

الحرب وتحديات الأمن الاقتصادي الخليجي



الدولة والمكانة في عهد الشيخ حمد بن خليفة آل ثاني

رهانات السيطرة على
المضايق الإستراتيجية

الأمن القومي الإسرائيلي
بعد السابع من أكتوبر

إيران وإسرائيل وأنماط
التوسع الجغرافي

النمذجة المناخية الذكية والوقاية من النزاعات المستقبلية على الموارد

Smart Climate Modeling and the Prevention of Future Conflicts over Resources

* Basel Rjoob – باسل رجوب

ملخص

تتناول هذه الدراسة دور النمذجة المناخية الذكية المعتمدة على تقنيات الذكاء الاصطناعي في الوقاية الاستباقية من النزاعات المستقبلية المرتبطة بالموارد الطبيعية، من خلال تحليل العلاقة بين التحويلات المناخية وتصادم المخاطر الأمنية، واستكشاف التحول الذي أحدثته النظم الخوارزمية في نمذجة هذه المخاطر وإدارة اللاحقين. واعتمدت الدراسة المنهج التحليلي الاستشراقي، مع توظيف مقارنة متعددة التخصصات تجمع بين دراسات المناخ والذكاء الاصطناعي والأمن والحوكمة، وتحليل الأدبيات العلمية والنماذج التفسيرية والسيناريوهات المستقبلية. وتخلص الدراسة إلى أن الذكاء الاصطناعي يمثل تحولاً إستراتيجياً في تحليل المخاطر المناخية؛ إذ ينقل إدارة النزاعات من منطق الاستجابة اللاحقة إلى منطق التوقع الاستباقي عبر نماذج احتمالية أكثر قدرة على استيعاب تعقيد التفاعلات البيئية والاجتماعية. كما تبين أن القيمة الإستراتيجية للنمذجة المناخية الذكية لا تقتصر على تحسين التنبؤ بالمخاطر، بل تمتد إلى إعادة تشكيل آليات صنع القرار وتعزيز أنظمة الإنذار المبكر، مع بروز تحديات قانونية وأخلاقية وجيوسياسية تتعلق بحوكمة الخوارزميات، والسيادة المعرفية، وعدالة الوصول إلى البيانات. وتقدم الدراسة مفهوم "الأمن المناخي الخوارزمي" إطاراً تحليلياً لفهم التحويلات المتسارعة في العلاقة بين التكنولوجيا والمناخ والأمن العالمي، مؤكدة أن فاعلية هذه النماذج تظل رهينة ببناء أطر حوكمة عادلة وشفافة تدعم الأمن المناخي المستدام.

الكلمات المفتاحية: النمذجة المناخية الذكية، الذكاء الاصطناعي المناخي، الأمن المناخي الخوارزمي، النزاعات المرتبطة بالموارد الطبيعية، الحوكمة الاستباقية للمخاطر.

Abstract

This study examines the role of smart climate modelling, powered by artificial intelligence (AI), in the proactive prevention of future resource-

* د. باسل رجوب، أستاذ القانون والعلاقات الدولية، كلية العلوم الإسلامية - فلسطين.

Dr. Basel Rjoob, Professor of Law and International Relations at the College of Islamic Sciences, Palestine.

related conflicts. It analyses the relationship between climate change and the escalation of security risks while exploring the epistemological shift introduced by AI-driven systems in modelling climate risks and managing uncertainty. The study adopts an analytical and foresight-based approach, employing an interdisciplinary framework that integrates climate studies, AI, security studies and governance through a critical analysis of the relevant literature, explanatory models and future scenarios. The findings demonstrate that AI represents a profound epistemological transformation in climate risk analysis by shifting conflict management from reactive response to anticipatory governance through probabilistic models capable of capturing the complexity of environmental and societal interactions. The study further argues that the strategic value of smart climate modelling extends beyond improving risk prediction to reshaping decision-making processes and strengthening early warning systems. At the same time, it highlights the legal, ethical and geopolitical challenges associated with algorithmic governance, data sovereignty and equitable access to climate information. Finally, the study proposes the concept of algorithmic climate security as an analytical framework for understanding the evolving relationship between technology, climate and global security, emphasising that the effectiveness of these models ultimately depends on the establishment of transparent and equitable governance frameworks capable of promoting sustainable climate security.

Keywords: smart climate modelling, climate artificial intelligence (climate AI), algorithmic climate security, resource-related conflicts, proactive risk governance.

مقدمة

تُعَدُّ التحولات المناخية المعاصرة واحدة من أكثر الظواهر البنيوية تأثيرًا في إعادة تشكيل أنماط الأمن العالمي خلال القرن الحادي والعشرين؛ إذ لم يعد التغير المناخي يُنظر إليه بوصفه مجرد إشكالية بيئية ذات طابع تقني أو طبيعي، بل غدا متغيرًا جيوسراتيجيًا معقدًا قادرًا على التأثير في البنى الاقتصادية والاجتماعية والسياسية للدول والمجتمعات، وعلى إعادة إنتاج أنماط جديدة من المخاطر العابرة للحدود، وفي مقدمتها النزاعات المرتبطة بالموارد الطبيعية؛ فالتصاعد المتسارع في معدلات الجفاف، وتراجع الأمن المائي، واختلال الأنظمة الزراعية، وازدياد حدة الكوارث المناخية، كل ذلك بات يشكل بيئة خصبة لتفاقم التنافس على الموارد المحدودة؛ ما قاد العديد من الأدبيات المعاصرة إلى إعادة موضعة العلاقة بين البيئة والأمن ضمن إطار ما أصبح يُعرف بـ"الأمن المناخي" أو "النزاعات المناخية" (1).

وفي هذا السياق، لم تعد النزاعات تُفسَّر من خلال عوامل سياسية أو إثنية أو اقتصادية منفصلة، بل برز اتجاه تحليلي ينظر إلى التحولات المناخية بوصفها متغيرًا مؤثرًا في إعادة تشكيل بيئات المخاطر القائمة، من خلال تعميق مظاهر الهشاشة البنيوية وإضعاف القدرة على إدارة الضغوط المتزايدة على الموارد الطبيعية؛ ما يرفع من احتمالات التوترات الاجتماعية وحالات عدم الاستقرار، خاصة في المناطق التي تعاني هشاشة بيئية ومؤسسية. وبذلك غدت العلاقة بين المناخ والنزاع إحدى القضايا المركزية في الدراسات الأمنية والإستراتيجية والسياسات البيئية الدولية.

غير أن التعقيد المتزايد للأنظمة المناخية والبيئية، والتشابك الكثيف بين المتغيرات الطبيعية والبشرية، كشف عن محدودية أدوات التحليل التقليدية في التنبؤ المبكر بالمخاطر المناخية والنزاعات المستقبلية المرتبطة بها؛ فالنماذج الإحصائية الكلاسيكية غالبًا ما تعجز عن استيعاب الطبيعة الديناميكية وغير الخطية للظواهر البيئية المعقدة، كما أن آليات الرصد التقليدية لم تعد قادرة على معالجة الكميات الهائلة والمتدفقة من البيانات المناخية والاقتصادية والديمغرافية اللازمة لفهم أنماط الخطر المستقبلي (2).

ومن هنا، برز الذكاء الاصطناعي بوصفه تحولاً معرفياً وتقنياً عميقاً في مجال تحليل النظم المعقدة؛ حيث أتاح التقدم في تقنيات التعلم الآلي، والشبكات العصبية، وتحليل البيانات الضخمة، إمكانات غير مسبقة في بناء نماذج تنبؤية قادرة على تحليل المؤشرات المناخية والبيئية بصورة عالية الدقة، واستشراف السيناريوهات المحتملة للنزاعات المرتبطة بندرة الموارد، وقد أدى ذلك إلى بروز ما يمكن تسميته بـ "النمذجة المناخية الذكية"، بوصفها مقاربة جديدة تسعى إلى دمج التحليل البيئي بالخوارزميات التنبؤية وأنظمة المحاكاة الرقمية بهدف إنتاج أدوات استباقية لإدارة المخاطر وتعزيز القدرة على الوقاية من النزاعات المستقبلية(3).

وتنبع أهمية هذه الدراسة من أنها تتناول تقاطعاً معرفياً لا يزال في طور التشكل النظري والمنهجي؛ إذ تجمع بين علوم المناخ، والذكاء الاصطناعي، ودراسات النزاع، ضمن إطار تحليلي موحد يسعى إلى استكشاف الكيفية التي يمكن من خلالها توظيف النظم الذكية في التنبؤ المبكر بالمخاطر البيئية والصراعات المرتبطة بالموارد، كما تكتسب الدراسة أهميتها من الطبيعة المتصاعدة للتهديدات المناخية عالمياً، ومن التحول المتزايد نحو توظيف التقنيات الخوارزمية في صناعة القرار البيئي والأمني؛ حيث يجعل من تحليل هذه العلاقة مسألة ذات أبعاد أكاديمية وإستراتيجية وسياساتية بالغة الأهمية.

أما على المستوى العملي، فتتجلى أهمية الدراسة في إمكانية الاستفادة من النمذجة المناخية الذكية في تطوير أنظمة إنذار مبكر قادرة على مساعدة الحكومات والمنظمات الدولية في إدارة الأزمات البيئية قبل تحولها إلى نزاعات مفتوحة، بما يسهم في دعم إستراتيجيات الأمن البيئي، وتعزيز كفاءة تخطيط الموارد، والحد من التداعيات الإنسانية والاقتصادية للصراعات المناخية المحتملة.

وتتمثل إشكالية الدراسة الرئيسة في التساؤل الآتي:

إلى أي مدى يمكن للنمذجة المناخية المعتمدة على تقنيات الذكاء الاصطناعي أن تشكل آلية استباقية فعّالة للوقاية من النزاعات المستقبلية المرتبطة بالموارد الطبيعية؟

ويتفرع عن هذا التساؤل عدد من الأسئلة الفرعية، أبرزها:

- ما طبيعة العلاقة البنوية بين التحولات المناخية وتساعد النزاعات المرتبطة بالموارد؟

- كيف تسهم تقنيات الذكاء الاصطناعي في تطوير نماذج تنبؤية للمخاطر البيئية؟
- ما حدود فاعلية النمذجة المناخية الذكية في التنبؤ بالنزاعات المستقبلية؟
- ما أبرز التحديات الأخلاقية والقانونية والجيوسياسية المرتبطة بحوكمة الذكاء الاصطناعي المناخي؟

وتفترض الدراسة أن الذكاء الاصطناعي قادر، من خلال أدوات النمذجة التنبؤية وتحليل البيانات المعقدة، على تعزيز القدرة الاستباقية للدول والمؤسسات الدولية في رصد المؤشرات البيئية المنتجة للنزاعات، غير أن فاعلية هذه النماذج تبقى رهينة بجملة من المحددات التقنية والسياسية والأخلاقية المرتبطة بجودة البيانات، وطبيعة الخوارزميات، وإشكاليات الحوكمة العالمية للتكنولوجيا المناخية.

أما من الناحية المنهجية، فتعتمد الدراسة على المنهج التحليلي الاستشراقي، من خلال تحليل الأدبيات العلمية الحديثة المتعلقة بالأمن المناخي والذكاء الاصطناعي، وتفكيك النماذج التفسيرية للعلاقة بين المناخ والنزاع، إلى جانب توظيف المقاربة متعددة التخصصات التي تدمج بين الدراسات البيئية والتقنية والأمنية والقانونية، فضلاً عن الاستفادة من منهج تحليل السيناريوهات المستقبلية لفهم أنماط المخاطر المحتملة المرتبطة بندرة الموارد.

وتسعى الدراسة إلى تحقيق جملة من الأهداف، يتمثل أبرزها في:

1. تأصيل العلاقة النظرية بين التغير المناخي والنزاعات المرتبطة بالموارد.
 2. تحليل البنية التقنية والمعرفية للنمذجة المناخية الذكية.
 3. استكشاف إمكانات الذكاء الاصطناعي في تطوير أنظمة الإنذار المبكر للنزاعات البيئية.
 4. تقييم التحديات القانونية والأخلاقية المرتبطة بحوكمة الذكاء الاصطناعي المناخي.
 5. تقديم تصور تحليلي متكامل حول مستقبل الإدارة الاستباقية للصراعات المناخية.
- وانطلاقاً من ذلك، تحاول هذه الدراسة مقارنة النمذجة المناخية الذكية ليس بوصفها مجرد أداة تقنية لتحليل البيانات البيئية، وإنما بوصفها تحولاً إستراتيجياً في طبيعة التفكير الأمني والإستراتيجي المعاصر؛ حيث تنتقل إدارة النزاعات من

منطق الاستجابة اللاحقة إلى منطق التوقع الاستباقي، بما يعيد تعريف العلاقة بين التكنولوجيا والمخاطر والأمن العالمي في عصر التحولات المناخية المتسارعة.

أولاً: توظيف الذكاء الاصطناعي في تحليل المخاطر المناخية

لم تعد العلاقة بين التحولات المناخية والنزاعات المرتبطة بالموارد الطبيعية تُفهم ضمن التصورات التقليدية التي تفصل المناخ عن البنى السياسية والاقتصادية، بل باتت تُقرأ بوصفها علاقة مركبة تتداخل فيها الضغوط الإيكولوجية مع الهشاشة المؤسسية، والتفاوتات الاقتصادية، والتحولات الديمغرافية، وإعادة توزيع القوة والموارد داخل الدولة وعبر النظام الدولي. ومن ثم، أصبح التغير المناخي يُنظر إليه بوصفه "مضاعفًا للمخاطر" يعمل على تسريع إنتاج البيئات القابلة للنزاع، لا بوصفه سببًا مباشرًا وحتميًا للعنف السياسي(4).

وقد أسهمت المقاربات المبكرة في ترسيخ فكرة الارتباط بين الضغوط البيئية والعنف المرتبط بالموارد عبر مفهوم الندرة البيئية، الذي يربط بين التدهور البيئي والنمو السكاني وسوء توزيع الموارد من جهة ونشوء توترات اجتماعية وسياسية من جهة أخرى، ولاسيما في الدول محدودة القدرات المؤسسية. غير أن هذا التصور يكتسب أهميته من إبرازه للآليات الوسيطة التي تُحوّل الضغوط الإيكولوجية إلى أزمات سياسية واجتماعية، بما يجعل العلاقة بين البيئة والنزاع أكثر تركيبيًا من التفسيرات الاختزالية الأولى(5).

ومع تطور هذا الحقل، تعرضت المقاربات الحتمية التي تربط التغير المناخي بالعنف إلى نقد متزايد؛ حيث برز اتجاه يرى أن أثر الضغوط المناخية لا يمكن فهمه بمعزل عن السياقات السياسية والاجتماعية والمؤسسية التي تعمل ضمنها؛ حيث إن آثار التغيرات البيئية تشكل تبعًا لقدرة المؤسسات على إدارة الموارد واحتواء الأزمات والتكيف مع الصدمات، بما يبين حدود الأدبيات التي اختزلت العلاقة في معادلة مباشرة بين الندرة والعنف(6).

ويعكس هذا النقد انتقالًا من "التفسير البيئي الأحادي" إلى "النموذج التفاعلي المركب"؛ ذلك أنه يُنظر إلى المناخ بوصفه عاملاً متداخلًا مع أنماط الحكم، والهشاشة المؤسسية، والتفاوت الطبقي، والانقسامات الاجتماعية والإثنية، لا بوصفه متغيرًا مستقلًا قائمًا بذاته. بالتالي، فإن التحولات المناخية تعيد تشكيل البيئة

البنوية التي تصبح فيها احتمالات العنف أكثر قابلية للظهور، تبعًا لطبيعة التفاعل بين الضغوط البيئية وبنية الاقتصاد السياسي المحلي.

وفي ذات السياق، أعاد اتجاه نظري آخر تعريف العلاقة بين المناخ والأمن من منظور يركز على الإنسان بوصفه محور التهديدات المناخية وغايتها؛ إذ تمتد آثار التغير المناخي إلى زعزعة استقرار الدول، والإضرار بالأمن الغذائي والمائي والصحي والاقتصادي. وتنبع أهمية هذا التصور من نقله بؤرة التحليل من الحسابات الجيوسياسية التقليدية إلى مستويات الهشاشة المجتمعية؛ مما يسمح بفهم النزاعات المرتبطة بالمناخ بوصفها انعكاسًا لتآكل شروط الاستقرار والبقاء الاجتماعي، لا مجرد نتيجة للتنافس على الموارد(7).

ومن الناحية التحليلية، فإن الندرة المناخية تنعكس في تقليص الموارد وإعادة تشكيل الجغرافيا السياسية التي تحكم توزيعها والسيطرة عليها، فالمياه، على سبيل المثال، تجاوزت كونها مجرد مورد طبيعي لتصبح عنصرًا إستراتيجيًا يرتبط بمفاهيم السيادة والأمن القومي والاستقرار الإقليمي. وقد أصبحت أحواض الأنهار العابرة للحدود فضاءات مرشحة لإنتاج توترات جيوسياسية جديدة بفعل الضغوط المناخية المتزايدة وتراجع القدرة الاستيعابية للموارد المائية(8).

ويمتد أثر هذه التحولات إلى جانب المياه ليشمل الغذاء والطاقة والأراضي الزراعية؛ إذ يؤدي ارتفاع درجات الحرارة واختلال أنماط الأمطار وتزايد موجات الجفاف إلى تراجع الإنتاج الزراعي وارتفاع أسعار الغذاء، ويؤثر بشكل مباشر على الاستقرار الاجتماعي والسياسي، وتشير بعض النماذج التطبيقية إلى أن الضغوط المرتبطة بارتفاع أسعار الغذاء وتدهور الأوضاع الاقتصادية قد تسهم في تحويل التوترات القائمة إلى أنماط جديدة من العنف والاحتجاج المرتبطين بالأمن الغذائي والضغوط المعيشية، ويظهر أن أثر العوامل البيئية يتحدد من خلال تفاعلها مع بنية الاقتصاد السياسي المحلي ومستويات التهميش الاجتماعي وتحولات الأسواق العالمية(9).

ومن منظور أوسع، تؤدي التحولات المناخية إلى إعادة تشكيل أنماط الهجرة والنزوح، بما يخلق ضغوطًا إضافية على الموارد والخدمات والبنى الحضرية، خاصة في الدول محدودة القدرات. وقد باتت "الهجرة المناخية" من أبرز مفاهيم الأمن المعاصر، مع تصاعد معدلات النزوح المرتبط بالكوارث البيئية والجفاف والتصحر

وارتفاع مستوى البحار، وتزداد خطورتها حين تتقاطع مع النزاعات المسلحة وضعف مؤسسات الدولة، بحيث يحول التغير المناخي إلى عامل مضاعف للهشاشة وعدم الاستقرار(10).

وتشير هذه المعطيات إلى أن الأمن المناخي أصبح جزءاً من التحولات البنيوية التي يُعاد من خلالها تشكيل مفهوم الأمن ذاته، بعد أن تجاوز كونه قضية مستقبلية افتراضية، فبينما تمحورت النظريات الأمنية التقليدية حول التهديدات العسكرية المباشرة، تشير التحولات المعاصرة إلى أن أخطر التهديدات قد تنشأ من اختلالات بيئة طويلة الأمد تؤدي تدريجياً إلى إنهاك الدولة والمجتمع، ومن هنا ظهر مفهوم "الأمن المناخي" بوصفه امتداداً نقدياً للدراسات الأمنية الجديدة التي توسع مفهوم التهديد ليشمل المخاطر البيئية والغذائية والصحية.

غير أن الإشكالية الأعمق تتمثل في كيفية نمذجة العلاقة بين المناخ والنزاع وتحليلها؛ إذ يعمل المناخ ضمن منظومات معقدة تتفاعل فيها العوامل البيئية مع الاقتصاد والسياسة والديمقراطية والتكنولوجيا، بما يجعل عزله بوصفه متغيراً مستقلاً في التحليل الإحصائي أمراً بالغ الصعوبة، ولهذا واجهت الدراسات التقليدية صعوبة في بناء نماذج تنبؤية دقيقة للنزاعات المناخية، بسبب الطبيعة غير الخطية لهذه العلاقات؛ ما أسهم في الانتقال نحو النمذجة الذكية القائمة على الذكاء الاصطناعي وتحليل البيانات الضخمة(11).

وقد شكّل دمج البيانات المناخية بالنماذج الخوارزمية المتقدمة تحولاً مهماً في دراسة العلاقة بين المناخ والعنف السياسي؛ إذ أتاح تقنيات الذكاء الاصطناعي تحليل التفاعلات غير الخطية والأنماط المعقدة التي يصعب رصدها بالأدوات التقليدية، فضلاً عن التعامل مع مستويات مرتفعة من عدم اليقين وتداخل المتغيرات. ويجسد هذا التوجه تحولاً من تحليل النزاعات في مرحلة ما بعد وقوعها إلى تطوير نماذج احتمالية تستهدف استشراف المخاطر المستقبلية وتقدير احتمالات نشوء العنف استناداً إلى المؤشرات المناخية المتغيرة(12).

وفي هذا الإطار، يتجاوز توظيف الذكاء الاصطناعي في تحليل المخاطر المناخية مجرد الانتقال من الأدوات الإحصائية التقليدية إلى أدوات أكثر تطوراً، ليعكس تحولاً إستمولوجياً في طبيعة إنتاج المعرفة المناخية ذاتها. فالنمذجة المناخية المعاصرة

تقوم على تصور مركب للنظام المناخي بوصفه "نظاماً معقداً" يتسم بالتشابك البيئي وعدم الخطية والتفاعل المتبادل بين المتغيرات الفيزيائية والاجتماعية والاقتصادية والسياسية، بعد أن تجاوزت المقاربات الخطية التي تفترض إمكانية عزل المتغيرات الطبيعية ضمن علاقات سببية مستقرة (13).

وقد أدى هذا الإدراك إلى ظهور حاجة منهجية ملحة لتطوير أدوات قادرة على استيعاب الطابع الديناميكي والمتعدد المستويات للمخاطر المناخية، خاصة مع تضخم أحجام البيانات الناتجة عن الأقمار الصناعية ومحطات الرصد والاستشعار عن بُعد وأنظمة المحاكاة المناخية العالمية. وفي هذا السياق، بات الذكاء الاصطناعي يمثل بنية معرفية وتقنية تسمح بتحليل الأنماط الخفية داخل البيانات المناخية المعقدة، واستخراج العلاقات غير المرئية بين المتغيرات، وتطوير نماذج تنبؤية قادرة على استشراف السيناريوهات البيئية المستقبلية بدرجات أعلى من الدقة الاحتمالية (14).

يمثل هذا التحول تغيراً في طبيعة العقل النمذجي داخل الدراسات المناخية؛ فبدلاً من التعامل مع المناخ بوصفه مجموعة متغيرات قابلة للتنبؤ الخطي، أصبح يُنظر إليه بوصفه بنية احتمالية عالية التعقيد تتطلب خوارزميات قادرة على التعلم المستمر من الأنماط المتغيرة للبيانات. وبذلك، تجاوز الذكاء الاصطناعي دوره كأداة تقنية ليصبح وسيلة لإعادة بناء العلاقة بين البيانات والمعرفة والتنبؤ ضمن إطار "العقلنة الخوارزمية" للواقع المناخي (15).

وتتجلى أهمية هذا التحول بصورة أوضح في تطبيقات التعلم الآلي والتعلم العميق داخل علوم المناخ؛ حيث تواجه النماذج التقليدية القائمة على المعادلات الفيزيائية صعوبات كبيرة في محاكاة الأنظمة المناخية عالية التعقيد بسبب الكلفة الحسابية الهائلة، في حين تتيح خوارزميات التعلم العميق اكتشاف الأنماط المناخية غير المرئية عبر تحليل كميات ضخمة من البيانات دون الحاجة إلى افتراضات سببية مسبقة، وقد أظهرت النماذج القائمة على الشبكات العصبية قدرة متقدمة على توليد المتغيرات الأساسية والتعامل مع السيناريوهات المناخية المعقدة، بما يعزز مرونة التوقعات في مواجهة مستويات متزايدة من عدم اليقين (16).

غير أن القيمة الحقيقية لهذه التطبيقات ترتبط بدورها في إعادة تعريف مفهوم "المعرفة المناخية" ذاته، بما يتجاوز حدود قدرتها الحسابية؛ إذ إن النماذج الخوارزمية لا تنتج

معرفة تفسيرية بالمعنى الكلاسيكي، بقدر ما تنتج معرفة احتمالية قائمة على اكتشاف الترابطات الإحصائية داخل البيانات، ومن هنا يبرز توتر إبستمولوجي بين "الفهم السببي" و"الاستدلال الخوارزمي"؛ إذ قد يكون الذكاء الاصطناعي قادرًا على التنبؤ بموجات الجفاف أو احتمالات النزاع بدرجات مرتفعة من الدقة من دون أن يقدم تفسيرًا فلسفيًا أو اجتماعيًا كاملاً لطبيعة هذه الظواهر (17).

وفي هذا السياق، أصبح الذكاء الاصطناعي يمثل منظومة معرفية وحوكمة إلى جانب دوره التقني في دعم جهود مواجهة التغير المناخي، بما يسهم في إعادة تشكيل آليات إدارة القضايا البيئية على المستويين، الوطني والدولي، فإلى جانب ما يوفره من قدرات في التنبؤ بالكوارث وتحسين كفاءة استخدام الطاقة وتحليل المخاطر المناخية، يثير أيضًا تحديات تتعلق بضعف الشفافية، والانحياز الخوارزمي، وتركيز السيطرة على البيانات، واتساع الفجوة التكنولوجية بين الفاعلين (18).

وتزداد هذه الإشكالية تعقيدًا حين يتعلق الأمر بالنماذج المستخدمة في تحليل النزاعات المرتبطة بالمناخ، لأن النزاع يندرج ضمن الظواهر الاجتماعية والسياسية المركبة التي تتفاعل فيها الهوية والسلطة والتاريخ والاقتصاد والموارد؛ الأمر الذي يجعل قياسه المباشر وفق منطق الظواهر الفيزيائية أمرًا محدودًا. ومن ثم، فإن اختزال احتمالات النزاع ضمن مؤشرات رقمية قد يؤدي إلى إنتاج "تبسيط خوارزمي" لواقع اجتماعي شديد التعقيد، بالتالي، تكون فاعلية هذه النماذج رهينة بجودة البيانات، وشفافية الخوارزميات (19)، وإمكان تفسير نتائجها ضمن سياقاتها السياسية والاجتماعية.

ومن المنظور النقدي، يتخذ الذكاء الاصطناعي المناخي موقعًا ضمن البنية الجديدة للسلطة المعرفية العالمية، بوصفه تطورًا تقنيًا يرتبط بإعادة تنظيم أنماط إنتاج المعرفة وتوزيعها؛ حيث إن الدول والمؤسسات القادرة على امتلاك البيانات الضخمة والبنى الحاسوبية المتقدمة تصبح أكثر قدرة على احتكار إنتاج المعرفة المناخية، ومن ثم احتكار القدرة على التنبؤ بالمخاطر وإدارة السياسات البيئية والأمنية. كما أن هذا التوسع الخوارزمي يثير مفارقة إضافية تتمثل في البصمة البيئية للنماذج الضخمة ذاتها (20)، بما تستهلكه من طاقة ومياه وبنية تحتية رقمية. وعليه، يفرض تساؤلات حول حدود استدامة التوسع غير المنضبط في الحوسبة الذكية.

ولهذا، بدأت اتجاهات نقدية تحذر من "النزعة الحلولية التكنولوجية" التي تفترض إمكان معالجة الأزمات المناخية البيئية عبر المزيد من التكنولوجيا وحدها، من دون معالجة جذورها السياسية والاقتصادية العميقة، وقد أظهرت التحليلات الحديثة أن فاعلية الذكاء الاصطناعي في مجال الأمن المناخي ترتبط بتكامل قدراته التقنية مع أطر حوكمة قادرة على إدارة المخاطر المصاحبة لاستخدامه، ولاسيما ما يتعلق بجودة البيانات، والانحيازات الخوارزمية، ومستويات الشفافية والمساءلة، بما يحد من تحول النظم الخوارزمية إلى أدوات لإعادة إنتاج الاختلالات القائمة عوضاً عن الإسهام في معالجتها(21).

وبناءً على ما سبق، يمكن القول: إن التحولات المناخية تسهم في إعادة تشكيل البنى المنتجة للهشاشة وعدم الاستقرار عبر تفاعلات معقدة تتداخل فيها الموارد والمؤسسات والاقتصاد والسياسة، وهو ما يفسر ارتباطها بالنزاعات في سياقات معينة. وفي المقابل، يمثل الذكاء الاصطناعي تحولاً نوعياً في نمذجة هذه المخاطر، لأنه ينقل التحليل من التفسير الخطي إلى النمذجة الاحتمالية المعقدة، ومن المعرفة السببية إلى الاستدلال الخوارزمي، بما يجعل التنبؤ بالمخاطر وإدارة اللاحقين جزءاً مركزياً من هندسة الأمن المناخي المعاصر. غير أن هذه النقلة، على أهميتها، تظل محكومة بإشكاليات فلسفية وأخلاقية وجيوسياسية تتعلق بطبيعة المعرفة وحدود الخوارزميات ومستقبل الحوكمة العالمية للمناخ والتكنولوجيا.

ثانياً: توظيف النمذجة المناخية الذكية في إدارة النزاعات

إن التحول نحو توظيف النمذجة المناخية الذكية في إدارة النزاعات المستقبلية المرتبطة بالموارد يعبر عن إعادة هيكلة جذرية لمنطق الحوكمة الأمنية؛ حيث يغدو تطوير أدوات التنبؤ البيئي جزءاً من تحول أوسع في أساليب إدارة المخاطر والتهديدات المستقبلية؛ حيث يجري الانتقال من نموذج "إدارة الأزمات بعد وقوعها" إلى نموذج "الإدارة الاستباقية للمخاطر قبل تبلورها الصراعي"، ويرتبط هذا التحول بالتطور الحاسوبي والخوارزمي في إطار تغير أعمق في طبيعة العقل الأمني المعاصر، الذي بات ينظر إلى المستقبل بوصفه فضاءً قابلاً للمحاكاة والتحليل الاحتمالي والتدخل الوقائي المبكر.

وقد ارتبط هذا التحول بصعود مفهوم "الحوكمة الاستباقية" (Anticipatory Governance)، الذي يقوم على افتراض أن التهديدات المعاصرة، وخاصة المناخية منها، تتميز بطابع تراكمي وغير خطي، بحيث تصبح آليات الاستجابة التقليدية عاجزة عن احتوائها بعد انفجارها، ومن هنا، برزت الحاجة إلى أنظمة تحليلية قادرة على رصد الإشارات المبكرة (Early Signals)، واكتشاف أنماط التدهور التدريجي في النظم البيئية والاجتماعية قبل تحولها إلى أزمات أمنية مفتوحة.

وفي هذا السياق، برزت مقاربات تنظر إلى المعرفة العلمية بوصفها أداة لتوجيه المستقبل بقدر ما هي وسيلة لفهم الواقع، بحيث انتقلت عمليات صنع القرار تدريجياً من إدارة الوقائع القائمة إلى إدارة الاحتمالات والمخاطر المتوقعة؛ ما منح النماذج العلمية والمحاكاة دوراً متزايداً في تشكيل التصورات المرتبطة بالتهديدات والاستجابات الممكنة. علاوة على ذلك، أسهمت أدوات النمذجة في الانتقال من وصف الظواهر وتحليلها إلى بناء تصورات استباقية تؤثر في صياغة السياسات الأمنية والإستراتيجية وتحديد أولويات التعامل مع المخاطر المستقبلية(22).

وتكتسب هذه المقاربة أهمية خاصة في مجال الأمن المناخي؛ فالنمذجة المناخية الذكية تسهم في إنتاج بيانات وصفية حول الظواهر الجوية ودرجات الحرارة وموجات الجفاف، كما تؤدي دوراً في إعادة تشكيل الكيفية التي يُفهم بها التفاعل بين البيئة والاستقرار السياسي. ويسهم توظيف الخوارزميات في تحليل احتمالات تدهور الأمن الغذائي وتساعد النزوح البيئي وتفاقم التوترات المرتبطة بالموارد المائية، في ترسيخ منطق جديد لإدارة الأمن العالمي يركز على الاستباق، وتقدير الاحتمالات، وتوسيع نطاق التدخل الوقائي، بما يعيد توجيه آليات التعامل مع المخاطر المستقبلية(23).

وتمثل النمذجة المناخية الذكية امتداداً لمفهوم "مجتمع المخاطر"، مع تحول إدارة المستقبل الاحتمالي إلى إحدى الوظائف المركزية للمؤسسات السياسية والعلمية. وتفرض الطبيعة العابرة للحدود للمخاطر المعاصرة، وما تتسم به من صعوبة الإدراك الكامل وقابليتها للانتشار على نطاق عالمي، اعتماداً متزايداً على النظم العلمية والتقنية القادرة على إنتاج معرفة تنبؤية تسهم في استشراف الاحتمالات وإدارة عدم اليقين المتصاعد(24).

وتعيد النمذجة المناخية الذكية تشكيل مفهوم "مجتمع المخاطر" عبر إدخال نمط جديد من إدارة الخطر يقوم على التحليل الخوارزمي واسع النطاق للبيانات، بما ينقل مركز القرار من التقدير البشري القائم على القراءة اللاحقة للوقائع إلى نماذج استشرافية تقوم على التنبؤ بالاحتمالات. وفي هذا الإطار، أصبح الذكاء الاصطناعي قادراً على دمج متغيرات متعددة تشمل المناخ والهجرة وأسعار الغذاء واستهلاك المياه والتوترات الاجتماعية والنشاط السياسي ضمن بنى تحليلية مركبة تتيح تطوير أنظمة إنذار مبكر تستهدف تحديد مسارات النزاع المحتملة قبل تحولها إلى وقائع ميدانية.

وتجسدت هذه المقاربة في عدد من التطبيقات الحديثة التي اعتمدت على التعلم الآلي لتحليل الروابط بين الجفاف وانعدام الأمن الغذائي وأنماط العنف السياسي، خاصة في مناطق الساحل الإفريقي. وقد جمعت هذه الأنظمة بين بيانات الأقمار الصناعية والمؤشرات الاقتصادية والسياسية لإنتاج خرائط احتمالية تحدد بؤر القابلية لنشوء النزاعات المرتبطة بالتغيرات المناخية. وأثبتت هذه التطبيقات قدرة النماذج الخوارزمية على معالجة المؤشرات التراكمية للنزاع ورصد أنماطها بصورة أكثر شمولاً مقارنة بالأدوات الإحصائية التقليدية، بما يمثل انتقالاً نحو نماذج تنبؤية متعددة المصادر (25).

وتتجسد القيمة الأساسية لهذه النماذج في التحول المعرفي الذي تفرضه على بنية صناعة القرار الأمني؛ إذ تنقل التعامل مع النزاعات من منطق الاستجابة اللاحقة إلى منطق الاستباق الاحتمالي. فقد ارتبطت النظم التقليدية بإدارة الأزمات بعد تشكلها ميدانياً، في حين تقوم النظم الذكية على "إدارة الاحتمال" من خلال تحليل المؤشرات السابقة للحدث وبناء تدخلات وقائية مبكرة. ويترتب على ذلك تحول في مفهوم السيادة الأمنية، مع انتقال الدولة من موقع الفاعل المستجيب للأزمات إلى موقع الفاعل الذي يعيد تنظيم المستقبل الاحتمالي للمخاطر.

ومن الناحية التقنية، تعتمد النمذجة المناخية الذكية على أربعة مكونات مركزية، هي: البيانات الضخمة المناخية، وخوارزميات التعلم الآلي والتعلم العميق، ونظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، إضافة إلى المحاكاة متعددة السيناريوهات، بما يتيح تحليل البيانات المناخية والتنبؤ بالتغيرات المستقبلية بدقة

أعلى، ويؤدي التكامل بين هذه المكونات إلى إنتاج ما يمكن تسميته بـ"الخرائط الديناميكية للمخاطر" (Dynamic Risk Mapping)، وهي نظم قادرة على تتبع التحولات البيئية والاجتماعية بصورة لحظية تقريبًا.

وقد أبرزت تقارير دولية التحول المتزايد في توظيف الذكاء الاصطناعي داخل القطاع الزراعي، مع انتقال تقنيات التحليل الخوارزمي إلى موقع فاعل في دعم الزراعة الذكية مناخيًا. وتشمل هذه التطبيقات معالجة البيانات المناخية والزراعية، وتقدير مستويات الإنتاج والمحاصيل، وتحسين إدارة الموارد المائية، وتطوير أنظمة الإنذار المبكر للمخاطر البيئية، بما يعزز قدرة المؤسسات على بناء استجابات استباقية للضغوط المناخية المرتبطة بالأمن الغذائي والاستقرار الاجتماعي، لاسيما في البيئات الهشة (26).

وتبرز أهمية هذا التحول بصورة خاصة في البيئات الهشة التي تتداخل فيها الندرة البيئية مع ضعف المؤسسات السياسية، ففي مناطق مثل الساحل الإفريقي والقرن الإفريقي والشرق الأوسط، تتحدد احتمالات نشوء النزاعات المرتبطة بالمناخ من خلال تفاعل مركب بين الضغوط البيئية والاقتصاد الريعي والهشاشة المؤسسية والتفاوت الاجتماعي والتنافس على الموارد المحدودة، في إطار تتداخل فيه العوامل الطبيعية مع البنى السياسية والاقتصادية القائمة.

وتتجه النمذجة الذكية نحو تحليل العلاقة بين الضغوط المناخية وقابلية المجتمعات للتحول نحو العنف، بما يعيد صياغة فلسفة الأمن المناخي على أساس دراسة الهشاشة البنيوية وآليات الاستجابة للصدمات، بدل التركيز على الخطر الطبيعي بوصفه العامل المركزي في تفسير النزاعات (27).

وفي هذا الإطار، ظهرت مراجعات نقدية للمقاربات الإحصائية التقليدية في دراسة النزاعات، ركزت على محدودية الاعتماد المفرط على الدلالة الإحصائية معيارًا وحيدًا لتقييم النماذج التفسيرية. وأبرزت هذه المراجعات أن القيمة العلمية للنموذج ترتبط بقدرته على إنتاج تنبؤات قابلة للاختبار حول الأحداث المستقبلية، فضلًا عن تفسير الأنماط المستخرجة من البيانات التاريخية، وبيّنت كذلك أن بعض المتغيرات التي تحمل دلالة إحصائية قد تفقد قدرتها على تحسين الأداء التنبؤي عند تطبيق النموذج على بيانات جديدة (28). يمثل التحقق خارج العينة معيارًا أكثر صرامة لقياس

فاعلية النماذج، مع أهمية دمج العوامل السياسية والاجتماعية والاقتصادية وتحليل التفاعلات المكانية والزمانية بين حالات النزاع، بما يدعم تطوير نماذج تفسيرية وتنبؤية أكثر قدرة على فهم أنماط العنف وتقدير احتمالات اندلاعه مستقبلاً (29).

ومن الناحية التحليلية، تكشف هذه التطبيقات عن انتقال الدراسات الأمنية من منطق "التفسير" إلى منطق "التنبؤ"، ومن "إدارة الوقائع" إلى "إدارة الاحتمالات"، غير أن هذا الانتقال يثير إشكالية معرفية معقدة تتعلق بطبيعة العلاقة بين التنبؤ والسياسة. فالخوارزمية قد تكون قادرة على التنبؤ بارتفاع احتمالات النزاع، لكنها لا تستطيع وحدها تحديد طبيعة التدخل السياسي أو الأخلاقي المناسب.

وعليه، تظهر حدود النمذجة الذكية ذاتها، فالذكاء الاصطناعي قادر على تحليل البيانات، لكنه غير قادر على فهم المعاني الاجتماعية والثقافية والتاريخية للنزاعات. ولذلك، فإن تحويل القرار الأمني إلى عملية خوارزمية بالكامل قد يؤدي إلى نوع من "التقنية الأمنية" (Security Technocracy)، التي تختزل المجتمعات في مؤشرات رقمية مجردة (30).

وفي هذا السياق، تُعد النظم الخوارزمية فاعلاً معرفياً يمتد دوره من تحليل الواقع الاجتماعي إلى الإسهام في إعادة تشكيله عبر تحويل الظواهر السياسية والاجتماعية المعقدة إلى أنماط وخصائص قابلة للقياس والحوسبة، وتثير هذه الوظيفة إشكاليات مرتبطة بإمكانية إعادة إنتاج النماذج التنبؤية للتحيزات الكامنة في البيانات المعتمدة عليها، فضلاً عن تهميش الأبعاد التاريخية والاجتماعية التي يصعب تمثيلها رقمياً، ويؤدي تحويل المخاطر الاجتماعية إلى احتمالات خوارزمية إلى طرح تساؤلات حول حدود الحياد والموضوعية، مع احتمال إعادة إنتاج أنماط قائمة من التمييز والاستبعاد ضمن إطار تقني يبدو محايداً في ظاهره (31).

وتتضاعف هذه الإشكالية في مجال الأمن المناخي، لأن البيانات المتعلقة بالنزاعات والهشاشة غالباً ما تكون غير متكافئة جغرافياً وسياسياً، فالدول المتقدمة تمتلك بنى رقمية هائلة تسمح بإنتاج بيانات دقيقة، بينما تعاني الدول الهشة، وهي الأكثر تعرضاً للمخاطر المناخية، من نقص حاد في البيانات والبنية التحتية الرقمية، وهذا يعني أن النماذج الذكية قد تصبح أكثر قدرة على حماية المجتمعات الغنية مقارنة بالمجتمعات الأكثر هشاشة.

وتؤدي النمذجة المناخية الذكية وظيفة مزدوجة تجمع بين الوقاية من النزاعات وإعادة توزيع السلطة المعرفية عالمياً؛ إذ تمنح القدرة على التنبؤ بالمخاطر إمكانات واسعة لتوجيه الاستثمارات، وصياغة السياسات، وتحديد أولويات التدخل الدولي، وإعادة تشكيل خرائط الأمن العالمي.

كما أن هذه النماذج تسهم في إعادة تعريف مفهوم "الزمن الأمني" ذاته؛ ففي الأمن التقليدي، كان التهديد يُفهم بوصفه حدثاً آتياً أو وشيكاً، أما في الأمن المناخي الذكي، فإن التهديد يصبح عملية تراكمية بطيئة يتم تحليلها ضمن أفق زمني طويل المدى، وهذا التحول يؤدي إلى ظهور ما يمكن تسميته بـ"الأمن الاستباقي طويل المدى"؛ حيث تصبح إدارة المستقبل جزءاً مركزياً من الممارسة السياسية.

وأكد تقرير برنامج الأمم المتحدة الإنمائي تحول طبيعة المخاطر المناخية المعاصرة، مع اتسامها بمستويات متزايدة من عدم اليقين العميق وصعوبة إخضاعها لنماذج القياس التقليدية. ويفرض هذا الواقع تطوير مؤسسات وآليات حوكمة مرنة قادرة على إدارة حالات عدم الاستقرار المتغيرة، وإعادة تشكيل أدوات صنع القرار بما يتلاءم مع السيناريوهات المعقدة والمتعددة الاحتمالات (32).

وبناءً على ما سبق، تمثل النمذجة المناخية الذكية تحولاً بنوياً في فلسفة إدارة النزاعات والموارد، من خلال نقل الأمن من منطق رد الفعل إلى منطق الاستباق، ومن إدارة الوقائع إلى إدارة الاحتمالات، ومن التحليل البشري المحدود إلى التحليل الخوارزمي واسع النطاق. وترتبط القيمة الفعلية لهذه النماذج بمدى خضوعها لأطر حوكمة قادرة على توجيه استخدامها نحو تعزيز الأمن والعدالة، والحد من احتمالات تحولها إلى أدوات لإعادة إنتاج الهيمنة أو تكريس التفاوتات المعرفية والجيوسياسية أو اختزال التعقيد الاجتماعي في مؤشرات رقمية جامدة، ويتحدد مستقبل الأمن المناخي بمدى تطور الخوارزميات، إلى جانب قدرة النظام الدولي على بناء نموذج أخلاقي وقانوني ومعرفي ينظم العلاقة بين التكنولوجيا والمخاطر والعدالة البيئية العالمية.

ثالثاً: التحديات المرتبطة بحوكمة الذكاء الاصطناعي المناخي

تتمثل الإشكالية الأكثر تعقيداً في توظيف الذكاء الاصطناعي داخل منظومات الأمن المناخي في البنية السلطوية والمعيارية التي تنتجها النظم الخوارزمية داخل الحقل

العالمي لإدارة المخاطر، إلى جانب حدود الكفاءة التقنية لهذه النماذج. ويقود التوسع في الاعتماد على النمذجة الذكية لتحليل التهديدات المناخية إلى إعادة تشكيل أنماط السلطة المعرفية، وإعادة تعريف العلاقة بين الدولة والبيانات والسيادة والتوقع الأمني. ويتطلب النقاش حول الذكاء الاصطناعي المناخي مقارنة تتجاوز الجانب التقني والوظيفي نحو تحليل أوسع يتعلق بـ"الحوكمة الخوارزمية للمخاطر الكوكبية" (Algorithmic Governance of Planetary Risks)، بما يفسر الكيفية التي تتحول فيها الخوارزميات إلى أدوات لإدارة العالم البيئي والسياسي عبر التحكم في إنتاج المعرفة التنبؤية وتوزيعها (33).

وفي هذا السياق، فإن الذكاء الاصطناعي المناخي يطرح تحولاً جذرياً في مفهوم السلطة المعرفية ذاته، ففي النظم التقليدية، كانت المعرفة البيئية تُنتج من خلال المؤسسات العلمية الوطنية والمنظمات الدولية والخبرات البشرية المتخصصة، أما في البنية الخوارزمية الجديدة، فإن مركز إنتاج المعرفة ينتقل تدريجياً إلى الشركات التكنولوجية العملاقة، ومختبرات الحوسبة عالية الأداء، والمنصات العابرة للحدود التي تمتلك القدرة على الوصول إلى البيانات الضخمة وتطوير الخوارزميات المعقدة، ويعني هذا التحول إعادة توزيع سلطة "تفسير المستقبل المناخي" ضمن شبكات رقمية متعددة تتجاوز الإطار التقليدي للدولة والمؤسسات الأكاديمية، وتتميز بامتدادها العابر للسيادة.

وقد تناولت المقاربات النقدية هذه المسألة من خلال التركيز على التحولات العميقة في طبيعة البيانات، بوصفها عنصراً يرتبط ببنى اقتصادية وسياسية قادرة على إنتاج أنماط جديدة من السيطرة عبر آليات تحليل السلوك البشري والتنبؤ بمساراته، ويستند هذا التصور إلى رؤية مفادها أن التوسع في جمع البيانات ومعالجتها يسهم في نشوء أنماط من الاحتكار الخوارزمي تشمل مجالات متعددة، من بينها البيانات المناخية والسكانية والبيئية، بما يجعل تحليل هذه الظاهرة مدخلاً مهماً لفهم التحولات المرتبطة بإنتاج المعرفة وإدارة المخاطر في السياقات المعاصرة (34).

وتشير هذه المقاربة إلى تحول جوهري في بنية الحوكمة المناخية العالمية؛ إذ ترتبط القدرة على إنتاج المعرفة المتعلقة بالمخاطر البيئية بامتلاك البيانات والبنية الحاسوبية والخوارزميات القادرة على تحليلها، ويؤدي عدم تكافؤ توزيع هذه الموارد إلى

إعادة ترتيب مواقع الفاعلين في المجال المعرفي المناخي، مع تحول بعض الدول والمجتمعات إلى مواضع للرصد والتقييم من قبل مراكز القوة الرقمية العالمية. وفي هذا الإطار، يظهر مفهوم "الاستعمار الخوارزمي المناخي" (Climate Algorithmic Colonialism)، للتعبير عن إعادة تشكيل علاقات القوة بين الشمال والجنوب عبر السيطرة على أدوات التنبؤ بالمخاطر وإدارة الاستجابات البيئية.

وانطلاقاً من أدبيات الاستعمار الرقمي ورأسمالية المراقبة، تقترح هذه الدراسة مفهوم "الاستعمار الخوارزمي المناخي" بوصفه إطاراً تفسيريّاً لفهم أنماط القوة الناشئة في عصر الذكاء الاصطناعي المناخي، ويشير هذا المفهوم إلى حالة تصبح فيها الدول والمجتمعات الأكثر هشاشة مناخياً معتمدة على نماذج تحليلية وبنى خوارزمية يتم تطويرها والتحكم فيها خارج حدودها السيادية. بالتالي، يؤدي إلى إعادة إنتاج علاقات التبعية المعرفية والتكنولوجية على نحو جديد، وترتبط موازين القوة بامتلاك القدرة على إنتاج المعرفة المناخية وتوجيه أدوات استشراف المخاطر وصياغة السيناريوهات المستقبلية.

وقد طُرحت هذه الإشكالية ضمن مقارنة نقدية ترى أن الرأسمالية الرقمية المعاصرة تتجاوز مجرد الاستحواذ على الموارد الاقتصادية لتطال البنى الاجتماعية ذاتها عبر تحويل مختلف أوجه الحياة إلى بيانات قابلة للاستخراج والتحليل، وهو ما يفتح المجال أمام أشكال جديدة من الهيمنة المعرفية والتنظيمية، وتكتسب هذه المقاربة أهمية متزايدة في سياق الأمن المناخي، نظراً لاعتماد النظم الذكية على كميات ضخمة من البيانات البيئية والديمغرافية والسلوكية. وعليه، فإنه يؤدي إلى تشكيل بنية مراقبة واسعة النطاق تتسم بطابع كوكبي غير مسبوق في إدارة المخاطر وتبعتها(35).

وتشمل هذه التحولات بنية القرار الأمني داخل البيئات الخوارزمية، فقد أصبح الذكاء الاصطناعي المناخي يشارك في تشكيل القرار السياسي من خلال إنتاج "توصيات احتمالية" توجه تقييم المخاطر وتحديد أولويات التدخل، مع تحول متدرج نحو أنماط من صنع القرار تستند إلى الاستدلال الخوارزمي بدلاً من الاعتماد الحصري على الحكم البشري(36).

ومن هنا، تظهر إشكالية "المساءلة الخوارزمية" (Algorithmic Accountability)، فإذا اعتمدت الحكومات أو المنظمات الدولية على نماذج ذكاء اصطناعي للتنبؤ

بالنزاعات المناخية أو توجيه توزيع الموارد أو تحديد المناطق عالية الخطورة، فمن يتحمل المسؤولية القانونية والأخلاقية عن أخطاء هذه النظم؟ وهل يمكن مساءلة الخوارزمية قانونيًا أم أن المسؤولية تنتقل إلى مطوري النموذج أم إلى المؤسسة التي استخدمته أم إلى الدولة التي اعتمدت عليه؟

ولا تنحصر إشكالية المسؤولية القانونية الناشئة عن الاعتماد على أنظمة الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر المناخية، فهي تمتد إلى مجالات أخرى تتسم بحساسية القرارات التي تنتجها الخوارزميات، وفي مقدمتها المجال العسكري. وقد أثار تطوير أنظمة الأسلحة الذاتية التشغيل نقاشًا قانونيًا واسعًا بشأن مدى كفاية قواعد المسؤولية التقليدية عند اتخاذ الأنظمة الذكية قرارات تترتب عليها آثار جسيمة دون تدخل بشري مباشر؛ ما يُظهر أن جوهر الإشكالية يرتبط بمنح الآلة درجة من الاستقلالية تجعل تحديد المسؤول عن نتائج أفعالها أكثر تعقيدًا، سواء تعلق الأمر بالمطور، أو المشغل، أو الجهة التي اعتمدت النظام، لتبرز تحديات قانونية وأخلاقية متقاربة في مختلف تطبيقات الذكاء الاصطناعي. (37)

وتؤكد هذه المقارنة أن التحديات القانونية المرتبطة بالذكاء الاصطناعي المناخي تمثل امتدادًا لإشكالية أوسع تتعلق بحدود استقلالية الأنظمة الخوارزمية وضرورة إخضاعها لرقابة بشرية فعّالة، فالاعتماد على النماذج الذكية في تصنيف المخاطر، وتوجيه توزيع الموارد، وصنع السياسات العامة، يقتضي بقاء الإنسان صاحب القرار النهائي والمسؤول قانونيًا عن مخرجات النظام، حمايةً لمبدأ المساءلة، وصورًا لتوافق استخدام الذكاء الاصطناعي مع المبادئ القانونية والأخلاقية التي تحكم التقنيات عالية الخطورة (38).

وتسهم النظم الذكية في إعادة تشكيل شروط إنتاج المعرفة داخل المجتمعات الرقمية، مع استمرار دورها في تحليل الواقع ومعالجته، ويقوم مفهوم "الذكاء الاصطناعي المسؤول" على الاعتراف بأن النظم الخوارزمية تنطوي على اختيارات معيارية تتصل بتعريف المخاطر وتحديد الأولويات وترتيب القيم الاجتماعية. وتؤدي هذه الاختيارات إلى إضفاء بُعد سياسي وأخلاقي على عملية التصميم والتوظيف إلى جانب بُعدها التقني. وتبرز مشكلة الشفافية في النماذج العميقة بوصفها تحديًا يرتبط بمساءلة القرارات الناتجة عنها على المستويين، السياسي والقانوني (39).

وتتفاقم هذه الإشكالية في مجال الأمن المناخي تحديداً، لأن القرارات المرتبطة بالمخاطر البيئية ترتبط بحقوق الإنسان والعدالة البيئية والسيادة على الموارد والهجرة والتنمية والاستقرار السياسي، وتحمل أبعاداً قانونية وسياسية واجتماعية إلى جانب بُعدها التقني، كما أن أي انحياز خوارزمي في تحليل المخاطر المناخية قد ينعكس على توزيع الموارد، وتحديد أولويات التدخلات الأمنية، وتوجيه المساعدات الإنسانية، بما قد يفضي إلى نتائج بالغة الخطورة.

وعلى سبيل المثال، إذا قامت خوارزمية بتصنيف منطقة معينة بوصفها "عالية الخطورة" من حيث احتمالات النزاع المرتبط بالمياه أو الغذاء، فإن هذا التصنيف قد يؤثر مباشرة على الاستثمارات الدولية، وبرامج التنمية، والسياسات الأمنية، وربما حتى على صورة المجتمع ذاته داخل النظام الدولي، وتضطلع النماذج الخوارزمية بوظيفتين متكاملتين تتمثلان في تحليل الواقع والإسهام في إنتاجه وإعادة تشكيله على المستويين السياسي والاقتصادي.

ويُعاد طرح الذكاء الاصطناعي المناخي ضمن إشكالية أعمق تتعلق بتداخل المعرفة مع علاقات القوة، انطلاقاً من النظر إلى أنظمة إنتاج المعرفة بوصفها جزءاً من آليات تنظيم الواقع وإعادة تشكيله، وارتباطها بإنتاج أنماط من الحقيقة وأشكال من الضبط الاجتماعي، وتكتسب هذه العلاقة بُعداً أكثر تعقيداً في البيئة الخوارزمية المعاصرة، مع تحول الخوارزميات إلى أدوات لإنتاج "حقيقة احتمالية" بشأن المستقبل المناخي والفئات الأكثر عرضة للمخاطر، بما يعيد تشكيل فهم التهديدات وآليات إدارتها ضمن أطر تقنية تتداخل فيها الأبعاد المعرفية والسلطوية (40).

ومن الناحية الجيوسياسية، يثير الذكاء الاصطناعي المناخي أيضاً إشكالية "السيادة البياناتية" (Data Sovereignty)، فالدول النامية غالباً ما تعتمد على منصات أجنبية لجمع وتحليل البيانات المناخية، وهو ما يعني أن جزءاً كبيراً من المعرفة المتعلقة بمواردها البيئية ومخاطرها الإستراتيجية يتم إنتاجه خارج حدودها السيادية، وهذا الوضع يخلق شكلاً جديداً من التبعية التقنية قد يؤثر مستقبلاً على قدرة هذه الدول في إدارة أمنها البيئي بصورة مستقلة. وقد بدأت بعض الأدبيات الحديثة تتحدث عن "السيادة الخوارزمية" (Algorithmic Sovereignty)، أي قدرة الدولة على التحكم في البنية الرقمية والخوارزمية التي تُنتج المعرفة المتعلقة بمجتمعها ومواردها ومخاطرها.

وفي السياق المناخي، تصبح هذه السيادة مرتبطة بصورة مباشرة بالأمن القومي، لأن السيطرة على المعرفة المناخية تعني السيطرة على القدرة التنبؤية والاستجابة الإستراتيجية.

وفي هذا الإطار، تبرز إشكالية أخرى تتعلق بالطابع غير المتكافئ للبنية التحتية الرقمية العالمية؛ فالذكاء الاصطناعي يعتمد على مراكز بيانات عملاقة، وحوسبة فائقة الأداء، و طاقة كهربائية هائلة، وهي موارد تتركز بصورة أساسية في عدد محدود من الدول والشركات، ويبرز من ذلك أن "العدالة المناخية الخوارزمية" تصبح مرتبطة أيضاً بعدالة الوصول إلى البنية الرقمية ذاتها.

وقد عالجت المقاربات النقدية هذه الإشكالية من خلال اعتبار الذكاء الاصطناعي بنية مادية واقتصادية معقدة تستند إلى شبكات استخراج الموارد والطاقة والعمل البشري، وترتبط ببنى جيوسياسية تعيد تشكيل توزيع القوة والمعرفة عالمياً، بما يبرز محدودية الخطاب الذي يقدم الذكاء الاصطناعي بوصفه أداة محايدة، لتجاهله الأبعاد المادية والسلطوية الملازمة لإنتاج هذه النظم وتشغيلها(41).

وتكتسب هذه المقاربة أهمية استثنائية في مجال الأمن المناخي، لأنها تكشف مفارقة جوهرية تتمثل في أن التكنولوجيا المستخدمة لإدارة الأزمة المناخية قد تسهم هي ذاتها في تعميق بعض أبعادها، فمراكز البيانات الضخمة وأنظمة التدريب العميق تستهلك كميات هائلة من الطاقة والمياه، كما تعتمد على سلاسل استخراج معدنية مرتبطة في كثير من الأحيان بأنماط استغلال بيئي وعمالي معقدة.

وعليه، ترتبط الحوكمة المستقبلية للذكاء الاصطناعي المناخي بإشكالية تتجاوز تنظيم استخدام الخوارزميات إلى إعادة التفكير في النموذج الحضاري الذي يقوم عليه الاقتصاد الرقمي العالمي ذاته، بما يطرح تساؤلاً فلسفياً أعمق حول طبيعة الدور الذي يؤديه الذكاء الاصطناعي: أهو أداة للتحرر من المخاطر المناخية أم وسيلة لإعادة إنتاج منطق السيطرة التقنية الذي أسهم تاريخياً في تشكيل الأزمة البيئية الحديثة.

وفي ضوء ما سبق، يمكن تقديم إضافة نظرية مركزية تتمثل في اقتراح مفهوم "الأمن المناخي الخوارزمي" (Algorithmic Climate Security)، بوصفه نمطاً جديداً من أنماط الحوكمة الأمنية التي تقوم على دمج التنبؤ الخوارزمي بالمخاطر البيئية

ضمن البنية الإستراتيجية للدولة والنظام الدولي. غير أنَّ هذا النمط من الأمن يتميز بخصائص تختلف جذرياً عن الأمن التقليدي، أبرزها:

1. انتقال مركز إنتاج المعرفة الأمنية من الدولة إلى الشبكات الخوارزمية.
 2. تحول الأمن من إدارة التهديدات المباشرة إلى إدارة الاحتمالات المستقبلية.
 3. إعادة تشكيل مفهوم السيادة عبر السيطرة على البيانات والبنى الرقمية.
 4. ظهور أنماط جديدة من اللامساواة مرتبطة بالقدرة على الوصول إلى الذكاء الاصطناعي.
 5. تحول الخوارزمية إلى فاعل سياسي غير مباشر داخل عمليات صنع القرار.
- وتنبع القيمة العلمية المضافة لهذا المفهوم من قدرته على تجاوز المقاربات التي تختزل الذكاء الاصطناعي المناخي في بعده التقني، من خلال الجمع بين الأبعاد المعرفية والقانونية والجيوسياسية ضمن إطار تحليلي واحد، مع التركيز على طبيعة التحولات التي تُحدثها الخوارزميات في بنية النظام العالمي، وتأثيرها في إعادة توزيع السلطة والموارد وتحديد معايير تعريف "الخطر" داخل النظام الدولي المعاصر.

رابعاً: تطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر المناخية

أصبح الذكاء الاصطناعي خلال العقد الأخير إحدى الأدوات التحليلية الرئيسية في مواجهة التحديات المناخية المعاصرة، بوصفه إطاراً جديداً لإنتاج المعرفة البيئية وإدارة المخاطر المرتبطة بها، إلى جانب دوره بوصفه أداة داعمة للبحث العلمي. وتنبع أهمية هذه التقنيات من قدرتها على معالجة كميات ضخمة من البيانات المناخية المتولدة عن الأقمار الصناعية، ومحطات الرصد، وشبكات الاستشعار، والبيانات الاجتماعية والاقتصادية، بما يفوق الإمكانيات التقليدية للتحليل البشري. وأسهم هذا التطور في بناء نماذج أكثر دقة لفهم الأنماط البيئية المعقدة واستشراف المخاطر المستقبلية المرتبطة بالتغير المناخي، كما أحدث تحولاً في فلسفة إدارة المخاطر من التعامل مع الأزمات بعد وقوعها إلى اعتماد مقاربات وقائية تستهدف الحد من احتمالات تحولها إلى تهديدات فعلية (42).

ويبرز أحد أهم تطبيقات الذكاء الاصطناعي في مجال الرصد البيئي واسع النطاق؛ حيث أتاحت تقنيات التعلم العميق تحليل الصور الفضائية بصورة آنية واستخراج

مؤشرات بيئية دقيقة تتعلق بالتصحّر وتدهور الغطاء النباتي وتغير استخدامات الأراضي وإزالة الغابات، وقد أسهمت هذه القدرات في تجاوز القيود التقليدية التي كانت تعاني منها عمليات الرصد البيئي المعتمدة على التحليل اليدوي أو النماذج الإحصائية المحدودة. ومع ذلك، فإن الأهمية الإستراتيجية لهذه التطبيقات لا تتمثل فقط في تحسين الرصد بل في تحويل البيئة إلى نظام يمكن مراقبة تحولاته بصورة مستمرة، بما يسمح ببناء سياسات وقائية أكثر استجابة للتغيرات المبكرة التي تسبق ظهور الأزمات البيئية الكبرى (43).

وفي مجال مكافحة إزالة الغابات وفقدان التنوع الحيوي، أظهرت تطبيقات الذكاء الاصطناعي قدرة متزايدة على اكتشاف التغيرات الطارئة في النظم البيئية خلال فترات زمنية قصيرة مقارنة بالأساليب التقليدية. وتتيح خوارزميات التعرف البصري معالجة ملايين الصور الفضائية ومقارنتها للكشف عن التغيرات الدقيقة في الغطاء النباتي أو الأنشطة البشرية المؤثرة في النظم البيئية، وتمتد القيمة العلمية لهذه التطبيقات إلى دعم فهم أنماط التدهور البيئي ورصد العوامل المرتبطة به، بما يعزز تصميم تدخلات أكثر فاعلية واستجابة (44).

ويعد التنبؤ بالكوارث المناخية المتطرفة من أكثر المجالات التي شهدت تقدماً ملحوظاً بفضل الذكاء الاصطناعي، فقد اعتمد التنبؤ بموجات الجفاف والفيضانات والعواصف تقليدياً على نماذج فيزيائية معقدة تتطلب قدرات حوسبية ضخمة وتواجه تحديات في التعامل مع الأنظمة المناخية غير الخطية، وأسهمت النماذج القائمة على التعلم الآلي في اكتشاف العلاقات الخفية بين المتغيرات المناخية المختلفة وتحسين دقة التنبؤ بالأحداث المتطرفة قبل وقوعها بفترات زمنية أطول، مع بقاء هذه النماذج مكتملة للنماذج المناخية الفيزيائية وليست بديلاً عنها؛ إذ يرتبط أكثر التطبيقات نجاحاً بدمج المعرفة المناخية التقليدية مع القدرات الخوارزمية الحديثة ضمن نماذج هجينة تتمتع بدرجة أعلى من التفسير والموثوقية (45).

كما أدى الذكاء الاصطناعي دوراً متنامياً في تطوير أنظمة الإنذار المبكر متعددة المخاطر، وهي أنظمة تقوم على تحليل الترابطات المعقدة بين المخاطر المناخية والاقتصادية والاجتماعية بدلاً من التركيز على خطر بيئي منفرد، وتنبع أهمية هذه المقاربة من قدرتها على التعامل مع الطبيعة المركبة للمخاطر المعاصرة التي تظهر

غالبًا ضمن شبكات مترابطة من التأثيرات المتبادلة، فالجفاف قد يؤدي إلى تراجع الإنتاج الزراعي بما ينعكس على الأوضاع الاقتصادية ويحفز موجات النزوح السكاني. وتتيح أنظمة الإنذار المبكر القائمة على الذكاء الاصطناعي فهم هذه السلاسل المترابطة بين الظواهر المختلفة بما يوفر أساسًا أكثر فاعلية للتخطيط الوقائي (46).

وفي القطاع الزراعي، أصبحت تطبيقات الذكاء الاصطناعي تمثل إحدى أهم أدوات التكيف مع التحولات المناخية المتسارعة؛ فقد مكنت تقنيات الزراعة الدقيقة من تحليل حالة التربة والمحاصيل واستهلاك المياه بصورة لحظية؛ ما سمح بترشيد استخدام الموارد وتقليل الهدر وتحسين الإنتاجية في الوقت نفسه. وتكتسب هذه التطبيقات أهمية خاصة في المناطق المعرضة لشح المياه وارتفاع درجات الحرارة؛ حيث يمكن للذكاء الاصطناعي أن يساهم في تحسين كفاءة الري والتنبؤ بالأمراض النباتية وتحديد المواعيد المثلى للزراعة والحصاد. غير أن نجاح هذه التطبيقات يظل مرتبطًا بمدى توافر البنية التحتية الرقمية وقدرة المزارعين على الوصول إلى التكنولوجيا وتوظيفها بصورة فعّالة (47).

ومن التطبيقات ذات الأثر المباشر على الأمن الغذائي استخدام الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بالإنتاج الزراعي على المستويين المحلي والعالمي. فبفضل دمج البيانات المناخية مع صور الأقمار الصناعية والمؤشرات الاقتصادية يمكن للنماذج الذكية تقدير مستويات الإنتاج المتوقعة قبل مواسم الحصاد بفترات طويلة نسبيًا، ويؤدي ذلك إلى تحسين التخطيط الزراعي وسلاسل الإمداد الغذائي وتقليل مخاطر التقلبات المفاجئة في الأسواق. ومع ذلك، فإن الاعتماد المفرط على النماذج التنبؤية قد يؤدي إلى إغفال القيود المرتبطة بجودة البيانات وتفاوت السياقات الزراعية والمؤسسية، وهو ما يستوجب إدماج المخرجات الخوارزمية ضمن رؤية أوسع تراعي الأبعاد التنموية والتنظيمية المؤثرة في الأمن الغذائي (48).

وفي مجال إدارة الموارد المائية، أسهمت تقنيات الذكاء الاصطناعي في تطوير نماذج متقدمة للتنبؤ بالضغوط المائية المستقبلية، وتحليل أنماط الجفاف وتغيرات الهطول، وتحديد المناطق الأكثر عرضة لاختلال التوازن المائي، وتسمح هذه النماذج بتوجيه الاستثمارات والبنية التحتية نحو المناطق ذات الأولوية، كما تعزز الانتقال من

الإدارة التفاعلية للموارد المائية إلى الإدارة الاستباقية القائمة على التوقع المبكر للمخاطر (49).

كما أصبح الذكاء الاصطناعي عنصراً رئيساً في دعم التحول نحو الطاقة المتجددة، مع ارتباط التحدي الأساسي الذي تواجهه مصادر الطاقة الشمسية والرياح بتقلب الإنتاج وعدم استقراره، بما يستلزم تطوير أدوات قادرة على التنبؤ بالعرض والطلب وإدارة الشبكات الكهربائية بكفاءة أعلى. وأسهمت تطبيقات التعلم الآلي في تحسين أداء الشبكات الذكية، والتنبؤ بإنتاج الطاقة المتجددة، وتقليل الفاقد التشغيلي. وتكتسب هذه التطبيقات أهمية إستراتيجية لارتباطها بخفض الانبعاثات الكربونية، ورفع كفاءة تشغيل الشبكات، وتعزيز أمن الطاقة ضمن مسار التحول نحو نظم طاقة أكثر استدامة (50).

وفي سياق التكيف المناخي الحضري، بدأت تقنيات الذكاء الاصطناعي تُستخدم في تخطيط المدن المرنة مناخياً من خلال تحليل أنماط التوسع العمراني، واستهلاك الطاقة، وحركة النقل، والتعرض للمخاطر الطبيعية، وتساعد هذه التطبيقات في تحديد المناطق الأكثر هشاشة أمام موجات الحر أو الفيضانات أو ارتفاع مستوى سطح البحر، بما يدعم توجيه السياسات الحضرية نحو تعزيز القدرة التكيفية للمدن، وترتبط فاعلية هذه النماذج بجودة البيانات الحضرية المتاحة وقدرة المؤسسات المحلية على توظيف مخرجاتها في عمليات التخطيط الفعلي (51).

ورغم المزايا الواسعة لهذه التطبيقات، فإن الأدبيات الحديثة بدأت تلفت الانتباه إلى ضرورة التعامل النقدي مع الخطاب الذي يقدم الذكاء الاصطناعي بوصفه حلاً تقنياً شاملاً للأزمة المناخية، فهذه التقنيات تعتمد بدورها على بنية مادية كثيفة الاستهلاك للطاقة والموارد الطبيعية، كما أن مراكز البيانات العملاقة المستخدمة في تدريب النماذج المتقدمة تستهلك كميات متزايدة من الكهرباء والمياه. وبالتالي، يتطلب تقييم الأثر البيئي للذكاء الاصطناعي اعتماد مقاربة شاملة تستوعب دورة حياته الكاملة، بما يشمل آثاره المادية والطاقة اللازمة لتشغيله، فضلاً عن المنافع التي يوفرها في مجالات التنبؤ وإدارة القضايا البيئية (52).

ويضاف إلى ذلك أن التوسع في الاعتماد على الخوارزميات يثير إشكاليات ترتبط بتفاوت القدرة على الوصول إلى البيانات والبنية الحاسوبية اللازمة لتطوير النماذج

الجغرافية المكانية وتشغيلها، فهذه النماذج تتطلب موارد تقنية مرتفعة، كما يظل توظيفها في البيئات ذات الموارد المحدودة تحديًا قائمًا، بما قد يحد من استفادة بعض الفاعلين منها ما لم تُراعَ اعتبارات الكفاءة والإنصاف في تطويرها (53).

وفي ضوء ما تقدم، يمكن القول: إن الأهمية الحقيقية لتطبيقات الذكاء الاصطناعي في المجال المناخي تتمثل في قدرتها على الإسهام في بناء نموذج جديد لإدارة المخاطر البيئية يقوم على المعرفة الاستباقية، والتدخل الوقائي، والتكامل بين البيانات وصناعة القرار السياسي، إلى جانب تحسين قدرات التنبؤ والرصد، ويرتبط نجاح هذا النموذج بمدى قدرته على تحقيق التوازن بين الكفاءة التقنية، والحوكمة الرشيدة، والعدالة البيئية، فالتكنولوجيا وحدها لا توفر استجابة كافية لأزمة تتداخل فيها الأبعاد العلمية مع أنماط التنمية، وعلاقات السلطة، وتوزيع الموارد داخل النظام الدولي المعاصر.

خاتمة

توضح الدراسة، في ضوء التحليل المتقدم للعلاقة بين التحولات المناخية والذكاء الاصطناعي والنزاعات المرتبطة بالموارد، أن النظام الدولي يشهد انتقالاً بنوياً من مرحلة التعامل مع الأزمات البيئية بوصفها أحداثاً طارئة محدودة الأثر إلى مرحلة يُنظر فيها إلى المناخ بوصفه متغيراً جيوسراتيجياً مركزياً يعيد تشكيل أنماط الأمن العالمي ويؤثر بصورة مباشرة في بنية الاستقرار السياسي والاجتماعي والاقتصادي للدول والمجتمعات؛ فقد أصبح التغير المناخي عاملاً منتجاً للمخاطر المركبة تتداخل ضمنه الندرة المائية والغذائية والطاقة والهجرة البيئية مع الهشاشة المؤسسية والتفاوتات الاقتصادية والانقسامات الجيوسياسية، بما يزيد احتمالات نشوء أنماط جديدة من النزاعات المرتبطة بالموارد الطبيعية.

وتبيّن الدراسة أن المقاربات التقليدية لتحليل المخاطر المناخية تواجه قصوراً بنوياً يرتبط باعتمادها على نماذج تفسيرية خطية لا تستوعب الطبيعة الديناميكية والمعقدة للنظم البيئية والاجتماعية المعاصرة، فالعلاقة بين المناخ والنزاع تتخذ طابعاً احتمالياً مركباً تتفاعل داخله متغيرات متعددة المستويات، بما يستدعي تطوير مقاربات تحليلية قادرة على التعامل مع التعقيد واللايقين وإدماجهما ضمن نماذج أكثر شمولاً ودقة. وفي هذا السياق، بيّنت الدراسة أن الذكاء الاصطناعي يمثل تحولاً إبستمولوجياً عميقاً

في طبيعة المعرفة المناخية لأنه ينقل التحليل من منطق التفسير التقليدي إلى منطق النمذجة الاحتمالية والاستدلال الخوارزمي؛ فالنظم الذكية من خلال تقنيات التعلم الآلي، وتحليل البيانات الضخمة، والمحاكاة متعددة السيناريوهات، أصبحت قادرة على بناء نماذج تنبؤية تستكشف الأنماط الخفية داخل البيانات البيئية والاجتماعية، وتنتج خرائط ديناميكية للمخاطر المناخية والنزاعات المحتملة المرتبطة بها.

وخلصت الدراسة أيضًا إلى أن القيمة الفعلية للنمذجة المناخية الذكية ترتبط بالتحول الذي تحدثه في فلسفة الحوكمة الأمنية ذاتها، إلى جانب قدراتها التقنية، فالذكاء الاصطناعي المناخي يعيد تشكيل مفهوم الأمن من خلال الانتقال من إدارة الوقائع إلى إدارة الاحتمالات، ومن الاستجابة اللاحقة إلى التدخل الاستباقي، ومن التحليل البشري المحدود إلى التحليل الخوارزمي واسع النطاق، ويؤسس هذا التحول لنمط جديد من الأمن يمكن توصيفه ضمن إطار "الأمن المناخي الخوارزمي"، مع تحول الخوارزميات إلى عنصر من عناصر البنية السيادية لإدارة المخاطر البيئية والموارد والنزاعات المستقبلية.

وقد توصلت الدراسة إلى أن هذا التحول، رغم ما يتيح من إمكانيات إستراتيجية في تطوير أنظمة الإنذار المبكر وإدارة الموارد والوقاية من النزاعات، يثير في المقابل إشكاليات قانونية وأخلاقية وجيوسياسية عميقة تتعلق بطبيعة السلطة المعرفية الجديدة التي تنتجها الخوارزميات، فالتحكم في البيانات والبنى الرقمية والنماذج التنبؤية يمنح الدول والشركات المالكة للتكنولوجيا قدرة متزايدة على احتكار إنتاج المعرفة المناخية؛ وبالتالي، التأثير في تعريف المخاطر وتحديد أولويات التدخل وصياغة السياسات البيئية والأمنية على المستوى العالمي.

وانتهت الدراسة إلى أن الذكاء الاصطناعي المناخي قد يتحول -في غياب أطر حوكمة عادلة- إلى أداة لإعادة إنتاج التفاوتات الجيوسياسية بين الشمال والجنوب العالميين، من خلال ما يمكن تسميته بـ "الاستعمار الخوارزمي المناخي"، مع خضوع الدول الهشة بيئيًا وتكنولوجياً لبنى معرفية خارجية تسهم في توجيه تحليل مواردها وتقدير مخاطرها المستقبلية. كما بيّنت الدراسة أن الإشكالية تمتد إلى جانب الاحتكار الجيوسياسي للمعرفة لتشمل الانحيازات الخوارزمية، وضعف الشفافية، وصعوبة مساءلة النظم الذكية عن القرارات المرتبطة بالمخاطر البيئية والأمنية.

وعلى المستوى النظري، أسهمت الدراسة في بلورة مقارنة تحليلية تتجاوز الطابع التقني السائد في أدبيات الذكاء الاصطناعي المناخي، عبر دمج الأبعاد الإستمولوجية والقانونية والجيوسياسية ضمن إطار مفاهيمي موحد، كما اقترحت الدراسة مفهوم "الأمن المناخي الخوارزمي" بوصفه مفهوماً تفسيريًا جديدًا لفهم التحولات المعاصرة في العلاقة بين التكنولوجيا والمخاطر والسيادة والأمن العالمي، وهو ما يوضح الكيفية التي تتحول بها الخوارزميات إلى فاعل بنيوي داخل هندسة الحوكمة المناخية الدولية.

النتائج

توصلت الدراسة إلى مجموعة من النتائج الرئيسة، يمكن إجمالها فيما يأتي:

1. إن التغير المناخي يعمل بوصفه "مضاعفًا للمخاطر"، ويسهم في إعادة تشكيل البيئات المنتجة للهشاشة وعدم الاستقرار من خلال تفاعله مع العوامل السياسية والاقتصادية والاجتماعية، دون أن يؤدي إلى نشوء النزاعات بصورة حتمية أو مباشرة.
2. إن النماذج التقليدية لتحليل المخاطر المناخية تعاني محدودية منهجية بسبب عجزها عن استيعاب الطبيعة غير الخطية والمتعددة المستويات للنظم البيئية والاجتماعية.
3. إن الذكاء الاصطناعي أتاح تحولاً نوعياً في تحليل المخاطر المناخية عبر تطوير نماذج تنبؤية قائمة على التعلم الآلي وتحليل البيانات الضخمة والمحاكاة الاحتمالية.
4. إن النمذجة المناخية الذكية أسهمت في تعزيز القدرة الاستباقية للدول والمؤسسات الدولية في رصد المؤشرات المبكرة للنزاعات المرتبطة بالموارد الطبيعية.
5. إن الخوارزميات المناخية تحمل ضمن بنيتها افتراضات معيارية وسياسية تؤثر في كيفية تعريف المخاطر وتحديد أولويات التدخل؛ مما يجعل إنتاج المعرفة الخوارزمية مرتبطاً بسياقات اجتماعية وسياسية محددة.
6. إن احتكار البيانات والبنى الحاسوبية المتقدمة يهدد بإعادة إنتاج أنماط جديدة من الهيمنة الجيوسياسية وعدم المساواة البيئية بين الدول.
7. إن غياب الشفافية وقابلية التفسير داخل النظم الخوارزمية يثير إشكاليات قانونية وأخلاقية تتعلق بالمساءلة والمسؤولية عن القرارات المؤتمتة المرتبطة بالأمن المناخي.

8. إن مستقبل الحوكمة المناخية سيتحدد بدرجة كبيرة بقدرة النظام الدولي على بناء أطر قانونية وأخلاقية عادلة لتنظيم العلاقة بين الذكاء الاصطناعي والمخاطر البيئية.

التوصيات

في ضوء النتائج التي انتهت إليها الدراسة، يمكن تقديم مجموعة من التوصيات العلمية والسياسية، تتمثل فيما يأتي:

1. ضرورة اعتماد أطر دولية ملزمة لتنظيم توظيف الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر المناخية، تفرض متطلبات الشفافية، وقابلية التفسير، والمساءلة القانونية على النظم الخوارزمية.

2. إنشاء منظومات عالمية مشتركة للبيانات المناخية تتيح للدول النامية الوصول العادل إلى المعلومات والبنى الرقمية اللازمة لتطوير قدراتها التنبؤية.

3. تعزيز مفهوم "السيادة البيانية" للدول الهشة من خلال بناء بنى تحتية وطنية مستقلة لتحليل البيانات البيئية والمناخية.

4. إدماج الاعتبارات الأخلاقية وحقوق الإنسان ضمن تصميم الخوارزميات المستخدمة في تحليل المخاطر المناخية والنزاعات المرتبطة بالموارد.

5. تطوير أنظمة إنذار مبكر متعددة المستويات تعتمد على الدمج بين البيانات البيئية والاجتماعية والسياسية والاقتصادية لرصد احتمالات النزاعات المستقبلية.

6. تعزيز التعاون بين علماء المناخ وخبراء الذكاء الاصطناعي والمتخصصين في الدراسات الأمنية والقانونية لبناء مقاربات متعددة التخصصات لإدارة المخاطر البيئية.

7. وضع معايير دولية لتقييم الانحيازات الخوارزمية داخل النظم المستخدمة في الأمن المناخي، تمنع تحولها إلى أدوات لإعادة إنتاج التمييز أو الهيمنة الجيوسياسية.

8. دعم البحوث المتعلقة بالبصمة البيئية للذكاء الاصطناعي، والعمل على تطوير نماذج حوسبة مستدامة تقلل من استهلاك الطاقة والموارد الطبيعية.

9. إعادة تعريف مفهوم الأمن القومي ليشمل الأمن المناخي والرقمي بوصفهما جزءاً مركزياً من بنية الاستقرار الاستراتيجي للدول.

10. تشجيع الدراسات المستقبلية المتعلقة بمفهوم "الأمن المناخي الخوارزمي" بوصفه حقلاً بحثياً ناشئاً يتطلب مزيداً من التأصيل النظري والتطبيقات المقارنة.

وبناءً على ذلك، يمكن القول: إن الذكاء الاصطناعي المناخي يقف اليوم عند نقطة تقاطع تاريخية بين إمكانات التحرر من المخاطر البيئية من جهة، واحتمالات إعادة إنتاج أنماط جديدة من الهيمنة وعدم المساواة من جهة أخرى. ويتمثل التحدي الحقيقي في تطوير خوارزميات أكثر دقة، إلى جانب بناء نموذج حضاري ومعرفي قادر على توجيه هذه التكنولوجيا ضمن إطار يحقق العدالة البيئية، والسيادة المعرفية، والأمن الإنساني العالمي في عصر التحولات المناخية المتسارعة.

المراجع

- (1) Jon Barnett and W. Neil Adger, "Climate Change, Human Security and Violent Conflict," *Political Geography*, Vol. 26, No. 6 (2007), pp. 639–642.
- (2) Tobias Ide, *Quantitative Climate-Conflict Research: Limitations and Prospects of Alternative Approaches*, Toda Peace Institute Policy Brief No. 80 (Tokyo: Toda Peace Institute, 2020), pp. 4–7.
- (3) Quansheng Ge et al., "Modelling Armed Conflict Risk under Climate Change with Machine Learning and Time-Series Data," *Nature Communications*, Vol. 13 (2022), pp. 3–4.
- (4) Joshua W. Busby, "Taking Stock: The Field of Climate and Security," *Current Climate Change Reports*, Vol. 4, No. 4 (2018), pp. 339–342.
- (5) Thomas F. Homer-Dixon, "Environmental Scarcities and Violent Conflict: Evidence from Cases," *International Security*, Vol. 19, No. 1 (1994), pp. 5–40.
- (6) Idean Salehyan, "From Climate Change to Conflict? No Consensus Yet," *Journal of Peace Research*, Vol. 45, No. 3 (2008), pp. 315–326.
- (7) Barnett and Adger, "Climate Change, Human Security and Violent Conflict," pp. 639–642.
- (8) Mark Zeitoun and Naho Mirumachi, "Transboundary Water Interaction I: Reconsidering Conflict and Cooperation," *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics*, Vol. 8, No. 4 (2008), p. 298.

- (9) Andreas Gros et al., “Conflict in Yemen: From Ethnic Fighting to Food Riots,” arXiv Preprint (2012), pp. 8–9.
- (10) Rafael Reuveny, “Climate Change-Induced Migration and Violent Conflict,” *Political Geography*, Vol. 26, No. 6 (2007), pp. 657–660, 664–670.
- (11) Ge et al., “Modelling Armed Conflict Risk under Climate Change with Machine Learning and Time-Series Data,” pp. 2–4.
- (12) Schyler C. Sun et al., “Revealing the Excitation Causality between Climate and Political Violence via a Neural Forward-Intensity Poisson Process,” arXiv Preprint (2022), pp. 5171–5173.
- (13) Markus Reichstein et al., “Deep Learning and Process Understanding for Data-Driven Earth System Science,” *Nature*, Vol. 566, No. 7743 (2019), pp. 196–198.
- (14) Erwan Monier et al., “Toward a Consistent Modeling Framework to Assess Multi-sectoral Climate Impacts,” *Nature Communications*, Vol. 9 (2018), pp. 3–6.
- (15) Yoo-Geun Ham et al., “Deep Learning for Multi-Year ENSO Forecasts,” *Nature*, Vol. 573, No. 7775 (2019), pp. 568–572.
- (16) Peijin Li et al., “Using Deep Learning to Generate Key Variables in Global Mitigation Scenarios,” *Nature Climate Change*, Vol. 15 (2025), pp. 762–765, 767–768.
- (17) Reichstein et al., “Deep Learning and Process Understanding for Data-Driven Earth System Science,” pp. 195–196.
- (18) Josh Cowsils et al., “The AI Gambit: Leveraging Artificial Intelligence to Combat Climate Change—Opportunities, Challenges, and Recommendations,” *AI & Society*, Vol. 38, No. 1 (2023), pp. 296–298.
- (19) Kyungmee Kim and Vincent Boulanin, *Artificial Intelligence for Climate Security: Possibilities and Challenges* (Stockholm: Stockholm International Peace Research Institute [SIPRI], 2023), pp. 4–6, 22, 25–28.
- (20) Henrik Skaug Sætra and Evan Selinger, “Technological Remedies for Social Problems: Defining and Demarcating Techno-Fixes and Techno-Solutionism,” *Science and Engineering Ethics*, Vol. 30 (2024), pp. 2–10.

(21) Kyungmee Kim, "The Promise and Peril of Deploying Artificial Intelligence for Climate Security," *Peace and Sustainability*, Vol. 1, No. 1 (2025), Article 100002, pp. 2–3.

(22) للمزيد، انظر:

Sheila Jasanoff, *States of Knowledge: The Co-production of Science and Social Order* (London: Routledge, 2004), pp. 13–45.

(23) Emily Boyd et al., "Anticipatory Governance for Social-Ecological Resilience," *Ambio*, Vol. 44, Suppl. 1 (2015), pp. 157–158.

(24) Ulrich Beck, *Risk Society: Towards a New Modernity*, translated by Mark Ritter (London: Sage Publications, 1992), pp. 23–27.

(25) Katharine J. Mach et al., "Climate as a Risk Factor for Armed Conflict," *Nature*, Vol. 571, No. 7764 (2019), pp. 194–196.

(26) Abdelhakim Elbehri and Roman Chestnov, eds., *Digital Agriculture in Action: Artificial Intelligence for Agriculture* (Bangkok: Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO] and International Telecommunication Union [ITU], 2021), pp. 14–15.

(27) Benjamin T. Jones et al., "Food Scarcity and State Vulnerability: Unpacking the Link between Climate Variability and Violent Unrest," *Journal of Peace Research*, Vol. 54, No. 3 (2017), pp. 336–340.

(28) Michael D. Ward et al., "The Perils of Policy by p-Value: Predicting Civil Conflicts," *Journal of Peace Research*, Vol. 47, No. 4 (2010), pp. 363–375.

(29) Lukas Muehlbacher, "Predictive Policing and the Politics of Algorithmic Security," *Surveillance & Society*, Vol. 18, No. 1 (2020), pp. 372–373.

(30) Louise Amoore, "Machine Learning Political Orders," *Review of International Studies*, Vol. 49, No. 1 (2023), pp. 20–29.

(31) Amoore, "Machine Learning Political Orders," pp. 24–25.

(32) United Nations Development Programme (UNDP), *Human Development Report 2021/2022: Uncertain Times, Unsettled Lives* (New York: UNDP, 2022), accessed June 4, 2026.

(33) Amoores, "Machine Learning Political Orders," pp. 28–29.

(34) للمزيد، انظر:

Shoshana Zuboff, *The Age of Surveillance Capitalism: The Fight for a Human Future at the New Frontier of Power* (New York: PublicAffairs, 2019), pp. 8–25, 93–134.

(35) Nick Couldry and Ulises A. Mejias, *The Costs of Connection: How Data Is Colonizing Human Life and Appropriating It for Capitalism* (Stanford: Stanford University Press, 2019), pp. 14–17.

(36) Louise Amoores and Rita Raley, "Securing with Algorithms: Knowledge, Decision, Sovereignty," *Security Dialogue*, Vol. 48, No. 1 (2017), pp. 4–5.

(37) Heather M. Roff, "The Strategic Robot Problem: Lethal Autonomous Weapons in War," *Journal of Military Ethics*, Vol. 13, No. 3 (2014), pp. 211–227.

(38) Virginia Dignum, *Responsible Artificial Intelligence: How to Develop and Use AI in a Responsible Way* (Cham: Springer Nature, 2019), pp. 17–48.

(39) Ibid.

(40) Michel Foucault, *Power/Knowledge: Selected Interviews and Other Writings 1972–1977*, edited by Colin Gordon (New York: Pantheon Books, 1980), pp. 233–234.

(41) Kate Crawford, *Atlas of AI: Power, Politics, and the Planetary Costs of Artificial Intelligence* (New Haven and London: Yale University Press, 2021), pp. 5–17.

(42) Markus Reichstein et al., "Early Warning of Complex Climate Risk with Integrated Artificial Intelligence," *Nature Communications*, Vol. 16 (2025), pp. 1–4.

(43) Diana Koldasbayeva et al., "Challenges in Data-Driven Geospatial Modeling for Environmental Research and Practice," *Nature Communications*, Vol. 15 (2024), pp. 1–4.

(44) Zuo Xu and Dalong Jiang, "AI-Powered Plant Science: Transforming Forestry Monitoring, Disease Prediction, and Climate Adaptation," *Plants*, Vol. 14, No. 11 (2025), pp. 2–4, 9–11.

- (45) Stefano Materia et al., “Artificial Intelligence for Climate Prediction of Extremes: State of the Art, Challenges, and Future Perspectives,” *WIREs Climate Change*, Vol. 15, No. 6 (2024), pp. 1–3, 12–16.
- (46) Markus Reichstein et al., “Early Warning of Complex Climate Risk with Integrated Artificial Intelligence,” *Nature Communications*, Vol. 16 (2025), pp. 1–4, 6–8.
- (47) Garima Gupta and Sudhir Kumar Pal, “Applications of AI in Precision Agriculture,” *Discover Agriculture*, Vol. 3 (2025), pp. 2–4, 10–12, 18–21.
- (48) Huimin Han et al., “Challenges in Remote Sensing Based Climate and Crop Monitoring: Navigating the Complexities Using AI,” *Journal of Cloud Computing*, Vol. 13 (2024), pp. 3–5, 8–10, 18–21.
- (49) Kingsley Ukoba et al., “Predictive Modeling of Climate Change Impacts Using Artificial Intelligence: A Review for Equitable Governance and Sustainable Outcome,” *Environmental Science and Pollution Research*, Vol. 32 (2025), pp. 10708–10710, 10714–10718.
- (50) L. Minh Dang et al., “Artificial Intelligence for Climate Change Mitigation and Adaptation: A Domain-Structured Review of Methods, Applications, and Research Gaps for Seven High-Impact Domains,” *Process Safety and Environmental Protection* (2026), pp. 8–12, 32–36.
- (51) Miguel Costa et al., “Artificial Intelligence for Climate Adaptation: Reinforcement Learning for Climate Change-Resilient Transport,” *arXiv:2603.06278* (2026), pp. 1–3, 13–14.
- (52) Julio Vega, “Rethinking AI in the Age of Climate Collapse: Ethics, Power, and Responsibility,” *arXiv:2601.18462* (2026), pp. 2–4.
- (53) Nature Machine Intelligence, “Towards Responsible Geospatial Foundation Models,” *Nature Machine Intelligence*, Vol. 7 (2025), p. 1189.

من إصدارات المركز



للباب

للدراستات الاستراتيجية
دورية محكمة تصدر عن مركز الجزيرة للدراسات

العنوان
وادي السيل، الدوحة، قطر
صندوق البريد: 23123

للتواصل
lubab@aljazeera.net
هاتف: +974 40158384
فاكس: +974 44831346

سعر النسخة: 15 ريالاً أو 4 دولارات

مركز الجزيرة للدراسات
ALJAZEERA CENTRE FOR STUDIES