Alq J Sci. 2026;2(1):144-154
https://doi.org/10.69667/ajs.26111
Alqalam Journal of Science
مجلـــة القلم للعلـوم
https://alqalam.utripoli.edu.ly/index.php/AR

الذكاء الاصطناعي الجغرافي في إدارة الكوارث: التنبؤ، الاستجابة، الاستعداد، والتحديات

منى عامر المبروك أبو غديري

قسم الجغرافيا، كلية التربية الزهراء، جامعة الجفارة، ليبيا

moaamer1982@gmail.com

الملخص

تتسبب الكوارث الطبيعية في تصدعات عميقة تضرب النسيج المجتمعي والاقتصادي، مما يجعل تطوير استراتيجيات إدارة المخاطر أمراً حتمياً لا يحتمل التأجيل. ومع تزايد الاعتماد على الذكاء الاصطناعي كركيزة لاتخاذ القرار، برزت معضلة "الغموض التقني" أو ما يُعرف بالصندوق الأسود، وهو ما دفع نحو تبني "الذكاء الاصطناعي القابل للتفسير" (XAI) لإضفاء الموثوقية والشفافية على العمليات التحليلية. تُسلط هذه الدراسة الضوء على الإمكانات الكبيرة للذكاء الاصطناعي الجغرافي المكاني (Geo-AI)، وكيف يساهم اندماجه مع نظم المعلومات الجغرافية (GIS) في إحداث نقلة نوعية في مواجهة الأزمات. كما تستقصي الورقة السبل المثلى لتطوير هذه الأدوات، وتحلل العوائق التي تحول دون استثمارها بشكل كامل داخل المؤسسات المعنية. وفي ظل أزمة المناخ المتفاقمةالتي كبدت العالم خسائر تجاوزت 3 تريليونات دولار خلال العقد المنصرم—أصبح الاعتماد على الأنظمة الذكية المرتبطة بالبيانات المكانية خياراً لا غنى عنه للتنبؤ بالمخاطر قبل وقوعها. وتختتم الدراسة بوضع تصور لمنهجية مستقبلية تهدف إلى رفع كفاءة الإنذار المبكر وحماية الأرواح والممتلكات.

الكلمات المفتاحية. الذكاء الاصطناعي الجغرافي، إدارة الكوارث، التنبؤ، الاستجابة.

Abstract

Natural disasters cause deep cracks that strike the social and economic fabric, making the development of risk management strategies imperative and urgent. With the increasing reliance on artificial intelligence as a pillar of decision-making, the dilemma of "technical ambiguity" or "technical obscurity" has emerged. With the increasing reliance on artificial intelligence as a basis for decision-making, the dilemma of "technical ambiguity," or what is known as the black box, has emerged, prompting the adoption of "explainable artificial intelligence" (XAI) to bring reliability and transparency to analytical processes. This study highlights the great potential of geospatial artificial intelligence (Geo-AI) and how its integration with geographic information systems (GIS) contributes to a qualitative shift in crisis response. The paper also explores the best ways to develop these tools and analyzes the barriers that prevent their full investment within the relevant institutions. In light of the worsening climate crisis, which has cost the world exceeding $3 trillion over the past decade, reliance on smart systems linked tospatial data has become indispensable for predicting risks before they occur. The study concludes with a vision for a future methodology aimed at improving the efficiency of early warning systems and protecting lives and property.

المقدمة

ازدادت الظواهر المناخية المتطرفة، كالفيضانات والعواصف والجفاف، تواترًا وشدةً، مما يشكل تهديدات للأرواح والبنية التحتية والاقتصاد وينتج التكرار المتزايد وشدّة الكوارث الناجمة عن المخاطر الطبيعية عن عوامل عديدة، بما في ذلك تغير المناخ والتوسع الحضري والنمو السكاني والتجمع الواسع للأصول ورأس المال في المناطق المعرضة للكوارث والتدهور البيئي. وغالبًا ما تؤدي هذه الأحداث الكارثية إلى خسائر في الأرواح واضطرابات اقتصادية وأضرار طويلة الأمد للبنية التحتية والأنظمة الاجتماعية والبيئية مما يجعل إيجاد طرق مبتكرة لحماية المجتمعات المعرضة للخطر أمرًا بالغ الأهمية. ونتيجة لذلك، برزت الإدارة الفعالة لمخاطر الكوارث (DRM) كعنصر حاسم في تحقيق التنمية المستدامة والمرونة في مواجهة المخاطر المتطورة. إذ يُبشر الذكاء الاصطناعي بنتائج واعدة في تعزيز أنظمة الإنذار المبكر والتحديات الناشئة.، لا سيما في التحول من أنظمة قائمة على المخاطر إلى ما يُسمى بأنظمة الإنذار المبكر القائمة على التأثير، والتي تتجاوز مجرد التنبؤ بحالة الطقس إلى التنبؤ بتأثيره.

وهذا يتطلب التعاون بين مختلف أصحاب المصلحة، بما في ذلك الحكومات والمنظمات غير الحكومية والمجتمعات والأفراد. وهي تنطوي على عملية صنع قرار معقدة تعتمد على معلومات دقيقة وموثوقة وفي الوقت المناسب لضمان اتخاذ الإجراءات المناسبة لحماية الأرواح والأصول.

Copyright *Author (s) 2026. Distributed under Creative Commons CC-BY 4.0*
Received*: 20-11-2025 -* ***Accepted****: 19-01-2026 -* ***Published****: 25-01-2026*

Alq J Sci. 2026;2(1):144-154
https://doi.org/10.69667/ajs.26111
Alqalam Journal of Science
مجلـــة القلم للعلـوم
https://alqalam.utripoli.edu.ly/index.php/AR

أهمية البحث

1. تسليط الضوء عن تقنيات الذكاء الاصطناعي والجيومعلوماتية لإدارة وتخفيف خطر الكوارث.
2. تُلقي الضوء على التفاعل الدقيق بين الذكاء الاصطناعي (XAI) وإدارة مخاطر الكوارث.
3. الكشف عن الإمكانات الهائلة لحلول الذكاء الاصطناعي في إحداث ثورة في إدارة مخاطر الكوارث.
4. فهم التقنيات القادرة على إنشـاء نماذج محاكاة معقدة وتوليد سـيناريوهات افتراضـية متعددة تفتح آفاقًا غير مسـبوقة في فهمنا للكوارث الطبيعية حيث يمكنه توليد آلاف السيناريوهات المختلفة لمسار إعصار قادم، مع حساب جميع المتغيرات الممكنة لسرعة الرياح، اتجاه الحركة، والتضاريس المحلية. أو منصة ذكية تستطيع محاكجة تأثيرات الزلازل على البنية التحتية للمدينة بناءً على خرائط مفصلة لمبانيها وأنظمتها تحت الأرض.

اهداف البحث

1. يهدف هذا البحث إلى التعريف بأهمية استخدام هذه الذكاء الاصطناعي الجغرافي في إدارة الكوارث
2. تسـليط الضـوء على الذكاء الاصـطناعي الجغرافي من النمذجة التنبؤية وقدرات التنبؤ باسـتخدام البيانات الجغرافية المكانية التاريخية لتحديد الاتجاهات والأنماط بدقة أكبر.
3. مدى قدرة الذكاء الاصطناعي للرصد والاستجابة الفورية من خلال التحليل المفصّل والمستمر للبيانات الجغرافية المكانية المتدفقة.
4. قدرة هذه الأنظمة اكتشـاف التغيرات أو الشـذوذ في البيئة بسـرعة، وتفعيل اسـتجابات أو تنبيهات تلقائية، وهو أمر بالغ الأهمية في العديد من المجالات، مثل المدن الذكية.

أسئلة البحث

تتناول الورقة أسئلة بحثية ذات صلة، تُحدد أنواعًا مُختلفة من المخاطر والكوارث، ومكونات المخاطر، وأساليب الذكاء الاصطناعي والذكاء الاصطناعي القابل للتفسير، وتكشف التحديات والقيود الكامنة في هذه الأساليب والتسأولات هي:

1. **ماهو** الذكاء الاصطناعي الجغرافي(GeoAI) .
2. كيف يُساهم الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بالكوارث الطبيعية باستخدام نظمGIS ؟
3. كيف تعمل هذه الأنظمة بالضبط؟ وما مدى دقتها؟ وهل يمكننا الوثوق بها تمامًا لحماية مجتمعاتنا من الكوارث الطبيعية المدمرة.
4. كيف تتعلم الخوارزميات التنبؤ بالكوارث؟
5. كيف ينقذ الذكاء الاصطناعي الأرواح؟

الكلمات المفتاحية

- الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) : هو دمج تقنيات وتقنيات الذكاء الاصطناعي مع البيانات والتحليلات الجغرافية المكانية عالية الجودة . فهو يجمع بين قدرات الذكاء الاصطناعي ونظم المعلومات الجغرافية (GIS) لاستخلاص رؤى قيّمة من البيانات المكانية بشكل آلي وسريع.
- الذكاء الاصطناعي: هو مجال من علوم الكمبيوتر تم تصميمه لاكتساب محاكاة للذكاء البشري في الآلات المبرمجة للتفكير.
- الذكاء الاصطناعي التوليدي: "النمذجة الاستباقية للمخاطر الجسيمة"، حيث تتجاوز هذه التقنية حدود التنبؤ الرقمي التقليدي لتصل إلى مرحلة التخليق البصري والمعلوماتي للكارثة قبل وقوعها. وتتمحور هذه الوظيفة حول ثلاثة أبعاد بنيوية:

Copyright Author (s) 2026. Distributed under Creative Commons CC-BY 4.0
Received: 20-11-2025 - **Accepted**: 19-01-2026 - **Published**: 25-01-2026

Alq J Sci. 2026;2(1):144-154
https://doi.org/10.69667/ajs.26111
Alqalam Journal of Science
مجلـــة القلم للعلـوم
https://alqalam.utripoli.edu.ly/index.php/AR

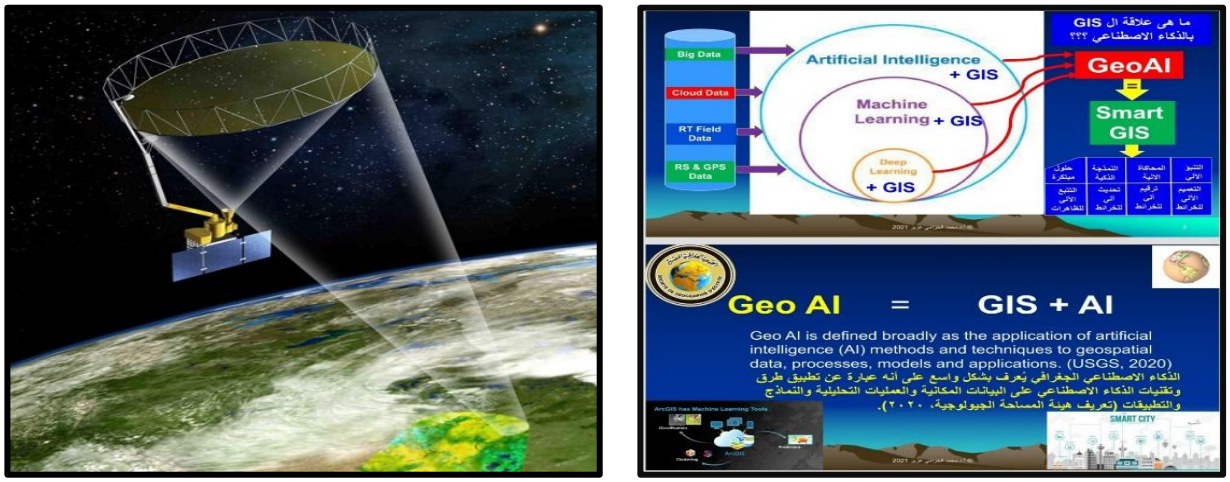
- المحاكاة البصـــرية عالية الدقة (High-Fidelity Simulation): توظف هذه التقنية شـــبكات الخصـــومة التوليدية (GANs) لدمج البيانات التاريخية والجيومكانية، مما ينتج تمثيلات بصـــرية وســـيناريوهات افتراضـــية دقيقة تحاكي التداعيات المادية للظواهر الطبيعية كالزلازل والفيضانات.
- بناء البيئات التناظرية (Digital Twins): تســـاهم التقنية في تطوير "توائم رقمية" للمدن والبنى التحتية، وهي بيئات اختبار افتراضـــية تتيح لصناع القرار وفرق الاستجابة الطارئة اختبار كفاءة الخطط اللوجستية وتدابير الإخلاء في ظروف تحاكي الواقع دون مخاطر فعلية.
- الاســتشــعار التنبؤي للأنماط المعقدة: من خلال تحليل الأنماط الخفية في مجموعات البيانات الضــخمة، يوفر الذكاء الاصــطناعي التوليدي أنظمة إنذار مبكر تتفوق على المنهجيات الإحصائية الكلاسيكية، مما يعزز من زمن الاستجابة وجودة اتخاذ القرار.

الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI)

الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) هو تطبيق ذكاء اصطناعي مدمج مع بيانات الجغرافيا المكانية والعلوم والتكنولوجيا بهدف تحقيق سرعة الفهم في الزمن الحقيقي لفرص الأعمال والتأثيرات البيئية والمخاطر التشغيلية كما هو مبين الشكل (1). تعمل المؤسسات على تحديث العمليات للتشغيل على نطاق واسع من خلال توليد بيانات آلية والحصول على أدوات وخوارزميات مكانية قابلة للوصول .

ويشمل الميزات التالية:

1. الذكاء الاصطناعي الجغرافي: خوارزمية تحليل مكاني وأدوات عمليات ذات صلة مدمجة مع الذكاء الاصطناعي.
2. الذكاء الاصطناعي لنظم المعلومات الجغرافية: يُحسّن وظيفة وتجربة المستخدم التفاعلية لبرامج نظم المعلومات الجغرافية القائمة على تقنية الذكاء الاصطناعي، ويُحسّن ذكاء هذه البرامج.
3. الذكاء الاصطناعي: إدارة وتصور وتحليل نتائج الذكاء الاصطناعي الجغرافي القائمة على نظم المعلومات الجغرافية.



الشكل (1) الدمج بين الذكاء الاصطناعي ونظم المعلومات الجغرافية

العلاقة التكاملية بين الذكاء الاصطناعي وGIS

نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لم تعد مجرد خرائط رقمية، بل تحولت إلى منصـات ذكية قادرة على تحليل كميات هائلة من البيانات المكانية بفضـل دمجها مع تقنيات الذكاء الاصـطناعي. هذا التكامل الفريد يخلق نظامًا تنبؤيًا قويًا يمكنه رصـد أدق التغيرات البيئية وتحليل أنماط الكوارث الطبيعية بطرق غير مسبوقة. إذ يستطيع معرفة موعد الفيضان القادم قبل أسبوع من حدوثه، أو اكتشاف بؤرة حريق غابي قبل أن تتحول إلى كارثة بيئية. هذا بالضبط ما تقدمه تقنيات الذكاء الاصطناعي المتكاملة مع نظم GIS اليوم.

Copyright Author (s) 2026. Distributed under Creative Commons CC-BY 4.0
Received: 20-11-2025 - **Accepted**: 19-01-2026 - **Published**: 25-01-2026

Alq J Sci. 2026;2(1):144-154
https://doi.org/10.69667/ajs.26111
Alqalam Journal of Science
مجلـــة القلم للعلـوم
https://alqalam.utripoli.edu.ly/index.php/AR

حيث يعمل الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) على تغيير السرعة التي نستطيع من خلالها استنباط المعنى من مجموعة البيانات المعقدة، ومن ثم مساعدتنا في مجابهة التحديات الأكثر إلحاحًا التي يواجهها كوكب الأرض. وإنه يكشف لنا ويساعدنا في تصور الأنماط والعلاقات المعقدة في مجموعة متنوعة من البيانات التي تواصل نموها بشكل مضاعف. تُحدث المؤسسات التي تحقق استفادة من الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) ثورة من حيث إمكانية تحويل البيانات إلى معلومات، بالإضافة إلى نماذج تتواءم مع تطور البيانات. كما أنه يساعد على:

1. تحسين جودة البيانات واتساقها ودقتها.
2. تبسيط مهام سير عمل توليد البيانات بشكل آلي من خلال قوة الأتمتة لزيادة الكفاءة وخفض التكاليف.
3. تسريع الوقت اللازم لتحقيق الوعي بالموقف.
4. مراقبة وتحليل الأحداث والأصول والجهات من المستشعرات والمصادر مثل مقاطع الفيديو لتحقيق أوقات استجابة أسرع واتخاذ قرارات استباقية.
5. الاستفادة من ذكاء الموقع في صنع القرار.
6. اتخاذ قرارات تستند إلى البيانات مع الوعي في الزمن الحقيقي تحسين نتائج الأعمال من خلال الرؤى المستخلصة من الأنماط المكانية والتنبؤات الدقيقة.
7. بناء مستقبل يتسم بالاستدامة.
8. تحسين إدارة الموارد وفهم تأثير قرارات الأعمال على المجتمع لتقليل النفايات وتخطيط المواقع وإدارتها بشكل أفضل.

استخدامات الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI)

يستخدم الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) في مختلف الصناعات والتطبيقات لمجابهة التحديات واقتناص الفرص بشكل استباقي. اكتشاف كيفية استخدام الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) لتحسين إنتاجية المحصول ورفع مستوى السلامة المجتمعية وتبسيط مراجعة الأصول وتقليل أوقات الاستجابة للطوارئ وغير ذلك الكثير.

الشكل (2) استخدامات الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI)

- **الدولة والحكومة المحلية**

Copyright *Author (s) 2026. Distributed under Creative Commons CC-BY 4.0*
Received*: 20-11-2025 -* ***Accepted****: 19-01-2026 -* ***Published****: 25-01-2026*

Alq J Sci. 2026;2(1):144-154
https://doi.org/10.69667/ajs.26111
Alqalam Journal of Science
مجلـــة القلم للعلـوم
https://alqalam.utripoli.edu.ly/index.php/AR

يعمل الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) على زيادة سرعة أداء مسؤولي الحكومة لخدمة المجتمعات باستخدام البيانات بشكل أفضل. من خلال الاستفادة من الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI)، تستطيع الحكومات إنشاء نموذج لتأثير التنمية العمرانية وإدراك توفر الموارد للسكان وتوقع تدهور الطرق والبنية الأساسية وتحديد التغييرات الحاصلة في استخدام الأراضي (مثل المباني الجديدة) لاتخاذ قرارات بشكل استباقي.

- **الموارد طبيعية**

يحدث الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) ثورة في دقة السوق الزراعية من خلال المساعدة في أتمتة الكشف عن الأنواع الدخيلة الغازية. يساعد صناعة النفط والغاز في مراقبة الأصول من خلال الاستخراج الآلي للاندفاع أو مناطق الآبار الجديدة أو طرق الوصول إلى الميدان. يستخدم مسؤولي الغابات وأصحاب الأراضي الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) لاكتساب المعرفة حول أحجام الأشعار وأنواعها من غير معاينة في الموقع مهدرة للوقت.

- **رسم خرائط وإحصائيات قومية**

يعمل الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) على تعزيز مستوى الاستجابة والإنتاجية وسرعة تسليم المنتج لهيئات رسم الخرائط الوطنية. فمن خلال الأتمتة، تعمل هذه المؤسسات على توسيع نطاق إمكاناتها الداخلية ومهام سير عمل الإنتاج. تستطيع دائرة رسم الخرائط الوطنية تحديث نظم المعلومات الجغرافية (GIS) للدولة بشكل سريع في غضون ساعات وليس شهور أو أيام.

أهمية الذكاء الاصطناعي في إدارة الكوارث

1. يساعد الذكاء الاصطناعي في تعزيز معرفة مخاطر الكوارث

يمكن للذكاء الاصطناعي أن يلعب دورًا حاسمًا في جمع وتحليل بيانات الضعف والتعرض للكوارث، وهي عناصر أساسية في تعزيز معرفة مخاطر الكوارث لأنظمة الإنذار المبكر. على سبيل المثال، يمكنه المساعدة في تحديد التجمعات السكانية الأكثر عرضة للتأثر عند حدوث عاصفة. يمكن لهذا النوع من المعلومات أن يعزز معرفة مخاطر الكوارث لأنظمة الإنذار المبكر بشكل كبير، لا سيما في المناطق التي تعاني من ندرة البيانات.

2. يمكن للذكاء الاصطناعي تسريع اكتشاف المخاطر ومراقبتها

يمتلك الذكاء الاصطناعي القدرة على تعزيز أنظمة الإنذار المبكر (EWS) من خلال تطوير التحليلات التنبؤية وتقييمات البيانات الآنية. على سبيل المثال، تم بالفعل إدخال الذكاء الاصطناعي في منصات تُجمّع معلومات الطقس القاسي وتنشرها، مثل مركز معلومات الطقس القاسي التابع للمنظمة العالمية للأرصاد الجوية.(SWIC 3.0).

3. يمكن للذكاء الاصطناعي تسريع توصيل التحذيرات وتحسين التواصل والنشر

يُعدّ التواصل الفعال للإنذارات المبكرة أمرًا بالغ الأهمية لإنقاذ الأرواح وتسهيل اتخاذ الإجراءات المبكرة. ويمكن للذكاء الاصطناعي تحسين كيفية نشر التنبيهات. على سبيل المثال، يُستخدم الذكاء الاصطناعي في جنوب آسيا.

لتخصيص الرسائل عبر قنوات متعددة، مما يضمن وصول التحذيرات إلى الأشخاص المناسبين كما يمكن للذكاء الاصطناعي ترجمة التحذيرات إلى لغات متعددة وتخصيص التنبيهات لتسهيل إصدار تحذيرات قابلة للتنفيذ.

4. يمكن للذكاء الاصطناعي تعزيز الاستجابة للكوارث من خلال المحاكاة في الوقت الفعلي

تُتيح قدرة الذكاء الاصطناعي على محاكاة سيناريوهات طوارئ مختلفة رؤى قيّمة للاستعداد والاستجابة. فمن خلال محاكاة حالات الكوارث المختلفة، يُمكن للذكاء الاصطناعي دعم المنظمات الإنسانية والحكومات في الاستعداد لمختلف السيناريوهات، وتحسين خطط الطوارئ، وتخصيص الموارد بفعالية أكبر من خلال التقييمات اللحظية. ومن مخاطر أنظمة الإنذار المبكر المدعومة بالذكاء الاصطناعي إهمال متلقي رسائل التحذير والجهات الفاعلة المحلية إذا لم تُصمم الأدوات بشكل مشترك .

Copyright Author (s) 2026. Distributed under Creative Commons CC-BY 4.0
Received: 20-11-2025 - **Accepted**: 19-01-2026 - **Published**: 25-01-2026

Alq J Sci. 2026;2(1):144-154
https://doi.org/10.69667/ajs.26111
Alqalam Journal of Science
مجلـــة القلم للعلـوم
https://alqalam.utripoli.edu.ly/index.php/AR

5. **الاستخدام الأخلاقي للذكاء الاصطناعي هو المفتاح للإنذارات المبكرة العادلة والشاملة**

في حين أن الذكاء الاصـــطناعي يتمتع بإمكانات كبيرة لتحســـين أنظمة الإنذار المبكر، إلا أنه ليس حلاً ســـحريًا. يجب تطبيق هذه التكنولوجيا بعناية واتباع نهج أخلاقي. ونظرًا لاعتماد الذكاء الاصـــطناعي بشـــكل كبير على البيانات والمعرفة المتاحة، فقد يوفر فوائد متباينة للبيئات الغنية بالبيانات مقابل البيئات النادرة. إن معالجة الفجوة الرقمية أمر بالغ الأهمية، حيث قد يتخلف أولئك الذين لا يستطيعون الوصـول إلى التكنولوجيا اللازمة عن الركب. يجب ألا تُديم نماذج الذكاء الاصـطناعي التحيزات القائمة أو تُنشـئ تحيزات جديدة، مثل عدم تمثيل مجتمعات معينة بشـكل كافٍ في البيانات المسـتخدمة لتدريب هذه الأنظمة. ولتحقيق ذلك، يجب وضـع واتباع إرشـادات وأطر عمل للاسـتخدام الأخلاقي للذكاء الاصـطناعي في أنظمة الإنذار المبكر. تُعد الخوارزميات الشـفافة وتدابير المسـاءلة واسـتراتيجيات تخفيف التحيز ضـرورية لضـمان تطبيق أخلاقي في سـياق الإنذار المبكر. علاوة على ذلك، يمكن أن يسـاعد تعزيز التعاون بين خبراء الذكاء الاصـطناعي والجهات الفاعلة الإنسـانية والمجتمعات المحلية على ضـمان اسـتخدام الذكاء الاصـطناعي بمسـؤولية وفعالية في سـياق أنظمة الإنذار المبكر. **كيف تتعلم الخوارزميات التنبؤ بالكوارث؟**

تتضـمن فوائد هذه الخوارزميات تكاليف حسـابية منخفضـة ودقة عالية؛ وتشـمل العيوب العامة طبيعة الصـندوق الأسـود للتنبؤات التي تولدها للذكاء الاصطناعي.

حيث إن عملية تدريب أنظمة الذكاء الاصـطناعي على التنبؤ بالكوارث تشبه إلى حد كبير تعليم طفل الصغير. حيث يتم تغذية الخوارزميات بكميات هائلة من البيانات التاريخية عن الكوارث السـابقة، مع جميع العوامل المرتبطة بها مثل أنماط الطقس، التضـاريس، اسـتخدامات الأراضـي، وغيرها من المتغيرات الجغرافية. ولتدريب النظام على التنبؤ بالفيضـــانات، يتم إدخال بيانات عن آلاف الحوادث الســـابقة مع ظروفها المناخية والطبوغرافية. الخوارزمية تبدأ باكتشـاف الأنماط المشـتركة، مثل العلاقة بين كمية الأمطار، انحدار الأرض، ومسـاحات الغطاء النباتي من جهة، وحدوث الفيضـانات من جهة أخرى. مع الوقت، تصبح هذه الخوارزميات قادرة على تطبيق هذه الأنماط المكتسبة على البيانات الجديدة للتنبؤ باحتمالية حدوث الفيضـان قبل أيام أو حتى أسابيع من وقوعه.

نماذج من تطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة الكوارث

مع تطور اســـتخدام الذكاء الاصـــطناعي وتطبيقاته في مختلف المجالات، أصـــبح من الممكن ابتكار نماذج قادرة على إعداد تنبؤات بعيدة المدى تقدم تحذيرات مُبكرة عن الظواهر المتطرفة وبدقة غير مسـبوقة. حيث يمكن لنماذج الذكاء الاصـطناعي التنبؤ بمسـارات الأعاصـير، وتحديد الظواهر الجوية المرتبطة بخطر الفيضـــانات، والتنبؤ بظهور درجات الحرارة القصـــوى، وغيرها من التنبؤات الجوية لمواجهة الكوارث الطبيعية الناجمة عن التغيرات المناخية التي يشهدها كوكبنا في الوقت الراهن

ومن هذه النماذج:

تطبيق التنبؤ بالفيضانات:

أنظمة التنبؤ بالفيضانات الذي تعتبر من أنجح تطبيقات الذكاء الاصطناعي في هذا المجال.

منصـــة "Google Flood Forecasting" تمثل نموذجًا رائدًا في هذا الصـــدد، حيث تعمل حاليًا في الهند وبنغلاديش وتوفر تنبيهات دقيقة للملايين من السكان المعرضين للخطر.

يعتمد هذا النظام على دمج عدة طبقات من البيانات: تنبؤات الأرصـــاد الجوية بالأمطار، خرائط طبوغرافية دقيقة للأنهار ومجاري المياه، بيانات تاريخية عن الفيضـــانات الســـابقة، وحتى معلومات عن اســـتخدامات الأراضـــي وتوزيع الســـكان. خوارزميات التعلم الآلي تقوم بتحليل كل هذه البيانات معًا لتقدير حجم الفيضان المتوقع، مساره، والمناطق التي ستتأثر بشكل أكبر. حيث استطاع النظام تقديم تنبيهات قبل 72 ساعة من حدوث الفيضان، مما

Copyright Author (s) 2026. Distributed under Creative Commons CC-BY 4.0
Received: 20-11-2025 - **Accepted**: 19-01-2026 - **Published**: 25-01-2026

Alq J Sci. 2026;2(1):144-154
https://doi.org/10.69667/ajs.26111
Alqalam Journal of Science
مجلـــة القلم للعلـوم
https://alqalam.utripoli.edu.ly/index.php/AR

أعطى السـلطات وقتًا كافيًا لإخلاء المناطق المعرضـة للخطر وتجهيز عمليات الإغاثة. الأكثر إثارة أن دقة هذه التنبؤات تتحسـن باسـتمرار مع تغذية النظام بمزيد من البيانات والخبرات>

الشكل(3) صور فوتوغرافية للإحدى فيضانات الهند وبنغلاديش

المصدر: (BBC)

تطبيق الكشف المبكر عن الحرائق

تطبيق آخر لا يقل أهمية هو اسـتخدام الذكاء الاصـطناعي للكشـف المبكر عن حرائق الغابات. نظام "NASA FIRMS" (Fire Information for Resource Management System)يقدم مثالًا حيًا على كيف يمكن لدمج صور الأقمار الصناعية مع خوارزميات الذكاء الاصطناعي أن ينقذ مساحات شاسعة من الغابات.

تعمل هذه الأنظمة على مسح شامل للمناطق المعرضة للحرائق عدة مرات يوميًا. خوارزميات الرؤية الحاسوبية المدربة تدريبًا خاصًا تبحث عن علامات الحرارة غير الطبيعية أو الدخان الناشئ. ما يميز هذه الأنظمة هو قدرتها على تمييز الحرائق الحقيقية من الأنشطة الأخرى التي قد تنتج حرارة أو دخانًا، مثل المصانع أو المناطق الزراعية حيث يتم حرق المخلفات .عند اكتشاف حريق محتمل، يقوم النظام تلقائيًا بتحديد موقعه بدقة عالية، تقدير حجمه، وحتى التنبؤ باتجاه انتشاره بناءً على عوامل مثل سرعة الرياح واتجاهها، رطوبة الهواء، ونوع الغطاء النباتي. هذه المعلومات تصل إلى فرق الإطفاء في دقائق، مما يمكنهم من التدخل السريع قبل أن تخرج الأمور عن السيطرة.

الشكل (4) حرائق غابات كاليفورنيا

المصدر: (BBC).

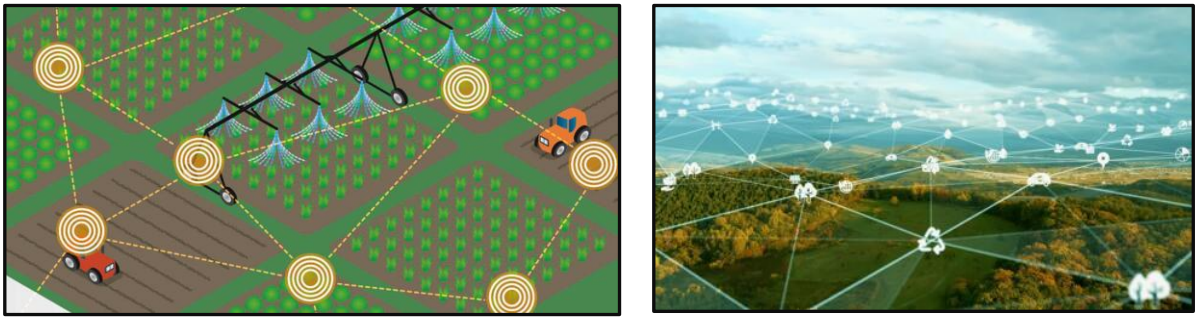
تطبيق شبكات إنترنت الأشياء(IoT)

التكامل بين أنظمة الذكاء الاصطناعي وشبكات إنترنت الأشياء (IoT) لمراقبة البيئة.

Copyright Author (s) 2026. Distributed under Creative Commons CC-BY 4.0
Received: 20-11-2025 - **Accepted**: 19-01-2026 - **Published**: 25-01-2026

Alq J Sci. 2026;2(1):144-154
https://doi.org/10.69667/ajs.26111
Alqalam Journal of Science
مجلـــة القلم للعلـوم
https://alqalam.utripoli.edu.ly/index.php/AR

حيث تصور شبكة عالمية من المستشعرات الذكية الموزعة في الأنهار، الغابات، المناطق الجبلية، وحتى قاع المحيطات، ترسل بيانات آنية عن أدق التغيرات البيئية.هذه المستشعرات يمكنها رصد تغيرات طفيفة في منسوب المياه، حركة التربة، تركيز الغازات، وغيرها من المؤشرات الدقيقة التي قد تسبق الكوارث الطبيعية كما هو مبين بالشكل (5). عند دمج هذه البيانات مع أنظمة الذكاء الاصطناعي، يمكننا الحصول على نظام إنذار مبكر دقيق للغاية قادر على رصد علامات الخطر قبل أن تتحول إلى كارثة فعلية



الشكل رقم (5) توظيف انترت الأشياء (IoT) في البيئة /

المصدر: (مجلة عالم التكنولوجيا)

نموذج"أوروراAurora Al

نموذجًا للذكاء الاصـطناعي، أطلق عليه تسـمية "أورورا"، وهو مصـمم لتقديم تنبؤات أسـرع وأكثر دقة وأقل تكلفة. أنه من المتوقع أن يُحدث هذا النموذج ثورة في طريقة الاسـتعداد لمواجهة الكوارث الطبيعية والاسـتجابة لتغيرالمناخ يقوم التنبؤ التقليدي على طرق وأسـاليب بالغة التعقيد تم تطويرها على مدى عقود، وتتطلب أجهزة كمبيوتر عملاقة قوية وفرقا كبيرة من الخبراء، ولكن "أورورا" يجهز بديلًا قويًا وفعالًا باسـتخدام الذكاء الاصـطناعي. حيث"يسـتخدم أورورا أحدث تقنيات التعلم الآلي المتقدمة لتقديم تنبؤات للأنظمة والظواهر الرئيسـية، مثل جودة الهواء، الطقس، وأمواج المحيطات، والأعاصير." وعلى عكس الطرق التقليدية، يتطلب أورورا طاقة حاسوبية أقل بكثير، مما يجعل التنبؤات العالية الجودة أكثر سهولة وقابلية للتوسع، في المناطق التي تنفصل عن المعلومات الخاصة بالمعلومات المرغوبة. وبحسب البيان الصادر من جامعة أمستردام فإن أورورا تم تدريبه على أكثر من مليون ساعة من نظام بيانات الأرض، وقد تم ضبطه بدقة ليتفوق في مجموعة المهام التنبُّئية التالية:

- جودة الهواء: وجد أن أورورا يتفوق على النماذج التقليدية في 74% من الحالات.
- أمواج المحيط: وجد أنه يتجاوز المحاكاة في النماذج التقليدية في 86% من الأهداف.
- الأعاصير المدارية: يتفوق على 7 مراكز تنبؤ تشغيلية في 100% من الاختبارات.
- الطقس عالي الدقة: يتفوق على النماذج التقليدية في 92% من السيناريوهات، وخاصة أثناء الأحداث المتطرفة.

ميزات أورورا

مع تزايد التقلبات المناخية، أصـبحت التوقعات السـريعة والموثوقة أمرا حاسما للاسـتعداد للكوارث والاسـتجابة للطوارئ والتكيف مع المناخ، وفي هذا السياق يعتقد الباحثون أن أورورا يمكن أن يساعد في جعل التنبؤات المتقدمة أكثر سهولة في الوصول إليها. وعلى الرغم من أن الأبحاث الحالية تركز على التطبيقات الأربعة المذكورة أعلاه، يقول الباحثون إن أورورا مرن ويمكن استخدامه في مجموعة واسعة من السيناريوهات المستقبلية، وقد يشمل ذلك التنبؤ بمخاطر الفيضانات، وانتشار حرائق الغابات، واتجاهات الطقس الموسمية، والعائدات الزراعية، وإنتاج الطاقة المتجددة وفي ورقة بحثية نشرتها مجلة «نيتشر» العلمية، قال باحثون في شركة البرمجيات العملاقة «مايكروسوفت» إن نموذج الذكاء الاصطناعي «أوروا» الذي تطوره الشركة «يتفوق

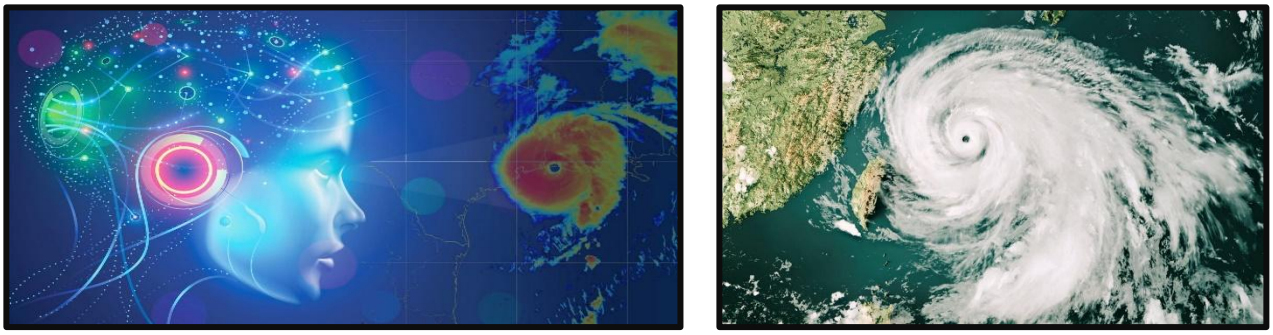
Copyright Author (s) 2026. Distributed under Creative Commons CC-BY 4.0
Received: 20-11-2025 - **Accepted**: 19-01-2026 - **Published**: 25-01-2026

Alq J Sci. 2026;2(1):144-154
https://doi.org/10.69667/ajs.26111
Alqalam Journal of Science
مجلـــة القلم للعلـوم
https://alqalam.utripoli.edu.ly/index.php/AR

على نماذج التوقعات التشغيلية التقليدية في التنبؤ بدرجة جودة الهواء، وأمواج المحيط، ومسارات الأعاصير المدارية، باستخدام أنظمة حوسبة أقل تكلفة بكثير». وذكرت «مايكروسوفت» أن النظام الجديد دُرّب «باستخدام أكثر من مليون ساعة من البيانات الجيوفيزيائية المتنوعة»، وهي كمية بيانات كافية لجعل النظام قادراً على تقديم تنبؤات «أكثر دقة؛ ليس فقط بالنسبة للطقس، وإنما لمجموعة واسعة من الأحداث المناخية من خلال سلاسل التحليلات الاسترجاعية» بما في ذلك الأعاصير وأمواج المحيطات القوية. وفي الوقت نفسه، قال فريق بحثي من الإدارة الوطنية الأميركية للمحيطات والغلاف الجوي وجامعة أوكلاهوما، إن أنموذج تنبؤ قام الفريق بتطويره باستخدام أداة «غرافكاست» الموجودة في أنموذج الذكاء الاصطناعي «غوغل ديب مايند»، يمكن أن يكون أسرع 10 مرات من النماذج التقليدية في التنبؤ بالأعاصير، وفق ما ذكرته «وكالة الأنباء الألمانية»

ودرَّب الباحثون نموذج الذكاء الاصطناعي «ديب مايند» على بيانات من نظام التحذير والتوقع الخاص بالإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي، لإنشاء أنموذج ذكاء اصطناعي يُسمَّى «دبليو أو إف إس كاست» يختصر الوقت اللازم للحصول على توقعات الأرصاد من دقائق إلى ثوانٍ.

وأعطى الأنموذج تنبؤات دقيقة إلى حد بعيد حول كيفية تطور العواصف على مدى يصل لنحو ساعتين؛ وتتطابق هذه التنبؤات بنسبة تتفاوت من 70 إلى 80 في المائة مع تلك التي حُصل عليها بواسطة نظام التحذير وفقاً للتوقعات.



الشكل (6) مراقبة الأعاصير بواسطة نموذج أورورا للذكاء الأصطناعي

المصدر: (مايكروسوفت).

النتائج

على ما تقدم نستنتج

1. قدرة الذكاء الاصطناعي على معالجة بالبيانات الضخمة المكانية. هذه البيانات تشمل صور الأقمار الصناعية عالية الدقة، قراءات المستشعرات الأرضية، السجلات التاريخية للكوارث، وحتى بيانات وسائل التواصل الاجتماعي أثناء الأزمات.
2. نظام GIS يوفر الإطار المكاني لتنظيم هذه البيانات، بينما يأتي الذكاء الاصطناعي ليكشف الأنماط الخفية والعلاقات المعقدة التي قد تفوق المحللين البشر.
3. تُراقب أساليب الذكاء الاصطناعي الجغرافي المكاني أنماط حركة المرور، وجودة الهواء، وسلامة البنية التحتية لتحسين تخصيص الموارد وتعزيز السلامة العامة.لقد أتاح تطبيق الذكاء الاصطناعي في إدارة مخاطر الكوارث فرصًا لاستجابات أكثر كفاءة ودقة وفعالية للكوارث وحالات الطوارئ.
4. يمكن لخوارزميات التعلم الآلي المطبقة على صور الأقمار الاصطناعية التنبؤ بانتشار حرائق الغابات، مما يسمح بالإنذار المبكر والاستجابة السريعة لحماية المناطق المتضرر.
5. يمكن للذكاء الاصطناعي دعم عملية صنع القرار من خلال توفير معلومات دقيقة في الوقت الفعلي يمكن أن تساعد فرق الاستجابة للكوارث في تحديد أولويات الإجراءات وتخصيص الموارد بكفاءة .
6. يساعد استخدام الذكاء الاصطناعي لتحليل البيانات الجغرافية المكانية السلطات في تحديد مدى الأضرار بعد الكارثة.

Copyright Author (s) 2026. Distributed under Creative Commons CC-BY 4.0
Received: 20-11-2025 - **Accepted**: 19-01-2026 - **Published**: 25-01-2026

Alq J Sci. 2026;2(1):144-154
https://doi.org/10.69667/ajs.26111
Alqalam Journal of Science
مجلـــة القلم للعلـوم
https://alqalam.utripoli.edu.ly/index.php/AR

7. يمكن للذكاء الاصطناعي تقييم مخاطر البنية التحتية لتصميم حلول بنية تحتية مستدامة تدعم الهدف.
8. تساعد النمذجة المناخية المدعومة بالذكاء الاصطناعي في تحديد المناطق المعرضة لخطر ارتفاع مستوى سطح البحر وإبلاغ خطط إدارة المناطق الساحلية.
9. الذكاء الاصطناعي يُعد أداة قوية في تحليل البيانات البيئية الضخمة التي تُجمع من صور الأقمار الصناعية، وأجهزة الاستشعار، والنماذج المناخية المتطورة.
10. يمكن لهذه التقنيات تحديد الأنماط المناخية واكتشاف أي تغييرات غير طبيعية قد تشير إلى كوارث طبيعية محتملة مثل الأعاصير، والفيضانات، أو حتى الزلازل.
11. بواسطة خوارزميات التعلم العميق، يمكن لهذه الأنظمة تحليل معدلات تساقط الأمطار، ودرجات حرارة المحيطات، وحركة الرياح، ما يسمح للجهات المختصة بإصدار تحذيرات مبكرة واتخاذ تدابير احترازية تقلّل من حجم الخسائر البشرية والمادية.
12. الذكاء الاصطناعي يساعد في رصد التغيرات الجيولوجية التي قد تشير إلى نشاط زلزالي، ما يمكّن العلماء من وضع خطط استجابة سريعة للمناطق العرضة للخطر.
13. هذه التقنيات ليست فقط أدوات للتنبؤ، بل تُستخدم أيضًا في مراقبة مدى تأثير الكوارث الطبيعية بعد حدوثها، ما يساهم في تحسين استراتيجيات الإغاثة والتعافي. كما تساهم في بناء المرونة على المدى الطويل من خلال تحديد مجالات الضعف والتوصية بحلول مستدامة.

التحديات

على الرغم من كل الإمكانات الهائلة، تواجه أنظمة الذكاء الاصطناعي للتنبؤ بالكوارث الطبيعية عدة تحديات تقنية كبيرة. من بينها فهم كيفية وصول النماذج إلى نتائجها، وبالتالي مدى موثوقيتها.

يجب أن يكون البشر قادرين على تقييم جودة المعلومات المولّدة بواسطة الذكاء الاصطناعي قبل استخدامها لاتخاذ قرارات مهمة. ومع ذلك، غالبًا ما لا تُزوّد المعلومات للمستخدمين النهائيين حول كيفية تدريب نموذج الذكاء الاصطناعي وتقييمه.

أبرز هذه التحديات:

1. **جودة البيانات واكتمالها**

أحد أكبر هذه التحديات هو مشكلة جودة البيانات الدقيقة واكتمالها. الخوارزميات، مهما كانت متطورة، تبقى تعتمد كليًا على البيانات التي يتم تغذيتها بها. إذا كانت هذه البيانات ناقصة أو غير دقيقة أو غير ممثلة لجميع السيناريوهات الممكنة، فإن التنبؤات ستكون عرضة للأخطاء. ففي بعض المناطق النائية أو الدول النامية، قد تكون البيانات التاريخية عن الكوارث السابقة غير مكتملة أو غير موثقة بدقة. كما أن بعض أنواع الكوارث النادرة قد لا تملك سجلات كافية لتدريب الخوارزميات بشكل مناسب. هذا يخلق ما يعرف بمشكلة "البيانات النادرة" التي تؤثر على قدرة النظام على التنبؤ بالكوارث غير المسبوقة أو ذات التكرار المنخفض.

2. **تفوق التكنولوجيا على البنية التحتية (الفجوة الرقمية)**

الفجوة الرقمية بين الدول المتقدمة وتلك النامية. العديد من أكثر المناطق عرضة للكوارث الطبيعية تفتقر إلى البنية التحتية التكنولوجية اللازمة لتطبيق هذه الأنظمة الذكية بشكل فعال. نقص أجهزة الاستشعار الأرضية، ضعف شبكات الاتصالات، وندرة الخبراء المحليين المدربين كلها عوائق تحول دون الاستفادة الكاملة من هذه التقنيات المنقذة للحياة.

3. **التكلفة العالية**

أن التكلفة العالية لبعض تطبيقات الذكاء الاصطناعي تحديًا أمام الدول النامية، حيث تتطلب هذه التقنيات استثمارات كبيرة في البنية التحتية الرقمية، فضلاً عن ذلك، هناك نقص في الوعي العام حول إمكانيات الذكاء الاصطناعي ، ما يؤخر تبنّي هذه التقنيات على نطاق أوسع. حيث

Copyright Author (s) 2026. Distributed under Creative Commons CC-BY 4.0
Received: 20-11-2025 - **Accepted**: 19-01-2026 - **Published**: 25-01-2026

Alq J Sci. 2026;2(1):144-154
https://doi.org/10.69667/ajs.26111
Alqalam Journal of Science
مجلـــة القلم للعلـوم
https://alqalam.utripoli.edu.ly/index.php/AR

تتطلب الخدمات المعتمدة على الذكاء الاصطناعي موارد ضخمة، وهي موارد نادرة بشكل خاص في المناطق التي تعاني من ندرة البيانات. قد لا يكون من الممكن استثمار مبالغ طائلة في نماذج الذكاء الاصطناعي للكشف عن المخاطر ورصدها، أو الحفاظ عليها، في ظل الموارد المتاحة للمناطق والحكومات .

4. **تفسير البيانات**

قد تُسيء نماذج الذكاء الاصطناعي تفسير بيانات الضعف والتعرض للكوارث أو تتجاهل الفروق الدقيقة الحرجة الخاصة بالحالات، مثل الفئات المهمشة. في سياق أنظمة الإنذار المبكر، يمكن أن يؤدي هذا إلى عواقب وخيمة مع استجابات طوارئ غير مناسبة. لذلك، فإن استخدام الذكاء الاصطناعي فقط كأداة تكميلية لجمع رؤى من الأشخاص الأكثر عرضة للخطر في المجتمعات المحلية أمر بالغ الأهمية لضمان أن يكون الابتكار متمحورًا حول الإنسان ومنصفًا .

5. **الثقة**

لا يزال بناء الثقة في التحذيرات التي يُصدرها الذكاء الاصطناعي يُمثل تحديًا. فالإنذارات الكاذبة أو البيانات غير الصحيحة قد تُضعف الثقة، مما يُصعّب تشجيع اتخاذ إجراءات في الوقت المناسب. لذا، فإن الإشراف البشري والتحقق من صحة التنبيهات التي يُصدرها الذكاء الاصطناعي ضروريان للحفاظ على الثقة.

التوصيات

1. تعزيز الثقة في الذكاء الاصطناعي لإدارة الكوارث.
2. يجب أن يكون الذكاء الاصطناعي المستخدم في إدارة الكوارث موثوقًا ودقيقًا، والأهم من ذلك، شفافًا.
3. دمج الذكاء الاصطناعي (XAI) في أنظمة الإنذار المبكر والتوائم الرقمية.
4. دمج أساليب الاستدلال السببي لتحسين تخطيط استراتيجية إدارة مخاطر الكوارث وفعاليتها.

الخاتمة

الذكاء الاصطناعي يقدم أدوات غير مسبوقة للتنبؤ بالكوارث الطبيعية وإنقاذ الأرواح، لكنه ليس عصًا سحرية قادرة على حل جميع التحديات. إن النجاح الحقيقي سيتطلب جهدًا متكاملًا يدمج بين التكنولوجيا المتقدمة، البنية التحتية المناسبة، التوعية المجتمعية، وأطر التعاون الدولي.

مهما كانت متطورة، تبقى أداة في يد البشر. والاختبار الحقيقي سيكون في كيفية اختيارنا لاستخدام هذه الأداة القوية. هل ستكون جسرًا نحو عالم أكثر أمانًا واستعدادًا لمواجهة الكوارث الطبيعية؟ أم ستكون عاملًا آخر يزيد من الفجوة بين من يملكون ومن لا يملكون؟ الجواب يعتمد علينا جميعًا.

المراجع

1. https://www.esri.com/ar-sa/capabilities/geoai/overview
2. https://geospatialtraining.com/the-future-of-gis-work-in-the-age-of-ai-evolution-transformation-and-potential-displacement/
3. https://spyro-soft.com/blog/geospatial/gis-and-artificial-intelligence-what-is-geoai
4. https://support.microsoft.com/en-us/office/get-geographic-location-data-in-excel-
5. بن بواليغ، ز. وآخرون (2024)، صعود التنبؤات الجوية القائمة على البيانات: أول تقييم إحصائي للتنبؤات الجوية القائمة على التعلم الآلي في توقعات شبيهة بالعمليات، مجلة الأرصاد الجوية الأمريكية.

Copyright Author (s) 2026. Distributed under Creative Commons CC-BY 4.0
Received: 20-11-2025 - **Accepted**: 19-01-2026 - **Published**: 25-01-2026