مجلة الدراسات المستدامة
P-ISSN(Print) : 2663-2284
E-ISSN(online): 2663-7413
السنة (٨) المجلد (٨) العدد (٢) نيسان. لسنة ٢٠٢٦م -١٤٤٧هـ

دور الخرائط الرقمية وتقنيات الذكاء الاصطناعي في تعزيز التنمية المستدامة

م.د وفاء كامل فيصل
جامعة الانبار / كلية التربية للبنات / قسم الجغرافية
Edw.wafa.kaml21@uonanbar.edu.iq

الملخص

يهدف هذا البحث إلى دراسة دور الخرائط الرقمية وتقنيات الذكاء الاصطناعي في تعزيز التنمية المستدامة، من خلال تحليل الإطار النظري، التطبيقات العملية، والتحديات وآفاق المستقبل. يتناول البحث مفاهيم التنمية المستدامة وأبعادها البيئية والاقتصادية والاجتماعية، ويستعرض كيفية استخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والذكاء الاصطناعي (AI) في إدارة الموارد الطبيعية، التخطيط العمراني، الزراعة الذكية، وتحسين الخدمات العامة. كما يناقش البحث التحديات التقنية، القانونية، والأخلاقية التي تواجه تطبيق هذه التقنيات، ويقدم حلولًا مبتكرة لتعزيز كفاءتها. توصل البحث إلى أن التكامل بين الخرائط الرقمية والذكاء الاصطناعي يوفر أدوات قوية لدعم اتخاذ القرار المستدام وتحقيق أهداف التنمية المستدامة، مع ضرورة تبني سياسات واضحة، تطوير البنية التحتية، وبناء القدرات البشرية لتحقيق الفوائد الكاملة لهذه التقنيات

الكلمات المفتاحية:(الخرائط الرقمية، نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، الذكاء الاصطناعي (AI)).

The Role of Digital Maps and Artificial Intelligence Technologies in Promoting Sustainable Development

Dr. Wafaa Kamel Faisal
University of Anbar / College of Education for Women / Department of Geography
Edw.wafa.kaml21@uonanbar.edu.iq

Abstract

This research aims to study the role of digital maps and artificial intelligence technologies in promoting sustainable development by analyzing the theoretical framework, practical applications, challenges, and future prospects. The research addresses the concepts of sustainable development and its environmental, economic, and social dimensions. It reviews how Geographic Information Systems (GIS) and artificial intelligence (AI) are used in natural resource management, urban planning, smart agriculture, and improving public services. The research also discusses the technical, legal, and ethical challenges facing the application of these technologies

and presents innovative solutions to enhance their efficiency. The research concludes that the integration of digital maps and artificial intelligence provides powerful tools to support sustainable decision-making and achieve the Sustainable Development Goals. However, it is essential to adopt clear policies, develop infrastructure, and build human capacity to fully realize the benefits of these technologies.
Keywords: (Digital Maps, Geographic Information Systems (GIS), Artificial Intelligence (AI)).

المقدمة

في عصر تتسارع فيه التغيرات البيئية والاجتماعية والاقتصادية، باتت التنمية المستدامة ضرورة حتمية لضمان استمرارية الموارد وتحسين جودة الحياة للأجيال القادمة. ولتحقيق هذا الهدف، أصبحت الخرائط الرقمية وتقنيات الذكاء الاصطناعي أدوات استراتيجية أساسية، إذ تتيح جمع وتحليل البيانات المكانية بسرعة ودقة، مما يدعم اتخاذ قرارات علمية مبنية على الأدلة. يركز هذا البحث على دراسة كيفية توظيف الخرائط الرقمية والذكاء الاصطناعي لتعزيز التنمية المستدامة، من خلال تحليل التطبيقات العملية، تقييم الفوائد، واستشراف التحديات والحلول المستقبلية.

مشكلة البحث

رغم توفر تقنيات الخرائط الرقمية والذكاء الاصطناعي، يواجه القطاع التخطيطي والبيئي نقصًا في استغلالها بشكل فعال لتحقيق أهداف التنمية المستدامة. السؤال الرئيسي كيف يمكن للخرائط الرقمية وتقنيات الذكاء الاصطناعي أن تسهم بشكل فعّال في تحقيق التنمية المستدامة؟

فرضية البحث

ينطلق هذا البحث من فرضية أساسية مفادها أن:

الدمج بين الخرائط الرقمية وتقنيات الذكاء الاصطناعي يوفر أداة تحليلية وتنبؤيه متقدمة قادرة على دعم عمليات التخطيط المستدام وإدارة الموارد بكفاءة أعلى، مقارنة بالاعتماد على الطرق التقليدية وحدها ،معنى آخر يُفترض أن توظيف هاتين التقنيتين معًا يسهم في تعزيز تحقيق أهداف التنمية المستدامة عبر تحسين دقة القرارات، تسريع الاستجابة للتحديات البيئية والاجتماعية، والحد من الهدر في الموارد الطبيعية.

أهمية البحث

تنبع أهمية هذا البحث من مجموعة من الاعتبارات النظرية والعملية، يمكن تلخيصها فيما يلي:

أهمية علمية: يضيف البحث إلى الأدبيات العلمية التي تربط بين الخرائط الرقمية والذكاء الاصطناعي ضمن إطار التنمية المستدامة. ويسهم في توضيح الدور التكميلي للتقنيات الحديثة في معالجة قضايا بيئية وعمرانية واقتصادية واجتماعية معقدة. يفتح آفاقًا جديدة للباحثين في مجال الجغرافيا التطبيقية ونظم المعلومات الجغرافية (GIS).

أهمية عملية: يساعد صناع القرار والجهات الحكومية في وضع سياسات تنموية أكثر كفاءة ومرونة. يساهم في دعم التخطيط العمراني المستدام عبر التنبؤ بالتوسع السكاني والضغط على الموارد. يُعزز من قدرة المؤسسات على مواجهة التغيرات المناخية، وإدارة المخاطر الطبيعية مثل الفيضانات والتصحر. يتيح للقطاعات الخدمية (الصحة، التعليم، النقل) تحسين توزيع خدماتها بشكل عادل ومتوازن.

أهداف البحث

توضيح مفهوم الخرائط الرقمية ونظم المعلومات الجغرافية وارتباطها بالتنمية المستدامة.

استكشاف دور الذكاء الاصطناعي في معالجة البيانات الجغرافية واتخاذ قرارات مستدامة.

١- تحليل التطبيقات العملية في التخطيط البيئي والاجتماعي والاقتصادي.

٢- تقديم توصيات لتعزيز الاستفادة من هذه التقنيات في سياسات التنمية المستدامة.

منهجية البحث

المنهج التحليلي الوصفي: دراسة الدور النظري للخرائط الرقمية والذكاء الاصطناعي في التنمية المستدامة.

المنهج المقارن: مقارنة تطبيقات مختلفة في مدن أو مناطق متنوعة لتحديد أفضل الممارسات.

المبحث الأول

اولا: التنمية المستدامة

١-١- تعريف التنمية المستدامة وأبعادها

تعرف التنمية المستدامة بأنها عملية توازن بين تحقيق الاحتياجات الحالية للأفراد والمجتمعات وبين الحفاظ على الموارد والبيئة للأجيال القادمة (Brundtland Commission, 1987p.43). وتعرف التنمية المستدامة وفقًا لتقرير الأمم المتحدة لعام ٢٠٢٤(بأنها عملية تسعى لبناء مستقبل شامل ومستدام وشديد الصمود للبشر والكوكب، عبر تحقيق التنمية الاقتصادية والاجتماعية وحماية البيئة في ان واحد (UN DESA, 2024p.12-13) وهي مفهوم يرتكز على ثلاثة أبعاد تقليدية (البيئية، الاقتصادية، والاجتماعية)ويضاف إليها عنصر محلي-سياسي يجعل الحكم والتنظيم المحلي جزءًا أساسيًا من مسار التنمية (جامعة الكوفة، ٢٠٠٦،ف١). ومن منظور أعمق ترى الوكالة الأوروبية للبيئة أن التحول نحو الاستدامة يتطلب تغييرًا جذريًا في النظم الاجتماعية والتقنية، بما يتجاوز الإصلاحات الجزئية (EEA, 2024 p.22-23). في المقابل، يشير النقد المعاصر إلى أن الاستدامة ليست مجرد تكنولوجيا أو اعداد مؤشرات بل دعوة لإعادة تصور حياتنا- قيمنا- وارتباطنا بالنظام البيئي (Daley, 2025p.45)

وتستند إلى ثلاثة أبعاد رئيسية

١-البعد البيئي: يركز على حماية الأنظمة البيئية، والحفاظ على الموارد الطبيعية، والحد من التلوث البيئي.

٢-البعد الاقتصادي: يهدف إلى تحقيق نمو اقتصادي متوازن يضمن الاستقرار المالي والعدالة في توزيع الموارد.

٣-البعد الاجتماعي: يسعى لتعزيز العدالة الاجتماعية، وتوفير التعليم، والصحة، والسكن، وتقليل الفوارق بين الطبقات الاجتماعية.

١-٢- أهداف التنمية المستدامة (SDGs)

أطلقت الأمم المتحدة ١٧ هدفًا رئيسيًا للتنمية المستدامة (United Nations, 2022p.15-16)، مثل القضاء على الفقر والجوع، تعزيز التعليم الجيد، وتحقيق المساواة بين الجنسين. هذه الأهداف توفر إطارًا عالميًا لتقييم التقدم في المجالات البيئية والاجتماعية والاقتصادية، وتوجه السياسات المحلية والدولية.

١-٣- العلاقة بين التنمية المستدامة والتخطيط المكاني

التنمية المستدامة تعتمد بشكل كبير على التخطيط المكاني الدقيق، إذ أن توزيع الخدمات والبنية التحتية والموارد الطبيعية بشكل مستدام يتطلب معلومات مكانية دقيقة ودعم تحليلي. هنا تأتي أهمية الخرائط الرقمية وGIS، حيث توفر بيانات دقيقة تساعد في وضع خطط استراتيجية مستدامة (Batty, 2020 p.88-90).

ثانياً / الخرائط الرقمية ونظم المعلومات الجغرافية (GIS)

٢-١- تعريف الخرائط الرقمية ونظم المعلومات الجغرافية

الخرائط الرقمية تمثل البيانات المكانية بطريقة رقمية يمكن تحليلها ومعالجتها إلكترونيًا، وتختلف عن الخرائط التقليدية في قدرتها على تحديث البيانات وربطها بالمعلومات الوصفية (Longley et al., 2021p.52-53).

٢-٢- مكونات نظم المعلومات الجغرافية (GIS)

١-الأجهزة (Hardware): أجهزة الكمبيوتر، GPS، وأجهزة الاستشعار الأرضية.

٢-البرمجيات (Software): برامج تحليل البيانات المكانية، مثل ArcGIS و QGIS.

٣-البيانات (Data): بيانات مكانية (موقع) ووصفية (خصائص الظواهر).

٤-الأشخاص (People): خبراء GIS، محللو البيانات، صناع القرار.

٥-الإجراءات (Procedures): منهجيات جمع البيانات وتحليلها وإصدار الخرائط والتقارير.

٢-٣- أهمية الخرائط الرقمية في التنمية المستدامة

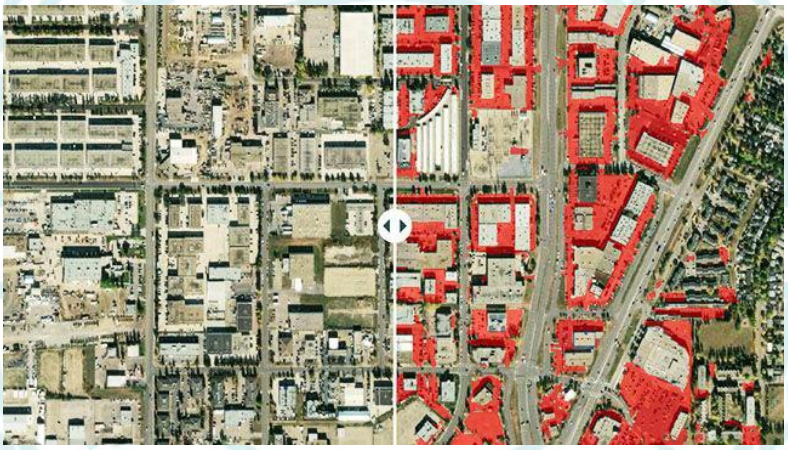
مجلة الدراسات المستدامة
P-ISSN(Print) : 2663-2284
E-ISSN(online): 2663-7413
السنة (٨) المجلد (٨) العدد (٢) نيسان. لسنة ٢٠٢٦م -١٤٤٧هـ

لقد مثلت الخرائط الرقمية نقلة نوعية في تحليل البيانات المكانية، إذ ساهمت في تحسين دقة التمثيل المكاني واتاحة المعلومات بشكل أسرع وأكثر تفاعلية، وهو ما انعكس على اتخاذ القرار التنموي بشكل مباشر (الخطيب، ٢٠٢٠، ص ١١٥).

١- التخطيط العمراني: تحديد مواقع البنية التحتية وفق معايير الاستدامة البيئية والاجتماعية.

٢- إدارة الموارد الطبيعية: رصد الغابات، المياه، والتربة لتقليل الفاقد وضمان الاستخدام الأمثل.

٣- دعم صنع القرار: تحليل البيانات المكانية لتحديد الأولويات وتقليل المخاطر البيئية (Goodchild, 2018p.67-68).



شكل (١)

٢-٤- أمثلة تطبيقية

١- استخدام خرائط GIS لتحديد مناطق التعرض للفيضانات ووضع خطط للحد من المخاطر.

٢- مراقبة الغابات والتغيرات في الغطاء النباتي باستخدام صور الأقمار الصناعية الرقمية.

٣- تحليل توزيع الخدمات الصحية والتعليمية لتحسين الوصول وتقليل الفوارق الاجتماعية.

٤- تُعَدّ مراقبة الجليد من المجالات الحيوية التي أظهرت فيها الخرائط الرقمية وتقنيات الذكاء الاصطناعي إمكانات كبيرة في دعم التنمية المستدامة، خصوصًا في ظل التغير المناخي

مجلة الدراسات المستدامة
P-ISSN(Print) : 2663-2284
E-ISSN(online): 2663-7413
السنة (٨) المجلد (٨) العدد (٢) نيسان. لسنة ٢٠٢٦م -١٤٤٧هـ

وذوبان الأنهار الجليدية. إذ تُستخدم صور الأقمار الصناعية عالية الدقة مع خوارزميات التعلم العميق (Deep Learning) لاستخراج مؤشرات التغير في المساحة السطحية وسُمك الجليد بدقة زمنية ومكانية عالية، ما يوفّر قواعد بيانات مكانية لتقييم المخاطر المستقبلية المرتبطة بارتفاع مستوى سطح البحر. كما تسمح نظم المعلومات الجغرافية (GIS) بدمج هذه البيانات مع نماذج مناخية وهيدرولوجية للتنبؤ بتأثيرات الذوبان على الموارد المائية والمجتمعات الساحلية. هذه التطبيقات لا تقتصر على الرصد البيئي فقط، بل تساهم في وضع خطط للتكيف مع التغير المناخي، وضمان استدامة الموارد الطبيعية، وحماية البنى التحتية الحيوية في المناطق القطبية والجبلية.(Zhao, Y., Smith, A., Kumar2025 Art.2272)

شكل (٢)

ثالثاً / الذكاء الاصطناعي وتطبيقاته الجغرافية

٣-١- تعريف الذكاء الاصطناعي وتقنياته

الذكاء الاصطناعي هو مجموعة تقنيات تهدف لمحاكاة القدرات البشرية في التعلم، التحليل، واتخاذ القرار (Russell & Norvig, 2021p.3-5). تشمل هذه التقنيات:

١- التعلم الآلي (Machine Learning)

٢- التعلم العميق (Deep Learning)

٣- م عالجة البيانات الكبيرة (Big Data Analytics)

٣-٢- تطبيقات الذكاء الاصطناعي في البيانات المكانية:-

أثبت الذكاء الاصطناعي فعالية كبيرة في معالجة البيانات الضخمة ذات البعد المكاني والزمني، حيث يتيح التنبؤ بالأنماط المستقبلية لموارد الأرض، مما يسهم في صياغة خطط أكثر استدامة".(الهاشمي، ٢٠٢١، ص ٤٤)

التنبؤ بالتغيرات المناخية والمخاطر البيئية مثل الجفاف أو التصحر.

١- تحسين الزراعة الذكية من خلال تحليل بيانات التربة والري.

٢- دعم النقل الذكي والتخطيط الحضري باستخدام نماذج تنبؤية لتقليل الازدحام وتحسين الكفاءة (Zhang et al., 2020p.345).

٣-٣- التكامل بين AI وGIS / يتيح دمج AI مع GIS إمكانية

١- تحليل كميات هائلة من البيانات المكانية بسرعة ودقة.

٢- تطوير نماذج للتنبؤ بالاحتياجات المستقبلية للمجتمعات.

٣- تحسين اتخاذ القرار في مجالات البيئة، الاقتصاد، والخدمات الاجتماعية.

(Longley et al., 2021p.200-202)

٣-٤- أهمية التكامل للتنمية المستدامة

١- دعم التخطيط الاستراتيجي المستدام وتحسين توزيع الموارد.

٢- تقليل المخاطر البيئية من خلال التحليل التنبؤي.

٣- تعزيز فعالية السياسات المحلية والعالمية في تحقيق أهداف SDGs.

(united nations2022p.22-23)

المبحث الثاني: التطبيقات العملية للخرائط الرقمية والذكاء الاصطناعي في التنمية المستدامة

اولا: التطبيقات البيئية

٢-١- مراقبة الموارد الطبيعية وإدارتها

تلعب الخرائط الرقمية وتقنيات GIS دورًا محوريًا في رصد الموارد الطبيعية. على سبيل المثال يمكن استخدام الأقمار الصناعية لمراقبة الغابات وتقييم التغيرات في الغطاء النباتي عبر الزمن مما يساعد على مكافحة إزالة الغابات وتحسين إدارة الأراضي (Longley et al., 2021 p.250). كما يمكن استخدام AI لتحليل هذه الصور بسرعة وتحديد المناطق الأكثر تعرضًا للتدهور البيئي وتقديم تنبؤات مستقبلية دقيقة.

٢-٢- إدارة الموارد المائية

تستخدم تقنيات GIS وAI لتخطيط شبكات المياه ورصد مستويات الأنهار والبحيرات، والتنبؤ بالفيضانات والجفاف على سبيل المثال يمكن للنماذج التنبؤية المعتمدة على الذكاء الاصطناعي تحليل بيانات الطقس والأنهار لتقديم تنبيهات مبكرة للفيضانات، مما يقلل من الخسائر البشرية والمادية (Zhang et al., 2020 p.350).

٢-٣- رصد التلوث البيئي

توفر الخرائط الرقمية أدوات لتتبع تلوث الهواء والمياه والتربة. يمكن دمج أجهزة الاستشعار الأرضية مع AI لتحليل البيانات في الوقت الفعلي وتحديد المصادر الرئيسية للتلوث ووضع خطط للحد من أثره على البيئة والصحة العامة (Batty, 2020p.112-115).

ثانياً: التطبيقات الاقتصادية

٢-٢-١: التخطيط العمراني المستدام

تساعد الخرائط الرقمية على تحليل أنماط النمو العمراني وتحديد المواقع المثلى للبنية التحتية الجديدة مثل الطرق والمستشفيات والمدارس، مع مراعاة المعايير البيئية والاجتماعية. (Goodchild, 2018p.70)

مثال تطبيقي: استخدام نماذج GIS وAI لتحديد أفضل المواقع لإقامة وحدات سكنية منخفضة الانبعاثات في مدينة معينة، مع مراعاة توزيع الخدمات العامة ومسارات النقل.

مجلة الدراسات المستدامة
P-ISSN(Print) : 2663-2284
E-ISSN(online): 2663-7413
السنة (٨) المجلد (٨) العدد (٢) نيسان. لسنة ٢٠٢٦م -١٤٤٧هـ

٢-٢-٢- الزراعة الذكية وإدارة الأراضي

يمكن استخدام الذكاء الاصطناعي لتحليل بيانات التربة والمناخ وتحديد أفضل مناطق الزراعة للمحاصيل المختلفة. كما تساعد الخرائط الرقمية في مراقبة نمو النباتات والتنبؤ بالمحاصيل المتوقعة، مما يدعم الإنتاج الزراعي المستدام ويقلل من الهدر.

(Longley et al., 2021p.260)

٢-٢-٣- تحسين توزيع الخدمات الاقتصادية

يمكن للبيانات المكانية المدعومة بالذكاء الاصطناعي تحليل الاحتياجات الاقتصادية للسكان وتحديد مناطق الفقر أو ضعف الوصول للخدمات وبالتالي توجيه الموارد بشكل أكثر كفاءة. على سبيل المثال تحديد المواقع الأمثل لمراكز التوزيع أو المشاريع الصغيرة لدعم التنمية الاقتصادية المحلية. (Zhang et al., 2020 p.355)

ثالثاً/ التطبيقات الاجتماعية

٢-٣-١- تحسين نظم النقل والخدمات العامة

يمكن استخدام GIS وAI لتصميم شبكات نقل فعالة، وتحليل حركة المرور، وتحديد مناطق الازدحام لتقليل التأخير والانبعاثات الكربونية. كما يمكن تحسين الخدمات العامة مثل المستشفيات والمدارس من خلال تحليل البيانات المكانية لاحتياجات السكان.

(Batty, 2020p.118)

٢-٣-٢- تعزيز الصحة والتعليم

تستخدم الخرائط الرقمية لرصد انتشار الأمراض وتحديد المناطق الأكثر احتياجًا للتدخلات الصحية. كما يمكن لتقنيات AI تحليل البيانات لتقديم توصيات استراتيجية لتحسين جودة التعليم والخدمات الصحية في المناطق النائية أو المهمشة. (Russell & Norvig, 2021p.50)

٢-٣-٣- رصد العدالة الاجتماعية وتقليل الفوارق

مجلة الدراسات المستدامة
P-ISSN(Print) : 2663-2284
E-ISSN(online): 2663-7413
السنة (٨) المجلد (٨) العدد (٢) نيسان. لسنة ٢٠٢٦م -١٤٤٧هـ

يمكن للخرائط الرقمية دمج البيانات الاجتماعية والاقتصادية لتحديد الفوارق في توزيع الموارد والخدمات ودعم السياسات التي تركز على تحقيق العدالة الاجتماعية ومثال ذلك (استخدام خرائط GIS لتحديد المناطق التي تعاني من ضعف الوصول للكهرباء أو المياه النظيفة، وتوجيه مشاريع التنمية لتغطية هذه الفجوات)(Goodchild, 2018p.75).

رابعاً: الأمثلة العملية والتجارب العالمية

١-مدينة برشلونة، إسبانيا: استخدمت تقنيات GIS وAI لتخطيط شبكة النقل العام وتحسين توزيع الخدمات، مما أدى إلى تقليل الازدحام والانبعاثات الكربونية.

(Batty, 2020p.120)

٢-ولاية كاليفورنيا، الولايات المتحدة: دمجت الحكومة الخرائط الرقمية وأجهزة الاستشعار الأرضية مع AI لمراقبة حرائق الغابات وتوقع المناطق الأكثر عرضة للخطر، وتقليل الأضرار البيئية والمادية (Zhang et al., 2020p.356).

٣-الهند، مشاريع الزراعة الذكية: استخدام AI لتحليل بيانات المناخ والتربة لتحديد مناطق الزراعة المثلى للمحاصيل المختلفة، وزيادة الإنتاجية مع تقليل الاستهلاك المائي.

(Longley et al., 2021p.261)

المبحث الثالث/ التحديات وآفاق المستقبل

اولا: التحديات التقنية والتطبيقية

١- صعوبة دمج البيانات المكانية المختلفة

تمثل البيانات المكانية مجموعة متنوعة من المصادر، مثل صور الأقمار الصناعية، قواعد بيانات المدن، وأجهزة الاستشعار الأرضية. اختلاف التنسيقات ودقة البيانات يجعل من الصعب دمجها بشكل فعّال، مما يحد من قدرة صانعي القرار على الاستفادة الكاملة من هذه الموارد. (Longley et al., 2021p.270).

٢- الحاجة إلى تدريب الكوادر المتخصصة

مجلة الدراسات المستدامة
P-ISSN(Print) : 2663-2284
E-ISSN(online): 2663-7413
السنة (٨) المجلد (٨) العدد (٢) نيسان. لسنة ٢٠٢٦م -١٤٤٧هـ

لا يقتصر التحدي على البيانات نفسها، بل يشمل نقص الكوادر المؤهلة لاستخدام برامج GIS وتطبيقات AI بشكل متقدم. يتطلب تحقيق الاستفادة المثلى من هذه التقنيات تدريبًا مستمرًا ومهارات متقدمة في التحليل المكاني والذكاء الاصطناعي.

(Goodchild, 2018 p.80)

٣- تحديات البنية التحتية التكنولوجية

تحتاج نظم المعلومات الجغرافية وتقنيات AI إلى بنية تحتية متطورة تشمل خوادم قوية، شبكات اتصال سريعة وأجهزة حديثة. ضعف هذه البنية في بعض الدول والمناطق قد يحد من تطبيق الحلول المستدامة (Batty, 2020p.130).

ثانياً: التحديات القانونية والأخلاقية

١- حماية الخصوصية والبيانات الشخصية

تجمع الخرائط الرقمية وAI بيانات حساسة عن الأفراد والمجتمعات ما يثير مخاوف تتعلق بالخصوصية وحماية البيانات. يجب وضع سياسات صارمة لضمان استخدام البيانات بشكل قانوني وأخلاقي (Russell & Norvig, 2021p.55).

٢-الاعتبارات القانونية لتطبيقات الذكاء الاصطناعي

تواجه الحكومات والمؤسسات صعوبة في تنظيم استخدام AI، خصوصًا فيما يتعلق بالتنبؤات والتوصيات المستندة إلى البيانات المكانية حيث قد تؤثر القرارات على حقوق الأفراد والمجتمعات إذا لم يتم توخي الحذر.

٣- المسؤولية الأخلاقية

يتطلب استخدام AI وGIS مراعاة العدالة الاجتماعية وتجنب التحيزات في توزيع الموارد والخدمات. على سبيل المثال، عدم دقة البيانات في المناطق المهمشة قد يؤدي إلى زيادة الفوارق الاجتماعية بدلاً من تقليلها (Zhang et al., 2020p.360).

ثالثاً: استشراف المستقبل وحلول مبتكرة

١- تطوير تقنيات متقدمة لتحليل البيانات

يمكن الاعتماد على الذكاء الاصطناعي المتقدم وتقنيات التعلم العميق لتحسين دقة النماذج التنبؤية للموارد الطبيعية والمخاطر البيئية، مثل الفيضانات والجفاف.

(Longley et al., 2021p.272)

٢- تعزيز التدريب وبناء القدرات البشرية.

تتطلب التنمية المستدامة استثمارًا في تدريب الكوادر على استخدام GIS وAI، وإنشاء برامج تعليمية متخصصة لضمان توفر مهارات متقدمة في جميع القطاعات الحكومية والخاصة.

٣- وضع سياسات وتشريعات واضحة

ضرورة وضع قوانين وسياسات واضحة لحماية البيانات وضمان الاستخدام الأخلاقي لتقنيات الذكاء الاصطناعي في التخطيط الحضري والبيئي، بما يضمن العدالة والمساواة في توزيع الموارد (Russell & Norvig, 2021p.57).

٤- تعزيز الابتكار في دمج GIS وai.

يمكن تطوير منصات ذكية تدمج البيانات المكانية مع الذكاء الاصطناعي لتوفير حلول مستدامة مبتكرة، مثل:

١- توقع مناطق الفقر أو ضعف الخدمات.

٢- مراقبة التغيرات البيئية وتحليل تأثيرها على المجتمعات.

٣- تحسين إدارة النقل والبنية التحتية بشكل مستدام.

٥- تبني التجارب العالمية الناجحة:-

١- سنغافورة: دمج نظم الذكاء الاصطناعي وGIS لتخطيط المدن الذكية ومراقبة استهلاك الموارد.

٢- السويد: استخدام الخرائط الرقمية لمراقبة توزيع الخدمات الاجتماعية وتحليل تأثير السياسات على المجتمع.

المبحث الرابع: تجارب عالمية وتطبيقات عملية للخرائط الرقمية والذكاء الاصطناعي في تعزيز التنمية المستدامة

مجلة الدراسات المستدامة
P-ISSN(Print) : 2663-2284
E-ISSN(online): 2663-7413
السنة (٨) المجلد (٨) العدد (٢) نيسان. لسنة ٢٠٢٦م -١٤٤٧هـ

اولاً: التجربة الهندية في ادارة التوسع الحضري (الخرائط الحرارية الفائقة الدقة للتكيّف مع موجات الحرارة).

طوّرت منظمات بحثية ومجتمعية في الهند نماذج ذكاء اصطناعي تمزج صور الأقمار الصناعية مع بيانات استعمالات الأرض وخصائص المباني لرسم خرائط قابلة للتنفيذ على مستوى الحي والمبنى، بهدف استهداف التدخّلات الحرارية (ملاجئ تبريد، تغيير ساعات العمل، زيادة التظليل الحضري). تُظهر التجربة في دلهي وبنغالورو أن الفروقات الحرارية داخل الحي الواحد قد تصل إلى ٩°م، وأن دمج مؤشرات مثل الحرارة الرطبة (Wet-Bulb) يتيح تشخيصًا أدقّ للفئات الأشد تعرضًا للمخاطر. هذه المنهجية الانتقالية من خرائط عامة إلى خرائط قرارات دقيقة تعزّز العدالة المكانية في خطط التكيّف مع الحر.

(kumar&Prasad,2021p.12-14)

ملاحظة تطبيقية: دمج خرائط الحرارة السطحية مع نوع السقف ومواد البناء حسّن تقدير خطر الحرارة داخل المنازل، وليس في الشارع فقط؛ ما يدعم سياسات الاستجابة الدقيقة على مستوى الدوائر.

ثانياً: جسور من أجل الازدهار رسم ٧٧ مليون ميل من المجاري المائية غير الموثّقة

استخدمت منظمة Bridges to Prosperity نماذج رؤية حاسوبية (WaterNet) وأدوات ذكاء اصطناعي أخرى لاستخراج شبكات أنهار وجداول غير موثَّقة من صور الأقمار الصناعية، ما أضاف عشرات ملايين الأميال لشبكات مائية معروفة عالميًا. النتيجة: خرائط بنية تحتية مكانية توجه الحكومات لبناء جسور وممرات تُحسِّن الوصول للخدمات في المناطق الريفية، وتقلّص عدم المساواة المكانية. تُبرز هذه التجربة كيف تعالج GeoAI فجوة البيانات في الجنوب العالمي وتسرّع قرارات الاستثمار التنموي.-Pierson & Mehrabi 2024p.4 (5)

ثالثاً / كوبرنيكوس + الذكاء الاصطناعي: تتبّع أثر تلوّث حرائق الغابات على المدن

تبرز دراسة حالة حديثة على منصة بيانات كوبرنيكوس كيفية تكامل صور (سنتينل)مع خوارزميات ذكاء اصطناعي لرسم الأثر المكاني لتلوّث حرائق الغابات في لوس أنجلِس. يدعم هذا التكامل وضع خرائط تعرّض سكاني دقيقة، وتوجيه إجراءات الصحة العامة والتنبيه المبكّر. يُعدّ ذلك نموذجًا لكيفية استخدام EO+AI في المدن الكبيرة لصنع سياسات بيئية قائمة على الدليل. (Copernicus Data Space Ecosystem–2025p9–11)

رابعاً: خرائط السكان عالية الدقة (World Pop) كدعامة لتوزيع الخدمات

يوفّر مشروع World Pop شبكات سكان عالية الدقة مفتوحة الوصول، تُبنى بخوارزميات دمج بيانات متعددة (استشعار عن بُعد، حصر مبانٍ، طريق/مواصلات، إلخ)، وتُستخدم مباشرة في: التخطيط الصحي، الاستجابة الطارئة، وسد فجوات التعداد. الربط بين خرائط السكان وخرائط المخاطر (فيضانات/حرارة) يوفّر مصفوفة قرار قوية لتحديد الأولويات وتوزيع الموارد بشكل منصف(khatri,B.,at al. 2025 p.100)

خامساً: Earth Engine كنموذج منصّة تطبيقية للمدن: من UHI إلى قابلية العيش

أظهرت دراسات تطبيقية حديثة اعتماد Google Earth Engine في قياس ديناميات الجزيرة الحرارية الحضرية (UHI) والتنبؤ بها في وديان حضرية نامية مثل كاتماندو، إضافة إلى استخدام مؤشرات نباتية (NDVI) وحرارية (LST) في تقييم قابلية العيش البيئي على مستوى الحي. تمكّن هذه الأدوات من تتبُّع المسارات الحرارية زمنيًا واختبار سيناريوهات "زيادة الغطاء الأخضر" أو "تبريد الأسطح" قبل التنفيذ. (khatri,B.,at al. 2025 p.100)

سادساً: مبادرة "مرصد الفضاء للمناخ" (SCO): تحويل البيانات إلى أدوات قرار للمناخ

يعمل SCO كتحالف دولي يربط وكالات فضاء ومنظمات بيئية لتطوير أدوات قرار تجمع بيانات الأقمار الصناعية بالبيانات الأرضية (صحة، اقتصاد، بيئة)، وتقديم مؤشرات قابلة للتطبيق محليًا للتكيّف مع المناخ. يُظهر SCO كيف تنتقل المنظومات من "إتاحة بيانات" إلى "حلول جاهزة للتنفيذ" تدعم البلديات والوزارات. (united nations 2024p.20–21)

الاستنتاجات

١- أثبتت الدراسة أن الدمج بين الخرائط الرقمية وتقنيات الذكاء الاصطناعي يشكّل أداة فعّالة في دعم أهداف التنمية المستدامة، من خلال توفير بيانات دقيقة، وتحليلات تنبؤية عالية الكفاءة.

٢- ساعدت الخرائط الرقمية في بناء قاعدة معلومات مكانية متكاملة، بينما أضاف الذكاء الاصطناعي القدرة على معالجة هذه البيانات والتنبؤ بالمتغيرات المستقبلية، مما يعزز من جودة التخطيط العمراني وإدارة الموارد.

٣- أظهرت نتائج البحث أن استخدام هذه التقنيات يقلل من الاعتماد على الطرق التقليدية البطيئة والمكلفة، ويساهم في تسريع اتخاذ القرار في القضايا البيئية والاجتماعية.

٤- يتضح أن التطبيق العملي للخرائط الرقمية والذكاء الاصطناعي في مجالات مثل إدارة المياه، مراقبة التغيرات المناخية، تخطيط النقل، وتوزيع الخدمات العامة، يساهم بصورة مباشرة في تعزيز العدالة المكانية وتحقيق التنمية المتوازنة.

٥- أكدت الدراسة أن نقص الكوادر المتخصصة وضعف البنية التحتية التقنية يشكلان أبرز التحديات التي تعيق الاستفادة القصوى من هذه التقنيات في البيئات النامية.

التوصيات

١- ضرورة دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي مع نظم المعلومات الجغرافية والخرائط الرقمية في المؤسسات الحكومية والبحثية لدعم عمليات التخطيط والتنمية.

٢- إنشاء مراكز متخصصة لتدريب الكوادر البشرية على استخدام هذه التقنيات وتطوير مهاراتهم في التحليل المكاني والبرمجة الذكية.

٣- تعزيز الشراكة بين الجامعات والقطاع الحكومي والخاص لتبني مشروعات تطبيقية مشتركة في مجال التنمية المستدامة باستخدام الذكاء الاصطناعي والخرائط الرقمية.

٤- الاستثمار في تطوير البنية التحتية التكنولوجية، بما يشمل قواعد بيانات مكانية حديثة وشبكات اتصال قوية تدعم التكامل بين مختلف الجهات.

٥- إدماج مفاهيم الذكاء الاصطناعي والتحليل المكاني في المناهج التعليمية لبرامج الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية، بما يتماشى مع التوجهات العالمية.

٦- تشجيع الدراسات الميدانية والبحوث التطبيقية التي توظف الذكاء الاصطناعي والخرائط الرقمية في حل مشكلات محلية تتعلق بالبيئة والموارد والخدمات.

٧- اعتماد سياسات وطنية تدعم الابتكار الرقمي وتوظيف التكنولوجيا الحديثة كأداة لتحقيق أهداف التنمية المستدامة.

المصادر

١. الخطيب، محمد عبد الرحمن. (٢٠٢٠). الخرائط الرقمية ودورها في دعم نظم المعلومات الجغرافية. مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية، ٣٦(٢)، ١٣٠-.

٢. الهاشمي، رائد كاظم. (٢٠٢١). استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في دعم خطط التنمية المستدامة. المجلة العراقية للعلوم الجغرافية، ٢١(١)، ٤٠-٥٧.

٣. جامعة الكوفة. (٢٠٠٦). التنمية المستدامة: المفاهيم والتطبيقات(تقرير اكاديمي). كلية الآداب – قسم الجغرافية.

المصادر الاجنبية

1. Brundtland Commission. (1987). Our Common Future. Oxford University Press

2. United Nations. (2022). Sustainable Development Goals Report 2022. United Nations Publications.

3. Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2021). Geographical Information Systems and Science (5th ed.). Wiley.

4. Goodchild, M. F. (2018). Geographic Information Science and Systems. Wiley.6-

5. Batty, M. (2020). Artificial Intelligence and Urban Planning. MIT Press.7-

6. Russell, S., & Norvig, P. (2021). Artificial Intelligence: A Modern Approach (4th ed.). Pearson.

7. Zhang, J., Li, X., & Wang, Y. (2020). AI in Environmental and Urban Planning: Applications and Challenges. Journal of Geographical Systems, 22(3), 345–367 .

8. Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2021). Geographical Information Systems and Science (5th ed.). Wiley.

9. 11-Khatri, B., et al. (2025). Spatio-temporal dynamics of urban heat island using Google Earth Engine: Assessment and prediction—A case study of Kathmandu Valley, Nepal. Climate Services, 38, 100355

10. 12-Zhao, Y., Smith, A., Kumar, R., & Chen, L. (2025). Application of Artificial Intelligence in Glacier Studies: A State-of-the-Art Review. Water, 16(16), 2272

11. 13-Development Report 2024: Building inclusive and resilient futures. United Nations, Department of Economic and Social Affairs.

12. 14-European Environment Agency (EEA). (2024). Sustainability transitions: Policy and practice insights in Europe. Copenhagen: EEA.

13. 15-Daley, M. (2025). Rethinking sustainability: Values, society, and ecological futures. Routledge.