الذكاء الاصطناعي والبيئة

دور الذكاء الاصطناعي في حماية البيئة وتحقيق الاستدامة

إعداد

قطاع شئون البيئة وخدمة المجتمع
بكلية الحاسبات والمعلومات
جامعة الزقازيق

تحت رعاية

أ.د. خالد علي الدرندلي
رئيس جامعة الزقازيق

أ.د. جيهان يسرى ايوب
نائب رئيس الجامعة لشئون البيئة
وخدمة المجتمع

أ.د. امل فاروق عبدالجواد
عميد كلية الحاسبات والمعلومات

اعداد

قطاع شئون البيئة وخدمة المجتمع
بكلية الحاسبات والمعلومات
جامعة الزقازيق

****

جدول المحتويات

م	العنوان	رقم الصفحة
1	الفصل الأول: مقدمة عن الذكاء الاصطناعي والبيئة	1
2	الفصل الثاني: الذكاء الاصطناعي في الزراعة	8
3	الفصل الثالث: الذكاء الاصطناعي في الصناعة	15
4	الفصل الرابع: الذكاء الاصطناعي في الطاقة	21
5	الفصل الخامس: الذكاء الاصطناعي في إدارة الموارد المائية	28
6	الفصل السادس: الذكاء الاصطناعي في بناء المدن الذكية والمستدامة	34
7	الفصل السابع: التحديات والمخاطر	40
8	الفصل الثامن: رؤى مستقبلية وتوصيات	44
9	الخاتمة	48
10	المصادر	49

****

الفصل الأول

مقدمة عن الذكاء الاصطناعي والبيئة

الفصل الأول: مقدمة عن الذكاء الاصطناعي والبيئة

1.1 تعريف الذكاء الاصطناعي

الذكاء الاصطناعي (AI) هو أحد فروع علوم الحاسوب التي تركز على تطوير أنظمة قادرة على محاكاة القدرات الذهنية البشرية وأداء مهام معقدة تتطلب ذكاءً وفهمًا. تعود جذور الذكاء الاصطناعي إلى منتصف القرن العشرين، حين بدأ العلماء في تطوير نماذج رياضية وخوارزميات تساعد الآلات على تنفيذ المهام التي تتطلب التفكير البشري. شهد هذا المجال قفزات نوعية مع ظهور الحواسيب الحديثة وازدياد قدراتها.

يشمل هذا المجال العديد من التقنيات مثل التعلم الآلي(Machine Learning) ، الذي يتيح للأجهزة تعلم الأنماط من البيانات وتحسين أدائها بمرور الوقت، والتعلم العميق(Deep Learning) ، الذي يعتمد على الشبكات العصبية الاصطناعية المستوحاة من طريقة عمل الدماغ البشري. بالإضافة إلى ذلك، تلعب معالجة اللغة الطبيعية (Natural Language Processing) دورًا حيويًا في تمكين الأنظمة من فهم اللغة البشرية والتفاعل معها.

ومن بين التقنيات الأخرى المهمة:

- الرؤية الحاسوبية :(Computer Vision) التي تمكن الأجهزة من تحليل الصور والفيديوهات والتعرف على العناصر الموجودة فيها. تُستخدم هذه التقنية في العديد من التطبيقات، مثل مراقبة الأنظمة البيئية وتتبع التغيرات في الغطاء النباتي.
- الروبوتات الذكية: التي تجمع بين الذكاء الاصطناعي والميكانيكا المتقدمة لأداء مهام في البيئات الصعبة، مثل تنظيف المحيطات أو التعامل مع النفايات الخطرة.
- أنظمة التوصيات :(Recommendation Systems) التي تساعد على تقديم اقتراحات مخصصة بناءً على البيانات السابقة، مما يمكن أن يُستخدم لتشجيع الأفراد على تبني ممارسات بيئية مستدامة.

وقد ساهمت هذه التقنيات بشكل كبير في تطوير حلول مبتكرة في مختلف القطاعات، بما في ذلك حماية البيئة. ومع تزايد قوة الحوسبة وتوفر البيانات الضخمة، يستمر الذكاء الاصطناعي في التطور ليصبح أداة أساسية لمواجهة التحديات البيئية وتحقيق الاستدامة.

1.2 التحديات البيئية الكبرى

شهد العالم خلال العقود الأخيرة تصاعدًا ملحوظًا في التحديات البيئية، ما يجعل الاستدامة البيئية هدفًا رئيسيًا للبشرية. التغير المناخي يُعد من أخطر القضايا التي تواجه كوكب الأرض، حيث ترتفع درجات الحرارة العالمية بسبب الانبعاثات المستمرة لغازات الدفيئة. هذا التغير له تأثيرات كارثية تشمل ذوبان الجليد القطبي وارتفاع مستوى سطح البحر، مما يهدد المجتمعات الساحلية والنظم البيئية الهشة. إضافة إلى ذلك، يعاني العالم من مشكلة التصحر، حيث تفقد الأراضي الزراعية خصوبتها نتيجة الأنشطة البشرية غير المستدامة مثل إزالة الغابات والرعي الجائر. ويصاحب هذا التصحر فقدان التنوع البيولوجي، وهو ما يعرض الأنواع النباتية والحيوانية لخطر الانقراض بمعدل يفوق المعدل الطبيعي بكثير.

التلوث البيئي، سواء كان في الهواء أو الماء أو التربة، يمثل تحديًا آخر ذا أبعاد خطيرة. الانبعاثات الصناعية، والنفايات البلاستيكية، والتلوث الكيميائي تهدد صحة الإنسان والحياة البرية. ومن بين التحديات البيئية الأخرى التي تبرز بشكل واضح: وتؤثر علينا بشكل كبير هي مشكلة نضوب الموارد الطبيعية، حيث يستهلك البشر الموارد الطبيعية بمعدلات تفوق قدرتها على التجدد. يُعتبر الاستغلال المفرط للمياه العذبة، وإزالة الغابات بشكل واسع، واستخراج الوقود الأحفوري من أبرز الأمثلة على ذلك، مما يؤدي إلى اختلال التوازن البيئي وزيادة هشاشة النظم البيئية. أيضا تعتبر زيادة حجم النفايات الصلبة والإلكترونية أحد المشكلات الأخرى حيث انه مع ازدياد استهلاك المنتجات الإلكترونية، أصبحت النفايات الإلكترونية مشكلة بيئية ملحة. تحتوي هذه النفايات على مواد سامة يمكن أن تتسرب إلى التربة والمياه الجوفية، مما يؤدي إلى تلوثها على المدى الطويل.

ومن بين التحديات البيئية الأخرى هي الاكتظاظ السكاني والنمو الحضري غير المخطط، حيث يؤدي تزايد عدد السكان، خاصة في المناطق الحضرية، إلى ضغط كبير على البنية التحتية والموارد الطبيعية. هذا النمو

العشوائي يُنتج أحياء فقيرة مكتظة بالسكان، وتزداد مشاكل التلوث وانعدام الخدمات الأساسية. أيضا هناك اللازمات الصحية المرتبطة بالبيئة، يشمل ذلك انتشار الأمراض الناتجة عن التلوث المائي وتلوث الهواء، مثل أمراض الجهاز التنفسي، والأمراض المرتبطة بنقص النظافة الصحية في المناطق الفقيرة.

هذه المشكلات البيئية المتعددة تستدعي حلولًا مبتكرة وشاملة، وهو ما يمكن أن يقدمه الذكاء الاصطناعي بفضل قدرته على تقديم رؤى تحليلية واقتراح استراتيجيات للتخفيف من هذه التحديات.

1.3 العلاقة بين التكنولوجيا وحماية البيئة

مع التطور التكنولوجي الهائل الذي شهده العالم، أصبح من الممكن تسخير الأدوات الرقمية والتقنيات الحديثة لمعالجة المشكلات البيئية بطرق لم تكن متاحة من قبل. يُعد الذكاء الاصطناعي أحد أبرز هذه الأدوات بفضل قدرته على تحليل البيانات الضخمة واستخراج الأنماط منها، مما يساعد في التنبؤ بالمشكلات البيئية قبل وقوعها. كما يتيح الذكاء الاصطناعي أدوات متقدمة لتحليل كميات هائلة من البيانات البيئية المجمعة من مصادر متنوعة مثل الأقمار الصناعية، أجهزة الاستشعار الأرضية، والتقارير الميدانية. يمكن لهذه التقنيات أن تقدم رؤى دقيقة حول تغيرات المناخ، انتشار التلوث، والتغيرات في النظم البيئية.

على سبيل المثال، يمكن للذكاء الاصطناعي تحليل بيانات الأقمار الصناعية لرصد تغيرات الغابات أو قياس معدلات التلوث. هذا التحليل يُستخدم لرصد إزالة الغابات، اكتشاف الحرائق في مراحلها المبكرة، أو تحديد المناطق الأكثر تضررًا من الجفاف. إضافةً إلى ذلك، يمكن استخدام الذكاء الاصطناعي للتنبؤ بالكوارث الطبيعية مثل الأعاصير أو الفيضانات من خلال تحليل أنماط الطقس والتغيرات المناخية، مما يساعد على تقليل الخسائر البشرية والمادية.

في مجال إدارة الموارد الطبيعية، تُستخدم تقنيات الذكاء الاصطناعي لتطوير حلول مستدامة مثل أنظمة الري الذكي التي تقلل من هدر المياه عبر مراقبة احتياجات التربة والنباتات بدقة. كما تُستخدم الأنظمة الذكية في تحسين كفاءة استخدام الطاقة في المنازل والمصانع من خلال التحكم الآلي في استهلاك الطاقة اعتمادًا على أنماط الاستخدام. وفي مجال التنوع البيولوجي، تسهم أدوات الذكاء الاصطناعي في حماية الحياة البرية

من خلال مراقبة الحيوانات المهددة بالانقراض باستخدام الطائرات بدون طيار وكاميرات استشعار الحركة. كما تُستخدم الخوارزميات لتحديد مسارات هجرة الحيوانات وضمان الحفاظ على موائلها الطبيعية.

هذه التطبيقات ليست مجرد أفكار نظرية؛ بل هي أدوات فعالة تُستخدم بالفعل في العديد من البلدان لمواجهة التحديات البيئية. تقدم هذه التقنيات فرصة ذهبية لإحداث تحول جذري في الطريقة التي نتعامل بها مع مشكلات البيئة، مما يعزز الجهود العالمية لتحقيق أهداف التنمية المستدامة.

1.4 دور الذكاء الاصطناعي في مواجهة التحديات البيئية

لا شك أن الذكاء الاصطناعي يقدم إمكانيات غير مسبوقة لمعالجة التحديات البيئية. سوف نتحدث في هذا الفصل عن أبرز المجالات التي يظهر فيها دوره، حيث يستخدم الذكاء الاصطناعي في رصد التغيرات البيئية: عن طريق مراقبة التغيرات المرتبطة بالبيئة مثل إزالة الغابات باستخدام صور الأقمار الصناعية وتحليلها بشكل تلقائي. هذا يساعد الحكومات والمنظمات البيئية على اتخاذ قرارات مدروسة لحماية المناطق المعرضة للخطر. كما تساعد تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة الكوارث الطبيعية، حيث انه يمكن لأنظمة الذكاء الاصطناعي التنبؤ بالكوارث الطبيعية مثل الزلازل والفيضانات من خلال تحليل البيانات المناخية والجغرافية. هذه القدرة تتيح اتخاذ إجراءات استباقية للحد من الأضرار.

وعلي صعيد أخير يستخدم الذكاء الاصطناعي في مجال تعزيز كفاءة الزراعة، حيث يُسهم في تحسين الإنتاجية الزراعية من خلال تحليل بيانات التربة والطقس، مما يمكن المزارعين من اتخاذ قرارات أكثر ذكاءً بشأن مواعيد الزراعة والري. كما تساعد الأنظمة الذكية في تقليل استخدام المبيدات الحشرية من خلال رصد الآفات بشكل دقيق واستهدافها فقط عند الحاجة. كما تساهم التقنيات الحديثة في إدارة الطاقة، حيث يُستخدم الذكاء الاصطناعي لتطوير أنظمة ذكية لتحسين كفاءة استهلاك الطاقة. هذه الأنظمة تعتمد على تقنيات التعلم الآلي لتحليل أنماط استخدام الطاقة وتقديم اقتراحات لتقليل الاستهلاك. كما تُستخدم في تطوير شبكات طاقة ذكية تعتمد على مصادر الطاقة المتجددة. كما يساهم في مجال التنوع البيولوجي وحماية الحياة البرية عن طريق مراقبة الحيوانات المهددة بالانقراض باستخدام تقنيات مثل الطائرات بدون طيار والكاميرات الذكية. هذه الأدوات تتيح تتبع حركة الحيوانات وضمان الحفاظ على بيئاتها الطبيعية.

ومن ضمن المجالات الأخرى التي يساهم فيها الذكاء الاصطناعي هو التعامل مع النفايات وادارتها، يُمكن للذكاء الاصطناعي تحسين عمليات إعادة التدوير من خلال التعرف على المواد القابلة لإعادة التدوير وتصنيفها بشكل دقيق، مما يقلل من كمية النفايات التي تصل إلى المكبات. وكمان يمكن للتقنيات الحديثة رصد التلوث وتحليله عن طريق مراقبة جودة الهواء والماء في الوقت الحقيقي باستخدام أجهزة استشعار متصلة وتحليل البيانات. يمكن لهذه التقنيات المساعدة في الكشف المبكر عن المشكلات البيئية واتخاذ إجراءات فورية لمعالجتها. هذه التطبيقات تُظهر الإمكانات الواسعة للذكاء الاصطناعي في مواجهة التحديات البيئية وتحقيق أهداف التنمية المستدامة. ومع استمرار تطور التكنولوجيا، يُتوقع أن يصبح الذكاء الاصطناعي أداة أساسية في حماية كوكبنا.

1.5 أهمية هذا الكتاب

في هذا الكتاب، نسعى لاستكشاف الدور الحيوي الذي يمكن أن يلعبه الذكاء الاصطناعي في حماية البيئة وتحقيق الاستدامة. مع تسارع التحديات البيئية التي تهدد الكوكب، أصبح من الضروري تسخير الأدوات التكنولوجية لمواجهتها بفعالية. الذكاء الاصطناعي، بفضل قدرته الفريدة على التعامل مع كميات هائلة من البيانات واكتشاف الأنماط الخفية فيها، يُعد أداة حاسمة في هذا السياق.

يهدف هذا الكتاب إلى توضيح الإمكانات الكبيرة للذكاء الاصطناعي في معالجة القضايا البيئية مثل تغير المناخ، التصحر، التلوث، وفقدان التنوع البيولوجي. من خلال الأمثلة الواقعية، سنبرز كيف يمكن للتقنيات المتقدمة مثل التعلم الآلي، معالجة الصور، وأنظمة التنبؤ أن تُحدث فرقًا ملموسًا في حماية الموارد الطبيعية وضمان استدامتها. علاوة على ذلك، سنتناول كيفية استغلال الذكاء الاصطناعي في تعزيز كفاءة استخدام الموارد في قطاعات رئيسية تشمل الزراعة، الصناعة، الطاقة، والمدن الذكية. التركيز على هذه المجالات يُبرز أهمية التكامل بين التكنولوجيا والسياسات البيئية لتحقيق أهداف التنمية المستدامة.

خاتمة الفصل

يمثل الذكاء الاصطناعي أداة قوية لمواجهة التحديات البيئية. بفضل قدرته على تحليل البيانات والتنبؤ بالمخاطر واقتراح حلول مبتكرة، يمكن لهذه التقنية أن تُحدث ثورة في الطريقة التي نتعامل بها مع قضايا البيئة. ومع ذلك، فإن نجاح هذه الجهود يعتمد على التعاون بين الحكومات، الشركات، والمجتمعات. في الفصول القادمة، سنستعرض كيف يمكن للذكاء الاصطناعي أن يُستخدم بطرق مبتكرة ومستدامة لحماية كوكبنا وضمان مستقبل أفضل للأجيال القادمة.

****

الفصل الثاني

الذكاء الاصطناعي في الزراعة

الفصل الثاني: الذكاء الاصطناعي في الزراعة

المقدمة

تلعب الزراعة دورًا محوريًا في تلبية احتياجات البشرية من الغذاء، ولكنها في الوقت نفسه تمثل واحدًا من أكبر التحديات البيئية. مع تزايد عدد السكان عالميًا، تزداد الحاجة إلى إنتاج الغذاء بكفاءة أعلى وبأقل تأثير سلبي على البيئة. هذا التحدي يتطلب حلولًا مبتكرة، ويأتي الذكاء الاصطناعي كأداة فعالة لتحقيق هذه الغاية.

يمكن للذكاء الاصطناعي أن يساهم في تحسين كفاءة الإنتاج الزراعي وتقليل الهدر البيئي من خلال استخدام تقنيات مثل تحليل البيانات الضخمة، والتعلم الآلي، والرؤية الحاسوبية. في هذا الفصل، نستعرض كيفية تطبيق الذكاء الاصطناعي في الزراعة لتحقيق التوازن بين زيادة الإنتاج والحفاظ على البيئة.

2.1 التحديات البيئية المرتبطة بالزراعة التقليدية

الزراعة التقليدية تواجه تحديات بيئية كبيرة تؤثر سلبًا على استدامة الموارد الطبيعية. من أبرز هذه التحديات استهلاك الموارد الطبيعية، حيث تُعد الزراعة من أكثر القطاعات استهلاكًا للمياه. أنظمة الري التقليدي غالبًا ما تُسبب هدر كميات هائلة من المياه، مما يزيد الضغط على الموارد المائية التي تعاني من شح في العديد من المناطق. إلى جانب ذلك، يؤدي الإفراط في استخدام المبيدات والأسمدة الكيميائية إلى تلوث التربة والمياه الجوفية، مما يضر بالنظام البيئي ويهدد جودة الغذاء. كما أن إزالة الغابات لتوفير مساحات للزراعة تُعد من أبرز الممارسات التي تؤثر على البيئة، إذ تسهم في فقدان التنوع البيولوجي وزيادة انبعاثات الكربون نتيجة القضاء على الغطاء النباتي. هذا وبالإضافة الي ان الأنشطة الزراعية التقليدية تسهم بشكل كبير في انبعاث الغازات الدفيئة، مثل غاز الميثان الناتج عن زراعة الأرز وتربية الماشية، مما يزيد من تفاقم مشكلة التغير المناخي. هذه التحديات تسلط الضوء على الحاجة الملحة لاعتماد تقنيات مستدامة

مثل الذكاء الاصطناعي، الذي يمكنه تقليل الأثر البيئي للزراعة من خلال تحسين إدارة الموارد وتقليل الهدر، مع الحفاظ على الإنتاجية الزراعية.

2.2تطبيقات الذكاء الاصطناعي في الزراعة

2.1.1 أنظمة الري الذكي

الذكاء الاصطناعي يُمكن المزارعين من تحسين استخدام المياه من خلال أنظمة الري الذكي. تعتمد هذه الأنظمة على تحليل البيانات التي تجمعها أجهزة استشعار التربة والطقس لتحديد الكميات المثلى من المياه اللازمة للنباتات. على سبيل المثال: استخدام أجهزة استشعار التربة حيث يمكن لأجهزة استشعار متصلة بأنظمة ذكاء اصطناعي قياس رطوبة التربة في الوقت الفعلي. بناءً على هذه البيانات، تُصدر الأنظمة توصيات بالري فقط عند الحاجة. كما يمكن التنبؤ بالطقس باستخدام تقنيات التنبؤ المتقدمة، ويساعد هذا في الري المفرط عند توقع هطول أمطار.

2.2.2 مكافحة الآفات باستخدام التعلم الآلي

مكافحة الآفات باستخدام تقنيات التعلم الآلي تُعد من أكثر التطبيقات فعالية واستدامة للذكاء الاصطناعي في الزراعة. تتيح هذه التقنيات الكشف المبكر عن الآفات من خلال استخدام أنظمة مزودة بكاميرات عالية الدقة وخوارزميات تحليل الصور. بفضل هذه الأنظمة، يمكن رصد وجود الآفات في مراحلها الأولى قبل أن تتسبب في أضرار واسعة النطاق، مما يمنح المزارعين فرصة لاتخاذ التدابير الوقائية المناسبة. إضافة إلى ذلك، يُمكّن الذكاء الاصطناعي من استهداف دقيق للمبيدات عن طريق تحليل البيانات المجمعة حول المحاصيل المصابة. بناءً على هذه التحليلات، يمكن توجيه المبيدات إلى المناطق المصابة فقط، مما يقلل من استخدام المواد الكيميائية ويحمي المحاصيل الأخرى من التأثير السلبي. هذا النهج لا يسهم فقط في الحفاظ على البيئة وتقليل التكاليف، ولكنه أيضًا يساعد في تحسين جودة المنتجات الزراعية وتعزيز استدامة الزراعة على المدى الطويل.

2.2.3 الزراعة الدقيقة

الزراعة الدقيقة تعتمد على استخدام الذكاء الاصطناعي لجمع وتحليل البيانات من المزارع. الأمثلة تشمل: تحليل خصوبة التربةحيث أنظمة الذكاء الاصطناعي يمكنها تحديد المناطق التي تحتاج إلى تحسين الخصوبة، مما يقلل من استخدام الأسمدة الكيميائية. كما ان تقنيات الذكاء الاصطناعي تساعد في التنبؤ بالظروف الجوية بدقة أكبر، مما يمكن المزارعين من اتخاذ قرارات أفضل بشأن مواعيد الزراعة والحصاد وتحديد مناطق تكون فيها المخاطر المناخية مثل الجفاف أو الفيضانات. وأيضا تساهم هذه التقنيات في اختيار المحاصيل المناسبة حيث انه عن طريق تحليل الظروف المناخية يمكن لأنظمة الذكاء الاصطناعي تحليل بيانات التربة ومعرفة مكوناتها ونسبة الاملاح والرطوبة وغيرها من مكونات التربة، ثم يقوم الذكاء الاصطناعي باقتراح أفضل أنواع المحاصيل الأكثر ملاءمة لهذه الظروف للمساهمة في زيادة الإنتاجية

2.3 الروبوتات الذكية في الزراعة

الروبوتات الزراعية المدعمة بالذكاء الاصطناعي تشهد تطورًا سريعًا، حيث تلعب دورًا بارزًا في تحسين الكفاءة وتقليل التكاليف المرتبطة بالعمليات الزراعية. تعتمد هذه الروبوتات على تقنيات متقدمة مثل التعلم الآلي والرؤية الحاسوبية، مما يمنحها القدرة على أداء العديد من المهام التي كانت تتطلب في السابق مجهودًا بشريًا كبيرًا. على سبيل المثال، تُستخدم الروبوتات في زراعة المحاصيل من خلال توزيع البذور بدقة داخل التربة، ما يقلل من التباين في العمق ويعزز فرص نجاح الإنبات. كما تساهم أنظمة الري الذاتية المدعومة بالذكاء الاصطناعي في تعديل كميات المياه المستخدمة استنادًا إلى ظروف المناخ وحالة التربة، مما يؤدي إلى تقليل الفاقد وتحسين استهلاك الموارد المائية.

علاوة على ذلك، تُستخدم الروبوتات في عمليات الحصاد الآلي لجمع المحاصيل مثل الفواكه والخضروات بدقة عالية دون الإضرار بالمنتجات، مما يرفع من جودة الحصاد ويسرّع إنجازه. كما تعتمد الروبوتات على الرؤية الحاسوبية للتحليل البصري، ما يتيح لها تمييز المحاصيل الناضجة والتعامل معها بكفاءة. وفي خطوة أخرى لتحسين جودة الإنتاج، تقوم الروبوتات بفرز المحاصيل بناءً على معايير مثل الحجم والشكل واللون،

مما يسمح بالتخلص من المحاصيل غير الناضجة أو التالفة. بعد ذلك، يمكن لهذه الروبوتات تنفيذ عمليات التعبئة والتغليف بدقة وأمان، ما يقلل تكاليف العمالة ويعجل بتوصيل المنتجات إلى الأسواق.

إلى جانب ذلك، تُستخدم الطائرات بدون طيار (Drones)، وهي جزء من منظومة الروبوتات الزراعية، لمراقبة المحاصيل من الجو. تقوم هذه الطائرات بالتقاط صور وتحليلها باستخدام الذكاء الاصطناعي للكشف عن مشكلات مثل نقص المياه أو ظهور الآفات الزراعية، مما يمكّن المزارعين من اتخاذ التدابير اللازمة في الوقت المناسب. كل هذه التطبيقات تُظهر كيف يمكن للذكاء الاصطناعي أن يُحدث تحولًا جذريًا في الزراعة، من خلال زيادة الإنتاجية وتحقيق الاستدامة مع تقليل الاعتماد على الطرق التقليدية.

2.4 بعض الأمثلة من الحياة الواقعية

بعض الأمثلة الواقعية لاستخدام الذكاء الاصطناعي في الزراعة تُظهر بوضوح كيف يمكن للتكنولوجيا أن تُحدث فرقًا كبيرًا في تحسين الإنتاجية والاستدامة. في الهند، على سبيل المثال، أُطلقت عدة مشاريع تتبنى أنظمة الري الذكي المدعمة بالذكاء الاصطناعي. من بين هذه المشاريع، مشروع يعتمد على أجهزة استشعار متصلة لتوفير المياه بشكل دقيق وفعّال للمزارعين في المناطق القاحلة. هذا النظام نجح في تحقيق توفير يصل إلى 50% في استهلاك المياه، إلى جانب زيادة ملحوظة في إنتاجية المحاصيل، مما يعكس تأثير التقنية في معالجة تحديات ندرة الموارد.

أما في الولايات المتحدة، فقد أصبحت الطائرات بدون طيار المزودة بتقنيات الذكاء الاصطناعي جزءًا أساسيًا من عمليات مراقبة المحاصيل. تقوم هذه الطائرات بجمع بيانات دقيقة عن صحة النباتات، انتشار الآفات، ومستوى الرطوبة في التربة. بفضل هذه التقارير التفصيلية، يمكن للمزارعين اتخاذ قرارات مستنيرة تستند إلى معلومات دقيقة، مما يعزز من فعالية العمليات الزراعية ويقلل من الخسائر المحتملة.

وفي هولندا، تظهر قوة الذكاء الاصطناعي في البيوت الزجاجية الذكية، حيث يتم التحكم تلقائيًا في عوامل مثل درجة الحرارة، الرطوبة، والإضاءة. هذه الأنظمة المتقدمة لا تكتفي بتحقيق إنتاجية زراعية عالية، بل

تسهم أيضًا في تقليل استهلاك الموارد مثل المياه والطاقة. وهكذا، تمثل هذه التجربة نموذجًا رائدًا للزراعة المستدامة التي تستفيد من التكنولوجيا لتحقيق التوازن بين الإنتاج والحفاظ على البيئة.

2.5 الفوائد البيئية

تطبيقات الذكاء الاصطناعي في الزراعة تسهم بشكل كبير في تحقيق فوائد بيئية هائلة، مما يجعلها أداة فعّالة لتعزيز الاستدامة. من أبرز هذه الفوائد تقليل استهلاك المياه، حيث تعمل أنظمة الري الذكي على إدارة المياه بكفاءة، مما يقلل من الهدر بشكل كبير ويضمن استخدامها الأمثل في الزراعة. إضافة إلى ذلك، تُساهم تقنيات مكافحة الآفات والزراعة الدقيقة في خفض التلوث البيئي من خلال تقليل الحاجة إلى استخدام المواد الكيميائية مثل المبيدات والأسمدة، مما يحمي التربة والمياه الجوفية من التلوث. كما أن تحسين كفاءة استخدام الأراضي الزراعية يقلل من الحاجة إلى إزالة الغابات والتعدي على البيئات الطبيعية، مما يسهم في حماية التنوع البيولوجي والحفاظ على الحياة البرية. كما تُساعد أنظمة الذكاء الاصطناعي في تقليل الانبعاثات الناتجة عن الأنشطة الزراعية من خلال تحسين إدارة العمليات وتقليل الاعتماد على الآلات التي تطلق غازات دفيئة. هذه الفوائد تجعل الذكاء الاصطناعي شريكًا أساسيًا في تحقيق الزراعة المستدامة وحماية البيئة.

2.6 التحديات والقيود

على الرغم من الفوائد الكبيرة، التي تقدمها الروبوتات الزراعية، إلا أن هناك الكثير من التحديات التي تواجه هذا المجال. أبرز هذه التحديات تشمل:

- التكلفة العالية :تقنيات الذكاء الاصطناعي قد تكون مكلفة للمزارعين الصغار.
- الحاجة إلى بنية تحتية :تحتاج هذه الأنظمة إلى اتصال قوي بالإنترنت وأجهزة متقدمة.
- التدريب والصيانة :المزارعون بحاجة إلى تدريب على كيفية استخدام هذه الروبوتات بشكل فعال، بالإضافة إلى الحاجة لصيانة دورية لهذه الأنظمة.

خاتمة الفصل

الذكاء الاصطناعي يمثل مستقبل الزراعة المستدامة. من خلال تحسين كفاءة استخدام الموارد وتقليل الأثر البيئي، يمكن لهذه التقنية أن تساعد في تحقيق الأمن الغذائي مع حماية البيئة. ومع استمرار تطور التكنولوجيا، تزداد فرص تطبيق الذكاء الاصطناعي بطرق أكثر إبداعًا، مما يعزز من دور الزراعة في بناء مستقبل مستدام.

****

الفصل الثالث

الذكاء الاصطناعي في الصناعة

الفصل الثالث: الذكاء الاصطناعي في الصناعة

المقدمة

مع بداية الألفية الجديدة، أصبح من الواضح أن الصناعات التقليدية تواجه تحديات بيئية واقتصادية ضخمة. ازدياد معدلات التلوث، استنزاف الموارد الطبيعية، وتغير المناخ، كلها عوامل دفعت الحكومات والشركات إلى البحث عن حلول مبتكرة. في هذا السياق، يظهر الذكاء الاصطناعي (AI) كأداة قوية قد تساهم في تطوير الصناعات وتقليل تأثيراتها البيئية. تطور الذكاء الاصطناعي وأصبح جزءًا لا يتجزأ من الثورة الصناعية الرابعة، حيث يعيد تشكيل الطرق التي تُدار بها العمليات الصناعية لتصبح أكثر استدامة وكفاءة.

3.1 تحسين الكفاءة الصناعية وتقليل انبعاثات الكربون

على مر العقود الماضية، كانت الصناعة أحد المصادر الرئيسية لانبعاثات الكربون التي تسهم بشكل كبير في ظاهرة الاحتباس الحراري. ومع ذلك، فإن تطبيق الذكاء الاصطناعي في تحسين العمليات الصناعية قد أظهر نتائج واعدة في تقليل هذه الانبعاثات.

3.1.1 التصنيع الذكي:

التصنيع الذكي، الذي يعتمد على تقنيات الذكاء الاصطناعي، هو شكل جديد من التصنيع يهدف إلى تحسين الأداء من خلال استخدام البيانات الضخمة، والتعلم الآلي، والروبوتات الذكية. على سبيل المثال، في مصنع للسيارات، تستخدم الأنظمة المدعمة بالذكاء الاصطناعي لتحليل كل جزء من عملية الإنتاج، من التصميم إلى الإنتاج النهائي. من خلال مراقبة البيانات الحية عن استهلاك الطاقة والمواد، تستطيع هذه الأنظمة تحديد مجالات التحسين وتقليل الفاقد.

3.1.2 الصيانة التنبؤية:

أحد التطبيقات البارزة للذكاء الاصطناعي في الصناعة هو "الصيانة التنبؤية"، حيث تستخدم الشركات الخوارزميات لتحليل البيانات التاريخية وأداء المعدات للكشف عن الأعطال قبل حدوثها. على سبيل المثال، في أحد مصانع الأسمنت الكبرى في أوروبا، بدأوا في استخدام الذكاء الاصطناعي لمراقبة المعدات الثقيلة مثل أفران التلبيد والطواحين. النظام لا يكتشف الأعطال المحتملة فحسب، بل ينبه الفرق الفنية في الوقت الفعلي لجدولة الصيانة، مما يقلل من توقفات الإنتاج غير المخطط لها ويقلل من استهلاك الطاقة.

3.1.3 نمذجة محاكاة العمليات الصناعية:

استخدام نماذج المحاكاة المدعمة بالذكاء الاصطناعي يسمح بتحليل وتخطيط العمليات الصناعية بشكل أكثر دقة. في صناعة المواد الكيميائية، على سبيل المثال، يمكن للذكاء الاصطناعي محاكاة استجابة المصانع للتغيرات في درجة الحرارة أو ضغط العمليات، مما يساعد في تحسين كفاءة العمليات وتقليل الانبعاثات الملوثة.

3.2 استخدام الذكاء الاصطناعي في إعادة التدوير وتصميم المنتجات المستدامة

3.2.1 إعادة التدوير الذكي:

في عالم مليء بالنفايات، يلعب الذكاء الاصطناعي دورًا رئيسيًا في تحسين عملية إعادة التدوير. تقنيات مثل الرؤية الحاسوبية والروبوتات المدعمة بالذكاء الاصطناعي تمكن المصانع من فرز المواد القابلة لإعادة التدوير بدقة عالية. على سبيل المثال، في مصنع لإعادة تدوير البلاستيك في اليابان، تستخدم روبوتات مزودة بكاميرات عالية الدقة لتحليل المواد التي تمر عبر حزام النقل وفصل البلاستيك القابل لإعادة التدوير عن المواد الأخرى. هذا التحسين في الفرز يساهم في تقليل كمية النفايات المرسلة إلى المدافن ويساعد على تحسين كفاءة استخدام المواد.

3.2.2 التصميم المستدام للمنتجات:

يؤثر الذكاء الاصطناعي أيضًا في تصميم المنتجات المستدامة. في مصنع لإنتاج الأجهزة الإلكترونية، على سبيل المثال، يمكن للذكاء الاصطناعي تحليل تأثير تصميم المنتج على البيئة من خلال تحليل دورة حياته، بدءًا من استخراج المواد الخام وصولًا إلى التخلص من المنتج بعد استخدامه. يساعد الذكاء الاصطناعي المصممين على تحديد المواد الأكثر استدامة التي يمكن استخدامها في المنتجات، مما يقلل من الأثر البيئي ويزيد من قابلية إعادة التدوير.

3.2.3 تحليل دورة الحياة:(Life Cycle Analysis - LCA)

مع تزايد الاهتمام بالاستدامة، بدأ الكثير من الشركات في استخدام الذكاء الاصطناعي لتطوير تحليل دورة الحياة (LCA) للمنتجات. على سبيل المثال، في صناعة الملابس، يمكن للذكاء الاصطناعي تحليل كل مرحلة من مراحل دورة حياة المنتج، من استخدام الألياف الصديقة للبيئة إلى تقنيات تصنيع غير ملوثة. هذا التحليل يساعد الشركات على اتخاذ قرارات مستنيرة لتقليل التأثير البيئي لمنتجاتها.

3.3 الابتكارات التكنولوجية التي تقلل من الأثر البيئي للصناعات

3.3.1 الذكاء الاصطناعي في الطاقة المتجددة:

مع تزايد الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة مثل الطاقة الشمسية والرياح، يساهم الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة هذه المصادر. في محطة للطاقة الشمسية في ولاية أريزونا الأمريكية، تُستخدم تقنيات الذكاء الاصطناعي لتحليل البيانات التي يتم جمعها من الألواح الشمسية، مثل درجة الحرارة، والإشعاع الشمسي، وتوافر الضوء. بناءً على هذه البيانات، يتم تعديل زاوية الألواح الشمسية تلقائيًا لتوفير أقصى قدر من الطاقة، مما يساهم في تقليل التكاليف وزيادة الكفاءة.

3.3.2 تحسين التوريد واللوجستيات:

تلعب سلاسل التوريد دورًا مهمًا في تقليل الأثر البيئي للصناعات. باستخدام الذكاء الاصطناعي، يمكن تحسين عمليات التوريد لتقليل استهلاك الوقود والتخلص من النفايات. في شركات الشحن الكبرى، مثلDHL ، تُستخدم الأنظمة

المدعمة بالذكاء الاصطناعي لتحسين الطرق اللوجستية، مما يقلل من المسافات المقطوعة والتكاليف المرتبطة بنقل البضائع. يتم تحديد أفضل طرق الشحن وأوقات التسليم بناءً على تحليل البيانات في الوقت الفعلي، مما يؤدي إلى تقليل انبعاثات الكربون الناتجة عن النقل.

3.3.3 تصنيع منخفض الكربون:

من خلال استخدام الذكاء الاصطناعي لتحليل العمليات الصناعية، يمكن تطوير طرق تصنيع منخفضة الكربون. في صناعة الأسمنت، حيث تمثل الانبعاثات من تصنيع الأسمنت جزءًا كبيرًا من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون العالمية، بدأت بعض الشركات في استخدام الذكاء الاصطناعي لتحسين استخدام الوقود البديل وتحسين عملية الكلنكر. هذا لا يقلل فقط من استهلاك الطاقة، ولكن أيضًا يقلل من الانبعاثات الملوثة.

3.4 التحديات المستقبلية

بالرغم من الفوائد الكبيرة التي يمكن أن تحققها تطبيقات الذكاء الاصطناعي في الصناعة، إلا أن هناك تحديات بارزة يجب التغلب عليها:

- التكلفة المرتفعة للتكنولوجيا :التكلفة الأولية لتطوير وتصنيع الأنظمة الذكية قد تكون عالية، مما يجعل من الصعب على الشركات الصغيرة والمتوسطة الاستفادة من هذه التقنيات.
- قضايا الخصوصية والأمان :مع استخدام البيانات الضخمة في العمليات الصناعية، تظهر مخاوف بشأن حماية البيانات الشخصية والأمن السيبراني.
- تدريب القوى العاملة :من الضروري تدريب العاملين في الصناعات على كيفية استخدام الأنظمة المدعمة بالذكاء الاصطناعي بشكل فعال، مما يتطلب استثمارًا في التعليم والتطوير.

3.5 الرؤي المستقبلية

في المستقبل، من المتوقع أن تشهد الصناعات مزيدًا من الابتكارات في تطبيقات الذكاء الاصطناعي. مع تطور التقنيات، سيكون بإمكان الذكاء الاصطناعي تحسين العمليات الصناعية بشكل غير مسبوق، مما يساهم في تحقيق استدامة بيئية أكبر. قد تظهر مفاهيم جديدة مثل "الصناعة الدائرية الذكية"، حيث يتم استخدام الذكاء الاصطناعي ليس فقط في إعادة التدوير، ولكن أيضًا في إعادة تصميم المنتجات لتكون صديقة للبيئة منذ البداية.

خاتمة الفصل

الذكاء الاصطناعي في الصناعة يمثل ثورة حقيقية في كيفية إدارة العمليات الصناعية وتحقيق التوازن بين الكفاءة والاستدامة البيئية. من تحسين استهلاك الطاقة إلى تصميم منتجات مستدامة، يلعب الذكاء الاصطناعي دورًا محوريًا في تحسين صناعة المستقبل.

****

الفصل الرابع

الذكاء الاصطناعي في الطاقة

الفصل الرابع: الذكاء الاصطناعي في الطاقة

المقدمة

شهد قطاع الطاقة في السنوات الأخيرة تحولًا جذريًا في طريقة استهلاك وتوزيع الطاقة، مدفوعًا بالتحولات التكنولوجية والابتكارات الحديثة. وبينما تعتبر الصناعة أحد أكبر المصادر المساهمة في انبعاثات الغازات الدفيئة، فإن هناك جهودًا مستمرة نحو تطوير تقنيات أكثر كفاءة واستدامة في استخدام الطاقة. في هذا السياق، أصبح الذكاء الاصطناعي (AI) أداة محورية تمثل فرصة لتحسين استهلاك الطاقة وتوزيعها بشكل أكثر كفاءة، مما يساهم في تحقيق أهداف الاستدامة وتقليل الانبعاثات البيئية.

يتمثل الدور الرئيس للذكاء الاصطناعي في القدرة على معالجة وتحليل كميات ضخمة من البيانات في الوقت الفعلي، مما يتيح فهمًا أعمق للأنماط والاتجاهات المتعلقة بالاستهلاك والإنتاج الطاقي. وهذا يعزز من قدرات أنظمة الطاقة في التكيف مع التغيرات غير المتوقعة في العرض والطلب، بالإضافة إلى تحسين استراتيجيات التحكم وتقليل الآثار البيئية.

4.1 تطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة الطاقة وتحسين استهلاكها

4.1.1 التنبؤ بالطلب على الطاقة

إن التنبؤ الدقيق بالطلب على الطاقة يمثل حجر الزاوية في إدارة أي نظام طاقي. يمكن للذكاء الاصطناعي، من خلال تقنيات التعلم الآلي والتحليل التنبؤي، أن يحسن دقة هذه التوقعات بشكل كبير. تعتمد الخوارزميات الحديثة على تحليل البيانات التاريخية لاحتياجات الطاقة، بالإضافة إلى متغيرات مثل العوامل المناخية، سلوك المستهلك، والمناسبات الاجتماعية أو الاقتصادية التي قد تؤثر على الطلب.

على سبيل المثال، في مدينة "سان فرانسيسكو" الأمريكية، يُستخدم الذكاء الاصطناعي في تحديد فترات الذروة لاستهلاك الطاقة، مما يمكن مشغلي الشبكة من توجيه الطاقة بشكل ديناميكي. بدلاً من انتظار

حدوث الزيادة في الطلب، يمكن تنفيذ إجراءات وقائية مبكرًا مثل تعديل إنتاج الطاقة من محطات معينة أو تخزين الطاقة الزائدة في البطاريات. في الوقت ذاته، تساهم هذه التقنيات في تقليل الحاجة إلى بناء محطات طاقة إضافية، مما يقلل من تكلفة الاستثمارات البيئية والمالية.

4.1.2 التحكم الذكي في استهلاك الطاقة في المباني

إن التحكم في استهلاك الطاقة داخل المباني يمثل أحد التطبيقات البارزة للذكاء الاصطناعي في إدارة الطاقة. في هذا السياق، تلعب أجهزة الاستشعار المدعمة بالذكاء الاصطناعي دورًا أساسيًا في جمع البيانات المتعلقة بأنظمة الإضاءة، التدفئة، التهوية، والتكييف .(HVAC) من خلال تحليل هذه البيانات في الوقت الفعلي، يستطيع النظام الذكي اتخاذ قرارات مستقلة لتقليل استهلاك الطاقة.

مثال على ذلك هو استخدام الذكاء الاصطناعي في أنظمة التحكم بالمنازل والمباني الذكية، حيث تقوم الأنظمة بتحليل سلوكيات المستخدمين لتحديد متى يمكن إيقاف تشغيل الأنظمة غير الأساسية مثل الإضاءة أو التدفئة في الغرف غير المشغولة. في تجربة طُبقت في أحد المجمعات السكنية في سنغافورة، ساعد الذكاء الاصطناعي في تقليل استهلاك الطاقة بنسبة كبيرة جدا خلال وقت قصير، وذلك من خلال توجيه استهلاك الطاقة بناءً على الأنماط السلوكية للسكان.

4.1.3 إدارة الشبكات الكهربائية الذكية

الشبكات الكهربائية الذكية هي المكون الأساسي في بناء بنية تحتية طاقية مرنة ومستدامة. تستخدم هذه الشبكات تقنيات الذكاء الاصطناعي لمراقبة تدفق الطاقة عبر الشبكة بشكل مستمر، وضبط عمليات التوزيع وفقًا للطلب الفعلي والظروف البيئية. حيث تتميز الشبكات الذكية بقدرتها على التكيف مع تغيرات العرض والطلب بشكل سريع وفعال. في الشبكات التقليدية، يتم توزيع الطاقة بطريقة ثابتة، مما يؤدي في بعض الأحيان إلى خسائر كبيرة بسبب الفاقد في الطاقة أثناء النقل. أما في الشبكات الذكية المدعومة بالذكاء الاصطناعي، فإن الخوارزميات التي تدير هذه الشبكات تتمكن من تعديل توزيع الطاقة بشكل فوري بناءً على العوامل المؤثرة مثل تقلبات الطقس أو الأعطال المفاجئة في بعض محطات توليد الكهرباء.

في أحد المشروعات الرائدة في المملكة المتحدة، تم تطبيق الذكاء الاصطناعي لتحليل البيانات القادمة من محطات الطاقة المتجددة، مثل محطات الطاقة الشمسية والرياح. بفضل هذه التقنية، أصبحت الشبكة قادرة على تحديد الأنماط المحتملة للانقطاع، وبالتالي اتخاذ إجراءات مسبقة مثل دمج الطاقة المخزنة من البطاريات لتغطية النقص الحاصل.

4.2 الشبكات الذكية، الطاقة المتجددة، وتخزين الطاقة

4.2.1 الشبكات الذكية والطاقة المتجددة

أحد التحديات الكبرى في مجال الطاقة المتجددة هو تذبذب مصادرها مثل الرياح والشمس. هنا، يأتي دور الذكاء الاصطناعي في تحسين استخدام هذه المصادر المتجددة. من خلال التحليل التنبؤي، يمكن للذكاء الاصطناعي التنبؤ بمعدل إنتاج الطاقة من مصادر مثل الرياح والطاقة الشمسية بناءً على بيانات الطقس الحالية والتاريخية. على سبيل المثال، في محطة للطاقة الشمسية في ولاية أريزونا الأمريكية، يتم استخدام الذكاء الاصطناعي لتحليل إشعاع الشمس والظروف الجوية ، مما يسمح بتوجيه الألواح الشمسية لتوجيهها نحو الاتجاه المثالي لجمع أكبر كمية من الطاقة. في الوقت ذاته، يتم دمج البيانات المتعلقة بالرياح والطاقة الشمسية لتحديد الطاقة الزائدة التي يجب تخزينها في البطاريات لاستخدامها لاحقًا.

4.2.2 تحسين تقنيات تخزين الطاقة

تعتبر تقنية تخزين الطاقة من العناصر الرئيسية التي تساهم في تعزيز قدرة الشبكات الذكية على دعم الطاقة المتجددة. في هذا الصدد، يلعب الذكاء الاصطناعي دورًا كبيرًا في تحسين إدارة البطاريات، سواء من حيث تحسين فترة الشحن أو إدارة الطاقة المخزنة. حيث استُخدم الذكاء الاصطناعي لتطوير خوارزميات تتيح للبطاريات المحمولة تخزين الطاقة المتجددة من محطات الطاقة الشمسية عند توافرها بكثرة، ثم إعادة توزيعها على الشبكة الكهربائية خلال فترات انخفاض الإنتاج. تمكّن هذا النظام من تحقيق تحسين كبيرفي فعالية تخزين الطاقة مقارنةً بالأنظمة التقليدية.

4.3 تقنيات جديدة للمساعدة في تقليل تلوث الهواء

4.3.1 التحليل البيئي:

تستخدم تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحليل البيانات البيئية التي يتم جمعها من خلال أجهزة الاستشعار المنتشرة في المدن والمناطق الصناعية. من خلال تحليل هذه البيانات، يمكن تحديد مصادر التلوث ومعرفة الأنماط المتعلقة بتلوث الهواء. يساعد هذا في اتخاذ قرارات أفضل بشأن تقليل الانبعاثات وتطوير السياسات البيئية المناسبة. في مدينة بكين الصينية، يتم استخدام الذكاء الاصطناعي في تحليل بيانات جودة الهواء بشكل مستمر وتوجيه الإجراءات المناسبة للحد من تلوث الهواء.

4.3.2 استخدام الذكاء الاصطناعي في الحد من الانبعاثات

تسهم تقنيات الذكاء الاصطناعي في الحد من الانبعاثات البيئية، لا سيما في محطات توليد الطاقة التي تعمل بالوقود الأحفوري. من خلال دمج الذكاء الاصطناعي في أنظمة التحكم، يمكن تحسين كفاءة الاحتراق في هذه المحطات بشكل مستمر. على سبيل المثال، يمكن للذكاء الاصطناعي أن يراقب درجات الحرارة وضغط الهواء داخل المفاعلات ويقوم بتعديلها بشكل فوري، مما يقلل من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.

كما يعتبر قطاع أيضا النقل من أكبر المساهمين في تلوث الهواء. تستخدم العديد من الشركات الذكاء الاصطناعي لتطوير أنظمة قيادة ذاتية لخفض استهلاك الوقود وتقليل الانبعاثات. من خلال تحليل بيانات الرحلات السابقة وسلوك السائقين، يمكن للذكاء الاصطناعي تحسين استراتيجيات القيادة لتقليل الفاقد من الوقود وتحسين كفاءة المحركات.

4.3.3 استخدام الذكاء الاصطناعي في الوقود النظيف:

يعد تطوير الوقود النظيف أحد أهداف العديد من الدول في إطار مواجهة التغير المناخي. من خلال استخدام الذكاء الاصطناعي في أبحاث الوقود النظيف، يتم اكتشاف حلول جديدة لاستخدام المواد المستدامة بشكل أكثر فعالية. تستخدم بعض شركات الطاقة الذكاء الاصطناعي لتطوير تقنيات إنتاج الهيدروجين الأخضر باستخدام الطاقة المتجددة، مما يساهم في تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري.

4.7 التحديات المستقبلية والفرص

4.4.1 التحديات

تطبيقات الذكاء الاصطناعي في قطاع الطاقة تواجه تحديات كبيرة تؤثر على فعاليتها واعتمادها على نطاق واسع. تعتمد هذه التطبيقات بشكل أساسي على البيانات، ورغم توفر كميات كبيرة منها في أنظمة الطاقة، إلا أن معالجتها وتفسيرها يواجهان عقبات عديدة، مثل تعقيد البيانات وصعوبة تكاملها من مصادر متعددة. بالإضافة إلى ذلك، تُعد تكاليف البنية التحتية تحديًا رئيسيًا، حيث إن تنفيذ تقنيات الذكاء الاصطناعي في قطاعات الطاقة يتطلب استثمارات كبيرة في المعدات، البرامج، والتدريب. هذه التكاليف تكون أكثر تأثيرًا في الدول النامية، التي غالبًا ما تواجه صعوبة في تخصيص الموارد اللازمة لتبني هذه التقنيات المتقدمة، مما يشكل عائقًا أمام استفادتها من الفوائد المحتملة للذكاء الاصطناعي في مجال الطاقة.

4.4.2 الفرص المستقبلية

الفرص المستقبلية للذكاء الاصطناعي تحمل وعودًا كبيرة بتطوير تقنيات ثورية تسهم في تعزيز الاستدامة وكفاءة استخدام الموارد. أحد أبرز هذه الفرص هو تطوير تقنيات جديدة في مجال تخزين الطاقة. يُتوقع أن يسهم الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة البطاريات المستقبلية، من خلال تصميم أنظمة قادرة على تخزين كميات أكبر من الطاقة في فترات زمنية أقصر، مما يلبي احتياجات التوسع في استخدام مصادر الطاقة المتجددة ويعزز من استقرار الشبكات الكهربائية.

بالإضافة إلى ذلك، سيشهد المستقبل دورًا أكبر للذكاء الاصطناعي في المدن الذكية. هذه المدن ستعتمد بشكل متزايد على تكامل الذكاء الاصطناعي مع الشبكات الذكية لتحسين استهلاك الطاقة على مستوى المدينة بأكملها. من خلال التحليل الفوري للبيانات وإدارة الموارد بكفاءة، ستتمكن المدن الذكية من تقليل الهدر في استهلاك الطاقة وتحقيق استدامة أعلى، مما يجعلها نموذجًا يُحتذى به في مواجهة التحديات البيئية العالمية.

خاتمة الفصل

تطبيقات الذكاء الاصطناعي في قطاع الطاقة تفتح أفقًا جديدًا لتحقيق الكفاءة الطاقية وتقليل التأثيرات البيئية. من خلال تحسين إدارة الطاقة، يمكن تقليل الفاقد وضبط الإمدادات بشكل ديناميكي لتلبية الطلب المتزايد. كما تعزز هذه التطبيقات من كفاءة الشبكات الذكية من خلال التكيف مع أنماط استهلاك الطاقة، مما يقلل من التحميل الزائد ويعزز استقرار الشبكة. في مجال تخزين الطاقة، يمكن لتقنيات الذكاء الاصطناعي تحسين أداء البطاريات وأنظمة التخزين الأخرى، مما يدعم استخدام مصادر الطاقة المتجددة بشكل أكثر فاعلية. هذه التقنيات تساهم في تحويل قطاع الطاقة إلى قطاع أكثر استدامة وكفاءة.

****

الفصل الخامس

الذكاء الاصطناعي في إدارة الموارد المائية

الفصل خامس: الذكاء الاصطناعي في إدارة الموارد المائية

المقدمة

إن إدارة الموارد المائية هي واحدة من أكبر التحديات التي تواجه العالم اليوم، خاصة مع النمو السكاني السريع، التغيرات المناخية، وتزايد الطلب على المياه. في ظل هذه التحديات، يصبح الذكاء الاصطناعي (AI) أداة رئيسية في تعزيز الكفاءة في استخدام الموارد المائية، وتحسين توزيعها، والحفاظ على جودتها. يمكن للذكاء الاصطناعي أن يساهم في إدارة المياه من خلال دمج البيانات البيئية والموارد المائية مع الخوارزميات الذكية لتقديم حلول استباقية للعديد من المشكلات المتعلقة بالموارد المائية.

تتراوح التطبيقات المحتملة للذكاء الاصطناعي في هذا المجال من مراقبة جودة المياه إلى التنبؤ بالأزمات مثل الجفاف والفيضانات، وصولاً إلى تحسين أنظمة التوزيع واستهلاك المياه. باستخدام تقنيات مثل تعلم الآلة، تحليل البيانات الضخمة، والتعلم العميق، يمكن إدارة الموارد المائية بشكل أكثر فعالية، مما يسهم في تعزيز الاستدامة وحماية البيئة.

5.1 مراقبة جودة المياه باستخدام الذكاء الاصطناعي

تعتبر جودة المياه من القضايا الأساسية في إدارة الموارد المائية. التلوث الذي ينتج عن النشاط البشري، مثل تصريف المياه العادمة أو المبيدات الزراعية، يشكل تهديدًا حقيقيًا للمياه العذبة. لكن التحدي يكمن في القدرة على رصد وتحديد مستويات التلوث في الوقت الفعلي، خاصة في المناطق الريفية والنائية التي تفتقر إلى محطات المراقبة التقليدية.

في السنوات الأخيرة، أصبح الذكاء الاصطناعي قادرًا على تحسين قدرة أنظمة مراقبة جودة المياه. باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد، يمكن جمع البيانات من الأنظمة المائية المختلفة مثل الأنهار، البحيرات، والخزانات. تُستخدم هذه البيانات في تدريب نماذج الذكاء الاصطناعي للكشف عن التغيرات الدقيقة في مستويات التلوث التي قد لا تكون مرئية عبر الفحوصات التقليدية.

على سبيل المثال، في الهند، تم تطبيق الذكاء الاصطناعي لمراقبة جودة المياه في الأنهار. هناك، يُستخدم الذكاء الاصطناعي لتحليل البيانات التي يتم جمعها بواسطة الأقمار الصناعية والطائرات بدون طيار (Drones) لتحديد مستويات تلوث المياه في مناطق نائية. من خلال تحليل الصور الملتقطة، يتمكن الذكاء الاصطناعي من رصد تلوث المياه في الوقت الفعلي، مما يسمح باتخاذ إجراءات فورية لتخفيف تأثيرات التلوث قبل أن يمتد إلى نطاق أوسع.

في مشروع آخر في كندا، يتم استخدام خوارزميات التعلم الآلي لتحليل بيانات نوعية المياه التي تم جمعها من مصادر متعددة. هذه الخوارزميات لا تقتصر على التنبؤ بجودة المياه المستقبلية فحسب، بل تقوم أيضًا بتحديد العوامل المؤثرة التي قد تؤدي إلى تدهور المياه، مثل زيادة مستويات النترات أو الملوثات الكيميائية.

5.2 الذكاء الاصطناعي في إدارة شبكات المياه

تعمل العديد من المدن على دمج الذكاء الاصطناعي في شبكات توزيع المياه لتحسين كفاءة التشغيل. باستخدام تقنيات مثل الاستشعار الذكي، يمكن للذكاء الاصطناعي مراقبة تدفق المياه في الأنابيب وتحديد مواقع التسربات أو الانقطاعات في النظام. كما يمكنه تحديد أولويات الصيانة والإصلاح بناءً على بيانات حية.

على سبيل المثال، في مدينة "برشلونة" الإسبانية، تم استخدام الذكاء الاصطناعي لتحسين شبكات توزيع المياه. يتم جمع البيانات من نقاط الاستشعار الموزعة في جميع أنحاء المدينة، ثم يتم تحليل هذه البيانات باستخدام نماذج الذكاء الاصطناعي لتحديد المناطق التي تحتاج إلى تدخل فوري، مثل الكشف عن التسربات أو تحسين ضغط المياه في بعض الأحياء. هذا ساعد المدينة في تقليل الفاقد المائي بنسبة كبيرة.

5.3 تحسين توزيع المياه وإدارتها في المناطق المختلفة

تعتبر مشكلة توزيع المياه من التحديات الكبرى في المناطق التي تعاني من شح المياه، خاصة في المناطق الحضرية ذات الكثافة السكانية العالية. يمكن أن يؤدي سوء إدارة الموارد المائية إلى تبذير المياه في بعض المناطق، في حين يعاني البعض الآخر من ندرتها.

تستفيد العديد من المناطق، خاصة تلك التي تعاني من مشاكل في التوزيع، من تقنيات الذكاء الاصطناعي لتوجيه المياه بشكل أكثر كفاءة. على سبيل المثال، في المملكة العربية السعودية، حيث تعتبر الموارد المائية شحيحة جدًا، تم تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في أنظمة الري الذكية للتحكم في استهلاك المياه. تُستخدم خوارزميات الذكاء الاصطناعي لتحليل بيانات الطقس، خصائص التربة، وحالة النباتات لتحديد كمية المياه المطلوبة، وتوزيعها وفقًا لذلك. إضافة إلى ذلك، يتم توظيف الذكاء الاصطناعي في تطوير حلول مبتكرة لتوزيع المياه في المناطق التي تعاني من نقص المياه. في الأرجنتين، تم استخدام الذكاء الاصطناعي لتحسين توزيع المياه في المناطق الريفية من خلال تحديد الأنماط المثلى لتخزين وتوزيع المياه في الأوقات الأكثر احتياجًا، خاصة في ظل الظروف المناخية المتقلبة. من خلال هذه الأنظمة الذكية، استطاعت الحكومة المحلية ضمان وصول المياه إلى أكبر عدد ممكن من الناس دون تبذير.

5.4 التنبؤ بالجفاف أو الفيضانات وتوفير الحلول التكنولوجية

الجفاف والفيضانات هما من أكثر الكوارث الطبيعية تأثيرًا على الموارد المائية. ورغم التقدم في التنبؤات المناخية، إلا أن التنبؤ الدقيق بمثل هذه الأحداث لا يزال يمثل تحديًا كبيرًا. ومع ذلك، فإن الذكاء الاصطناعي قد وفر حلولًا جديدة لتحسين قدرة الدول والمجتمعات على الاستعداد لهذه الكوارث.

5.4.1 التنبؤ بالجفاف باستخدام الذكاء الاصطناعي

يعد التنبؤ بالجفاف أحد المجالات الحيوية التي استفادت من الذكاء الاصطناعي. باستخدام الخوارزميات المتقدمة، يمكن للذكاء الاصطناعي تحليل البيانات المناخية، وخصائص التربة، واحتياطيات المياه لتقديم تنبؤات دقيقة بشأن احتمالات الجفاف في مناطق معينة. في مشروع تم تنفيذه في الولايات المتحدة، تعاون العلماء مع مهندسي الذكاء الاصطناعي لتطوير نماذج قادرة على التنبؤ بحدوث الجفاف على مدار الأشهر المقبلة بناءً على مجموعة واسعة من البيانات البيئية. هذه النماذج لا تقتصر على تقديم تنبؤات، بل تشمل أيضًا الحلول المقترحة للتخفيف من آثار الجفاف، مثل تعديل استراتيجيات الري وتوزيع المياه.

5.4.2 التنبؤ بالفيضانات باستخدام الذكاء الاصطناعي

تعد الفيضانات من الكوارث الطبيعية المدمرة التي تحدث نتيجة لتغيرات في منسوب المياه في الأنهار أو البحيرات. في هذا الصدد، يستخدم الذكاء الاصطناعي لتحليل بيانات الطقس، هطول الأمطار، وتدفق المياه لتوقع أماكن الفيضانات المحتملة. في الهند، على سبيل المثال، تم استخدام الذكاء الاصطناعي لتحليل البيانات الجوية وبيانات الأنهار لضبط التنبؤات حول الفيضانات في المناطق المعرضة للخطر.

خوارزميات التعلم العميق، مثل الشبكات العصبية الاصطناعية، يمكنها تحديد الأنماط والتفاعلات المعقدة بين العوامل المختلفة التي تؤدي إلى الفيضانات. بفضل هذه التقنيات، يتمكن المسؤولون من اتخاذ إجراءات وقائية مبكرة مثل إخلاء المناطق المعرضة للخطر أو تعزيز الهياكل المائية لتقليل الأضرار.

5.5 التحديات والفرص المستقبلية

5.5.1 التحديات

تواجه إدارة الموارد المائية باستخدام الذكاء الاصطناعي عدة تحديات كبيرة تؤثر على فعاليتها. أول هذه التحديات هو جمع البيانات الدقيقة والكافية من المصادر المختلفة، حيث يعاني العديد من المناطق من نقص في البيانات أو قلة دقتها، مما قد يؤدي إلى قرارات غير فعالة في إدارة المياه. كما أن بعض تقنيات الاستشعار عن بُعد، مثل تلك المستخدمة في جمع بيانات المياه من المناطق النائية، قد تواجه صعوبات في الدقة. بالإضافة إلى ذلك، يعد التكامل بين الأنظمة المختلفة أحد أبرز التحديات، إذ تشمل إدارة المياه شبكات معقدة من الموارد الطبيعية والصناعية وأنظمة توزيع المياه وبيانات الطقس. الدمج الفعال لهذه الأنظمة وتحليل البيانات باستخدام الذكاء الاصطناعي لا يزال يشكل عقبة، خاصة عندما تتنوع مصادر البيانات بين الأقمار الصناعية والمستشعرات الذكية. من جهة أخرى، تظل التكلفة الاقتصادية أحد التحديات الرئيسية، حيث إن تكاليف تنفيذ الأنظمة الذكية ما زالت مرتفعة، وهو ما يعد عائقًا كبيرًا بالنسبة للدول النامية أو المناطق التي تعاني من محدودية في الموارد المالية. أخيرًا، ورغم التقدم الملحوظ في نماذج الذكاء الاصطناعي للتنبؤ بالكوارث البيئية مثل الفيضانات والجفاف، إلا أن هذه النماذج لا تزال غير كاملة، ولا تستطيع دائمًا التعامل مع التغيرات المناخية المفاجئة أو البيانات غير المتوافقة، مما يشكل تحديًا في تقديم حلول دقيقة وفعّالة في الوقت المناسب.

5.5.2 الفرص المستقبلية

توجد العديد من الفرص التي يمكن أن يسهم فيها الذكاء الاصطناعي بشكل كبير في تحسين إدارة الموارد المائية. من بين هذه الفرص التوسع في استخدام تقنيات الاستشعار عن بُعد وأجهزة الإنترنت للأشياء(IoT) ، حيث أصبحت هذه التقنيات قادرة على جمع بيانات دقيقة ومحدثة بشكل مستمر عن الموارد المائية، مما يسهم في تقديم حلول دقيقة وفعالة. كما يعزز الذكاء الاصطناعي قدرات التنبؤ بالكوارث البيئية مثل الفيضانات والجفاف، حيث يمكن تحسين نماذج التنبؤ لتحديد المناطق المعرضة للخطر مسبقًا، وبالتالي اتخاذ إجراءات استباقية لحماية الموارد المائية.

فرصة أخرى تكمن في تطوير أنظمة ري ذكية في الزراعة باستخدام الذكاء الاصطناعي، التي تعتمد على البيانات الفورية عن حالة التربة والمناخ واحتياجات النباتات، مما يقلل من هدر المياه ويحسن الإنتاجية الزراعية. أيضًا، هناك فرصة لتطوير حلول تكنولوجية لتحسين تخزين المياه، حيث يمكن للذكاء الاصطناعي تحليل أنماط تدفق المياه وظروف التخزين المثلى لمواجهة فترات الجفاف. كما أن التعاون الدولي في إدارة الموارد المائية يعزز من استخدام الذكاء الاصطناعي، حيث يمكن للدول المتجاورة تحسين توزيع المياه في المناطق الحدودية، مما يساهم في تقليل النزاعات حول هذه الموارد. أخيرًا، تتيح البيانات الضخمة المتزايدة المتعلقة بالموارد المائية فرصة كبيرة للاستفادة من التحليلات المتقدمة والذكاء الاصطناعي لإدارة المياه بشكل أكثر استدامة، مما يساعد الحكومات على اتخاذ قرارات أسرع وأكثر دقة.

خاتمة الفصل

أصبح الذكاء الاصطناعي يمثل أداة محورية في تعزيز قدرة المجتمعات على إدارة مواردها المائية بشكل مستدام. من خلال تحسين مراقبة جودة المياه، وتوزيعها، والتنبؤ بالكوارث الطبيعية، يمكن للذكاء الاصطناعي أن يسهم بشكل كبير في مواجهة التحديات العالمية المتعلقة بالمياه. تمثل هذه التقنيات، عندما تُستخدم بشكل فعال، فرصة حقيقية لتحقيق استخدام أكثر كفاءة للموارد المائية، مما يسهم في توفير المياه للأجيال القادمة.

****

الفصل السادس

الذكاء الاصطناعي
في بناء المدن الذكية والمستدامة

الفصل السادس: الذكاء الاصطناعي في بناء المدن الذكية والمستدامة

المقدمة

تواجه المدن حول العالم تحديات متزايدة بفعل النمو السكاني المتسارع، استنزاف الموارد، وزيادة التلوث. هذه الضغوط جعلت الحاجة إلى مدن مستدامة وذكية أكثر إلحاحًا من أي وقت مضى. المدن الذكية هي تلك التي تستخدم الذكاء الاصطناعي والتكنولوجيا المتقدمة لتحسين جودة الحياة، وتعزيز كفاءة استهلاك الموارد، وتحقيق التوازن بين النمو الحضري والبيئة. هذا الفصل يستكشف كيف يمكن للذكاء الاصطناعي أن يُحدث تحولًا شاملًا في إدارة المدن، عبر تطبيقات متنوعة تمتد من إدارة حركة المرور إلى تحسين الخدمات العامة.

6.1 مفهوم المدن الذكية: بين التكنولوجيا والاستدامة

المدن الذكية تمثل المستقبل، حيث تلتقي التكنولوجيا بالاستدامة. هي مدن حضرية مصممة لتحقيق أقصى كفاءة في استخدام الموارد مع تقليل التأثير السلبي على البيئة، يتم تزويدها بالبنية التحتية الذكية التي تستخدم التكنولوجيا المتقدمة لتحسين جودة الحياة في المجتمعات الحضرية. يدمج مفهوم المدن الذكية بين مجموعة من الابتكارات التقنية لتلبية احتياجات السكان بشكل فعال، بينما يتم التركيز على تقليل الأثر البيئي وزيادة كفاءة استخدام الموارد. من خلال شبكات المعلومات المتكاملة، يمكن للمدن الذكية التفاعل مع البيئات المحيطة، مما يسهم في تعزيز مستوى العيش وتقليل التكاليف.

تتمثل الجوانب الأساسية للمدن الذكية في تقنيات مثل الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء(IoT) ، البيانات الكبيرة(Big Data) ، التي تعمل جنبًا إلى جنب لتحسين إدارة البنية التحتية، الخدمات العامة، والتنقل. المدن الذكية لا تقتصر فقط على استخدام التكنولوجيا في تحسين الحياة اليومية، بل تعتبر أيضًا حجر الزاوية في خلق بيئات حضرية أكثر استدامة. يتم ذلك من خلال توظيف الذكاء الاصطناعي في مراقبة وتحليل

البيانات الضخمة التي تُجمع من أنظمة الاستشعار المتصلة. هذه البيانات تُستخدم لتحسين مختلف جوانب الحياة اليومية، مثل إدارة الطاقة، تخطيط النقل، وحتى تحسين استجابة خدمات الطوارئ.

على سبيل المثال، **مدينة أمستردام** في هولندا تعتبر واحدة من المدن الرائدة في تبني حلول المدن الذكية. تتضمن هذه الحلول تقنيات متقدمة مثل الأجهزة الذكية التي ترصد مستوى التلوث في الهواء، نظم الإضاءة الذكية التي تتفاعل مع حركة الناس في الشوارع، وأنظمة ري ذكية لحدائق المدينة. هذه التكنولوجيا لا تساهم فقط في تحسين جودة الحياة، ولكن تساهم أيضًا في تقليل استهلاك الطاقة وموارد المياه.

6.2 امثلة على تطبيقات الذكاء الاصطناعي في المدن الذكية

هناك العديد من تطبيقات الذكاء الاصطناعي المستخدمة في المدن الذكية والمستدامة مثل:
إدارة حركة المرور: تعتبر واحدة من أكثر التطبيقات شيوعًا للذكاء الاصطناعي في المدن الذكية .تقنيات الذكاء الاصطناعي التي تعتمد على التعلم الآلي (Machine Learning) تستطيع مراقبة الأنماط المرورية في الوقت الفعلي وتحليل البيانات الخاصة بحركة المركبات لتقديم حلول ذكية لتحسين تدفق المرور. على سبيل المثال، يمكن للذكاء الاصطناعي أن يحدد أوقات الإشارة المرورية المثلى بناءً على الكثافة المرورية لحركة السيارات والمشاة، مما يساعد في تقليل الازدحام وتحسين التنقل داخل المدن. تعتبر مدينة سنغافورة هي مثال حي على تطبيق الذكاء الاصطناعي في إدارة حركة المرور. تستخدم المدينة نظامًا يعتمد على الذكاء الاصطناعي لمراقبة حركة السيارات وتحليل البيانات في الوقت الفعلي لتحديد المناطق التي تحتاج إلى تدخل لتخفيف الازدحام. هذا النظام يقوم بتوجيه السائقين إلى مسارات بديلة أو تغيير توقيت الإشارات المرورية بشكل ذكي لتقليل التأخيرات. أيضا مدينة في لوس أنجلوس، تُستخدم أنظمة تعتمد على الذكاء الاصطناعي لتحليل حركة المرور وتعديل توقيت إشارات المرور بناءً على الكثافة الفعلية، مما ساعد على تقليل وقت التنقل.

تمثل الإضاءة الذكية تطبيقا آخر للذكاء الاصطناعي في المدن الذكية. يتم التحكم في الأنوار العامة باستخدام أنظمة مدعمة بالذكاء الاصطناعي، حيث تقوم أجهزة الاستشعار بتحليل البيئة المحيطة لتشغيل أو إيقاف

الأنوار بناءً على الحاجة. يتم ضبط شدة الإضاءة بناءً على حركة الأشخاص في الشوارع أو الظروف المناخية. مثال على ذلك هو مدينتي برشلونة في إسبانيا وكوبنهاجن في الدنمارك، حيث يتم استخدام الأنظمة الذكية لتقليل استهلاك الكهرباء في الشوارع من خلال الإضاءة التكيفية التي تستجيب لعدد المشاة وحركة السيارات، كما تضيء المصابيح العامة تلقائيًا عند مرور الأشخاص أو المركبات، ثم تنخفض شدة الإضاءة عند عدم الحاجة، مما ساهم في تقليل استهلاك الكهرباء.

أما بالنسبة لـ تحسين الخدمات العامة مثل إدارة النفايات والطوارئ، فإن الذكاء الاصطناعي يمكن أن يحدث فرقًا كبيرًا في توفير الخدمات الأساسية بشكل أكثر كفاءة. على سبيل المثال، يمكن استخدام الذكاء الاصطناعي في إدارة النفايات من خلال مراقبة الحاويات الذكية التي تقوم بتحليل حجم النفايات وإرسال إشعارات لجمعها في الوقت المناسب مما يقلل من عدد الرحلات غير الضرورية للشاحنات. مثل هذه الأنظمة تساهم في تقليل التلوث وتعزيز استدامة المدن.
مثال علي ذلك مدينة سنغافورة تستخدم حاويات مزودة بمستشعرات تعمل بالذكاء الاصطناعي، ترسل إشعارات عندما تمتلئ، مما يقلل من عدد الرحلات غير الضرورية للشاحنات ويقلل من انبعاثات الكربون.

6.3 تحسين استهلاك الموارد داخل المدن وتقليل بصمة الكربون الحضرية

من أبرز مزايا المدن الذكية هي قدرتها على تحسين استهلاك الموارد وتقليل الأثر البيئي الناتج عن الأنشطة الحضرية. المدن الذكية تعمل على تحسين استخدام الطاقة والمياه، وتقليل النفايات، وتعزيز الكفاءة العامة للبنية التحتية.

إدارة الطاقة في المدن الذكية تشمل استخدام الذكاء الاصطناعي في مراقبة وتحليل استهلاك الطاقة بشكل مستمر، مما يسمح بإدارة الطاقة بكفاءة أعلى. على سبيل المثال، مدينة نيويورك تستخدم أنظمة الذكاء الاصطناعي لتحليل بيانات استهلاك الطاقة في المباني العامة والخاصة. من خلال هذه البيانات، يمكن تحديد أوقات الذروة في استهلاك الكهرباء، وتوجيه المستخدمين إلى سلوكيات أكثر كفاءة في استخدام الطاقة. كما إدارة المياه أيضًا جزء أساسي في تحسين استهلاك الموارد داخل المدن. يتم استخدام الذكاء

الاصطناعي للتنبؤ باستخدام المياه في المناطق المختلفة وضبط تدفق المياه بناءً على الاحتياجات الفعلية، مما يقلل من هدر المياه. في مدينة دبي، على سبيل المثال، يتم استخدام الأنظمة الذكية في إدارة موارد المياه من خلال تحديد المواقع الأكثر احتياجًا للمياه وتوزيعها بشكل فعال، مما يساعد في مواجهة ندرة المياه في المناطق الصحراوية.

بالإضافة الي ان الحد من بصمة الكربون في المدن الذكية يعتبر ايضا هدف رئيسي من اهداف الاستدامه، ويتحقق من خلال تطبيق تقنيات مبتكرة تهدف إلى تقليل انبعاثات غازات الاحتباس الحراري. على سبيل المثال، تعتمد مدينة كوبنهاجن على حلول الذكاء الاصطناعي لتحليل بيانات النقل العام وتوجيه المركبات بشكل أكثر كفاءة، مما يقلل من حجم الانبعاثات. كما تستخدم الأنظمة الذكية في مراقبة جودة الهواء وتحليل البيانات لتحديد الأنشطة الملوثة وتوجيه السياسات البيئية نحو حلول مستدامة.

6.4 التحديات والفرص المستقبلية

6.4.1 التحديات

تواجه تقنيات المدن الذكية العديد من التحديات التي قد تؤثر على انتشارها. من أهم هذه التحديات هي خصوصية وحماية البيانات؛ حيث مع جمع كميات ضخمة من البيانات عبر أجهزة الاستشعار، تصبح الحاجة لحماية المعلومات الشخصية أمرًا ضروريًا. كما أن تكلفة البنية التحتية تعد من العقبات الكبيرة، حيث يتطلب توفير البنية التحتية المناسبة لهذه الحلول الذكية في المدن، خاصة في الدول النامية، استثمارًا ضخمًا في البنية التحتية الرقمية التي قد تكون غير متوفرة في بعض المناطق. بالإضافة إلى ذلك، فإن التكامل التكنولوجي بين الأنظمة المختلفة يمثل تحديًا آخر، إذ يتطلب دمج الأجهزة المختلفة وتواصلها الفعال حلولًا معقدة وتخطيطًا دقيقًا.

6.4.2 الفرص المستقبلية

تعزيز من الناحية المستقبلية، توفر تقنيات الذكاء الاصطناعي فرصًا كبيرة لتعزيز الاستدامة في المدن الذكية. يمكن استخدام هذه التقنيات لتحليل التغيرات المناخية والمساهمة في صياغة سياسات بيئية

أكثر استدامة. كما أن المدن الذكية يمكن أن تصبح مختبرات لتجريب تقنيات جديدة مثل المركبات ذاتية القيادة أو المباني الموفرة للطاقة، مما يساهم في دفع عجلة الابتكار. بالإضافة إلى ذلك، تسعى المدن الذكية إلى تحسين جودة حياة سكانها، حيث تركز على تقديم خدمات أكثر كفاءة وتقليل الأثر البيئي، مما يسهم في تحسين رفاهية الأفراد وجعل البيئة الحضرية أكثر استدامة.

خاتمة الفصل

يمثل الذكاء الاصطناعي حجر الزاوية في تحقيق رؤية المدن المستدامة والذكية. من تحسين الخدمات العامة إلى إدارة الموارد بكفاءة، تفتح هذه التقنيات آفاقًا جديدة لتحسين جودة الحياة وتقليل الأثر البيئي. ومع ذلك، يجب على صناع القرار مواجهة التحديات المرتبطة بالتكاليف والخصوصية لضمان تحقيق هذا التحول بطريقة عادلة ومستدامة.

****

الفصل السابع

التحديات والمخاطر

الفصل السابع: التحديات والمخاطر

مقدمة

يشهد العالم ثورة في تقنيات الذكاء الاصطناعي، التي أصبحت أداة قوية للتعامل مع المشكلات البيئية. ومع ذلك، فإن الاعتماد المتزايد على هذه التقنيات يأتي مع تحديات ومخاطر يجب أن نفهمها ونتعامل معها بحذر. تتنوع هذه التحديات بين الأثر البيئي الناتج عن الذكاء الاصطناعي نفسه، والمخاوف الأخلاقية، وضرورة تحقيق توازن بين التكنولوجيا والبيئة. في هذا الفصل، سنناقش هذه القضايا بالتفصيل، مع تقديم أمثلة واقعية وحلول مستقبلية.

7.1 المخاطر البيئية الناتجة عن استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي

على الرغم من الفوائد الهائلة التي يقدمها الذكاء الاصطناعي في معالجة التحديات البيئية، إلا أن هناك أخطار بيئية ناشئة قد تنجم عن استخدام هذه التقنية بشكل غير مدروس.

أولاً، يتطلب تشغيل أنظمة الذكاء الاصطناعي كميات كبيرة من الطاقة، خاصة في مراكز البيانات التي تعتمد على عمليات حسابية مكثفة لمعالجة البيانات وتدريب النماذج. وفقاً لتقارير علمية، فإن تدريب نموذج ذكاء اصطناعي واحد يمكن أن يستهلك طاقة كبيرة جدا يؤدي الي انبعاثات كربونية كبيرة.

ثانيًا، يؤدي الاعتماد المتزايد على أجهزة الاستشعار وإنترنت الأشياء (IoT) المستخدمة في جمع البيانات البيئية إلى زيادة النفايات الإلكترونية. إذا لم تُدار هذه النفايات بشكل صحيح، فقد تتسبب في تلوث التربة والمياه بسبب تسرب المواد السامة. تشير التقارير إلى أن العالم ينتج سنويًا أكثر من 50 مليون طن من النفايات الإلكترونية.

ثالثًا، في بعض الأحيان، قد تُستخدم أنظمة الذكاء الاصطناعي لتسريع العمليات الصناعية أو الزراعية بطرق غير مستدامة، مما قد يؤدي إلى استنزاف الموارد الطبيعية. على سبيل المثال، قد تؤدي تطبيقات الري الذكية إلى استغلال موارد المياه الجوفية بشكل مفرط إذا لم تُدار بعناية، كما حدث في مناطق من الهند حيث انخفضت مستويات المياه الجوفية بشكل كبير.

7.2 أخلاقيات استخدام التكنولوجيا في حماية البيئة

أخلاقيات الذكاء الاصطناعي تلعب دورًا حاسمًا في ضمان استخدام هذه التقنية بشكل مسؤول، حيث يجب مراعاة عدة نقاط رئيسية. أولاً، خصوصية الأفراد والشفافية تعد من الجوانب الهامة؛ حيث تتطلب أنظمة الذكاء الاصطناعي بيانات ضخمة لتحليلها، وقد ينطوي جمع هذه البيانات أحيانًا على انتهاك لخصوصية الأفراد أو المجتمعات. على سبيل المثال، قد تؤدي مراقبة الأراضي الزراعية عبر الأقمار الصناعية إلى انتهاك خصوصية المزارعين إذا لم يتم تنظيم هذه العمليات قانونيًا. ثانيًا، العدالة الاجتماعية تعد نقطة أخرى في غاية الأهمية؛ إذ يجب أن تضمن تطبيقات الذكاء الاصطناعي عدم تعميق الفجوات الاجتماعية والاقتصادية، مثلما قد يحدث مع تقنيات الزراعة الذكية التي تعزز الإنتاجية لدى كبار المزارعين على حساب صغارهم. ثالثًا، يجب أن تكون القرارات التي تتخذها أنظمة الذكاء الاصطناعي مفهومة وقابلة للتفسير. ففي سياق حماية البيئة، قد يصعب تحديد المسؤولية إذا تسببت الأنظمة في أضرار بيئية. من هنا، يتوجب أن تكون الخوارزميات مفتوحة المصدر لضمان الشفافية والمساءلة.

7.3 التوازن بين التقدم التكنولوجي والاستدامة البيئية

إن السعي لتحقيق التقدم التكنولوجي يجب أن يسير جنبًا إلى جنب مع الحفاظ على الاستدامة البيئية، وذلك من خلال اتخاذ بعض الخطوات التي تساهم في تحقيق هذا التوازن. أولاً، يجب أن تعتمد مراكز البيانات وأنظمة الذكاء الاصطناعي على مصادر طاقة متجددة مثل الطاقة الشمسية أو الرياح لتقليل الانبعاثات الكربونية. على سبيل المثال، اعتمدت شركة "جوجل" على الطاقة المتجددة لتشغيل مراكز البيانات الخاصة بها بالكامل. ثانياً، يمكن تصميم أنظمة الذكاء الاصطناعي بحيث تكون أكثر كفاءة في استخدام الطاقة، مثل تحسين خوارزميات التعلم الآلي لتقليل العمليات الحسابية المطلوبة، وهو ما يؤدي إلى تقليل استهلاك الطاقة. إضافة إلى ذلك، تلعب الحكومات دورًا رئيسيًا في تنظيم استخدام الذكاء الاصطناعي، ويمكن تحقيق ذلك من خلال التشريعات التي تفرض على الشركات تقييم الأثر البيئي لتقنياتها قبل تطبيقها. وأخيرًا، يمكن رفع مستوى الوعي بين المهندسين والعلماء حول أهمية الاستدامة البيئية، ما يؤثر بشكل إيجابي على تصميم التقنيات المستقبلية.

7.4 خطوات مستقبلية لتعزيز الاستدامة

لضمان استخدام مثالي لتقنيات الذكاء الاصطناعي، يمكن اتخاذ عدة خطوات مهمة. أولاً، ينبغي تشجيع الأبحاث والتطوير في مجال خوارزميات الذكاء الاصطناعي بهدف تحسين كفاءتها في استهلاك الطاقة. ثانيًا، من الضروري تعزيز الوعي بين المهندسين والمطورين حول أهمية الاستدامة البيئية، بما يساعد على تصميم تقنيات تستهلك طاقة أقل. ثالثًا، يمكن تحقيق التعاون الدولي بين الحكومات والمنظمات العالمية لوضع استراتيجيات شاملة تحقق التوازن بين التكنولوجيا والبيئة. رابعًا، من الضروري فرض قوانين ولوائح تنظيمية تلزم الشركات بتقييم الأثر البيئي لتقنياتها قبل نشرها. وأخيرًا، يجب تطوير أنظمة فعالة لإعادة تدوير النفايات الإلكترونية، من خلال إنشاء مراكز متخصصة لإعادة تدوير الأجهزة المستخدمة في تقنيات الذكاء الاصطناعي.

خاتمة الفصل

يمثل الذكاء الاصطناعي أداةً ثوريةً لحماية البيئة وتحقيق الاستدامة، لكنه يحمل أيضًا تحديات ومخاطر تستدعي معالجتها بحكمة. من خلال اتخاذ خطوات استباقية في مواجهة هذه التحديات، يمكن ضمان أن تكون هذه التقنية قوة دافعة نحو مستقبل مستدام، دون الإضرار بالبيئة أو المجتمعات. الفصول القادمة ستتناول مزيدًا من التطبيقات الناجحة والنماذج المستقبلية لهذه التقنية في خدمة البيئة.

****

الفصل الثامن

رؤى مستقبلية وتوصيات

الفصل الثامن: رؤى مستقبلية وتوصيات

المقدمة

مع التقدم المستمر في تقنيات الذكاء الاصطناعي، أصبح من الضروري استشراف المستقبل وتحديد السبل التي يمكن من خلالها استغلال هذه التقنيات لتعزيز الاستدامة وحماية البيئة. في هذا الفصل، نقدم رؤى مبتكرة حول الابتكارات المستقبلية، ونسلط الضوء على دور الحكومات والمنظمات في دعم المشاريع المستدامة، ونوجه توصيات عملية للمجتمعات والأفراد للاستفادة من الذكاء الاصطناعي في تحقيق الأهداف البيئية.

8.1 الابتكارات المستقبلية في الذكاء الاصطناعي لتعزيز الاستدامة

الابتكارات المستقبلية في الذكاء الاصطناعي لتعزيز الاستدامة تركز على تقنيات مبتكرة تهدف إلى تقليل الأثر البيئي وتحقيق الكفاءة. من أبرز هذه الابتكارات، تطوير تقنيات ذكاء اصطناعي منخفضة الطاقة التي من المتوقع أن تشهد تطورًا كبيرًا في المستقبل، حيث سيتم تطوير أنظمة ذكاء اصطناعي تعتمد على تقنيات منخفضة الطاقة، مما يقلل من الأثر البيئي الناتج عن تشغيل الأنظمة الضخمة. على سبيل المثال، يمكن تطوير معالجات صديقة للبيئة وخوارزميات تعتمد على تقنيات التعلم المُبسط التي تتطلب كميات أقل من البيانات والطاقة. في مجال الزراعة الذكية، ستسهم الطائرات بدون طيار المزودة بتقنيات الذكاء الاصطناعي في مراقبة المحاصيل وتحليل التربة ورصد التغيرات المناخية في الوقت الفعلي، مما يعزز الكفاءة الزراعية ويقلل من استخدام الموارد الطبيعية مثل المياه والأسمدة. من ناحية أخرى، ستشهد المدن الذكية المستدامة تقدمًا ملحوظًا، حيث ستعتمد على أنظمة ذكاء اصطناعي لتحسين إدارة الموارد، مثل شبكات النقل العام، وتقليل استهلاك الطاقة في المباني، ومراقبة جودة الهواء، مما يجعلها أكثر استدامة وملاءمة للعيش. وأيضًا، سيتطور الذكاء الاصطناعي للتنبؤ بالكوارث البيئية مثل الفيضانات والزلازل وحرائق الغابات،

مما يسمح باتخاذ إجراءات استباقية لحماية الأرواح وتقليل الأضرار باستخدام البيانات التاريخية ونماذج المحاكاة المتقدمة.

8.2 دور الحكومات والمنظمات في دعم المشاريع التكنولوجية المستدامة

تلعب الحكومات والمنظمات دورًا محوريًا في دعم المشاريع التكنولوجية المستدامة من خلال تعزيز السياسات البيئية التي تشجع على استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي لتحقيق الأهداف البيئية. يمكن للحكومات تقديم حوافز للشركات التي تطور تقنيات صديقة للبيئة أو فرض لوائح صارمة للحد من الأثر البيئي للمشاريع التكنولوجية. كما أن الاستثمار في البحث والتطوير يعتبر من الأساسيات لتحقيق الابتكارات المستقبلية، حيث يمكن للحكومات والمنظمات الدولية إنشاء صناديق تمويل تدعم المشاريع التي تركز على حلول الذكاء الاصطناعي الصديقة للبيئة. علاوة على ذلك، يمكن للشراكات بين القطاعين العام والخاص أن تسرع من تبني التقنيات المستدامة، مثل تطوير شبكات طاقة ذكية أو أنظمة إدارة النفايات باستخدام الذكاء الاصطناعي. وأخيرًا، ينبغي على الحكومات والمنظمات غير الحكومية تنظيم حملات توعية لتعريف الجمهور بالتقنيات المستدامة وتشجيعهم على تبنيها، مع توفير برامج تعليمية تستهدف الأطفال والشباب لبناء جيل واعٍ بالقضايا البيئية.

8.3 توصيات للمجتمعات والأفراد للمساهمة في حماية البيئة باستخدام الذكاء الاصطناعي

تتركز التوصيات للمجتمعات والأفراد للمساهمة في حماية البيئة باستخدام الذكاء الاصطناعي على تبني ممارسات تساهم في الاستدامة. يمكن للمجتمعات دعم المبادرات المحلية التي تستخدم الذكاء الاصطناعي لتحسين البيئة، مثل دعم الشركات الناشئة التي تقدم حلولًا مبتكرة لإدارة النفايات أو تحسين كفاءة استهلاك الطاقة. من جهة أخرى، يمكن للأفراد استخدام التطبيقات الذكية التي تساهم في تقليل استهلاك الموارد، مثل تطبيقات مراقبة استهلاك الطاقة المنزلية أو تحديد المسارات الأقل ازدحامًا لتقليل انبعاثات الكربون أثناء التنقل. كما يمكنهم لعب دور مهم في نشر الوعي حول أهمية الذكاء الاصطناعي لحماية البيئة من خلال تنظيم ورش عمل أو المشاركة في الفعاليات البيئية. إلى جانب ذلك، يجب على الأفراد الاستثمار في التعليم

المستمر لفهم أحدث التطورات في مجال الذكاء الاصطناعي، مثل الالتحاق بدورات تدريبية عبر الإنترنت أو متابعة الأبحاث العلمية. وأخيرًا، من الضروري تقليل الفاقد الإلكتروني عبر تشجيع الأفراد على إعادة تدوير الأجهزة الإلكترونية القديمة واختيار الأجهزة الموفرة للطاقة التي تستخدم تقنيات ذكاء اصطناعي صديقة للبيئة.

خاتمة الفصل

إن مستقبل الاستدامة يعتمد بشكل كبير على كيفية توجيه الذكاء الاصطناعي لخدمة البيئة والمجتمعات. من خلال الابتكار المستمر، الدعم الحكومي، ومشاركة المجتمعات، يمكننا تحقيق التوازن المطلوب بين التقدم التكنولوجي وحماية البيئة. هذا الفصل يمثل دعوة مفتوحة لجميع الأطراف المعنية للالتزام بتحقيق مستقبل أكثر استدامة باستخدام الذكاء الاصطناعي كأداة رئيسية لتحقيق ذلك.

****

الخـاتـمة

في هذا الكتاب، استعرضنا دور الذكاء الاصطناعي في تعزيز الاستدامة البيئية وحماية كوكبنا من التحديات الكبرى التي تهدد مستقبله، مثل التغير المناخي، التصحر، وتلوث المياه. كما أظهرنا كيف يمكن للتكنولوجيا أن تسهم بشكل كبير في تحسين الإنتاجية الزراعية، تقليل انبعاثات الكربون، تحسين إدارة الموارد الطبيعية، وتوفير حلول مبتكرة لمشكلات المدن والمجتمعات الحديثة.

لقد وضحنا أن الذكاء الاصطناعي ليس مجرد أداة تقنية فحسب، بل هو قوة محورية لتحويل الصناعات المختلفة نحو مسارات أكثر استدامة وفعالية. من تحسين إدارة الطاقة والمياه إلى تطوير الزراعة الذكية، تزداد أهمية الذكاء الاصطناعي في استراتيجيات التنمية المستدامة. ومع ذلك، لا بد من الإشارة إلى أن هذه التكنولوجيا تأتي مع تحدياتها الخاصة، بدءًا من القضايا الأخلاقية المتعلقة باستخدام البيانات وصولًا إلى المخاطر البيئية التي قد تنشأ نتيجة لهذه التطبيقات. إن التوازن بين التقدم التكنولوجي واستدامة البيئة يتطلب تفكيرًا جماعيًا ورؤية بعيدة المدى.

إن المستقبل يحمل في طياته إمكانيات ضخمة لابتكارات جديدة في مجال الذكاء الاصطناعي، التي ستسهم في مواجهة المشكلات البيئية بشكل أكثر فعالية. لكن لتحقيق هذا المستقبل، يجب على الحكومات والمنظمات العالمية أن تعمل معًا لدعم المشاريع التكنولوجية المستدامة وتوفير البيئة القانونية والتشريعية التي تضمن الاستخدام المسؤول لهذه التقنيات. كما يجب على الأفراد والمجتمعات أن يكونوا جزءًا من هذا التحول من خلال تبني حلول ذكية ومستدامة في حياتهم اليومية.

في الختام، يبقى الدور الأساسي للذكاء الاصطناعي في البيئة مرتبطًا بالقدرة على تحفيز التغيير الحقيقي والمستدام. من خلال العمل المشترك بين العلماء، الصناعيين، وصناع القرار، يمكننا تحقيق تنمية مستدامة تحافظ على كوكب الأرض للأجيال القادمة.

****

المصادر

1. Pachot, A., & Patissier, C. (2022). Towards sustainable artificial intelligence: an overview of environmental protection uses and issues. *arXiv preprint arXiv:2212.11738*.
2. Yuan, H., Yin, Z., Zhao, C., Yang, Z., Gao, S., Zhao, S., ... & Fang, Y. (2020, October). Evaluation of Smart environmental protection systems and novel UV-oriented solution for integration, resilience, inclusiveness and sustainability. In *2020 5th International Conference on Universal Village (UV)* (pp. 1-77). IEEE.
3. Zhao, L., Dai, T., Qiao, Z., Sun, P., Hao, J., & Yang, Y. (2020). Application of artificial intelligence to wastewater treatment: A bibliometric analysis and systematic review of technology, economy, management, and wastewater reuse. *Process Safety and Environmental Protection*, *133*, 169-182.
4. Bibri, S. E., Krogstie, J., Kaboli, A., & Alahi, A. (2024). Smarter eco-cities and their leading-edge artificial intelligence of things solutions for environmental sustainability: A comprehensive systematic review. *Environmental Science and Ecotechnology*, *19*, 100330.
5. Yigitcanlar, T., Mehmood, R., & Corchado, J. M. (2021). Green artificial intelligence: Towards an efficient, sustainable and equitable technology for smart cities and futures. *Sustainability*, *13*(16), 8952.
6. Galaz, V., Centeno, M. A., Callahan, P. W., Causevic, A., Patterson, T., Brass, I., ... & Levy, K. (2021). Artificial intelligence, systemic risks, and sustainability. *Technology in Society*, *67*, 101741.
7. Chen, C., Hu, Y., Karuppiah, M., & Kumar, P. M. (2021). Artificial intelligence on economic evaluation of energy efficiency and renewable energy technologies. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, *47*, 101358.
8. Leal Filho, W., Wall, T., Mucova, S. A. R., Nagy, G. J., Balogun, A. L., Luetz, J. M., ... & Gandhi, O. (2022). Deploying artificial intelligence for climate change adaptation. *Technological Forecasting and Social Change*, *180*, 121662.
9. Khan, A. A., Laghari, A. A., Rashid, M., Li, H., Javed, A. R., & Gadekallu, T. R. (2023). Artificial intelligence and blockchain technology for secure smart grid and power distribution Automation: A State-of-the-Art Review. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, *57*, 103282.
10. Javaid, M., Haleem, A., Khan, I. H., & Suman, R. (2023). Understanding the potential applications of Artificial Intelligence in Agriculture Sector. *Advanced Agrochem*, *2*(1), 15-30.

11. Ahmed, S., Hossain, M. F., Kaiser, M. S., Noor, M. B. T., Mahmud, M., & Chakraborty, C. (2021). Artificial intelligence and machine learning for ensuring security in smart cities. In *Data-Driven Mining, Learning and Analytics for Secured Smart Cities: Trends and Advances* (pp. 23-47). Cham: Springer International Publishing.

12. Liu, J., Liu, L., Qian, Y., & Song, S. (2022). The effect of artificial intelligence on carbon intensity: evidence from China's industrial sector. *Socio-Economic Planning Sciences*, *83*, 101002.

13. Fang, B., Yu, J., Chen, Z., Osman, A. I., Farghali, M., Ihara, I., ... & Yap, P. S. (2023). Artificial intelligence for waste management in smart cities: a review. *Environmental Chemistry Letters*, *21*(4), 1959-1989.

14. Khan, A. A., Laghari, A. A., Rashid, M., Li, H., Javed, A. R., & Gadekallu, T. R. (2023). Artificial intelligence and blockchain technology for secure smart grid and power distribution Automation: A State-of-the-Art Review. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, *57*, 103282.

15. Di Martino, B., Colucci Cante, L., Graziano, M., & Enrich Sard, R. (2021). Tweets analysis with big data technology and machine learning to evaluate smart and sustainable urban mobility actions in Barcelona. In *Complex, Intelligent and Software Intensive Systems: Proceedings of the 14th International Conference on Complex, Intelligent and Software Intensive Systems (CISIS-2020)* (pp. 510-519). Springer International Publishing.

16. Shivaprakash, K. N., Swami, N., Mysorekar, S., Arora, R., Gangadharan, A., Vohra, K., ... & Kiesecker, J. M. (2022). Potential for artificial intelligence (AI) and machine learning (ML) applications in biodiversity conservation, managing forests, and related services in India. *Sustainability*, *14*(12), 7154.

17. Naz, F., Agrawal, R., Kumar, A., Gunasekaran, A., Majumdar, A., & Luthra, S. (2022). Reviewing the applications of artificial intelligence in sustainable supply chains: Exploring research propositions for future directions. *Business Strategy and the Environment*, *31*(5), 2400-2423.

18. Galaz, V., Centeno, M. A., Callahan, P. W., Causevic, A., Patterson, T., Brass, I., ... & Levy, K. (2021). Artificial intelligence, systemic risks, and sustainability. *Technology in Society*, *67*, 101741.

19. Kar, A. K., Choudhary, S. K., & Singh, V. K. (2022). How can artificial intelligence impact sustainability: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, *376*, 134120.

20. Kar, A. K., Choudhary, S. K., & Singh, V. K. (2022). How can artificial intelligence impact sustainability: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, *376*, 134120.

****