دور تقنيات الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بالمخاطر البيئية وتحقيق التنمية المستدامة

The Role of Artificial Intelligence Technologies in Predicting Environmental Risks and Achieving Sustainable Development

Abdelwahed Rguili د.عبد الواحد الركيلي

دكتور في القانون الخاص

الكلية متعددة التخصصات ببني ملال

جامعة السلطان مولاي سليمان المغرب

الملخص:

يتناول البحث دور تقنيات الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بالمخاطر البيئية والمساهمة في تحقيق التنمية المستدامة في مواجهة التحديات البيئية مثل التغير المناخي، التلوث، وفقدان التنوع البيولوجي. يشير إلى أهمية استخدام أدوات تكنولوجية متقدمة لتحليل البيانات البيئية الضخمة والتنبؤ بالأزمات قبل وقوعها، مما يسهم في اتخاذ قرارات وقائية فعالة. لا تقتصر هذه التقنيات على التنبؤ بالمخاطر فقط، بل تساهم في تحسين إدارة الموارد الطبيعية وتعزيز كفاءة السياسات البيئية لتحقيق توازن بين التنمية الاقتصادية وحماية البيئة.

ويركز البحث على تطبيقات الذكاء الاصطناعي في مجالات مثل مراقبة التلوث، التنبؤ بالكوارث الطبيعية، ودعم التخطيط البيئي المستدام، مما يوفر حلولا مبتكرة لمراقبة التغيرات البيئية والتفاعل معها بفعالية. كما يناقش التحديات التقنية مثل دقة البيانات، التحديات الاقتصادية المتعلقة بتكلفة تنفيذ هذه التقنيات، والتحديات القانونية المتعلقة بحماية البيانات. تم تقسيم البحث إلى محورين: الأول يتناول التنبؤ بالمخاطر البيئية، والثاني يتناول دور التقنيات في تعزيز التنمية المستدامة. يشير البحث إلى ضرورة تبني هذه التقنيات لضمان استدامة الموارد الطبيعية للأجيال القادمة وتحقيق التنمية المستدامة.

الكلمات المفاتيح: الضرر، الخطر البيئي، التنمية، الذكاء الاصطناعي، التنبؤ بالمخاطر.

Abstract :

The research examines the role of artificial intelligence (AI) technologies in predicting environmental risks and supporting sustainable development in the context of major environmental challenges such as climate change, pollution, and biodiversity loss. It emphasizes the importance of employing advanced technological tools capable of analyzing large environmental datasets and forecasting potential crises before they occur, which enables more effective

preventive decision-making. In addition to risk prediction, AI contributes to improving natural resource management and enhancing the efficiency of environmental policies, thereby helping to achieve a balance between economic development and environmental protection.

The study also highlights key applications of AI, including pollution monitoring, natural disaster prediction, and the support of sustainable environmental planning. These applications provide innovative and efficient ways to track environmental changes and respond to them in a timely manner. Furthermore, the research addresses several challenges associated with the use of AI, including technical issues related to data accuracy, economic constraints linked to implementation costs, and legal concerns regarding data protection and privacy.

The research is structured into two main parts: the first focuses on environmental risk prediction, while the second explores the contribution of AI technologies to promoting sustainable development. It concludes by stressing the necessity of adopting AI solutions to ensure the preservation of natural resources for future generations and to achieve long-term sustainable development.

Keywords :Damage, environmental risk, development, artificial intelligence, risk prediction.

مقدمة

يواجه الوسط البيئي في العصر الحالي مجموعة من التحديات البيئية التي تهدد استدامة الحياة البشرية والكائنات الحية على حد سواء. من التغيرات المناخية التي تؤدي إلى ظواهر متطرفة مثل الجفاف والفيضانات، إلى تلوث المياه والهواء وفقدان التنوع البيولوجي، يبدو أن المخاطر البيئية تتزايد بشكل غير مسبوق[1].

[1] شيماء عادل مصطفي يوسف ونورهان محمود أمين أحمد، التغير المناخي وأثره على الأمن الإنساني دور منظمة الأمم المتحدة 2012-2022، مقال منشور ضمن موقع المركز العربي الديمقراطي على الرابط التالي: https://democraticac.de/?p=90803، تاريخ الولوج إليه في 06 مارس 2026، على الساعة الخامسة صباحا.

ولعل أبرز ما يجعل هذه المخاطر أكثر إلحاحا هو تأثيراتها المستدامة التي تمتد لعقود وربما لقرون، ما يستدعي ضرورة اتخاذ إجراءات استباقية وفعالة لمواجهتها. في هذا السياق، يصبح من الضروري إيجاد آليات علمية وتقنية قادرة على التنبؤ بتلك المخاطر قبل وقوعها، مما يتيح للجهات الإدارية المعنية فرصة اتخاذ التدابير الوقائية والتخطيط السليم للحد من آثارها السلبية.

ففي السنوات الأخيرة، ظهرت تقنيات الذكاء الاصطناعي[1] كأداة محورية في العديد من المجالات العلمية والاقتصادية والاجتماعية. وفي مجال البيئة، تبرز هذه التقنيات كحلول مبتكرة لمواجهة التحديات البيئية من خلال تحسين القدرة على التنبؤ بالمخاطر البيئية بدقة عالية.

يمكن للذكاء الاصطناعي تحليل كميات ضخمة من البيانات البيئية وتفسير الأنماط والاتجاهات التي قد تكون غير واضحة باستخدام الأدوات التقليدية، وقد سمحت هذه التقنيات بتحديد الأنماط المرتبطة بتغيرات المناخ، وتحليل التلوث البيئي، ورصد خسارة التنوع البيولوجي، مما يسهم في التنبؤ بالأزمات البيئية التي قد تنشأ في المستقبل.

وعلاوة على ذلك، فإن الذكاء الاصطناعي لا يقتصر دوره على التنبؤ بالمخاطر البيئية فقط، بل يمتد ليشمل تحسين استراتيجيات التنمية المستدامة. فمن خلال تحسين استغلال الموارد، تقليل الفاقد، وتحقيق كفاءة أكبر في عمليات الإنتاج والخدمات، يساعد الذكاء الاصطناعي في التوصل إلى حلول تكنولوجية تدعم التوازن بين النمو الاقتصادي والحفاظ على البيئة. وبالتالي، فإنه يمكن أن يسهم في تحقيق أهداف التنمية المستدامة التي تعني تلبية احتياجات الحاضر دون التأثير على قدرة الأجيال القادمة في تلبية احتياجاتها[2].

إن توظيف الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بالمخاطر البيئية يمثل فرصة لتسريع الجهود العالمية لتحقيق التنمية المستدامة، ولكنه في الوقت ذاته يتطلب إدراكا عميقا للتحديات التي قد يواجهها هذا التوظيف. فمن هنا، يطرح هذا البحث تساؤلات متعددة حول الدور الفعلي للذكاء الاصطناعي في مجالي التنبؤ بالمخاطر البيئية وتحقيق التنمية المستدامة، وكيفية استثمار هذه التقنيات بالشكل الأمثل في ظل التحديات التقنية والسياسية والاقتصادية التي قد تعترض طريقها.

---

[1] إن تقنيات الذكاء الاصطناعي هي مجموعة من الأنظمة والبرمجيات التي تهدف إلى تمكين الآلات من محاكاة الذكاء البشري، مثل التعلم، والتفكير، واتخاذ القرارات. ويعتمد الذكاء الاصطناعي على تقنيات مثل التعلم الآلي، الذي يسمح للآلات بتعلم المهام بناء على البيانات دون الحاجة إلى البرمجة الصريحة، والشبكات العصبية الاصطناعية التي تستلهم هيكل الدماغ البشري لمعالجة البيانات. كما يشمل أيضا التعلم العميق، الذي يعتمد على الشبكات العصبية متعددة الطبقات لمعالجة الأنماط المعقدة مثل التعرف على الصور أو الصوت.

تتنوع تطبيقات الذكاء الاصطناعي في العديد من المجالات مثل الرعاية الصحية، والسيارات الذاتية القيادة، والتجارة الإلكترونية، والتعليم، وغيرها. ويمكن أن يكون الذكاء الاصطناعي قويا، حيث يسعى لمحاكاة الذكاء البشري بشكل كامل، أو ضعيفا حيث يقتصر على مهام محددة مثل المساعدين الافتراضيين والروبوتات المتخصصة.

[2] أحمد بيومي، الذكاء الاصطناعي الشامل من أجل التنمية: قراءة في تقرير الأونكتاد 2025، مقال منشور بموقع المركز المصري للفكر والدراسات الإستراتيجية، على الرابط التالي: https://shorturl.at/XRyMN ، تاريخ الولوج إليه في 06 مارس 2026 على الساعة الرابعة زوالا.

تبرز أهمية هذا الموضوع تكمن في تأثيره الكبير على الأمن البيئي والمستقبل المستدام للبشرية، فبالنظر إلى تزايد المخاطر البيئية في العقدين الأخيرين، بات من الضروري اعتماد تقنيات علمية حديثة مثل الذكاء الاصطناعي للتنبؤ بهذه المخاطر بشكل دقيق وفعال.

تساعد هذه التقنيات في الحصول على رؤى عميقة حول تأثير الأنشطة البشرية على البيئة، مما يساهم في اتخاذ القرارات السليمة في الوقت المناسب للحد من هذه التأثيرات. إضافة إلى ذلك، تسهم هذه التقنيات في تعزيز الاستراتيجيات البيئية التي تهدف إلى تقليل التلوث، التكيف مع التغيرات المناخية، وتحقيق استخدام مستدام للموارد الطبيعية.

ومن خلال توظيف الذكاء الاصطناعي، يمكن تسريع عمليات البحث والتطوير في مجال الطاقة المتجددة، تحسين الإدارة البيئية، ودعم التحليل البيئي الدقيق الذي يمكن صانعي السياسات من اتخاذ قرارات مستنيرة. فهذه القدرة على التنبؤ تساهم بشكل كبير في تعزيز استدامة البيئة وتحقيق التنمية المستدامة عبر تحقيق توازن بين النمو الاقتصادي والحفاظ على الموارد الطبيعية.

تتمحور إشكالية هذا البحث حول مدى قدرة تقنيات الذكاء الاصطناعي على تعزيز التنبؤ بالمخاطر البيئية وتحقيق أهداف التنمية المستدامة، في ظل ما يثيره استخدامها من تحديات قانونية وتنظيمية تتعلق بالمسؤولية، وحماية البيانات، وضمان مشروعية القرارات المبنية على الخوارزميات.

وتتفرع عن هذه الإشكالية الأسئلة المحورية التالية:

- ما هي أبرز المخاطر البيئية التي يمكن التنبؤ بها باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي؟
- كيف تساهم تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحسين دقة التنبؤ بالمخاطر البيئية مقارنة بالطرق التقليدية؟
- ما هي التطبيقات العملية لتقنيات الذكاء الاصطناعي في مجال مراقبة التغيرات المناخية، التلوث البيئي، وفقدان التنوع البيولوجي؟
- كيف يمكن للذكاء الاصطناعي أن يسهم في تعزيز استراتيجيات التنمية المستدامة وتحقيق أهداف التنمية المستدامة؟
- ما هي أبرز التحديات التي قد تواجه استخدام الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بالمخاطر البيئية؟ وكيف يمكن التغلب عليها؟

سيتبع هذا البحث منهج تحليل المضمون، الذي يركز على تحليل محتوى الدراسات والمقالات السابقة التي تتناول دور الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بالمخاطر البيئية وتحقيق التنمية المستدامة.

إلى جانب تصنيف هذه الدراسات وفقا لمجالاتها وتطبيقاتها المختلفة، وتحديد الأساليب والتقنيات المستخدمة في تحليل البيانات البيئية. من خلال هذا التحليل، سيتم استخلاص المعلومات التي تساهم في تعزيز الفهم حول كيفية توظيف الذكاء الاصطناعي لمواجهة التحديات البيئية.

وسيتم كذلك استعراض الأدوات والتقنيات التي يعتمد عليها الذكاء الاصطناعي في مجال البيئة، مثل التعلم الآلي وتحليل البيانات الضخمة، بالإضافة إلى استكشاف التطبيقات الفعلية لتلك التقنيات في مجالات مثل مراقبة الهواء والمياه، التنبؤ بالأعاصير والفيضانات، ورصد تغيرات المناخ.

وبناء على هذا التحليل، سيتم تقديم توصيات وأفكار لتحسين استخدام الذكاء الاصطناعي في معالجة المخاطر البيئية بشكل يتماشى مع أهداف التنمية المستدامة.

ولا يقتصر الاهتمام بتوظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي في المجال البيئي على ما توفره من إمكانيات تقنية للتنبؤ بالمخاطر، وإنما يمتد إلى ما تثيره من رهانات قانونية وأخلاقية مرتبطة بضمان مشروعية استعمال البيانات البيئية، وتحديد المسؤولية عن القرارات المبنية على الخوارزميات، وتحقيق التوازن بين متطلبات الابتكار وحماية الحقوق والمصالح الجماعية.

ومن ثم، فإن نجاح هذه التقنيات لا يتوقف على تطورها التقني فحسب، بل يظل رهينا بوجود إطار قانوني وتنظيمي قادر على تأطير استخدامها وضمان توظيفها في خدمة التنمية المستدامة.

وللبحث في الموضوع والإجابة عن الإشكالية الأساسية وأسئلتها الرئيسية يمكننا بحثه وفق الخطة البحثية التالية:

المحور الأول: دور **تقنيات الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بالمخاطر البيئية**

المحور الثاني: دور تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحقيق التنمية المستدامة

المحور الأول: دور تقنيات الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بالمخاطر البيئية

يعتبر الذكاء الاصطناعي أحد الأدوات الفعّالة في مواجهة التحديات البيئية من خلال تمكيننا من التنبؤ بالمخاطر البيئية قبل حدوثها، إذ تجسد الأنظمة الذكية وظيفة محورية في رصد التغيرات البيئية بشكل دقيق وفوري، مما يساهم في تحليل البيانات البيئية ومتابعة تغيرات المناخ، التلوث، وفقدان التنوع البيولوجي.

ومن خلال تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي، مثل التعلم الآلي وتحليل البيانات الضخمة، يمكن تحليل أنماط هذه التغيرات واستخلاص تنبؤات دقيقة للمخاطر المستقبلية. وعلى سبيل المثال، تستخدم هذه التقنيات لتحديد مناطق تهديد الفيضانات أو مراقبة مستويات التلوث في المدن الكبرى (**أولا**).

كما تساهم نماذج الذكاء الاصطناعي في تحسين استراتيجيات إدارة البيئة، من خلال تقديم حلول مبتكرة لتحليل الأثر البيئي وتقديم قرارات مبنية على بيانات دقيقة ومدعومة بتقنيات حديثة (**ثانيا**).

1: دور الأنظمة الذكية في رصد التغيرات البيئية

تعد التقنيات التي يشتغل بها الذكاء الاصطناعي أحد أبرز المحاور التكنولوجية التي لها القدرة على مواجهة التحديات البيئية المعقدة، خصوصا في مجال التنبؤ بالمخاطر البيئية ورصد التغيرات المناخية، حيث تعتمد الأنظمة الذكية في هذا السياق على

معالجة وتحليل كميات ضخمة من البيانات البيئية التي تجمع من مصادر متعددة، مثل الأقمار الصناعية، والتقنيات الحديثة الأخرى[1].

فمن خلال هذه البيانات، تسهم هذه التقنيات المتطورة في مراقبة وتحليل جودة الهواء والماء بطرق أكثر دقة وفاعلية مقارنة بالأساليب التقليدية، حيث وعلى سبيل المثال، يمكن استخدام تقنيات التعلم الآلي لتحليل تركيزات الملوثات الجوية مثل أكاسيد النيتروجين والجسيمات الدقيقة في الهواء، مما يساعد في تحديد الأماكن الأكثر تأثرا بالتلوث وتقديم توصيات فورية للتحكم فيه.

ولعل أحد الاستخدامات الأكثر تقدما للذكاء الاصطناعي يكمن في التنبؤ بالكوارث الطبيعية، وهي أحد أكبر التحديات التي تواجه البشرية في العصر الحديث، إذ تستفيد الأنظمة الذكية من تقنيات مثل الشبكات العصبية العميقة وتحليل البيانات الزمانية والمكانية للتنبؤ بحدوث الزلازل، الفيضانات، والأعاصير[2].

ومن خلال تحليل الأنماط التاريخية للظواهر المناخية والجغرافية، يمكن للنماذج المدعمة بالذكاء الاصطناعي تحديد الأنماط غير المرئية للبشر في تلك البيانات، مما يتيح إجراء تنبؤات أكثر دقة حول توقيت وشدة الكوارث.

أما فيما يخص التنبؤ بالتغيرات المناخية الطويلة الأجل، فقد برز دور الذكاء الاصطناعي في تحسين النماذج المناخية التقليدية، وذلك من خلال تعزيز قدرة هذه النماذج على معالجة التفاعلات المعقدة بين العوامل المناخية المختلفة. فبفضل تقنيات مثل التعلم العميق وتحليل البيانات الكبيرة، يمكن للذكاء الاصطناعي محاكاة التغيرات المستقبلية في أنماط المناخ على مستوى عالمي، بما في ذلك تأثيرات التغير المناخي على الأنظمة البيئية والاقتصاد العالمية[3].

بالإضافة إلى ذلك، تساعد هذه النماذج في استشراف الأفاق المستقبلية للأحداث المناخية المتطرفة، مثل ارتفاع درجات الحرارة وهطول الأمطار غير المنتظم، مما يعزز قدرة الدول والحكومات والمنظمات الدولية على اتخاذ قرارات استباقية للتكيف مع هذه التغيرات.

فبواسطة هذه التطبيقات المتطورة، يمكن للذكاء الاصطناعي أن يسهم بشكل كبير في تطوير استراتيجيات متكاملة للتصدي للمخاطر البيئية وتحقيق التنمية المستدامة، نظرا لأن قدرة هذه الأنظمة على التنبؤ بالأحداث البيئية المحتملة توفر فرصة ذهبية لتقليل الأضرار وتعزيز استراتيجيات التكيف، ما يفتح آفاقا جديدة للحفاظ على البيئة وضمان استدامتها للأجيال القادمة.

---

[1] أمال فراح دباب، توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي لمكافحة التغير المناخي، مجلة القانون العام الجزائري المقارن، عدد خاص، شهر شتنبر من سنة 2025، ص 184 وما يليها.

[2] محمد البقصي، استعمالات الذكاء الاصطناعي: الفرص والمخاطر، مجلة جسور، مجلة التربية والثقافة والبحث العلمي، العدد المزدوج العاشر والحادي عشر، سنة 2022، ص 291.

[3] عبد اللطيف مؤيد سامر، دور الذكاء الاصطناعي في تعزيز التنمية المستدامة، مقال منشور بموقع المجلة الأمريكية الدولية للعلوم الإنسانية والاجتماعية، على الرابط التالي: https://shorturl.at/mfx81، تاريخ الولوج إليه في 25 فبراير 2026، على الساعة العاشرة صباحا.

ومن خلال ما سبق، يتضح أن فعالية الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بالمخاطر البيئية لا ترتبط بقدرته التقنية على معالجة البيانات فحسب، وإنما تتوقف أيضا على جودة البيانات المعتمدة ومدى تحديثها واستمرارية توفيرها. فكلما كانت البيانات أكثر دقة وشمولا، ازدادت موثوقية النتائج التي تقدمها الأنظمة الذكية، الأمر الذي يجعل الاستثمار في البنية المعلوماتية البيئية شرطا أساسيا لتحقيق الاستفادة القصوى من هذه التقنيات.

2: رصد لنماذج تقنيات الذكاء الاصطناعي في التحليل البيئي

في ظل التحديات البيئية المتزايدة التي تواجه كوكب الأرض، أصبح الذكاء الاصطناعي ركيزة أساسية في تطوير نماذج متقدمة لتحليل المخاطر البيئية والتعامل معها بكفاءة غير مسبوقة.

فعلى وجه الخصوص، تجسد نماذج التعلم الآلي دورا بالغ الأهمية في التنبؤ بانتشار الأمراض البيئية، وهو مجال حيوي يتطلب فحصا دقيقا ومعقدا للبيانات البيئية والصحية[1].

ومن خلال تقنيات مثل الشبكات العصبية العميقة والخوارزميات التنبؤية، يستطيع الذكاء الاصطناعي معالجة كميات ضخمة من البيانات البيئية، مثل مستويات التلوث، وتركيزات المواد السامة في الهواء والمياه، وظروف الطقس، لتحليل تأثيراتها المتداخلة على صحة الإنسان.

ونشير هنا إلى أن الذكاء الاصطناعي يتمكن من نمذجة العلاقة بين زيادة تركيز الملوثات في الهواء وانتشار أمراض الجهاز التنفسي، وبناء على ذلك يقدم توقعات دقيقة حول الأماكن الأكثر عرضة لانتشار هذه الأمراض. هذا النوع من التحليل يمكن أن يوجه سياسات الصحة العامة ويعزز الاستجابة الوقائية بشكل فوري، مما يقلل من العبء الصحي والاجتماعي الناجم عن التلوث البيئي.

أضف إليه أن الذكاء الاصطناعي بات يشهد تطورا كبيرا في مجال تطوير أنظمة الإنذار المبكر، وتعتمد هذه الأنظمة على تقنيات متقدمة مثل التعلم العميق والذكاء الاصطناعي المعزز لتحليل الأنماط البيئية المعقدة والمتغيرات الزمنية والمكانية التي يصعب رصدها بالطرق التقليدية.

وفي حالة الفيضانات، يمكن لنماذج الذكاء الاصطناعي تحليل بيانات الأنهار، معدلات هطول الأمطار، ومستويات الأرض، جنبا إلى جنب مع بيانات الأقمار الصناعية الحية، لتقديم توقعات دقيقة حول الوقت والموقع المحتملين لحدوث الفيضانات.

هذه الأنظمة الذكية لا تقتصر على التنبؤ فقط، بل تدمج أيضا استراتيجيات للتوجيه الفوري والتنسيق بين مختلف الهيئات المعنية، ما يعزز القدرة على اتخاذ قرارات استباقية مثل إخلاء المناطق المعرضة للخطر أو تخصيص الموارد بفعالية أكبر.

[1] أمينة روابحي، عثمان بقنيش، دور الذكاء الاصطناعي في حماية البيئة، المجلة الجزائرية للحقوق والعلوم السياسية، المجلد العاشر، العدد الثاني، سنة 2025، ص 03 وما يليها.

وفي إطار تحسين استراتيجيات إدارة المخاطر، يوفر الذكاء الاصطناعي أداة قوية لتحليل المخاطر البيئية على نطاق واسع من خلال بناء نماذج مدمجة تتناول التفاعلات المعقدة بين العوامل البيئية والأنشطة البشرية. وذلك عبر جمع البيانات من مصادر متعددة، مثل أجهزة الاستشعار الأرضية، الأقمار الصناعية، وبيانات الطقس، ثم يتم معالجتها لتقديم تنبؤات دقيقة وشاملة حول تأثيرات المخاطر البيئية المستقبلية[1].

وبالتالي دعم اتخاذ قرارات استراتيجية بشأن المحاصيل المناسبة التي يمكن زراعتها في ظل هذه الظروف المتغيرة. كما يستخدم في تحسين استراتيجيات التخفيف من المخاطر من خلال تحليل البيانات في الزمن الفعلي، بما يوفر معلومات دقيقة يمكن من خلالها وضع سياسات أكثر فاعلية في مجالات مثل التلوث، الكوارث الطبيعية، وحماية الأنظمة البيئية الحساسة[2].

وإجمالا؛ فإن تطبيقات الذكاء الاصطناعي في التحليل البيئي تمثل نقلة نوعية في قدرة البشرية على مواجهة التحديات البيئية المعقدة. من التنبؤ بالأمراض البيئية إلى تطوير أنظمة إنذار مبكر وتحسين استراتيجيات إدارة المخاطر، يقدم الذكاء الاصطناعي حلولا مبتكرة ومتكاملة تتخطى الأساليب التقليدية، مما يساهم في بناء بيئة أكثر استدامة ويعزز من قدرة المجتمعات على التكيف مع التغيرات البيئية المترتبة على التقدم التكنولوجي والاقتصادي.

غير أن الاعتماد المتزايد على النماذج الذكية في تحليل المخاطر البيئية يثير إشكالا يتعلق بمدى إمكانية الاعتماد عليها كمصدر لاتخاذ القرار الإداري أو القضائي، خاصة إذا تعارضت نتائجها مع المعطيات الواقعية أو مع الخبرة البشرية. لذلك ينبغي النظر إلى الذكاء الاصطناعي باعتباره أداة مساعدة لاتخاذ القرار، وليس بديلا عن السلطة التقديرية للجهات المختصة.

المحور الثاني: دور تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحقيق التنمية المستدامة

يعد الذكاء الاصطناعي من العوامل الأساسية لتحقيق التنمية المستدامة، حيث يسهم بشكل كبير في تحسين كفاءة استخدام الموارد الطبيعية. فمن خلال تقنيات مثل التحليل التنبؤي وأتمتة العمليات، يمكن تقليل الفاقد وتحسين استدامة الموارد مثل المياه والطاقة، مما يسهم في تقليل التأثيرات البيئية السلبية، كما يساهم الذكاء الاصطناعي في تعزيز الإنتاجية الزراعية المستدامة، وتحسين إدارة النفايات، وتطوير حلول للطاقة المتجددة (**أولا**).

أما بالنسبة للتوجهات المستقبلية، فإن الذكاء الاصطناعي سيتجه نحو تعزيز ابتكارات جديدة تسهم في تسريع التحول إلى اقتصاد منخفض الكربون، وتحقيق توازن أكبر بين النمو الاقتصادي والحفاظ على البيئة، من خلال حلول تكنولوجية مبتكرة تدعم التنمية المستدامة على المدى الطويل (**ثانيا**).

---

[1] أمينة روابحي، عثمان بقنيش، دور الذكاء الاصطناعي في حماية البيئة، دور الذكاء الاصطناعي في حماية البيئة، المجلة الجزائرية للحقوق والعلوم السياسية، المجلد العاشر، العدد الثاني، سنة 2025، ص 05.

[2] حمد حسن بورويق، دور الذكاء الاصطناعي في تحسين إدارة المخاطر وإدارة الكوارث، مجلة شمال إفريقيا للنشر العلمي، المجلد الثالث العدد الأول سنة 2024، ص 142.

1: المساهمة في تحسين كفاءة الموارد الطبيعية

يعتبر الذكاء الاصطناعي أحد الأدوات الحديثة التي تلعب دورا محوريا في تحقيق التنمية المستدامة، خاصة في مجالات تحسين كفاءة الموارد الطبيعية، مع تزايد الضغوط البيئية والتحديات المرتبطة بالاستهلاك غير المستدام للطاقة والمياه، حيث أصبح من الضروري تبني تقنيات مبتكرة تساهم في ترشيد استخدام هذه الموارد بشكل ذكي وفعال، حيث وفي هذا السياق، يظهر دور الذكاء الاصطناعي كحل استراتيجي يساعد على تقليل الهدر وزيادة الكفاءة[1].

أما في مجالي الطاقة والمياه، يمكن للذكاء الاصطناعي أن يحدث تحولا كبيرا في كيفية استهلاك هذه الموارد، حيث ومن خلال تقنيات مثل الشبكات الذكية وأجهزة الاستشعار المتطورة، يمكن مراقبة استهلاك الطاقة والمياه في الوقت الفعلي. إلى جانب استخدام الخوارزميات المتقدمة لتحليل البيانات، إذ يتمكن الذكاء الاصطناعي من التنبؤ باحتياجات الطاقة والمياه في المستقبل[2]، مما يساعد في تعديل الاستخدام بطريقة تضمن تقليل الفاقد والحد من الهدر.

تساعد أنظمة الذكاء الاصطناعي في المنازل أو المباني التجارية في التحكم الذكي في أنظمة التدفئة والتبريد، حيث تحدد هذه الأنظمة أوقات التشغيل وفقا لاحتياجات المكان الفعلية وظروف الطقس، مما يؤدي إلى توفير كبير في استهلاك الطاقة. كما تستخدم تقنيات الذكاء الاصطناعي في مراقبة وتوجيه استهلاك المياه، خصوصا في المناطق التي تعاني من ندرة المياه[3]، حيث يتم التحكم في توزيع المياه حسب الحاجة الفعلية لكل منطقة.

أما في مجال الزراعة المستدامة، فإن الذكاء الاصطناعي يساهم في تحسين كفاءة الإنتاج الزراعي بطرق متعددة، فتقنيات الذكاء الاصطناعي مثل التعلم الآلي والرؤية الحاسوبية تساعد المزارعين في اتخاذ قرارات دقيقة تعتمد على تحليل بيانات متعمقة حول التربة، المحاصيل، والمناخ.

يمكن استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي لتحليل صور الأقمار الصناعية أو الطائرات دون طيار من أجل مراقبة صحة المحاصيل الزراعية والكشف المبكر عن الأمراض أو الآفات، مما يسمح للمزارعين باتخاذ إجراءات فورية قبل أن تنتشر هذه المشكلات، فهذا الأمر لا يساهم فقط في تقليل الخسائر الزراعية، بل يحد أيضا من استخدام المواد الكيميائية مثل المبيدات والأسمدة[4].

---

[1] عبد اللطيف مؤيد سامر، دور الذكاء الاصطناعي في تعزيز التنمية المستدامة، مقال منشور بموقع المجلة الأمريكية الدولية للعلوم الإنسانية والاجتماعية، على الرابط التالي: https://shorturl.at/mfx81، تاريخ الولوج إليه في 27 فبراير 2026، على الساعة الواحدة زولا.

[2] أمينة روابحي، عثمان بقنيش، دور الذكاء الاصطناعي في حماية البيئة، مرجع سابق، ص 05.

[3] فخار عبد الواحد، إستراتيجية تدبير الموارد المائية في المغرب: بين إكراهات الندرة ومتطلبات الأمن المائي المستدام، مقال منشور بموقع مجلة القانون والأعمال الدولية، على الرابط التالي: https://shorturl.at/E1yin، تاريخ الولوج إليه في 28 فبراير 2026، على الساعة الخامسة مساء.

[4] محمد لكحل، الاقتصاد، الصحة والزراعة في ظل الذكاء الاصطناعي، مجلة معهد العلوم الاقتصادية، المجلد السادس والعشرون، العدد الثاني، سنة 2023، ص 27 وما يليها.

ومن ناحية أخرى، يشكل الذكاء الاصطناعي عنصرا أساسيا في تطوير أنظمة الري الذكية التي تساهم في تحسين استخدام المياه في الزراعة. حيث لاستخدام هذه التقنيات مثل الحساسات الميدانية والتنبؤات المناخية المدعومة بالذكاء الاصطناعي يمكن تحديد الكميات الدقيقة من المياه التي تحتاجها المحاصيل وفقا لنوع التربة والظروف المناخية السائدة.

فهذه الأنظمة الذكية ليست فقط فعالة في ترشيد المياه، بل تسهم أيضا في تعزيز استدامة الزراعة، حيث تسمح للمزارعين بالري في الأوقات المثلى وتحديد أماكن الحاجة الفعلية للمياه، مما يقلل من الفاقد ويحسن جودة الإنتاج الزراعي.

ومن خلال هذه التطبيقات المتنوعة، يظهر الذكاء الاصطناعي كأداة أساسية لتطوير حلول مبتكرة تهدف إلى تحسين استدامة الموارد الطبيعية، وتقليل الضغط على البيئة، وتحقيق أهداف التنمية المستدامة بشكل عام.

ويستشف مما سبق أن مساهمة الذكاء الاصطناعي في تحقيق التنمية المستدامة لا تكمن فقط في تحسين كفاءة استغلال الموارد الطبيعية، وإنما أيضا في ترسيخ مبادئ الحكامة البيئية القائمة على التخطيط الاستباقي وترشيد القرار العمومي، بما يسمح بتحقيق توازن حقيقي بين متطلبات التنمية الاقتصادية والمحافظة على البيئة.

2: التوجهات المستقبلية

في السنوات القادمة، ستسهم تقنيات الذكاء الاصطناعي في إحداث ثورة في كيفية التعامل مع التحديات البيئية وتحقيق التنمية المستدامة، وتتنوع التطبيقات المستقبلية لهذه التقنيات بشكل كبير، بدء من تطوير أنظمة ذكية للمراقبة البيئية، مرورا باستخدامها في تحسين العمليات الإنتاجية، وصولا إلى تطبيقات جديدة في التنبؤ بالأزمات البيئية والتخفيف من تأثيراتها.

فهذه التقنيات الذكية تساعد في تصميم حلول أكثر كفاءة للطاقة، مثل أنظمة الطاقة الذكية التي تقوم بتوزيع الكهرباء بشكل أكثر فعالية بناء على أنماط الاستهلاك الفعلي والتنبؤات المستقبلية. ويمكن لهذه الأنظمة أن تقلل من الهدر في الطاقة، وتقلل من الاعتماد على المصادر التقليدية غير المتجددة[1].

كما يمكن للذكاء الاصطناعي المساعدة في تحسين تكنولوجيا السيارات الكهربائية، من خلال تحسين البطاريات، وزيادة كفاءتها، وتقليل تكاليف الإنتاج، مما يجعل هذه التقنية أكثر استدامة وانتشارا.

وفي مجال الزراعة، يمكن لتقنيات الذكاء الاصطناعي أن تحدث تحولا جذريا في طرق الزراعة التقليدية عن طريق استخدام تقنيات مثل الطائرات بدون طيار والأجهزة الذكية لرصد محاصيل الزراعة، ويمكن للذكاء الاصطناعي تحديد الاحتياجات الدقيقة من المياه والمغذيات وتوجيه المزارعين لتقليل استخدام المبيدات الكيميائية والأسمدة، مما يعزز من استدامة الزراعة ويحسن من جودة المحاصيل.

كما أن الذكاء الاصطناعي يسهم بشكل كبير في مجال التدوير والنفايات، من خلال تطوير تقنيات الفصل التلقائي للمواد القابلة لإعادة التدوير، وتحسين عمليات تصنيف النفايات وإدارتها، وتنمية الاقتصاد الدائري[1]. حيث تعمل هذه الأنظمة

[1] نجلاء فتحي محمد فهيم، الذكاء الاصطناعي ودوره في تعزيز وتطوير أنظمة الطاقة المتجددة، دراسة حالة العراق، مركز حمو رابي للبحوث والدراسات الإستراتيجية، دراسات، ص 06 وما يليها.

بكفاءة أعلى من البشر في معالجة كميات ضخمة من النفايات، ما يساهم في تقليل العبء على المدافن ويحسن من نسبة التدوير عالميا.

وفي جانب التنبؤ والتخطيط البيئي، تساعد تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحليل البيانات البيئية الهائلة، مثل البيانات المناخية أو البيئية التي يتم جمعها عبر الأقمار الصناعية أو أجهزة الاستشعار الذكية. هذه التحليلات توفر تنبؤات دقيقة حول التغيرات المناخية المستقبلية، مما يمكن الحكومات والشركات من اتخاذ قرارات مستنيرة بشأن السياسات البيئية والاقتصادية لمواجهة التحديات البيئية المحتملة[2].

وبالرغم من ذلك فثمة تحديات تطرح من قبيل الحاجة إلى جمع وتحليل كميات ضخمة من البيانات ذات الجودة العالية. فالعديد من الأنظمة الذكية تحتاج إلى بيانات دقيقة وشاملة لتحسين الأداء وضمان اتخاذ القرارات الصحيحة، وهو ما يتطلب استثمارات كبيرة في شبكات البيانات والأجهزة المستشعرة.

ويكمن في البنية التحتية التقنية. لتشغيل أنظمة الذكاء الاصطناعي بكفاءة في المجالات البيئية، مثل الطاقة أو الزراعة، فإنها تحتاج إلى بنية تحتية رقمية قوية ومتطورة.

وهذا قد يتطلب استثمارات ضخمة في البحث والتطوير، بالإضافة إلى الحاجة إلى تدريب متخصصين في الذكاء الاصطناعي يمكنهم بناء وتشغيل هذه الأنظمة.

فعمليات تدريب النماذج الذكائية نفسها تتطلب طاقة حاسوبية ضخمة، مما يؤدي إلى انبعاث غازات سامة أو كربونية يمكن أن تكون مضادة لأهداف الاستدامة، وقد تكون البصمة الكربونية لهذه العمليات في بعض الأحيان كبيرة، خصوصا عندما يتم تدريب نماذج ضخمة باستخدام مراكز بيانات تستهلك طاقة عالية، فهذه الانبعاثات التي نجد القانون المغربي يحظرها ويمارس عليها الرقابة[3].

كما أن الذكاء الاصطناعي قد يطرح تحديات اجتماعية وأخلاقية تتعلق بتأثيره على العمالة، وعلى الرغم من أن الذكاء الاصطناعي قد يساهم في تعزيز الكفاءة والإنتاجية، إلا أن هناك مخاوف بشأن تأثيره على الوظائف التقليدية، خاصة في

---

[1] أسامة برغوت، بوعلام معوشي، دور الذكاء الاصطناعي في تطوير الاقتصاد الدائري، دراسة حالة مؤسسة فلندية، مجلة الإدارة والتنمية للبحوث والدراسات، المجلد الثاني عشر، العدد الثاني، شهر دجنبر من سنة 2023، ص 127 وما يليها.

[2] محمد طلحا، الذكاء الاصطناعي في المغرب: رهانات التبيء وتحديات التنزيل وآفاق التطوير، مقال منشور بموقع المركز الديمقراطي العربي للدراسات الإستراتيجية والسياسية والاقتصادية، على الرابط التالي: https://democraticac.de/?p=107873، تاريخ الولوج إليه في 01 مارس 2026، على الساعة الخامسة مساء.

[3] نشير هنا إلى المقتضيات القانونية المنصوص عليها في المادة الخامسة وما يليها من القانون رقم 28.00 المتعلق بتدبير النفايات والتخلص منها، الصادر بتنفيذه الظهير الشريف رقم 1.06.153 في 30 شوال 1427 الموافق ل 22 نونبر 2006، الجريدة الرسمية عدد 5480 في 15 ذو القعدة 1427 الموافق ل 07 دجنبر 2006، ص 3747.

القطاعات التي تعتمد على العمل البشري، مثل الزراعة أو التدوير. كما أن هناك قلقا حول توزيع المنافع من هذه التقنيات، بحيث قد تستفيد بعض المناطق أو البلدان المتقدمة أكثر من غيرها، مما يفاقم التفاوتات الاجتماعية والاقتصادية.

ويجب أن يتم وضع أطر تنظيمية وأخلاقية واضحة لضمان استخدام هذه التقنيات بطريقة عادلة وآمنة. يشمل ذلك تحديد المسؤوليات القانونية في حال حدوث أخطاء أو حوادث تتعلق باستخدام الذكاء الاصطناعي في اتخاذ قرارات بيئية، والتأكد من أن هذه التقنيات لا تستخدم بطرق تؤدي إلى تضرر الفئات الضعيفة أو تدمير التنوع البيولوجي.

وما يمكن القول إن الذكاء الاصطناعي يمثل أداة قوية قد تسهم في تحقيق أهداف التنمية المستدامة بشكل فعال إذا تم التغلب على هذه التحديات. ولكنه يتطلب تنسيقا وتعاونا بين الحكومات والشركات والباحثين لوضع الأسس اللازمة لاستخدام هذه التقنيات بشكل يحقق التوازن بين التقدم التكنولوجي والحفاظ على البيئة وحقوق الإنسان[1].

ومع ذلك، فإن تعميم استخدام تطبيقات الذكاء الاصطناعي في المجال البيئي يفرض إعادة النظر في العديد من القواعد القانونية التقليدية، لاسيما تلك المتعلقة بالمسؤولية المدنية عن الأضرار البيئية الناتجة عن أخطاء الأنظمة الذكية أو قصور الخوارزميات، الأمر الذي يبرز الحاجة إلى تطوير تشريعات أكثر مرونة تستجيب للتحولات الرقمية المتسارعة.

ويظهر من خلال مختلف التطبيقات السابقة أن الذكاء الاصطناعي لم يعد مجرد وسيلة تقنية لتحليل المعطيات البيئية، بل أصبح أحد المرتكزات الأساسية للسياسات العمومية الحديثة في مجال إدارة المخاطر البيئية. غير أن تحقيق الاستفادة المثلى منه يظل رهينا بمدى قدرة الدول على بناء منظومة قانونية ومؤسساتية متكاملة تؤطر استخدامه، وتضمن احترام مبادئ الشفافية والمساءلة وحماية المعطيات، بما يعزز الثقة في مخرجاته ويكرس الأمن القانوني في المجال البيئي.

خاتمة:

يخلص هذا البحث إلى أن الذكاء الاصطناعي يمثل تحولا نوعيا في أساليب التنبؤ بالمخاطر البيئية وإدارة الموارد الطبيعية، غير أن قيمته الحقيقية لا تقاس بمدى تطور تقنياته فحسب، وإنما بقدرته على الاندماج داخل منظومة قانونية وتنظيمية متماسكة تكفل الاستخدام المسؤول لهذه التقنيات.

فالتحدي الحقيقي لم يعد يتمثل في إمكانية استخدام الذكاء الاصطناعي، وإنما في كيفية توظيفه بما يحقق الأمن البيئي والتنمية المستدامة دون الإخلال بالضمانات القانونية والأخلاقية التي تحكم استعمال التكنولوجيا الحديثة.

وبالنسبة لتوصيات هذا البحث، فإن من الضروري تعزيز البحث العلمي في تقنيات الذكاء الاصطناعي المتعلقة بالبيئة. وينبغي تخصيص موارد أكبر لدعم الدراسات التي تركز على تحسين الخوارزميات التي يمكن أن تساهم في التنبؤ بالمخاطر البيئية

[1] خالد عطوي، أثر التكنولوجية على حقوق الإنسان، مجلة الدراسات القانونية والسياسية، المجلد الثامن، العدد الأول، سنة 2022، ص 79.

بشكل أكثر دقة. كما ينصح بتطوير نظم معلومات بيئية مرنة تدمج بين البيانات التقليدية والحديثة، مما يسهم في تحسين التنبؤات وإجراءات التصدي للأزمات البيئية.

ثم تشجيع التعاون الدولي في مجال تطبيق الذكاء الاصطناعي على القضايا البيئية، بالنظر إلى الطابع العابر للحدود للمشاكل البيئية مثل التغير المناخي والتلوث، فإن التنسيق بين الدول لتبادل البيانات والمعرفة سيكون ضروريا لتحقيق نتائج فعالة.

وأخيرا، من المهم أن يتم التركيز على تطوير إطار تشريعي وتنظيمي يضمن الاستخدام الآمن والمستدام لتقنيات الذكاء الاصطناعي في القطاع البيئي. يجب أن تكون هناك قوانين واضحة تدعم تطوير واستخدام هذه التقنيات مع ضمان مراعاة الجوانب الأخلاقية والاجتماعية.

فالذكاء الاصطناعي يحمل في طياته إمكانيات هائلة لتغيير كيفية مواجهة المخاطر البيئية، ولكن من أجل تحقيق ذلك، يجب أن تكون هناك رؤية شاملة تتضمن تطوير التكنولوجيا، تحسين السياسات البيئية، وتعزيز التعاون الدولي.

ضرورة سن إطار تشريعي خاص باستخدام تطبيقات الذكاء الاصطناعي في المجال البيئي، يتضمن قواعد واضحة بشأن المسؤولية القانونية، وحماية البيانات البيئية، وشفافية الخوارزميات، وآليات الرقابة على القرارات الآلية، بما يضمن تحقيق التوازن بين تشجيع الابتكار وحماية البيئة.

قائمة المراجع:

❖ المجلات والمقالات القانونية:

- أحمد حسن بورويق، دور الذكاء الاصطناعي في تحسين إدارة المخاطر وإدارة الكوارث، مجلة شمال إفريقيا للنشر العلمي، المجلد الثالث العدد الأول سنة 2024.
- أسامة برغوت، بوعلام معوشي، دور الذكاء الاصطناعي في تطوير الاقتصاد الدائري، دراسة حالة مؤسسة فلندية، مجلة الإدارة والتنمية للبحوث والدراسات، المجلد الثاني عشر، العدد الثاني، شهر دجنبر من سنة 2023.
- أمال فراح دباب، توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي لمكافحة التغير المناخي، مجلة القانون العام الجزائري المقارن، عدد خاص، شهر شتنبر من سنة 2025.
- أمينة روابحي، عثمان بقنيش، دور الذكاء الاصطناعي في حماية البيئة، المجلة الجزائرية للحقوق والعلوم السياسية، المجلد العاشر، العدد الثاني، سنة 2025.
- خالد عطوي، أثر التكنولوجية على حقوق الإنسان، مجلة الدراسات القانونية والسياسية، المجلد الثامن، العدد الأول، سنة 2022.
- مُحَمَّد البقصي، استعمالات الذكاء الاصطناعي: الفرص والمخاطر، مجلة جسور، مجلة التربية والثقافة والبحث العلمي، العدد المزدوج العاشر والحادي عشر، سنة 2022

- مُحَمَّد لكحل، الاقتصاد، الصحة والزراعة في ظل الذكاء الاصطناعي، مجلة معهد العلوم الاقتصادية، المجلد السادس والعشرون، العدد الثاني، سنة 2023،
- نجلاء فتحي مُحَمَّد فهيم، الذكاء الاصطناعي ودوره في تعزيز وتطوير أنظمة الطاقة المتجددة، دراسة حالة العراق، مركز حمو رابي للبحوث والدراسات الإستراتيجية، دراسات،

❖ **الظهائر والقوانين:**

- القانون رقم 28.00 المتعلق بتدبير النفايات والتخلص منها، الصادر بتنفيذه الظهير الشريف رقم 1.06.153 في 30 شوال 1427 الموافق ل 22 نونبر 2006، الجريدة الرسمية عدد 5480 في 15 ذو القعدة 1427 الموافق ل 07 دجنبر 2006.

❖ **المواقع الالكترونية المعتمدة:**

- أحمد بيومي، الذكاء الاصطناعي الشامل من أجل التنمية: قراءة في تقرير الأونكتاد 2025، مقال منشور بموقع المركز المصري للفكر والدراسات الإستراتيجية، على الرابط التالي:https://shorturl.at/XRyMN .
- شيماء عادل مصطفي يوسف ونورهان محمود أمين أحمد، التغير المناخي وأثره على الأمن الإنساني دور منظمة الأمم المتحدة 2012-2022، مقال منشور ضمن موقع المركز العربي الديمقراطي على الرابط التالي: https://democraticac.de/?p=90803.
- عبد اللطيف مؤيد سامر، دور الذكاء الاصطناعي في تعزيز التنمية المستدامة، مقال منشور بموقع المجلة الأمريكية الدولية للعلوم الإنسانية والاجتماعية، على الرابط التالي: https://shorturl.at/mfx81.
- فخار عبد الواحد، إستراتيجية تدبير الموارد المائية في المغرب: بين إكراهات الندرة ومتطلبات الأمن المائي المستدام، مقال منشور بموقع مجلة القانون والأعمال الدولية، على الرابط التالي: https://shorturl.at/E1yin.
- مُحَمَّد طلحا، الذكاء الاصطناعي في المغرب: رهانات التبيئ وتحديات التنزيل وآفاق التطوير، مقال منشور بموقع المركز الديمقراطي العربي للدراسات الإستراتيجية والسياسية والاقتصادية، على الرابط التالي: https://democraticac.de/?p=107873.