مجلة كلية الآداب بقنا (دورية أكاديمية علمية محكمة)

تكامل نظم المعلومات الجغرافية مع البرمجة والذكاء الاصطناعي الجيومكاني لدعم أساليب تحليل البيانات المكانية

الباحث/ محمد شمروخ محمد محمود

معيد بقسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية

كلية الآداب – جامعة جنوب الوادي

أ.د/ محمد الخزامي عزيز

أ.د/ إبراهيم دسوقي محمود

د. حمدان سعد نجار عثمان

DOI: 10.21608/QARTS.2023.224800.1721

مجلة كلية الآداب بقنا – جامعة جنوب الوادي – المجلد (٣٢) العدد (٦٠) يوليو ٢٠٢٣

الترقيم الدولي الموحد للنسخة المطبوعة ISSN: 1110-614X

الترقيم الدولي الموحد للنسخة الإلكترونية ISSN: 1110-709X

موقع المجلة الإلكتروني: https://qarts.journals.ekb.eg

تكامل نظم المعلومات الجغرافية مع البرمجة والذكاء الاصطناعي الجيومكاني لدعم أساليب تحليل البيانات المكانية

إعداد

الباحث/ محمد شمروخ محمد[I] أ.د/ محمد الخزامي عزيز[II]

أ.د/ إبراهيم دسوقي محمود[III] د/ حمدان سعد نجار عثمان[IV]

الملخص:

شهد مجال نظم المعلومات الجغرافية اتجاهًا حديثًا نحو التحليلات المكانية الذكية، والذي يتضمن معالجة التدفق المستمر للبيانات الجغرافية، ويعبر عنها بمصطلح البيانات الجغرافية الضخمة Big Geodata. ومن خلال عمليات المعالجة والتحليل لهذه البيانات يمكن استخراج معلومات بسرعة كافية للاستفادة منها في عملية اتخاذ القرار. وتمثل الخرائط الذكية Smart Maps منصات للمعلومات الجغرافية تسهم في اتخاذ القرار من خلال ما توفره من بيانات وإحصاءات ومعلومات عن المعالم والظاهرات الجغرافية، وتتعدد تطبيقات الخرائط الذكية فهناك تطبيقات خاصة بالمراقبة والرصد الآني للظاهرات المتغيرة مكانياً وزمنياً، وتطبيقات أخرى خاصة بالملاحة والتوجيه وتستخدم هذه التطبيقات تحليلات الشبكات لتحديد المسارات الأنسب للوصول الى موقع ما، وأخرى

[I] معيد بقسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية – كلية الآداب – جامعة جنوب الوادي

[II] أستاذ بقسم الجغرافيا كلية الآداب – جامعة الفيوم

[III] أستاذ بقسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية – كلية الآداب – جامعة جنوب الوادي

[IV] أستاذ مساعد بقسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية – كلية الآداب – جامعة جنوب الوادي

تتيح المشاركة المجتمعية وتوفر المعلومات عن المعالم والمناطق الأثرية وأخرى توفر الخدمات الحكومية.

وتوفر تطبيقات الذكاء الاصطناعي الجيومكاني Geo-Artificial intelligence أدوات وطرق تعزز من قدرات نظم المعلومات الجغرافية، من خلال نماذج ذكية يتم تدريبها على مجموعة من البيانات للتعرف على الظاهرات الجغرافية ومن ثم العمل على استخراجها من المرئيات الفضائية والصور الجوية، بالإضافة الى العديد من التطبيقات الأخرى. وتسهم البرمجة في تعزيز قدرات نظم المعلومات الجغرافية من خلال تطوير الأدوات التحليلية الموجودة أو بناء أدوات ووظائف جديدة، فضلاً عن إمكانية أتمتة Automation المهام لتسريع تنفيذها وتوفير الوقت والجهد.

وتعد الخوارزميات نقطة انطلاق للتحليلات المكانية المعقدة متعددة المعايير MCA لما توفره من نسق بناء يسمح بتنفيذ العمليات التحليلية وفقاً لتسلسلها ومن ثم مقارنة النتائج بالشروط المحددة عقب تحقيقها للمعايير المستخدمة وصولاً الى الخريطة النهائية التي توفر بدائل لمتخذ القرار، ويمكن تطبيق الخوارزمية ومشاركتها وتنفيذها على البيانات دون النظر الى حجم هذه البيانات.

الكلمات المفتاحية: التحليل المكاني الذكي، الخرائط الذكية، الذكاء الاصطناعي الجيومكاني، برمجة نظم المعلومات الجغرافية، خوارزميات التحليل المكاني.

***تمهيد:**

تمثل نظم المعلومات الجغرافية أحدث مجالات الحاسب الآلي التطبيقية، التي تساهم في دعم الدراسات الجغرافية المعاصرة بتوفير أساليب آلية لتحليل المعلومات المكانية Spatial Data بعد ربطها بالمعلومات الوصفية Descriptive data، وإعطاء نتائج متنوعة تعزز من استخلاص ودعم الفكر الجغرافي التطبيقي المعاصر (Aziz, 1998, p. 3)، وتسهم أساليب النمذجة المعلوماتية المكانية Spatial Data Modeling، في الاستفادة المثلى من البيانات، وخاصة التي تتباين من حيث النوع والكم والمصدر، ويصعب التعامل معها بدون تحقيق التكامل المعلوماتي Data Integration، ومن ثم تحليل المتغيرات المكانية لمفردات تلك المعلومات واستخلاص خصائص التغير، وتشخيص العوامل المكانية، وغير المكانية، التي أدت بشكل مباشر، أو غير مباشر إلى التغيير ووضع حلول لمواجهة سلبيات التغير (Aziz, 2007, pp. 11-12).

ويُعد تحليل البيانات الجغرافية مكونًا رئيسًا في عملية اتخاذ القرار، والتخطيط للعديد من التطبيقات، ولذلك توفر برمجيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) ، مثل ArcGIS، QGIS[1] ، منصات تحليل، ورسم خرائط غنية، وتمكننا التكنولوجيا الحديثة من جمع، وتخزين كميات هائلة من البيانات الجغرافية، وتتباين صيغ هذه البيانات بشكل كبير، وتتطلب التحليلات العديد من التكرارات، فتجعل هذه الخصائص عملية البرمجة ضرورية لاستكشاف هذه البيانات، وتسهيل تطبيق التحليلات المكانية، (Tateosian, 2015, p. 1) وتعد الخرائط الذكية وسيلة مهمة لذلك، فضلاً عن استخدام الذكاء الاصطناعي الجيومكاني ولغة البرمجة بايثون Python لتطوير خوارزميات جديدة تدعم أساليب تحليل البيانات الجغرافية بهدف دعم اتخاذ القرار.

---

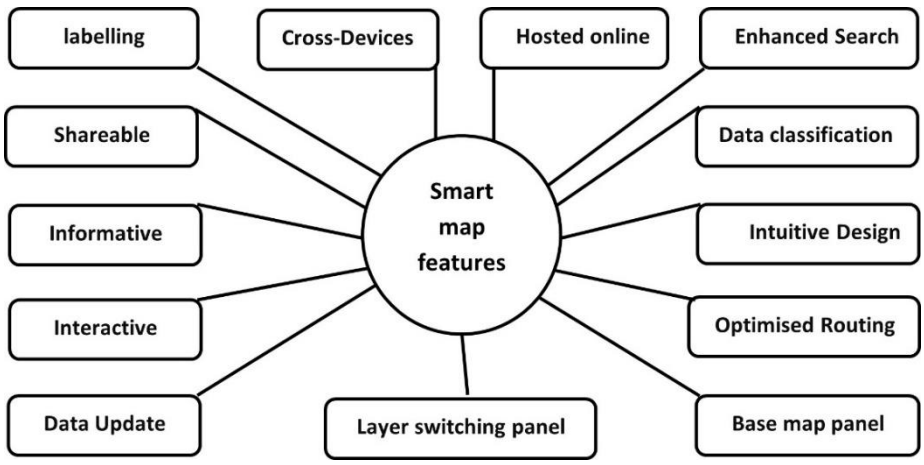
[1] QGIS هي حزمة برمجية مجانية ومفتوحة المصدر لمعالجة البيانات الجغرافية، تعمل على مختلف أنظمة التشغيل.

أولاً: الخرائط الذكية Smart Maps:

تعد الخرائط الذكية Smart Maps الجيل الحالي من الخرائط، بعد الخرائط التقليدية، وهي أدوات مهمة، تسهم في زيادة سرعة التقدم في عمليات التنمية المختلفة، وتساعد على توفير المعلومات التي يحتاجها متخذي القرار، فضلاً عن تفعيل دور المشاركة المجتمعية، وتوفر خدمات المعلومات الجغرافية للمدن الذكية، والبيانات المتنوعة التي يمكن الوصول لها من قبل العامة، من خلال البحث عن موضوعات محددة مثل المواقع الجغرافية، والمباني، والبيئة الطبيعية، والمرافق العامة (Rotună et al., 2017, p. 313) ، وهناك احتياجات متزايدة لنظم المعلومات الجغرافية على الويب (الخرائط الذكية)، لنشر، ومشاركة، وعرض، ومعالجة المعلومات الجغرافية بسرعة وسهولة، مما يساعد ويدعم عملية اتخاذ القرار للعديد من التطبيقات القائمة على الموارد الطبيعية(Singh et al., 2012, p. 261).

أ-خصائص الخرائط الذكية

تتعدد خصائص الخرائط الذكية وتتباين من خريطة لأخرى وفيما يلي عرض لأبرز هذه الخصائص.



المصدر: عمل الباحث اعتماداً على(ESRI, 2011, p. 1:44)

شكل (١): خصائص الخرائط الذكية

يظهر من الشكل (١) خصائص الخرائط الذكية وتتمثل هذه الخصائص في النقاط التالية:

١. **البحث المحسن Enhanced Search**: ويقصد به البحث في محتويات الخريطة (قاعدة البيانات الجغرافية) لاستخراج المعلومات منها من خلال لغة الاستعلامات الهيكلية (SQL)[١].

٢. **تصنيف البيانات:Data Classification** يتم تصنيف البيانات داخل قاعدة البيانات بالإضافة إلى الخريطة المعروضة.

٣. **تصميم بدهي :Intuitive Design** حيث يكون تصميم الخريطة الذكية بسيط ليتمكن العامة من فهم محتوياتها، وتصفحها بسهولة.

٤. **التوجيه المحسن Optimised Routing**: يتم إثراء الخريطة الذكية بالبيانات والمعلومات، وأبرز المعالم مما ينعكس على تحديد المسار الأنسب، فضلاً عن تدقيق وتحسين الشبكة.

٥. **نافذة تغيير الطبقات Layer switching panel:** نافذة للتبديل بين طبقات الخريطة.

٦. **نافذة تغيير خريطة الأساسBase map panel**: نافذة للتبديل بين خرائط الأساس.

٧. **تحديث البيانات Data Update**: القدرة على تحديث محتويات الخريطة حيث يتم التحديث من خلال مدير التحديثات بشكل يدوي، أو بشكل آلي من خلال خوارزمية تجمع المعلومات وتقوم بالتحديث.

٨. **تفاعلية Interactive**: تتفاعل مع المستخدم من خلال الاستعلام، أو النقر على الخريطة.

٩. **غنية بالمعلومات informative**: توفر جميع المعلومات التي يحتاجها المستخدم عن الظاهرة الممثلة عليها.

---

[١] **SQL هي اختصار Structured Query Language(أي لغة الاستعلامات الهيكلية) ، وهي اللغة المستخدمة لإجراء عمليات على قواعد البيانات، بما في ذلك إضافة أو تحديث أو حذف البيانات من قاعدة البيانات، أو لتعديل بينة قاعدة البيانات نفسها، بالإضافة لاستخدامها في بناء قواعد البيانات..(The Editors of Encyclopaedia Britannica, 2023)**

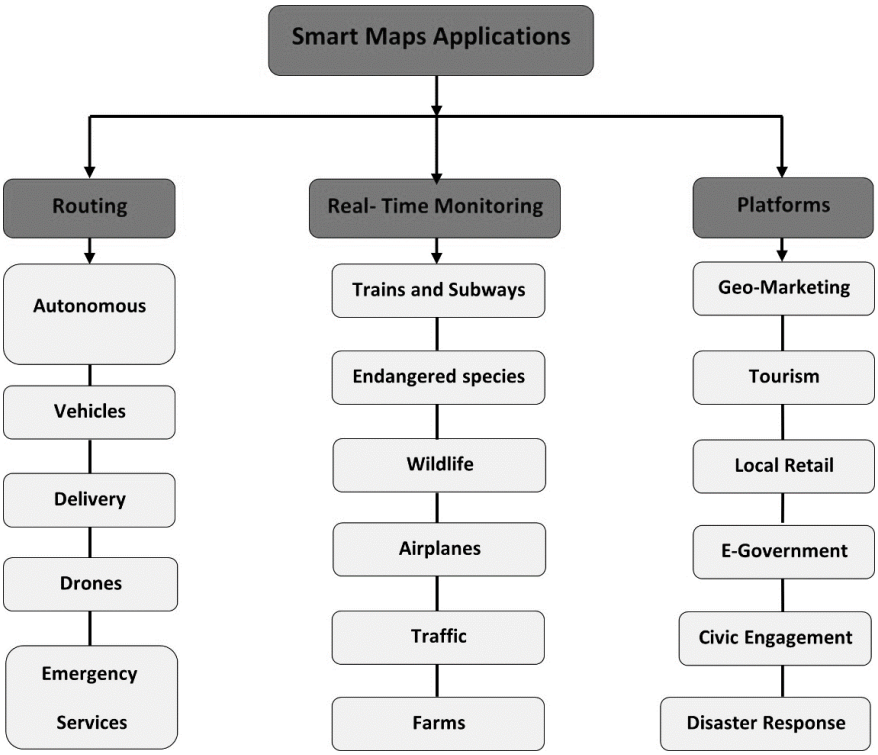
١٠. **قابلة للمشاركة Shareable**: يمكن للمستخدم مشاركتها عبر الإنترنت.

١١. **المسميات Labelling**: مسميات الظاهرات تكون مكتوبة على الخريطة ليتمكن المستخدم من التعرف عليها بسهولة.

١٢. **تعمل على مختلف الأجهزة Cross-Devices**: تعمل الخريطة الذكية على أجهزة الكمبيوتر، وعلى الأجهزة اللوحية، وعلى مختلف الأنظمة.

١٣. **متاحة عبر الإنترنت Hosted online**: **يتم** رفع الخريطة على خادم Server ثم تفعيلها.

ب- تطبيقات الخرائط الذكية: Smart Maps Applications



المصدر: عمل الباحث اعتماداً على(Marlborough Council District, 2021)،(ESRI, 2020)

شكل (٢): أنواع تطبيقات الخرائط الذكية

يظهر من الشكل (٢) أبرز أنواع تطبيقات الخرائط الذكية ويتم عرض البيانات فيها بشكل ثنائي الأبعاد 2D أو ثلاثي الأبعاد 3D وتم تقسيمها إلى ثلاث فئات وفقاً لنوع وطبيعة التطبيق.

١. المنصات :Platforms

تشمل التطبيقات التي تتعلق بجمع بيانات من المستخدم، وإمداده بالمعلومات بشكل تفاعلي، عن طريق البحث، أو نماذج الطلبات، التي يتم التفاعل معها من قبل النظام، ومنها تطبيقات الاستجابة للكوارث Tomaszewski Disaster Response) (et al., 2015، التي تجمع البيانات من المستخدمين، وتوجه المساعدات للمناطق المتضررة، فضلاً عن تحديد مناطق الخطر، وتوجيه السكان للمناطق الأمنة، ومنصات المشاركة المجتمعية Civic Engagement، التي تعمل على نشر التوعية المجتمعية، وحث المجتمع المحلي على المشاركة في عملية اتخاذ القرار، بالإضافة إلى استخدام الخريطة كبوابة لتلقي المقترحات، أو الإبلاغ عن المشكلات، وتطبيقات الحكومة الإلكترونية E-Government، التي تعمل على توفير الخدمات العامة من خلال المنصات، ومنصات متاجر بيع التجزئة Local Retail تساعد السكان على تحديد أقرب المتاجر، بالإضافة إلى منصات التسويق الجغرافي Geo-Marketing، التي تستخدم البيانات الجغرافية للسكان لتوجيه خدمة، أو سلعة نحو الفئة المستهدفة، وتمثل منصات السياحة Tourism أحد أبرز التطبيقات للخرائط الذكية لتوفيرها معلومات عن المناطق السياحية، ومواقعها، وطرق الوصول لها مما يشجع السياحة، فضلاً عن عرض أهم المعالم السياحية، وقيمتها التاريخية.

٢. تطبيقات الرصد الآني Real-Time Monitoring:

تشمل التطبيقات التي تتعلق بجمع البيانات بشكل آني لاتخاذ القرارات بشأنها وهو ما يتطلب السرعة والدقة، وتمثلها تطبيقات مراقبة حركة القطارات، ومترو الأنفاق، والطائرات التي توفر بث آني لمواقعها مما يساهم في إدارة الأزمات بشكل كبير، أو منع حدوثها، بالإضافة إلى تطبيقات الرصد الآني لكثافة المرور Traffic، وإيجاد الحلول

لمشكلات التكدسات واختناق الطرق عبر إيجاد بدائل أو مسارات تقلل من هذا التزاحم، والمراقبة الآنية للمزارع Farms(Mamatkulov et al., 2021) من خلال مستشعرات تحدد الحالة الصحية للنبات، وصور الأقمار الصناعية التي يتم من خلالها إدارة المزارع بشكل آلي، ومراقبة الحياة البرية وخاصة الكائنات المعرضة Endangered Species للانقراض حيث تتم مراقبة تحركاتها وتحديد الأخطار التي قد تواجهها وتوفير الحماية لها.

٣. **تطبيقات التوجيه Routing**:

تشمل التطبيقات التي تستخدم شبكات الطرق لتوصيل خدمة أو الوصول لموقع معين، ومن أبرز هذه التطبيقات المركبات ذاتية القيادةAutonomous Vehicles (Bonnifait et al., 2008) ، التي تعمل بشكل أساسي عن طريق إجراء مسح ليزري للطريق، بالإضافة إلى استخدام الخرائط في تحديد وجهتها، وتتشابه المركبات، وخدمات توصيل الطلبات Delivery في عملية التوجيه، أو الملاحة على شبكة الطرق، بالإضافة إلى خدمات الطوارئ Emergency Services، التي تستخدم الخرائط في تحديد أقصر المسارات وأنسبها مثل الإسعاف، وتأتي الطائرات ذاتية القيادة Drones لتمثل اتجاه مختلف في تطبيقات الخرائط الذكية حيث يتم تحديد المسارات التي تتخذها في عملية المسح الميداني من خلال الخريطة، وكذلك التحكم في ارتفاعها، فضلاً عن مراقبتها بشكل آني، وتسجيل تحركاتها.

ثانياً: الذكاء الاصطناعي الجيومكاني Geo-Artificial Intelligence:

في الوقت الحاضر، يوفر الذكاء الاصطناعي (AI) فرصًا وتحديات جديدة هائلة للأبحاث المكانية، التي يتم دعم تطورها السريع من خلال التقدم في النظريات العلمية، والبيانات الضخمة، وأجهزة الكمبيوتر (على سبيل المثال ، وحدة معالجة الرسومات أو GPU)، ومنصات الحوسبة عالية الأداء، التي تدعم تطوير وتدريب ونشر نماذج الذكاء الاصطناعي في غضون فترة زمنية منطقية، وشهدت السنوات الأخيرة تطورات كبيرة في مجال الذكاء الاصطناعي الجيومكاني (GeoAI) ، الذي يتمثل في دمج الدراسات المكانية

والذكاء الاصطناعي، لا سيما أساليب التعلم الآلي Machine Learning، والتعلم العميق Deep Learning، وأحدث تقنيات الذكاء الاصطناعي في الأوساط الأكاديمية والتطبيقية، ويمكن اعتبار الذكاء الاصطناعي الجيومكاني على أنه دراسة تهدف لتطوير برامج كمبيوتر ذكية قادرة على تقليد عمليات الإدراك البشري، والتفكير الجغرافي، واستكشاف الظاهرات الجغرافية، وتغيراتها؛ لتعزيز معرفتنا ؛ ولحل المشكلات في الأنظمة البشرية، والبيئية، وتفاعلاتهما، مع التركيز على السياقات المكانية، والأسس النظرية في الجغرافيا، أو علم المعلومات الجغرافية (GIScience)، وبالتالي، لتكون مختصًا في أبحاث الذكاء الاصطناعي الجيومكاني GeoAI فإن ذلك يتطلب الإلمام بنظريات الذكاء الاصطناعي AI بالإضافة إلى ممارسة وتطبيق كلٌّ من البرمجة والرياضيات فضلاً عن المعرفة الجغرافية. وهناك بالفعل دراسات تعاونية متزايدة للذكاء الاصطناعي الجيومكاني GeoAI في مجالات علم المعلومات الجغرافية، والاستشعار عن بعد، والبيئة الطبيعية، والمجتمع البشري. (Gao, 2021, p. 1).

المصدر: ترجمة الباحث اعتمادا على(Zhao et al., 2020, p. 327)

شكل (٣): العلاقة بين الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي والتعلم العميق

وتشكل المجال العلمي للذكاء الاصطناعي الجيومكاني (GeoAI) مؤخرًا، عن طريق الجمع بين الابتكارات في العلوم الجغرافية والنمو السريع لأساليب الذكاء الاصطناعي (AI)، لا سيما التعلم الآلي (على سبيل المثال، التعلم العميق) ، واستخراج البيانات ، والحوسبة عالية الأداء لجمع معلومات مفيدة من البيانات الجغرافية الضخمة

Big Geodata. ويعد الذكاء الاصطناعي الجيومكاني متعدد التخصصات فهو يربط العديد من المجالات العلمية بما في ذلك علوم الحاسوب والهندسة والإحصاء والعلوم الجغرافية، ويكمن ابتكار الذكاء الاصطناعي الجيومكاني جزئيًا في تطبيقاته لمعالجة مشاكل العالم الحقيقي.(Vopham et al., 2018, p. 1).

يعد الذكاء الاصطناعي الجيومكاني (GeoAI) تخصص علمي ناشئ، يجمع بين الابتكارات في العلوم المكانية، وأساليب الذكاء الاصطناعي في التعلم الآلي (مثل التعلم العميق Deep Learning)، واستخراج البياناتdata Mining، الحوسبة عالية الأداء لاستخراج المعلومات من البيانات المكانية الضخمة (Vopham et al., 2018, p. 1).

أ- الذكاء الاصطناعي Artificial Intelligence (AI):

يمكن تعريف الذكاء الاصطناعي Artificial Intelligence (AI) بأنه فرع من علوم الحاسوب يهتم بأتمتة السلوك الذكي، ويؤكد هذا التعريف على أن الذكاء الاصطناعي هو جزء من علوم الحاسوب، وعلى هذا النحو فيجب أن يقوم على المبادئ النظرية والتطبيقية لهذا العلم، وتشمل هذه المبادئ هياكل البيانات المستخدمة في تمثيل المعرفة، والخوارزميات اللازمة لتطبيق هذه المعرفة، بالإضافة إلى لغات وتقنيات البرمجة المستخدمة في تنفيذها(Luger, 2005, p. 1)، وفي تعريف آخر للذكاء الاصطناعي يصفه بأنه دراسة وتصميم الآلات، أو الطرق الحسابية، التي بإمكانها تنفيذ مهام عادة ما تتطلب الذكاء البشري لتنفيذها(Hu et al., 2019, p. 1).

ب- التعلم الآلي(ML) Machine Learning:

يعد التعلم الآلي Machine Learning (ML) مجموعة فرعية من الذكاء الاصطناعي، تمكن الآلة/الحاسوب من التعلم دون برمجتها بشكل صريح، من خلال التركيز على الاستخراج الآلي للأنماط من مجموعات البيانات، أي انه يستخدم وبشكل أساسي تقنيات إحصائية لتمكين أنظمة الحاسوب من التعلم من مدخلات البيانات، وإجراء التنبؤات، ونظراً لأن التعلم الآلي يمكنه التغلب على الخوارزميات المشفرة بشكل محدد

ومغلق ودعم عمليات اتخاذ القرار القائمة على البيانات، فقد تم استخدامه في مجموعة من المهام المتعلقة بالحوسبة، مثل تصنيف المحتوى، واكتشاف الشبكات، بالإضافة إلى التخطيط العاملي، والتحليلات المكانية، وعلى وجه التحديد فقد تم استخدام التعلم الآلي على نطاق واسع في عمليات تصنيف الغطاءات الأرضية، وعمليات النمذجة، والمحاكاة الجيوإحصائية، بالإضافة إلى مجالات التخطيط الحضري، وإدارة الكوارث، والتكيف مع التغير المناخي(Zhao et al., 2020, p. 328).

ج- التعلم العميق Deep Learning (DL):

يمثل التعلم العميق Deep Learning (DL) نوع خاص من التعلم الآلي Machine learning، يستخدم الشبكات العصبية المعقدة، ويشير مصطلح "عميق Deep" إلى عدد كبير من الطبقات داخل الشبكة العصبية، تسمح هذه الطبقات المتعددة للشبكات العصبية العميقة بتنفيذ المهام بطريقة هرمية، وتتطلب خوارزمية التعلم العميق عادةً دعمًا حسابيًا عالي الأداء؛ لذلك يتم استخدام المعالجات متعددة النواة لتسريع تقدم رسم الخرائط، وتبسيط الطبقات الهرمية، والتعلم العميق مثل التقنيات الأخرى في التعلم الآلي، حيث يعتمد على تحليل البيانات بدلاً من البرامج محددة المهام، وتسهل "الطبقات العميقة" استخراج الظاهرات، وهو تحد كبير في التعلم الآلي التقليدي، وبالتالي فقد حققت نجاحًا هائلاً في المهام المتعلقة بتحليل الصور، مثل استكشاف المشاهد، واستخراج الظاهرات، بالإضافة إلى كلٌّ من التقسيم أو العزل والتصنيف (Zhao et al., 2020, p. 328).

د- البيانات الجغرافية الضخمة Big Geodata: تُعرَّف البيانات الجغرافية Geodata على أنها بيانات عن سطح الأرض، وما به من ظاهرات، بتعبير أدق، البيانات الجغرافية هي ملاحظات حول ما هو موجود في المواقع الجغرافية، نظرًا لأن عدد المواقع المحتملة غير محدد، فغالبًا ما يتم رصد البيانات الجغرافية، أو جمعها في شكل ملاحظات مجمعة، أو موجزة عن الظاهرات النقطية (على سبيل المثال، الولايات ، ونقاط التوقف في الغابات) ، أو الظاهرات الخطية (مثل الأنهار ، والطرق السريعة)

، أو الظاهرات متعددة الأبعاد (على سبيل المثال ، خزانات النفط ، البنايات)؛ أو يمكن جمع عينات منها في مواقع محددة.(Goodchild, 2017, p. 19)

.

المصدر: عمل الباحث

شكل (٤): العلاقة بين البيانات الجغرافية الضخمة والبيانات الضخمة

وتعد البيانات الضخمة Big Data مصطلح صياغته حديثة نسبيًا، وكانت محور تدفق ملحوظ للطاقة والابتكار في العقد الماضي، وبمعنى أكثر وضوحًا للمصطلح فهو يتعلق بحجم البيانات، والتوسع السريع جدًا في تخزين البيانات، وقدرات المعالجة في السنوات الأخيرة. (Goodchild, 2017, p. 19)، يعد مفهوم البيانات الجغرافية الضخمة Big Geodata حديث نسبيًا، ويختص بمجموعة فرعية محددة جيدًا ومهمة من البيانات الضخمة Big data، والتي هي البيانات الجغرافيةBig Geodata، مثل مرئيات لاند سات Landsat، وحجم البيانات ليس غريبًا على البيانات الجغرافية ، واليوم القدرة على جمع البيانات الجغرافية والحصول عليها تتجاوز إلى حد كبير القدرة على تخزينها، أو معالجتها(Goodchild, 2017, p. 20). وبالتالي، فإن الحاجة إلى الذكاء الاصطناعي الجيومكاني Geo-Artificial Intelligence لمعالجة وتحليل هذه البيانات الجغرافية أمر ضروري للاستفادة منها، مع الأخذ في الاعتبار النمو المتزايد للبيانات الجغرافية والحاجة إلى مزيد من المعلومات للمساعدة في عمليات اتخاذ القرار.

هـ- تطبيقات الذكاء الاصطناعي الجيومكاني:

يظهر من الشكل (٥) أن تطبيقات الذكاء الاصطناعي الجيومكاني الحالية عديدة ومن أبرز هذه التطبيقات ما يلي:

١. **التنبؤ Prediction:** وهو استخدام قيم بيانات معروفة لاشتقاق قيم بيانات غير معروفة، وأبرز مثال هو طرق الاشتقاق .Interpolation Methods مثل كلٌّ من Kriging، IDW .

٢. **الإثراء الجغرافي Geo-Enrichment:** هي عملية إضافة البيانات الديموغرافية للخريطة بحيث يمكننا الاستعلام عن خصائص موقع معين داخل الخريطة.

٣. **التجمع Clustering:** هو إنشاء مجموعات من البيانات الضخمة وفقاً لسمة مشتركة بينها.

٤. **المحاكاة Simulation:** هي عملية محاكاة الواقع بغرض دراسته، مثل محاكاة السيول والفيضانات.

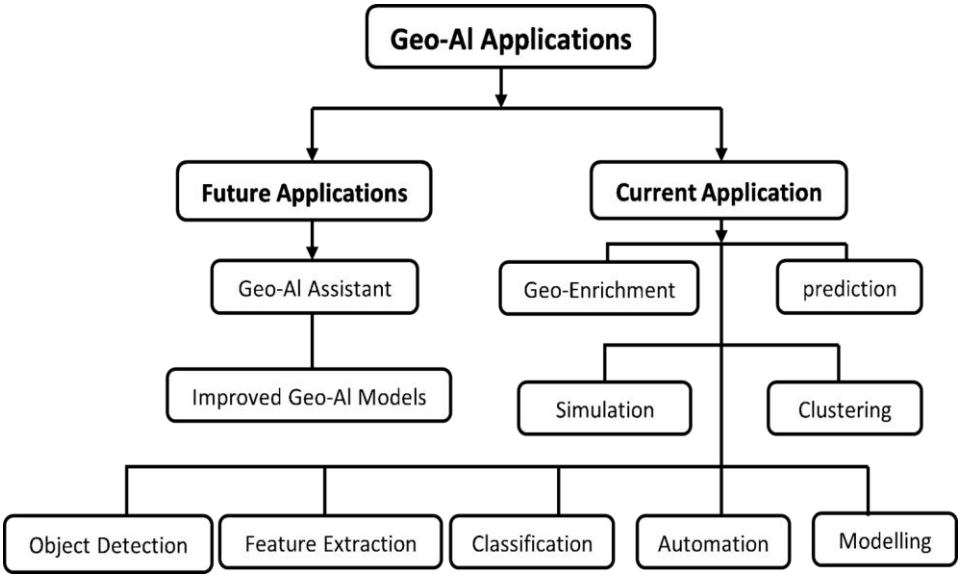
٥. **النمذجة Modeling:** هي تبسيط للواقع، وطريقة لتمثيل البيانات المكانية، والربط بينها لاكتشاف العلاقات والأنماط.

٦. **الأتمتة Automation:** هي تحويل العمليات التي تتم بشكل يدوي وتستغرق وقتًا وجهدًا هائلين إلى أدوات تنفذ هذه العمليات بشكل آلي أو أتوماتيكي.

٧. **التصنيف Classification:** هو عملية تصنيف المرئية لمجموعات وفقاً لخصائص مشتركة بينها، ويمثلها عمليات تصيف الغطاءات الأرضية اعتماداً على البيكسل Pixel أو الظاهرة Object.

٨. **اكتشاف الظاهرات Object Detection:** هو عملية التعرف على الظاهرات ومفرداتها من المرئيات.

٩. **استخراج الظاهرات Feature Extraction:** هو عملية استخلاص الظاهرات الجغرافية من المرئيات.



المصدر: عمل الباحث اعتمادا على (Hu et al., 2019, p. 4:9)، (Vopham et al., 2018, p. 3:5)

شكل (٥): تطبيقات الذكاء الاصطناعي الجيومكاني

وتمثل تطبيقات الذكاء الاصطناعي الجيومكاني المستقبلية اتجاه طموح لتعزيز قدرات برمجيات نظم المعلومات الجغرافية لتسريع عمليات معالجة الكم الهائل والمتزايد من البيانات الجغرافية، وفيما يلي عرض لمثالين من التطبيقات المستقبلية:

١٠. **المساعد الجغرافي الذكي Geo-AI Assistant**: وهو نظام ذكي يقوم بتطبيق التحليلات المكانية، واستخراج المعلومات من البيانات، بتطبيق عمليات المعالجة، والتحليل بشكل آلي دون الحاجة لمستخدم ذو خبرة في كيفية تطبيق هذه التحليلات، مثل المساعد الشخصي من جوجل Google Assistant، وقد يكون المساعد الجغرافي الذكي قادر على فهم احتياجات ممارس نظم المعلومات الجغرافية، ويعمل على تشكيل المهام وتحديدها تلقائيًا، وتحديد الأدوات المطلوبة من صندوق أدوات نظم المعلومات الجغرافية وتطبيقها.(Hu et al., 2019, p. 8) .

١١. **نماذج جغرافية ذكية محسنة Improved Geo-Ai Models**: يقصد بها البنية المحسنة للنماذج (أو عملية التدريب)، بحيث يمكن نقل نماذج الذكاء

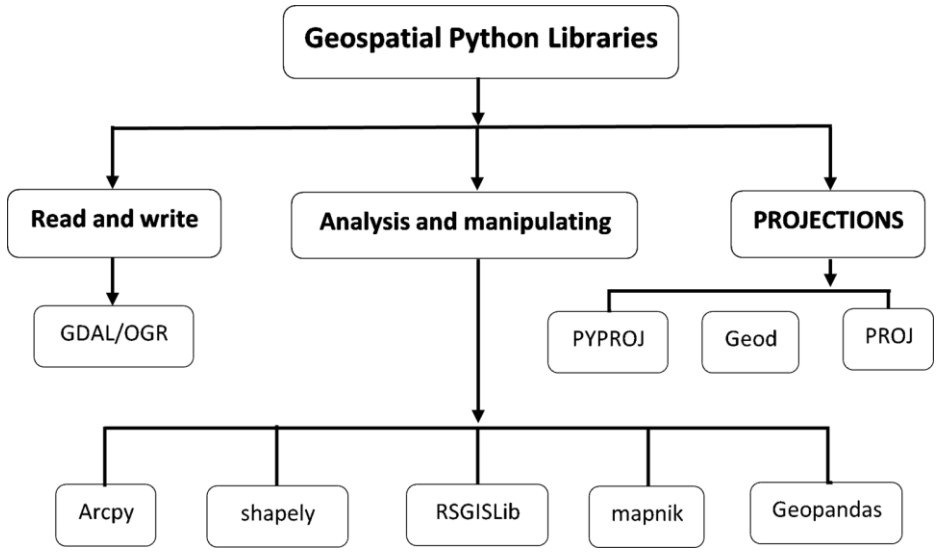
الاصطناعي الجيومكاني التي تم تطويرها عبر مناطق جغرافية مختلفة (Hu et al., 2019, p. 9). ويمكن وصفها بأنها نماذج جغرافية ذكية يتم تدريبها على البيانات وتستطيع تحديد خصائص المناطق الجغرافية المختلفة وتأثيراتها، وبالتالي يمكنها العمل دون الحاجة لعمل نماذج جديدة والتدريب على البيانات في كل منطقة جغرافية على حدة، ويمكن لمرونة سير عمل خوارزميات الذكاء الاصطناعي الجيومكاني أن تعالج خصائص التأثيرات البيئية (مثل الخصائص الجغرافية)، التي يتم تجاهلها غالبًا أثناء النمذجة مثل عدم الثبات المكاني للظاهرات وتباين الخصائص بين البيئات. (Vopham et al., 2018, p. 4).

ثالثاً: البرمجة في نظم المعلومات الجغرافية:

تتطلب التحليلات المكانية في بيئة نظم المعلومات الجغرافية معالجة كم هائل من البيانات التي تتدفق بشكل سريع ومتزايد، وعادة ما يتطلب الأمر تكرار هذه التحليلات بشكل دوري مما يجعلها عملية صعبة تستهلك الوقت والجهد، وتوفر لغات البرمجة في هذا الصدد إمكانيات هائلة تسهل عمليات المعالجة للبيانات، وتكرارها من خلال أتمتة العمل مما يوفر الوقت والجهد، وهناك العديد من لغات البرمجة التي تستخدم في التحليلات المكانية، ومعالجة البيانات الجغرافية، ومن أبرز هذه اللغات لغة البايثون Python ولغة الأر R.

أ- لغة البايثون:Python

تعرف لغة البايثون Python على أنها لغة عالية المستوى High-Level، مفسرة، وكائنية التوجه (OOP)، وذات دلالات متغيرة، وتجعلها هياكل البيانات عالية المستوى المدمجة جنبا إلى جنب مع الكتابة الديناميكية والربط الديناميكي مميزة للغاية للتطوير السريع للتطبيقات، بالإضافة إلى استخدامها كلغة برمجة نصية Scripting Languageلربط المكونات معاً(Python Software Foundation, 2021).



المصدر: عمل الباحث اعتماداً على (Python Software Foundation, 2021)

شكل (٦): مكتبات الأكواد المكانية للبايثون

وتستخدم البايثون كلغة برمجة نصيةscripting language للقيام بالتحليلات المكانية (Mohamed Shamroukh, 2022)، ومعالجة البيانات، من خلال مجموعة كبيرة من المكتبات البرمجية Python libraries [1]، التي يتم تطويرها من قبل مجتمع البايثون، وتتوفر هذه المكتبات بشكل مفتوح المصدر، ومجاني، ومن أبرز المكتبات البرمجية المستخدمة في التحليلات المكانية مكتبة shapely, Geopandas, mapnik، بالإضافة إلى مكتبة الارك باي Arcpy وهي مكتبة برمجية تم تطويرها من قبل معهد الدراسات والبحوث البيئية esri لتعزيز قدرات برنامج ARC/GIS، وذلك عن طريق إجراء عمليات معالجة البيانات والتحليلات المكانية من خلال لغة البايثون باستخدام هذه المكتبة البرمجية.

[1] المكتبة البرمجية في لغة البايثون تتكون من مجموعة وحدات modules، والوحدات modules هي عبارة عن ملفات مكتوبة بلغة البايثون تحتوي على تعليمات/أوامر برمجية مصممة لتنفيذ مهمة محددة دون الحاجة لكتابة الكود من جديد، ويمكن استدعاؤها، وإعادة استخدامها.

يتضح من الشكل (٦) أن مكتبات الأكواد المكانية للبايثون تنقسم إلى ثلاثة أقسام رئيسة، تهتم المكتبات البرمجية للقسم الأول بقراءة الملفات، والتعديل عليها، ومن أبرز هذه المكتبات GDAL/OGR للبيانات الخطية، والشبكية، بينما تهتم المكتبات البرمجية في القسم الثاني بالمساقط، والإحداثيات، وتمثلها كلٌّ من PYPROJ, Geod, PROJ، وتهتم المكتبات البرمجية في القسم الأخير بمعالجة البيانات، وإجراء التحليلات المكانية، ومنها Arcpy, Shapely, RSGISLIB, mapnik, Geopandas.

```
# Import system modules
import arcpy
import os
# Set local variables
in_features = "services.shp"
clip_features = "city.shp"
out_feature_class = "E:/output/cityservices.shp"
# Execute Clip
arcpy.Clip_analysis (in_features, clip_features, out_feature_class, "")
print ("Analysis completed")
```

شكل (٧): نص برمجي لاستخدام مكتبة Arcpy

يظهر من الشكل (٧) استخدام لغة البايثون، ومكتبة الارك باي Arcpy في إجراء اقتصاص لمجموعة بيانات للخدمات داخل حدود المدينة ثم طباعة رسالة توضح انتهاء تنفيذ العمليات المحددة.

ب- لغة الأر R :

هي لغة وبيئة برمجية متكاملة لمعالجة البيانات، وإجراء الحسابات، والعرض الرسومي لها، ولديها القدرة على التعامل مع البيانات وتخزينها بسهولة، ومن بين العديد من المميزات فلغة الأر R بها مجموعة ضخمة من الأدوات الحسابية، وأدوات تحليل البيانات، فضلاً عن إمكانيات العرض الرسومي لنتائج تحليلات البيانات (Venables et al., 2021, p. 2).

وتستخدم لغة الأر في عرض، وتحليل البيانات الجغرافية، وتعمل على تعزيز قدرات برمجيات نظم المعلومات الجغرافية من خلال إضافة وظائف جديدة، أو تسريع عمليات معالجة البيانات المكانية من خلال مجموعة من الحزم البرمجية R packages[1]، التي تتزايد بشكل مستمر. ويبلغ عدد الحزم البرمجية للغة الأرR نحو ١٧٨٦٥حزمة برمجية متنوعة(CRAN, 2021).

وتتضمن لغة الأرR العديد من الوظائف، التي يتم استخدامها لقراءة، وعرض، وتحليل البيانات المكانية، وينصب التركيز هنا على البيانات الجغرافية التي حينما يتم الاستعلام عن موقع جغرافي فيها تكون نتيجة الاستعلام معلومات إضافية عن هذا الموقع، وتعد الحزمة البرمجية rgdal من أبرز الحزم البرمجية المستخدمة لقراءة البيانات المكانية، والتعديل عليها، ومن أمثلة الحزم البرمجية التي تتعامل مع ملفات البيانات الشبكية Raster Data كلٌّ من raster, terra, stars، بينما تتعامل الحزمة البرمجية sp مع البيانات الخطية Vector Data ، ومن أمثلة الحزم البرمجية للعرض الرسومي للبيانات (Bivand, RColorBrewer, sp, raster, viridis, classInt , rcosmo .2021)

```
longitude <- c(-116.7, -120.4, -116.7, -113.5, -115.5, -120.8, -119.5, -113.7, -113.7, -110.7)
latitude <- c(45.3, 42.6, 38.9, 42.1, 35.7, 38.9, 36.2, 39, 41.6, 36.9)
lonlat <- cbind(longitude, latitude)
library(sp)
pts <- SpatialPoints(lonlat)
crdref <- CRS('+proj=longlat +datum=WGS84')
pts <- SpatialPoints(lonlat, proj4string=crdref)
```

شكل (٨): نص برمجي لاستخدام حزمة sp

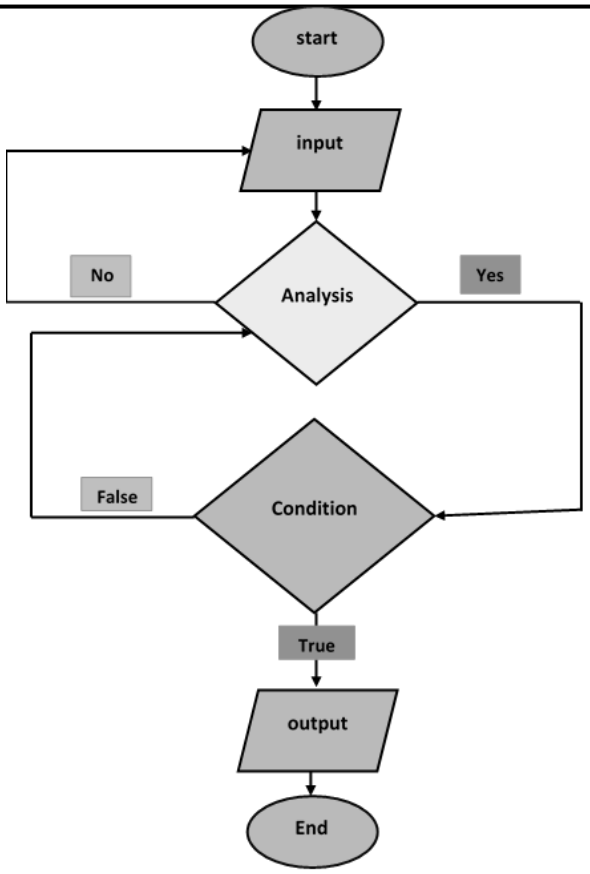
[1] الحزمة البرمجية R packages هي عبارة عن مجموعة من الوظائف، والتعليمات البرمجية التي تم تطويرها من قبل مجتمع الأرR، لتعزيز قدرات لغة الأرR عن طريق إضافة وظائف جديدة يمكن استخدامها، ومشاركتها بين مستخدميها.

يظهر من الشكل (٨) استخدام لغة الأرR والحزمة البرمجية sp في تمثيل بيانات مكانية نقطية من خلال إحداثيات النقاط.

رابعاً: الخوارزميات Algorithms:

الخوارزمية[1] Algorithm هي تسلسل واضح، ودقيق، لا لبس فيه، وقابل للتنفيذ ميكانيكيًا للتعليمات الأولية ، وعادة ما يُقصد به تحقيق غرض محدد (Erickson, 2019, p. 1) ، أو هي إجراء لإنجاز مهمة محددة، وتعد الخوارزمية هي الفكرة وراء أي برنامج كمبيوتر، وبشكل عام يجب على الخوارزمية أن تحل مشكلة محددة (Richard Szeliski, 2020, p. 3) ، وفي تعريف آخر الخوارزمية هي عبارة عن مجموعة من القواعد التي يمكن اتباعها لحل مشكلة معقدة (Kennedy, 2000, p. 2).

[1] **الخوارزمية هي كلمة مشتقة من الكلمة اللاتينية algorismus التي بدورها مشتقة من اسم الخوارزمي، وهو عالم رياضيات وفلك وجغرافي مسلم، وهو مؤسس علم الجبر وله إسهامات عديدة في الجغرافيا.(The Editors of Encyclopaedia Britannica, 2022)**

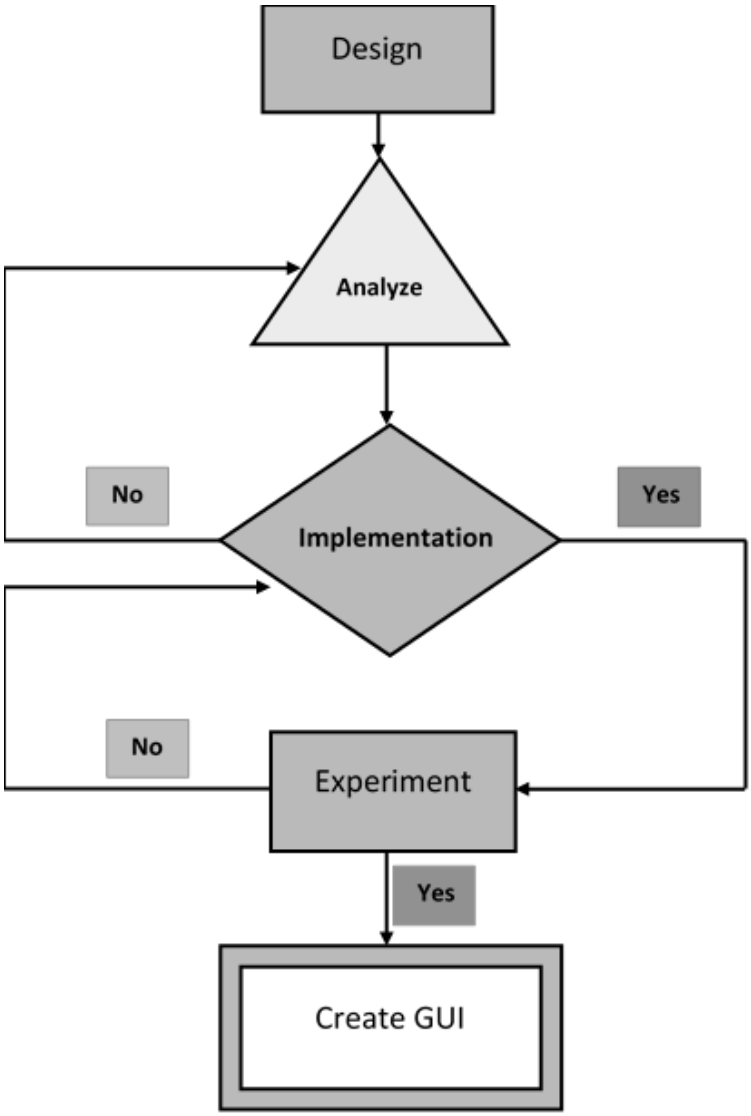


المصدر: عمل الباحث اعتماداً على (Richard Szeliski, 2020, p. 265)

شكل (٩): بنية الخوارزمية

أ- الخوارزميات والتحليلات المكانية:

تستخدم الخوارزميات في التحليلات المكانية لوضع وبناء تسلسل للخطوات التي يجب اتباعها لتطبيق تحليل مكاني يهدف لحل المشكلات المحيطة، ومن أمثلة الخوارزميات المستخدمة في التحليلات المكانية؛ خوارزميات الاشتقاق Interpolation المستخدمة في تحليلات السطوح مثل IDW, Kriging, Spline، بالإضافة إلى العديد من تطبيقات التحليلات المكانية، التي تستخدم الخوارزميات في حل المشكلات المكانية لما توفره من إمكانيات تسهل حل المشكلات وكذلك تكرار تطبيق التحليلات بسهولة.



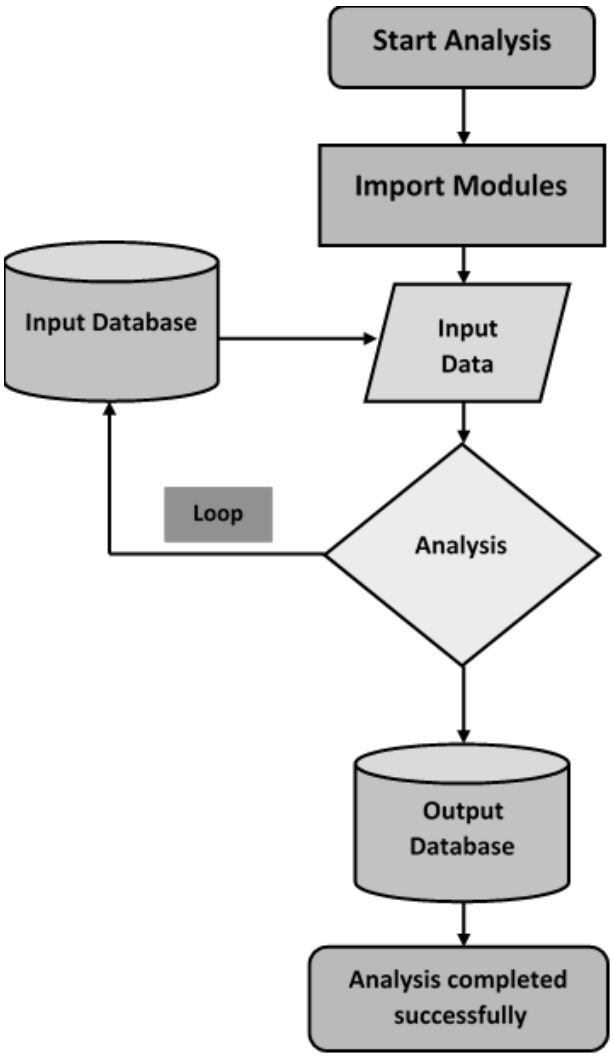
المصدر: عمل الباحث اعتماداً على (Richard Szeliski, 2020, p. 3:26)، (Erickson, 2019, p. 350:360)

شكل (١٠): مراحل بناء خوارزمية التحليل المكاني

يظهر من الشكل (١٠) أن مراحل بناء خوارزمية التحليل المكاني ست مراحل متداخلة فيما بينها، ومتسلسلة، وفيما يلي تفصيل لهذه المراحل:

١. التصميم Design:

يقصد بمرحلة التصميم التسلسل المبدئي للخوارزمية، واتجاهات حركة مفرداتها، وآلية ترابطها، بداية من المدخلات وصولاً إلى النتائج، ويمثل هذه التسلسل في شكل تخطيطي للخوارزمية.



المصدر: عمل الباحث اعتماداً على شكل (٩)

شكل (١١): تصميم خوارزمية التحليل المكاني

٢. التحليل Analysis:

يتم في هذه المرحلة تحليل التصميم المبدئي للخوارزمية، وتحديد متطلبات تنفيذها، ووفقاً للتصميم السابق فان هذه الخوارزمية تتطلب الاتي:

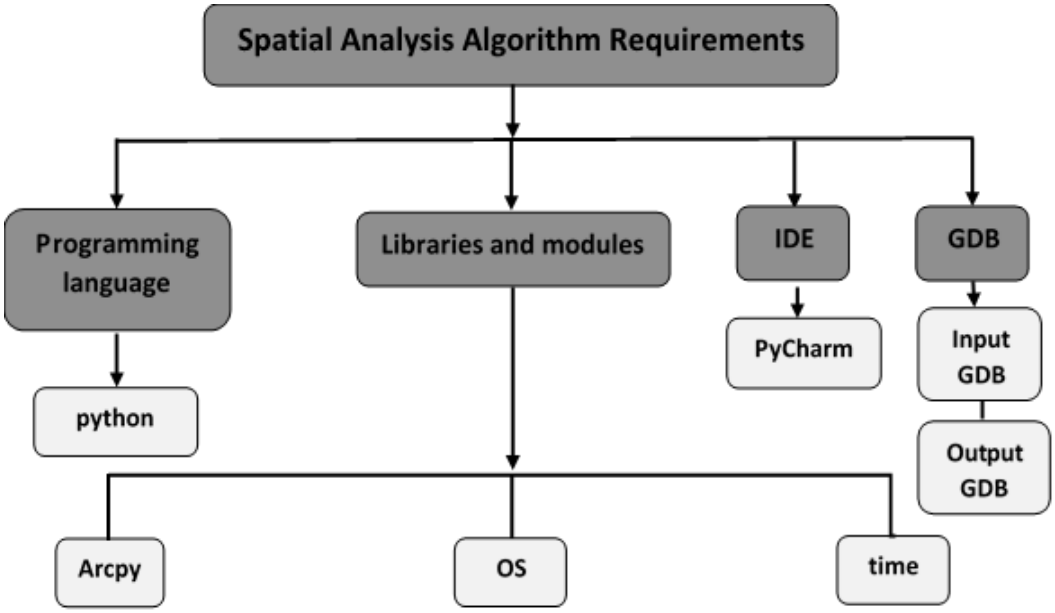
أ- قاعدة بيانات جغرافية للملفات التي سيتم تطبيق الخوارزمية عليها.

ب- قاعدة بيانات جغرافية للملفات الناتجة من تطبيق التحليلات المكانية.

ج- بيئة تطوير متكاملة integrated development environment (IDE)

د- لغة البرمجة بايثون Python.

هـ- المكتبة البرمجية Arcpy، OS Module للتعامل مع نظام التشغيل، Time Moduleوذلك لحساب الوقت الذي تستغرقه الخوارزمية في تنفيذ التحليلات.



المصدر: عمل الباحث اعتماداً على شكل (١١)

شكل (١٢): متطلبات بناء خوارزمية التحليل المكاني

٣. التنفيذ Implementation:

يتم في هذه المرحلة كتابة الكود البرمجي للخوارزمية، التي تم تصميمها، وذلك باستخدام لغة البرمجة بايثون Python، وبالاستعانة بالمكتبة البرمجية .Arcpy

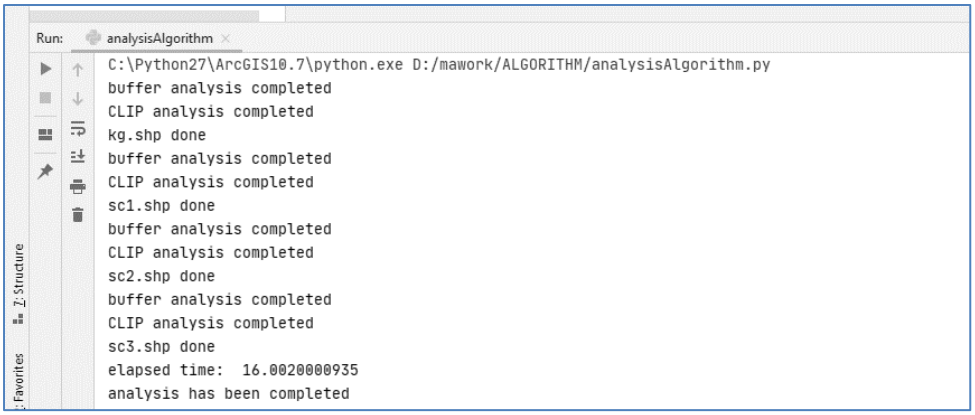
```
# created by: Mohamed shamroukh Supervised by Prof.Mohamed Alkhuzamy Aziz
# importing analysis module
import arcpy
import time
import os
start_time = time.time()
# Set the workspace for ListFeatureClasses
arcpy.env.workspace = r"D:\mawork\ALGORITHM\data"
arcpy.env.overwriteOutput = True
AnalysisOutput = r"D:\mawork\ALGORITHM\OUTPUT.gdb"
CityBorder = r"D:\mawork\border.shp"
# Use the ListFeatureClasses function to return a list of shapefiles.
FeatureClasses = arcpy.ListFeatureClasses()
# loop through the list of shape files
for ifc in FeatureClasses:
    BUFFER = os.path.join(AnalysisOutput, os.path.splitext(ifc)[0] + 'BUF')
    arcpy.Buffer_analysis(ifc, BUFFER, 500, "FULL", "ROUND", "ALL", "", "PLANAR")
    print "buffer analysis completed"
    CLIP = os.path.join(AnalysisOutput, os.path.splitext(ifc)[0] + 'CLP')
    arcpy.Clip_analysis(BUFFER, CityBorder, CLIP, "")
    print "CLIP analysis completed"
    arcpy.AddGeometryAttributes_management(CLIP, "AREA", "METERS", "SQUARE_KILOMETERS", "")
    print "area field added "
    print ifc + ' done'
# time elapsed
elapsed_time = time.time() - start_time
time.strftime("%H:%M:%S", time.gmtime(elapsed_time))
print "elapsed time: ", elapsed_time
print "Analysis completed successfully"
```

المصدر: عمل الباحث اعتمادا على لغة البايثون وباستخدام برنامج PyCharm

شكل (١٣): النص البرمجي لخوارزمية التحليل المكاني

٤. التجربة Experiment:

يتم في هذه المرحلة اختبار الخوارزمية، والتحقق من النص البرمجي عن طريق التجربة، وبتشغيل النص البرمجي للخوارزمية تم اكتشاف، وفهرست الملفات الموجودة داخل قاعدة البيانات الجغرافية، أو المجلد، ومن ثم تطبيق التحليلات المكانية على جميع الملفات المحددة، ثم حفظ النتائج في قاعدة البيانات المخصصة للمخرجات، واستغرقت العملية نحو (١٦) ثانية لتطبيق التحليلات على عدد (٤) ملفات أي (٤) ثوان لكل ملف وذلك كنص برمجي قائم بذاته Stand Alone، ونحو٨ ثوان داخل بيئة ARC/GIS أي ثانيتين لكل ملف.

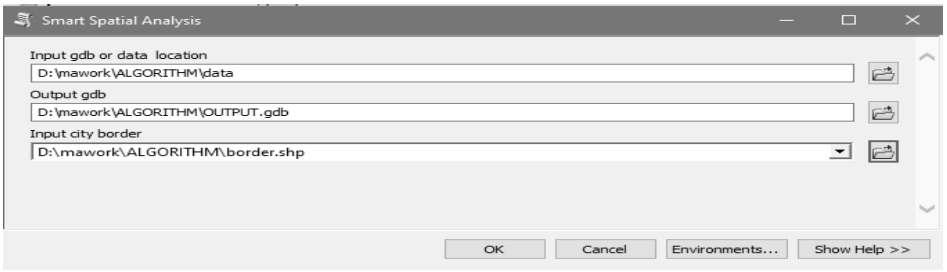


المصدر: عمل الباحث اعتمادا على لغة البايثون وباستخدام برنامج PyCharm

شكل (١٤): التقرير النصي لخوارزمية التحليل المكاني

٥. الواجهة الرسومية Graphical User Interface (GUI):

توفر الواجهة الرسومية[1] نافذة تنفيذية للمستخدم حتى يتمكن من التعامل مع الخوارزمية، وتُمكن المستخدم من تحديد المتغيرات، ثم إجراء التحليل.



المصدر: عمل الباحث اعتمادا على لغة البايثون وباستخدام برنامج PyCharm، Arc/GIS

شكل (١٥): الواجهة الرسومية لخوارزمية التحليل المكاني

[1] **الواجهة الرسومية graphical user interface (GUI) هي نمط من واجهات المستخدم، والتي من خلالها يتمكن من التفاعل مع محتويات الشاشة أو النافذة عبر أشكال رسومية. (The Editors of Encyclopaedia Britannica, 2020)**

المصادر والمراجع:

- Aziz, M. A. (1998). *Geographical information systems basics and applications for geographers*. Knowledge facility.
- Aziz, M. A. (2007). *Applied studies in geographic information systems*. house of knowledge.
- Bivand, M. R. (2021). *CRAN Task View : Analysis of Spatial Data*. Cran.r-Project.Org. https://cran.r-project.org/web/views/Spatial.html
- Bonnifait, P., Jabbour, M., & Cherfaoui, V. (2008). Autonomous navigation in urban areas using GIS-managed information. *International Journal of Vehicle Autonomous Systems*, *6*(1–2), 83–103. https://doi.org/10.1504/IJVAS.2008.016479
- CRAN. (2021). *Available Packages on CRAN*. Cran.r-Project.Org. https://cran.r-project.org/web/packages/#:~:text=Currently%2C the CRAN package repository features 17444 available packages
- Erickson, J. (2019). *Algorithms-UIUC*. Jeff Erickson.
- ESRI. (2011). Intelligent Web Maps and ArcGIS Online. *Arc News*, *33*(48).
- ESRI. (2020). *Smart Mapping*. https://www.esri.com/en-us/smart-mapping
- Gao, S. (2021). Geospatial Artificial Intelligence (GeoAI). *Oxford Bibliographies in Geography*, *4*(2005), 1–16. https://doi.org/10.1093/obo/9780199874002-0228
- Goodchild, M. F. (2017). Big Geodata. *Comprehensive Geographic Information Systems*, *3*, 19–25. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.09595-6
- Hu, Y., Li, W., Wright, D., Aydin, O., Wilson, D., Maher, O., & Raad, M. (2019). Artificial Intelligence Approaches. *Geographic Information Science & Technology Body of Knowledge*, *2019*(Q3), 12. https://doi.org/10.22224/gistbok/2019.3.4
- Kennedy, H. (2000). *The ESRI Press Dictionary of GIS Terminology*. ESRI Press.
- Luger, G. F. (2005). Artificial Intelligence: Structures and Strategies for Complex Problem Solving. In *Zywienie Czlowieka I Metabolizm* (Vol. 5th). Pearson Education, Inc.
- Mamatkulov, Z., Safarov, E., Oymatov, R., Abdurahmanov, I., & Rajapbaev, M. (2021). Application of GIS and RS in real time crop monitoring and yield forecasting: A case study of cotton fields in low and high productive farmlands. *E3S Web of Conferences*, *227*. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202122703001

- Marlborough Council District. (2021). *Smart Maps*. https://maps.marlborough.govt.nz/smartmaps
- Mohamed Shamroukh. (2022). *Developing a Smart Automated GIS Map for The Public Services in Qena City*. South valley university.
- Python Software Foundation. (2021). *What is Python?* Python.Org. https://www.python.org/doc/essays/blurb/
- Richard Szeliski. (2020). Texts in Computer Science. In *Algorithms and applications* (Third, Vol. 42). Springer Nature Switzerland.
- Rotună, C. I., Cîrnu, C. E., & Gheorghiță, A. (2017). Implementing smart city solutions: Smart city map and city drop. *Calitatea Vietii*, *28*(3), 313–327.
- 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*, *04*(03), 261–266. https://doi.org/10.4236/jgis.2012.43031
- Tateosian, L. (2015). Python For ArcGIS. In *Python For ArcGIS*. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-18398-5
- The Editors of Encyclopaedia Britannica. (2020). *graphical user interface summary*. Encyclopaedia Britannica. https://www.britannica.com/summary/graphical-user-interface
- The Editors of Encyclopaedia Britannica. (2022). *algorithm*. Encyclopaedia Britannica. https://www.britannica.com/science/algorithm
- The Editors of Encyclopaedia Britannica. (2023). *SQL*. Encyclopedia Britannica. https://www.britannica.com/technology/SQL
- Tomaszewski, B., Judex, M., Szarzynski, J., Radestock, C., & Wirkus, L. (2015). Geographic Information Systems for Disaster Response: A Review. *Journal of Homeland Security and Emergency Management*, *12*(3), 571–602. https://doi.org/10.1515/jhsem-2014-0082
- Venables, W. N., Smith., D. M., & Team., the R. C. (2021). An Introduction to R. In *cran.r-project.org* (4.1.0). r-project.org.
- 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), 1–6. https://doi.org/10.1186/s12940-018-0386-x
- Zhao, B., Zhang, S., Xu, C., & Liu, X. (2020). *Spoofing in Geography: Can We Trust Artificial Intelligence to Manage Geospatial Data?* Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-52734-1_19

Integrating GIS, GeoAI, and Geospatial Programming to Support Methods of Spatial Data Analysis

Abstract:

The field of geographic information science has seen a recent trend towards smart spatial analysis, which involves processing large amounts of spatial data, or Big Geodata, to extract information for decision-making. Smart Maps provide data and statistics on geographical features and phenomena, including networks to determine optimal routes, community participation and historical site information, and government services .

Geospatial Artificial intelligence applications enhances GIS capabilities through smart models trained on data to identify geographic phenomena and extract information from satellite data. Additionally, programming plays a significant role in enhancing GIS capabilities by developing analytical tools, building new functions, and automating tasks. Algorithms serve as a starting point for complex spatial analysis with multi-criteria analysis, providing a constructive format for implementing analytical operations and comparing results to reach a final map of alternatives for decision-makers, and can be applied to Big Geodata.

Keywords: Smart Spatial Analysis, Smart maps, Geo-Artificial intelligence, Geospatial programming, spatial analysis Algorithms.