

دور الذكاء الاصطناعي في حماية البيئة

The Roll Of Artificial Intelligence In Environmental Protection



روابي أمينة¹، بقنيش عثمان²

¹ كلية الحقوق والعلوم السياسية، جامعة عبد الحميد ابن باديس مستغانم، الجزائر،

aminarouabhi6@gmail.com

² كلية الحقوق والعلوم السياسية، جامعة عبد الحميد ابن باديس مستغانم، الجزائر،

bekenniche_o@yahoo.fr

تاريخ الإرسال: 2025/09/11 تاريخ القبول: 2025/11/09 تاريخ النشر: 2025/12/01

ملخص:

إن التغيرات المناخية والمشاكل البيئية المتفاقمة على كوكب الأرض تفرض ضرورة تفعيل تقنيات الذكاء الاصطناعي، وهذا لما تمنحه من أدوات فعالة في تحليل البيانات البيئية، رصد التلوث، والتنبؤ بالكوارث الطبيعية. كما يعتبر الذكاء الاصطناعي وسيلة حديثة تدعم جهود حماية البيئة وتساهم في إيجاد حلول مبتكرة لتحقيق التنمية المستدامة، رغم ما يرافقه من تحديات تقنية وأخلاقية ما تزال قيد المعالجة. الكلمات المفتاحية: حماية البيئة ، الذكاء الاصطناعي ، التغير المناخي، الإستدامة البيئية.

Abstract:

Climate change and the worsening environmental problems facing the planet make it imperative to leverage artificial intelligence technologies, given the powerful tools they offer for analyzing environmental data, monitoring pollution, and predicting natural disasters. AI is also a modern tool that supports environmental protection efforts and contributes to finding innovative solutions for achieving sustainable development, despite the technical and ethical challenges it presents that are still being addressed.

Key words: Environmental Protection ; Artificial Intelligence ; Climate Change ; Environmental Sustainability.

*المؤلف المرسل

مقدمة:

عرفت تقنيات الذكاء الاصطناعي¹ نمواً وتطوراً متسارعين، وتنوعت استخداماته لتشمل العديد من القطاعات لكونه أكثر كفاءة ودقة، من خلال ما يتيح من قدرات التنبؤ بالأنماط المستقبلية وقدرته الواسعة والسريعة في مجال تحليل البيانات، وأصبح أهم فاعل مسهم في جميع التخصصات والعلوم. ومع تنامي الوعي البيئي بعد ما خلفته الأنشطة الاقتصادية والصناعية من آثار سلبية على البيئة كالتلوث، التصحر، تغير المناخ، فقدان التنوع البيولوجي، تدهور الموارد الطبيعية نتيجة العولمة الاقتصادية وفتح الأسواق الدولية، مما دفع لتبني عدد من الاتفاقيات البيئية، وإعادة النظر في السياسات الاقتصادية والتجارية من المنظور البيئي، أين هدفت لتحقيق التنمية المستدامة وحماية الموارد للأجيال القادمة. إلى غاية بداية القرن الواحد والعشرين أين أصبحت توظف تقنيات الذكاء الاصطناعي في المجالات البيئية، وأضحى الذكاء الاصطناعي أداة جوهريّة، يسهم بشكل كبير في تعزيز الجهود الدولية لحماية البيئة، وكذا في تطبيق سياسات بيئية أكثر استدامة، من خلال التفطن لأثر النشاطات البشرية على النظم البيئية. فيسهم الذكاء الاصطناعي عند تطبيقه في مجالات حماية البيئة من خلال: الزراعة الذكية، أنظمة مراقبة الجودة لرصد مستويات التلوث، التنبؤات بالمناخ والطقس وكذا التنبؤ بالكوارث، إدارة الموارد الطبيعية، تعزيز الاستدامة وحماية التنوع البيولوجي، إدارة النفايات وتحسين كفاءة الطاقات وما إلى غير ذلك من تأثيرات إيجابية. غير أنه قد يواجه العديد من التحديات كالاعتبارات الأخلاقية والتكاليف المالية والتأثير على الوظائف البشرية، استهلاك الطاقة وكذا الانبعاث الكربوني، نقص البيانات عالية الجودة والدقة وكذا غياب إطار قانوني دولي منظم لاستخدام الذكاء الاصطناعي في المجال البيئي. كلها وغيرها قد تأخذ كأثر سلبية ناتجة عن تطبيقه في المسائل البيئية، من هنا نطرح الإشكال التالي:

الإشكالية:

على الرغم مما توفره تقنيات الذكاء الاصطناعي من فرص واعدة في مجال حماية البيئة إلا أن استخدامها قد يطرح في المقابل تساؤلات حول أثارها السلبية المحتملة فهل من الممكن اعتبار الذكاء الاصطناعي كوسيلة فعالة ومستدامة لحماية البيئة؟، أم أنه قد يتحول إلى عامل جديد يفاقم من المشاكل البيئية إذا لم يتم استخدامه بشكل مسؤول؟ فلأي مدى تسهم تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحقيق الحماية للبيئة؟

1 - بدأ مصطلح الذكاء الاصطناعي في 1956 من قبل John McCarthy و Marvin Minsky وهما عالما رياضيات أمريكيان قاما باقتراح Coud I Shannon (مخترع نظرية المعلومات ومصمم أول كمبيوتر أي بي أم) بأن ينظما لبرنامج يجعل من الآلات تحاكي جوانب التعلم والذكاء. - تيمجغدين نادية، منجزات الذكاء الاصطناعي لمواجهة الأزمات البيئية، مجلة الحكمة للدراسات الفلسفية، المجلد 12 العدد 3، 2024، ص 9. أخذنا عن: ستيوارت راسل، ذكاء اصطناعي متوافق مع البشر حتى لا تفرض الآلات سيطرتها على العالم (المترجمون: محمد فؤاد مصطفى، عبد العليم أسامة اسماعيل) دار الهنداوي، المملكة المتحدة 2017، ص 16.

أهمية الدراسة : تكمن أهمية هذه الدراسة من خلال التطرق لجميع الأبعاد وتحليلها سواء كانت إيجابية أو سلبية من أجل سد الثغرات البحثية التي عادة ما تقتصر على تصوير الجانب الايجابي فقط لتطبيقات الذكاء الاصطناعي في شتى المجالات.

أهداف الدراسة: تكمن أهداف دراسة هذا الموضوع في مدى إمكانية جمع وتحليل التطبيقات الايجابية للذكاء الاصطناعي في حماية البيئة ودراسة فعاليتها في مجالات إدارة الموارد الطبيعية مراقبة النظم البيئية، وكذا إيجاد وتقييم المخاطر البيئية المحتملة المرتبطة بتقنيات الذكاء الاصطناعي ومنه محاولة الوصول لحلول عملية واعطاء توصيات تسهم في فعالية استخدام الذكاء الاصطناعي في حماية البيئة.

تساؤلات الدراسة :

ما هي أبرز التأثيرات الإيجابية لتطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في مجال حماية البيئة؟

ما هي أبرز التأثيرات السلبية التي تظهر عند تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في مجال حماية البيئة؟

فرضية الدراسة: كلما طرح الذكاء الاصطناعي تقنيات متطورة، كلما ساهم ذلك في حماية البيئة

منهج الدراسة: يكمن منهج الدراسة المستخدم في المنهج التحليل والوصفي للمعطيات.

خطة الدراسة: سنحاول الإجابة على الاشكالية المطروحة من خلال تقسم البحث الى خطة ثنائية تناول في

المبحث الأول الإسهامات الايجابية لتقنيات الذكاء الاصطناعي في المجال البيئي أما في المبحث الثاني التأثيرات

السلبية للذكاء الاصطناعي على البيئة والحلول المقترحة.

المبحث الأول: الإسهامات الايجابية لتقنيات الذكاء الاصطناعي¹ في المجال البيئي

من منطلق ان الذكاء الاصطناعي وسيلة محورية تزيد من فعالية المحاولات الرامية لحماية البيئة وبذلك

فهو يتيح تقنيات جد متطورة تسهم في حماية البيئة من خلال ما يلي:

المطلب الأول: دور الذكاء الاصطناعي في النظام البيئي

أولاً: توظيف الذكاء الاصطناعي في إدارة الموارد المائية:

يتم توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي للحد من تبذير المياه ويسعى إلى ترشيد استخدام المياه في

المساكن و الحياة العامة من خلال تحسين إدارة موارد المياه من خلال التنبؤ بأنماط الاستهلاك، وتحديد

التسريبات في الشبكات ، وتحسين عمليات معالجة المياه وهذا من خلال تقنيات الإستشعار الذكي سواء للمياه

الجوفية أو في باطن الأرض²، من أجل الوصول إلى حلول حقيقية ونتائجها فعلية وكذا باستخدام الروبوتات

1 - يعرف الذكاء الاصطناعي على أنه هو تلك القدرات التي تبديها الآلات والبرامج التي تحاكي القدرات الذهنية للبشر وهو علم من علوم الحاسوب.

-جمال الديب – الذكاء الاصطناعي وموقف الشريعة الاسلامية منه – ملتقى دولي الذكاء الاصطناعي تحد جديد للقانون ،

حوليات جامعة الجزائر، 1 عدد 2018/07 ، م وف م للنشر، ص 111

2 - أسامة سلام ، الذكاء الاصطناعي وقضايا المياه والمناخ، ارتقاء للنشر والتوزيع، الطبعة الاولى ، 2023 ص 83.

التي تعمل على ترشيد استخدام المياه في الزراعة وحمايتها من التلوث.

ونأخذ أفضل مثال على ذلك في الوطن العربي دولة الإمارات التي تقوم بتبني تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحقيق الأمن المائي¹ أين تقوم بتوظيف العديد من التقنيات بما فيها الاستمطار الصناعي وتلقيح السحب وتطوير التقنيات التي تزيد من كمية الأمطار².

ثانياً: الذكاء الاصطناعي كفاعل في الزراعة الذكية والدقيقة:

استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في الزراعة زاد من التحسينات الحديثة وضمان الجودة في هذا القطاع، زيادة المحاصيل، تقليل الآفات وهذا عند التركيز على التقنيات والروبوتات الزراعية³، الجرارات ذاتية القيادة، الطائرات بدون طيار لرصد المحاصيل وتقييم الري ورش المبيدات، تصوير المحاصيل، رسم الخرائط الجغرافية كما تعتمد على تحليل البيانات المناخية والتربة لتحديد نسبة دقيقة من احتياجات المحاصيل للماء والأسمدة، حيث تسهم هذه التكنولوجيا في تعزيز كفاءة الإنتاج الزراعي وتقليل الأثر البيئي والخسائر في المحاصيل. من خلال الحساسات المزروعة في الحقول واستخدام روبوتات متخصصة في التنبأ بمختلف الأمراض التي قد تصيب المحاصيل كوقاية استباقية، وكذا استخدام أمثل للموارد الزراعية من خلال دمج البيانات الجغرافية والمناخية مع تقنيات استشعار متعددة وعالية التطور⁴.

كما تسمح تقنيات الذكاء الاصطناعي بمعرفة مدى جاهزية المحصول من خلال تقنيات الضوء الأبيض uva، حتى يتمكن المزارعون من معرفة مدى النضج⁵، من هنا أصبح يعتبر الاستثمار في هذه التقنيات ليس فقط خطوة نحو تحسين الأداء الزراعي وضمان استدامته، بل وفي نفس الوقت إنقاص من هدر الموارد الطبيعية، وتجنب الاسراف في كميات المواد الكيميائية المستخدمة، وبالنسبة لتحقيق حماية للبيئة.

ثالثاً: فضل الذكاء الاصطناعي في مراقبة التغيرات البيئية والتنبؤ بالكوارث الطبيعية:

يتم الاستعانة بتقنيات الذكاء الاصطناعي لمواجهة التغيرات المناخية ومراقبتها من خلال توظيف ما

1 - أحلام هرموزي -أعمر بوزيد محمد ، مساهمة الذكاء الاصطناعي في تحقيق الامن المائي تجربة الامارات العربية المتحدة ، مجلة نماء للاقتصاد والتجارة ، المجلد 8، العدد 2 ، ديسمبر 2024 ، ص 172.

2 - <https://www.emaratalyoun.com/local-section/other/2025-02-10-1.1919609> أطلع عليه 2025/08/15

3 - افتتحت شركة أيرون أوكس الأمريكية أول مزرعة تقوم فيها الروبوتات بدور المزارعين عوضاً عن البشر. راجع في ذلك - خليفي عبد الرزاق ، آليات الذكاء الاصطناعي لتحليل ونشر المعلومات حول الأمن الغذائي، الفرص والتحديات، مجلة معالم للدراسات الاعلامية والاتصالية، المجلد 6 العدد 2، جامعة الجزائر، ديسمبر 2024 ، ص 116.

4 - خليفي عبد الرزاق ، المرجع السابق ، ص 117

5 - كريمة سلطان، ريادة الأعمال الزراعية في الجنوب الجزائري ودور أنظمة الذكاء الاصطناعي في تطويرها، مجلة دراسات في الاقتصاد وإدارة الأعمال، المجلد 5 العدد 2، ديسمبر 2022، ص 572.

يسمى بـ deep learning وهي لوغاتميات مستوحات من طريقة عمل العقل البشري¹ التي لها تأثير ايجابي على كوكب الأرض لمكافحة الجفاف مراقبة المناطق المتصحرة ووضع نماذج لنوبان الكتل الجلدية وتوقع ارتفاع مستويات سطح البحر². بالتالي تلعب تقنيات الذكاء الاصطناعي دورا هاما في: مراقبة تأثير التغيرات المناخية على البيئة والأنظمة الايكولوجية التي تحتويها، وتطوير نماذج لتوقعات واستخدامها لتوجيه السياسات البيئية التنموية للمناطق المتأثرة بالتغيرات المناخية.

كما يعمل الذكاء الاصطناعي على تقليل انبعاث الغازات المسببة للتلوث والاحتباس الحراري وتعزيز كفاءة استخدام الطاقة، عن طريق تحليل البيانات وتوفير التنبؤ والتحذيرات المبكرة من الكوارث، مما يساهم في سرعة الاستعداد للمواجهة وإيجاد الحلول للحد من التأثيرات المناخية لحماية البيئة والحد من الخسائر³. ومن بين الأمثلة في استخدامات الذكاء الاصطناعي في التغيرات المناخية نجد: شركة one concern بكاليفورنيا تستخدم الذكاء الاصطناعي لتقدير الأضرار الناجمة عن الظواهر الطبيعية وكشف المخاطر، شركة cloud to street بنيويورك تقدم تنبؤات بوقوع فيضانات، وكذلك منصة Flood hoob تقدم توقعات عن فياضانات الأنهار وتدرس بتقنيات الذكاء الاصطناعي سلوك الأنهار قبل أسبوع مما يوفر حماية من الفيضانات في 80 بلد حول العالم، شركة kuzi الكينية التي تستخدم تقنيات الذكاء الاصطناعي للتنبأ بتكاثر الجراد وطرق هجرته، شركة exci الأسترالية تستخدم نماذج الذكاء الاصطناعي لدمج البيانات من الأقمار الصناعية وأجهزة الاستشعار للكشف عن حرائق الغابات، شركة bleu sky analytics بلاهاي هولندا وهي شركة تكنولوجية مناخية مختصة في تحويل بيانات الأقمار الصناعية إلى معلومات بيئية⁴.

رابعا: دور الذكاء الاصطناعي في مراقبة جودة الهواء:

من خلال الذكاء الاصطناعي يمكن مراقبة جودة الهواء وتحديد نسبة التلوث الهوائي، وبالتالي التحكم في مسبباته، على سبيل المثال تمكن المجسات الذكية من الكشف عن حالات تسربات الغازات وبالتالي تتيح التصرف السريع، ومن جهة أخرى يتيح الذكاء الاصطناعي التقليل من تلوث الهواء مثل: السيارات ذاتية

1 - <https://arabcodeweek2022.alecso.org/competition/activities/ldt/f0j/plan/1o640dhmk7696ikoc.pdf> دور

الذكاء الاصطناعي في الحفاظ على التوازن البيئي ، تاريخ الاطلاع 2025/08/10.

2 - بلعسل بنت النبي ياسمين، عمروش الحسين، الذكاء الاصطناعي و دوره في تحقيق التنمية المستدامة ، مجلة الدراسات القانونية والاقتصادية ، المجلد 5 العدد 1 ، 2022 ، ص 1167.

3 - <https://arabcodeweek2022.alecso.o/competition/activities/ldt/f0j/plan/1o640dhmk7696ikoc.pdf> دور الذكاء

الاصطناعي في الحفاظ على التوازن البيئي ، تاريخ الاطلاع 2025/08/10. المرجع السابق

4 - أسامة سلام ، المرجع السابق، ص ص 221-222.

القيادية، التي يساهم استخدامها في التقليل من الانبعاثات الغازية السامة، التي تصدر من وقود المركبات التقليدية¹.

كما قامت شركة غوغل بتمويل مشاريع الذكاء الاصطناعي، ودعمت الجهود التي تتراوح بين أجهزة استشعار جودة الهواء منخفضة الكلفة المثبتة على التاكسي، الدراجات النارية في أوغندا.

كما يستخدم برنامج الأمم المتحدة للبيئة يونيب الذكاء الاصطناعي، للمساعدة في تحليل والتنبؤ بتركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي. ويستخدم المرصد الدولي لانبعاث غاز الميثان الذي يعتبر من الغازات القوية التي تزيد من إحترار الكوكب تقنيات الذكاء الاصطناعي لرصده وتخفيفه².

وفي ألمانيا نجح استخدام الروبوتات في تنقية الهواء بجودة 90 بالمائة، ولدولة الإمارات نفس التجربة في استخدام الروبوت لتنقية الهواء لما له من أخطار على البيئة.

خامساً: دور الذكاء الاصطناعي في الحفاظ على الحياة البرية والتنوع البيولوجي:

تتعرض الحياة البرية لتهديدات نتيجة التغيرات المناخية أو بفعل العوامل البشرية، ويقدم الذكاء الاصطناعي تقنيات ووسائل حديثة لتعزيز المنتزهات الذكية³ لرصد الحياة البرية وحمايتها، فمن خلال الذكاء الاصطناعي البصري يمكن تحديد من صور الأقمار الصناعية ولقطات الكاميرات وخوارزميات التعرف على الصور وتحديد الأنواع، ومراقبة التنوع البيولوجي واكتشاف الأنواع الجديدة أو المهددة بالانقراض، ومراقبة هجرة الحيوانات ودراسة سلوكياتها، وتحديد استراتيجيات لحماية هذه الموارد الحيوية للغابات والحياة البرية. كما يساعد الذكاء الاصطناعي من اكتشاف الأنشطة المشبوهة للصيد الغير المشروع واتخاذ الإجراءات في الوقت المناسب. ويعتبر كنهج استباقي لحماية الحيوانات المهددة بالانقراض خاصة ، فبتطوير طائرات air shepherd المزودة بكاميرات حرارية تعمل بالأشعة تحت الحمراء بالتمكن من مراقبة ورؤية الصيادين حتى في الظلام، وتمييز أصوات معدات الصيد عن أصوات الحيوانات من خلال خوارزميات التعرف على الصوت. ويوفر الذكاء الاصطناعي في مجال حماية الحياة البرية العديد من المزايا منها: الكفاءة والدقة والسرعة في الحصول على المعلومة، جمعها وتحليلها عما كانت توفره الوسائل التقليدية. وكذا يوفر قابلية للتوسع ومراقبة مساحات شاسعة والرصد الشامل للأنظمة البيئية المتنوعة باختلافاتها في نفس الوقت.

كما أن عمليات المراقبة والتحليل التي تقوم بها تقنيات الذكاء الاصطناعي تعمل على مدار الأسبوع

1 - <https://arabcodeweek2022.alecso.org/competition/activities/ldt/f0j/plan/1o640dhmk7696ikoc.pdf> دور

الذكاء الاصطناعي في الحفاظ على التوازن البيئي ، تاريخ الاطلاع 2025/08/10.

2 - <https://aawsat.com>عبد الهادي النجار، مقال حول: الذكاء الاصطناعي أداة لحماية البيئة أم لزيادة مشكلاتها منشور

في مجلة الشرق الأوسط بتاريخ 2023/10/28

تاريخ الاطلاع 2025/07/14

3 - بلعسل بنت النبي ياسمين، عمروش الحسين، المرجع السابق، ص1168.

وخلال الأربعة والعشرين ساعة دون توقف أو تعب ودون حاجة للراحة التي يحتاجها الإنسان للقيام بهذه المهمة وهو ما يسهل الكشف عن التهديدات في الوقت المناسب مما يسمح بالتدخل و اتخاذ الإجراءات الفورية لحماية الأنواع المهددة بالانقراض 1.

كما يساهم الذكاء الاصطناعي في حماية الغابات بمراقبتها ومكافحة الإزالة الغير القانونية للأشجار، فباستعمال طائرات الدرون وكذا أجهزة استشعار الحرائق والدخان، يتمكن حراس الغابات من تقليص الجهود البشرية والتدخل في الوقت المناسب لحماية الثروات الغابية. لما لها من دور ايكولوجي في الحياة البرية وكذا في تعزيز حماية البيئة.

ويوجد العديد من البرامج التي توفر تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة الغابات وحماية التنوع البيولوجي والحفاظ عليها للأجيال القادمة تمكن من تتبع الأشجار ومختلف النباتات وإدارة الموارد، رسم الخرائط، مراقبة وتحليل البيانات، إعداد التقارير منها: منصة Fly Pix Ai وهي منصة جغرافية مكانية لتحليل سطح الأرض، برنامج مدير الغابات الذكي Afry Smart Forestry Manager وهو مصمم لإدارة وجرّد أنشطة الغابات ومتابعتها، ومنصة Connected Forest مصمم لإدارة الغابات و تصنيع الأخشاب و رسم الخرائط الطبوغرافي وغيرها من الخدمات الغابية، 2 ويسعى برنامج Future Forest وهو مشروع ممول لحماية الغابات الألمانية يستخدم تقنيات الذكاء الاصطناعي في تخطيط مشروعات التشجير، واختيار أنواع الأشجار الأكثر ملائمة للتغيرات المناخية والاحتباس الحراري بعد تعرض غابة ما للحرق 3.

المطلب الثاني: التطوير من كفاءة الطاقات وتعزيز القيادة الذكية و النقل العام و اللوجستيات

أولاً: تأثير الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة الشبكات الكهربائية و حماية البيئة:

تساهم قدرات الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة الشبكات الكهربائية، حيث تعد أنظمة الطاقة الكهربائية الذكية قفزة نوعية في مجال الطاقات عند دمج تقنيات التكنولوجيات المتقدمة مع الشبكات الكهربائية، بالتالي أصبح بالإمكان تحسين توليد الكهرباء من خلال دراسة دقيقة للطاقات المتجددة كالطاقة الشمسية و طاقة الرياح وكيفية الاستفادة منها، مراقبة توزيع الطاقة والتحكم في تدفقها والتنبؤ بدرجة الطلب المتزايد عليها وبالتالي اتخاذ الإجراءات اللازمة لتوفير الحاجيات المناسبة وتجنب إهدارها.

1 - مصطفى ابراهيم ،الذكاء الاصطناعي في الحفاظ على الحياة البرية ، تاريخ النشر 2024/09/04 منشور على الصفحة <https://www.ultraalytics.com/ar/blog/ai-in-wildlife-conservation> تاريخ الاطلاع، 2025/07/20.

2 - برامج إدارة الغابات أفضل أدوات و حلول الذكاء الاصطناعي على موقع [https://flypix.ai/ar/blog/forest-management-](https://flypix.ai/ar/blog/forest-management-software-tools-ai) تاريخ الإطلاع 2025/08/10.

3 - KIM Berg , Protecting forests whith AI, Artificial intelligence is to save Germany's forests. 23/09/2023 [https://www.deutschland.de/en/topic/environment/climate-change-using-ai-to-adapt-forests-to-climate-](https://www.deutschland.de/en/topic/environment/climate-change-using-ai-to-adapt-forests-to-climate-change) تاريخ الاطلاع 2025/07/07

ثانياً: دور الذكاء الاصطناعي في استغلال الطاقات المتجددة لتعزيز حماية البيئة

1/ دور الذكاء الاصطناعي في استغلال الطاقة الشمسية:

يؤثر الذكاء الاصطناعي في تحسين جودة وكفاءة أنظمة الطاقة المتجددة في مجال الطاقة الشمسية، بحيث تستخدم خوارزميات التعلم الآلي لتحسين توجيه الألواح الشمسية¹، لضمان أقصى تعرض لأشعة الشمس خلال ساعات الذروة. وتحسين أداء كل خلية شمسية على حدا وتنظيفها ذاتياً والتنبؤ بكمية الطاقة المنتجة. وكذا القيام بالصيانة التنبؤية أي معرفة الخلل قبل وقوعه والعمل على صيانتها²، وتكون هذه الصيانة ذاتية بناء على المعطيات وتحليل الخوارزميات حتى تضمن كفاءة واستمرارية في التشغيل.

2/ دور الذكاء الاصطناعي في استغلال طاقة الرياح:

يمكن للذكاء الاصطناعي أن يحسن تدفقات الطاقة من خلال تمكين إدارة أكثر كفاءة لتوليد الطاقة، بناء على النماذج التنبؤية لتوقع احتياجات الكهرباء وتلبيتها. ويعزز الذكاء الاصطناعي من فعالية تربيينات الرياح، من خلال دراسة أنماط الرياح وتحليل الاهتزازات ودقة التنبؤ بالأعطال قبل وقوعها من خلال خاصية التعلم الآلي مما يعزز طاقة الرياح كمكون أساسي في الطاقات المتجددة³.

3/ دور الذكاء الاصطناعي في قطاع المحروقات و المناجم:

يكون للذكاء الاصطناعي الدور الفعال في تطوير نشاطات قطاع المحروقات والمناجم من خلال نظام المعلومات الانتاجية والمساهمة في نشاطات التنقيب، البحث والانتاج ، تطوير نظام النقل بالأنابيب وكيفيات التخزين وهذا من خلال استغلال عمليات التنقيب عن البيانات من خلال قواعد البيانات وخاصية التعلم الآلي، وكذا نظام المعلومات الإنتاجية المسئول عن تحويل عناصر الإنتاج الرئيسة من مواد أولية وغيرها إلى منتجات اقتصادية. وهناك الكثير من أنظمة الذكاء الاصطناعي التي تستخدم اليوم في المناجم في جميع مراحل إنتاج الحديد و التحكم في أفران صهر والتنبؤ بالحالات الشاذة منها نظام Alis⁴.

1 - Inemesit Ukpanah. Maximising solar energy output whith artificial intelligence, 23/09/2024

<https://www.greenmatch.co.uk/blog/ai-for-solar-panel-optimisation> أطلع عليه: 2025/08/14

2- Intelligence is Revolutionizing Solar Energy , 02/07/2024 sur le site <https://www.wattmonk.com/how-artificial-intelligence-is-revolutionizing-solar-energy/> أطلع عليه: 14/08/2025

3 - k r Sekar, Machine learning boosts wind turbine efficiency with smart failure detection and strategic placement, 15/01/2025 https://www.researchgate.net/publication/387873757_Machine_learning_boosts_wind_turbine_efficiency_with_smart_failure_detection_and_strategic_placement

أطلع عليه: 2025/08/14

4 - وحيدة حمودة، سهيلة بولخميس ، دور أنظمة الذكاء الاصطناعي في تفعيل الأنشطة الاقتصادية الطاقوية في التشريع الجزائري، مجلة الحقوق والحريات، المجلد 11، العدد 2، 2023، ص ص 82-83.

4/ دور الذكاء الاصطناعي في إدارة الطاقات المتجددة:

تعتبر إدارة الموارد الطاقية وتخزينها من الأمور البالغة الأهمية، وإن دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي في استغلال الطاقة وإدارتها وتحسين سبل تخزينها، كما يمكن للخوارزميات المتقدمة التي يستخدمها الذكاء الاصطناعي تحويل إدارة البطاريات إلى عملية ديناميكية وذكية. على سبيل المثال، يمكنها التنبؤ بدقة بموعد شحن البطارية أو تفريغها لزيادة كفاءتها وتخفيض درجة حرارتها لزيادة عمرها الافتراضي. كما أنه بفضل الذكاء الاصطناعي يمكن تحسين الأرباح الناتجة عن تخزين الطاقة بشكل ملحوظ من خلال تحسين إدارة الموارد المتاحة¹.

ثالثاً: دور الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة المدن الذكية لتعزيز حماية البيئة:

يسهم الذكاء الاصطناعي في المدن الذكية بتسهيل سبل العيش وتحسين جودة الحياة، وهذا من خلال أن المدن الذكية تستخدم تكنولوجيات المعلومات والاتصال، وهي صديقة للبيئة تهدف لتقليل استهلاك الطاقة، وهي حل للعيش في بيئة نظيفة خالية من الانبعاث خاصة غاز ثاني أكسيد الكربون، والتلوث الذي تنتجه المدن التقليدية². تتميز المدن الذكية بمجموعة من الخصائص هي:

1/ المباني الذكية: تساهم المباني الذكية في حماية البيئة من خلال استخدامها لأقصى تقنيات الذكاء الاصطناعي، وإنترنت الأشياء وأتمتة الوظائف. فتقوم بجمع البيانات حول درجة الحرارة الرطوبة واستشعار عدد الأفراد المتواجدين في المبنى، واستهلاكهم للطاقة. ومع هذه البيانات المستشعرة والمرسلة لإدارة المبنى تقوم هذه الأخيرة بالتكيف مع التغيرات المحيطة بها من خلال إرسال أوامر للأنظمة داخل المبنى مثل الإضاءة، التهوية، التكييف، التدفئة، لإعادة تعديل إعداداتها مما يعزز راحة السكان وتتحكم في استهلاك الطاقة³. 2/ الاقتصاد الذكي: يعتمد على التقنيات الحديثة في جميع المجالات الاقتصادية سواء في الابتكار، الإنتاج، الزراعة، كما يدعم الذكاء الاصطناعي من خلال الدقة في التخطيط وصنع القرار والتنبؤ والتحليل، وكذا في تقدير الفرص والمخاطر المحتملة وزيادة فاعلية اليد العاملة مع إنقاص تكلفتها عن طريق أتمتة الوظائف، والتطبيقات الذكية التي ترفع من القدرة الإنتاجية وتعزز التنافس، وتساعد على التسويق الذكي والتجارة

1 - Comment l'intelligence artificielle peut-elle aidé à optimiser les systèmes de stockage d'énergie ? , France renouvelable système électrique pilotable, sur le site <https://www.france-renouvelables.fr/guide-stockage-energie/stockage-energie-optimiser-intelligence-artificielle/> 16/08/2025

2 - تيمجغدين نادية ، المرجع السابق ، ص 12.

3 - مقال حول: قوة المباني الذكية، مدونة جونسون كونترول العربية ، البحرين ، على موقع https://jcarabia.com/ar_bh/resources/blog/power-of-smart-buildings / أطلع عليه 2025/08/17.

الالكترونية و بالتالي تسمح برفع الأرباح¹.

2/ الشبكات الذكية: تستخدم المدن الذكية تقنيات الذكاء الاصطناعي في شبكات توزيع المياه والطاقة الكهربائية، وتساعد تقنيات الذكاء الاصطناعي في مراقبة مستوى الخزانات و كشف التسرب وزيادة كفاءة التوزيع والصيانة².

رابعاً: دور الذكاء الاصطناعي من خلال النقل العام والمركبات الذكية في حماية البيئة

1/ النقل العام الذكي: على اعتبار أن قطاع النقل ركيزة أساسية في اقتصاديات الدول، فهو في نفس الوقت يسهم بشكل كبير في التلوث البيئي، لذلك تم إدراج تقنيات الذكاء الاصطناعي على هذا القطاع من أجل المساهمة في خفض الانبعاث الضار بالبيئة. فالنقل الذكي تطبق فيه جميع التقنيات التكنولوجية الحديثة التي تساهم في استعمال نظام GPS الذي يساعد على القيادة، التحكم في إشارات المرور الضوئية، إدارة السلامة المرورية (إرسال معلومات لمستعملي الطريق)³.

كما تساعد أجهزة استشعار الازدحام لتحويل مسار المركبات، وعدادات وقوف السيارات الذكية لتحديد أماكن الوقوف، وعدم جدوى التنقل لشراء تذاكر السفر أو الحجز في رحلات، فكل ذلك يكون عبر التطبيقات الذكية والدفع الالكتروني⁴، مما ينقص من عدد مستخدمي الطرقات وبالتالي المساهمة في ترشيد الوقود وتعزيز السلامة المرورية وحماية البيئة.

2/ المركبات الذكية: تعد مركبات النقل التقليدية من الفواعل في التلوث البيئي، لهذا أصبحت المركبات الكهربائية والذاتية القيادة أفضل حل مساهم في حماية البيئة، من خلال انعدام الانبعاث لاعتمادها على الطاقة الكهربائية المتجددة المولدة من طاقة الرياح والطاقة الشمسية بدل عن الوقود. وكذا تقليل نسبة الحوادث بالنسبة للقيادة الذاتية لكونها مبرمجة بتقنيات الذكاء الاصطناعي التي تزودها بسرعة العمليات وردود الأفعال، وتسير حسب البيانات التي تصلها من التطبيقات وصور القمر الاصطناعي. بالتالي فمع ظهور السيارات ذاتية القيادة سيؤدي الى انخفاض عدد الحوادث التي عادة ما كان سببها الخطأ البشري وظهور أنواع أخرى من التحديات الجديدة⁵.

1 - ملاوي وهيبة ، تابتي وليد، الذكاء الاصطناعي في المدينة الذكية تحليل التفاعل بين الابتكار التكنولوجي والتأثير القانوني و الأخلاقي، مجلة الباحث للدراسات الأكاديمية ، المجلد 11، العدد 01، 2024، ص 35.

2 - ملاوي وهيبة ، تابتي وليد ، المرجع نفسه ، ص 33.

3 - ابتسام بولقواس ، تقنية نظم النقل الذكية كاستراتيجية لتطوير قطاع النقل، مجلة رؤى اقتصادية، العدد 06، جوان 2014، ص 158

4 - تيمجغدين نادية، المرجع السابق، ص 15.

5 - عمريو جويده ، التأمين من المسؤولية المدنية للسيارات ذاتية القيادة، الملتقى الدولي للذكاء الاصطناعي تحد جديد للقانون، حوليات جامعة الجزائر 1 عدد خاص العدد 7 ، موفم للنشر، 2018، ص 158.

خامساً: دور الذكاء الاصطناعي في فرز النفايات وإعادة التدوير:

من أهم مسببات التلوث البيئي كميات النفايات المنتجة عالمياً، وبالتالي فعبئ فرزها وإعادة تدويرها من أساسيات حماية البيئة العالمية، ومن بين الاستراتيجيات الفعالة المستعملة في هذا المجال هي استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة النفايات وفرزها بدقة وإعادة تدويرها، وتوفير الكثير من التقنيات والأنظمة مثل: أنظمة صناديق النفايات الذكية، روبوتات فرز النفايات، مراقبة النفايات بناء على المستشعرات، النماذج التنبؤية لتوليد النفايات، كما يمكن استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي لتسهيل تصنيف النفايات من خلال تقنيات التعلم الآلي يسهل تصنيف النفايات بلاستيك، معادن ، ورق وإعادة تدويرها بكفاءة وفعالية¹.

كما يعزز الذكاء الاصطناعي زيادة الوعي البيئي بضرورة فرز النفايات قابلة للتدوير، من خلال تحفيز السلوكيات الإيجابية وزيادة الوعي المجتمعي حول أهمية فصل النفايات وإعادة تدويرها، مما يسهم في بناء ثقافة دائمة تركز على تحقيق الاستدامة وحماية البيئة، بالتالي يعد الذكاء الاصطناعي وسيلة فعالة وتؤثر بشكل مباشر في تحقيق الأهداف والجهود لحماية البيئة.

المبحث الثاني: التأثيرات السلبية للذكاء الاصطناعي على البيئة والحلول المقترحة

بالرغم من الإسهامات التي توفرها التقنيات الذكية في حماية البيئة وتحسين جودة الحياة إلا أنها تثير الكثير من الإشكالات والتحديات التي تمثل عائق أمام تطبيق هذه التقنيات.

المطلب الأول: التكاليف البيئية الباهظة والتحديات المرتبطة بالذكاء الاصطناعي

يصاحب استعمال الذكاء الاصطناعي ظهور جملة من السلبيات تتعلق بتكلفته الباهظة التي ستجعله مقتصرًا على فئة معينة من البشر والدول المتقدمة الغنية، وعدم تمكن الدول النامية من الاستفادة منه، وكذا من ناحية الطاقة المتطلبة التي تستهلكها برمجياته وتكلفة عمليات التدريب، ونقص البيانات الكمية والنوعية وعدم دقتها، ظهور أخطار جديدة ناتجة عن القيادة الذاتية، وطرح إشكالية المسؤولية القانونية والمساءلة عن الأخطاء المرتكبة بفعل الروبوتات وأنظمة الذكاء الاصطناعي. وتحديات تواجه الأفراد فيما يخص نقص فرص العمل بزيادة أتمتة الوظائف من ناحية، ومن ناحية أخرى تهديد الحياة الخاصة للأفراد التي تصبح مكشوفة بفعل أجهزة المراقبة المتواجدة في كل مكان.

أولاً: تحد الطاقة المستهلكة في مراكز البيانات:

يعتمد الذكاء الاصطناعي على مراكز البيانات المزود بها، ويعمل بناء على البيانات المخزنة فيه وهذه

1- Bingbing Fang, Jiacheng Yu and Mohamed Farghali , Artificial intelligence for waste management in smart cities, a review environmental chemistry letters, volume 21, published 09may2023 , sur <https://link.springer.com/article/10.1007/s10311-023-01604-3> أطلع عليه 2025/07/25

المراكز تحتاج لحجم هائل من الطاقة الكهربائية من أجل التشغيل، الاستخدام والتبريد، وهذا الإفراط في استخدام الكهرباء ينعكس سلباً على البيئة¹. قال فاتح بيرو، المدير التنفيذي لوكالة الطاقة الدولية: "من المتوقع أن يتضاعف الطلب العالمي على الكهرباء من مراكز البيانات خلال السنوات الخمس المقبلة، ليستهلك بحلول عام 2030 ما يعادل استهلاك اليابان بأكملها من الكهرباء اليوم. وستكون هذه التأثيرات قوية بشكل خاص في بعض البلدان. على سبيل المثال، في الولايات المتحدة، من المتوقع أن تمثل مراكز البيانات ما يقرب من نصف النمو في الطلب على الكهرباء؛ وفي اليابان، أكثر من النصف؛ وفي ماليزيا، ما يصل إلى الخمس²". يعتبر

دمج الذكاء الاصطناعي في تخزين الطاقة تقدماً كبيراً، إلا أنه يشمل تحديات معقدة تتمثل أهم العقبات في كون أن الأنظمة التي يجب إدارتها معقدة في حد ذاتها، وعلى الذكاء الاصطناعي تحليل ومعالجة كميات فائقة من البيانات آنياً، من أجل تطوير تشغيل أنظمة التخزين، الأمر الذي يستوجب بنية تحتية قوية ومتطورة لتكنولوجيا المعلومات.

وتظهر مشكلة أمن البيانات كمسألة بالغة الأهمية فيجب حماية المعلومات الحساسة المتعلقة باستهلاك الطاقة من أي تهديدات إلكترونية³. كما يتطلب إدخال التقنيات وتطوير البرمجيات تكاليف باهظة بنية تحتية تكنولوجية متقدمة، كوادر متخصصة بمهارات متقدمة وأجور عالية وتكاليف مالية إضافية لبرامج التدريب، حواسيب متطورة وتقنيات تخزين مؤمنة⁴.

ثانياً: تحد يتعلق بالبصمة الكربونية عند تدريب النماذج:

من أجل إنشاء برمجيات الذكاء الاصطناعي واستخراج النماذج التي تتمكن من التقاط المعلومات والاستشعار ثم التحليل والتصرف واستنباط النتائج، فلا بد أن تكون هذه النماذج مدربة على ذلك مثلاً: تدريب نموذج لغوي واحد من تقنيات الذكاء الاصطناعي قد يستهلك طاقة تعادل انبعاث الكربون لخمس سيارات

1- للذكاء الاصطناعي مشكلة بيئية إليكم ما يمكن للعالم فعله حيال ذلك تقرير منشور 2024/09/21 على الموقع برنامج الأمم المتحدة للبيئة - <https://www.unep.org/news-and-stories/story/ai-has-environmental-problem-heres-what-world-can-do-about>

can-do-about أطلع عليه بتاريخ 2025/07/01

2 - <https://www.iea.org/news/ai-is-set-to-drive-surging-electricity-demand-from-data-centres-while-offering-the-potential-to-transform-how-the-energy-sector-works> تقرير صادر عن وكالة الطاقة الدولية بتاريخ 2025/04/10

أطلع عليه بتاريخ 2025/07/01

3 - Comment l'intelligence artificielle peut-elle aidé à optimiser les systèmes de stockage d'énergie ? , France 3 renouvelable système électrique pilotable, sur le site <https://www.france-renouvelables.fr/guide-stockage-energie/stockage-energie-optimiser-intelligence-artificielle/> تاريخ الاطلاع 2025/07/006

4 - أخيليش شارما، تكاليف تطوير البرمجيات التقديرات، عوامل التكلفة الرئيسية، تدابير خفض التكاليف حتى عام 2025 ، نشر 2023/10/26 <https://www.a3logics.com/blog/software-development-costs> تاريخ الاطلاع 2025/07/06.

طوال عمرها الافتراضي.

وحى تتمكن تقنيات الذكاء الاصطناعي من تحليل الصور الإشعاعية الطبية أو التنبؤ بتداول الأسعار في البورصة، وهي عبارة عن نماذج عملاقة تحتوي معلومات هائلة وبالتالي فهي تحتاج لكميات كبيرة من الطاقة التي يتم توليدها في غالبية الأحيان باستخدام مواد بترولية تزيد من انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون. وتعتبر شركة ناتفليكس من أشهر الشركات التي تستخدم برمجيات ذكاء اصطناعي ضخمة وتحتاج طاقة هائلة.1

ثالثاً: تحد يتعلق بالنفايات الإلكترونية والتلوث الرقمي:

يعرف التطور المتزايد في استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي إلى تزايد عدد المخلفات الإلكترونية من معدات وحواسيب وبطاريات. وبالمقابل يتزايد الطلب باستمرار على التجهيزات وحواسيب أقوى وأكثر حداثة التي يتطلب استبدالها باستمرار، مما ينتج عنه كميات كبيرة من النفايات الإلكترونية، التي تحتوي على مواد سامة مثل الرصاص، الزئبق، الكاديوم، الديكوسينات.2 وتعد النفايات الكهربائية والإلكترونية الأسرع نمواً ومكلفة في معالجتها. هذه النفايات إذا لم يتم إعادة تدويرها بطريقة صحيحة، والاكتفاء بجمعها في مكبات ستؤدي إلى تهديد للبيئة وصحة الإنسان تلويث التربة والمياه الجوفية، في المناطق التي تم التخلص فيها من النفايات. وهذا ما يؤكد أهمية الإدارة المسبقة للنفايات الإلكترونية في ظل تطور تقنيات الذكاء الاصطناعي،3 ويمكن أن تسهم إعادة تدوير النفايات الإلكترونية بشكل رسمي وكافي في بناء اقتصاد مستدام بيئياً،4 وهنا تتدخل اتفاقية بازل وهي اتفاق بيئي شامل يهدف لمعالجة حركة النفايات الخطيرة، بما فيها النفايات الإلكترونية واستجابة لهذه الأخيرة نشأت اتفاقية باماكو واتفاقية وايغاني لزيادة تقييد حركة النفايات الخطيرة بما فيها النفايات الإلكترونية في بلدان جنوب إفريقيا.5

-
- 1 - محمد زهران ، الذكاء الاصطناعي و البيئة ، نشر يوم 2022/01/01 على بوابة جريدة الشروق نيو، على الموقع: تاريخ الاطلاع: 2025/07/07. <https://www.shorouknews.com/columns/view.aspx?cdate=01012022&id=f89098bc-4fa3-4bf0-85fd-dfaa2b5038c0>
 - 2 - ربيعة بن عيشوبة ، إدارة النفايات الإلكترونية، و التنمية المستدامة: فرص الاستثمار والتحديات الاقتصادية، مجلة شعاع للدراسات الاقتصادية، المجلد 8، العدد 1، 2024، ص ص 152-153.
 - 3 - زي تشيان تشن، تحديات النفايات الإلكترونية في ظل الذكاء الاصطناعي التوليدي، نشر 2024/10/28 على مجلة nature computational science عبر موقع <https://www.nature.com/articles/s43588-024-00712-6> تاريخ الاطلاع 2025/07/09
 - 4 - معالجة الطابع الغير رسمي في ادارة النفايات الإلكترونية تقرير منظمة العمل الدولية دورته الثانية 2013 على الموقع <https://www.ilo.org/publications/tackling-informality-e-waste-management-potential-cooperative-enterprises> تاريخ الاطلاع 2025/07/09.
 - 5 - النفايات الإلكترونية ، تقرير منظمة الصحة العالمية ، 2024/10/01 على موقع المنظمة [https://www.who.int/ar/news-room/fact-sheets/detail/electronic-waste-\(e-waste\)](https://www.who.int/ar/news-room/fact-sheets/detail/electronic-waste-(e-waste)) تاريخ الاطلاع 2025/07/09

رابعاً: تحد التأثير على النظم البيئية واستنزاف المعادن النادرة:

تدخل المعادن النادرة مثل الليثيوم والكولتان والنيوديميوم والتنتالوم في صناعة الحواسيب المستخدمة في الذكاء الاصطناعي، ويتطلب لاستخراج هذه المعادن عمليات تعدين مكثفة تستخرج بطرق غير مستدامة، تستهلك كميات كبيرة من الكهرباء و الماء¹، تؤثر سلباً على البيئة و تؤدي لاستنزاف المعادن وتمس بالنظم البيئية، فصنع حاسوب يزن كيلوغرامين يتطلب 800 كغ من المواد الخام. كما أن الرقائق الدقيقة التي تشغل الذكاء الاصطناعي تحتاج إلى عناصر أرضية نادرة، والتي غالباً ما تستخرج بطرق مُدمرة للبيئة².

هذه العمليات تؤدي إلى إزالة الغابات، وتلويث المياه الجوفية، وتدمير المراعي الطبيعية للحيوانات. مثلاً في جمهورية الكونغو الديمقراطية، والتي تنتج حوالي 60% من الكولتان العالمي الذي يعد المكون الرئيسي في جميع الأجهزة الإلكترونية الحديثة، ويكرر لمسحوق التالتالوم الذي يستخدم في صناعة المكثفات المقاومة للحرارة في أجهزة الحاسوب المحمول، وهناك علاقة بين استغلال الكولتان والتدهور البيئي وانتهاك القوانين البيئية.

وأدت عمليات التعدين إلى تدمير مساحات واسعة من الغابات المطيرة وتهديد الحياة البرية³، كما أن تعدين الليثيوم في صحراء أتاكاما في تشيلي يستهلك كميات هائلة من المياه في منطقة تعاني أصلاً من الجفاف. خامساً: تحد التأثيرات الاجتماعية والاقتصادية غير المباشرة:

المحددات الجوهرية في التدهور البيئي وتغير المناخ ترجع لأنماط السلوك البشري ونماذج الاستهلاك، ويمكن أن تؤدي بعض تطبيقات الذكاء الاصطناعي إلى زيادة الاستهلاك بطرق غير مباشرة، وهي الإعلانات والعروض المغرية من خلال خوارزميات التوصية في منصات التجارة الإلكترونية، التي تقدم اقتراحات مخصصة بناء على ما يفضلها المستخدم، وبيانات التفاعل التاريخية والشبكات الاجتماعية التي بدورها تشجع على الاستهلاك المفرط، وتعزز أنماط سلوك غير مستدامة الأمر الذي يؤثر في ارتفاع الطلب على السلع والخدمات، ويصنع ضغطاً إضافياً على الموارد الطبيعية، حيث تسبب القرارات اليومية المتعلقة باستخدام وسائل النقل الخاصة واستخدام الطاقة واستهلاك الموارد مجتمعة آثاراً بيئية جسيمة مُتجاهلةً عن غير قصد

1 - <https://www.unep.org/news-and-stories/story/ai-has-environmental-problem-heres-what-world-can-do-about>

2 - للذكاء الاصطناعي مشكلة بيئية إليكم ما يمكن للعالم فعله حيال ذلك، تقرير منشور 2024/09/21 على الموقع برنامج الأمم المتحدة للبيئة <https://www.unep.org/news-and-stories/story/ai-has-environmental-problem-heres-what-world-can-do-about> أطلع عليه بتاريخ 2025/07/01

3 - تكاليف تعدين الكولتان في جمهورية الكونغو على الناس و البيئة تقرير نشر في 2022/05/29 <https://theconversation.com/what-coltan-mining-in-the-drc-costs-people-and-the-environment-183159> أطلع عليه 2025/07/02

التداعيات البيئية والمجتمعية لتوصياتها1.

كما لا يخفى أن الذكاء الاصطناعي والأتمتة قد حققا ابتكارا غير مسبوق، أثرا على سوق العمل، فمن السيارات ذات القيادة الذاتية إلى خدمة العملاء الآلية، مما أحدث ثورة في أسلوب العمل وهنا بدأت المخاوف تظهر في استبدال الوظائف أو فقدانها2.

فيمكن أن تؤدي الأتمتة3 المرتكزة على الذكاء الاصطناعي في المصانع ومختلف الوظائف إلى تغييرات في أسواق العمل عند الاعتماد على الآلات الذكية بدلا من البشر قد تؤثر على السياسات البيئية، وفقدان الوظائف في بعض القطاعات قد يؤدي للتأثير على الاستثمار في المشاريع البيئية والطاقة المتجددة.

وهناك من يرى أن الأتمتة لا تقضي على الوظائف وإنما تغيرها وتعززها وتدعم العمل البشري بدلا من استبداله وهو يكمل المهارات البشرية وعنصرا ذو قيمة مضافة فقط يتطلب إعادة تدريب للكفاءات وفق

المتطلبات الجديدة وليس تهديدا4. فيمكن استخدام الآلة كمساعدة للموظفين للعمل بشكل أفضل وبالتالي فالذكاء الاصطناعي لن يؤثر في مستقبل الوظائف البشرية بل سيستخدم لتطوير فرص العمل5.

المطلب الثاني: استراتيجيات و حلول لجعل الذكاء الاصطناعي أكثر استدامة

أولاً: العمل على ذكاء اصطناعي موفر للطاقة المستدامة:

ويكون هذا من خلال تحسين كفاءة الخوارزميات وتقليل حجم النماذج تسمح بتدريب نماذج صغيرة تحاكي أداء النماذج الكبيرة باستخدام طاقة أقل بكثير، شركات مثل IBM و Google تستثمر مليارات الدولارات في تطوير تقنيات الحواسيب الكمية التي تستخدم طاقات أقل.

1 - Advancing Sustainability via Recommender Systems: A Survey, 2024, <https://arxiv.org/html/2411.07658v1>

تاريخ الاطلاع: 2025/07/03

2 - تأثير الذكاء الاصطناعي و الأتمتة على الحق في العمل ، التحديات و الحلول السياسية، مقال منشور جانفي 2024.

[https://www.irisssd.org/post/the-impact-of-ai-and-automation-on-the-right-to-work-challenges-and-policy-](https://www.irisssd.org/post/the-impact-of-ai-and-automation-on-the-right-to-work-challenges-and-policy-solutions)

solutions تاريخ الاطلاع 2025/07/03.

3 - الأتمتة (AUTOMATION) المكننة و التشغيل الآلي أي استخدام التكنولوجيات و التقنيات الذكية في أداء المهام التي كانت منوطة بالبشر.

4 - لووان تشنغ، تأثير الذكاء الاصطناعي على الوظائف. رؤى تجريبية و اعتبارات التنمية المستدامة،

مجلة sustainable technology and entrepreneurship المجلد رقم 4، العدد1، أبريل 2025، ص 01، على موقع

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2773032824000154>

5 - بن رجدال-بوجمعة أمال، أثر الذكاء الاصطناعي على علاقات العمل، ملتقى دولي الذكاء الاصطناعي تحد جديد للقانون،

حوليات جامعة الجزائر 1 عدد خاص 2018/07 موفم للنشر، 2018، ص 210.

كما أن تقنية التعلم الفيدرالي وتقنية الحوسبة على الحافة تمكن من تدريب النماذج دون الحاجة لنقل البيانات إلى مراكز بيانات مركزية، مما يقلل من استهلاك الطاقة المطلوبة للنقل والتخزين وكذا سرعة الاستجابة فتمكن معالج syvamore من Google التفوق الكمي في 2019 لحل مشكلة في 200 ثانية والتي قد تستغرق 10000 عام بواسطة حاسوب فائق كلاسيكي¹.

ثانياً: الاعتماد على الطاقات المتجددة:

يشمل خفض البصمة الكربونية الاستثمار في مصادر الطاقة المتجددة مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح وهذا ما يعزز النمو والابتكار والتطوير في التنمية المستدامة أين توجه شركات التكنولوجيا الكبرى جهودها من أجل التحول إلى استخدام الطاقات المتجددة. شركة Google أعلنت عن تحقيق الحياد الكربوني لجميع عملياتها، بينما تهدف Microsoft إلى أن تصبح سلبية الكربون بحلول عام 2030.

كما أبرمت شركة أمازون اتفاقية شراكة استثمارية مع شركة X-Energy المتخصصة في مجال الطاقة النووية، أين تهدف إلى تطوير تقنيات المفاعلات النووية المتناهية الصغر SMR لتلبية جميع احتياجات مراكز البيانات العملاقة التابعة للشركة. ويبلغ حجم الاستثمار الإجمالي قرابة نصف مليار دولار أمريكي، ويهدف إلى تحقيق إنتاج تعادل 5 جيجاوات بحلول عام 2039 مع التركيز على كفاءة الطاقة وتقليل الانبعاثات الكربونية، وتعد الطاقة النووية من مصادر الطاقة المتجددة والأكثر استدامة واستقراراً. ومن أجل تعزيز كفاءة الطاقة والحد من التأثير البيئي يتم استحداث أنواع جديدة من تقنيات التبريد التي تحدث فرقا كبيرا فهي تحسن كفاءة التبريد مما يمكن مراكز البيانات من استخدام طاقة أقل، والحد من التلوث، وتوفير المال، مع الحفاظ على سلاسة تشغيل أنظمتها. ومن المتوقع أن تتبنى المزيد من الشركات مستقبلاً أساليب التبريد المتقدمة هذه. ومن خلال مواكبة هذه الابتكارات والعمل معا.

ثالثاً: إعادة التدوير ذكية ومستدامة:

أصبح الاستثمار من أجل إعادة تدوير النفايات الإلكترونية خياراً استراتيجياً هاماً لا بد من مراعاته، نظراً

- 1 - باو تران، استثمارات شركات التكنولوجيا الكبرى في الحوسبة الكمومية: قولل و أي بي أم و مايكروسوفت
الأرقام 2025/08/10 على موقع <https://patentpc.com/blog/big-techs-quantum-computing-investments-google-ibm-and-microsoft-by-the-numbers> تاريخ الاطلاع 2025/08/18.
- 2 - مارسيل نصر- بصمة الذكاء الاصطناعي ثورية و كربونية، المجلة، آخر تحديث 2023/12/19 على موقع <https://www.majalla.com> تاريخ الاطلاع 2025/07/20
- 3 - عبد الله الفهاد، استثمارات أمازون aws في الطاقة النووية، النشرة الدولية تكنولوجيا الطاقة واقتصادها، تاريخ النشر 2024/11/04، على موقع <https://ae.linkedin.com> تاريخ الاطلاع 2025/08/01
- 4 - ألكس وليامز ، تحسين كفاءة الطاقة في مراكز البيانات باستخدام تقنيات التبريد المتقدمة ، على مدونة cacm ، تاريخ النشر 2024/04/26 على موقع: <https://cacm.acm.org/blogcacm/optimizing-energy-efficiency-in-datacenters-with-advanced-cooling-technologies> تاريخ الاطلاع 2025/08/02.

للحاجة الملحة للحد من التلوث البيئي والمساهمة في التخفيف من تأثيرات تغير المناخ¹ ، لهذا بدأ السعي نحو إيجاد طرق أكثر فاعلية في إعادة تدوير النفايات الإلكترونية بتقنيات حديثة من الجهة المختصة وبأقل الأضرار البيئية، فبدأت الشركات بتطوير برامج شاملة لإعادة تدوير الأجهزة الإلكترونية الأمر ضروري لتقليل النفايات الإلكترونية. شركات مثل Apple تطور برامج لاسترداد وإعادة تدوير الأجهزة القديمة من أصحابها مباشرة واستخراج المعادن النادرة منه و تهدف إلى استخدام مواد معاد تدويرها بالكامل في منتجاتها التي استرجعتها وقامت بتدويرها بحلول عام 2030. أما عن شركة Dell فهي تتبع نفس الأسلوب تقريبا من خلال استخدام مواد قابلة لإعادة التدوير وتقوم بإعادة تدوير منتجاتها وتستخدمها في الأجهزة الجديدة³.

رابعاً: تحديد السياسات والتنظيمات البيئية وتوفير الحماية القانونية:

تتجه السياسات البيئية الجديدة نحو وضع معايير بيئية صارمة لصناعة التكنولوجيا الحديثة من أجل ابتكار تكنولوجيات أكثر استدامة، هنا يلزم الاتحاد الأوروبي تطوير تشريعات تلزم شركات التكنولوجيا الإفصاح عن البصمة الكربونية لمنتجاتها، الذي يعمل على حساب منهجي لمعدل انبعاث الكربون لنظام برمجي ما، الأمر الذي يساعد ممارسي البرمجيات على اتخاذ قرارات أفضل في إنشاء التصميم وتطوير مؤشرات موحدة لقياس مدى التأثير البيئي للذكاء الاصطناعي⁴، وهو أمر ضروري لوضع سياسات فعالة. مثل مبادرة Green Software Foundation في ديسمبر 2019. وهي خطة من أجل تغيير المناخ يهدف من خلالها الاتحاد الأوروبي كأول قارة محايدة مناخيا بحلول 2050، تعمل على وضع معايير لقياس وتقليل البصمة الكربونية للبرمجيات والخدمات الرقمية. كما يتم فرض ضرائب على الشركات التي تستخدم تقنيات تضر بالبيئة، وتقديم حوافز ضريبية للشركات التي تستثمر في تقنيات صديقة للبيئة، الأمر الذي يسرع من التحول نحو ذكاء اصطناعي مستدام. وبعض الدول تقدم إعفاءات ضريبية للشركات التي تستخدم الطاقة المتجددة أو تطور تقنيات موفرة للطاقة. وفي 2023/09/15 نشر الاتحاد الأوروبي القواعد التنفيذية لآلية إدارة الانبعاثات الكربونية CBAM التي تدعو الموردين للإبلاغ عن الانبعاثات الكربونية المتضمنة في وارداتهم⁵.

1 - رفيقة بن عيشوبة، المرجع السابق، ص 157.

2 - برنامج إعادة الاستخدام وإعادة التدوير من appl على الموقع <https://www.apple.com/reuse-recycle/>

3 - نيك أباتيلون، التصميم الدائري يمنح النفايات الإلكترونية حياة ثانية Dell technologies ، على مدونة ديل ، نشر بتاريخ 2023/10/12 على موقع <https://www.dell.com/en-us/blog/circular-design-gives-e-waste-a-second-life/> تاريخ الاطلاع 2025/08/06.

4 - مواصفات كثافة الكربون في البرمجيات على موقع <https://sci.greensoftware.foundation/> تاريخ الاطلاع: 2025/08/07.

5 - بييري هاتش، كارورين هوجيت ، الضريبة الخضراء او تعزيز السلوك الصديق للبيئة، 2023/11/22 على موقع: <https://www.wolterskluwer.com/en/expert-insights/green-tax-environmentally-friendly-behavior> تاريخ الاطلاع 2025/08/08

خامسا: تشجيع التعاون الدولي في البحث و تطوير تقنيات ذكاء اصطناعي صديقة للبيئة

إن تكنولوجيا الذكاء الاصطناعي غزت العالم، وهي في تطور مستمر، فمن الضروري تحديث اللوائح والتشريعات بما يتلاءم مع البيئة القانونية، وخاصة فيما يتعلق بتطبيقات الذكاء الاصطناعي، التي تثير العديد من التحديات الأخلاقية والقانونية، التي يجب التصدي لها بشكل فعال لضمان استخدام التكنولوجيا بشكل آمن ومسئول، والأحكام التي تعزز الابتكار وتشجع عليه وتحمي حقوق المواطنين، هذا من جهة. ومن جهة أخرى يجب على الشركات والمؤسسات المطورة لتطبيقات الذكاء الاصطناعي أن تتحمل المسؤولية عن الأخطاء والتحديات التي قد تنشأ، وبالتالي يتطلب التصدي لها تعاون الدولي في البحث وتطوير. فيجب على الدول والمنظمات الدولية التعاون في وضع معايير دولية لتنظيم تطبيقات الذكاء الاصطناعي وتبادل المعرفة والخبرات.

تتطلب تطبيقات الذكاء الاصطناعي تشريعات قوية ومتطورة تضمن استخدام التكنولوجيا بشكل آمن وفعال لذلك تمارس الحكومات والمنظمات الدولية دورا جوهريا في تشجيع ودعم المبادرات وتمويل المشاريع التي تهتم بتطوير التكنولوجيا¹، وعلى السلطات التشريعية والمنظمات الدولية العمل سويا لتطوير إطار قانوني وتنظيمي شامل يحقق التوازن بين التقدم التكنولوجي وحماية الحقوق الأساسية للمواطنين. وتشجيع الاستثمار في البحوث البيئية التي من شأنها تطوير تقنيات ذكاء اصطناعي صديقة للبيئة أمر ضروري.

كما يجب على الدول والمنظمات الدولية التعاون في تبادل المعرفة والخبرات وتطوير معايير دولية للأمان التكنولوجي (تعزيز الامن السيبراني)، فيتطلب استخدام التكنولوجيا بشكل آمن وفعال جهود متواصلة متعددة الأطراف، يجب أن يكون الابتكار والتطور مرتبطين بالحماية والمسؤولية، ويجب على الجميع أن يعملوا سويا لتحقيق هذا الهدف لضمان تحقيق الفوائد الكاملة للتكنولوجيا دون المساس بالأمان والخصوصية².

خاتمة:

من خلال تحليلنا للموضوع توصلنا إلى تعزيز الفرضية التي انطلق منها بحثنا وتوصلنا إلى أن للذكاء الاصطناعي دور فعال في حماية البيئة وتوفير بيئة سليمة وصحية للإنسان، وأن الذكاء الاصطناعي أصبح ضرورة حتمية، لا بد من إدراجها في الجوانب البيئية، فهو يساعد في حمايتها بعد النظر في محاولة التقليل من التحديات التي يفرضها.

1 - خالد علي الدرندي، جهان يسرى أيوب، امل فاروق عبد الجواد، الذكاء الاصطناعي و البيئة ، كتاب متاح على الانترنت، ص 51.

2 - جلال بياوي، الأمم المتحدة تطلق هيئة استشارية بشأن الذكاء الاصطناعي، على موقع: <https://elbadilabc-ar.dz> تاريخ

حيث أن تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي وانترنت الأشياء والابتكارات التكنولوجية في خدمة جميع الجوانب، التي تتعلق بحماية البيئة له من الأثر الفعال والمهم والذي لا يمكن التغاضي عنه أو محاولة عدم إدراجها، بل لابد مواكبتها خاصة أمام التحديات البيئية المعاصرة، وما تعرفه الكرة الأرضية من مشاكل الاحتباس الحراري وتغير المناخ بسبب التلوث البيئي، والذي ينعكس على حياة الإنسان الذي لا يستغنى عن البيئة السليمة في عيشه.

فتدخل تقنيات الذكاء الاصطناعي ساهم كثيرا في تغيير المسار السلبي الذي تنحني إليه البيئة، فإدماج ذكاء الإنسان المدمج ببيانيا في تقنيات متطورة تكنولوجيا ليحل ويحد من المشاكل البيئية التي كان سببا فيها، إلا أن هذه التقنيات لازالت غير قادرة على تغيير الوضع البيئي بصفة شاملة، نظرا لأنها تعرف جملة من الصعوبات كون أن تكاليف إدراج تقنيات الذكاء الاصطناعي قد تكون باهظة، مما يجعلها مقتصرة على فئة معينة وعدم شموليتها لكافة دول العالم.

هنا تظهر ضرورة تكاثف الجهود العالمية من أجل تطوير استخدام هذه التكنولوجيات، وزيادة الوعي العام بأهمية هذه المسألة وجديتها، وتوزيع المعلومات والوسائل للاستفادة منها بشكل متساو بين جميع الدول، لأن مسألة حماية البيئة هي مسألة عالمية لا تظهر نتائجها بمجرد احتكار دول معينة على هذه التقنيات، كما يجب على الدول أن تسن تشريعات تواكب التطورات المسيرة لتقنيات الذكاء الاصطناعي بشكل ينظم العمل به ويحمي الحياة الخاصة للأفراد ويحدد المسؤوليات عن الأفعال الناتجة من الآلات والتقنيات وكذا التطبيقات المرتبطة به.

نتائج الدراسة:

- 1 / مراقبة جودة المياه ونوعية الهواء من خلال الكشف عن التلوث بعد تحليل البيانات التي التقطتها أجهزة الاستشعار وصور الأقمار الصناعية وبالتالي معرفة مصدر التلوث.
- 2 / إمكانية التنبؤ بالكوارث الطبيعية سواء كانت فيضانات، زلازل، وحرائق وهذا بدقة كبيرة مما يساهم في الحد من الخسائر البيئية أو البشرية المحتملة.
- 3 / القدرة على إدارة الموارد الطبيعية بكفاءة من خلال ترشيد استهلاك المياه أثناء الزراعة عن طريق استعمال أنظمة ري ذكية تركز على البيانات المناخية ودراسة احتياجات التربة.
- 4 / القدرة على حماية التنوع البيولوجي عن طريق رصد الحيوانات ومراقبتها وتحليل تصرفاتها و التمكن من الاستجابة السريعة في حالة وجود أخطار أو تهديدات كالصيد الغير مرخص.
- 5 / مراقبة التغيرات المناخية ومواجهتها بأساليب فعالة من خلال تحليل البيانات المناخية الضخمة الواردة عن الأقمار الصناعية.

التوصيات:

- 1/ يجب تشجيع الحكومات لتمويل والاستثمار في مشاريع الذكاء الاصطناعي التي تهدف لحماية البيئة.
- 2/ يجب توفير قواعد بيانات بيئية متاحة للمساعدة في تدريب نماذج الذكاء الاصطناعي بأكبر قدر من المعلومات للحصول على أكبر قدر من الفائدة.
- 3/ يجب تفعيل الشراكات وفتح مجالات التعاون بين الحكومات وأخصائيي البيئة والفاعلين على تطوير تقنيات الذكاء الاصطناعي لوضع خطط مدروسة وفعالة لحماية البيئة.
- 4/ يجب تفعيل المدن الذكية وتوسيع انتشارها لما لها من تأثيرات على تخفيض الانبعاث الكربوني وحماية البيئة.
- 5/ يجب سن قوانين تواكب عصر الذكاء الاصطناعي وتنظم موضوعاته وتوفر الحماية لمستخدميه وتحدد المسؤوليات عن الأفعال الناتجة عنه حتى يكون استخدامه آمن.
- 6/ يجب إطلاق حملات لتوعية الأفراد بمدى أهمية استخدام الذكاء الاصطناعي في حماية البيئة وتقليل التلوث والحفاظ على الموارد للعيش في بيئة سليمة وآمنة.

قائمة المصادر والمراجع:

1/ باللغة العربية:

- ملاوي وهيبة ، تابتي وليد، الذكاء الاصطناعي في المدينة الذكية تحليل التفاعل بين الابتكار التكنولوجي و التأطير القانوني والأخلاقي، مجلة الباحث للدراسات الأكاديمية ، المجلد 11، العدد 01، 2024.
- ابتسام بولقواس ، تقنية نظم النقل الذكية كاستراتيجية لتطوير قطاع النقل، مجلة رؤى اقتصادية، العدد 06، جوان 2014
- عمريو جويده ، التأمين من المسؤولية المدنية للسيارات ذاتية القيادة، الملتقى الدولي للذكاء الاصطناعي تحد جديد للقانون، حوليات جامعة الجزائر 1 عدد خاص العدد 7 ، موفم للنشر، 2018.
- تيمجغدين نادية ، منجزات الذكاء الاصطناعي لمواجهة الأزمات البيئية، مجلة الحكمة للدراسات الفلسفية، المجلد 12 العدد 3 ، 2024.
- جمال الديب – الذكاء الاصطناعي وموقف الشريعة الإسلامية منه – ملتقى دولي الذكاء الاصطناعي تحد جديد للقانون ، حوليات جامعة الجزائر، 1 عدد خاص 2018/07 ، م و ف م للنشر، 2018.
- بن رجدة-بوجمعة أمال، أثر الذكاء الاصطناعي على علاقات العمل، ملتقى دولي الذكاء الاصطناعي تحد جديد للقانون، حوليات جامعة الجزائر 1 عدد خاص 2018/07 موفم للنشر، 2018.
- أسامة سلام ، الذكاء الاصطناعي وقضايا المياه والمناخ، ارتقاء للنشر والتوزيع، الطبعة الأولى ، 2023 ..
- أحلام هرموزي –أعمر بوزيد محمد ، مساهمة الذكاء الاصطناعي في تحقيق الامن المائي تجربة الامارات العربية المتحدة ، مجلة نماء للاقتصاد والتجارة ، المجلد 8، العدد 2 ، ديسمبر 2024.

دور الذكاء الاصطناعي في حماية البيئة

- وحيدة حمودة، سهيلة بولخميس ، دور أنظمة الذكاء الاصطناعي في تفعيل الأنشطة الاقتصادية الطاقوية في التشريع الجزائري، مجلة الحقوق والحريات، المجلد 11، العدد 2، 2023.
- خليفي عبد الرزاق ، آليات الذكاء الاصطناعي لتحليل ونشر المعلومات حول الأمن الغذائي، الفرص والتحديات، مجلة معالم للدراسات الاعلامية والاتصالية، المجلد 6 العدد 2، جامعة الجزائر، ديسمبر 2024 ، ص 116.
- كريمة سلطان، زيادة الأعمال الزراعية في الجنوب الجزائري ودور أنظمة الذكاء الاصطناعي في تطويرها، مجلة دراسات في الاقتصاد وإدارة الأعمال، المجلد 5 العدد 2، ديسمبر 2022، ص 572.
- بلعسل بنت النبي ياسمين، عمروش الحسين، الذكاء الاصطناعي ودوره في تحقيق التنمية المستدامة ، مجلة الدراسات القانونية والاقتصادية ، المجلد 5 العدد 1 ، 2022.
- <https://arabcodeweek2022.alecso.org/competition/activities/ldt/f0j/plan/1o640dhmk7696ikoc.pdf>
- دور الذكاء الاصطناعي في الحفاظ على التوازن البيئي ، تاريخ الاطلاع 2025/08/10.
- <https://aawsat.com> - عبد الهادي النجار، مقال حول: الذكاء الاصطناعي أداة لحماية البيئة أم لزيادة مشكلاتها منشور في مجلة الشرق الأوسط بتاريخ 2023/10/28 تاريخ الاطلاع 2025/07/14
- مصطفى ابراهيم ، الذكاء الاصطناعي في الحفاظ على الحياة البرية ، تاريخ النشر 2024/09/04 منشور على الصفحة <https://www.ultralytics.com/ar/blog/ai-in-wildlife-conservation> تاريخ الاطلاع، 2025/07/20.
- برامج إدارة الغابات أفضل أدوات و حلول الذكاء الاصطناعي على موقع <https://flypix.ai/ar/blog/forest-management-software-tools-ai> تاريخ الإطلاع 2025/08/10.
- مقال حول: قوة المباني الذكية، مدونة جونسون كونترول العربية، البحرين ، على موقع https://jcarabia.com/ar_bh/resources/blog/power-of-smart-buildings / أطلع عليه 2025/08/17.
- تقرير صادر عن وكالة الطاقة الدولية بتاريخ 2025/04/10 <https://www.iea.org/news/ai-is-set-to-drive-surg-ing-electricity-demand-from-data-centres-while-offering-the-potential-to-transform-how-the-energy-sector-works> أطلع عليه بتاريخ 2025/07/01
- أخيليش شارما، تكاليف تطوير البرمجيات التقديرات، عوامل التكلفة الرئيسية، تدابير خفض التكاليف حتى عام 2025 ، نشر 2023/10/26 <https://www.a3logics.com/blog/software-development-costs> تاريخ الاطلاع 2025/07/06.
- محمد زهران ، الذكاء الاصطناعي و البيئة ، نشر يوم 2022/01/01 على بوابة جريدة الشروق نيو، على الموقع: <https://www.shorouknews.com/columns/view.aspx?cdate=01012022&id=f89098bc-4fa3-4bf0-85fd-dfaa2b5038c0> تاريخ الاطلاع: 2025/07/07.
- رفيقة بن عيشوبة ، إدارة النفايات الالكترونية، والتنمية المستدامة: فرص الاستثمار والتحديات الاقتصادية، مجلة شعاع للدراسات الاقتصادية، المجلد 8، العدد 1، ، 2024 ص ص 152-153.
- زي تشيان تشن، تحديات النفايات الالكترونية في ظل الذكاء الاصطناعي التوليدي، نشر 2024/10/28 على مجلة nature computational science عبر موقع <https://www.nature.com/articles/s43588-024-00712-6> تاريخ الاطلاع 2025/07/09

- معالجة الطابع غير الرسمي في إدارة النفايات الإلكترونية تقرير منظمة العمل الدولية دورته الثانية 2013 على الموقع <https://www.ilo.org/publications/tackling-informality-e-waste-management-potential-cooperative-enterprises> تاريخ الاطلاع 2025/07/09.
- النفايات الإلكترونية ، تقرير منظمة الصحة العالمية ، 2024/10/01 على موقع المنظمة [https://www.who.int/ar/news-room/fact-sheets/detail/electronic-waste-\(e-waste\)](https://www.who.int/ar/news-room/fact-sheets/detail/electronic-waste-(e-waste)) تاريخ الاطلاع 2025/07/09
- للذكاء الاصطناعي مشكلة بيئية إليكم ما يمكن للعالم فعله حيال ذلك، تقرير منشور 2024/09/21 على الموقع برنامج الأمم المتحدة للبيئة <https://www.unep.org/news-and-stories/story/ai-has-environmental-problem-heres-what-world-can-do-about> أطلع عليه بتاريخ 2025/07/01
- تكاليف تعدين الكولتان في جمهورية الكونغو على الناس و البيئة تقرير نشر في 2022/05/29 <https://theconversation.com/what-coltan-mining-in-the-drc-costs-people-and-the-environment-183159> أطلع عليه 2025/07/02
- تأثير الذكاء الاصطناعي والأتمتة على الحق في العمل ، التحديات و الحلول السياسية، مقال منشور جانفي 2024. <https://www.irisd.org/post/the-impact-of-ai-and-automation-on-the-right-to-work-challenges-and-policy-solutions> تاريخ الاطلاع 2025/07/03.
- لوان تشنغ، تأثير الذكاء الاصطناعي على الوظائف. رؤى تجريبية و اعتبارات التنمية المستدامة، مجلة sustainable technology and entrepreneurship المجلد رقم 4، العدد1، أبريل 2025، ص 01، على موقع <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2773032824000154>
- باو تران، استثمارات شركات التكنولوجيا الكبرى في الحوسبة الكمومية: قوئل و أي بي أم و مايكروسوفت الأرقام 2025/08/10 على موقع <https://patentpc.com/blog/big-techs-quantum-computing-investments-google-ibm-and-microsoft-by-the-numbers> تاريخ الاطلاع 2025/08/18.
- مارسيل نصر- بصمة الذكاء الاصطناعي ثورية و كربونية، المجلة، آخر تحديث 2023/12/19 على موقع <https://www.majalla.com> تاريخ الاطلاع 2025/07/20
- عبد الله الفهاد، استثمارات أمازون aws في الطاقة النووية، النشرة الدولية تكنولوجيا الطاقة و اقتصادها، تاريخ النشر 2024/11/04، على موقع <https://ae.linkedin.com> تاريخ الاطلاع 2025/08/01
- ألكس وليامز ، تحسين كفاءة الطاقة في مراكز البيانات باستخدام تقنيات التبريد المتقدمة ، على مدونة cacm ، تاريخ النشر 2024/04/26 على موقع <https://cacm.acm.org/blogcacm/optimizing-energy-efficiency-in-datacenters-with-advanced-cooling-technologies> تاريخ الاطلاع 2025/08/02.
- برنامج إعادة الاستخدام و إعادة التدوير من appl على الموقع <https://www.apple.com/reuse-recycle>
- نيك أباتيلون، التصميم الدائري يمنح النفايات الإلكترونية حياة ثانية Dell technologies ، على مدونة ديبل ، نشر بتاريخ 2023/10/12 على موقع <https://www.dell.com/en-us/blog/circular-design-gives-e-waste-a-second-life> تاريخ الاطلاع 2025/08/06.
- مواصفات كثافة الكربون في البرمجيات على موقع <https://sci.greensoftware.foundation> تاريخ الاطلاع: 2025/08/07.

دور الذكاء الاصطناعي في حماية البيئة

بيري هاتش، كارورين هوجيت ، الضريبة الخضراء او تعزيز السلوك الصديق للبيئة، 2023/11/22 على موقع:

<https://www.wolterskluwer.com/en/expert-insights/green-tax-environmentally-friendly-behavior> تاريخ

الاطلاع 2025/08/08

-جلال يياوي، الأمم المتحدة تطلق هيئة استشارية بشأن الذكاء الاصطناعي، على موقع: <https://elbadilabc-ar.dz> تاريخ الاطلاع

2025/08/18

/2 باللغة الأجنبية:

Advancing Sustainability via Recommender Systems: A Survey ,2024 <https://arxiv.org/html/2411.07658v1>

تاريخ الاطلاع: 2025/07/03

- Comment l'intelligence artificielle peut-elle aidé optimiser les systèmes de stokage d'énergie ? , France renouvelable système électrique pilotable, sur le site <https://www.france-renouvelables.fr/guide-stockage-energie/stockage-energie-optimiser-intelligence-artificielle/>

- Bingbing Fang, Jiacheng Yu and Mohamed Farghali , Artificial intelligence for waste management in smart cities, a review envirenmental chemistry letters, volume 21, published 09may2023 , sur <https://link.springer.com/article/10.1007/s10311-023-01604-3>

- Intelligence is Revolutionizing Solar Energy , 02/07/2024 sur le site <https://www.wattmonk.com/how-artificial-intelligence-is-revolutionizing-solar-energy/> 14/08/2025 أطلع عليه:

- k r Sekar , Machine learning boosts wind turbine efficiency with smart failure detection and strategic placement,

15/01/2025https://www.researchgate.net/publication/387873757_Machine_learning_boosts_wind_turbine_efficiency_with_smart_failure_detection_and_strategic_placement 2025/08/14 أطلع عليه:

- Comment l'intelligence artificielle peut-elle aid   optimiser les systèmes de stokage d'  nergie ? , France renouvelable système électrique pilotable, sur le site <https://www.france-renouvelables.fr/guide-stockage-energie/stockage-energie-optimiser-intelligence-artificielle/> 16/08/2025

- KIM Berg , Protecting forests whith AI, Artificial intelligence is to save Germany's forests. 23/09/2023 <https://www.deutschland.de/en/topic/environment/climate-change-using-ai-to-adapt-forests-to-climate-change> تاريخ الاطلاع 2025/07/07

- Inemesit Ukpanah. Maximising solar energy output whith artificial intelligence, 23/09/2024 <https://www.greenmatch.co.uk/blog/ai-for-solar-panel-optimisation> 2025/08/14 أطلع عليه: