بناء مستقبل أكثر استدامة: "دور الذكاء الاصطناعي المستدام في تعزيز الاقتصاد الأخضر: دراسة أهميته وتطبيقاته"

اعداد الباحثة

ريـــــم بكـــــــر عبـدالفتـــاح قنابـــــر

ماجستير القانون العام – كلية الحقوق جامعة المنوفية

باحثة دكتوراه بقسم التشريعات الاقتصادية والمالية – جامعة طنطا

باحث قانون بمصلحة الشهر العقاري والتوثيق – وزارة العدل

٢٠٢٣

المقدمة

تواجه الإنسانية اليوم تحديات بيئية واقتصادية ضخمة تستدعي استجابة سريعة من أجل الحفاظ على كوكبنا وتحقيق التنمية المستدامة، وفي هذا السياق يلعب الاقتصاد الأخضر دورًا حاسمًا في تحقيق هذه الأهداف، حيث يهدف إلى تحسين النمو الاقتصادي بشكل مستدام وتحسين جودة الحياة من خلال استخدام الموارد بكفاءة وبطرق صديقة للبيئة، ومن بين التكنولوجيات الحديثة التي تلعب دورًا مهمًا في تحقيق الاقتصاد الأخضر الذكاء الاصطناعي، حيث يُعَدُّ الذكاء الاصطناعي تقنية مبتكرة تعتمد على تحليل البيانات واتخاذ قرارات ذكية والتفاعل مع البيئة بشكل يشبه الذكاء البشري، ويمكن للذكاء الاصطناعي تحسين الكفاءة والاستدامة في مجموعة متنوعة من القطاعات، بما في ذلك الاقتصاد الأخضر، ويهدف هذا البحث إلى دراسة دور الذكاء الاصطناعي المستدام في تعزيز الاقتصاد الأخضر وفهم أهميته في بناء مستقبل أكثر استدامة، وسنستكشف في هذا البحث تطبيقات الذكاء الاصطناعي المستدام في مجموعة متنوعة من المجالات مثل الزراعة الذكية، وإدارة النفايات، واستخدام الطاقة المتجددة، والنقل الذكي، ويُظهر الذكاء الاصطناعي الأخضر والمستدام قدرته على تقديم حلول فعالة لمشكلات البيئة وتحسين الاستدامة بشكل عام، ونتناول أيضاً الفوائد والتحديات التي ترافق تبني هذه التطبيقات.

أهمية البحث

تتجلى أهمية هذا البحث في عدة جوانب:

١- تعزيز الاقتصاد الأخضر: يساهم البحث في توضيح دور التطبيقات الذكية للذكاء الاصطناعي في تحسين الاقتصاد الأخضر، ويتيح الذكاء الاصطناعي المستدام فرًصا لتحقيق التنمية الاقتصادية والبيئية المستدامة من خلال تحسين كفاءة استخدام الموارد وتقليل الانبعاثات الضارة.

٢- حل التحديات البيئية: يساعد البحث في تسليط الضوء على كيفية استخدام التطبيقات الذكية للذكاء الاصطناعي في مجالات مثل الزراعة الذكية وادارة النفايات والطاقة المتجددة والنقل الذكي، وتساهم هذه التطبيقات تعزز الاستدامة في تحقيق أهداف التنمية المستدامة وحماية البيئة.

٣- التقدم التكنولوجي: يوفر البحث فهًما أعمق للتقدم التكنولوجي في مجال الذكاء الاصطناعي المستدام وكيفية تطبيقه في حل المشكلات البيئية، وقد يؤدي ذلك إلى تحفيز الابتكار وتطوير تكنولوجيا أكثر استدامة وفعالية.

٤- اتخاذ القرارات السياسية والاقتصادية: يمكن للبحث أن يقدم أدلة علمية ومعرفة قابلة للتطبيق لصناع القرار في المجالات السياسية والاقتصادية، وتعزز النتائج والتوصيات المستنبطة من البحث لأهمية تطبيقات الذكاء الاصطناعي المستدامة وتوفر الأسس لاتخاذ قرارات أفضل وتشكيل سياسات فاعلة لتحقيق الاقتصاد الأخضر، وباختصار يعزز هذا البحث فهمنا للفوائد المحتملة والتحديات المرتبطة بتطبيقات الذكاء الاصطناعي المستدام وتوفر لنا أدلة قوية على أهمية استخدامها في تحقيق التنمية المستدامة، إن فهم الدور الذي يمكن أن يلعبه الذكاء الاصطناعي المستدام في بناء مستقبل أكثر استدامة يمكن أن يعزز جهودنا في مواجهة التحديات البيئية والاقتصادية الحالية.

مشكلة البحث:

التحديات التي تواجه تحقيق الاقتصاد الأخضر والتنمية المستدامة، وكيف يمكن للذكاء الاصطناعي المستدام أن يساهم في حل هذه التحديات، ومن أهم المشكلات المحتملة التي يمكن أن يتطرق إليها البحث:

١. تحسين كفاءة استخدام الموارد الطبيعية: كيف يمكن استخدام التطبيقات الذكية للذكاء

الاصطناعي في تحسين استخدام المياه والطاقة والموارد الأخرى بطرق فعالة ومستدامة؟

٢. إدارة النفايات والتلوث: كيف يمكن استخدام الذكاء الاصطناعي المستدام في تحسين إدارة النفايات والحد من التلوث البيئي، مثل فرز النفايات واعادة تدويرها بشكل أكثر كفاءة وتقليل الانبعاثات الضارة؟

٣. التنبؤ والتحليل البيئي: كيف يمكن للذكاء الاصطناعي المستدام أن يساهم في التنبؤ بتغيرات المناخ وتقديم تحليلات دقيقة لتأثيراتها البيئية، وبالتالي مساعدة الجهات المعنية في اتخاذ قرارات استدامة؟

٤. النقل الذكي والتنقل المستدام: كيف يمكن استخدام التطبيقات الذكية للذكاء الاصطناعي في تحسين نظم النقل وتقليل الازدحام المروري والانبعاثات الناجمة عن النقل؟

٥. التحديات الاجتماعية والاقتصادية: كيف يمكن للذكاء الاصطناعي المستدام أن يتعامل مع التحديات الاجتماعية والاقتصادية المرتبطة بتحقيق الاقتصاد الأخضر، مثل تأثيره على سوق العمل وتوازن القوى الاقتصادية؟

وهذه بعض المشكلات التي يمكن أن تُناقش في البحث، ومن الممكن أيضا اختيار مشكلة أو تحدي محدد في إحدى هذه المجالات والتركيز عليه، فعلى سبيل المثال، يمكن أن تتطرق إلى مشكلة تلوث الهواء في المدن ودور الذكاء الاصطناعي المستدام في تحسين جودة الهواء وتخفيض الانبعاثات الضارة، أو يمكن أن تتناول تحديات إدارة المياه واستخدامها بكفاءة أعلى باستخدام التطبيقات الذكية للذكاء الاصطناعي.

باختصار، مشكلة البحث تتعلق بتحقيق الاقتصاد الأخضر والتنمية المستدامة وكيفية استخدام الذكاء الاصطناعي المستدام في مواجهة التحديات المرتبطة بهذا المجال. يمكن تحديد مشكلة محددة تتعلق بالموارد الطبيعية، النقل، الطاقة، النفايات، التغير المناخي أو أي جانب آخر يرتبط بالاقتصاد الأخضر واستدامته.

خطة البحث

المبحث الاول: الإطار النظري للذكاء الاصطناعي والاقتصاد الأخضر.

المطلب الأول: مفهوم الذكاء الاصطناعي وطبيعته.

المطلب الثاني: مفهوم الاقتصاد الأخضر وطبيعته.

المبحث الثاني: دور الذكاء الاصطناعي في تحقيق الاستدامة البيئية.

المطلب الأول: أهمية الذكاء الاصطناعي المستدام وامكانياته في دعم الاستدامة البيئية.

المطلب الثاني: تطبيقات الذكاء الاصطناعي المستدامة في مجالات مختلفة والتحديات التي يواجهها.

النتائج

التوصيات

قائمة المراجع

المبحث الاول: الإطار النظري للذكاء الاصطناعي والاقتصاد الأخضر

تمهيد **وتقسيم:**

أصبح الذكاء الاصطناعي (AI) وسيلة قوية لاستكشاف حلول مستدامة وصديقة للبيئة في مجموعة متنوعة من الصناعات في وقت يتزايد فيه التحدي للعالم فيما يتعلق بالحاجة الملحة لتقليل استهلاك الطاقة والحد من التأثير البيئي، ويلعب الذكاء الاصطناعي دورًا متزايد الأهمية في تعزيز مبادرات الحوسبة الخضراء، ومن خلال هذا المبحث نوضح الإطار النظري للذكاء الاصطناعي والاقتصاد الأخضر والذي يشكل أساسًا مفيدًا لفهم كيف يمكن أن تتداخل التكنولوجيا الحديثة والمفاهيم الاقتصادية البيئية لتحقيق أهداف التنمية المستدامة، ولك من خلال مطلبين وهما:

المطلب الأول: مفهوم الذكاء الاصطناعي وطبيعته

أولاً: مفهوم الذكاء الاصطناعي:

الذكاء الاصطناعي هو "محاكاة عمليات الذكاء البشري من قبل الآلات، وخصوصاً أنظمة الحاسوب، وتتضمن التطبيقات النموذجية للذكاء الاصطناعي الأنظمة الخبيرة، ومعالجة اللغة الطبيعية، وتعرف الكلام، ورؤية الآلة"، فهو مجال في علوم الحاسوب يهدف إلى إنشاء أنظمة وبرامج تكنولوجية قادرة على تنفيذ مهام تتطلب الذكاء البشري، ويُعَدّ الهدف الرئيسي للذكاء الاصطناعي هو تطوير أنظمة تكنولوجية قادرة على التفكير واتخاذ قرارات بشكل مشابه للإنسان والتعلم من البيانات والتفاعل بفعالية مع البيئة والمستخدمين. (١)

وبشكل عام، تعمل أنظمة الذكاء الاصطناعي عن طريق استيعاب كميات كبيرة من البيانات التدريبية الموسومة، وتحليل هذه البيانات لاكتشاف الترابطات والأنماط، واستخدام هذه الأنماط للتنبؤ بالحالات المستقبلية، فعلى سبيل المثال يمكن لروبوت الدردشة الذي يتلقى أمثلة نصية أن يتعلم كيفية إنشاء محادثات واقعية مع الأشخاص، أو يمكن لأداة التعرف على الصور أن تتعلم كيفية التعرف على الكائنات في الصور ووصفها من خلال استعراض الملايين من الأمثلة، فتقنيات الذكاء الاصطناعي

(١) TechTarget, " artificial intelligence (AI)", Ed Burns, Nicole Laskowski, Linda Tucci, available at: https://www.techtarget.com/searchenterpriseai/definition/AI-Artificial-Intelligence. ١٠-١-٢٠٢٢, Reviewed on:١-٩-٢٠٢٣.

الجديدة والتي تتطور بسرعة يمكنها إنشاء نصوص وصور وموسيقى ووسائط أخرى واقعية بشكل متزايد.

ومع استمرار نمو الذكاء الاصطناعي، أصبح من الضروري إعطاء الأولوية للممارسات المستدامة للتقليل من تأثيره البيئي وتحقيق التوازن بين الابتكار والمسؤولية البيئية من خلال تبني إجراءات مثل أولوية جودة البيانات وبنية تحتية فعالة وتنفيذ السياسات يمكن أن يؤدي إلى مستقبل أخضر وأكثر استدامة لتكنولوجيا الذكاء الاصطناعي، وقد شهد الذكاء الاصطناعي (AI) نمواً هائلاً في البحث والصناعة على حد سواء، محدثًا تحولات في مجموعة متنوعة من المجالات مثل العلوم والطب والمالية والتعليم، يعزى هذا التقدم أساساً إلى القدرة المحسنة للذكاء الاصطناعي على تعلم نماذج أكبر بفعالية باستخدام مجموعات بيانات أكبر، وعلى الرغم من أن هذا التطور قد سمح للذكاء الاصطناعي بكشف اكتشافات علمية وخلق فرص تجارية جديدة وتعزيز نمو الصناعة، إلا أنه للأسف، يأتي مع تأثير سلبي على البيئة، وبالتالي أصبح من الضروري تحقيق التوازن بين تطوير الذكاء الاصطناعي والمسؤولية البيئية كاستجابة لهذا الأمر، ويظهر مفهوم الذكاء الاصطناعي المستدام كمجال هام لضمان أن تظل تقنيات الذكاء الاصطناعي متقدمة وفعالة من حيث استهلاك الطاقة ويقصد بالذكاء الاصطناعي المستدام" التركيز على استدامة تكنولوجيا الذكاء الاصطناعي ينطوي على تبني مجموعة من المبادئ والاستراتيجيات لتقليل البصمة الكربونية واستهلاك الطاقة المرتبط بالتطورات ذات الصلة بالذكاء الاصطناعي"[٢].

ثانياً: طبيعة الذكاء الاصطناعي

تشير طبيعة الذكاء الاصطناعي إلى الخصائص والصفات التي تميز الأنظمة والبرامج والأجهزة التي تعتمد على التكنولوجيا الذكية الاصطناعية، تشمل هذه الطبيعة العديد من الجوانب التي تميز الذكاء الاصطناعي وتميزه عن الذكاء البشري، وتشمل بعض هذه الجوانب:

١. معالجة رمزية:

في تطبيقات الذكاء الاصطناعي، يتم التعامل مع الرموز بدلاً من الأرقام أو الأحرف، وتُستخدم تلك التطبيقات لمعالجة سلاسل من الرموز التي تُمثل كيانات أو مفاهيم في العالم الحقيقي، بالإضافة إلى

(٢)Techopedia," Sustainable AI: Balancing Innovation and Environmental Responsibility", Dr. Tahseen Zia, ٢٦ June ٢٠٢٣, available at: https://www.techopedia.com/sustainable-ai-balancing-innovation-and-environmental-responsibility. Reviewed on ٢٠-٨-٢٠٢٣.

إمكانية تنظيم الرموز في هياكل مثل القوائم أو التسلسلات الهرمية أو الشبكات، وتُظهر هذه الهياكل كيفية ترتبط الرموز ببعضها البعض.

٢. **المعالجة غير الخوارزمية:**

في البرمجة التقليدية خارج مجال الذكاء الاصطناعي، تستند البرامج إلى خوارزميات مبرمجة بشكل صريح، وهذا يعني أن هناك إجراءات محددة بدقة يتم برمجتها لتحديد حلاً للمشكلة المعينة، وعلى النقيض من ذلك تعتمد إجراءات أنظمة الذكاء الاصطناعي القائمة على المعرفة إلى حد كبير على البيانات والسياق التي تُستخدم فيها.

٣. **التفكير والتصور والادراك:**

الاستدلال هو القدرة على حل المشكلات من خلال التفكير المنطقي، ويُطبق مفهوم الذكاء الاصطناعي على آلات قادرة على التفكير والاستنتاج، ويشمل حل المشكلات من خلال التفكير المنطقي أو الاستقراء، ويعتبر التصوّر والإدراك من بين أهم خصائص الذكاء الاصطناعي، حيث يمكن للذكاء الاصطناعي استنتاج معلومات حول العالم من خلال البيانات المرئية والصوتية والمدخلات الحسية الأخرى، ويشمل ذلك القدرة على استنتاج معلومات عن العالم من خلال معالجة الصور والأصوات والمدخلات الحسية الأخرى. [٣]

٤. **التعلم العميق:**

هو نهج للتعلم الآلي يهدف إلى تمكين أجهزة الحاسوب من تنفيذ مهام تشبه تلك التي يقوم بها البشر بشكل طبيعي، حيث يستفيد العديد من المطورين من أحدث تقنيات التعلم العميق المبتكرة لتحسين أعمالهم وفتح آفاق جديدة، وهناك العديد من مجالات تكنولوجيا الذكاء الاصطناعي مثل المركبات ذاتية القيادة، والرؤية الحاسوبية، وإنشاء النص التلقائي، وغيرها، حيث يتم توسيع نطاق استخدام التعلم العميق وتطبيقه بشكل متزايد، فعلى سبيل المثال، ميزة القيادة الذاتية في سيارات مثل تيسلا، حيث يعتمدون بشكل أساسي على التعلم العميق لتمكين السيارات من التعرف على إشارات المرور أو التمييز بين المشاة وهياكل الإنارة.

٥. **التعرف على الوجه:**

(٣) سامية الشهبي قمورة وأخرين،"ا لذكاء الاصطناعي بين الواقع والمأمول، دراسة تقنية وميدانية"، الملتقى الدولي "الذكاء الاصطناعي: تحدي جديد؟" الجزائر، ٢٦-٢٧ نوفمبر ٢٠١٨، الجزائر، صـ١١-١٢.

يسمح الذكاء الاصطناعي بالتعرف على الأفراد باستخدام الخرائط الحيوية، وهو ما أدى إلى تطورات رائدة في تقنيات المراقبة، حيث يتيح هذا النهج مقارنة الأشخاص بقواعد بيانات الوجوه المعروفة للبحث عن تطابق، ومع ذلك تعرض هذه التقنيات لانتقادات كبيرة بسبب انتهاكات الخصوصية، فعلى سبيل المثال بعض الشركات تقدم تقنيات لمراقبة مدن بأكملها باستخدام شبكة من كاميرات الدوائر التلفزيونية المغلقة، حيث يمكنها بدقة تحديد هوية كل مواطن ونقاط اجتماعه الاجتماعي في الوقت الفعلي.

٦. **تطوير المهام البسيطة والمتكررة:**

يتيح الذكاء الاصطناعي القدرة على أداء نفس الأنشطة مرارًا وتكرارًا بدون تعب، فعلى سبيل المثال سيري المساعد الصوتي الذي تم تطويره من قبل شركة آبل، حيث يمكن لسيري التعامل مع مجموعة متنوعة من الأوامر في يوم واحد، وطلب تسجيل ملاحظات قصيرة إلى إعادة جدولة التقويم للاجتماع، ويمكن للمساعد الآلي أداء تقريبًا كل شيء، ففي السابق كان يتعين علينا أداء هذه الأنشطة يدويًا، مما كان يستغرق وقتًا وجهدًا كبيرين، والتطور لا يساهم فقط في زيادة الكفاءة، بل تؤدي أيضًا إلى تقليل التكاليف العامة وتحسين بيئة العمل بشكل عام وفي بعض الحالات تعزز السلامة.

٧. **استيعاب البيانات:**

مع مرور الوقت، يزيد إنتاج البيانات بشكل كبير، ويضح من خلال ذلك دور الذكاء الاصطناعي. بدلاً من جمع هذه البيانات يدويًا، يقوم الذكاء الاصطناعي بجمع هذه البيانات وتحليلها باستفادة من تجاربها السابقة، وتتضمن عملية استيعاب البيانات نقل المعرفة من مصادر متنوعة إلى وسائط تخزين البيانات، حيث يمكن الوصول إليها واستخدامها وتحليلها بواسطة المؤسسة، حيث يقوم الذكاء الاصطناعي بتحليل كميات كبيرة من هذه البيانات بمساعدة الشبكات العصبية ويساعد في استخلاص استنتاجات منطقية منها. (٤)

المطلب الثاني: مفهوم الاقتصاد الأخضر وطبيعته

تمهيد وتقسيم:

(٤) معرفة،" خصائص الذكاء الاصطناعي "، متاح على الموقع التالي:
https://marifeh.com/%D٨٪AE%D٨٪B٥٪D٨٪A٧٪D٨٪A٦٪D٨٪B٥-%D٨٪A٧٪D٩٪٨٤٪D٨٪B٠٪D٩٪٨٣٪D٨٪A٧٪D٨٪A١-%D٨٪A٧٪D٩٪٨٤٪D٨٪A٧٪D٨٪B٥٪D٨٪B٧٪D٩٪٨٦٪D٨٪A٧٪D٨٪B٩٪D٩٪٨A/. تم الاطلاع بتاريخ ٢٥-٨-٢٠٢٣.

الاقتصاد الأخضر هو نهج اقتصادي يهدف إلى تحقيق التنمية الاقتصادية والاجتماعية مع الحفاظ على البيئة والاستدامة، حيث يعتمد على تقليل استهلاك الموارد والانبعاثات البيئية، ويشجع على الاستثمار في التكنولوجيا النظيفة والممارسات الصديقة للبيئة في مختلف القطاعات، يلعب الاقتصاد الأخضر دورًا مهمًا في مكافحة تغير المناخ وحماية البيئة وتعزيز استدامة الاقتصاد والمجتمع. ونوضح فيما يلي مفهوم الاقتصاد الأخضر وطبيعته:

اولاً: مفهوم الاقتصاد الأخضر:

الاقتصاد الأخضر، وفقًا لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة "هو نمط اقتصادي يهدف إلى تحقيق تحسين في جودة حياة الإنسان وزيادة المساواة الاجتماعية، في الوقت الذي يساهم بشكل كبير في تقليل المخاطر البيئية وتقليل ندرة الموارد البيئية"، وفي هذا النوع من الاقتصاد يتم النظر في الأثر البيئي للأنشطة الاقتصادية وتعزيز الاستدامة بمعنى الحفاظ على البيئة والموارد الطبيعية لتلبية احتياجات الأجيال الحالية والمستقبلية، وتشمل الأمور المهمة في الاقتصاد الأخضر الاستثمار في التكنولوجيا البيئية وتعزيز الكفاءة في استهلاك الموارد وتقليل الانبعاثات البيئية، مما يساهم في تحقيق التوازن بين التنمية الاقتصادية والحفاظ على البيئة ويعكس الرؤية الشاملة لتحقيق تقدم اقتصادي مستدام وعادل. (٥)

ويمكن أن ننظر للاقتصاد الأخضر، بأبسط صورة عندما ننظر إليه على أنه نموذج اقتصادي يهدف فيه إلى تقليل انبعاثات غازات الكربون وزيادة كفاءة استخدام الموارد، ويتضمن تحقيق التنمية الاقتصادية بطرق تحد من الآثار السلبية على البيئة، ويهدف الاقتصاد الأخضر أيضًا إلى ضمان أن الفوائد الاقتصادية والاجتماعية تصل لجميع شرائح المجتمع، بمعنى تحقيق المساواة الاجتماعية، وفي هذا السياق يُشجع على الاستثمار في تكنولوجيا نظيفة وصديقة للبيئة، وتشجيع الممارسات المستدامة في مختلف القطاعات الاقتصادية، ومن خلال ذلك يمكن تقليل الأثر البيئي للأنشطة الاقتصادية والحفاظ على الموارد الطبيعية للأجيال الحالية والمستقبلية، حيث تصبح الأهداف الرئيسية للاقتصادي الأخضر هي تحقيق التوازن بين التنمية الاقتصادية والحفاظ على البيئة وتحقيق العدالة الاجتماعية.

ثانياً: طبيعة الاقتصاد الأخضر:

إن مبدأ الاقتصاد الأخضر لا يُعتبر استبدالًا لمفهوم التنمية المستدامة، بل يُفهم بشكل متزامن معه، حيث يُعتبر الاقتصاد الأخضر جزءًا مهمًا من الجهود الرامية إلى تحقيق التنمية المستدامة، وذلك من

(٥) برنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP)، " نحو اقتصاد أخضر مسارات إلى التنمية المستدامة والقضاء على الفقر مرجع لواضعي السياسات"، نيروبي، كينيا، ٢٠١١، صـ٢.

خلال إصلاح الهيكل الاقتصادي نحو أساليب أكثر استدامة، فعلى مر العقود كان نموذج الاقتصاد التقليدي يولّد ثروة اقتصادية جديدة، ولكنه لم يتعامل بشكل كاف مع قضايا التهميش الاجتماعي واستنفاذ الموارد، مما يعني أنه على الرغم من تحقيق النمو الاقتصادي، إلا أن هناك تحديات جمة تبقى تحتاج إلى حلول مستدامة، وفي هذا السياق يتجه العالم نحو تحقيق أهداف التنمية المستدامة، حيث يتعين تحقيق التوازن بين الاقتصاد والاجتماع والبيئة، ويُعتبر التخضير أحد السبل المهمة لتحقيق هذا الهدف، إذ يسعى إلى إصلاح الاقتصاد بحيث يتماشى مع حفظ البيئة وتحسين العدالة الاجتماعية، الاقتصاد الأخضر يساهم بفعالية في تحقيق الاستدامة على المدى البعيد، مما يُعزز من فرص النمو الاقتصادي بطرق تحد من التأثيرات السلبية على البيئة ويخدم مصلحة جميع أفراد المجتمع. [٦]

وترتكز طبيعة الاقتصاد الأخضر على مجموعة من مبادئ ومفاهيم تهدف إلى دمج البعد البيئي والاجتماعي في النمو الاقتصادي، وتشمل النقاط الرئيسية لطبيعة الاقتصاد الأخضر:

١. الإدارة المستدامة للموارد الطبيعية والتكيف مع تغير المناخ، والتي ترتكز على استخدام ذكي ومستدام للمياه والتربة والمواد الخام، بهدف الحفاظ على توازن البيئة والمحافظة على هذه الموارد للأجيال الحالية والمستقبلية، أما التكيف مع تغير المناخ فيتضمن تغييرات واستراتيجيات لمواجهة تأثيرات التغير المناخي وزيادة مرونة المجتمعات، وهذين الجانبين يعملان معًا للحفاظ على البيئة وتقليل التأثيرات السلبية لتغير المناخ على الكوكب والإنسان في المستقبل.
٢. تحقيق جودة حياة أفضل والعدالة الاجتماعية، ويتم عبر تقليل المخاطر البيئية وتوفير بيئة صحية ونظيفة وموارد طبيعية مستدامة، ويشمل ذلك زيادة الكفاءة في استخدام الموارد، وتقليل انبعاثات الغازات الدفيئة، وتقليل إنتاج النفايات، وتساهم هذه الخطوات في الحفاظ على التنوع البيولوجي ومنع تدهور البيئة، وتحسين جودة حياة الأفراد من خلال توفير فرص متساوية للوصول إلى الموارد والبيئة النظيفة.
٣. تلبية الطلب المتزايد، ويمكن تحقيقه من خلال الاستفادة من الوعي المتزايد في الأسواق بشأن السلع والخدمات المستدامة، ومن خلال اعتماد التقنيات البيئية.
٤. يركز على الاستثمار في الموارد الطبيعية مثل الغابات والزراعة والمياه العذبة ومصايد الأسماك على تحسين نوعية وجودة التربة، وزيادة الإنتاجية من المحاصيل الرئيسية، وحفظ نوعية الهواء والمياه، وتحقيق ترشيد في استهلاك هذه الموارد.

(٦) المرجع السابق، صـ ٣.

٥. تعتبر إعادة رسم ملامح قطاع الأعمال في المجالات التجارية والبنية التحتية والمؤسسات جزءًا أساسيًا من التحول نحو الاقتصاد الأخضر، حيث تهدف إلى تمكين الاعتماد على عمليات استهلاك وإنتاج مستدامة.

٦. المساهمة في زيادة حصة القطاعات الخضراء في الاقتصاد وزيادة عدد الوظائف الخضراء ذات الجدوى والإنتاجية، بالإضافة إلى تقليل كميات الطاقة والموارد المستهلكة في عمليات الإنتاج التقليدية، وتقليص النفايات والتلوث، وتحقيق تقليل كبير في انبعاثات غازات الاحتباس الحراري. [٧]

المبحث الثاني: دور الذكاء الاصطناعي في تحقيق الاستدامة البيئية

تمهيد وتقسيم:

في عصر التكنولوجيا الرقمية والابتكار المتسارع، يأتي دور الذكاء الاصطناعي بأهميته البارزة في تحقيق الاستدامة البيئية، فهذا العمل الذكي والمستند إلى البيانات يمكنه تغيير وجه العالم بشكل إيجابي من خلال استخدام التكنولوجيا لحل التحديات البيئية الحديثة، وتجلى دور الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة استخدام الموارد الطبيعية، وإدارة الطاقة، والزراعة، والبنية التحتية الحضرية، والعديد من جوانب الحياة التي تؤثر على البيئة، ويتيح لنا الذكاء الاصطناعي فهمًا أعمق للتحديات البيئية وتطوير حلاً يستند إلى البيانات للتصدي لهذه التحديات، ومن خلال هذا المبحث نستكشف كيف يلعب الذكاء الاصطناعي دورًا حيويًا في تعزيز الاستدامة البيئية، من خلال توظيف التكنولوجيا لتحسين إدارة الموارد وحماية البيئة، وكيف يمكن لهذه التقنيات أن تؤثر إيجابيًا على مستقبل كوكب الأرض وجودتنا كبشر وذلك من خلال المطلبين التالين:

المطلب الأول: أهمية الذكاء الاصطناعي المستدام وإمكانياته في دعم الاستدامة البيئية

تمهيد وتقسيم:

يشهد العصر الحالي تزايدًا مطردًا في التحديات البيئية التي تواجهها كوكب الأرض، ومع تزايد الاستهلاك والنمو السكاني، يصبح الحفاظ على البيئة وضمان استدامتها أمرًا ضروريًا للحفاظ على صحة الكوكب ومستقبل الأجيال القادمة، ومن هنا يأتي الذكاء الاصطناعي كتكنولوجيا مبتكرة وقوية قادرة على تقديم حلاً مبتكرًا للتحديات البيئية ودعم جهود الاستدامة، أهمية الذكاء الاصطناعي المستدام

(٧) لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغرب آسيا (ESCWA)، البهلول إشتيوي، " ورقة عن الاقتصاد الأخضر"، بيروت، لبنان، بدون سنة نشر، صـ٧.

والإمكانيات الواسعة التي يتيحها في مجال دعم الاستدامة البيئية، وسنستعرض في هذا المطلب أهمية الذكاء الاصطناعي المستدام والإمكانيات الواسعة التي يتيحها في مجال دعم الاستدامة البيئية، وكيف يمكن للذكاء الاصطناعي أن يلعب دورًا حيويًا في تحسين إدارة الموارد الطبيعية، وتعزيز حماية البيئة، وتطوير ممارسات زراعية مستدامة، والمساهمة في تحقيق أهداف الاستدامة العالمية، فيما يلي:

أولاً: أهمية الذكاء الاصطناعي المستدام

يظل موضوع تغير المناخ مسألة كبيرة على جدول أعمال العالم، ومع تزايد الضغط على الشركات للحد من أثرها الكربوني وجعل تأثيرها البيئي أقل قدرًا ممكنًا، بالإضافة إلى الحاجة إلى إيجاد حلاً مبتكرًا لمعالجة هذا التحدي العاجل، وجدت تكنولوجيا واحدة لها القدرة على دعم جهود الاستدامة هي الذكاء الاصطناعي ، ويستهلك الذكاء الاصطناعي وبنيته الأساسية المدعومة، مثل الشبكات السحابية والأجهزة على الحافة، كميات كبيرة من الطاقة والموارد، ويمتلك الذكاء الاصطناعي القدرة على زيادة استهلاك الطاقة وانبعاثات الغازات بشكل كبير ، خاصة إذا لم يتم نشره بطريقة فعّالة من حيث استهلاك الطاقة، ويمكن أن يزيد ذلك من أزمة المناخ المتفاقمة بالفعل مما يجعل من الأمر أكثر إلحاحًا أن نعالج الأثر البيئي للذكاء الاصطناعي، مما يثير مخاوف بشأن الأثر البيئي للذكاء الاصطناعي، خاصةً مع نمو هذه التكنولوجيا بسرعة في السنوات الأخيرة، ومع ذلك هناك اعتراف متزايد بأن الذكاء الاصطناعي يمكن أن يلعب دورًا حاسمًا في تعزيز جهود الاستدامة، وذلك من خلال تحديد مصادر الهدر وعدم الكفاءة في تطوير المنتجات والبنية التحتية، ويمكن للذكاء الاصطناعي المستدام مساعدة الشركات في تقليل تأثيرها البيئي، بالإضافة إلى زيادة الجهود في استخدام مزيد من الطاقة الخضراء في بنية الذكاء الاصطناعي بالفعل قيد التنفيذ، حيث تقوم الشركات بدراسة استخدام مصادر الطاقة المتجددة لتشغيل مراكز البيانات وبنى الذكاء الاصطناعي الأخرى، ويمكن الذكاء الاصطناعي المستدام أيضًا أن يساعد في معالجة التحديات البيئية بطريقة أكثر فعالية واستباقية، فعلى سبيل المثال يمكننا بسرعة وبفعالية تحديد والاستجابة للتهديدات البيئية باستخدام الذكاء الاصطناعي لمراقبة قطع الأشجار والصيد غير القانوني، ومن الواضح أن هناك تركيزاً مستمراً على استخدام الذكاء الاصطناعي لمعالجة التحديات البيئية بدلاً من مجرد زيادة أرباح الشركات، وتظهر أهمية الذكاء الاصطناعي المستدام من أجل خلق مستقبل أكثر استدامة للجميع، مما يتطلب ذلك التفكير العميق في مفضالات الذكاء الاصطناعي المستدام وفوائده المحتملة، وذلك من خلال اعتماد ممارسات الذكاء الاصطناعي المستدام،

واستغلال قوة هذه التكنولوجيا لخلق مستقبل أكثر استدامة للجميع مع تقليل تأثيرها السلبي على الكوكب(٨).

وتظهر أهمية الذكاء الاصطناعي المستدام من خلال:

١. **التأثير البيئي للذكاء الاصطناعي:**

يتمتع الذكاء الاصطناعي بإمكانيات هائلة لمواجهة تحديات الاستدامة مثل تغير المناخ، النقل المستدام، الزراعة، وممارسات الاقتصاد الدائري، ومع ذلك يجب مراعاة آثاره البيئية المحتملة بعناية، حيث يمكن أن يؤدي تطوير ونشر تقنيات الذكاء الاصطناعي إلى تزايد استهلاك الطاقة، وارتفاع انبعاثات الغازات الدفيئة، وزيادة في النفايات الإلكترونية، وللمساهمة في الاستدامة البيئية يجب أن السعي في استخدام التكنولوجيا بطرق أكثر فعالية من حيث استهلاك الطاقة والموارد، حيث يمكن تحقيق ذلك من خلال تحسين كفاءة تصميم وتنفيذ التطبيقات والأجهزة الذكية التي تعتمد على الذكاء الاصطناعي، واستخدام مصادر الطاقة المتجددة لتشغيل مراكز البيانات والبنى التحتية الحاسوبية الكبيرة، ويتعين أيضًا توجيه الاستثمارات نحو بحث وتطوير التقنيات البيئية والأخلاقية في مجال الذكاء الاصطناعي، بحيث يتم تقليل الأثر البيئي لهذه التكنولوجيا وزيادة فوائدها للبيئة، فيجب تشجيع الشركات والحكومات على اتخاذ إجراءات للحد من استهلاك الطاقة وانبعاثات الغازات الدفيئة المرتبطة بالذكاء الاصطناعي، وتعزيز التنمية المستدامة من خلال هذه التقنيات، باختصار الذكاء الاصطناعي له القدرة على تحقيق التقدم في مجال الاستدامة، ولكن يجب أن يتم استخدامه بحذر وبطرق تحافظ على البيئة وتقلل من تأثيرها السلبي، مما يسهم في بناء مستقبل أكثر استدامة للبيئة والإنسان. (٩)

ويظهر التأثير البيئي للذكاء الاصطناعي من خلال:

أ- **البصمة الكربونية للذكاء الاصطناعي:**

(٨) Ivy Partners, 'Green AI: An Environmental Problem or a Sustainable Solution?", available at: https://www.ivy.partners/green-ai-an-environmental-problem-or-a-sustainable-solution/. ٦-٧-٢٠٢٣, Reviewed on ١-٩-٢٠٢٣.

(٩) الجزيرة، محمد سناجلة، " الذكاء الاصطناعي سلاح جديد في يد البشرية لمواجهة التحديات البيئية" بتاريخ ٢٣-٨-٢٠٢٣، متاح على الموقع التالي:
https://١a١٠٧٢.azureedge.net/tech/٢٠٢١/٩/٥/%D٨٪A٧٪D٩٪٨٤٪D٨٪B٠٪D٩٪٨٣٪D٨٪A٧٪D٨٪A١%D%A٧٪D٩٪٨٤٪D٨٪A٧٪D٨٪B٥٪D٨٪B٧٪D٩٪٨٦٪D٨٪A٧٪D٨٪B٩٪D٩٪٨A-%D٨٪B٣٪D٩٪٨٤٪D٨٪A٧٪D٨٪AD-%D٨٪AC%D٨٪AF%D٩٪٨A%D٨٪AF-%D٩٪٨١٪D٩٪٨A-%D٩٪٨A%D٨٪AF. تم الاطلاع بتاريخ ١-٩-٢٠٢٣.

تواجه تطبيقات الذكاء الاصطناعي تحديات كبيرة فيما يتعلق بالبصمة الكربونية والتأثير البيئي، حيث يتطلب تدريب نماذج الذكاء الاصطناعي معالجة كميات هائلة من البيانات مما يستهلك الكثير من الطاقة، فعلى سبيل المثال لتعلم نموذج للذكاء الاصطناعي كيفية التعرف على سيارة، يجب عليه معالجة ملايين الصور للسيارات، وبالتالي يتطلب مراكز بيانات ضخمة وأجهزة كمبيوتر قوية، مما يؤدي إلى استهلاك كبير للطاقة، وتساهم مراكز البيانات وشبكات البيانات بنسبة كبيرة في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون العالمية ليس هذا فقط، بل يجب أيضًا أن الأخذ في الاعتبار الانبعاثات الناتجة عن تطبيقات الذكاء الاصطناعي بمرحلة التطبيق العملي وهذا يتكرر مرارًا وتكرارًا، خاصةً مع استخدام تطبيقات الترجمة والروبوتات الدردشة، فعلى الرغم من أن التقنيات الحديثة في تطوير الذكاء الاصطناعي قد تساهم في تقليل استهلاك الطاقة إلى حد ما، إلا أن هذا التحدي ما زال قائمًا، وهو ما يتطلب البحث عن حلاً شاملاً يجمع بين فوائد الذكاء الاصطناعي والحفاظ على البيئة، فيمكن تحسين الكفاءة الطاقية لمراكز البيانات واستخدام مصادر الطاقة المتجددة لتشغيلها، ويعتبر فهم تأثير الذكاء الاصطناعي على البيئة والمناخ خطوة مهمة في العمل نحو تحسين الاستدامة في هذا المجال والحد من الآثار البيئية السلبية. (١٠)

ويمكن مواجهة تلك التحديات يمكننا اتخاذ العديد من الخطوات لتقليل البصمة الكربونية الناتجة عن تطبيقات الذكاء الاصطناعي، من خلال تحسين كفاءة مراكز البيانات التي تعتمد عليها هذه التطبيقات من خلال ممارسات أكثر فعالية في استخدام الطاقة وإدارة البيانات، بالإضافة إلى ذلك يجب تشجيع الشركات على استخدام مصادر الطاقة المتجددة مثل الطاقة الشمسية والرياح لتشغيل مراكز البيانات والأنظمة الحوسبية الكبيرة، ويمكن أيضًا تطوير تقنيات جديدة تستهلك طاقة أقل لتنفيذ تعلم الآلة ومعالجة البيانات، وفيما يتعلق بموقع مراكز البيانات يُفضل نقلها إلى مناطق تعتمد على مصادر الطاقة المتجددة ولا تحتاج إلى استهلاك طاقة كبيرة للتبريد، وبالتالي ستساهم تلك الخطوات في تقليل التأثير البيئي لتطبيقات الذكاء الاصطناعي وتجعلها أكثر استدامة. (١١)

---

(١٠) Made for minds (DW) ، " الذكاء الاصطناعي.. صديق أم عدو للبيئة؟"،بتاريخ ١٩-٨-٢٠٢٣، متاح على الرابط التالي: https://www.dw.com/ar/%D8%A7%D9%84%D8%B0%D9%83%D8%A7%D8%A1-%D8%A7%D9%84%D8%A7%D8%B5%D8%B7%D9%86%D8%A7%D8%B9%D9%8A-%D8%B5%D8%AF%D9%8A%D9%82-%D8%A3%D9%85-%D8%B9%D8%AF%D9%88-%D9%84%D9%84%D8%A8%D9%8A%D8%A6%D8%A9/a-٦٦٥٠٢٤٨٨. تم الاطلاع بتاريخ ٢-٩-٢٠٢٣.

(١١) المستقبل الأخضر، "هل الذكاء الاصطناعي أداة ضد تغير المناخ؟ ما هي البصمة الكربونية للذكاء الاصطناعي ولماذا تثير القلق؟ هل يمكن تصميم أدوات الذكاء الاصطناعي بطريقة صديقة للبيئة؟"، بتاريخ ٢٧-٨-٢٠٢٣،متاح على الرابط التالي: https://greenfue.com/%D9%87%D9%84-%D8%A7%D9%84%D8%B0%D9%83%D8%A7%D8%A1-%D8%A7%D9%84%D8%A7%D8%B5%D8%B7%D9%86%D8%A7%D8%B9%D9%8A-

ب- استهلاك الطاقة والتكلفة لنماذج اللغات الكبيرة:

تقنية الذكاء الاصطناعي (AI) قدمت تحسينات رائعة في مجموعة متنوعة من الصناعات من خلال تمكيننا من تحليل البيانات والأتمتة، ولكن هذا التقدم السريع تسبب في زيادة استهلاك الكهرباء في مراكز البيانات، وتشكل مراكز البيانات دورًا كبيرًا في تشغيل تطبيقات الذكاء الاصطناعي، وتحتاج إلى تبريد مكلف وأجهزة قوية لتلبية هذه الاحتياجات، مما يؤدي إلى استهلاك الكهرباء بشكل كبير وزيادة انبعاثات الكربون، ولحل هذه المشكلة يمكن تبني ممارسات فعالة لتوفير الطاقة والانتقال إلى مصادر الطاقة المتجددة في مراكز البيانات، ولا يمثل ذلك أهمية اقتصادية فحسب، بل يساهم أيضًا في الحفاظ على البيئة وتقليل التأثير البيئي السلبي. (١٢)

ج- النفايات الالكترونية والذكاء الاصطناعي:

تمثل النفايات الإلكترونية تهديدًا لصحة الإنسان والبيئة نظرًا لاحتوائها على مواد سامة تلحق ضررًا بالصحة البشرية والبيئة، حيث تتضمن هذه المواد الكيميائية السامة مثل المواد المكلورة، والبوليفينيل كلوريد، والمعادن الثقيلة، والمواد البلاستيكية، والغازات الضارة، فعندما يتم التخلص من أجهزة الإلكترونيات بشكل غير صحيح، يمكن أن تتسرب هذه المواد السامة إلى الموارد الطبيعية مثل المياه والهواء والتربة، وتنتقل إلى الإنسان من خلال سلسلة الغذاء أو عن طريق التعرض المباشر، بالإضافة إلى التلوث البيئي الذي يمكن أن يتسبب به تسرب هذه المواد السامة إلى البيئة، هناك أيضًا مخاطر وأضرار خطيرة تتعلق بعمليات إعادة التصنيع، خاصةً إذا تمت بغاية تحقيق أرباح مادية فقط دون مراعاة التأثيرات البيئية، هذه الأضرار تتضمن تسرب المواد السامة والتلوث الكيميائي الذي يمكن أن يؤثر على الصحة البشرية والبيئة، فمن الضروري التعامل بعناية مع مكونات الأجهزة الإلكترونية والتخلص منها بشكل آمن وصحيح لمنع هذه المخاطر والحفاظ على صحة البيئة. (١٣)

%D٨٪A٣٪D٨٪AF%D٨٪A٧٪D٨٪A٩-%D٨٪B٦٪D٨٪AF-%D٨٪AA%D٨٪BA%D٩٪٨A%D٨٪B١-%D٨٪A٧٪D٩٪٨٤٪D٩٪٨٥٪D٩٪٨٦٪D٨٪A٧/.تم الاطلاع بتاريخ ٢-٢٠٢٣.

(١٢) TS٢ SPACE ، " تكلفة الطاقة المخفية للذكاء الاصطناعي وتأثيرها على استهلاك الطاقة في مراكز البيانات"، متاح على الموقع التالي: https://ts٢.shop/ar/posts/%D٨٪AA%D٩٪٨٣٪D٩٪٨٤٪D٩٪٨١٪D٨٪A٩-%D٨٪A٧٪D٩٪٨٤٪D٨٪B٧٪D٨٪A٧٪D٩٪٨٢٪D٨٪A٩-%D٨٪A٧٪D٩٪٨٤٪D٩٪٨٥٪D٨٪AE%D٩٪٨١٪D٩٪٨A%D٨٪A٩-%D٩٪٨٤٪D٩٪٨٤٪D٨٪B٠٪D٩٪٨٣٪D٨٪A٧٪D٨٪A١-%D٨٪A٧٪D٩٪٨٤٪D٨٪A٧٪D٨٪B٥٪D٨٪B٧٪D٩٪٨٦٪D٨٪A٧٪D٨٪B٩. تم الاطلاع بتاريخ ٣-٩-٢٠٢٣.

(١٣) أمل فوزي أحمد عوض محمود، " النفايات الإلكترونية.. التداعيات البيئية.. المواجهة التشريعية آليات الوقاية والحماية والنضج التقني"، كلية الحقوق جامعة عين شمس، القاهرة، دون سنة نشر، صـ ٦.

ويمكن استخدام الذكاء الاصطناعي لإدارة النفايات الالكترونية بفعالية، حيث يتيح الذكاء الاصطناعي اكتشاف وقياس ومراقبة كميات النفايات وأنواعها، ويحسن عمليات جمع النفايات وإعادة التدوير، ويساعد في تحليل إنتاج النفايات في مناطق معينة، مما يساهم في تقليل كمية النفايات والحفاظ على البيئة. (١٤)

ثانيا: إمكانات الذكاء الاصطناعي لتحقيق الاستدامة:

الذكاء الاصطناعي هو تقنية تثير الكثير من الأمل فيما يتعلق بتحقيق الاستدامة في مجموعة متنوعة من القطاعات والمجالات، حيث يتيح الذكاء الاصطناعي لنا تحليل البيانات بشكل أسرع وأكثر دقة من أي وقت مضى، مما يمكننا من اتخاذ قرارات أفضل وأكثر استنارة بشأن كيفية إدارة الموارد وتحقيق الاستدامة البيئية والاقتصادية، ومن أهم مزايا الذكاء الاصطناعي هو قدرته على معالجة البيانات بشكل كبير وسريع، حيث يمكنه تحليل الكميات الهائلة من المعلومات البيئية والاقتصادية والاجتماعية التي تجمع من مصادر متعددة مثل الأقمار الصناعية وأجهزة الاستشعار ومستشعرات البيئة، ومن خلال التحليل السريع يمكن أن يكشف عن الأنماط والاتجاهات في البيانات التي يصعب اكتشافها بواسطة البشر، فعلى سبيل المثال في مجال إدارة الموارد يمكن استخدام الذكاء الاصطناعي لمراقبة وتحليل استهلاك المياه والكهرباء واستخدام الطاقة في المباني والمنشآت بكفاءة أكبر، كما يمكن أيضًا استخدامه في تحسين عمليات التصنيع والنقل للحد من الانبعاثات الضارة بالبيئة، بالإضافة إلى ذلك يمكن للذكاء الاصطناعي أيضًا تحسين عمليات الإنتاج الزراعي ومكافحة الفقر والجوع عبر توفير توجيه دقيق للزراعة وتنبؤات حول محاصيل المحاصيل والظروف الجوية، ومع ذلك يجب أن ندرك أن الذكاء الاصطناعي ليس حلاً نهائيًا، حيث يجب استخدامه بحذر وتوجيهه بناءً على مبادئ أخلاقية لضمان أن الفوائد تعود على الجميع ولا تزيد من الفجوات الاجتماعية أو تسبب تأثيرات سلبية على البيئة، وبشكل عام يمثل الذكاء الاصطناعي فرصة كبيرة لتحقيق الاستدامة من خلال توفير أدوات وتقنيات تمكننا من فهم تأثيرات أفعالنا على البيئة واتخاذ الإجراءات اللازمة للحفاظ على كوكبنا وضمان استدامته للأجيال القادمة. (١٥)

(١٤) TS٢ SPACE ، " الذكاء الاصطناعي والإدارة الذكية للنفايات: استخدام أنظمة ذكية لإعادة التدوير وتقليل النفايات"، متاح على الرابط التالي: https://ts٢.space/ar/%D٨%A٧%D٩%٨٤%D٨%B٠%D٩%٨٣%D٨%A٧%D٨%A١-%D٨%A٧%D٩%٨٤%D٨%A٧%D٨%B٥%D٨%B٧%D٩%٨٦%D٨%A٧%D٨%B٩%D٩%٨A-%D٩%٨٨%D٨%A٧%D٩%٨٤%D٨%A٥%D٨%AF%D٨%A٧%D٨%B١%D٨%A٩-%D٨%A٧%D٩%٨٤%D٨%B٠%D٩%٨٣%D٩%٨A%D٨%A٩-%D٩%٨٤%D٩%٨٤%D٩%٨٦/. تم الاطلاع بتاريخ ٢-٩-٢٠٢٣.

(١٥) The Digital Speaker, Dr Mark van Rijmenam," BUILDING A GREENER FUTURE: THE IMPORTANCE OF SUSTAINABLE AI", ٢٣,Feb, ٢٠٢٣, available at:

المطلب الثاني: تطبيقات الذكاء الاصطناعي المستدامة في مجالات مختلفة والتحديات التي يواجهها.

تمهيد وتقسيم:

تشكل التقنيات الحديثة والابتكارات التكنولوجية اليوم جزءًا أساسيًا من حياتنا اليومية، ومن بين هذه التقنيات التي تجذب اهتمام العالم بأسره هو مجال الذكاء الاصطناعي، حيث يعتبر الذكاء الاصطناعي وتطبيقاته المستدامة والمبتكرة في مجموعة متنوعة من المجالات من أهم الأدوات التي يمكن أن تساهم في تحقيق أهداف الاستدامة على الصعيدين البيئي والاقتصادي والاجتماعي، فإن استخدام الذكاء الاصطناعي في مجالات مثل إدارة الموارد الطبيعية، وتوليد الطاقة، والصحة، والنقل، والزراعة، يمكن أن يحقق تحسينات هائلة في كفاءة استهلاك الموارد وتقليل الأثر البيئي، بالإضافة إلى تعزيز التنمية الاقتصادية وتحسين جودة الحياة، ومع ذلك فإن هذا الجانب المبهر للذكاء الاصطناعي ليس بدون تحديات وتعقيدات، بل يعاني مجتمع البحث والتطوير والتنفيذ من تحديات متنوعة، لذا نوضح من خلال هذا المطلب استكشاف وتحليل تطبيقات الذكاء الاصطناعي المستدامة في مختلف المجالات، وفهم التحديات التي تواجه هذه التطبيقات، والبحث في السبل الكفيلة بالتغلب على هذه التحديات من أجل تعزيز الاستدامة وتحقيق أقصى فوائد من هذا الاستثمار الحيوي في المستقبل فيما يلي:

اولاً: تطبيقات الذكاء الاصطناعي المستدامة

تهدف تطبيقات الذكاء الاصطناعي المستدامة إلى استخدام التقنيات الذكية لحل المشاكل البيئية والاقتصادية والاجتماعية التي نواجهها اليوم والتي تؤثر على استدامة كوكب الأرض وجودتنا في الحياة، وتشمل هذه التطبيقات استخدام الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة استخدام الموارد مثل المياه والطاقة، وفهم وتنبؤ الظواهر البيئية مثل تغير المناخ وانقراض الأنواع، وتطوير حلاً لمشاكل صحية مثل اكتشاف الأمراض المعدية بسرعة أكبر، وتسعى هذه التطبيقات إلى تحقيق التوازن بين استخدامنا للتكنولوجيا وحفاظنا على البيئة وموردينا الطبيعيين للموارد، حيث تمثل خطوة مهمة نحو تحقيق مستقبل أكثر استدامة وصحة للأجيال القادمة ونوضح التطبيقات فيما يلي:

١. مراقبة إزالة الغابات:

https://www.thedigitalspeaker.com/greener-future-importance-sustainable-ai/. Reviewed on ٣-٩-٢٠٢٣.

استخدام الذكاء الاصطناعي (AI) يمكن أن يحدث ثورة في طريقة مراقبة الغابات من خلال الأقمار الصناعية، مما يتيح للعلماء استخدام خوارزميات الذكاء الاصطناعي لمعالجة الصور الملتقطة من الأقمار الصناعية بسرعة ودقة لاكتشاف وتحليل التغييرات في الغطاء النباتي والبيانات الأخرى المتعلقة بصحة الغابات، ويعتبر النظام الذكي الذي يعتمد على الذكاء الاصطناعي أسرع بكثير من الأساليب التقليدية لجمع وتحليل البيانات، فاستخدام الذكاء الاصطناعي يمكن للعلماء تحديد التغييرات في الغابة بسرعة، مثل إزالة الأشجار وعمليات إعادة التحريج، واكتشاف التهديدات المحتملة لصحة الغابات، مما يوفر الوقت والموارد ويسمح للعلماء بالتركيز على تطوير حلول فعالة لحماية الغابات، بالإضافة إلى ذلك، يساعد الذكاء الاصطناعي في تحسين دقة مراقبة الغابات عبر الأقمار الصناعية، ويساعد استخدام خوارزميات الذكاء الاصطناعي، العلماء على اكتشاف التغييرات في الغابة التي قد لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة، مما يمنحهم فهمًا أفضل لديناميات الغابة والقدرة على تحديد التهديدات المحتملة لصحتها. وتُستخدم خوارزميات الذكاء الاصطناعي أيضًا لاكتشاف ومراقبة قطع الأشجار غير القانونية والأنشطة الضارة الأخرى التي يمكن أن تؤثر بشكل سلبي على البيئة، فمن خلال مراقبة هذه الأنشطة يمكن للعلماء المساهمة في حماية الغابات من التدمير وضمان استمراريتها كجزء صحي من البيئة، وذلك باستخدام الذكاء الاصطناعي لرصد الغابات من خلال الأقمار الصناعية، ويمكن أن يحدث تحول كبير في كيفية الدراسة والحفاظ على الغابات من خلال توفير بيانات أكثر دقة وسرعة، مما يتيح لهم تطوير حلول فعالة لحماية الغابات والمحافظة عليها للأجيال القادمة. [١٦]

٢. الكشف عن الصيد غير القانوني وإدارة المياه:

(١٦) Marcin Frąckiewicz، TS٢ SPACE "مزايا الذكاء الاصطناعي في مراقبة الغابات وإدارتها عبر الأقمار الصناعية"، بتاريخ ٧-٢٠٢٣ متاح على الرابط التالي:
https://ts٢.space/ar/%D٩٪٨٥٪D٨٪B٢٪D٨٪A٧٪D٩٪٨A%D٨٪A٧-%D٨٪A٧٪D٩٪٨٤٪D٨٪B٠٪D٩٪٨٣٪D٨٪A٧٪D٨٪A١-%D٨٪A٧٪D٩٪٨٤٪D٨٪A٧٪D٨٪B٥٪D٨٪B٧٪D٩٪٨٦٪D٨٪A٧٪D٨٪B٩٪D٩٪٨A-%D٩٪٨١٪D٩٪٨A-%D٩٪٨٥٪D٨٪B١٪D٨٪A٧٪D٩٪٨٢٪D٨٪A٨٪D٨٪A٩-%D٨٪A٧٪D٩٪٨٤٪D٨٪BA%D٨٪A٧/. تم الاطلاع بتاريخ ٣-٩-٢٠٢٣.

شكل الصيد غير القانوني تهديداً كبيراً للنظم البيئية البحرية، وقد أثر بشكل سلبي على استدامة موارد الأسماك في العديد من المناطق البحرية حول العالم، ولحماية هذه النظم البيئية الهامة يأتي الذكاء الاصطناعي كحلاً مبتكراً يمكن استخدامه للكشف عن أنشطة الصيد غير القانونية ومنعها.

فعلى سبيل المثال، يعتمد مشروع "Ocean Mind" على تكنولوجيا الذكاء الاصطناعي لرصد الأنشطة البحرية، حيث يتيح هذا المشروع استخدام صور الأقمار الصناعية وبيانات تتبع السفن والخوارزميات الذكية لمراقبة أنشطة الصيد وتحديد السفن غير القانونية وغير المبلغ عنها وغير المنظمة، وبفضل هذه التقنيات تم تحقيق تقدم كبير في الحد من الصيد غير الشرعي في مناطق مثل غرب أفريقيا وجنوب شرق آسيا، بالإضافة إلى ذلك يستخدم مشروع "Global Fishing Watch" الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي لمراقبة حركة السفن وأنشطة الصيد في الوقت الفعلي، ويمكن لهذا المشروع تحديد أنشطة الصيد غير القانونية واتخاذ إجراءات فورية لمنعها، وبالتالي يتم الحفاظ على النظم البيئية البحرية وضمان استدامة مخزونات الأسماك، ويمكن أيضًا استخدام الذكاء الاصطناعي في مجال إدارة المياه لتحسين مراقبة وإدارة موارد المياه، ذلك من خلال تحليل البيانات من مستشعرات وأجهزة استشعار مختلفة، ويمكن للذكاء الاصطناعي أن يساعد في تحديد التسريبات وتوقع أنماط استخدام المياه وتحسين نظم إدارة الموارد المائية، وبذلك يمكن تقليل هدر المياه والمحافظة على هذا المورد الحيوي بشكل أفضل، فاستخدام الذكاء الاصطناعي لرصد ومنع أنشطة الصيد غير القانونية وتحسين إدارة المياه هو مثال بارز على كيفية استغلال التكنولوجيا الحديثة في حماية البيئة وتحقيق الاستدامة، مما يساهم الذكاء الاصطناعي بفعالية في المساهمة في أهداف الاستدامة والحفاظ على النظم البيئية للأجيال الحالية والمستقبلية. [١٧]

٣. الزراعة المستدامة:

(١٧) الشرق الأوسط،" نظم الذكاء الاصطناعي للحفاظ على أسماك البحر الأحمر تقنيات جديدة تضع المصائد بالسعودية على مقياس الاستدامة في حماية الأنواع المهددة من الصيد الجائر" مقال منشور بتاريخ ٢-٧-٢٠٢٣ متاح على الموقع التالي: https://aawsat.com/%D8%B9%D9%84%D9%88%D9%85/٤٤١٢١٩٦-%D9%86%D8%B8%D9%85-%D8%A7%D9%84%D8%B0%D9%83%D8%A7%D8%A1-%D8%A7%D9%84%D8%A7%D8%B5%D8%B7%D9%86%D8%A7%D8%B9%D9%8A-%D9%84%D9%84%D8%AD%D9%81%D8%A7%D8%B8-%D8%B9%D9%84%D9%89-%D8%A3%D8%B3%D9%85%D8%A7%D9%83-%D8%A7%D9%84%D8%A8%D8%AD%D8%B1-%D8%A7%D9%84%D8%A3%D8%AD%D9%85%D8%B1. تم الاطلاع بتاريخ ٣-٩-٢٠٢٣.

يشهد استخدام الذكاء الاصطناعي في مجال الزراعة المستدامة وعلم النبات اهتمامًا متزايدًا في ضوء التحديات التي تواجه الأمن الغذائي العالمي وضرورة الحفاظ على البيئة، ويُستخدم الذكاء الاصطناعي الذي يعتبر تفسيرًا تكنولوجيًا للذكاء البشري، لتحسين عمليات الزراعة وزيادة إنتاجية المحاصيل، ويأتي ذلك في ظل التحدي الكبير لزيادة إنتاج الغذاء لتلبية احتياجات السكان المتنامية في عالم متغير بسرعة، ولتحقيق ذلك يعتمد المزارعون على التكنولوجيا لزيادة إنتاجيتهم والحفاظ على موارد الأرض والمياه والطاقة، ويُستخدم الذكاء الاصطناعي في تطوير نظم مراقبة متطورة تتيح رصد صحة المحاصيل وتوقع التغيرات الجوية وتحسين عمليات الري والتسميد، حيث تقوم هذه الأنظمة بجمع وتحليل كميات هائلة من البيانات من مصادر متعددة مثل الأقمار الصناعية والطائرات بدون طيار وأجهزة استشعار الأرض، ويمكن للخوارزميات التعلم الآلي أن تستفيد من هذه البيانات لاتخاذ قرارات دقيقة تزيد من إنتاجية المحاصيل بكفاءة وتقليل التأثير على البيئة، ومن خلال الذكاء الاصطناعي يمكن اكتشاف الأمراض النباتية في مراحلها المبكرة، مما يتيح للمزارعين التدخل بسرعة وفعالية لمعالجة هذه المشكلات والحد من استخدام المبيدات الضارة، وينتج عن ذلك تحسين إنتاج المزارع والمساهمة في الحفاظ على البيئة، وهذا يعتبر أحد الأهداف الرئيسية للزراعة المستدامة، وبهذه الطريقة يساهم الذكاء الاصطناعي بشكل كبير في تعزيز الاستدامة في الزراعة وعلم النبات، ويساهم في تلبية احتياجات الغذاء المتزايدة للسكان العالميين والحفاظ على البيئة للأجيال القادمة. [١٨]

٤. استهلاك الطاقة في المباني التجارية والبناء:

يتم استخدام الذكاء الاصطناعي بشكل متزايد لتحسين أنظمة الطاقة المتجددة وزيادة كفاءة استخدام الطاقة، فعلى سبيل المثال تعتمد شركة Verdigris الناشئة على خوارزميات الذكاء الاصطناعي لتحليل أنماط استهلاك الطاقة في المباني التجارية وتحديد المناطق التي يمكن فيها تقليل هدر الطاقة، وقد أدت هذه التكنولوجيا إلى تقليل فواتير الطاقة للشركات بنسبة تصل إلى ٢٠٪. كما يمكن للذكاء الاصطناعي أن يساهم في تحسين استخدام الطاقة في المباني، مما ينقص من استهلاك الطاقة وانبعاثات الغازات الدفيئة، وفي مجال صناعة البناء والتشييد يمكن أيضًا للذكاء الاصطناعي أن يلعب دورًا حاسمًا في تقليل التأثير البيئي لمواد البناء، ومن خلال تحليل بيانات دورة حياة المواد يمكن للذكاء

---

[١٨] (TS٢ SPACE)، "دور الذكاء الاصطناعي في الزراعة المستدامة وعلم النبات"، مقال منشور بتاريخ ٨-٢٠٢٣، متاح على الرابط التالي: https://ts٢.space/ar/%D٨٪AF%D٩٪٨٨٪D٨٪B١-%D٨٪A٧٪D٩٪٨٤٪D٨٪B٠٪D٩٪٨٣٪D٨٪A٧٪D٨٪A١-%D٨٪A٧٪D٩٪٨٤٪D٨٪A٧٪D٨٪B٥٪D٨٪B٧٪D٩٪٨٦٪D٨٪A٧٪D٨٪B٩٪D٩٪٨A-%D٩٪٨١٪D٩٪٨A-%D٨٪A٧٪D٩٪٨٤٪D٨٪B٢٪D٨٪B١٪D٨٪A٧٪D٨٪B٩٪D٨٪A٩-%D٨٪A٧٪D٩٪٨٤٪D٩٪٨٥٪D٨٪B٣٪D٨٪AA/. تم الاطلاع بتاريخ ٣-٩-٢٠٢٣.

الاصطناعي أن يساعد في تحديد بدائل أكثر استدامة، مما يقلل من التأثير البيئي الناتج عن عمليات البناء، وتساهم هذه الاستخدامات بشكل كبير في تحقيق أهداف الاستدامة في قطاعات الطاقة والبنية التحتية والبناء. (١٩)

٥. نمذجة المناخ:

الذكاء الاصطناعي يلعب دورًا مهمًا في نمذجة وتنبؤ تغير المناخ، وهو أمر ضروري في ظل التحديات المتزايدة المتعلقة بتغير المناخ وآثاره على كوكب الأرض، ويعتبر تغير المناخ واحدًا من أكبر التحديات التي تواجه البشرية في القرن الواحد والعشرين، ويتطلب فهمًا دقيقًا وتوقعات موثوقة لمساعدتنا على التكيف واتخاذ التدابير اللازمة، حيث يساهم الذكاء الاصطناعي في تحسين نمذجة تغير المناخ من خلال قدرته على معالجة البيانات بشكل فعال وتحليل الأنماط الكبيرة والمعقدة في البيانات البيئية، فهو يمكن من تطوير نماذج أكثر دقة وتفصيلاً لتوقعات المناخ وتقديم تحليلات مستندة إلى البيانات لاتخاذ القرارات الفعالة، فعلى سبيل المثال يمكن للذكاء الاصطناعي تحسين توقعات حالات الطقس على المدى القريب والبعيد، مما يساعد في التحضير للأحداث المناخية القادمة مثل العواصف والفيضانات والجفاف، كما يمكن استخدام الذكاء الاصطناعي في تحليل بيانات تاريخية للمناخ والاستفادة منها في تطوير نماذج تنبؤية للمناخ على المدى البعيد، وبالإضافة إلى ذلك يمكن للذكاء الاصطناعي مساعدة الباحثين في فهم تأثيرات تغير المناخ على البيئة والكائنات الحية، مما يمكن من اتخاذ إجراءات حماية أكثر فعالية للمحيطات والغابات والكائنات البرية، وبالتالي يمكن القول إن الذكاء الاصطناعي يلعب دورًا حيويًا في تعزيز فهمنا لتغير المناخ ومكافحته، ويمكنه أن يساعد في تحسين توقعات المناخ وتطوير استراتيجيات للتكيف مع تلك التغيرات بفعالية أكبر. (٢٠)

٦. مبادرات الطاقة الخضراء للبنية التحتية للذكاء الاصطناعي:

(١٩) The Digital Speaker, Dr Mark van Rijmenam," BUILDING A GREENER FUTURE…., op cit.

(٢٠) بوابة المعلومات، "دور الذكاء الاصطناعي في نمذجة وتنبؤ تغير المناخ"، مقال منشور بتاريخ ٢٦-٥-٢٠٢٣، متاح على الموقع الحالي: https://gatenology.com/%D٨٪AF%D٩٪٨٨٪D٨٪B١-%D٨٪A٧٪D٩٪٨٤٪D٨٪B٠٪D٩٪٨٣٪D٨٪A٧٪D٨٪A١-%D٨٪A٧٪D٩٪٨٤٪D٨٪A٧٪D٨٪B٥٪D٨٪B٧٪D٩٪٨٦٪D٨٪A٧٪D٨٪B٩٪D٩٪٨A-%D٩٪٨١٪D٩٪٨A-%D٩٪٨٦٪D٩٪٨٥٪D٨٪B٠٪D٨٪AC%D٨٪A٩-%D٩٪٨٨٪D٨٪AA%D٩٪٨٦٪D٨٪A٨٪D٨٪A٤-%D٨٪AA%D٨٪BA/. تم الاطلاع بتاريخ ٣-٩-٢٠٢٣.

التكامل المستدام بين الذكاء الاصطناعي والبيئة النظيفة يمكن أن يحدث ثورة في مجال الذكاء الاصطناعي ويقلل من الانبعاثات الكربونية، ويمكن أن تلعب هذه الجهود دورًا هامًا في مكافحة تغير المناخ والحد من تأثيراته السلبية على البيئة، فقد تم توجيه الاهتمام نحو استخدام الطاقة المتجددة لتشغيل مراكز البيانات الضرورية للذكاء الاصطناعي، وارتبطت العديد من الشركات الكبيرة مثل Google وMicrosoft بالتزامها باستخدام الطاقة المتجددة بنسبة ١٠٠٪ لتشغيل مراكز البيانات الخاصة بها، مما يقلل بشكل كبير من البصمة الكربونية لهذه المرافق، بالإضافة إلى ذلك يتم التفكير في تصميم شرائح وبرامج ذكاء اصطناعي أكثر كفاءة في استخدام الطاقة، ويتم استكشاف الحوسبة المتقدمة كوسيلة لتقليل استهلاك الطاقة في الذكاء الاصطناعي، ويتم تطوير خوارزميات أكثر كفاءة لتدريب النماذج، وتأتي الجهود في إطار التزام أكبر لتحقيق تكنولوجيا الذكاء الاصطناعي بشكل مستدام ومسؤول، والمساهمة في خلق مستقبل أكثر استدامة. [٢١]

ثانياً: التحديات التي تواجه الذكاء الاصطناعي المستدام:

على الرغم من الإنجازات والتطورات العلمية الكبيرة التي حققها الذكاء الاصطناعي في مختلف المجالات، إلا أن هناك تحديات وقضايا تحتاج إلى توضيح وفهم أفضل، حيث يُشاع غالبًا تضخيم قدرات الذكاء الاصطناعي ويُظهره بصورة أكبر من الواقع، وبالتالي يُمكن أن يؤدي إلى توهم بعض الأفراد بشأن قدراته الفعلية، بالإضافة إلى ذلك هناك قيود تقنية تواجه عالم الذكاء الاصطناعي، وقد تعيق عمليات تطويره واستخدامه بكفاءة، وفيما يلي يتم تسليط الضوء على بعض هذه التحديات والقضايا الحالية التي يجب معالجتها وفهمها بشكل أفضل من قبل مراكز البحث والتطوير في ميدان الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي:

١. **التحديات في سرعة الحوسبة للذكاء الاصطناعي:**

يعتمد الذكاء الاصطناعي على أنظمة معالجة تتطلب أجهزة حاسوبية متطورة جدًا، وبالرغم من أهمية الحوسبة السحابية كحلاً محتملًا، إلا أن الأجهزة والبرمجيات الحالية قد لا تكون كافية دائمًا، ويظهر هذا التحدي بوضوح في تقنيات الذكاء الاصطناعي مثل التعلم الآلي والتعلم العميق، حيث يتعين أن يتم الحساب بسرعة خيالية، وقد يكون الوقت المطلوب للحساب في بعض الحالات أقصر حتى من جزء من النانو ثانية، لذا تواجه الحوسبة الفعالة تحديًا كبيرًا في هذا السياق.

(٢١) The Digital Speaker, Dr Mark van Rijmenam," BUILDING A GREENER FUTURE…., op cit.

٢. **الدعم غير الكافي:**

من أكبر التحديات التي تواجه مجال تطوير برمجيات الذكاء الاصطناعي هو عدم فهم وعدم التقبل الكافي لهذه التقنية من قبل الجمهور العام، ويعود ذلك جزئياً إلى قلة الوعي والتفاهم حول ماهية الذكاء الاصطناعي وكيفية عمله، حيث يؤدي هذا النقص في الوعي إلى عدم وجود الطلب على حلول الذكاء الاصطناعي من قبل الجمهور وبالتالي لا تحظى هذه الصناعة بالدعم والاستثمار الكافي، وبسبب هذا النقص في الطلب تجد الشركات والمنظمات صعوبة في الاستثمار في مشاريع الذكاء الاصطناعي وتطويرها. فالاستثمارات تتطلب توجيه الأموال والموارد إلى مجالات تحظى بالاهتمام والطلب، وهذا قد يكون تحديًا لتقدم هذه التقنية، لحل هذه المشكلة يجب زيادة الوعي العام بمفاهيم الذكاء الاصطناعي وتعزيز التفهم حول الفوائد التي يمكن أن يقدمها، يمكن ذلك من خلال التعليم والتوعية والشروحات البسيطة حول كيفية يمكن للذكاء الاصطناعي مساعدة البشر في مجموعة متنوعة من المجالات، بالإضافة إلى ذلك يمكن للحكومات والمؤسسات البحثية والصناعية دعم البحث والتطوير في مجال الذكاء الاصطناعي وتقديم الحوافز المالية والموارد لتعزيز نمو هذا القطاع، ويمكن لهذه الجهود المشتركة أن تساهم في تطوير التقنيات والحلول الذكية وتعزيز التفهم والاستخدام الأوسع للذكاء الاصطناعي في المستقبل. [٢٢]

٣. **تأثير القيم على تقنيات الذكاء الاصطناعي "التفاعل بين التكنولوجيا والأخلاق":**

تعكس تطبيقات الذكاء الاصطناعي نوايا مطوريها ومعتقداتهم الشخصية، ويأخذ هؤلاء المطورون في اعتبارهم قيمهم الشخصية وتشكيلها من خلال خلفيتهم الثقافية والاجتماعية، وبما أن تلك التطبيقات تتفاعل مع الحياة الاجتماعية، فإنها قد تنقل المشكلات الاجتماعية إلى عالم التكنولوجيا، مما يثير تساؤلات حول تصميم الخوارزميات وما إذا كانت عادلة وعادلة وشفافة أم لا، ولكن الجوهر هو أن الخوارزميات ليست العامل الوحيد الذي يتحكم في التكنولوجيا، بل يتحكم مهندسو البرمجيات الذين يقومون ببرمجة هذه التطبيقات، وبالتالي ، تلعب بيئة ومصادر البيانات التي يتم استخدامها في تدريب هذه التطبيقات دورًا في تشكيلها. [٢٣]

---

(٢٢) CISIN "We make it possible", "Greatest challenges to developing quality al apps?", available at: https://www.cisin.com/coffee-break/enterprise/greatest-challenges-to-developing-quality-ai-apps.html., Reviewed on ٤-٩-٢٠٢٣.

(٢٣) Taylor & Francis Online, Kitchin R," Thinking critically about and researching algorithms",٢٠١٧, available at: https://www.tandfonline.com/doi/full/١٠,١٠٨٠/١٣٦٩١١٨X.٢٠١٦,١١٥٤٠٨٧. Reviewed on ٤-٩-٢٠٢٣.

٤. **محدودية الكفاءات التكنولوجية:**

في الوقت الحالي، هناك نقصًا كبيرًا في عدد الأشخاص القادرين على البحث وتطوير تطبيقات الذكاء الاصطناعي، ويعود هذا النقص إلى طبيعة العمليات التي تشمل تطوير تلك التطبيقات، حيث لا تقتصر على استخدام برامج معينة بحد ذاتها، بل يتعين أيضًا تكييف البرمجيات الذكية مع مجموعة محددة من البيانات التي يتم جمعها واستخدامها في سياق معين، مما يتطلب وجود مهارات ومواهب محددة يمتلكها عدد قليل نسبيًا من الأشخاص حول العالم. [٢٤]

٥. **تحديات البنية التحتية والمالية في مجال الذكاء الاصطناعي:**

في الوقت الحالي، هناك اتجاه نحو تجهيز المزيد من الأجهزة ببرامج ذكية وربطها بشبكة الإنترنت، وتشمل هذه الأجهزة السيارات والطائرات والسفن وإشارات الطرق وأنظمة الأسلحة والأقمار الصناعية والمستشفيات ومحطات الطاقة والآلات الزراعية، وهذا ما يعرف بـ "إنترنت الأشياء"، ومع ذلك هناك تحديات متعلقة بالأمان والخصوصية فيما يتعلق بمعالجة البيانات في هذه الأنظمة، وغالبًا ما تكون هذه الأنظمة عرضة للهجمات الإلكترونية وتواجه صعوبة في توفير مستوى عالٍ من الأمان والنزاهة للبيانات، وهناك تحدي آخر يتمثل في محاولة جعل هذه الأنظمة أكثر أمانًا وفعالية ، ومن أجل بناء التعقيد التكنولوجي وضمان الأمان، يجب تلبية عدة متطلبات مادية مهمة.

٦. **قلة مرونة خوارزميات التعلم الآلي في أداء وظائفها:**

قبل استخدام التطبيقات الذكية يجب تدريب الخوارزميات الأساسية، ومع ذلك يؤدي تدريبها مع مجموعات بيانات معينة إلى تخصصها، مما يجعلها غير مرنة، فقد يؤدي تغيير بسيط في المدخلات إلى أخطاء في الأداء، وعلى العكس يمكن للبشر التكيف بسهولة مع التغييرات والمتغيرات في الألعاب والنصوص، بينما يمكن للبرمجيات التي تعتمد على التعلم الآلي تحسين أدائها من خلال التدريب المتكرر، إلا أنها لا تزال تحتاج إلى بيئة معينة وأهداف محددة، وفي حين يمكن للبشر التكيف بسرعة مع الأوضاع الجديدة والقواعد المختلفة، تحتاج الأجهزة الحاسوبية إلى وقت وموارد كبيرة لضبط تلك العمليات، ويرجع السبب في ذلك إلى أن البشر لديهم معرفة مسبقة بالعديد من الأمور الواقعية مثل العلاقات السببية والهندسة، بينما تبدأ خوارزميات التعلم الآلي غالبًا من الصفر.

([٢٤])Litjens GJS, Barentsz JO, Karssemeijer N, et aI. (٢٠١٥). Clinical evaluation of a computer-aided diagnosis system for determining cancer aggressiveness in prostate MRI. Available at: https://www.bhef.com/publications/quant-crunch-how-demand-data-science-skills-disrupting-job-market. Reviewed on ٤-٩-٢٠٢٣.

٧. **الأساسيات واستثناءات في الذكاء الاصطناعي:**

هناك تحديات أخرى تضاف إلى مجال الذكاء الاصطناعي، فعلى سبيل المثال، يمكن لبرامج التعرف على الصور التعامل بشكل جيد مع الصور القياسية والواضحة، ولكن هناك صعوبة في التعامل مع الصور التي تحتوي على عناصر معقدة، وهذه الصور لا يمكن تضمينها بسهولة في مجموعات البيانات التي تُستخدم لتدريب هذه البرامج، وفي هذا السياق يمكن أن تحتوي الصور على عناصر خاطئة بالنسبة لبرامج التعرف على الصور، وعادةً ما تكون هذه الصور تصوّر مشاهد غير اعتيادية وصعبة التفسير، بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن تشترك هذه الصور في كونها تصوّر مفاهيمًا لا يمكن فهمها أو تفسيرها بسهولة إلا من خلال الثقافة أو السياق الثقافي الخاص، ولذلك تفتقر برامج الذكاء الاصطناعي حاليًا إلى فهم السياقات المعقدة المتعلقة بالثقافة والعوامل النفسية والاقتصادية. [٢٥]

وبالرغم من الضجيج والترويج الكبير حول إمكانيات الذكاء الاصطناعي في الوقت الحالي، إلا أن هناك العديد من الجوانب التي لا يمكن لهذه التقنية تحقيقها حاليًا، أولًا تنشأ تحديات من التناقضات بين القدرات المعلنة والواقع في مجال معالجة البيانات، ثانيًا تتأثر قدرات الذكاء الاصطناعي بالسياقات الاجتماعية التي تؤثر على البحث والتطوير لهذه التقنية، وثالثًا هناك تحديات تقنية يصعب التغلب عليها. وعلى الرغم من أننا نعتقد أن العديد من التحديات التقنية ستتم حلها في المستقبل، إلا أن بعض القيود الأخرى ستبقى قائمة بغض النظر عن التطورات التقنية.

الخاتمة

(٢٥) منظمة المجتمع العلمي العربي، محمد معاذ،" ما أبرز التحديات الحالية التي تواجه الذكاء الاصطناعي؟"، ورقة بحثية منشورة بتاريخ ٢٦-١-٢٠٢١، متاح على الموقع التالي: https://arsco.org/article-detail-١٨٤٧-٥-٠. تم الاطلاع بتاريخ ٥-٩-٢٠٢٣.

بينما نكافح لمواجهة التحديات المرتبطة بالاستدامة في مواجهة التحديات البيئية العالمية، يبدو أن إمكانات الذكاء الاصطناعي لدعم التنمية المستدامة أصبحت واضحة بشكل متزايد، ويمكن للذكاء الاصطناعي أن يساعد في اتخاذ قرارات أفضل في إدارة الموارد واستخدام الطاقة والحد من التلوث، ولكن من الضروري أن نأخذ في اعتبارنا الآثار الأخلاقية لهذه التكنولوجيا، وتتعلق مسألة خصوصية البيانات بشكل مباشر بجهود الذكاء الاصطناعي لحماية البيئة، حيث تحتاج تطبيقات الذكاء الاصطناعي التي تهدف إلى حماية البيئة إلى كميات كبيرة من البيانات. وتحتوي هذه البيانات على معلومات حساسة، ويجب أن يتم جمعها واستخدامها بأمان وأخلاقياً، ومن هنا تأتي أهمية وضع قوانين ولوائح قوية لحماية البيانات وضمان الامتثال بها، ويجب أيضًا أن ننظر في العواقب غير المقصودة المحتملة لحلول الذكاء الاصطناعي المستدامة ونتخذ التدابير اللازمة للتخفيف من حدتها، ويتطلب هذا التعامل مع الذكاء الاصطناعي بأسلوب مسؤول وأخلاقي والعمل على تطوير تقنياته بطريقة تعزز من الاستدامة والمسؤولية الاجتماعية، بشكل عام يجب أن نتبنى نهجاً شاملاً للذكاء الاصطناعي المستدام يأخذ في الاعتبار الأبعاد الاجتماعية والبيئية والأخلاقية، ومن خلال ذلك يمكن تحقيق إمكانيات هذه التكنولوجيا لدعم التنمية المستدامة وخلق مستقبل أفضل للجميع.

النتائج

١. أهمية الذكاء الاصطناعي والاقتصاد الأخضر: تشير النتائج إلى أن الذكاء الاصطناعي يمكن أن يلعب دورًا بارزًا في تعزيز الاقتصاد الأخضر. يمكن استخدامه لتحسين الكفاءة في استخدام الموارد والحد من الانبعاثات الضارة وتعزيز التنمية المستدامة.

٢. أهمية تطبيقات الذكاء الاصطناعي في الاقتصاد الأخضر: تبين النتائج أن هناك مجموعة متنوعة من تطبيقات الذكاء الاصطناعي يمكن استخدامها في الاقتصاد الأخضر، بما في ذلك تحسين إدارة الموارد، وزيادة كفاءة الإنتاج، وتوجيه السياسات البيئية.

٣. التحديات التي تواجه تطبيقات الذكاء الاصطناعي في الاقتصاد الأخضر: أشارت النتائج إلى وجود تحديات متعددة تواجه تطبيقات الذكاء الاصطناعي في الاقتصاد الأخضر، بما في ذلك قضايا الخصوصية والأمان، وتوفير التدريب والتعليم، وتكنولوجيا المعلومات والبنية التحتية.

التوصيات

١. زيادة الاستثمار في البحث والتطوير: يجب على الحكومات والشركات زيادة استثماراتها في البحث والتطوير لتطوير تقنيات الذكاء الاصطناعي المستدامة وتعزيز تطبيقاتها في الاقتصاد الأخضر.

٢. تعزيز التعليم والتدريب: ينبغي تطوير برامج تعليمية وتدريبية تستهدف تأهيل القوى العاملة لفهم واستخدام التكنولوجيا البيئية والذكاء الاصطناعي بفعالية.

٣. تطوير سياسات ولوائح: يجب وضع سياسات ولوائح تشجع على استخدام التكنولوجيا البيئية وتوفير حماية للبيانات والخصوصية وتعزيز الأمان.

٤. التعاون الدولي: ينبغي تعزيز التعاون الدولي في مجال البحث والتنمية ومشاركة المعرفة والتجارب لتعزيز استفادة العالم بأسره من الذكاء الاصطناعي المستدام.

٥. تقدير التحديات الاجتماعية: يجب على الجهات المعنية تقدير التحديات الاجتماعية المرتبطة بتطبيقات الذكاء الاصطناعي في الاقتصاد الأخضر والعمل على تحقيق التوازن بين الاقتصاد والبيئة والمجتمع.

٦. التوعية والمشاركة العامة: يجب تشجيع التوعية والمشاركة العامة في مناقشة دور الذكاء الاصطناعي في تعزيز الاقتصاد الأخضر وتعزيز التفاهم والدعم.

قائمة المراجع

١. Made for minds (DW)، " الذكاء الاصطناعي. صديق أم عدو للبيئة؟"،بتاريخ ١٩-٨-٢٠٢٣، متاح على الرابط التالي: https://www.dw.com/ar/%D٨٪A٧٪D٩٪٨٤٪D٨٪B٠٪D٩٪٨٣٪D٨٪A٧٪D٨٪A١-%D٨٪A٧٪D٩٪٨٤٪D٨٪A٧٪D٨٪B٥٪D٨٪B٧٪D٩٪٨٦٪D٨٪A٧٪D٨٪B٩٪D٩٪٨A-%D٨٪B٥٪D٨٪AF%D٩٪٨A%D٩٪٨٢-%D٨٪A٣٪D٩٪٨٥-%D٨٪B٩٪D٨٪AF%D٩٪٨٨-%D٩٪٨٤%D٩٪٨٤%D٨٪A٨%D٩٪٨A%D٨٪A٦%D٨٪A٩/a-٦٦٥٠٢٤٨٨. تم الاطلاع بتاريخ ٢-٩-٢٠٢٣.
٢. TS٢ SPACE، " الذكاء الاصطناعي والإدارة الذكية للنفايات: استخدام أنظمة ذكية لإعادة التدوير وتقليل النفايات"، متاح على الرابط التالي: https://ts٢.space/ar/%D٨٪A٧٪D٩٪٨٤٪D٨٪B٠٪D٩٪٨٣٪D٨٪A٧٪D٨٪A١-%D٨٪A٧٪D٩٪٨٤٪D٨٪A٧٪D٨٪B٥٪D٨٪B٧٪D٩٪٨٦٪D٨٪A٧٪D٨٪B٩٪D٩٪٨A-%D٩٪٨٨٪D٨٪A٧٪D٩٪٨٤٪D٨٪A٥٪D٨٪AF%D٨٪A٧٪D٨٪B١٪D٨٪A٩-%D٨٪A٧٪D٩٪٨٤٪D٨٪B٠٪D٩٪٨٣٪D٩٪٨A%D٨٪A٩-%D٩٪٨٤٪D٩٪٨٤٪D٩٪٨٦/. تم الاطلاع بتاريخ ٢-٩-٢٠٢٣.
٣. TS٢ SPACE، " تكلفة الطاقة المخفية للذكاء الاصطناعي وتأثيرها على استهلاك الطاقة في مراكز البيانات"، متاح على الموقع التالي: https://ts٢.shop/ar/posts/%D٨٪AA%D٩٪٨٣٪D٩٪٨٤٪D٩٪٨١٪D٨٪A٩-%D٨٪A٧٪D٩٪٨٤٪D٨٪B٧٪D٨٪A٧٪D٩٪٨٢٪D٨٪A٩-%D٨٪A٧٪D٩٪٨٤٪D٩٪٨٥٪D٨٪AE%D٩٪٨١٪D٩٪٨A%D٨٪A٩-%D٩٪٨٤٪D٩٪٨٤٪D٨٪B٠٪D٩٪٨٣٪D٨٪A٧٪D٨٪A١-%D٨٪A٧٪D٩٪٨٤٪D٨٪A٧٪D٨٪B٥٪D٨٪B٧٪D٩٪٨٦٪D٨٪A٧٪D٨٪B٩. تم الاطلاع بتاريخ ٣-٩-٢٠٢٣.
a. TS٢ SPACE، "دور الذكاء الاصطناعي في الزراعة المستدامة وعلم النبات"، مقال منشور بتاريخ ٨-٢٠٢٣، متاح على الرابط التالي: https://ts٢.space/ar/%D٨٪AF%D٩٪٨٨٪D٨٪B١-%D٨٪A٧٪D٩٪٨٤٪D٨٪B٠٪D٩٪٨٣٪D٨٪A٧٪D٨٪A١-%D٨٪A٧٪D٩٪٨٤٪D٨٪A٧٪D٨٪B٥٪D٨٪B٧٪D٩٪٨٦٪D٨٪A٧٪D٨٪B٩٪D٩٪٨A-%D٩٪٨١٪D٩٪٨A-%D٨٪A٧٪D٩٪٨٤٪D٨٪B٢٪D٨٪B١٪D٨٪A٧٪D٨٪B٩٪D٨٪A٩-%D٨٪A٧٪D٩٪٨٤٪D٩٪٨٥٪D٨٪B٣٪D٨٪AA/. تم الاطلاع بتاريخ ٣-٩-٢٠٢٣.
٤. TS٢ SPACE، Marcin Gronkiewicz "مزايا الذكاء الاصطناعي في مراقبة الغابات وإدارتها عبر الأقمار الصناعية"، بتاريخ ٧-٢٠٢٣ متاح على الرابط التالي: https://ts٢.space/ar/%D٩٪٨٥٪D٨٪B٢٪D٨٪A٧٪D٩٪٨A%D٨٪A٧-%D٨٪A٧٪D٩٪٨٤٪D٨٪B٠٪D٩٪٨٣٪D٨٪A٧٪D٨٪A١-%D٨٪A٧٪D٩٪٨٤٪D٨٪A٧٪D٨٪B٥٪D٨٪B٧٪D٩٪٨٦٪D٨٪A٧٪D٨٪B٩٪D٩٪٨A-%D٩٪٨١٪D٩٪٨A-%D٩٪٨٥٪D٨٪B١٪D٨٪A٧٪D٩٪٨٢٪D٨٪A٨٪D٨٪A٩-%D٨٪A٧٪D٩٪٨٤٪D٨٪BA%D٨٪A٧/. تم الاطلاع بتاريخ ٣-٩-٢٠٢٣.
٥. أمل فوزي أحمد عوض محمود، " النفايات الإلكترونية.. التداعيات البيئية.. المواجهة التشريعية آليات الوقاية والحماية والنضج التقني"، كلية الحقوق جامعة عين شمس، القاهرة، دون سنة نشر، صـ ٦.
٦. برنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP)، " نحو اقتصاد أخضر مسارات إلى التنمية المستدامة والقضاء على الفقر مرجع لواضعي السياسات"، نيروبي، كينيا،٢٠١١، صـ٢.
٧. بوابة المعلومات، "دور الذكاء الاصطناعي في نمذجة وتنبؤ تغير المناخ"، مقال منشور بتاريخ ٢٦-٥-٢٠٢٣، متاح على الموقع الحالي: https://gatenology.com/%D٨٪AF%D٩٪٨٨٪D٨٪B١-%D٨٪A٧٪D٩٪٨٤٪D٨٪B٠٪D٩٪٨٣٪D٨٪A٧٪D٨٪A١-%D٨٪A٧٪D٩٪٨٤٪D٨٪A٧٪D٨٪B٥٪D٨٪B٧٪D٩٪٨٦٪D٨٪A٧٪D٨٪B٩٪D٩٪٨A-%D٩٪٨١٪D٩٪٨A-%D٩٪٨٦٪D٩٪٨٥٪D٨٪B٠٪D٨٪AC%D٨٪A٩-%D٩٪٨٨٪D٨٪AA%D٩٪٨٦٪D٨٪A٨٪D٨٪A٤-%D٨٪AA%D٨٪BA/. تم الاطلاع بتاريخ ٣-٩-٢٠٢٣..
٨. الجزيرة، محمد سناجلة، " الذكاء الاصطناعي سلاح جديد في يد البشرية لمواجهة التحديات البيئية" بتاريخ ٢٣-٨-٢٠٢٣، متاح على الموقع التالي: https://١a١٠٧٢.azureedge.net/tech/٢٠٢١/٩/٥/%D٨٪A٧٪D٩٪٨٤٪D٨٪B٠٪D٩٪٨٣٪D٨٪A٧٪D٨٪A١%D%A٧٪D٩٪٨٤٪D٨٪A٧٪D٨٪B٥٪D٨٪B٧٪D٩٪٨٦٪D٨٪A٧٪D٨٪B٩٪D٩٪٨A-%D٨٪B٣٪D٩٪٨٤٪D٨٪A٧٪D٨٪AD-%D٨٪AC%D٨٪AF%D٩٪٨A%D٨٪AF-%D٩٪٨١٪D٩٪٨A-%D٩٪٨A%D٨٪AF. تم الاطلاع بتاريخ ١-٩-٢٠٢٣.
٩. سامية الشهبي قمورة وأخرين،"ا لذكاء الاصطناعي بين الواقع والمأمول، دراسة تقنية وميدانية"، الملتقى الدولي "الذكاء الاصطناعي: تحدي جديد؟" الجزائر، ٢٦-٢٧ نوفمبر ٢٠١٨، الجزائر، صـ١١-١٢.
١٠. الشرق الأوسط،" نظم الذكاء الاصطناعي للحفاظ على أسماك البحر الأحمر تقنيات جديدة تضع المصائد بالسعودية على مقياس الاستدامة في حماية الأنواع المهددة من الصيد الجائر" مقال منشور بتاريخ ٢-٧-٢٠٢٣ متاح على الموقع التالي:

https://aawsat.com/%D٨٪B٩٪D٩٪٨٤٪D٩٪٨٨٪D٩٪٨٥/٤٤١٢١٩٦-%D٩٪٨٦٪D٨٪B٨٪D٩٪٨٥-%D٨٪A٧٪D٩٪٨٤٪D٨٪B٠٪D٩٪٨٣٪D٨٪A٧٪D٨٪A١-%D٨٪A٧٪D٩٪٨٤٪D٨٪A٧٪D٨٪B٥٪D٨٪B٧٪D٩٪٨٦٪D٨٪A٧٪D٨٪B٩٪D٩٪٨A-%D٩٪٨٤٪D٩٪٨٤٪D٨٪AD%D٩٪٨١٪D٨٪A٧٪D٨٪B٨-%D٨٪B٩٪D٩٪٨٤٪D٩٪٨٩-%D٨٪A٣٪D٨٪B٣٪D٩٪٨٥٪D٨٪A٧٪D٩٪٨٣-%D٨٪A٧٪D٩٪٨٤٪D٨٪A٨٪D٨٪AD%D٨٪B١-%D٨٪A٧٪D٩٪٨٤٪D٨٪A٣٪D٨٪AD%D٩٪٨٥٪D٨٪B١. تم الاطلاع بتاريخ ٣-٩-٢٠٢٣.

١١. لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغرب آسيا (ESCWA)، البهلول إشتيوي، " ورقة عن الاقتصاد الأخضر"، بيروت، لبنان، بدون سنة نشر، صـ٧.

١٢. المستقبل الأخضر، "هل الذكاء الاصطناعي أداة ضد تغير المناخ؟ ما هي البصمة الكربونية للذكاء الاصطناعي ولماذا تثير القلق؟

١٣. معرفة،" خصائص الذكاء الاصطناعي "، متاح على الموقع التالي: https://marifeh.com/%D٨٪AE%D٨٪B٥%D٨٪A٧%D٨٪A٦%D٨٪B٥%D٨٪A٧%D٩٪٨٤%D٨٪B٠%D٩٪٨٣%D٨٪A٧%D٨٪A١-%D٨٪A٧%D٩٪٨٤%D٨٪A٧%D٨٪B٥%D٨٪B٧%D٩٪٨٦%D٨٪A٧%D٨٪B٩%D٩٪٨A/. تم الاطلاع بتاريخ ٢٥-٨-٢٠٢٣.

١٤. منظمة المجتمع العلمي العربي، محمد معاذ،" ما أبرز التحديات الحالية التي تواجه الذكاء الاصطناعي؟"، ورقة بحثية منشورة بتاريخ ٢٦-١-٢٠٢١، متاح على الموقع التالي: https://arsco.org/article-detail-١٨٤٧-٥-٠. تم الاطلاع بتاريخ ٥-٩-٢٠٢٣.

١٥. هل يمكن تصميم أدوات الذكاء الاصطناعي بطريقة صديقة للبيئة؟"، بتاريخ ٢٧-٨-٢٠٢٣،متاح على الرابط التالي:-https://greenfue.com/%D٩٪٨٧%D٩٪٨٤-%D٨٪A٧%D٩٪٨٤%D٨٪B٠%D٩٪٨٣%D٨٪A٧%D٨٪A١-%D٨٪A٧%D٩٪٨٤%D٨٪A٧%D٨٪B٥%D٨٪B٧%D٩٪٨٦%D٨٪A٧%D٨٪B٩%D٩٪٨A-%D٨٪A٣%D٨٪AF%D٨٪A٧%D٨٪A٩-%D٨٪B٦%D٨٪AF-%D٨٪AA%D٨٪BA%D٩٪٨A%D٨٪B١-%D٨٪A٧%D٩٪٨٤%D٩٪٨٥%D٩٪٨٦%D٨٪A٧/. تم الاطلاع بتاريخ ٢-٢٠٢٣.

١. CISIN "We make it possible", "Greatest challenges to developing quality al apps?", available at: https://www.cisin.com/coffee-break/enterprise/greatest-challenges-to-developing-quality-ai-apps.html., Reviewed on ٤-٩-٢٠٢٣.

٢. Ivy Partners, 'Green AI: An Environmental Problem or a Sustainable Solution?", available at: https://www.ivy.partners/green-ai-an-environmental-problem-or-a-sustainable-solution/.٦-٧-٢٠٢٣, Reviewed on ١-٩-٢٠٢٣.

٣. Litjens GJS, Barentsz JO, Karssemeijer N, et aI. (٢٠١٥). Clinical evaluation of a computer-aided diagnosis system for determining cancer aggressiveness in prostate MRI. Available at: https://www.bhef.com/publications/quant-crunch-how-demand-data-science-skills-disrupting-job-market. Reviewed on ٤-٩-٢٠٢٣.

٤. Taylor & Francis Online, Kitchin R," Thinking critically about and researching algorithms",٢٠١٧, available at: https://www.tandfonline.com/doi/full/١٠,١٠٨٠/١٣٦٩١١٨X.٢٠١٦,١١٥٤٠٨٧. Reviewed on ٤-٩-٢٠٢٣.

٥. Techopedia," Sustainable AI: Balancing Innovation and Environmental Responsibility", Dr. Tahseen Zia, ٢٦ June ٢٠٢٣, available at: https://www.techopedia.com/sustainable-ai-balancing-innovation-and-environmental-responsibility. Reviewed on ٢٠-٨-٢٠٢٣.

٦. TechTarget, " artificial intelligence (AI)", Ed Burns, Nicole Laskowski, Linda Tucci, available at: https://www.techtarget.com/searchenterpriseai/definition/AI-Artificial-Intelligence. ١٠-١-٢٠٢٢, Reviewed on:١-٩-٢٠٢٣.

٧. The Digital Speaker, Dr Mark van Rijmenam," BUILDING A GREENER FUTURE: THE IMPORTANCEOFSUSTAINABLEAI",٢٣,Feb,٢٠٢٣,availableat: https://www.thedigitalspeaker.com/greener-future-importance-sustainable-ai/. Reviewed on ٣-٩-٢٠٢٣.