أكاديمية أنور قرقاش الدبلوماسية
ANWAR GARGASH DIPLOMATIC ACADEMY

مركز الدبلوماسية المناخية

كيف يساعد الذكاء الاصطناعي في دفع وتسريع الجهود العالمية لمواجهة التغير المناخي

الدكتورة أنجل شو

حقوق النشر: أكاديمية أنور قرقاش الدبلوماسية 2024

بيان إخلاء المسؤولية: الآراء الواردة في هذه الوثيقة تُعبّر عن رأي المؤلف فقط ولا تعكس بالضرورة وجهة نظر أكاديمية أنور قرقاش الدبلوماسية، باعتبارها جهة اتحادية مستقلة، وكذلك لا تُعبّر عن وجهة نظر حكومة دولة الإمارات العربية المتحدة.

ديسمبر 2024

المؤلفون:

الدكتورة أنجل شو

هي أستاذة مساعدة في مجال السياسة العامة والبيئة في جامعة نورث كارولينا - تشابل هيل بالولايات المتحدة. وهي المؤسسة والمديرة لمختبر داتا دريفين انفيرولاب. تتناول أبحاثها تفاعل العلم مع السياسة واستخدام الأساليب القائمة على البيانات لفهم الاستدامة البيئية، وتصب تركيزها على تغير المناخ والطاقة والتحضر وجودة الهواء. وكانت مؤلفة مشاركة في التقرير التقييمي السادس للفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ (IPCC)، والمؤلفة الرئيسية لأحد فصول تقرير فجوة الانبعاثات لعام 2018 الصادر عن برنامج الأمم المتحدة للبيئة بشأن الجهات الفاعلة غير الحكومية والمحلية. وقد حصلت على درجة الدكتوراه في السياسة البيئية من جامعة ييل.

ملخّص:

- يبحث هذا التقرير في قدرة الذكاء الاصطناعي على دعم وتسريع العمل المناخي من خلال معالجة نقص البيانات، ورفع كفاءة تحليلها ومعالجتها، والارتقاء بتقييم المخاطر لتحقيق ما يصبو إليه اتفاق باريس من أهداف تتعلق بالتخفيف والتكيف والتمويل.
- وفي ظل التقييم العالمي الشامل (GST)، الذي أبرز ضرورة تطوير أساليب المحاسبة والمساءلة بشكل عاجل، وبالأخص للجهات الفاعلة غير الحكومية كالمؤسسات الخاصة والهيئات المحلية، تمثل الأساليب المستندة إلى الذكاء الاصطناعي فرصة لسد الفجوات الأساسية.
- يوضح هذا التقرير، من خلال ثلاثة نماذج تطبيقية، عملية تشمل تحليل السياسات باستخدام معالجة اللغة الطبيعية وتكامل وتوحيد البيانات وتحديد مخاطر التكيف وكيفية مساهمة الذكاء الاصطناعي في تعجيل وتوسيع العمل المناخي والحلول الممكنة.
- ونظرًا للتحديات المرصودة في التدريب على نماذج الذكاء الاصطناعي، بما فيها مشكلات التمثيل والانحياز، يقترح التقرير الخيارات السياسية التالية:
- دعم إشراك مختلف الأطراف المعنية في تصميم وتطبيق منظومات الذكاء الاصطناعي للعمل المناخي ضمن إطار "الإشراف البشري المباشر"، لضمان اختيار مجموعات البيانات الملائمة للتدريب والتعامل مع الانحيازات المحتملة أو الكشف عنها بوضوح.
- وضع إجراءات محددة لضمان الشفافية في استخدام الذكاء الاصطناعي لتقييم العمل المناخي على المستوى الدولي، بما يشمل التقييم العالمي الشامل وضمان إتاحة الرموز البرمجية المفتوحة والبيانات، مع تقديم معلومات دقيقة عن الأثر المناخي لأنظمة وطرق الذكاء الاصطناعي المطبقة.
- نشر الثقافة والتوعية بالذكاء الاصطناعي في مجال العمل المناخي على المستويين الداخلي والخارجي لضمان استخدامه بشكل أخلاقي وفعال في إجراءات مثل التقييم العالمي الشامل، مع ضمان توافق تطبيقات الذكاء الاصطناعي مع غايات العمل المناخي لتفادي أي تداعيات سلبية غير متوقعة.

تفاصيل الموضوع

يتمتع الذكاء الاصطناعي (AI) بإمكانات هائلة لتسريع العمل المناخي العالمية نحو تحقيق أهداف اتفاق باريس وأهداف المناخ العالمية. وبالإضافة إلى ذلك، يحمل الذكاء الاصطناعي إمكانيات ضخمة لسد الفجوات في بيانات تغير المناخ، بالإضافة إلى تسريع تحليل البيانات وتقييم المخاطر ووضع السياسات، مع قدرته على معالجة مجموعات بيانات ضخمة واكتشاف الأنماط. وقد سلط التقييم العالمي الأول (GST) في مؤتمر الأطراف COP28 الضوء على الفجوات في البيانات، خاصة فيما يتعلق بالجهات غير الحكومية والكيانات الفرعية، التي تُعد أحد أبرز التحديات أمام تعزيز مصداقية وطموح العمل المناخي.

وتؤدي هذه الكيانات، التي تشمل الشركات الخاصة والمؤسسات المالية والمنظمات غير الربحية، دورًا أساسيًا في تنفيذ استراتيجيات المناخ وزيادة الطموحات الوطنية،[1] و[2] إلا أن مساهماتها غالبًا ما تكون غير موثقة بشكل كافٍ ولا تُدمج بالشكل الصحيح في التقييمات الوطنية والدولية.[3] يمكن للذكاء الاصطناعي أن يسهم في حل هذه المشكلة، مما يساعد هذه الأطراف والحكومات الوطنية على تقديم تقييمات أكثر دقة وشمولًا لمساهماتها في الوقت المناسب.

يتناول هذا التقرير إمكانيات الذكاء الاصطناعي في دعم وتعزيز العمل المناخي، لاسيما من خلال سد الفجوات في البيانات التي تعرقل التقييمات الدقيقة لجهود التخفيف والتكيف والتمويل المناخي، بالإضافة إلى التقييمات الأشمل للمراجعة والتقييم الجماعي للتقدم نحو الأهداف المناخية المشتركة.

يُستخدم الذكاء الاصطناعي الآن في العديد من المجالات المتعلقة بتغير المناخ، بما في ذلك تطوير أنظمة الإنذار المبكر عبر تحسين الكشف وتحليل المخاطر المناخية مثل مخاطر الفيضانات [4] وحرائق الغابات.[5] بالنسبة للتخفيف، يُستخدم الذكاء الاصطناعي لتحسين كفاءة الشبكات الكهربائية والاستفادة المثلى منها،[6] وتحليل أنماط النقل والتنقل،[7] وقياس الانبعاثات الناتجة من محطات الطاقة [8] وغيرها من مصادر الانبعاثات الكبيرة.[9]

قدَّم الذكاء الاصطناعي أيضًا إمكانات واعدة في تحسين مراقبة وتقييم الانبعاثات الناجمة عن استخدام الأراضي وتغيير استخداماتها، مثل إزالة الغابات، التي تبين أنها غالبًا ما تكون مقدمة بتقديرات منخفضة وغير دقيقة وغالبًا ما تُستبعد من الحسابات الرسمية للدول في تقاريرها التي تقدمها إلى أمانة اتفاقية الأمم المتحدة لتغير المناخ.[10] ويشمل الذكاء الاصطناعي أيضًا مجالًا فرعيًا ذا صلة بالعمل المناخي يتمثل في معالجة اللغة الطبيعية (NLP) والذكاء الاصطناعي التوليدي، اللذان يتيحان تحليل وتوليد المحتوى من الوثائق السياسية، ووسائل التواصل الاجتماعي، والمصادر النصية الأخرى لاستخلاص تقارير تتعلق بالرأي العام وفعالية السياسات والاتجاهات المستقبلية.[11]

ورغم أن الذكاء الاصطناعي يتيح فرصًا كبيرة لتعزيز كفاءة تحليل المعلومات والبيانات ومعالجتها وسد الفجوات في تقييم العمل المناخي، إلا أن هناك أيضًا مخاوف مشروعة بشأن استخدامه المتزايد. غالبًا ما يتم انتقاد خوارزميات التعلم الآلي (ML) على أنها "صندوق أسود" بسبب تعقيدها وصعوبة تفسيرها في كثير من الأحيان، مما قد يقوض الشفافية اللازمة لآليات المحاسبة والمساءلة ذات المصداقية.[12]

تعد معالجة التحديات مثل التحيزات وغموض القرار أمرًا ضروريًا لضمان الاستخدام المسؤول والفعال للذكاء الاصطناعي في تعزيز الأهداف المناخية. وهناك شاغل رئيسي آخر هو بصمة الطاقة والمناخ لتقنيات وتطبيقات الذكاء الاصطناعي، والتي تشمل الكهرباء المطلوبة للتدريب واستخدام النماذج، وكذلك لتخزين البيانات والخوادم.[13] و[14] ويناقش هذا التقرير هذه التحديات المتعلقة بتطبيقها في مجالات العمل المناخي وصنع القرار.

رغم أن نطاق هذه الدراسة لا يتسع لتغطية جميع تطبيقات الذكاء الاصطناعي المحتملة في العمل المناخي، إلا أن تطبيق ويكي المعني بتغير المناخ والمدعوم بتقنية الذكاء الاصطناعي[15] يقدم سجلًا متجددًا لمختلف تطبيقات الذكاء الاصطناعي في مجالات تغير المناخ، متضمنًا التكيف والتخفيف في قطاعات مثل البيئة العمرانية وأنظمة الكهرباء والزراعة.

وبالأحرى، سيُركز هذا التحليل على ثلاثة استخدامات محددة للذكاء الاصطناعي في العمل المناخي، مرتبطة بالتقييم العالمي الشامل لاتفاق باريس، والتي عُرفت في التقييم العالمي الشامل الأول بوصفها مجالات مهمة تحتاج لمزيد من المعلومات والبيانات. وتشمل هذه الاستخدامات: تطبيق معالجة اللغة الطبيعية المعتمدة على التعلم الآلي لتحليل وتركيب البيانات النصية، وتيسير التعلم السياساتي وتجميع الأدلة واستخدام التعلم الآلي لدمج وتوحيد البيانات لتحسين التقديرات في القطاعات أو الوحدات ضعيفة التوثيق أو صعبة القياس الكمي واستثمار الذكاء الاصطناعي/التعلم الآلي في رصد التكيف المناخي وتقليل المخاطر.

أهمية البيانات: متابعة التقدم المحرز في التقييم العالمي لاتفاق باريس

بموجب اتفاق باريس، يعد الإبلاغ القوي عن البيانات الآلية الأساسية التي تضمن الشفافية والمساءلة في العمل المناخي العالمية.[16] وبالنسبة لكل من الدول المتقدمة والنامية، يشترط إطار الشفافية المعزز (ETF) الإبلاغ عن مختلف الإجراءات المناخية والتنفيذ والدعم، بما في ذلك تقديم قائمة جرد لغازات الدفيئة وتقرير عن التقدم المحرز في تنفيذ وتحقيق مساهماتها المحددة وطنيًا.[17]

على الرغم من أن إطار الشفافية المعزز يتيح مرونة للدول النامية، مما يسمح لها بتكييف متطلبات الإبلاغ وفقًا لظروفها الوطنية مع تلقي الدعم لبناء القدرات المؤسسية،[18] إلا أن متطلبات الإبلاغ هذه تعد من بين الالتزامات القليلة الملزمة قانونًا لكل من الدول المتقدمة والنامية الأطراف في اتفاق باريس. ويشكل هذا الإطار كذلك الركيزة الأساسية للمراجعة العالمية التي تُجرى كل خمس سنوات، والتي تقوم بتقييم التقدم الجماعي نحو الأهداف العالمية لاتفاق باريس المتعلق بالتخفيف من المناخ والتكيف والتمويل.

شمل أول تقييم عالمي شامل لاتفاق باريس تقييمًا رجعيًا للتقدم الجماعي نحو الأهداف العالمية للتخفيف من حدة تغير المناخ والتكيف والتمويل، بالإضافة إلى عملية مستقبلية لتوصية بفرص العمل المستقبلي وتعزيز التعاون الدولي.[19] وتم الاسترشاد بـ"التقييم المستعرض" من خلال مجموعة متنوعة من مدخلات البيانات، بدءًا بالتقارير الوطنية التي تم إنشاؤها تحت آليات الإبلاغ الحالية التابعة لاتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ (UNFCCC) والإطار الشفاف المعزز (ETF). تشكّل هذه التقارير الأساس الذي يوضح تقدّم كل دولة في خفض الانبعاثات، والتكيف مع تداعيات تغير المناخ، وتحديد احتياجاتها من الدعم. وساهمت إسهامات الجهات المعنية من المجتمع المدني والمجتمعات الأصلية والقطاع الخاص في إثراء النقاش من خلال تقديم وجهات نظر حول مشاركتهم في العمل المناخي. وقدمت التقارير الحالية لاتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ، إلى جانب التقييمات العلمية العالمية التي أجراها الفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ (IPCC)، سياقًا حاسمًا فيما يتعلق بالتزامات الدول والحالة العامة لتغير المناخ.

وبالنظر إلى الخبرات والدروس المستخلصة من المراجعة العالمية الأولى، يعرض تقرير الهيئات الفرعية استنتاجات رئيسية، تشير إلى الفرص التي قد يسهم الذكاء الاصطناعي في معالجتها.[20] وقد أوصت العديد من الأطراف بالبدء في تحديد الفجوات المحتملة في المعلومات في وقت مبكر، مع التركيز على تحسين إمكانية الوصول إلى البيانات، وتعزيز المشاورات الإقليمية، وتعزيز مبادرات بناء القدرات المصممة خصيصًا لتلبية احتياجات الدول الأقل نموًا التي تواجه تحديات كبيرة في جمع المعلومات وسد الفجوات.

ووفقًا لما يتضح من دراسات الحالة الواردة أدناه، لاسيما فيما يتعلق بقوائم جرد الانبعاثات وتحليل المخاطر، قد يسهم الذكاء الاصطناعي في معالجة هذه الفجوات في الدول النامية التي قد تفتقر إلى القدرات أو الموارد. وفي الصفحة 9 من التقرير، قدمت الأطراف مقترحات محددة مفادها استكشاف استخدامات الذكاء الاصطناعي لتسهيل الوصول إلى المعلومات، وفقًا لما هو موضح في دراسة الحالة حول معالجة اللغة الطبيعية المقدمة في هذا التقرير. وبالإضافة إلى ذلك، أشار عدد قليل من الأطراف إإلى أن التقييم العالمي الأول لم يُعِر اهتمامًا كافيًا للتقدم الجماعي فيما يتعلق بتدفقات التمويل، وأوصت بأن تكون التقييمات المستقبلية شاملة في تغطيتها للتقدم نحو أهداف اتفاق باريس، بما في ذلك مساهمات الحكومات والقطاع الخاص وأطراف أخرى. ويمكن للذكاء الاصطناعي أن يساعد في سد هذه الفجوة من خلال تسهيل تجميع البيانات المتنوعة أو إنشاء مؤشرات تقديرية للبيانات المبلغ عنها.

الإطار رقم (1): التعريفات والمفاهيم الرئيسية المتعلقة بالذكاء الاصطناعي (AI)

- الذكاء الاصطناعي (AI): الأنظمة التي تحاكي الذكاء البشري لإجراء مهام حل المشكلات.
- التعلم الآلي: قسم من الذكاء الاصطناعي يُعنى ببناء خوارزميات ونماذج إحصائية تتعلم من أنماط البيانات.
- الذكاء الاصطناعي التوليدي: ذكاء اصطناعي يُنتج محتوى جديدًا كالنصوص والصور والتسجيلات الصوتية
- النماذج اللغوية الكبيرة (GPT): أنظمة ذكاء اصطناعي تُعنى بفهم وتوليد اللغة الإنسانية من خلال معالجة كميات هائلة من النصوص.
- معالجة اللغة الطبيعية: تخصص فرعي يجمع بين الذكاء الاصطناعي وعلم اللغة ويركز على فهم وتوليد أنماط اللغة البشرية.
- التزييف العميق (ديب فيك): هو محتوى صناعي يتم إنشاؤه باستخدام الذكاء الاصطناعي التوليدي لإنشاء صور وفيديوهات أو صوتيات تحاكي المحتوى الواقعي، وتُستخدم في كثير من الأحيان للتلاعب أو التضليل.

حالة الاستخدام 1: معالجة اللغة الطبيعية لتحليل السياسات

يولى اهتمام متزايد لتقييم «النص كبيانات»[21] لتحليل وثائق السياسة ووسائل التواصل الاجتماعي والمصادر النصية الأخرى للحصول على رؤى حول الرأي العام وفعالية السياسة والاتجاهات الناشئة. معالجة اللغة الطبيعية (NLP) هي مجال متعدد التخصصات يجمع بين اللغويات وعلوم الحاسوب لتمكين أجهزة الكمبيوتر من فهم ومعالجة اللغة البشرية المكتوبة أو المنطوقة.22 وتشمل بعض التطبيقات الأولى لمعالجة اللغة الطبيعية المساعدين الذكيين مثل سيري من أبل وأليكسا من أمازون، الذين ساهموا في تعريف العامة بمعالجة اللغة الطبيعية من خلال توفير واجهات تفاعلية، تعمل بالصوت وتبدو بشرية، للدردشة مع الروبوتات.[22]

وتتضمن تطبيقات معالجة اللغة الطبيعية الأخرى تحليل المشاعر واسترجاع المعلومات وروبوتات الدردشة، والتي تشترك جميعها في هدف مشترك يتمثل في فهم ومعالجة كميات كبيرة من النص لاستخراج رؤى ذات مغزى، والرد على استفسارات المستخدم، وتسهيل التفاعل بين الإنسان والحاسوب. ويكتسب الذكاء الاصطناعي التوليدي، الذي ينشئ محتوى جديدًا مثل النص أو الصور أو الصوت من خلال محاكاة الأنماط في بيانات التدريب، اهتمامًا متزايدًا[23] ومخاوف متزايدة،[24] لاسيما فيما يتعلق بالتزييف العميق أو المحتوى الذي تم إنشاؤه بشكل خطأ والذي يهدف إلى الخداع. ويرد في الإطار رقم (1) عرض موجز للتعريفات الرئيسية المتعلقة بالذكاء الاصطناعي لأغراض العمل والسياسة المتعلقة بالمناخ.

في مجال السياسات المناخية، تزداد الاعترافات بإمكانات الذكاء الاصطناعي التوليدي والنماذج اللغوية الكبيرة لتحسين الوصول إلى المعلومات المتعلقة بالمناخ، وهو ما يتجلى في تزايد المبادرات الرامية إلى تطوير نماذج لغوية ودردشة متخصصة في مجال المناخ في السنوات الأخيرة. كان «كلايمت بيرت» (ClimateBERT) من أولى النماذج اللغوية الكبيرة المتخصصة التي تم تدريبها على أكثر من مليوني نص متعلق بالمناخ، بما في ذلك مواقع الأخبار، والمقالات البحثية، وتقارير الشركات المناخية.[25] ولقد تم استخدامه لتحليل إفصاحات المخاطر المؤسسية والإشارات إلى تغير المناخ،[26] بالإضافة إلى مهام تصنيف أخرى لتحديد وجود النصوص المتعلقة بالمناخ.

ظهرت أيضًا روبوتات محادثة متخصصة في المناخ، بما في ذلك «تشات كلايمت» (ChatClimate)[27]، التي تتيح للمستخدمين استجواب تقارير العلوم المناخية التابعة للجنة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC)[28]، بينما يستخدم «تشات نت زيرو» (ChatNetZero) البيانات الكمية من «تتبع الحياد الكربوني» (Net Zero Tracker) وبعض التقييمات العلمية لتقديم معلومات محددة بشأن نزاهة الالتزامات المتعلقة بإزالة الكربون..[29] وتجرب بعض الروبوتات الأخرى مثل «كليم سايت» (ClimSight)[30] طرق دمج بيانات المناخ الفيزيائية والنماذج اللغوية الكبيرة (LLMs) لجعل البيانات والمعلومات من نماذج المناخ، بما في ذلك بيانات الأمطار والطقس العالمية واسعة النطاق، أكثر وصولًا للمستخدمين. وتُظهر هذه التطبيقات حالة استخدام جديدة ومتنامية حيث يمكن للذكاء الاصطناعي التوليدي أن يساعد في التخطيط الاستباقي للعمل المناخي.[31]

ووفقًا لما حددته الأطراف في عملية التقييم العالمي الشامل [20]، فإن القدرة على تجميع كميات كبيرة من الأدلة من أشكال وأنواع متعددة أمر بالغ الأهمية للجهات الفاعلة في مجال المناخ وصناع القرار لتحديد أفضل الممارسات والدروس المستفادة وفرص العمل المعزز. تُستخدم تقنية معالجة اللغة الطبيعية أيضًا في تجميع الأدلة وتحليلها عبر أسلوب الرسم المنهجي، حيث يتم تصنيف الأدلة وتلخيصها بكفاءة لتسليط الضوء على التوجهات الرئيسية في مواضيع محددة.[32]

أما تقنيات معالجة اللغة الطبيعية المدعومة بتعلم الآلة، مثل نمذجة المواضيع، فهي تقنية تعلم آلي غير إشرافية، تقوم بتحليل تكرار الكلمات لاكتشاف المجموعات الموضوعية داخل مجموعة ضخمة من الوثائق. فعلى سبيل المثال، استخدم الباحثون هذه التقنية لاكتشاف الروابط بين تغير المناخ والأبحاث العلمية المتعلقة بالصحة،[33] وكذلك لتحديد المواضيع الرئيسية في المساهمات المقدمة إلى المراجعة العالمية التي بلغ مجموع نصوصها أكثر من 200,000 صفحة، ولرصد الفروقات بين المدخلات غير الرسمية والتلخيص الفني الرسمي لتقرير المراجعة العالمية.[34] ولا توفر هذه الطريقة فقط لمحة شاملة عن الأبحاث الحالية وتحديد المواضيع المشتركة، بل تساهم أيضًا في الكشف عن الانحيازات والفجوات في التقارير التي تُعدها منظمات، مثل اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ وغيرها من الهيئات العلمية.[35]

حالة الاستخدام 2: الاستفادة من الذكاء الاصطناعي لتحسين بيانات الانبعاثات المناخية

من أبرز التطبيقات الواعدة للذكاء الاصطناعي في مكافحة تغير المناخ تلك الأساليب المبنية على التعلم الآلي التي تتيح دمج البيانات المتعلقة بانبعاثات غازات الدفيئة، ودمجها، والتنبؤ بها. وتعتبر هذه الإمكانية ذات أهمية خاصة للقطاعات التي يصعب تحديد انبعاثاتها، مثل استخدام الأراضي، وانبعاثات إزالة الغابات، والمناطق الحضرية. ومن خلال دمج مجموعات بيانات كبيرة متعددة، يمكن للتعلم الآلي الكشف عن علاقات إحصائية جديدة وأنماط بين العوامل التنبؤية وبيانات انبعاثات غازات الدفيئة، مما يساعد في معالجة التعقيدات التي تواجه الأساليب التقليدية في دمج البيانات ودقة التنبؤ.[36]

يمكن للنماذج التنبؤية المدفوعة بالتعلم الآلي الاستفادة من بيانات مراقبة الأرض عالية الدقة والأقمار الصناعية منخفضة التكلفة لتحسين التنبؤات بانبعاثات الغازات الدفيئة على المستويين الوطني ودون الوطني، باستخدام العوامل المعروفة، مثل توليد الكهرباء والنقل والزراعة والصناعة وإزالة الغابات وتغير استخدام الأراضي.[36–38] فعلى سبيل المثال، تم إثبات أن العوامل الأساسية مثل استهلاك الطاقة من الوقود الأحفوري، والسكان، والناتج المحلي الإجمالي، يمكن أن توفر قوة تنبؤية في سجلات انبعاثات الغازات الدفيئة التي تقدمها المدن.[39] كما تم استخدام نماذج التعلم الآلي لتوقع سيناريوهات الانبعاثات المستقبلية.[40] و[41]

ويمكن استخدام هذه الأساليب والنهج ليس فقط لسد الفجوات في البيانات حيث تكون قوائم جرد الانبعاثات غير مكتملة أو غير متسقة من الناحيتين الزمنية والمكانية، ولكن أيضًا للتنبؤ بالانبعاثات المستقبلية. وتعتبر هذه القدرة ذات قيمة خاصة للمراجعات المستقبلية، التي تتطلب معلومات دقيقة وآنية لتقييم التقدم وتوجيه العمل المناخي.

يمكن للذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي أن يساهما في جانب التحقق ضمن آليات القياس والإبلاغ والتحقق (MRV) للاتفاقيات الدولية مثل اتفاق باريس، إلى جانب مكونات القياس والإبلاغ. ويمكن للتعلم الآلي، بفضل قدرته على دمج وتوليف بيانات متعددة، أن يولد تقديرات ومجموعات بيانات جديدة (على سبيل المثال، في تقدير جرد غازات الدفيئة على المستوى دون الوطني).[42]

ورغم أن هذه التقديرات قد لا تتحقق من دقة أو اكتمال البيانات الحالية، إلا أنها يمكن أن تساعد في التحقق من البيانات وتقترب أكثر من الحقيقة الفعلية. ويمكن أن تساعد هذه التقديرات والمجموعات الجديدة في تقييم الفوارق المحتملة في البيانات المبلغ عنها ذاتيًا. وقد توصلت الدراسات السابقة إلى تباينات في قوائم الجرد العالمية لتقديرات انبعاثات غازات الدفيئة البشرية المنشأ المتصلة بالأراضي، مع الإبلاغ عن قيم أقل في قوائم جرد الدول مقارنة بنهج النمذجة العالمية التي تستخدمها الهيئات العلمية مثل الفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ.[43] و[44]

وقد ركزت الدراسات الحديثة على تطبيق أساليب التعلم الآلي لتحسين تقديرات خفض الانبعاثات من الأراضي الزراعية والتربة، بالإضافة إلى إزالة الغابات.[45,46] ويمكن استخدام هذه التقديرات للمقارنة مع البيانات المبلغ عنها من قبل الدول أو الكيانات الأخرى من خلال تقارير الشفافية الثنائية أو الاتصالات الوطنية. ويمكن لتقنيات الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي أيضًا المساعدة في الامتثال للأنظمة التنظيمية واكتشاف الأنماط الشاذة في البيانات، مثلما يحدث في أنظمة تداول الانبعاثات حيث يتعين على الشركات تقديم تقارير عن انبعاثاتها. فعلى سبيل المثال، يمكن استخدام التعلم الآلي للتنبؤ بمخاطر الأخطاء في التقارير المقدمة من الشركات المنظمة في مثل هذه الأنظمة.[47]

حالة الاستخدام 3: رصد جهود التكيف وتقليل المخاطر

نظرًا لأن التكيف مع المناخ، كما عرّفه الفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ (IPCC)[48] بأنه «عملية التكيّف مع المناخ الفعلي أو المتوقع وتأثيراته من أجل الحد من الأضرار أو الاستفادة من الفرص المتاحة»، يتضمن إجراءات متنوعة ومعقدة عبر قطاعات ومستويات مختلفة، فإن تتبعه وتقييمه يكون أصعب من التخفيف من حدة تغير المناخ.

وتشكل هذه التعقيدات تحديات كبيرة لجهود التقييم والتدقيق العالمية. مع ذلك، يشهد المجتمع البحثي والمؤسسات اهتمامًا متزايدًا بدراسة استخدام التعلم الآلي، بما في ذلك تقنيات الرؤية الحاسوبية ومعالجة اللغة الطبيعية، في تقييم المخاطر، وآثار الكوارث المتعلقة بالمناخ، والسياسات المتبعة للتكيف معها. هناك بالفعل حالات استخدام قليلة لتطبيقات التعلم الآلي التي تساعد منظمات الإغاثة في تحليل بيانات ضخمة من وسائل التواصل الاجتماعي لتحديد مواقع وتأثيرات الفيضانات، وهو ما يُعرف بالاستجابة الرقمية عبر الذكاء الاصطناعي[49] (AIDR).

يُستخدم الذكاء الاصطناعي أيضًا في المساعدة على رسم خرائط الفيضانات وتحديد مخاطرها من خلال دمج عدة أنواع من البيانات، مثل بيانات الطقس والمناخ.4 وفي المناطق الحضرية، أثبتت تقنيات الرؤية الحاسوبية المعتمدة على بيانات الاستشعار عن بُعد، مثل صور الأقمار الصناعية، فعاليتها في تقدير المخاطر والتأثيرات المناخية. وتُتيح هذه الأساليب إمكانية اكتشاف التغييرات في المساحات الخضراء، وانعكاسية السطح، والبنية التحتية الثابتة مثل دفاعات الفيضانات وخزانات المياه، وهي عوامل أساسية لفهم آثار الحرارة والكوارث الطبيعية، وخصوصًا في المناطق الحضرية.[50] و[51] وبالإضافة إلى ذلك، تم استكشاف تطبيقات معالجة اللغة الطبيعية لتجميع خطط التكيف الوطنية وتتبع كيفية تحقيق الدول لهذه الأهداف.[52]

التحديات

- «الصندوق الأسود» للذكاء الاصطناعي وتحديات الشفافية: غالبًا ما يتم انتقاد خوارزميات الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي لكونها «صندوقًا أسود» يكتنفه الغموض، حيث يصعب فهم عمليات اتخاذ القرار فيها أو معرفة مدى شفافيتها، مما يجعل من الصعب تقييم دقة وحيادية القرارات. ولكي يكون للذكاء الاصطناعي تأثير فعلي في عمليات صنع القرار والتخطيط للعمل المناخي، فإن الشفافية أمر بالغ الأهمية لبناء جسور الثقة والاطمئنان. غالبًا ما تقوم أنظمة الذكاء الآلي الحالية بتضمين التحيزات وقضايا عدالة البيانات، مما يقلل من موثوقيتها في عمليات اتخاذ قرارات شفافة.31 وإن الحاجة إلى الشفافية الخوارزمية، والتي تنطوي على فهم وشرح كيفية اتخاذ أنظمة الذكاء الاصطناعي للقرارات، أمرًا بالغ الأهمية لقبولها وتطبيقها،[53] خصوصًا في سياق العمل المناخي.

- التحيز في خوارزميات الذكاء الاصطناعي وبيانات التدريب الأساسية: تم توثيق التحيزات في نماذج الذكاء الاصطناعي فيما يتعلق بالجنس والعرق والدين بشكل مفصل.[54] ستنتج النماذج المدربة على بيانات متحيزة حتمًا نتائج متحيزة، وقد يكون عدم الاعتراف أو التوضيح لهذه المحدودية مضللًا. حتى في مجالات علوم الأرض والبيئة،[55] و[56] فإن نماذج التعلم الآلي ليست محصنة ضد التحيزات المتعلقة بتمثيل بيانات التدريب أو دقتها، ما قد يؤدي إلى نتائج خاطئة أو متحيزة. للحد من هذه المشكلات، من الضروري تحديد مصادر وأنواع التحيز المحتمل، بما في ذلك كيف يمكن أن تفشل الخوارزميات في تمثيل المناطق غير الممثلة بدقة (مثل الجنوب العالمي، حيث قد تكون بيانات التدريب أقل توافرًا) وكشف هذه الأمور عند تطوير أو نشر نموذج ذكاء اصطناعي.[57] ومن الحلول المبدئية لتقليل التحيز هو إنشاء بروتوكولات واضحة بمشاركة واسعة من الأطراف المعنية وضمان أن تضم أنظمة الذكاء الاصطناعي مجموعة متنوعة من الآراء والمعرفة لتقليل التحيزات وتعزيز موثوقيتها العامة.31 و[58] وغالبًا ما يُطلق على هذه العمليات اسم «الإشراف البشري المباشر» أو «الذكاء الاصطناعي الموجه بالبشر»، 31 حيث تبرز أهمية دمج حكم البشر والمراجعة والخبرة لضمان أن تكون الأنظمة عادلة وشفافة ومتوافقة مع القيم الإنسانية.

- ندرة البيانات للتدريب على نموذج الذكاء الاصطناعي وتطويره: بالرغم من التطور في تقنيات جمع البيانات وأساليب التقييم العلمي، إلا أن العديد من المجالات المتعلقة بالعمل المناخي لا تزال تعاني من ندرة البيانات أو انعدامها بالكامل، لا سيما في المناطق التي تعاني من قلة الدراسة أو نقص الموارد، وغالبًا ما تكون في الدول النامية أو السياقات الناشئة. على سبيل المثال، غالبًا ما تمثل بيانات الطقس التي يقدمها المواطنون المتطوعون المناطق الأكثر ثراءً بشكل زائد، بينما يتم تجاهل المناطق الأقل ثراءً حيث تكون الأجهزة الاستشعارية نادرة.[59] يمكن أن يؤدي نقص البيانات المتوفرة في المناطق الفقيرة التي تفتقر إلى أجهزة استشعار إلى سوء تقدير لمستويات تعرض الحرارة، خاصة في المناطق الأقل ثراءً التي تُعرف بكونها أكثر عرضة لارتفاع درجات الحرارة.[60] و[61]

- الآثار والعواقب غير المقصودة والسلبية المحتملة لتطبيق الذكاء الاصطناعي: يتم توجيه الانتباه بشكل متزايد إلى العواقب السلبية وغير المقصودة المحتملة للذكاء الاصطناعي. أولًا، تشير مفارقة جيفون إلى أنه مع زيادة التحسينات التكنولوجية لكفاءة استخدام الموارد، يمكن أن يزيد الاستهلاك الإجمالي لتلك الموارد في الواقع بدلًا من أن ينخفض. فعلى سبيل المثال، يمكن أن يكون لاستخدام الذكاء الاصطناعي أو التعلم الآلي لزيادة كفاءة أساطيل المركبات والنقل تأثير غير متوقعة في زيادة الاستخدام العام للنقل الخاص.[62] وهناك أيضًا مخاوف متزايدة بشأن استهلاك الطاقة والطلب على الكهرباء لمراكز البيانات التي تدير خوارزميات الذكاء الاصطناعي. في عام 2019، أشار الباحثون[63] إلى أن استهلاك الطاقة من النماذج الكبيرة لمعالجة اللغة الطبيعية قد ينتج عنه انبعاثات من ثاني أكسيد الكربون تعادل ست مرات انبعاثات سيارة طوال عمرها الافتراضي. يمكن أن يسهم استخدام التعلم الآلي والذكاء الاصطناعي أيضًا في ترسيخ حلول مبتكرة مستقبلية، وربما منخفضة الكربون أو «تأمينها»،[64] و[65] كما قد يرسخ اختلالات القوى أو آثار سلبية اجتماعية أخرى. وفقًا لما يوضحه دوفرني 66، يمكن اعتبار الذكاء الاصطناعي أداة قوة تعمق الفوارق العالمية وتساهم في استغلال الموارد، إذ أن الشركات الكبرى في مجال التكنولوجيا هي من تطور وتوفر الذكاء الاصطناعي، وغالبًا ما تستخدم الشركات الكبرى خطاب المسؤولية الاجتماعية لإخفاء التكاليف الاجتماعية الحقيقية لاستخدام الذكاء الاصطناعي عن الأنظار العامة.

النتائج والتوصيات

يتمتع الذكاء الاصطناعي (AI) بإمكانات هائلة لتسريع العمل المناخي العالمية والمساعدة في تحقيق أهداف اتفاق باريس وأهداف المناخ العالمية. وتتمتع تقنيات الذكاء الاصطناعي بقدرة كبيرة على معالجة مجموعات البيانات الضخمة واكتشاف الأنماط، مما يوفر إمكانات هائلة لسد الفجوات في بيانات تغير المناخ وتحسين تحليل البيانات وتقييم المخاطر ووضع السياسات. ومع ذلك، سلطت أول عملية للتقييم العالمي الشامل في الدورة الثامنة والعشرين لمؤتمر الأطراف الضوء على فجوات كبيرة في البيانات، لاسيما لتقييم مساهمات الجهات الفاعلة دون الوطنية وغير الحكومية. ومن خلال ثلاث حالات استخدام محددة تتعلق بهدف التقييم العالمي الشامل المتمثل في تقييم التقدم الجماعي العالمي نحو التخفيف من آثار تغير المناخ والتكيف معه وأهداف التمويل، عرض هذا التقرير ثلاث حالات استخدام للذكاء الاصطناعي: معالجة اللغة الطبيعية لتحليل السياسات وتكامل البيانات ودمجها لتحسين تقدير الانبعاثات ووصف المخاطر لتتبع التكيف. ورغم الفرص الكبيرة التي يتيحها الذكاء الاصطناعي، يلزم معالجة

- التحديات مثل عدم وضوح خوارزميات الذكاء الاصطناعي والتحيزات المدمجة ونقص بيانات التدريبات وتحريفها، بالإضافة إلى التأثيرات السلبية المحتملة لضمان تطبيقها بشكل مسؤول وفعال في العمل المناخي. ولتحقيق هذا الهدف، ينبغي للجهود المستقبلية التي تنظر في دمج أو تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في العمل المناخي أن تراعي ما يلي:

- دعم وتشجيع التعاون بين الأطراف المعنية المختلفة وتشجيع العمليات التي تركز على الإنسان أو إدماجه وإشراكه في تصميم واختبار أنظمة الذكاء الاصطناعي. تشجيع التعاون بين مختلف الأطراف المعنية، بما في ذلك الحكومات والقطاع الخاص والمؤسسات الأكاديمية والمنظمات غير الربحية والمجتمعات المحلية لتصميم الأنظمة الذكية معًا وإجراء اختبارات دقيقة وشاملة لتقييمها. يمكن أن يساهم هذا التعاون في تحديد مجموعات البيانات الملائمة وكشف التحيزات المحتملة، بما في ذلك أنواعها المختلفة. ويمكن أن يسهم في تصميم بروتوكولات مناسبة لمعالجة هذه التحيزات أو، على الأقل، توعية الآخرين بوجودها وتوضيح كيفية محاولة باحثي الذكاء الاصطناعي للحد منها

- إذا كان من المزمع دمج الأساليب القائمة على الذكاء الاصطناعي في عمليات تقييم السياسات الدولية، مثل التقييم الشامل لاتفاق باريس، فمن الضروري وضع مبادئ واضحة لضمان استخدام الذكاء الاصطناعي بشفافية وعدالة وإنصاف. وإن إتاحة الأكواد والمجموعات البيانية مفتوحة المصدر للجميع سيعزز من تعميم الذكاء الاصطناعي، ويسمح بمشاركة أوسع من مختلف الأطراف، ويحتمل أن يحد من هيمنة الشركات التقنية الكبرى على هذا المجال. ويلزم فرض متطلبات توضح كيفية استخدام الذكاء الاصطناعي والظروف التي تم تطبيقه فيها، بالإضافة إلى تقييم تأثير التقنيات والأساليب المستخدمة على انبعاثات الكربون.

- نشر الوعي بتقنيات الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي في عمليات صياغة السياسات المناخية: نظرًا لأن الذكاء الاصطناعي وتطبيقاته المتنوعة لا تزال في بداياتها وتتطور تدريجيًا، فإنه من الضروري أن تقوم المنظمات الحكومية الدولية، مثل اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ (UNFCCC)، بدور نشط في تعزيز الوعي وفهم الذكاء الاصطناعي داخليًا وخارجيًا. يُعد هذا العمل جوهريًا في إجراءات كالتقييم العالمي الشامل (GST)، التي تتعامل مع كميات ضخمة من البيانات المتعددة التنسيقات؛ إذ يمكن للذكاء الاصطناعي أن يسهل هذه العمليات بشكل كبير، مما يساعد على الاستخدام الأخلاقي والآمن للذكاء الاصطناعي. وبهذا، يمكن للجهات المعنية أن تضمن أن تكون تطبيقات الذكاء الاصطناعي داعمة لأهداف العمل المناخي دون أن تؤدي إلى عواقب غير متوقعة أو آثار سلبية.

المراجع

1. تي هيل، «تكاتف الجهود»: اتفاق باريس والعمل المناخي من جانب الجهات غير الحكومية. جريدة السياسات البيئية العالمية. 16, 12_22 (2016).
2. ايه هشو وآخرون، خارطة طريق بحثية لتحديد الإجراءات غير الحكومية ودون الوطنية للتخفيف من حدة آثار تغير المناخ. جريدة تغير المناخ الطبيعي، 9, 11_17 (2019).
3. ايه هشو وآخرون من الترويج إلى التنفيذ: تقييم العمل المناخي غير الحكومي ودون الوطني باستخدام البيانات. ون إيرث 6، 1077_1081 (2023).
4. ايه جونز وآخرون. استخدام الذكاء الاصطناعي لتقييم تأثيرات المناخ: استخدامات الذكاء الاصطناعي في إدارة مخاطر الفيضانات. مجلة المناخ والغلاف الجوي 2023) 63 ,6 . NPJ).
5. جاين، بي وآخرون. دراسة شاملة لتطبيقات التعلم الآلي في إدارة حرائق الغابات وعلومها. مجلة المراجعة البيئية 28، 478_505 (2020).
6. ال تشينغ.، وتي يو. جيل جديد من الذكاء الاصطناعي: دراسة ومراجعة لتطبيقات التعلم الآلي في أنظمة الطاقة الذكية والكهرباء. المجلة الدولية لأبحاث الطاقة 43, 1973-1928 (2019).
7. جيه تشين وجيه وان زانج، أنظمة النقل الذكية: مناهج التعلم الآلي للتنقل الحضري في المدن الذكية. مجلة المدن والمجتمعات المستدامة 107, 105369 (2024).
8. ايه النيم وزيه صن، ودي تونج، تقييم التعلم الآلي والاستشعار عن بعد في مراقبة انبعاثات ثاني أكسيد النيتروجين من محطات الطاقة. مجلة الاستشعار عن بعد (ريموت سينسينج). 14, 729 (2022).
9. جيه وانج وآخرون الرؤية الحاسوبية لكشف انبعاثات غاز الميثان الطبيعي عبر كاميرا الأشعة تحت الحمراء. مجلة آبلايد إنرجي 257, 113998 (2020).
10. سي موني وآخرون توصلت دراسة ما بعد التحقيق إلى أن الالتزامات المناخية للدول مبنية على بيانات غير دقيقة. واشنطن بوست- https://www.washingtonpost.com/climate-environment/interactive/2021/greenhouse-gas-emissions-pledges-data/.
11. اس فيورريجيل وجيه هارتمان وكيه يانيش وبيه وزشيش، الذكاء الاصطناعي التوليدي. هندسة الأعمال ونظم المعلومات . 66، 111_126 (2024).
12. دي كاستيلفيتشي، هل يمكننا فتح الصندوق الأسود للذكاء الاصطناعي؟ نات نيوز 538، 20 (2016).
13. ايه دي فريس، بصمة الطاقة المتنامية للذكاء الاصطناعي. جوليه 7 2194-2191 (2023).
14. دي كاسترو، إعادة التفكير في المخاوف بشأن استخدام الطاقة في الذكاء الاصطناعي.
15. تطبيق ويكي المعني بتغير المناخ والمدعوم بتقنية الذكاء الاصطناعي. تطبيق ويكي المعني بتغير المناخ والمدعوم بتقنية الذكاء الاصطناعي 2021(https://wiki.climatechange.ai/wiki/Welcome_to_the_Climate_Change_AI_Wiki).
16. الشفافية في السياسات المناخية متعددة الأطراف: إلى أي مدى تساهم في المساءلة أم تشتت الانتباه عنها؟: الشفافية في السياسات المناخية. مجلة الحكومة التنظيمية. 13, 18_34 (2019).
17. اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن التغير المناخي الدليل المرجعي لإطار الشفافية المعزز بموجب اتفاق باريس. فهم إطار الشفافية المعزز وروابطه. 2022(https://unfccc.int/sites/default/files/resource/ETFReferenceManual.pdf).
18. برنامج الأمم المتحدة للبيئة تعزيز شفافية الجهات الفاعلة غير الحكومية: كيف يمكن للتجارب الوطنية والتقنيات الرقمية الجديدة تعزيز جهود الشفافية للجهات الفاعلة غير الحكومية. (برنامج الأمم المتحدة للبيئة، 2023). رقم الوثيقة الرقمي: 10.59117/20.500.11822/43573.
19. اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن التغير المناخي التقييم العالمي | اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ. https://unfccc.int/topics/global-stocktake/information-portal?field_document_topic_target_id=All&field_document_type_target_id=All&field_calculated_author_type_target_id=5840&field_document_ca_target_id&page=18.
20. اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن التغير المناخي الخبرة والدروس المستفادة فيما يتعلق بإجراء التقييم العالمي الأول. 16 2024) https://unfccc.int/sites/default/files/resource/sb2024_01E.pdf).
21. جيه جريمر وبي إم ستيوارت، النص باعتباره بيانات: الوعود والتحديات في أساليب التحليل التلقائي للمحتوى في النصوص السياسية. التحليل السياسي. 21, 267_297.

22. تي بي ناجارهالي وفي فاز وإن كيه رانا، تأثير التعلم الآلي في معالجة اللغة الطبيعية: مراجعة. في المؤتمر الدولي الثالث لتقنيات الاتصالات الذكية وشبكات الهاتف المحمول الافتراضية لعام 2021 (ICICV)، الصفحات 1529_1534 (معهد مهندسي الكهرباء والإلكترونيات، 2021).
23. إم يو هادي وآخرون استبيان حول نماذج اللغات الكبيرة: التطبيقات والتحديات والقيود والاستخدام العملي. نسخة منشورة على 2023) https://doi.org/10.36227/techrxiv.23589741.v1).
24. إم مسعود وآخرون إنشاء التزييف العميق واكتشافه: أحدث التحديات المفتوحة والتدابير المضادة وسبل المضي قدمًا. آبل انتل . 53, 4026-3974 (2023).
25. إن ويبرسينكي، إم كراوس، وجيه ايه بينجلر، وإم ليبولد، وإم كلايمت بيرت: نموذج لغوي مدرب مسبقًا للنصوص المتعلقة بالمناخ. (2021) رقم الوثيقة الرقمي: ARXIV.2110.12010/10.48550.
26. بي بريه، وكيه ستوتويزن، وتي فيردونك، الإبلاغ الإلزامي عن المسؤولية الاجتماعية للشركات في أوروبا. تحليل نصي لممارسات الكشف عن المناخ لدى الشركات. متاح على شبكة أبحاث العلوم الاجتماعية 4231567 (2022).
27. إس فاجيفي وآخرون ChatIPCC: تأسيس الذكاء الاصطناعي للمحادثة في علوم المناخ. اس اس آر إن إلكترون. جيه (2023) رقم الوثيقة الرقمي: ssrn.4414628/10.2139.
28. الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ. ملخص لصانعي السياسات. بشأن: التغير المناخي 2023: التقرير التجميعي مساهمة الفرق العاملة الأولى والثانية والثالثة في تقرير التقييم السادس للفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ. الصفحات 34-1 2023) https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf).
29. ايه هسو وإم لاني وجيه زانج ودي مانيا وال فيركزادي، تقييم تشات نت زيرو، روبوت الدردشة المعتمد على النموذج اللغوي الكبير لتبسيط فهم الالتزامات المناخية. بشأن «معالجة اللغة الطبيعية تلتقي بتغير المناخ» متوفر بمؤتمر ACL لعام 2024.
30. ان كولدونوف وتي جانج، خدمات المناخ المحلية للجميع، بفضل استخدام النماذج اللغوية الكبيرة. مجلة كوميونيكيشن إيرث انفيرونمينت . 5, 13 (2024).
31. آر ديبناث واف كريتزيج، وبي كيه سوفاكول، وإي شوكبيرج، تسخير الذكاء البشري والآلي للعمل المناخي على مستوى الكوكب. مجلة المناخ والغلاف الجوي 2023) 2, 20 NPJ).
32. إم كالاهان، آلة قراءة علم تغير المناخ: أدوات حسابية لدعم صنع القرار القائم على الأدلة في عصر الكتابات الكبيرة. (جامعة ليدز، 2021).
33. ال بيرانج فورد، وآخرون. رسم الخرائط المنهجية للبحوث العالمية حول المناخ والصحة: مراجعة التعلم الآلي. لانسيت للصحة الكوكبية. 5, 2021) e525 - e514).
34. ايه جيه سيتسما، وآر دابليو جروينينديجك، وآر بيسبرويك؛ التقدم المحرز في العمل المناخي: تحليل التعلم الآلي متعدد اللغات للتقييم العالمي. مجلة التغير المناخي، 176, 11173 (2023).
35. إم دابليو كالاهان، وجيه سي مينكس، وبي إم فورستر؛ طبوغرافيا أبحاث تغير المناخ. مجلة تغير المناخ الطبيعي (نيتشر كلايمت تشينج)10, 123-118 (2020).
36. ايه أبونسو روبيسكو، جيه باس، وجيه إم كاربو، وايه دي جوان وجيه إم ماركوس؛ كيف يُسهم التعلم الآلي في مجال أبحاث التمويل المناخي وأين يتم تطبيقه. مجلة التمويل المستدام والاستثمار . 1_42 (2024) رقم الوثيقة الرقمي: 10.1080/20430795.2024.2370325.
37. تي مينج واكس جينج وزاد يان ودابليو ايه بيدريكز؛ دراسة حول التعلم الآلي لدمج البيانات. مجلة انف فيوجن 57, 115_129 (2020).
38. الأكاديميات الوطنية للعلوم والهندسة والطب معلومات انبعاثات غازات الاحتباس الحراري لاتخاذ القرار: خطة للمستقبل: استخدام بيانات انبعاثات الغازات الدفيئة في عملية اتخاذ القرار. الأكاديميات الوطنية للعلوم والهندسة والطب (مطبعة الأكاديميات الوطنية، واشنطن العاصمة، 2022). رقم الوثيقة الرقمي: 10.17226/26641.

39. ايه هسو، واكس وانج، وجيه تان، ودابليو توه، وإن جويال؛ التنبؤ بأداء التخفيف من حدة آثار تغير المناخ في المدن الأوروبية باستخدام التعلم الآلي. مجلة نيتشر كوميونيكيشن 13, 7487 (2022).
40. دي نيو وآخرون هل ستتمكن الصين من تحقيق التزامها بشأن انبعاثات الكربون لعام 2030؟ تحليل السيناريوهات باستخدام نموذج شبكة عصبية للتراجع العام المحسّنة. مجلة كلينر برودكشن 243, 118558 (2020).
41. إم إي جافانمارد واس اف جاديري؛ نموذج هجين يجمع بين خوارزميات التعلم الآلي ونموذج التحسين للتنبؤ بانبعاثات غازات الدفيئة بناءً على بيانات سوق الطاقة. مجلة المدن والمجتمعات المستدامة 82, 103886 (2022).
42. دي موران وآخرون تقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون لـ 108000 مدينة أوروبية. مجلة بيانات علوم نظام الأرض . .14، 845_864 (2022).
43. جيه جراسي وآخرون التوفيق بين تقديرات النماذج العالمية وتقارير الدول بشأن عمليات امتصاص ثاني أكسيد الكربون في الغابات التي يسببها الإنسان. مجلة تغير المناخ الطبيعي (نيتشر كلايمت تشينج) 8, 920-914 (2018).
44. جيه جراسي وآخرون إن الدور الأساسي للغابات في بلوغ الأهداف المناخية يتطلب الاستناد إلى العلم لتحقيق التخفيف الموثوق. مجلة تغير المناخ الطبيعي (نيتشر كلايمت تشينج) 7, 226-220 (2017).
45. بي ليتجينز، وال ليبينوين، وكيه كرامير؛ التقدير القائم على التعلم الآلي لمخزون الكربون في الغابات لزيادة شفافية جهود الحفاظ على الغابات. نسخة منشورة على 2019) http://arxiv.org/abs/1912.07850).
46. ايه هامراني، وايه أكبارزاده وسي ايه مادراموتو؛ الاستفادة من التعلم الآلي في التنبؤ بانبعاثات غازات الدفيئة من التربة الزراعية. . مجلة ساينس أوف توتال إنفايرونمنت 741, 140338 (2020).
47. واي يو، وكيه فنغ، وكيه هوبيك؛ الربط البعيد بين الاستهلاك المحلي واستخدام الأراضي على النطاق العالمي، مجلة جلوبال انفيرون تشينج 23, 1186-1178 (2013).
48. الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ. التغير المناخي 2022: التأثيرات والتكيف وقابلية التأثر. مساهمة فريق العمل الثاني في تقرير التقييم السادس للفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ. 3056 رقم الوثيقة الرقمي: 10.1017/9781009325844 (2022).
49. ليال فيلهو، دبليو وآخرون. تطبيق الذكاء الاصطناعي في جهود التكيف مع تغير المناخ. مجلة التنبؤ التكنولوجي والتغير الاجتماعي . . 180, 121662 (2022).
50. دي ميتسوفا وايه إم إسنارد وايه سابات وبي اس لاي؛ الضعف الاجتماعي والاقتصادي والجداول الزمنية لاستعادة الطاقة الكهربائية في فلوريدا: حالة إعصار إيرما. مجلة المخاطر الطبيعية 94، 689_709 (2018).
51. آر لي وواي دي واتش تيان؛ المرونة بمساعدة الحاسوب: التقنيات المتقدمة لإدارة الكوارث في البيئات الحضرية الذكية. مجلة المدن والمجتمعات المستدامة 108, 105437 (2024).
52. ايه جيه سيتسما وآخرون التتبع العالمي لسياسات التكيف مع تغير المناخ باستخدام التعلم الآلي: بروتوكول لخريطة منهجية. (2022).
53. جي شودري؛ كشف النقاب عن الصندوق الأسود: تحقيق الشفافية الخوارزمية في مجال الذكاء الاصطناعي جامعة ماساريك. مجلة القانون والتكنولوجيا 18, 122-93 (2024).
54. إن مهربي، واف مورستاتر، وإن ساكينا، وكيه ليرمان، وايه جالستيان؛ دراسة استقصائية حول التحيز والإنصاف في التعلم الآلي. مجلة ايه سي إم كومباتينج سيرفيز 54, 35-1 (2022).
55. ايه ماكجوفين وآي إلبيرت أبهوف وجدي جيه جي لي، وايه بوستروم؛ لماذا يجب علينا التركيز على تطوير أساليب ذكاء اصطناعي تتميز بالأخلاق والمسؤولية والموثوقية لخدمة العلوم البيئية. مجلة علم البيانات البيئية (إنفايرونمينتال داتا ساينس)، 1, 2022) e6).
56. ايه إم سي جوفرن وآخرون. تحديد وتصنيف التحيز في الذكاء الاصطناعي/ التعلم الآلي لعلوم الأرض. نشرة الجمعية الأمريكية للأرصاد الجوية 105, 2024) E583_E567).
57. آر شوارتز وآخرون السعي لوضع معيار لتحديد وإدارة التحيز في تقنيات الذكاء الاصطناعي (NIST SP 1270 https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/SpecialPublications/NIST.SP.1270.pdf رقم الوثيقة الرقمي: NIST.SP.1270/10.6028 .2022).
58. ايه جيه سيتسما وجيه دي فورد وجيه سي مينكس؛ الجيل التالي من التعلم الآلي لتتبع نصوص التكيف. مجلة تغير المناخ الطبيعي (نيتشر كلايمت تشينج) 14, 39-31 (2024).

59. زاد دي كالهون، إم. إس بلاك، إم بيرجين، ودي كارلسون؛ تنقيح وتطوير علم المناخ القائم على مشاركة المواطنين: التعامل مع أخذ العينات الانتقائية من أجل تحسين تقديرات الحرارة الحضرية . مجلة رسائل العلوم والتكنولوجيا البيئية DOI:10.1021/acs.estlett.4c00296 (2024) acs.estlett.4c00296.
60. الزيادة غير المتكافئة في التعرض لحرارة المدن في الأحياء منخفضة الدخل: رؤية متعددة المدن. مجلة رسائل البحوث البيئية 14, 105003 (2019).
61. ايه هسو، وجيه شريف، وتي تشاكرابورتي، ودي مانيا؛ التعرض المفرط لشدة ظاهرة الجزر الحرارية الحضرية في المدن الرئيسية بالولايات المتحدة. مجلة نيتشر كوميونيكيشن 12, 11-1 (2021).
62. إف كرويتزيج وآخرون الاستفادة من الرقمنة من أجل الاستدامة في النقل الحضري. مجلة جلوبال ساستين 2.
63. إي ستروبل، نماذج التعلم الآلي لمعالجة اللغة الطبيعية بكفاءة وقوة. (2019).
64. ال اتش وآخرون مواءمة الذكاء الاصطناعي مع جهود التخفيف من آثار تغير المناخ. مجلة تغير المناخ الطبيعي (نيتشر كلايمت تشينج) 12, 527-518 (2022).
65. كيه سي سيتو وآخرون الاحتجاز الكربوني: أنواعه وأسبابه وآثاره السياسية . المراجعة السنوية للبيئة والموارد 41, 425-452 (2016).
66. بي دوفرني. هل يسهم الذكاء الاصطناعي في تحسين الاستدامة في سلاسل التوريد العالمية؟ كشف حقيقة الاقتصاد السياسي لتكاليف البيئة مراجعة الاقتصاد السياسي الدولي. 29, 718-696 (2022).

أكاديمية أنور قرقاش الدبلوماسية
ANWAR GARGASH DIPLOMATIC ACADEMY

مركز الدبلوماسية المناخية
Centre for Climate Diplomacy

In Collaboration with

MUBADALA

أدنوك ADNOC

Email: CCD@agda.ac.ae

www.agda.ac.ae
@agdauae
Anwar Gargash Diplomatic Academy