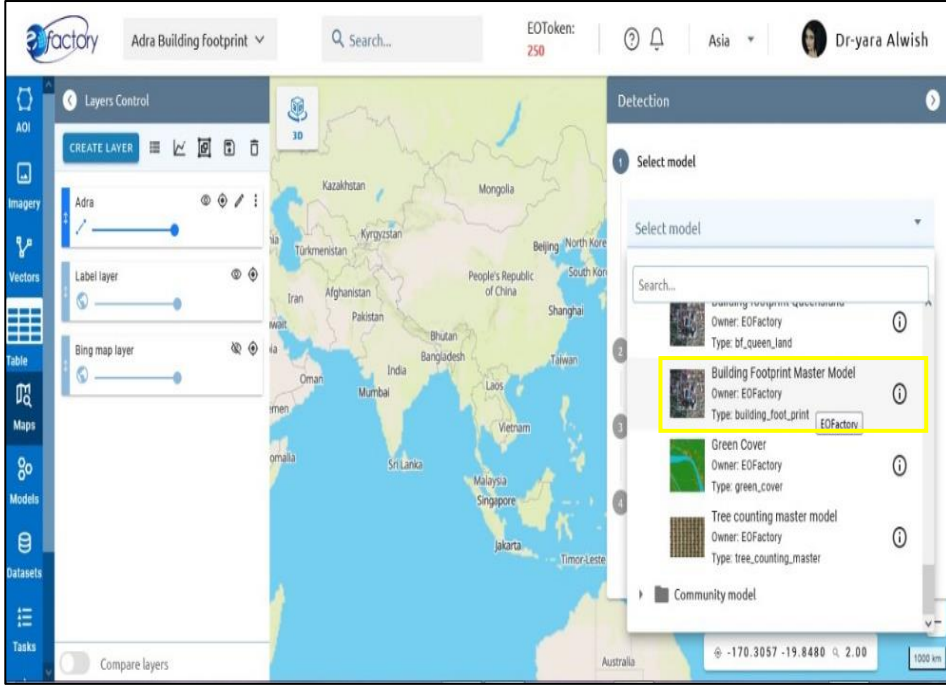
شكل(4): إضافة شريحة Shapefile المراد أتمتة استخراج أبنيتها إلى منصة
EOFACTORY



* ملاحظة: يجب أن تكون المرئية بصيغة (GeoTiff) أو (JPEG2000).

4- يتم اختيار نموذج (Building footprint master model) من أدوات Detection كما في الشكل التالي:

شكل (5): اختيار نموذج أتمتة استخراج الأبنية



5- تم استخراج الأبنية العمرانية في منطقة الدراسة والموضحة في الصورة (2) مع خطأ بسيط في ثلاث أبنية على أطراف الصورة لم يتم استخراجها ولكن هذا يعود لدقة حواف الصورة أثناء تحميلها. يمكن حفظها كـ شريحة (Shapefile) وتصديرها إلى برنامج نظام المعلومات.

صورة (2):

الأبنية العمرانية في منطقة عدرا العمالية بعد أتمتة استخراجها باستخدام منصة EoFactory



2- استخدام أدوات الذكاء الصناعي Geo Ai Tools ومكتبات التعلم العميق Deep learning libraries ضمن بيئة برنامج ARC GIS Pro:

أولاً: يمكن تحميل خريطة منطقة الدراسة

Sities.research.google/open-buildings/#download

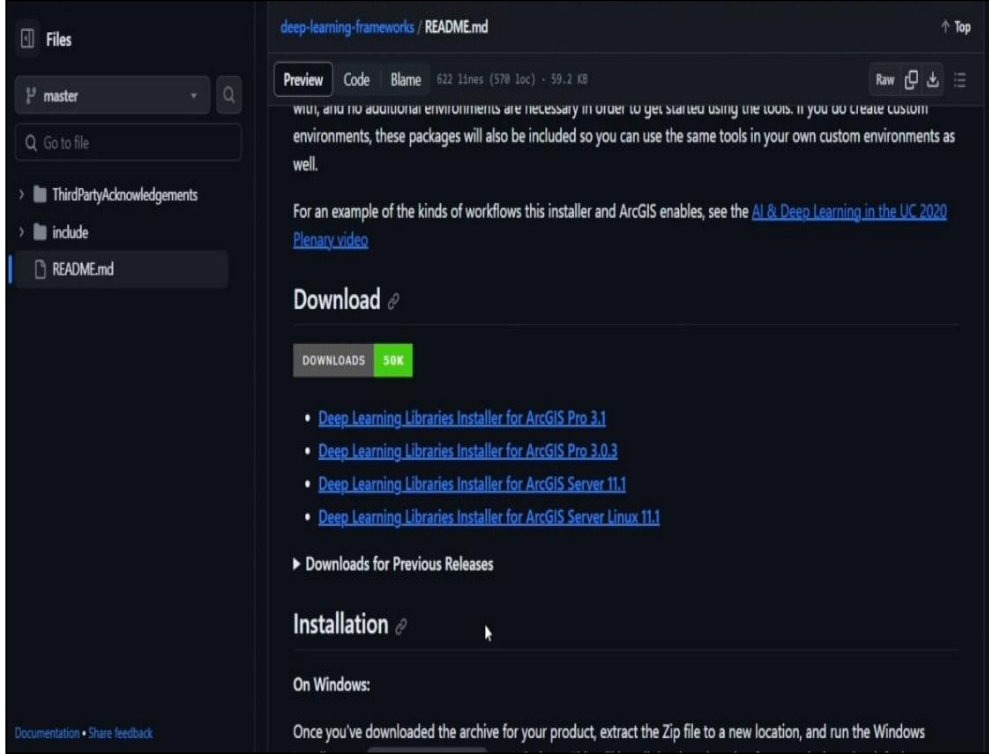
من خلال هذا الموقع يمكن تحميل صورة جوية للمنطقة المطلوب اشتقاق أبنيتها العمرانية.

ثانياً: تحميل مكتبات التعلم العميق (Install deep learning frame works for ARC GIS Pro) من الموقع:

Pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/help/analysis/deep-learning/install-deep-learning-frameworks.htm

ويتم اختيار روابط مكتبات التعلم العميق كما في الشكل التالي:

شكل (6): تحميل مكتبات التعلم العميق

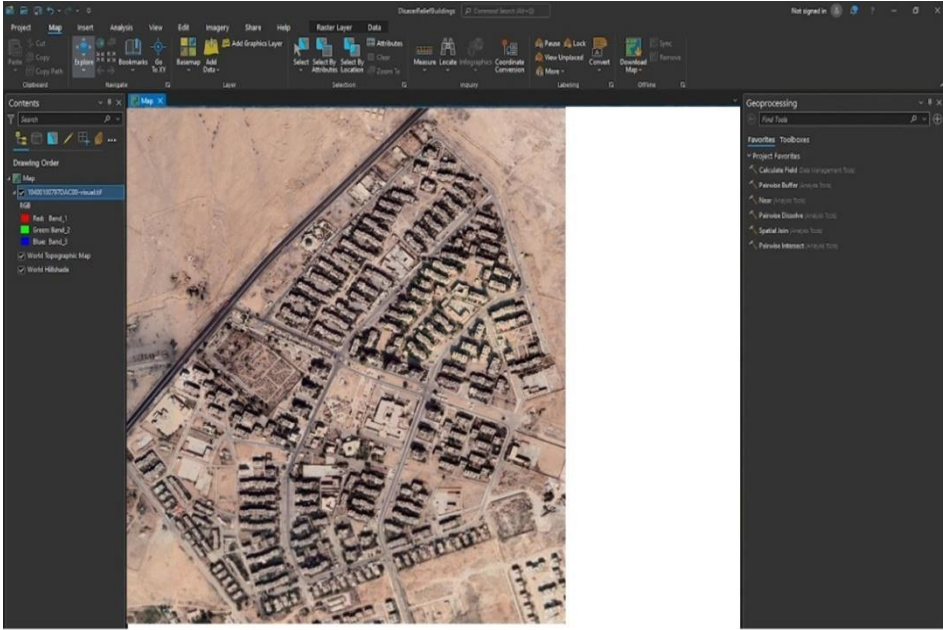


ثالثاً: تحميل أدوات الذكاء الصناعي (Geoai tools) وإضافتها إلى ARC: Toolbox

يتم اختيار أداة (Extract features using AI model)، وبالنسبة للموديلات (Models) تم

استخدام الذكاء الصناعي الجغرافي (GEO AI) في أتمتة استخراج الأبنية العمرانية...

شكل (7): إضافة صورة منطقة الدراسة وملف أدوات الذكاء الصناعي إلى نظام المعلومات الجغرافي



اختيار (Building footprint (Asia)) كون منطقة الدراسة تقع في آسيا.

يُلاحظ في هذه الطريقة أنه لم يتم أتمتة استخراج كافة الأبنية قد يكون السبب هو مساحة المنطقة.

شكل (8): ملف الأبنية التي تم اشتقاقها

Field:	Add	Calculate	Selections:	Select By Attributes
OID *	Shape *	Shape_Length	Shape_Area	
1	Polygon	74.246212	304.875	
2	Polygon	19.79899	22.5	
3	Polygon	44.547727	124	
4	Polygon	33.234019	69	
5	Polygon	16.970563	5.5	
6	Polygon	73.539105	279.5	
7	Polygon	62.932504	230.75	

Click to add new row.

لذلك يتم تصغير حجمها أي تم تقسم الصورة إلى قسمين وأتمتة استخراج أبنية كل صورة على حدى ثم من Polygon regularization options يتم اختيار Regularization model وبالتالي تمت عملية استخراج كافة الأبنية العمرانية الموجودة في المنطقة كما في الشكل (9)

شكل (9): الأبنية العمرانية التي تم اشتقاقها اعتماداً على أدوات الذكاء الصناعي Geo Ai Tools ومكتبات التعلم العميق Deep learning libraries ضمن بيئة برنامج ARC GIS Pro



النتائج:

1- أظهرت نتائج أتمتة استخراج الأبنية العمرانية اعتماداً على منصة الذكاء الصناعي الجغرافي (EoFactory) أنها دقيقة وعملية غير معقدة ولا تحتاج لوقت طويل مقارنةً مع الطرق التقليدية.

2- تتيح بيئة الذكاء الصناعي ضمن نظام المعلومات الجغرافي ARC GIS Intelligence من إمكانية تحميل أدوات الذكاء الصناعي الجغرافي ومكتبات التعلم العميق وتدريب الموديلات التي تعمل على أتمتة استخراج الأبنية في برنامج ARC GIS PRO لكن باختيار الأداة والنموذج المناسب. وقد تكون الأتمتة غير كاملة لكافة الأبنية في بعض الحالات مما يستوجب اقتصاص منطقة الدراسة (أي تصغير المساحة)، كما يمكن تدريب موديلات أخرى وإضافتها إلى مكتبة التعلم العميق.

المقترحات:

ضرورة الاعتماد على أدوات الذكاء الصناعي الجغرافي في أتمتة استخراج المظاهر من المرئيات الفضائية والصور الجوية وخاصةً (الأبنية العمرانية) لأهميتها الحيوية والتطبيقية التي تسهم بشكل فعال في حل المشكلات البيئية والعمرانية، بالإضافة إلى تقليل الوقت إذ لم تستهلك عملية استخراج الأبنية العمرانية من المرئيات الفضائية باستخدام المنهجين اللتين تم اعتمادهما في البحث سوى بضع دقائق وهذا توفير كبير للوقت مقارنةً بالطرق التقليدية المتبعة لرسم الأبنية العمرانية التي قد تستغرق ساعات وأيام وربما أكثر من ذلك حسب مساحة المنطقة وكثافة وعدد الأبنية العمرانية فيها. بالإضافة إلى توفير الجهد في استخراج أكبر كم من البيانات المطلوبة ضمن فترة قصيرة وبالتالي المساهمة في صنع واتخاذ القرارات المناسبة بعد وضع كافة التصورات والسيناريوهات لمعالجة المشكلة.

المصادر والمراجع:

1- عمارة، مهدي سيد، نحو إطار عمل لنمذجة معلومات المدن، كلية التخطيط الإقليمي والعمران، جامعة القاهرة، مجلة الأبحاث العمرانية، المجلد 45، تموز 2022م

2- مخدم، عبد الرؤوف، وهيشري، هيكل، والقرادي، مفرح، إنتاج بيانات الكتل العمرانية بواسطة صور الأقمار الصناعية ذات الدقة المكانية العالية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والتعلم العميق، مجلة وادي النيل للدراسات والبحوث الإنسانية والاجتماعية والتربوية، المجلد 41، العدد: 41، الصفحات: 385-412، 2024م.

1- Alipour, M., D. K. Harris, and G. R. Miller. 2019. "Robust pixel-level crack detection using deep fully convolutional neural networks." J.

Comput.CivilEng.33(6):04019040.https://doi.org/10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000854.

2- Couclelis, H., 1986. Artificial intelligence in geography: conjectures on the shape of things to come. *The Professional Geographer*, 380 (1), 1–11. doi:10.1111/j.0033-0124.1986.00001.x

3- Scellato, S., Noulas, A., and Mascolo, C., 2011. Exploiting place features in link prediction on location-based social networks. In: Proceedings of the 17th ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining. San Diego, CA: ACM, 1046–1054.

4- Scheider, S., Ballatore, A., and Lemmens, R., 2019. Finding and sharing gis methods based on the questions they answer. *International Journal of Digital Earth*, 120 (5), 594–613. doi:10.1080/17538947.2018.1470688

1- الموقع الإلكتروني لـ ESRI : WWW.ESRI.com