

توظيف أدوات الذكاء الاصطناعي لتنشيط دور التكنولوجيا الخضراء في تحقيق التنمية البيئية المستدامة
دراسة استكشافية

Using AI tools to activate the role of green technology to achieve environmental development
exploratory study

نايلي حسين²
houcine.naili@univ-oeb.dz

كرماني نور الهدى مسعودة¹
nourelhouda.karmani@univ-oeb.dz

تاريخ الاستلام: 2024/09/27 تاريخ القبول: 2024/11/21 تاريخ النشر: 2024/12/20

Received: 27/09/2024 Accepted: 21/11/2024 published: 20/12/2024

ملخص المقال:

يتمحور هذا البحث حول كيفية توظيف أدوات الذكاء الاصطناعي لتعزيز التكنولوجيا الخضراء من أجل حماية البيئة وتحقيق التنمية المستدامة، وخلصت الدراسة إلى أن التحديات البيئية المتزايدة والتطورات التكنولوجية الحاصلة في السنوات الأخيرة تجعل من الضروري تعزيز كفاءة التكنولوجيا الخضراء، وقد أثبت دمج الذكاء الاصطناعي فعاليته في هذا الصدد من خلال تطبيقات متنوعة مثل تطبيق (gi) لمحاكاة سيناريوهات بيئية مستقبلية - تطبيق (ai(EDRIS لجمع البيانات البيئية وتطبيق "AI-Protecting Paradis"، كما توصلت الدراسة الاستكشافية أن أغلب هذه التجارب كانت ناجحة في العديد من الدول من بينها ألمانيا والولايات المتحدة، والتي أظهرت إمكانيات كبيرة لهذه التقنيات في مواجهة التحديات البيئية. وتفتح هذه النتائج آفاقاً جديدة للاستثمار في التقنيات الخضراء والذكاء الاصطناعي، خاصة في ظل التحديات البيئية المتزايدة التي تواجه العالم ومع ذلك، يجب التعامل مع هذه التقنيات بحذر، مع الأخذ في الاعتبار التحديات الأخلاقية والقانونية.

كلمات مفتاحية: تكنولوجيا خضراء، تنمية بيئية مستدامة، ذكاء اصطناعي.

Abstract:

The study explores how artificial intelligence can improve green technology to protect the environment and achieve sustainable development. Due to increasing environmental issues and technological advancements, green technology efficiency needs to be enhanced. Artificial intelligence integration has proven effective. By simulating future environmental scenarios and collecting environmental data, successful experiments in Germany and the United States demonstrate the significant potential of these technologies in addressing environmental challenges. This encourages investment in green technologies and artificial intelligence to address growing environmental concerns. However, it is important to consider ethical and legal challenges when using these technologies.

Keywords: Green technology; Sustainable development; Environment; Artificial intelligence.

(1) جامعة العربي بن مهيدي (أم بواقي)، مخبر دراسات الاعلام والوسائط الرقمية - جامعة أم البواقي -

(2) جامعة العربي بن مهيدي (أم البواقي)

مقدمة:

يشكل الذكاء الاصطناعي ثورة العصر بامتياز، وذلك نظرا للإمكانيات الهائلة التي ينفرد بها عن باقي المبتكرات التكنولوجية الأخرى والتي جعلت منه منافسا للعقل البشري، بل تفوق عليه في بعض المحطات بسبب إمكانيته اللامحدودة في تقديم الحلول لبعض المشكلات المعقدة والمستعصية التي عجز الإنسان عن حلها .

ومن بين هذه المشكلات استنزاف الإنسان غير العقلاني للموارد الطبيعية للبيئة من أجل تسريع عجلة الاقتصاد وتحقيق التنمية لتظهر الحاجة نحو التنمية البيئية المستدامة التي تشكل أحد أنماط التنمية الحديثة نسبيا، من أجل مستقبل مستدام خاصة في ظل تفاقم المشكلات البيئية التي شهدتها العصر والتي ازدادت في تواترها وشدتها يوما بعد يوم ، لتتحول إلى مهدد حقيقي لحياة الإنسان ومدمر لمختلف الهياكل الأساسية ، كالفيضانات والزلازل وندرة المياه واتساع طبقة ثقب الأوزون...، هذه الكوارث وغيرها كانت سببا كفيلا لجعل الكثير من العلماء والباحثين في التخصصات العلمية يتنبؤون باقتراب نهاية العالم، فأصبح البحث عن موارد جديدة تراعي بيئة الإنسان وتحفظ حق الأجيال القادمة من تلك الموارد وتتماشى مع متطلبات العصر التكنولوجية أمرا ضروريا، فلجأت العديد من الدول في سعيها لمواجهة هذه التحديات البيئية نحو تبني سياسة التكنولوجيا الخضراء كبديل مستدام للموارد التقليدية.

إلا أن التجارب والدراسات العلمية أثبتت أن هذه التقنيات الخضراء غير عملية بل ومضرة للبيئة ، ولا زالت تحتاج إلى المزيد من التطوير ، بسبب احتواء 90 بالمئة منها على مادة اللحام والذي يعد من أكثر المواد انبعاثا للملوثات حسب تقرير أعدته المنظمة العالمية للبيئة سنة 2019 (technologies, 2023) وهو ما استلزم البحث عن حلول أخرى تحسن من كفاءة هذه التكنولوجيات وتساعد في تحسين وزيادة فعاليتها، وبناءً على ذلك، يتطلب تطوير هذه التقنيات مزيداً من الاهتمام والبحث العلمي، فظهر الذكاء الاصطناعي كحل مبتكر وفعال لدعم الوظائف الخضراء وتعزيز الاستدامة البيئية.

فهذه التقنية المبتكرة تشكل قفزة نوعية في عالم البرمجيات والكمبيوتر ، وصيحة تكنولوجية ومعلوماتية غزت جميع مجالات الحياة، يتمثل هدفها الأساسي في بناء آلات ذكية قادرة على أداء المهام المعقدة، لتتحول إلى أهم مخرجات الثورة الصناعية الرابعة بل جزءاً أساسياً منها، نظرا لتنوع استخداماته في العديد من القطاعات ومختلف المجالات من بينها المجال البيئي.

ووفقاً لدراسة نشرت في المجلة العلمية البريطانية Nature ، توصل باحثون من جامعة "ماساتشوستس أمهيرست" الأمريكية أن هذا الأخير قادر على إحداث تغيير سريع في العلوم البيئية ، وهو قادر على تحقيق 79٪ من أهداف التنمية المستدامة SDGs من خلال المساعدة في التنبؤ بالأخطاء البيئية، ويمكن أن يصبح أداة رئيسة لتسهيل الاقتصاد الدائري، وهو نظام اقتصادي يهدف إلى القضاء على الهدر والاستخدام المستمر للموارد، وبناء مدن ذكية تستخدم مواردها بكفاءة. (Aniko Konya, 2024).

وكنتيجة لما سبق فإن دمج الذكاء الاصطناعي بالتكنولوجيا الخضراء من الأسس التي ستفتح آفاق جديدة للاستدامة البيئية وعليه جاءت هذه الدراسة للإجابة عن الإشكالية التالية:

كيف يمكن توظيف أدوات الذكاء الاصطناعي لتفعيل دور التكنولوجيا الخضراء لتحقيق التنمية البيئية المستدامة؟
ومنها نتساءل عن:

- 1- ما هو التأصيل المفاهيمي للتنمية المستدامة في عرف البيئة وحمايتها؟
- 2- كيف يمكن للابتكار الأخضر أن يساهم في تحقيق أهداف التنمية البيئية المستدامة ؟
- 3- كيف يمكن توصيف مخرجات الذكاء الاصطناعي في مصفوفة البيئة الخضراء؟
- 4- ما هي الآفاق الاستشرافية لأخلاق الذكاء الاصطناعي ضمن قضايا البيئة والتنمية المستدامة؟

التأصيل المفاهيمي للتنمية المستدامة في عرف البيئة وحمايتها

1.2: التنمية المستدامة مطلب أساسي لحماية البيئة

تعتبر التنمية البيئية المستدامة من المفاهيم الهامة والحاسمة في الوقت الراهن، وذلك نتيجة الاستنزاف المتزايد للإنسان للموارد الطبيعية والتي تسببت في ظهور الكثير من المشكلات المستعصية على غرار ندرة المياه وموارد الطاقة البديلة والمتمثلة في الغاز والنفط، مما تسبب في إلحاق أضرار بمحيطه من تلوث للهواء والانبعث الغازي في الغلاف الجوي وارتفاع حرارة الكرة الأرضية، واتساع ثقب الأوزون مما يهدد بكوارث طبيعية بالغة الخطورة ونتيجة لما سبق استنفرت جهود الأمم المتحدة وعدد كبير من المنظمات الإقليمية والوكالات الدولية المتخصصة والمنظمات غير الحكومية، والدول العربية بما فيها الجزائر لمواجهة مهمة التصدي لهذا الواقع، وتبني تطبيق أهداف التنمية البيئية المستدامة نحو إقامة مجتمع عالمي إنساني يعيش في بيئة نظيفة (klarin tomislav, 2023).

وانطلاقا مما سبق تتجلى لنا العلاقة المتكاملة بين البيئة والتنمية المستدامة فالتنمية المستدامة ضرورة لحماية البيئة ومن دون بيئة نظيفة لن تتحقق التنمية المستدامة فالبيئة هي الأساس الذي تبنى عليه التنمية المستدامة لأنه المنبع الأساسي للموارد الطبيعية الضرورية لتحقيق حياة اقتصادية واجتماعية تلي حاجيات الأجيال الحالية وتحويل الموارد إلى ثروات هو جوهر التنمية المستدامة ، ولكن سوء الاستغلال لهذه الموارد سيلحق ضررا بالمحيط والذي سيتسبب في الإخلال بالحاجيات البشرية ويهدد بحقوق الأجيال القادمة والذي يعد من المبادئ الأساسية التي تسعى التنمية المستدامة إلى تحقيقها سعيا نحو تنمية خضراء تضمن استمرارية الموارد الطبيعية حاليا ومستقبلا ، والتي يجب أن تجسد في بيئة سليمة عن طريق الاستغلال العقلاني لمواردها ، وهذا ما تناولته مختلف الاتفاقيات الدولية العالمية وعلى رأسها اتفاقية ريو ديجانيرو لعام 1992 والتي أقرت بالعلاقة المترابطة بين البيئة والتنمية المستدامة (زعزوعة فاطمة، 2019).

وفي هذا الصدد نشر الباحث توماس مالتوس سنة 1971 مقالا عن مبدأ السكان طرح فيه نظريته المشهورة التي وضح من خلالها أن معدل سكان الأرض ينمو بصورة أسرع من الموارد المتوفرة والحل الأمثل للقضاء على هذه المشكلة هو اللجوء إلى إستراتيجية اقتصادية خضراء تكفل حق الأجيال القادمة وتحقق الرفاهية في الوقت ذاته، وهو ما يؤكد العلاقة الوطيدة بين المفهومين (ishan tiwari, 2023) ووفقا لبرنامج الولايات المتحدة الأمريكية لخطة فان الاستدامة البيئية هي الضمان الآمن للموارد الطبيعية

المتاحة للأجيال القادمة بشكل متساو وإن لم يكن أفضل للأجيال الحالية، إذ لا يمكن تجزئة الاستدامة عن البيئة، ومنه يمكن القول أن التنمية المستدامة جاءت كآلية لحماية البيئة من التنمية بحد ذاتها، فالتنمية هي مصطلح مدمر لمحيط الإنسان هدفها مرتبط بتسريع وتيرة الاقتصاد على حساب الموارد الطبيعية، هدفها الأساسي حماية البيئة، وأثبتت نتائج الدراسة أن الدول التي تحقق استدامة تنمية هي الدول الأكثر حفاظا على بيئتها في العالم مثل ألمانيا والدانمارك والسويد التي تصدر قوائم الدول الأكثر استدامة في العالم وذلك لتركيزها على الطاقة المتجددة النظيفة، وكفاءة استخدام الموارد، والحد من الانبعاث الكربوني، واعتمادها على ممارسات زراعية وصناعية صديقة للبيئة، وتنوع المؤشرات التي تقيس مدى تقدم الدول في هذا المجال، ونذكر منها:

- مؤشر الأداء البيئي: وهو مؤشر يصدر عن جامعة ييل الأمريكية، يتم من خلاله قياس مدى التزام الدول بمعايير الاستدامة البيئية في مجالات مختلفة مثل جودة الهواء والماء، وصحة التربة، والتنوع البيولوجي.

- مؤشر الاستدامة: يصدر عن مجلة "ذي إيكونوميست"، ويتم من خلاله تحديد قدرة الدول على تحقيق التوازن بين النمو الاقتصادي والعدالة الاجتماعية والحفاظ على البيئة.

- مؤشر كوكب الأرض السعيد: يصدر عن شبكة حلول التنمية المستدامة، ويقاس مستوى سعادة ورفاهية سكان الدول بناءً على عدة عوامل منها الصحة والتعليم ومستوى المعيشة، والتلوث البيئي. (Social Sciences, 2019)

2.2. البعد البيئي بين البيئة والتنمية المستدامة

وفي السنوات الأخيرة شهد العالم ازديادًا ملحوظًا في الاهتمام بتأصيل القيم الأخلاقية في مجال التنمية البيئية المستدامة خاصة في ظل تزايد الأخطار البيئية التي مست مختلف دول العالم نتيجة التصرفات الخاطئة للإنسان مع محيطه فبادرت مختلف الهيئات والمنظمات الدولية إلى توظيف القيم الدينية والثقافية المرتبطة بحماية البيئة لتفعيل برامجها في إطار تحقيق التنمية المستدامة، والتي تسعى إلى إيجاد توازن بين الاستغلال الرشيد للموارد البيئية وتلبية متطلبات التنمية الشاملة فظهرت مجموعة من الاستراتيجيات التي تعزز العلاقة بين البيئة والتنمية المستدامة المتمثلة فيما يلي: (22, organizations of the united)

- المحافظة على الموارد الحيوانية والنباتات، وحماية التنوع البيولوجي.

- ترشيد الاستخدام الصحيح للموارد الطبيعية (وبخاصة الموارد النباتية والحيوانية)، بحيث لا يكون الاستهلاك أكبر من قدرة هذه الموارد على التكاثر والإنتاج.

- الحث على استخدام التقنيات الصديقة للبيئة كبديل للموارد الطبيعية.

- حماية المناخ عن طريق تعزيز برامج التوعية عبر وسائل الإعلام بمختلف أدواتها.

- حماية التربة والحفاظ على المياه.

وبناء على ما سبق، فإن التنمية البيئية المستدامة تعد نخبًا أساسيًا لمواجهة مختلف التحديات البيئية التي تهدد كوكب الإنسان، وتظهر أهمية التنمية البيئية المستدامة في النقاط التالية :

-حماية الموارد الطبيعية من الاستنزاف: إذ تعتمد التنمية البيئية المستدامة على استخدام الموارد الطبيعية بطريقة مستدامة، بحيث يتم استغلالها بطرق سليمة، ويمكن تحقيق ذلك عن طريق أساليب صديقة للبيئة وبديلة مثل الطاقة المتجددة، الغاز النظيف، تدوير النفايات.....

-المحافظة على هواء نظيف: يعتبر الهواء من العناصر الحيوية والأساسية للبيئة، وعملا على حمايته من التلوث، وضعت خطة التنمية المستدامة 2030 مجموعة من الاستراتيجيات تمثلت في استخدام السيارات الصديقة للبيئة للحد من انبعاثات عوادم السيارات الملوثة، بالإضافة إلى فرض ضوابط صارمة على الانبعاثات الصناعية، لا سيما أكسيد الكربون، من خلال تطبيق آليات احتجاز الكربون.

-حماية الحيوانات والنباتات من الانقراض والحفاظ على التنوع البيولوجي: تسعى التنمية البيئية المستدامة لحماية التنوع البيولوجي، وضمان استمرارية الحياة على الأرض، وذلك من خلال: مكافحة الصيد عن طريق تنظيمه ووضع قوانين صارمة لمنع الصيد الغير القانوني للحيوانات المهددة بالانقراض كما تم وضع مشاريع تشجع على تربية الأسماك في إطار المحافظة على الأنواع النادرة منها مشروع التحالف العالمي لتربية وصيد الأسماك المستدام

-حماية الموارد المائية: خاصة في ظل تزايد إشكالية ندرة المياه التي تعاني منها العديد من المناطق عبر مختلف دول العالم عن طريق عدة استراتيجيات من بينها ترشيد استهلاك المياه وحماية مياه الصرف الصحي ببناء السدود...

-حماية كوكب الأرض من الأضرار الناجمة عن تغير المناخ: تهدف هذه الإستراتيجية إلى تقليل انبعاثات غازات الاحتباس الحراري من خلال إعادة تأهيل الغابات عن طريق الاستفادة من التمويل المناخي العالمي المقدر بـ 803 مليار دولار من أجل ضمان خفض الانبعاث الكربوني الناتج عن التغيرات المناخية خلال الثلاث سنوات الأخيرة (يوسف كافي، التنمية المستدامة).

الابتكار الأخضر محرك لتنمية المستدامة

1.3: لمحة عن التكنولوجيا الخضراء وتطبيقاتها

تتطلب مجابهة الأضرار البيئية التي لحقت بكوكبنا اليوم، إجراءات فورية للحد من التأثير السلبي للحياة البشرية على الأرض والتي ازدادت حدتها نتيجة لما أفرزته التطورات التكنولوجية الحديثة، فأصبح من الضروري البحث عن طرق وأساليب جديد ومعاصرة لحماية البيئة وتحقيق التنمية المستدامة، فظهرت التكنولوجيا الخضراء التي تحولت إلى توجه جديد في الوقت الحالي لتشمل مختلف المنتجات المبكرة والحديثة التي تستخدم بأسلوب يحافظ على الموارد الطبيعية والبيئة بطرق معاصرة، مما يسمح بالتقليل من كمية النفايات والتلوث الناجم عن عمليات الإنتاج والاستهلاك، ويمكن تعريف التكنولوجيا الخضراء بأنها مجموعة من التقنيات الحديثة تهدف إلى إنتاج واستغلال الطاقة النظيفة، واستخدام المواد بشكل يقلل من الأضرار البيئية إلى جانب تصميم منتجات نظيفة وصديقة للبيئة، ومن بين أهم هذه الآليات نجد: الطاقة الخضراء، المباني الخضراء، الكيمياء الخضراء، وتقنية النانو الخضراء

فهي تعتمد على استراتيجية وقائية تضمن حماية البيئة وفي نفس الوقت تعد بديلا استثماريا للتكنولوجيات الملوثة. وتتعدد مجالات تطبيق التكنولوجيا الخضراء وتنوع بين ما يستخدم في الوقاية من الأضرار والتلوث وبين ما يستخدم في علاج هذه الأضرار. وفيما يلي بعض تطبيقات التكنولوجيا الخضراء التي لخصناها كالتالي :

-المباني الخضراء: وتمثل في مجموعة من المباني تم تصميمها بشكل مختلف عن المباني العادية وذلك بطريقة تراعي البيئة وذلك عن طريق التقليل من استهلاك الطاقة والمياه باستخدام تقنيات بديلة مثل أنظمة التدفئة والتهوية وأجهزة الطاقة النظيفة التي تسمح بدخول ضوء الشمس والاستفادة من الضوء الطبيعي، كما تهتم بطريقة عزل المبنى، مما يساهم في تقليل استهلاك الطاقة الصناعية واستبدالها بالطاقة الخضراء، ولهذه الأخيرة فوائد كبيرة على بيئة الإنسان فهي تقلل من التلوث وتحد من تغيرات المناخ كما توفر المال للمستهلك وتساهم في خلق وظائف جديدة.

-إعادة تدوير النفايات: تعد النفايات من المشاكل الصارة للبيئة والتي تعاني منها دول عديدة لتتحول في السنوات الأخيرة إلى جزء رئيسي من السياسة البيئية، وذلك بسبب ارتفاع تكاليف التخلص من النفايات الصلبة والخطرة وندرة الموارد الطبيعية والقلق المتزايد بشأن ظاهرة في كوكب الأرض والمياه والهواء. أين تم اللجوء إلى تقنية إعادة التدوير كحل فعال للقضاء على هذا الضرر، إذ يتم إعادة استخدام المخلفات لإنتاج منتجات أخرى، وهي عملية موجودة منذ القدم في الطبيعة، ففضلات بعض الكائنات الحية تُعتبر غذاء لكائنات حية أخرى.

-الطاقة النظيفة: تنتج الطاقة النظيفة عن مصادر طبيعية تتجدد بمعدل يفوق ما يتم استهلاكه وباستمرار مثل أشعة الشمس ويمكن للطاقة المتجددة أن تساعد البلدان على التخفيف من آثار تغير المناخ، وبناء القدرة على الصمود أمام تقلبات الأسعار، وخفض تكاليف الطاقة. وتعتبر تكنولوجيات الطاقة الشمسية وطاقة الرياح نقطة تحول إذ تتميز موارد الطاقة الشمسية وطاقة الرياح بالوفرة في العديد من البلدان النامية والقدرة التنافسية من حيث التكلفة، كما أنها مصدر للحصول على إمدادات كهرباء منتظمة عندما تُقترن بتخزين الطاقة بالبطاريات. وتتيح الطاقة الكهرومائية أيضًا الحصول على طاقة نظيفة متجددة تُعد من أقل مصادر الكهرباء تكلفةً للمستهلكين. ويمكن أن توفر شبكات الطاقة الشمسية الصغيرة كهرباء عالية الجودة دون انقطاع لنحو نصف مليار في المجتمعات المحلية المحرومة من الخدمات، وأن تكون الحل الأقل تكلفة لسد فجوة الحصول على الطاقة بحلول عام 2030. (البنك الدولي، 2024).

ويشار في هذا الجانب أن الموارد البيئية عديدة ومتنوعة ويمكن استثمارها بطريقة تعود بالنفع على البيئة دون استنزافها عن طريق التكنولوجيا الخضراء، إذ تساهم هذه الأخيرة في حماية البيئة والحد من الأضرار المحيطة بها مما يضمن بناء مستقبل أكثر استدامة تشمل مجموعة واسعة من الابتكارات والتقنيات التي تهدف إلى الحد من التلوث والحفاظ على التنوع البيولوجي واستدامة الموارد الطبيعية. ومن خلال الاستفادة من التقنيات الحديثة في مجالات مختلفة كالطاقة والمياه..... وتشكل "التكنولوجيا الخضراء" نقلة مهمة في مجال حماية البيئة وتحقيق التنمية المستدامة بحيث تساهم في الاستخدام الأمثل والأمن للموارد الطبيعية بأقل تكلفة وأكثر جودة واستدامة، وهذا ما أدى إلى بروز سياسة "الاقتصاد الأخضر" كتوجه جديد في عالم الاقتصاد و مجال

الصناعة، والذي هو بديل للطاقة الملوثة والاستغلال الغير عقلاني لثروات الأرض للحد من الأضرار البيئية والصحية على الإنسان والبيئة المحيطة به .

2.3 التجويد الدولي القانوني للبيئة ضمن خيارات التكنولوجيا الخضراء: بحث في الألسنة الرقمية

و في سبيل تشجيع مختلف المؤسسات والدول على انتهاز استخدام التكنولوجيا الخضراء قامت منظمة حقوق الملكية الفكرية الدولية (WIPO) بوضع نظام للتصنيف الدولي للاختراعات المتعلقة ببراءات الاختراع في مجال "التكنولوجيا الخضراء". كما أقدم البنك الدولي في مايو 2019 بتدشين صندوق التعدين المراعي لتغير المناخ، وهو أول صندوق مخصص لجعل عمليات التعدين للمعادن بأساليب مستدامة تراعي تغير المناخ. ويدعم الصندوق عمليات استخراج ومعالجة المعادن والفلزات المستخدمة في تقنيات الطاقة النظيفة، مثل طاقة الرياح والطاقة الشمسية وبطاريات تخزين الطاقة والسيارات الكهربائية. ويركز الصندوق على مساعدة البلدان النامية الغنية بالموارد على الاستفادة من الطلب المتزايد على المعادن والفلزات، مع ضمان إدارة قطاع التعدين بأسلوب يحد من البصمة البيئية والمناخية.

ويشير البنك الدولي أن مستقبل انخفاض الانبعاث الكربوني سيكون أكثر تركيزًا على المعادن مقارنة بالوضع الحالي، وأن الطلب العالمي على "المعادن الاستراتيجية" سيرتفع مثل الليثيوم والجرافيت والنيكل بنسبة 965% و 383% و 108% على التوالي بحلول عام 2050، وبالرغم من أن تزايد الطلب على المعادن والفلزات سيتيح فرصة للبلدان النامية الغنية بالمعادن، إلا أنه يشكل تحديًا أمام تغير المناخ، بسبب الآثار السلبية الناتجة عن أنشطة التعدين على البيئة، ويسعى "الصندوق" كذلك لتنفيذ استراتيجيات وممارسات مستدامة ومساعدة الحكومات في بناء سياسة وطنية وأطر تشريعية لتنظيم عمليات التعدين .

ويستهدف البنك الدولي الوصول إلى حجم استثمار إجمالي يصل لـ 50 مليون دولار خلال الخمس سنوات القادمة ، ويركز الصندوق على الأنشطة التي تدور حول أربعة محاور أساسية ، ومنها التخفيف من تغير المناخ؛ التكيف مع تغير المناخ؛ الحد من آثار المواد وخلق فرص السوق، والمساهمة في إزالة الكربون وتقليل آثار المواد على طول سلسلة التوريد من المعادن الحيوية اللازمة لتكنولوجيات الطاقة النظيفة. وعلى الرغم من التعثر أمام الجهود الدولية في مجال تفعيل التحول إلى تقنيات الطاقة النظيفة إلا أن هناك جهود أخرى قامت بها العديد من الدول بشأن التحول البيئي ومواجهة التغير المناخي (news press, 2024).

ورغم أهمية التكنولوجيا الخضراء كتقنيات أثبتت فعاليتها في حماية البيئة إلا أن نتائج دراسة أمريكية أصدرتها جامعة كامبريدج أثبتت أن فعالية التكنولوجيا الخضراء مؤقتة وغير عملية وذلك نتيجة لعدة أسباب عددها المنظمة العالمية للبيئة بأوروبا (europäischenGrünen Deals, 2022) وتتمثل في:

-**التعدين:** على الرغم من أن التكنولوجيا الخضراء تهدف إلى تحقيق الاستدامة وحماية البيئة، إلا أنها تعتمد بشكل كبير على المعادن المستخرجة من باطن الأرض والتي تحتوي على مواد ضارة بالبيئة مثل الليثيوم المستخدم في بطاريات الأجهزة الإلكترونية، وهو ما يشكل تهديدًا للتنوع البيولوجي لا سيما النباتي منه.

-**إعادة تدوير النفايات:** إن عملية جمع وإعادة تدوير المواد قد تُشكل مخاطر صحية على العمال والمستهلك، إذ تحتوي المواد القابلة للتدوير، مثل الإلكترونيات والبطاريات، على مواد كيميائية خطيرة مثل الرصاص والزئبق والزرنيخ ويمكن أن تُسبب هذه المواد أمراضًا خطيرة مثل أمراض الجهاز التنفسي والسرطان والتسمم.

أثبت مؤشر الويبو العالمي للابتكار والتكنولوجيات الخضراء في تقرير أصدره خلال السداسي الأول من سنة 2021 أن معظم التكنولوجيات الصديقة للبيئة تستخدم في البلدان مرتفعة الدخل، رغم أن البلدان منخفضة الدخل هي الأكثر حاجة إليها وهو ما يثبت عدم فعاليتها نتيجة تكلفتها الباهظة وجرى تسجيل العديد من تكنولوجيات التكيف في عدد قليل من البلدان فقط، ولا يُنقل سوى عدد قليل جدا منها إلى الاقتصاديات المنخفضة الدخل كما أن مساهمتها في التنمية الاقتصادية بطيء جدا مقارنة بالموارد التقليدية وهو ما يستدعي إعادة النظر في تحسين كفاءتها عن طريق البحث عن مبتكرات أخرى تساهم في تحقيق الجودة.

وفي هذا الصدد نشر موقع "ذي نكست ويب (The Next Web)" تقريرا يتحدث فيه عن خطورة التحول للتكنولوجيا الخضراء على البيئة التي اعتبرها جد مكلفة (الجزيرة نت؛ 2024) فعلى سبيل المثال تحتاج توربينات الرياح إلى الحديد والزنك للفلواذ المقاوم للتآكل والمحركات اللازمة لالتقاط الطاقة من الرياح وتحتاج السيارات الكهربائية إلى الليثيوم والكوبالت والنيكل والمنغنيز لبطارياتها، بالإضافة إلى النيوديميوم والمواد الأرضية النادرة الأخرى لمحركاتها والتي تعتبر مواد مضرّة للبيئة وملوثة للهواء بنسبة تفوق 53.4 بالمئة كما يتطلب بناء الكثير من هذه الأجهزة كميات هائلة من مواد محددة، ويصعب تعدين كثير منها ويمكن أن يأتي بعضها من إعادة التدوير، ولكن بالنسبة للعديد من المواد -مثل الليثيوم- لا يوجد ما يكفي من المواد المستخدمة اليوم والتي يمكن إعادة تدويرها للاستخدام في المستقبل، وبدل ذلك يجب أن يأتي معظمها من التعدين.

من جهة أخرى وفي تجربة ألمانية في جامعة برلين بالتنسيق مع الاتحاد الألماني لحماية البيئة تم التوصل إلى أن استخدام التكنولوجيا الخضراء في توليد الطاقة النظيفة يتطلب موارد إضافية وهو ما يسبب في زيادة انبعاث المواد الكربونية الدفينة كما أن اللجوء إلى الصناعات الرقمية الخضراء سيسبب نقصا في الأتربة النادرة بنسبة 6.9 بالمئة وهو ما يزيد في معدلات التلوث. (صيفي حسينة، 2020)

فصحيح أن التكنولوجيا الخضراء أثبتت قدرة الإنسان على التكيف مع مختلف الظروف والتحديات البيئية، بما في ذلك الظواهر الجوية المتطرفة والتغيرات المناخية لكننا اليوم نواجه واقعا جديدا تماما من صنع الإنسان قد لا يكون فيه التكيف حلا ممكنا دائما. ولكنها ليست حلا سحريا وتحتاج إلى التحسين، ولكن الإبداع البشري وقدرتنا على التغلب على التحديات بفضل الحلول المختلفة الموجودة اليوم، هي أمور تبعث على التفاؤل وتشمل بعض هذه الحلول التكنولوجية الواعدة الذكاء الاصطناعي الذي أثبت التجارب أن دمج التكنولوجيا الخضراء حقق نتائج فعالة على الصعيد التنموي البيئي.

تطبيقات الذكاء الاصطناعي لتفعيل التكنولوجيا الخضراء:

يتمتع الذكاء الاصطناعي بمجموعة من الخصائص التي خولته ليكون محل استفادة للعديد من المجالات والتخصصات وتحولت إلى نقلة تكنولوجية في عالم البرمجيات و الرقمنة وفي إطار الجهود المبذولة الواجب اتخاذها لضمان استغلال إمكانياته في خدمة البيئة في سبيل تحقيق التنمية المستدامة ، إذ سعت مختلف الدول والهيئات وعلى رأسها منظمة الأمم المتحدة ووكالاتها المتخصصة للعمل جاهدة لإلقاء الضوء على أهمية دمج الذكاء الاصطناعي في التكنولوجيا الخضراء الصديقة للبيئة تحقيقا لأهداف التنمية المستدامة (Bernard Marr, 2023)، وفي نفس الوقت محذرة للاستخدام السيء لهذه التقنية وما ينجر عنها من مخاطر

من أجل تحقيق الصالح العام فتم عقد القمة العالمية الثالثة للذكاء الاصطناعي التي تستهدف إحداث تأثير على الصعيد العالمي، بالإضافة إلى ضمان تطوير تكنولوجيات الذكاء الاصطناعي على نحو موثوق وآمن وشامل والنفوذ العادل إلى منافع هذه التكنولوجيا.(بلعسل ياسمين، 2022).

1.4. الترسنة الرقمية للذكاء الاصطناعي في مجال البيئة

تتعدد طرق الذكاء الاصطناعي لحماية البيئة، إذ يمكن الاعتماد عليه في تحليل البيانات البيئية واستخلاص الأنماط والمعلومات القيمة منها وذلك عن طريق توفير رؤى مهمة لفهم التحديات التي تواجه البيئة كما يمكن لهذه التقنية من تقديم نماذج تنبؤية لفهم آثار التغير المناخي وتحديد السلوكيات البيئية غير المستدامة، والتي تستعمل لتوجيه السياسات البيئية واتخاذ القرارات الأفضل للمحافظة على البيئة وتعزيز الاستدامة بالإضافة إلى تحليل اللغة الطبيعية لمراقبة الشبكات الاجتماعية والمنتديات عبر الإنترنت للكشف عن التهديدات البيئية المحتملة مثل معاملات غير قانونية للمواد الكيميائية الضارة. كما أثبت تقرير أعده الباحث أوين موهيرن ونشرته مؤسسة "إيرث (earth.org)" على منصتها مؤخرا الذي عنوانه بـ "كيفية استخدام الذكاء الاصطناعي لتحقيق التنمية المستدامة في المجال البيئي"، أن للذكاء الاصطناعي القدرة على تسريع الجهود العالمية لحماية البيئة والحفاظ على الموارد من خلال مراقبة تلوث الهواء وانبعاث الطاقة، والمساعدة في تطوير شبكات النقل، ومراقبة إزالة الغابات، والتنبؤ بالظروف الجوية القاسية وتوصلت نتائج البحث أن هذه التقنية هي وسيلة ممتازة في اكتشاف التغيرات في استخدام الأراضي، ومراقبة الغطاء النباتي، والتنبؤ بالكوارث الطبيعية ومراقبة وتحليل آثارها(محمد سناجلة، 2021).

كما تم الاعتماد على التقنية مع صور الأقمار الصناعية في اكتشاف حرائق الغابات في وقت مبكر، مما أدى إلى تقليل الحرائق الخطيرة في العديد من دول العالم من بينها الصين وزمبيا .

وأشارت دراسة أجراها مركز (CSTEP) إلى أن الذكاء الاصطناعي يوفر أدوات قوية لدعم صنع القرار في مجال حماية البيئة . ومن أبرز هذه الأدوات تحليل البيانات الضخمة، والتنبؤ بالمخاطر البيئية، وبناء نماذج محاكاة متقدمة، وتبسيط الأنظمة المعقدة لتسهيل فهمها واتخاذ القرارات المناسبة بشأنها.

كما تعد قاعدة البيانات العالمية للفيضانات لدى منصات «كلاود تو ستريت» والتي تعتمد على الذكاء الاصطناعي بمثابة تقدم تكنولوجي لرسم خرائط الفيضانات ودمج بيانات الإدارة الوطنية للملاحة الجوية والفضاء «ناسا» والإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي الأميركية لتتبع الفيضانات في جميع أنحاء العالم، كما أثبتت نتائج هذه الدراسة أن الشركات محل الدراسة والتي بلغ عددها 4 شركات فرنسية أن استخدام الذكاء الاصطناعي بشكل صحيح كتقنية بديلة للتكنولوجيا الطاقة الملوثة أدى بشكل مباشر إلى تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي، هذا ما ساعد في خلق أفضل سياسة للتخفيف من آثار تغير المناخ باستخدام بيانات عالية الجودة.(2024،green future)وانطلاقا مما سبق نستنتج أن للذكاء الاصطناعي القدرة في تسريع الجهود العالمية في المحافظة على البيئة اذ تعدد خصائصه وتقنياته التي سمحت بالمحافظة على الموارد الطبيعية بشكل فعال خاصة ويدمج بالتكنولوجيا الخضراء وهناك العديد من التطبيقات الناجحة التي أثبتت ذلك من بينها:

أ- تطبيق (gi) لمحاكاة سيناريوهات بيئية مستقبلية : إذ يسهل هذا التطبيق على المتخصصين من التنبؤ بمختلف الكوارث البيئية التي يمكن أن تحدث في المستقبل وذلك بفضل خاصية تعلم الآلة التي يتمتع بها هذا الأخير والتي تسمح ببناء نماذج معقدة للظاهرة البيئية التي ستحدث مستقبلا كما تسمح أيضا هذه التقنية بإعطاء حلول واتخاذ القرار المناسب للتنبؤ بالحاصل عن طريق تقنية الذكاء الاصطناعي التوضيحي وتم تبني هذه التقنية في الصين، إذ تم اللجوء إليها في التنبؤ بالأعاصير وقد أثبتت التجارب صدق هذه التنبؤات وصحتها. (joachmrehart 2024).

ب- تطبيق (ai) لجمع البيانات البيئية: إذ يستخدم هذا التطبيق لرصد كمية هائلة من البيانات الخاصة بالحالة البيئية بالمكان الذي اشتغل به التطبيق وذلك عن طريق الردادات التي يتم وصلها بالتطبيق والتي تسمح بتحديد حالة الطقس بدقة وتحديد نسبة التلوث في الهواء وشدة الأعاصير في تلك المنطقة ومن التجارب الناجحة التي لجأت لمثل هذه التطبيقات التجربة التي قامت بها الباحثة تانيا بيرجر وولف مديرة معهد تحليل البيانات المترجمة "تي دي إيه آي (TDAI)" بالولاية ورئيسة مشروع قطار دون وقود بالولايات المتحدة الأمريكية، حيث ساهم الذكاء الاصطناعي في تفسير وتقديم البيانات البيئية الخاصة بالمنطقة مع تقديم خطة لبناء القطار بشكل دقيق كما تم استخدام تقنية الذكاء الاصطناعي الآلي للتقليل من انبعاثات الكربون الملوثة للهواء ونال المشروع براءة اختراع (محمد سناجلة، 2021).

ج- تطبيق "AI-Protecting Paradis": لحماية الغابات والحفاظ عليها يساعد هذا التطبيق في تحديد المناطق ذات الأولوية للحماية من الحرائق ويمكن للصور التي يلتقطها هذا التطبيق في إعطاء لمحة عامة عن الحالة الصحية لنباتات الغابة المراد صيانتها. 2.4 التجارب الدولية الرائدة في تطوير الاستدامة البيئية عبر دمج الذكاء الاصطناعي والتكنولوجيا الخضراء

من التجارب الناجحة التي لجأت لتبني هذا التطبيق والذي أثبت فعاليته في مراقبة مختلف حالات الغابات بألمانيا بصفة مستمرة كما مكن هذا التطبيق من المساعدة أعضاء المشروع في تحديد المساحات المناسبة لتشجير وتوفير مخططات لإعادة التشجير الغابات التي عرضت للحرق في مدة زمنية قياسية مثلما حدث في غابة البلوط الأسود بغابة بلادنبرغ والتي واجهت حريقا هائلا على مساحة 10.000 هكتار ليعاد تشجيرها، وصنفت الغابة ضمن العشر أجمل غابات في العالم سنة 2023. (arborsies gmbh). (2024).

وفي تقرير حول دور الذكاء الاصطناعي كوسيلة تكنولوجية خضراء في تحقيق البيئة المستدامة توصل من خلاله الباحث "أوين مولهين" إلى أن هذا الأخير له القدرة على تسريع الجهود العالمية لحماية البيئة والحفاظ على الموارد من خلال مراقبة تلوث الهواء وانبعاثات الطاقة، والمساعدة في تطوير شبكات النقل ومراقبة إزالة الغابات، والتنبؤ بالظروف الجوية القاسية. يبين الباحث أن الآلة التي تعمل بالذكاء الاصطناعي في التعلم العميق المبني على تحليل النتائج، تمتلك القدرة على جمع البيانات وتحليلها للمساعدة في تفادي المشاكل البيئية الوشيكة، وتقديم حلول بديلة لمكافحة التغير المناخي، تقوم بجمع البيانات اللازمة عن طريق نشر أجهزة الاستشعار والعدادات الذكية داخل المباني والمؤسسات، وجمع كل البيانات المحملة وتحليلها لتقديم طرق أفضل لاستخدام الطاقة والتركيز على استخدام الطاقة المتجددة الصديقة للبيئة. كما أن الاعتماد على الأقمار الاصطناعية التي تعمل بالذكاء الاصطناعي

يساهم في الحفاظ على التنوع البيئي عن طريق مراقبة التغيرات الحاصلة على الغطاء النباتي فوق سطح الأرض، من أراضي خصبة صالحة للزراعة، ومستوى تغير الغطاء الغابوي، والمصادر المائية، والتنوع البيولوجي داخل المحميات، والتنبؤ بالكوارث الطبيعية المحتملة والتغيرات المناخية، ومراقبة النتائج وتحليلها، ودراسة الآثار الناجمة عنها، وتقييم النتائج والملاحظات باستخدام التعلم الآلي. (وفاء العزيز، 2024)

من جهة أخرى فقد استعانت الكثير من الشركات العالمية بأدوات الذكاء الاصطناعي كتكنولوجيا خضراء لتحقيق التنمية البيئية المستدامة ونذكر منها شركة مايكروسوفت التي قامت بإطلاق مشروع "AI for Earth" وهو مشروع يهدف إلى تحسين الطاقة الحرارية الأرضية التي تولد الكهرباء للمزارعين عن طريق دمجها بنظام الذكاء الاصطناعي "Kite揚げ" من شركة SoftBank والتي ساهمت في تقليص هدر الكهرباء وخفض تكاليفها بنسبة 65 بالمائة، كما أثبتت نجاحتها في تسهيل استخدام مصادر الطاقة المتجددة في الشبكات الكهربائية مثل التنبؤ والمراقبة والتحقق، وهو ما ساهم في تحسين كفاءة استخدام المياه لدى المزارعين الذين تبخوا المشروع مما أدى إلى تحقيق الأمن الغذائي. (artificialintelligence, 2024).

شركة شل الألمانية هي الأخرى أطلقت برنامج أبحاث يستثمر في تطبيق أدوات الذكاء الاصطناعي من أجل خفض الانبعاث الكربوني إذ تم الاعتماد على نظام الذكاء الاصطناعي "Zephyre" والذي تم دمجها مع المركبات الكهربائية النظيفة والتي تستخدم للنقل وساهم هذا الدمج في إكساب السيارات شعبية كبيرة بسبب انبعاثاتها الصفرية التي ساهمت في تحسين البنية التحتية للشحن لهذه التكنولوجيا الخضراء وهو ما سهل على الجماهير الوصول إليها بتكاليف أقل مما كانت عليه قبل الشحن وهو ما ساهم في نظافة الهواء بمختلف المناطق بألمانيا. (Dr. Volker Zimmermann, 2021).

وكحوصلة لما سبق يتضح لنا جليا أن استخدام الذكاء الاصطناعي في البيئة يفتح بوابة جديدة على آفاق الاستثمار في التكنولوجيا الخضراء لتحقيق التنمية المستدامة وفق أحسن معايير الكفاءة، بما ينعكس إيجابا على النمو الاقتصادي وحماية البيئة، كما نستنتج تنوع تطبيقاته كتكنولوجيا خضراء لتمس كل محاور البيئة، إذ يستخدم في قطاع الزراعة لمعالجة البيانات وتحليلها لزيادة غلة المحاصيل، وتقدير رطوبة التربة، واستصلاح الأراضي الملوثة إشعاعياً، واكتشاف عمليات الغش في الأغذية والتنبؤ بها وتحسين الري، وفي المياه من خلال تتبع كيف تنتقل المياه في مختلف مراحل الدورة الهيدرولوجية بالإضافة إلى التحولات التي تحدث في هذه الدورة بسبب تغير المناخ وفي القوى النووية التي تعتبر مصدرا موثوقا لخفض الكربون من خلال تبسيط الإجراءات المعقدة عن طريق التعلم الآلي وتحسين تصميم المفاعلات وأدائها وأمانها ويمكن لهذا التحسين أن يزيد من كفاءة العمليات ويقلل من تكاليف الصيانة.

كما يمتلك الذكاء الاصطناعي ك تقنية خضراء القدرة على زيادة استهلاك الطاقة المتجددة والحد من انبعاثات الغازات بشكل كبير، خاصة إذا تم استخدامه بطريقة صحيحة مثلما تم التطرق له سابقا، هذا ما يساهم في التصدي لأزمة المناخ المتفاقمة ومن الجدير بالذكر أيضا يمكن لهذا الدمج أن يساهم أيضا في حماية الحياة البرية والتنوع البيولوجي إذ تمكن خوارزميات الذكاء الاصطناعي من التعرف على المخلوقات باستخدام أنماطها، مما يتيح للباحثين بمتابعة حيوانات معينة لفترات طويلة وفحص سلوكها بعمق كما يمكن للطائرات بدون طيار أن تغطي الأرض والمياه بسرعة عالية. ولذلك، فإنها تنتج بيانات في الوقت الحقيقي عن وجود الحيوانات. (LAEA, 2023)

وبهذا يتجلى دور الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة استخدام الموارد الطبيعية، وإدارة الطاقة، والزراعة، والبنية التحتية الحضرية، والعديد من جوانب الحياة التي تؤثر على البيئة، مما يتيح فهما أعمق للتحديات البيئية.

4.3 الآفاق الاستشرافية لأخلاق الذكاء الاصطناعي ضمن قضايا البيئة والتنمية المستدامة

إن دمج الذكاء الاصطناعي بالتكنولوجيا الخضراء يمكن أن يلعب دوراً حاسماً في تحقيق أهداف التنمية المستدامة بوتيرة سريعة من خلال مساهمته في حماية البيئة وتحسين كفاءة استخدام الموارد والمحافظة عليها عن طريق العديد من التقنيات الآلية التي أثبتت جدارتها كالزراعة الذكية وتحسين كفاءة الطاقة والبناء الأخضر... واحتمال تطوير هذه التطبيقات واختراع أدوات خضراء أخرى أكثر أهمية لهذه التكنولوجيا الخضراء لا حدود له. وبالنظر إلى التقدم المتزايد في تكنولوجيا الذكاء الاصطناعي، فمن المتوقع أن يتم تطوير أدوات أكثر تقدماً لمساعدة البيئة وتحقيق الاستدامة، وبالتالي بذل المزيد من الجهود للحفاظ على الأرض.

ومع ذلك، فإن هذا الاستخدام يثير العديد من التساؤلات حول الآثار الأخلاقية والقانونية والاجتماعية لهذا الأخير في الاستدامة البيئية، خاصة في ظل الأضرار التي يمكن أن يسببها للبيئة في حالة الاستخدام الخاطئ مثل الاستخدام الغير مسؤول للبيانات كانتهاك الخصوصية وزيادة الفجوة بين الدول الفقيرة والغنية والتسبب في انخفاض اليد العاملة البشرية مما قد يتحول إلى تهديد لمهنة المزارع والفلاح مستقبلاً، وهو ما يستدعي تطوير إطار أخلاقي للذكاء الاصطناعي في البيئة الخضراء، هذا ما يضمن استخدامه بطريقة مسؤولة وأخلاقية مع الاستثمار في البحث والتطوير في مجال الذكاء الاصطناعي الأخضر، والذي يركز على تطوير حلول صديقة للبيئة.

خاتمة:

لقد اقتنحت التكنولوجيا في عصرنا الحالي جميع مجالات الحياة، وأصبح الإنسان يعتمد عليها في كل نشاطاته والتي ساهم جزء كبير منها من إلحاق أضرار كبيرة بالمحيط والكرة الأرضية وهو ما جعل حياة الإنسان في خطر كبير، وعلى هذا الأساس سارعت الكثير من المنظمات والحكومات في تسخير كل الموارد المادية والبشرية للبحث عن البديل الذي يحمي البيئة وفي نفس الوقت يحقق انتعاشاً اقتصادياً للبلد لتحقيق التنمية المستدامة التي تحولت إلى قضية العصر فكانت التكنولوجيا الخضراء التوجه الجديد لمختلف دول العالم الذي أثبتت مكانتها في المحافظة على الموارد الطبيعية واستخدامها بالشكل الصحي المناسب، وهو ما جعلها مطلباً أساسياً للكثير من الشركات الاقتصادية لما تقدمه من فوائد مالية وصحية. وفي ظل ظهور الثورة الصناعية الرابعة التي تميزت ب بروز ما يعرف بالذكاء الاصطناعي تم السعي إلى استغلال منافعه في الحفاظ على البيئة عن طريق دمجها بالتكنولوجيا الخضراء.

وقد أثبتت العديد من التقارير والدراسات التي تم عرضها في هذه الورقة البحثية أهمية هذه التقنية في عالم الاستدامة البيئية لما تمتلكه من خصائص وتقنيات سهلت على البشر العديد من المهام ك مراقبة حرائق الغابات وتقديم البيانات البيئية بأعداد ضخمة وبسهولة ولكن هذا النوع من التقنيات يبقى بعيد المنال على الدول النامية ولا يمكن الاعتماد عليها في كل البلدان والشركات لما تحتاجه من مؤهلات بشرية ومالية ناهيك عن الخطورة التي يمكن أن تسببها في حالة الاستخدام الخاطئ أو الغير الواعي. على ضوء ما سبق خلص الباحث الى مجموعة من النتائج التالية:

- يواجه العالم اليوم تحديات وكوارث بيئية خطيرة فرضت واقعا مختلفا لحماية البيئة ومواكبة متطلبات التطور والتقدم التكنولوجي والتي نتج عنها مفاهيم خضراء ذات أثر إيجابي على البيئة ومواتية للتنمية المستدامة.

- تظل التكنولوجيا الخضراء بالرغم مما تحمله من مزايا وفوائد محدودة بسبب اقتصار استخدامها في الدول المتقدمة نظرا لغلائها ما جعل الدول الأخرى تستغني عنها خاصة البيئات التي لا تدعم فيها سياسات الدولة المفاهيم الخضراء.

- يسمح دمج تطبيقات الذكاء الاصطناعي في حماية البيئة مع التكنولوجيا الخضراء في تحليل اللغة الطبيعية، حيث يمكن استخدامه لمراقبة الأنشطة البشرية والكشف عن أنماط السلوك غير المستدامة مثل مراقبة الشبكات الاجتماعية والمنتديات عبر الإنترنت للكشف عن التهديدات البيئية المحتملة مثل معاملات غير قانونية للمواد الكيميائية الضارة.

- يعزز الذكاء الاصطناعي التكنولوجيا الخضراء وذلك لتحقيق حماية أكبر للبيئة بشكل أكثر استدامة وتعدد أنظمة دمج الذكاء الاصطناعي بالتكنولوجيا الخضراء وتنوع تطبيقاته في مجالات مختلفة من بينها توليد الطاقة النظيفة وتوفير البيانات البيئية، لتحويل تكنولوجيا الذكاء الاصطناعي إلى ضرورة لتعزيز التنمية البيئية الخضراء .

- تساهم التقنيات المتقدمة للذكاء الاصطناعي، مثل تعلم الآلة والتعلم العميق، في تحليل البيانات الضخمة وتوفير رؤى قيمة لفهم التغيرات في البيئة، كما يمكن استخدام هذه البيانات للتنبؤ بالتغيرات المستقبلية واتخاذ قرارات مستدامة للحفاظ على البيئة وتقديم حلول فعالة للتحديات البيئية المتنوعة.

وانطلاقا مما سبق فان هذه الدراسة توصي ب:

- ضرورة نشر الوعي عن طريق إقامة ملتقيات وطنية ودولية تتناول موضوع التكنولوجيا الخضراء واستخدام الذكاء الاصطناعي في مجال التنمية البيئية المستدامة.

- ضرورة تبني سياسة التكنولوجيا الخضراء والاقتصاد الأخضر لتحقيق التنمية المستدامة كبديل لتكنولوجيات الملوثة والحد من الاستنزاف المتزايد للموارد الطبيعية خاصة في ظل أزمة الاحتباس الحراري وتزايد الكوارث البيئية في السنوات الأخيرة من زلازل وفيضانات والجفاف التي مست العديد من دول العالم.

المصادر والمراجع:

1. al-Bank al-dawlī lil-Tanmiyah. (2022, Juwān, 06). al-tāqah al-mutajaddidah ka-badīl iqtisādī. tmm astrjā'hā fī Tārīkh 3jwān 2024, min al-mawqi' al-iliktrūnī <https://www.albankaldawli.org/>
2. Jābir, Salīm. (2023). Kayfa yumkinu an tdhy al-tiknūlūjiyā al-Khaḍrā' al-bī'ah min al-mawqi' al-iliktrūnī. <https://www.aljazeera.Net>
3. snājīh, Muḥammad. (2023, 05, 8). al-dhakā' alāṣṭnā'y silāh jadīd fī yad al-basharīyah lil-muḥāfazah 'alā al-bī'ah. tmm astrjā'hā fī Tārīkh 7māy2024, min al-mawqi' al-iliktrūnī. <https://www.aljazeera.net/>



4. .al-‘Azīz, Wafā’. (16-māy2021). al-tiknūlūjiyā al-ḥadīthah fī muwājahat taḥaddiyāt al-bī’ah. tmm astrjā’ hā fī l jwān2024 min al-mawqi’ al-iliktrūnī. [https : // nathre. com./](https://nathre.com/)
5. . Muḥāḍarāt muwajjahah li-ṭalabat al-Sunnah al-thālithah Qānūn : z‘zw‘h, Fāṭimah. (2019-2020). "al-bī’ah wa-al-tanmiyah al-mustadāmah". §25-30 bāltšrf.
6. . - mḡālḥ min mjlḥ al-Ḥawkamah : Ṣayfī, Ḥusaynah. (2020, 9, 8). "alyāt al-tiknūlūjiyā al-Khaḍrā’ wa-dawruhā fī al-tanmiyah al-mustadāmah", aljld3 (4), §123-126bāltšrf.
7. -Alisia,Rit,(2022).*ArtificialIntelligence helps us to design a better planet* .2024-5-18.<https://www.youtube.com/watch>
8. -Aufdem ,Weg .(16-8-2023).einemklimaneutralen Europa bis 2050-6-27 .
‘2024<https://commission.europa.eu/>
9. -bendenmark , .(2023).Beispiele Für GrüneTechnologien .28.‘2024-6-<https://commission.europa.eu/>
10. -Bernard Marr,(2024-2-5). *Green Intelligence: Why Data And AI Must Become More Sustainable*, 2024-6-30.<https://www.forbes.com/sites/bernardmarr>.
11. -Dr. Volker Zimmermann, (2023,5-12).*Die Zukunft istgrün – welcheChancenbietet sich der deutschenWirtschaft?*Nr. 355, 4. November 2021. Anke Brüggemann.page6-9.
12. -Dalias,(2021).Green Future Foundation ,2024-6-2,<https://greenfuturefoundation.com>.
13. -europäischenGrünenDeals , (2022), *Umsetzung des europäischenGrünen Deals*,2024-6-30.<https://openknowledge.fao.org>.
14. -Ishan, tiwati .(2023).*Environment and Sustainable Development*, 2024-4-28.<https://www.researchgate.net>.
15. **karljems ,(2023). new-world-bank-fund-to-support,2024-7-1.**<https://www.worldbank.org>.
16. -klarin, tomlav. (2022,5 ,3). *The Concept of Sustainable Development: From its Beginning to the Contemporary Issues*. 2024-6-19.<https://www.researchgate.net/>
17. Social Sciences,(2024-1-1) Sustainable development: Meaning, history, principles, pillars, and implications for human action: Literature .2024-5-7.<https://www.tandfonline.com>.
18. 20.IAEA Department of Nuclear Sciences and Applications.(2023). *Seven Ways AI Will Change Nuclear Science and Technology*.2024-18-5.<https://www.iaea.org>