المجلة الدولية للسياسات العامة في مصر - مجلد 4 - العدد (3) - يوليو 2025
ISSN: Print: 2812 - 4758 , Online: 2812 - 4766
تصدر عن مركز المعلومات ودعم اتخاذ القرار

التطور التكنولوجي وسياسات إدارة المخاطر البيئية: دراسة في المؤثرات والنتائج

أحمد همام محمد همام

مدرس العلوم السياسية والإدارة العامة، كلية التجارة، جامعة أسيوط، مصر
ahmedhammam@aun.edu.eg
ahmedhammam881@gmail.com

Technological Development and Environmental Risk Management Policies: A Study on Influences and Outcomes

Ahmed Hammam Mohammed Hammam

Lecturer of Political Science and Public Administration, Faculty of commerce, Assuit University, Egypt
ahmedhammam@aun.edu.eg
ahmedhammam881@gmail.com

DOI: 10.21608/ijppe.2025.443488 **URL: http://doi.org/ 10.21608/ijppe.2025.443488**

- تاريخ استلام البحث: 2025/01/25، وتاريخ قبوله: 2025/03/26
- توثيق البحث: همام، أحمد. (2025). التطور التكنولوجي وسياسات إدارة المخاطر البيئية: دراسة في المؤثرات والنتائج. *المجلة الدولية للسياسات العامة في مصر*، *4*(3)، 42-67.

المجلة الدولية للسياسات العامة في مصر - مجلد 4 - العدد (3) - يوليو 2025
ISSN: Print: 2812 - 4758 , Online: 2812 - 4766
تصدر عن مركز المعلومات ودعم اتخاذ القرار

التطور التكنولوجي وسياسات إدارة المخاطر البيئية: دراسة في المؤثرات والنتائج

المستخلص

أسـهم التطور التكنولوجي في إحداث الكثير من التغيرات البيئية نتيجة اسـتغلال مخرجات التقدم التكنولوجي منذ الثورة الصـــناعية الأولى وما تبعها من تطورات ركزت على التصـــنيع واســـتغلال الموارد البيئية بطرق غير مُســـتدامة، مما أدى إلى تهديد الموارد الطبيعية وتلوث الهواء والمياه وانتشـــار الأمراض والأوبئة وغيرها من المؤثرات البيئية بفعل الانبعاثات الضارة من التصنيع، والتي أدت إلى التغير المناخي وتلوث التربة وتهديد الأمن الغذائي والصحي، ولكن النظرة المُختلفة للتطور التكنولوجي أنه يُمكِن استخدامه في تحسين الأوضاع البيئية من خلال التقنيات الحديثة، مثل الزراعة الذكية وتوليد الطاقة المتجددة النظيفة والاعتماد على الاقتصـــاد الأخضـــر وتقليل الانبعاثات الضـــارة بالبيئة واســـتغلال التقنيات الحديثة في إدارة المخاطر البيئية، مثل الإنذار المبكر والاستشعار عن بعد وتحليل البيانات الضخمة والذكاء الاصطناعي. ومن هذا المنطلق، تسعى هذه الدراسة إلى بحث مدى إمكانية الاعتماد على التكنولوجيا في إدارة المخاطر البيئية ووضـــع ســـياســـات تعمل على تقليل المخاطر البيئية، وذلك بالاعتماد على منهج تحليل النظم لاســـتغلال التغيرات البيئية في المجال التكنولوجي أفضل استغلال ممكن لوضع سياسات فعّالة في إدارة المخاطر البيئية والعمل على تقليل آثارها السلبية والتكيف معها. وتُشـير نتائج الدراسـة إلى أهمية الاعتماد على التكنولوجية الآمنة والنظيفة واسـتغلالها الاسـتغلال الأمثل لتقليل الآثار السـلبية الناتجة عن الاسـتغلال غير الرشـيد للموارد الطبيعية، والذي نتج عنه الكثير من الأزمات والكوارث الطبيعية، وهذا ما يعتبر حقلا علميا جديرا بالدراسات المستقبلية لتعزيز الاعتماد على تكنولوجيا الأشياء وتخزين البيانات والذكاء الاصطناعي والاستشعار عن بعد لتفادي الأزمات والكوارث الطبيعية.

الكلمات الدالة: التطور التكنولوجي، السياسات، إدارة المخاطر، التغيرات البيئية، التهديدات، الأمن البيئي

المقدمة

عَملَ التطور التكنولوجي الذي مَرت به البشرية على تسهيل الكثير من الأنشطة الحياتية وتغير نمط حياة المجتمع، بدءاً من الثورة الصناعية الأولى التي حولت الأنشطة من الجهد الإنساني إلى الجهد الآلي؛ مما زاد الاعتماد على الآلة في الكثير من الأنشطة البشرية مرورا بالكثير من التطورات التكنولوجية حتى الثورة الرقمية التي ألقت بظلالها وبتأثيراتها المباشرة وغير المباشرة على الحياة البشرية، فقد أضحى الإنسان بفعل التطور التكنولوجي يعتمد على الآلات والمعدات والتكنولوجيا في أداء المهام التي كانت تعتمد على الأداء البشري بشكل أساسي في أدائها (Schwab, 2016).

ومع التقدم التكنولوجي الذي وصلت إليه البشرية اليوم والفوائد الإيجابية التي ترتبت على هذا التقدم مثل الفوائد الاقتصادية والاجتماعية الضخمة، سرعان ما تم اكتشاف الجانب السلبي لهذه التطورات التكنولوجية وموجات التقدم المختلفة على الحياة البشرية المُتمثلة في التهديدات البيئية والتغير المناخي وقلة الموارد؛ بسبب سوء استغلالها والتهديد بنضوبها وغير ذلك.

ولذلك يواجه عالم اليوم الكثير من التحديات العالمية الناتجة عن التطور السريع والمتزايد في التصنيع والإنتاج والاستغلال السيّئ للموارد المُتاحة؛ مما عمل على ظهور قضية مُعقدة ومتداخلة، مثل قضية التغيرات البيئية وما يترتب عليها من تهديدات بسبب التقدم والتطور في عمليات الإنتاج والتصنيع، مثل تدهور التنوع البيولوجي وتلوث الموارد الطبيعية ونضوب هذه الموارد والتصحر والجفاف والتغير المناخي، ولذلك بات على الدول أن تُركز على أهمية وضع سياسات بيئية فعالة كضرورة استراتيجية لضمان استدامة الحياة البشرية والأنظمة البيئية (IPCC,2021).

ولذلك يعد التقدم التكنولوجي والتطور الذي وصلت إليه البشرية اليوم هو سبب التهديدات البيئية، وعلى المجتمع البشري أن يُدرِك خطورة هذه الآثار البيئية على الإنسان والاستقرار الاجتماعي والسياسي والاقتصادي والتنمية في مختلف المجالات البشرية، ولكن من جانب آخر يمكن الاعتماد على التكنولوجيا الحديثة والابتكارات الجديدة في مواجهة المخاطر البيئية وإدارتها بغرض تقليل الآثار السلبية الناتجة عن التطور التكنولوجي ومواجهة التهديدات البيئية.

المشكلة البحثية

التطور التكنولوجي وما ترتب عليه من إنتاج الآلات والمعدات وبرامج نظم المعلومات فائقة القدرة على التعامل مع أي تهديد مُتوقع أو غير مُتوقع مثل التهديدات البيئية والعمل على إدارة هذه المخاطر البيئية وتقليل آثارها السلبية الناتجة عنها يعد فرصة مهمة لصناع القرار لاستغلال هذه التطورات لوضع سياسات فعّالة في إدارة المخاطر البيئية، ولذلك تأتي الدراسة للإجابة على تساؤل بحثي رئيسي، وهو:

إلى أي مدى يمكن الاعتماد على التقدم التكنولوجي في إدارة المخاطر البيئية ورسم سياسات بيئية فعالة تُقلل من الآثار السلبية الخاصة بها؟

ويتفرع من السؤال البحثي الرئيسي عدد من التساؤلات الفرعية، منها:

- ما طبيعة التطور التكنولوجي الذي وصل إليه المجتمع البشري؟
- ما طبيعة التغيرات البيئية التي طرأت على المجتمع البشري؟
- ما تأثير التطورات التكنولوجية المُتلاحقة على التغيرات البيئية؟
- كيف يمكن استغلال التقدم التكنولوجي في وضع سياسات لإدارة المخاطر البيئية وتقليل الآثار السلبية الناتجة عن هذه التغيرات؟

أهداف الدراسة

تسعى الدراسة إلى تحقيق مجموعة من الأهداف، وهي:

- التعرف على ملامح التطور التكنولوجي على مر عصور المجتمع البشري.
- التركيز على الإيجابيات والسلبيات الخاصة بالتطورات التكنولوجية المُتلاحقة.
- التركيز على التغيرات البيئية والتهديدات المُترتبة عليها.
- استكشاف آثر التطورات التكنولوجية الإيجابية والسلبية على التغيرات البيئية وكيف يمكن استغلال الجانب الإيجابي للتخلص أو تقليل التأثيرات السلبية.
- التعرف على كيفية استغلال التطور التكنولوجي في وضع سياسات فعّالة لإدارة المخاطر البيئية.

أهمية الدراسة

تنقسم أهمية الدراسة إلى الأهمية العلمية والأهمية العملية، وذلك على النحو التالي:

- الأهمية العلمية: تنبع الأهمية العلمية للدراسة في التعرف على التطور التكنولوجي وآثاره الإيجابية والسلبية على مر التاريخ البشري وما يترتب عليه من تغيرات بيئية تهدد الوجود البشري.
- الأهمية العملية: تنبع الأهمية العملية للدراسة في الالتزام الأخلاقي بالاهتمام بالتغيرات البيئية وتقديم رؤى لصناع القرار لكيفية إدارة التغيرات البيئية باستخدام الابتكارات التكنولوجية والحفاظ على البيئة.

منهجية الدراسة

تعتمد الدراسة في تحقيق أهدافها والإجابة على التساؤلات الأساسية والفرعية الخاصة بها على اقتراب تحليل النظم، وذلك من خلال التطور التكنولوجي كمجموعة تغيرات بيئية محيطة بالنظام السياسي بما يحقق أمن الإنسان البيئي، حيث تعتبر هذه التغيرات مدخلات للنظام السياسي، وكيفية تعامل النظام السياسي مع جملة المطالب والاحتياجات الناتجة عن التغيرات البيئية ورسم سياسات واستراتيجيات وخطط قابلة للتنفيذ على أرض الواقع لحل المشكلات الناتجة عن هذه التغيرات البيئية المحيطة.

محاور الدراسة

ومن خلال أهداف الدراسة والتساؤل الرئيسي والتساؤلات الفرعية يمكن تناول الموضوع من خلال عدد من المحاور؛ حيث يتناول المحور الأول الإطار النظري (التطور التكنولوجي – التغيرات البيئية)، ويتناول المحور

الثاني التطور التكنولوجي وأثره على التغيرات البيئية، ويعرض المحور الثالث التقدم التكنولوجي وسياسات إدارة المخاطر البيئية، ثم الخاتمة والتوصيات.

المحور الأول: الإطار النظري (التطور التكنولوجي – التغيرات البيئية)

الإنسان في سعيه لتحقيق المصلحة والمنفعة الخاصة به يستغل كل ما يمكن استغلاله لتحقيق تلك المصلحة بدون الاكتراث بما يترتب على هذا الاستغلال من سلوك رشيد أو غير رشيد، ولكن الأنانية البشرية تدفع الإنسان إلى تحقيق المصلحة الآنية أو الوقتية باعتبارها حاجة مُلحة لضمان المعيشة الكريمة وتلبية الاحتياجات الأساسية بالنسبة له، ولذلك أضحى الإنسان يمارس سلوكيات غير رشيدة لضمان إشباع الاحتياجات الأساسية؛ مما أدى إلى الكثير من القضايا والتهديدات التي تؤثر على مستقبل البشرية جمعاء (Krause et al., 2018).

ولما كانت التطورات التكنولوجية هي أحد أهم السلوكيات البشرية الناتجة عن سوء استغلال الإنسان للموارد البيئية لمواكبة التطور في الاحتياجات والمُتطلبات الحياتية المُختلفة بدءًا من اكتشاف الآلات والمعدات والسيارات والقطارات والطائرات والصواريخ، كل ذلك في حقيقة الأمر هو نوع من الاستغلال السيئ للموارد الطبيعية الخاصة بالبيئة بسبب الإسراع في عملية التصنيع واستهلاك الموارد الطبيعية بشكل يهدد بنضوبها وتهديدها مثل التصحر والجفاف ونقص المياه والتغير المناخي، ولذلك أضحى الإنسان مُهددا في أمنه الإنساني بسبب نقص الغذاء والتهديد الصحي والاقتصادي والاجتماعي بالنسبة للفرد، ولهذا أصبح من الضروري إلقاء الضوء على تأثير التطور التكنولوجي على البيئة وكيف يمكن استغلال هذا التطور في وضع سياسات فعّالة في إدارة المخاطر البيئية، ولذلك يتناول هذا المحور عرضا نظريا للمتغيرات الرئيسية للدراسة، وهي التطورات التكنولوجية والتغيرات البيئية، كما يلي:

التطورات التكنولوجية

يُعّد التطور التكنولوجي أحد أهم السمات الخاصة بالتطور البشري، ويلعب دورا محوريا في بيئة الإنسان وحياته على مدار الفترات الزمنية المُختلفة، لذا فإن التطور التكنولوجي يمثل القوة الدافعة الرئيسية لتغيير المجتمعات والاقتصادات في العصر الحديث، من الثورة الصناعية وحتى الثورة الرقمية، وقد لعبت التكنولوجيا دورًا محوريًا في تشكيل العالم من خلال تحسين الإنتاجية، وتسهيل الاتصال، وتعزيز جودة الحياة، فالتطور التكنولوجي يُعرف بأنه "عملية التقدم والابتكار في استخدام الأدوات، والأجهزة، والأساليب لتحقيق أهداف معينة بفاعلية أكبر، ويشمل: التقنيات الصلبة (Hard Technologies) وهي تمثل الأجهزة الملموسة مثل الآلات والمعدات، ويشمل أيضا التقنيات الناعمة (Soft Technologies) التي تُمثل البرمجيات، والخوارزميات، وأنظمة المعلومات (Rogers, 2003).

وهذا الشكل من التطور التكنولوجي أو التقدم بشكل عام مر بالكثير من المراحل التاريخية بدءا بالثورة الزراعية التي بدأت مع تطويع الإنسان للأدوات الحجرية والزراعة، مما كان لها دور كبير في تحسين إنتاج الغذاء واستقرار المجتمعات، وتليها الثورة الصناعية في القرن الثامن عشر التي ساد فيها اختراع الآلات مثل المُحرك البخاري الذي عمل على تعزيز التصنيع وتغيير البنية الاجتماعية والاقتصادية للمجتمعات البشرية خاصة

الأوروبية، وبعد ذلك الثورة التكنولوجية الثانية في القرن العشرين التي اتسمت باختراع الكهرباء، والهاتف، والآلات الحديثة التي كان لها دور كبير في تسريع الإنتاج وتسهيل الاتصال، وترتب على هذا التطور إنتاج الثورة الرقمية أواخر القرن العشرين التي تمثلت في تطور الحواسيب والإنترنت الذي عمل على تغيير جذري في التواصل والعمل والتعليم، وأخيرا الثورة الصناعية الرابعة التي تميزت بتقنيات الذكاء الاصطناعي، وإنترنت الأشياء، والطباعة ثلاثية الأبعاد؛ مما كان لها أثر كبير في أتمتة العمليات وتعزيز الكفاءة والفاعلية في المشروعات والإنتاج وغيرها (Schwab, 2016) .

ولذا ترتب على هذا التطور التكنولوجي الكثير من الأدوات الحديثة التي تتمثل في التكنولوجيا الرقمية التي تشمل البرمجيات، والحوسبة السحابية، والذكاء الاصطناعي التي تعمل على تحسين إدارة البيانات واتخاذ القرار، ومن ضمن هذه الأدوات الحديثة التكنولوجيا البيئية التي تُمثِل اختراع أدوات لإنتاج الطاقة المتجددة والنظيفة، وإدارة الموارد، وإعادة تدوير الموارد، وغيرها. وهذا ما يُساهم بشكل كبير في دعم الاستدامة وتقليل البصمة الكربونية وتقليل المخاطر البيئية والحفاظ على البيئة.

ولقد صاحب هذا التطور التكنولوجي الكثير من التأثيرات على كافة المجالات، فعلى المستوى الاقتصادي عمل التطور التكنولوجي على تحسين الإنتاجية وزيادة التصنيع وتحقيق معدل مرتفع من النمو الاقتصادي وظهور العديد من المجالات الصناعية الجديدة مثل التكنولوجيا المالية FinTech ، والتكنولوجيا الزراعية مثل agri tech، والسيارات الذكية مثل auto tech، مما ساهم بتأثير كبير على الأوضاع البيئية، حيث ساعد في اختراع تقنيات صديقة للبيئة يمكن الاعتماد عليها بدلًا من الآليات التي تضر بالأوضاع البيئية، مثل تقنيات الطاقة المتجددة التي تعمل على تقليل النفايات والانبعاثات وتخفيف التلوث الصناعي(UNCTAD, 2021) .

ورغم ذلك التطور الهائل في مجال التكنولوجيا وتشعبها في الكثير من المجالات وآثارها الإيجابية والسلبية الظاهر منها والكامن فإن هناك العديد من التحديات الخاصة بالتطور التكنولوجي، وتتمثل هذه التحديات في أولها الفجوة الرقمية المتمثلة في التفاوت في الوصول إلى التكنولوجيا بين الدول المتقدمة والنامية، حيث تنتشر هذه التكنولوجيا في الدول المتقدمة وتندر أو يُساء استغلالها إن وجدت في دول العالم النامي، ولذلك للتغلب على هذه التحدي وجب تعزيز التعليم التكنولوجي في الدول النامية (German Federal Ministry for Economic Affairs and Energy, 2020)، وثاني هذه التحديات هي البطالة، وذلك بسبب الاعتماد الكلي على الآلات والمعدات التكنولوجية وعدم التأهيل للعاملين للتعامل معها؛ مما يُزيد من معدلات البطالة، ولذلك وجب العمل على توفير برامج تدريبية وتأهيلية للعاملين ووضع برامج تعليمية لتأهيل الطلاب لمُتطلبات سوق العمل الجديد، وثالث هذه التحديات هو الخصوصية والأمن الشخصي للبيانات والتهديدات المتزايدة للأمن السيبراني، ولذلك يجب وضع تشريعات وقوانين لحماية البيانات الشخصية وتعزيز الخصوصية، ورابع هذه التحديات هو الأثر البيئي للتكنولوجيا، وذلك بفعل انتشار استخدام البرامج والتطبيقات الإلكترونية التي ينتج عنها الكثير من المُخلفات والنفايات الإلكترونية التي لا يقل تأثيرها السلبي عن انبعاثات الصناعات التقليدية، مما يضر بالبيئة، ولذلك يجب وضع سياسات لإعادة التدوير والاستدامة للحفاظ على البيئة من المخاطر التكنولوجية (World Economic Forum, 2020).

ولهذا يُعد التطور التكنولوجي قوة دافعة لتحقيق التقدم البشري، ولكنه يواجه تحديات تتطلب إدارة فعالة لتحقيق التوازن بين الابتكار والاستدامة، يجب على الحكومات والمؤسسات الدولية تبني استراتيجيات لتعزيز الوصول للتكنولوجيا ومعالجة التحديات المُرتبطة بها لضمان تحقيق فوائدها عالميًا، وأهم هذه التحديات التي تعد محور هذه الدراسة هي المخاطر البيئية المُترتبة على التقدم التكنولوجي، ولذا وجب وضع سياسات وتشريعات وبرامج وخطط استراتيجية لمواجهة هذه المخاطر اعتمادا على التكنولوجيا المتوفرة باختراع وابتكار تطبيقات تكنولوجية تعمل على تقليل المخاطر البيئية والحد منها، وهذا ما يدفعنا إلى التعرف على التغيرات البيئة والمخاطر الناتجة عنها وكيفية التعامل مع تهديدات التطور التكنولوجي على البيئة.

التغيرات البيئية

في ظل العديد من التحديات البيئية العالمية المُتزايدة، مثل: التغير المناخي، وتدهور التنوع البيولوجي، وتلوث الموارد الطبيعية، أصبحت السياسات البيئية ضرورية لضمان استدامة الحياة البشرية والأنظمة البيئية وذلك لوضع أطر قانونية وإدارية لتنظيم الأنشطة البشرية وحماية البيئة، وجاء ذلك من جراء التهديدات المُتزايدة للتغيرات البيئية الناتج عن سوء استغلال الموارد البيئية من تصنيع للمواد الخام وهدر للمياه والأراضي وتغير المناخ والتلوث وغيرها من مظاهر التغيرات البيئية العديدة التي بات لها تأثير واضح عن الأمن الإنساني في العديد من الأبعاد الصحية والبيئية والغذائية والمائية وغيرها، وهذا ما يدفع الدول للسعي الجاد لوضع سياسات تنظيمية لتقييد الممارسات السلبية التي تؤثر على البيئة.

ولذا يُمكن تعريف "السياسات البيئية" بأنها مجموعة من التدابير والتشريعات والأنظمة التي تتخذها الحكومات والمؤسسات بهدف تنظيم استخدام الموارد الطبيعية، وتقليل التلوث والانبعاثات، والحفاظ على التنوع البيولوجي والأنظمة البيئية، وتحقيق التنمية المستدامة.

وفي حقيقة الأمر الاهتمام بالتغيرات البيئية لم يأتِ فجاءة، وإنما مر بمراحل مختلفة خاصة بعد ما ظهر تأثير الثورة الصناعية الأولى، ولذلك كانت أولى مراحل الاهتمام بالبيئة في نهاية القرن التاسع عشر وأوائل القرن العشرين وسميت بمرحلة "الوعي البيئي المبكر" (Harris et al., 2021) وتمثلت في ظهور الحركات البيئية نتيجة للثورة الصناعية وآثارها السلبية مثل وضع قوانين للحد من التلوث الصناعي في بريطانيا "قانون الهواء النظيف 1956" ، وازداد الوعي البيئي إلى حد الحركات العالمية في سبعينيات القرن العشرين بظهور المنظمات الدولية مثل برنامج الأمم المتحدة للبيئة UNEP، والتي كان لها دور كبير في توقيع اتفاقية مونتريال 1987، وأخيرا في أقصى درجات الاهتمام العالمي بالتغيرات البيئية ووضعها على الأجندة العالمية لكل برامج التنمية لدول العالم، خاصة في برامج التنمية المُستدامة منذ ثمانينيات القرن العشرين والعمل على إدماج البيئة ومهدداتها ضمن أهداف التنمية المستدامة بل وأحد الأبعاد الرئيسية للتنمية المُستدامة، بالإضافة إلى البعد الاقتصادي والاجتماعي والتقني، وفي ظل الاهتمام بهذه القضايا البيئية تم إبرام اتفاقية باريس للمناخ 2015، والتي تُعقد بشكل دوري سنويًا لمتابعة حالة التغيرات المناخية (UNEP, 2020).

ونتيجة لتلك التغيرات البيئة أصبح هناك اهتمام مُتزايد بالسياسات البيئية، وأصبح هناك العديد من الأدوات التي تتبعها الدول من أجل بناء سياسات فعّالة لمواجهة التهديدات البيئية، منها الأدوات التشريعية التي تمثل القوانين واللوائح لتنظيم الأنشطة البيئية، مثل قانون المياه النظيفة في الولايات المتحدة الأمريكية عام 1972، وهناك الأدوات الاقتصادية التي تتمثل في الحوافز الاقتصادية مثل فرض ضرائب على معدل الانبعاثات مثل ضرائب الكربون لتقليل الانبعاثات الضارة (Giddens, 2009)، وهناك الأدوات التكنولوجية التي تعتمد على تعزيز الابتكار واستخدام التكنولوجيا النظيفة، مثل دعم تقنيات الطاقة المتجددة والعمل على انتشار استخدامها بشكل كبير لتخفيف استخدام الطاقات غير النظيفة لتجنب الانبعاثات الضارة بالبيئة، وأخيرا هناك الأدوات التثقيفية والتوعوية مثل حملات التوعية والتعليم لتغيير سلوك الأفراد مثل مبادرات إعادة التدوير المجتمعية.

وتأتي هذه الأدوات المُستخدمة لحماية البيئة انطلاقا من إيمان الدول بأهمية الحفاظ على البيئة وتبني سياسات فعّالة لتحقيق مجموعة من الأهداف، أولها حماية الموارد الطبيعية مثل المياه والأراضي الزراعية والغابات، وذلك لضمان استدامتها مثل سياسات مكافحة إزالة الغابات في الأمازون، وثانيها تقليل التلوث البيئي مثل تنظيم الانبعاثات الصناعية واستخدام المواد الكيميائية، وثالثها مواجهة التغير المناخي التي تتمثل في تقليل انبعاثات الغازات الدفيئة وتحفيز استخدام الطاقة المتجددة، وذلك للوصول إلى الحياد الكربوني، ورابعها الحفاظ على التنوع البيولوجي مثل إنشاء المحميات الطبيعية وتقليل الأنشطة البشرية الضارة (IPCC, 2021).

واتباع السياسات البيئية له تأثير كبير على كافة المستويات الفردية والوطنية والدولية، فعلى المستوى الفردي تحسين صحة الأفراد وتقليل الأمراض والاهتمام بصحة المجتمع وزيادة الوعي الفردي بخطورة المخاطر البيئية، وعلى المستوى الوطني العمل على تحسين جودة المياه والهواء وخلق فرص اقتصادية واجتماعية أفضل بالنسبة للأفراد، وعلى المستوى الدولي تعزيز التعاون الدولي لمعالجة القضايا البيئية العابرة للحدود مثل اتفاقية باريس 2015 (UNEP, 2019).

ورغم الاهتمام الكبير بسياسات البيئة لمواجهة المخاطر البيئية فإن هناك العديد من التحديات التي تواجه هذه السياسات خاصة في دول العالم النامي، ومن هذه التحديات وأولها التكلفة الاقتصادية، حيث إن تنفيذ السياسات البيئية يتطلب تكاليف كبيرة أكبر من طاقة بعض الدول النامية، ويمكن ذلك فقط من خلال الشراكة ما بين الدول والمجتمع والقطاع الخاص، وثانيها المصالح المتعارضة، وذلك بسبب تعارض مصالح القطاعات الصناعية مع أهداف السياسات البيئية التي تعمل على تقليل التصنيع أو الانبعاثات الصادرة عن التصنيع، مما يعني تقليل التصنيع، ولتجنب ذلك التحدي يمكن وضع آليات لتعويض الشركات المُتضررة من التغيرات البيئية مثل خفض الضرائب، وثالثها ضعف الالتزام الدولي بالسياسات البيئية، وذلك إما بسبب تكلفتها العالية بالنسبة للدول النامية أو رفض الدول المُتقدمة تقليل التصنيع أو خفض معدل الانبعاثات الذي يؤثر على الإنتاج وأحوالها الاقتصادية، ولتجنب ذلك التحدي يمكن وضع آليات تعزيز المُراقبة والشفافية، ورابعها التفاوت بين الدول النامية والدول المتقدمة في الأحوال الاقتصادية؛ مما يشكل خطورة كبيرة على الدول النامية بسبب عدم توافر الإمكانيات الاقتصادية والتكنولوجية اللازمة لمواجهة المخاطر البيئية (World Bank, 2020).

لذا تمثل السياسات البيئية أداة أساسية لتحقيق الاستدامة وحماية البيئة للأجيال القادمة، ورغم التحديات، فإن التعاون الدولي، والابتكار التكنولوجي، وزيادة الوعي المجتمعي يمكن أن يسهم في تعزيز فاعلية هذه السياسات، ويبرز مما تم عرضه أهمية استخدام التكنولوجيا لتحقيق أهداف بيئية أكثر كفاءة لتجنب المخاطر البيئية.

المحور الثاني: التطور التكنولوجي وأثره على التغيرات البيئية

يُعدّ التطور أحد أهم سمات المُجتمعات البشرية، فكل مرحلة من مراحل التجمع البشري تاريخيا يصحبها مجموعة تغيرات تدفع الأفراد إلى إبداع وابتكار ما هو مُناسب لمعيشتهم ونمط حياتهم، فكان التقدم الذي تحققه المُجتمعات البشرية من فترة زمنية إلى أخرى ناتج عن الضغوط البيئية المُحيطة لتوفير الاحتياجات الأساسية، وفي حقيقة الأمر كل تقدُم يُصاحِب التطور البشري يكون له تأثيراته الإيجابية والسلبية ولكن دائما العنصر البشري يبرز الجانب الإيجابي طمعا منه في الانتشار وتحقيق المنفعة الخاصة به وإشباع احتياجاته، ولكن هناك جانبا سلبيا لهذه التطورات على المستوى الاقتصادي والاجتماعي والبيئي والسياسي.

فالعلاقة بين البيئة والتقنية متجذرة في التاريخ، حيث سعى الإنسان دائمًا لتطويع الأفكار والابتكارات لمواجهة تحديات بيئته وتحسين ظروف معيشته، ورغم أن التقنية ساهمت بشكل كبير في تسهيل الحياة وتحقيق الرفاهية، فإنها أثرت سلبًا من خلال زيادة التلوث البيئي، وذلك في مراحل الثورات الصناعية المختلفة وتأثيراتها البيئية (عبد الصادق، 2022).

ولذلك يمكن توضيح تأثير التقنية والتطور التكنولوجي على البيئة، سواء من حيث تحسين الحياة أو تفاقم التحديات البيئية، وهو ما يوضح التأثيرات الإيجابية والسلبية للتطور التكنولوجي على البيئة، ويمكن تناول تلك التأثيرات على النحو التالي:

التأثيرات المُختلفة للتطور التكنولوجي على البيئة

تتعدد التأثيرات الخاصة بالتطور التكنولوجي على البيئة تاريخيا وفقا لفترات التطور الزمنية المُختلفة ولكل مرحلة، كما أتاحت فرصة قوية لتحسين معيشة الأفراد والمجتمعات كان لها آثارها السلبية في تغير المناخ والتلوث والأضرار البيئية الأخرى.

فمع التركيز على الجوانب الضارة للتكنولوجيا على البيئة والمناخ، تظهر الآثار السلبية التالية (عبد الصادق، 2022):

1. زيادة استهلاك الطاقة: يؤدي الاعتماد المُتزايد على الأجهزة التقنية إلى ارتفاع الطلب على الطاقة، وبالتالي زيادة التنقيب على الوقود المولد لهذه الطاقة، وهذا يترتب عليه الكثير من الآثار السلبية الضارة على الإنسان والبيئة بسبب الانبعاثات الضارة عن استخدام الوقود الأحفوري لتوليد الطاقة.
2. الرقائق الإلكترونية واستخراج المعادن: إن التوسع الإلكتروني يصحبه نمو متزايد في إنتاج الرقائق الإلكترونية التي تتطلب موارد طبيعية تكاد تكون نادرة أو غير مُتوفرة بشكل كبير، ولذلك تعتمد الأجهزة

الإلكترونية على معادن نادرة يصعب استخراجها، والتنقيب عن هذه المعادن يؤدي إلى تلوث البيئة، وقد يهدد التنوع البيولوجي، خاصة إذا تم إجراؤه في مناطق موائل طبيعية (زهران، 2024).

3. انبعاثات الغازات الدفيئة: يُساهم التصنيع واستخدام الأجهزة الإلكترونية في زيادة هذه الانبعاثات الضارة التي تضر بالبيئة والمناخ، حيث إن تصنيع هذه التقنيات ينتج عنه الكثير من الانبعاثات الضارة بالبيئة مثل تسريب فريون التكيفات الذي يساعد على الاحتباس الحراري.
4. الزحف العمراني وتجريف الأراضي الزراعية: الزيادة السكانية والتوسع العمراني يقلصان المساحات الخضراء التي تجدد الهواء وتوفر الغذاء، وهو ما يُعدّ مصدر تهديد مباشر للأمن الغذائي والصحي والبيئي والمناخي للإنسان (زهران، 2024).
5. النفايات الإلكترونية: عمر الأجهزة الإلكترونية القصير نسبيًا يؤدي إلى تراكم النفايات التي تُسبب أضرارًا بيئية كبيرة، والتي ينتج عنها الكثير من النفايات الأكثر ضررا على البيئة.
6. تأثير العملات المُشفرة: عملية التعدين المُستمرة للعملات مثل "البيتكوين" تستهلك كميات هائلة من الطاقة، مما ينتج عنه 22–29 مليون طن متري من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون سنويًا، بما يعادل انبعاثات دول كاملة، حيث تحتل عملية تصنيع "البيتكوين" المرتبة 35 عالميًا في استهلاك الكهرباء، بينما تسهم مراكز البيانات بنحو 2% من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري على مستوى العالم (خليف، 2024).
7. الاحتباس الحراري وانبعاثات الكربون: مع تزايد عدد المصانع ووسائل النقل المُعتمِدة على الوقود الأحفوري يؤدي هذا إلى ارتفاع درجة حرارة الأرض، وإذا تجاوز ارتفاع الحرارة 3 درجات مئوية، قد تواجه الأرض كوارث كذوبان الجليد والفيضانات وغيرها (زهران، 2024).

وفي إطار التأثيرات السلبية للثورات الصناعية المُتلاحقة على التطور البشري في فتراته الزمنية المُختلفة تشير العديد من الدراسات إلى أن حوالي 3.6 مليارات إنسان معرضون للآثار المُدمرة لتغير المناخ كأحد المُهددات الناتجة عن التلوث الصناعي، وهذه نتيجة مباشرة للتطور التكنولوجي الداعم للنمو الاقتصادي منذ الثورة الصناعية الأولى في القرن الـ 18 (خليف، 2024)، فالنمو الاقتصادي العالمي يعتمد بشكل كبير على التطورات التكنولوجية المُتلاحقة، ومن الظاهر أن تأثير التكنولوجيا الرقمية أقل وضوحًا من تأثير الصناعات التقليدية على البيئة ولكن هذا التصور هو صحيح ولكن ليس كليا، حيث أكدت الدراسات أن التطور التكنولوجي يخلق آثار بيئية مباشرة وغير مباشرة، فالتكنولوجيا لها آثار إيجابية كبيرة مثلًا على أقل تقدير التحول باستخدام التكنولوجيا لحفظ البيانات والمعلومات والوثائق في شكل إلكتروني ساعد على تقليل الحاجة إلى حفظها ورقيا وهذا يترتب عليه خفض معدل الحاجة إلى صناعة الورق، وذلك يقلل من معدل قطع الأشجار مما يدعم البيئة. ولكن من جانب آخر، أتاحت التكنولوجيا فرصة أَسرع لإنتاج الآلات والمعدات التي تناسب هذه التطورات مثل الحواسيب والهواتف الذكية ومراكز البيانات، وفي حقيقة الأمر صناعة هذه الآلات لا تختلف كثيرًا عن تأثير الصناعات التقليدية على البيئة (خليف، 2024).

والدليل على ذلك استهلاك الكهرباء في إنتاج التكنولوجيا الرقمية يُقدّر بحوالي 7% من إجمالي الطاقة المُستهلكة عالميا وهناك توقع بزيادة النسبة سنويا حتى عام 2030، حيث رصدت العديد من الدراسات أن التوسع في استخدام برامج الذكاء الاصطناعي وإنتاجه وإنتاج مُشتملاته يزيد من استهلاك الكهرباء العالمي، إذ تقدر بعض الدراسات أن استهلاك برنامج Chatgpt من الكهرباء يكافئ استهلاك 33 ألف منزل أمريكي في المتوسط(*خليف 2024*)، فضلًا عن أن التقدم الهائل في مستوى التطورات التكنولوجية يصاحبه استخدام مُتزايد للموارد الطبيعية ويترتب على هذا الإنتاج الكثير من المُخلفات الإلكترونية بسبب الاستهلاك اليومي، وهذه المُخلفات تزيد خطورتها عن المُخلفات التقليدية، حيث تشير بعض الدراسات إلى أنه قد وصل إجمالي ما أنتجه العالم من مُخلفات إلكترونية في عام 2022 حوالي 62 مليار كيلو جرام بما يعادل 7.8 كيلو جرام لكل شخص من سكان العالم، خاصة أن هذه المُخلفات الإلكترونية لها آثار صحية كبيرة على الإنسان، حيث تشير الدراسات إلى أن أكثر المُخلفات الإلكترونية المُستخدمة في الأجهزة الإلكترونية هي من بين أكثر عشر مواد كيميائية شديدة الخطورة على صحة الإنسان والبيئة (خليف، 2024).

المخاطر البيئية للتكنولوجيا والأمن الإنساني

نتيجة التطور المُتزايد للتكنولوجيا وما ترتب عليها من تهديدات، أصبح تهديد الأمن لم يقتصر على أمن الدول الخاص بسيادة واستقلال الدول وحماية حدودها في النظام السياسي الدولي فيما كان يطلق عليه الأمن القومي وله استراتيجياته وآليات التعامل مع مهدداته، وإنما ظهرت مجموعة جديدة من التهديدات غير التهديدات التقليدية، ففي الوقت الحالي أصبحت التهديدات المُصاحبة للتطور التكنولوجي والعولمة وغيرها تصيب الأفراد قبل الدول، ولذلك ظهر مفهوم الأمن الإنساني وبقوة في النظام السياسي الدولي التي تختلف أهدافه ووسائله وآلياته عن الأمن القومي وإن كانا مكملين لبعضهما، وتشعب هذا الأمن إلى الأمن الصحي والأمن البيئي والأمن الغذائي والأمن الاقتصادي والأمن الاجتماعي والأمن الشخصي، وهذه الأبعاد الأمنية مترابطة إلى حد بعيد ومُتداخِلة ومُعقدة بشكل كبير (همام، 2022).

فمع تطور التكنولوجيا والاتصالات وظهور مظاهر العولمة، بات مفهوم الأمن يتجاوز معناه التقليدي ليشمل أبعادًا متعددة، على النحو التالي:

- الأمن التقليدي. يُعنى بحماية الدولة من التهديدات العسكرية الخارجية عبر الردع، والدفاع الوطني، والتحالفات العسكرية، وحماية حدود الدولة وسيادتها (Buzan et al., 1998).
- الأمن الإنساني. يركز على حماية الأفراد من التهديدات غير العسكرية، مثل: الفقر، والجوع، والأمراض، وانتهاكات حقوق الإنسان، خاصة بعد انتهاء الحرب الباردة، ويشمل الأمن الإنساني العديد من الأبعاد، وأحد أبعاده هو الأمن البيئي الذي يتعامل مع التحديات البيئية مثل التغير المناخي والتلوث، لضمان استدامة الموارد الطبيعية. وهناك أبعاد أخرى مثل الأمن الاقتصادي والاجتماعي والصحي والغذائي وغيرها (Williams, 2012).

وهذه الأبعاد تعكس تحول مفهوم الأمن ليشمل جميع جوانب الحياة، مما يجعل تحقيقه ضرورة لضمان الاستقرار والازدهار، فالأمن يمثل أولوية أساسية للدول، مما أدى إلى ظهور رؤى نظرية متعددة لتفسيره وفقًا لمتغيرات البيئة الدولية:

- النظرية الواقعية. تركز على الدولة كفاعل رئيسي في النظام الدولي، وترى أن القوة العسكرية والردع هما أساس تحقيق الأمن، وباتت هذه النظرية لا تحقق أهداف الأمن الإنساني، والوسيلة التي يُعتمد عليها في تحقيق الأمن هي الأداة العسكرية، وهي غير فعّالة مع أغلب التهديدات القائمة في الوقت الحالي.
- النظرية الليبرالية. تعطي الأولوية للتعاون الدولي والمؤسسات العالمية لتعزيز الأمن من خلال الشراكات الاقتصادية والسياسية، ويأتي هُنا التركيز على أهمية التعاون الدولي لمواجهة المخاطر الجديدة التي تُهدد الدول جميعا وليس عددا من الدول أو دولة بعينها.
- النظرية البنائية. تسلط الضوء على دور الأفكار، والهويات، والثقافات في صياغة السياسات الأمنية، للتهديدات الجديدة التي تهدد الأمن والاستقرار في النظام السياسي الدولي.

وتعدد هذه الرؤى يعكس اختلاف الأساليب التي تتبعها الدول لتحقيق الأمن بناءً على طبيعة التهديدات، سواء كانت عسكرية أو تعاونية، ومع التطورات التكنولوجية المتسارعة، ازدادت التهديدات غير المباشرة، مما جعل الأمن أكثر إلحاحًا وصعوبة في تحديد الفاعلين وراء هذه التهديدات، ليصبح الأمن الرقمي والتكنولوجي جزءًا لا يتجزأ من مفهوم الأمن الحديث، وعلى الدول والمؤسسات العالمية التعاون والتكاتف لتحقيق نوع من الردع لهذه التهديدات بالوسائل التكنولوجية الحديثة التي تناسبها (Booth, 2007) .

ومع تعدد التهديدات بسبب التغيرات البيئية المُختلفة في كافة الجوانب الاقتصادية والاجتماعية والثقافية، وهذه التهديدات تُهدد الأفراد والدول والنظام الدولي ككل، لذلك تنوعت مستويات الأمن لتشمل:

- الأمن الفردي. يُعنى بحماية الأفراد من التهديدات وضمان حقوقهم وحرياتهم.
- الأمن الوطني. يُركز على حماية الدولة من التهديدات الداخلية والخارجية وضمان الاستقرار السياسي والاجتماعي.
- الأمن الدولي. يَسعى للحفاظ على السلم والأمن الدوليين من خلال التعاون بين الدول، والالتزام بالقانون الدولي، ودور المؤسسات الدولية العالمية في تقديم الدعم والتمويل اللازم (Clarke et al., 2019).

وهذا التعدد في الأبعاد والمستويات يعكس تعقيد مفهوم الأمن في العصر الحديث، وضرورة معالجته بوسائل شاملة ومتكاملة تتناسب مع التهديدات المُتغيرة، وخاصة الأمن البيئي الذي يعد محور كل القضايا الخاصة بالأمن الإنساني بسبب ارتباطه الوثيق بالغذاء والصحة والاقتصاد والزراعة وغيرها مما يترتب على التغيرات البيئية من تهديدات على كافة أبعاد الأمن الإنساني، وتتمثل هذه الأبعاد الأمنية فيما يلي:

1. الأمن البيئي. يشمل الأمن البيئي كل التهديدات الخاصة بالبيئة من التغير المناخي والكوارث الطبيعية وغيرها الذي يُشكل تهديدًا مُتزايدًا للأمن البيئي، وكذلك النزاعات حول الموارد والتلوث البيئي ستؤثر على الاستقرار (Giddens & Anthony, 2009).
2. الأمن الصحي. من المُهددات الخاصة بالتغيرات البيئة احتمالية ظهور أوبئة جديدة ستؤثر على الأمن العالمي، مما يشكل خطرا كبيرا على الأمن الصحي ويمكن الاعتماد على الذكاء الاصطناعي وتحليل البيانات الضخمة لتطوير العلاجات واللقاحات والتصدي للأزمات الصحية، وتحسين أنظمة الرصد والاستجابة للأزمات لتعزيز المرونة الصحية عالميًّا (Paltiel& Douglas, 2019).
3. الأمن الغذائي. تشكل التغيرات البيئة تحديا كبيرا للنظم الاقتصادية في المجتمع العالمي بسبب تأثيره الكبير على إنتاج الغذاء العالمي؛ مما يُهدد الأمن الغذائي للإنسان على مستوى العالم، وذلك ناتج عن التغير المناخي وعدم صلاحية المناخ لنمو المحاصيل الزراعية المُعتمد عليها في الغذاء Zuboff & (Shoshana, 2019).

لذا فإن التطور التكنولوجي سيظل عاملًا محوريًا في تشكيل مُستقبل الأمن، مما يتطلب استراتيجيات شاملة للتعامل مع التحديات والفرص الناشئة، خاصة مع تراكم الأضرار الناتجة عن التطور التكنولوجي في الفترات الزمنية المُختلفة على البيئة؛ مما يستوجب وضع سياسات لإدارة المخاطر البيئة اعتمادا على العامل التكنولوجي الذي يدعم عمليات التنبؤ بالمخاطر المُستقبلية وكيفية التعامل مع هذه المخاطر وإدارتها بنحو يقلل الخسائر المادية والبشرية على أقل تقدير.

الأضرار الخاصة بالتطورات التكنولوجية على البيئة

تُعدّ التكنولوجيا أحد المحركات الرئيسية للنمو الاقتصادي والاجتماعي في العصر الحديث، لكنها تثير أيضًا تحديات بيئية تؤثر بشكل مباشر وغير مباشر على الأمن الإنساني، حيث يشمل الأمن الإنساني مجموعة من العوامل التي تتعلق بالاستقرار الشخصي والاجتماعي، مثل: الصحة، والحياة المستدامة، والسلامة البيئية، والحقوق الأساسية، وعلى الرغم من الفوائد العديدة للتكنولوجيا، فإن استخداماتها غير المُنظّمة أو المُفرطة قد تسبب أضرارًا بيئية خطيرة تؤثر على البشر والنظم البيئية، ومن التأثيرات الضارة ما يلي:

1. التأثيرات البيئية لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات. تعتبر تكنولوجيا المعلومات والاتصالات Information and Communication Technology (ICT) واحدة من أبرز مجالات التكنولوجيا التي تتسبب في مخاطر بيئية، ويتمثل أحد أكبر التحديات في استهلاك الطاقة العالمي الذي يتطلبه تشغيل مراكز البيانات والأجهزة الإلكترونية. على سبيل المثال، تقدر دراسة أجراها الاتحاد الدولي للاتصالات أن قطاع تكنولوجيا المعلومات والاتصالات يمثل حوالي 4% من الانبعاثات العالمية للغازات الدفيئة(Belhassen, 2019). وبالإضافة إلى استهلاك الطاقة، تسهم عملية تصنيع الأجهزة الإلكترونية

في تلوث المياه والهواء بسبب المواد الكيميائية المستخدمة في التصنيع، مثل المعادن الثقيلة (Li et al., 2020).

2. الأضرار البيئية من المخلفات الإلكترونية. هناك مشكلة بيئية كبيرة ناتجة عن المُخلفات الإلكترونية التي تتزايد بشكل ملحوظ نتيجة للتطور السريع في صناعة التكنولوجيا، وغالبًا ما تحتوي الأجهزة الإلكترونية على مواد سامة مثل الرصاص والكادميوم والزئبق، والتي إذا لم يتم التخلص منها بطريقة مُناسبة، يمكن أن تلوث البيئة وتضر بالصحة العامة، مع تزايد انتشار النفايات الإلكترونية (e-waste) باعتبارها إحدى النتائج غير المرغوب فيها للتطور التكنولوجي، حيث تزداد كمية النفايات الإلكترونية سنويًا بسبب الاستخدام المُتزايد للأجهزة الإلكترونية والرقمية، وهذه النفايات تحتوي على مواد سامة مثل الزئبق والرصاص، التي قد تلوث التربة والمياه وتسبب مشكلات صحية (Zhang et al., 2022) .
3. استنزاف الموارد الطبيعية. تتطلب التكنولوجيات الحديثة، مثل الأجهزة الإلكترونية المتطورة، المعادن الأرضية النادرة، مثل الليثيوم والكوبالت، وهي موارد غير مُتجددة، واستخراج هذه المعادن يمكن أن يؤدي إلى تدمير الموائل الطبيعية وتلوث المياه والهواء، حيث تشير دراسة هاريس وآخرون (2021) إلى أن استخراج المعادن اللازمة لتصنيع الأجهزة الإلكترونية يزيد من تدهور البيئة ويشكل تهديدًا للأنظمة البيئية المحلية (Harris et al., 2021).
4. زيادة انبعاثات الكربون والتلوث الهوائي. تعد الصناعات التي تعتمد على التكنولوجيا الحديثة أحد الأسباب الرئيسية لزيادة انبعاثات الغازات الدفيئة، وعلى الرغم من تقدم تقنيات الطاقة المُتجددة، فإن العديد من الصناعات مثل النقل والطاقة ما تزال تعتمد على الوقود الأحفوري، وتُعتبر السيارات التقليدية، على سبيل المثال، المصدر الرئيس لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون (CO_2) ، مما يُسهم في ظاهرة الاحتباس الحراري وتغير المناخ، ووفقًا لدراسة أجرتها جونسون وآخرون (2022)، فإن انبعاثات الكربون من وسائل النقل التقليدية تزداد بشكل مقلق، رغم الابتكارات التي تم إدخالها في تقنيات السيارات الكهربائية التي يمكن أن تقلل الانبعاثات بشكل كبير (Johnson et a l., 2022).
5. التكنولوجيا والطاقة المُتجددة وتأثيراتها على البيئة. على الرغم من أن التكنولوجيا تساهم في الابتكارات التي تهدف إلى تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري عبر تطوير مصادر طاقة متجددة مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، فإن هذه التقنيات لا تخلو من مخاطر بيئية. على سبيل المثال، يترتب على تصنيع الألواح الشمسية وتوربينات الرياح استخدام موارد خام قد تضر بالبيئة وتزيد من التلوث (Krause et al., 2018)، علاوة على ذلك، فإن عملية نقل وتخزين الطاقة المتجددة قد تؤدي إلى حدوث مشاكل بيئية في حال عدم اتباع تقنيات صديقة للبيئة.
6. تأثيرات الذكاء الاصطناعي على البيئة. تُعد تطبيقات الذكاء الاصطناعي من المجالات التي شهدت تطورًا سريعًا في السنوات الأخيرة، لكن هذه التطبيقات قد تُشكل تهديدات بيئية أيضًا. فالتدريب على نماذج الذكاء الاصطناعي يتطلب استهلاكًا هائلًا للطاقة، خاصةً عند استخدام الحوسبة السحابية، وفقًا لدراسة أجراها

باحثون في جامعة ماساتشوستس، ويمكن لتدريب نموذج واحد للذكاء الاصطناعي أن ينتج عنه انبعاثات كربونية مماثلة لتلك الناتجة عن قيادة سيارة على مدار عدة سنوات (Strubell et al., 2019).

7. التلوث الناتج عن صناعة الأجهزة الإلكترونية: إن صناعة الأجهزة الإلكترونية، مثل الهواتف الذكية وأجهزة الكمبيوتر، لا تقتصر فقط على تأثيراتها البيئية أثناء التصنيع، بل تمتد أيضًا إلى دورة الحياة الكاملة للمنتجات، فمنذ استخراج المواد الخام مثل النحاس والذهب والليثيوم، مرورًا بعمليات التصنيع، وصولاً إلى التخلص من الأجهزة التالفة، تتسبب الصناعة الإلكترونية في تلوث كبير، حيث تشكل المعادن الثقيلة مثل الزئبق والكادميوم تهديدًا مباشرًا للبيئة والبشر إذا تم تسريبها إلى التربة والمياه (Miller et al., 2021) .

على الرغم من الفوائد العديدة التي تُقدمها التكنولوجيا في مُختلف المجالات، فإن آثارها السلبية على البيئة لا يمكن إغفالها، من خلال فهم المخاطر البيئية للتكنولوجيا واتخاذ تدابير لتقليل هذه المخاطر حتى يمكننا الحفاظ على الأمن الإنساني وضمان استدامة كوكب الأرض للأجيال القادمة، من خلال وضع سياسات فعّالة لإدارة المخاطر البيئية المُترتبة على التطور التكنولوجي.

المحور الثالث: التطور التكنولوجي وإدارة المخاطر البيئية

يُشكِل التطور التكنولوجي أحد العوامل الرئيسية في صياغة السياسات البيئية للدول التي تعمل على مواجهة المخاطر البيئية، خاصة مع تزايد الضغط البيئي الناتج عن الأنشطة البشرية، وأصبحت التكنولوجيا أداة لا غنى عنها لتحقيق الاستدامة البيئية وتقليل التأثير السلبي على النظام البيئي، ولهذا يُمكِن الاعتماد على التكنولوجيا وتقنياتها الحديثة في تلاشي أو تقليل المخاطر البيئية المُتراكمة منذ بداية النشاط البشري المسيء للبيئة ومواردها.

فمع استمرار التقدم التكنولوجي، من المتوقع أن تظهر حلول جديدة لمواجهة المخاطر البيئية، فتقنيات جديدة مثل الذكاء الاصطناعي Artificial Intelligence (AI)والتعلم الآلي (Machine Learning) وتحليل البيانات الضخمة قد تلعب دورًا رئيسيًّا في تحسين عمليات اتخاذ القرارات في مجال إدارة المخاطر البيئية، من خلال التنبؤ بالأحداث البيئية المُدمرة واتخاذ إجراءات استباقية، بالإضافة إلى ذلك، فإن تقنيات النانو والمواد المستدامة قد تفتح آفاقًا جديدة لتحسين الأداء البيئي في الصناعات المُختلفة.

ولهذا يُظهِر التقدم التكنولوجي إمكانيات كبيرة في مجال إدارة المخاطر البيئية، حيث توفر التقنيات الحديثة أدوات مبتكرة لرصد المخاطر البيئية، وإدارة الموارد الطبيعية، والحد من آثار التلوث، ومع ذلك، فإن التحديات المُرتبطة بالتلوث التكنولوجي، والإفراط في الاعتماد على الحلول التكنولوجية، والتحديات الأخلاقية والتنظيمية عوامل تتطلب اهتمامًا جادًا لضمان استخدام التكنولوجيا بشكل مستدام. لذلك، من الضروري أن تستمر البحوث في إيجاد توازن بين الفوائد والتحديات المُرتبطة باستخدام التكنولوجيا في إدارة المخاطر البيئية.

أهمية استخدام التقنيات الحديثة في إدارة المخاطر البيئية

تُعد التكنولوجيا سلاحا ذا حدين، أحدهما يعمل على التصنيع والتطوير واستغلال الموارد بشكل سيئ؛ مما يضر بالبيئة وصحة الإنسان ويهدد بندرة الموارد، وهذا ما يتنافى مع التنمية المستدامة التي تعمل على تحقيق التنمية باستغلال أمثل للموارد لضمان استمرارية الاستفادة من هذه الموارد، والآخر يعمل على تخفيف العبء على الموارد الطبيعة واستغلالها بأفضل استغلال ممكن ولكن ذلك يتطلب الرشادة اللازمة للتعامل مع التكنولوجيا وتوجيهها لأفضل استخدام ممكن من أجل إدارة الموارد الطبيعية بشكل فعّال، ولذلك تم إدراج البعد التقني كأحد الأبعاد الرئيسية للتنمية المستدامة، بالإضافة إلى البعد الاقتصادي والاجتماعي والبيئي، ومع الإقرار بأهمية التكنولوجيا وإمكانية استغلالها في إدارة المخاطر البيئية، كيف يمكن الاستفادة من التقنيات الحديثة في تقليل الانبعاثات الضارة والحفاظ على البيئة والموارد الطبيعية وتقليل المخاطر الناجمة عن التغيرات البيئية وغيرها؟

هناك الكثير من الحلول والبرامج التنموية الحديثة التي اعتمدت على التكنولوجيا لتقليل المخاطر البيئية، ومن هذه الحلول (UNDP, 2020) :

1. التكنولوجيا الخضراء: وذلك من خلال دعم البحث والتطوير في مجال التكنولوجيا الخضراء التي تهدف إلى تقليل استهلاك الطاقة وتقليل التلوث، والتي لها دور كبير في الحفاظ على البيئة وتقليل آثار التغير المناخي.
2. إعادة التدوير: وذلك من خلال تعزيز استخدام تقنيات إعادة تدوير الأجهزة الإلكترونية بطرق آمنة لتقليل النفايات الإلكترونية الضارة التي تُهدد صحة الإنسان والتلوث البيئي.
3. تحسين كفاءة الطاقة: وذلك من خلال تطوير تقنيات لتحسين كفاءة الطاقة في مراكز البيانات والأجهزة الإلكترونية لتقليل استهلاك الطاقة والبحث عن مصادر مُتجددة للطاقة وتوليدها باستخدام التقنيات الحديثة.
4. الوعي العام والتشريعي: زيادة الوعي بين الأفراد والشركات حول أهمية الحد من التأثيرات البيئية، بالإضافة إلى تطبيق قوانين وتشريعات صارمة لتنظيم صناعة التكنولوجيا والحد من الصناعات المُضرة للبيئة مع عمل حوافز اقتصادية مثل خفض الضرائب.

ولذا، تلعب التقنيات الحديثة دورً مهما في صنع السياسات البيئية التي تتعامل مع المشاكل الخاصة بالبيئة واستغلال التكنولوجيا الحديثة المُتطورة للحد من الآثار السلبية للتغيرات البيئية الناتجة عن التصنيع المُتزايد وغيرها، ولذلك تعمل التقنيات الحديثة على (IPCC, 2021) :

1. الإدارة الفعّالة للموارد الطبيعية: تعمل التقنيات الحديثة على إدارة الموارد الطبيعية بشكل فعّال، حيث تتيح التقنيات الحديثة مثل إنترنت الأشياء Internet of Things (IoT) والذكاء الاصطناعي فرصا مهمة في مراقبة وإدارة الموارد المائية والطبيعية بكفاءة، مثل هولندا، تستخدم تقنيات الذكاء الاصطناعي لإدارة أنظمة المياه وتقليل مخاطر الفيضانات.

2. تعزيز الطاقة المُتجددة: توفر التقنيات الحديثة القدرة على إنتاج الطاقة المُتجددة، حيث تعمل على تطوير الابتكارات في مجال الطاقة الشمسية والرياح التي ساعدت على تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري، وتقليل نسبة الكربون والانبعاثات الضارة الناتجة عن الوقود الأحفوري، سواء بسبب التنقيب عنه أو استخدامه، مثل ألمانيا التي تعد رائدة في مجال الطاقة المُتجددة بفضل استثماراتها الكبيرة في تقنيات الطاقة الشمسية.
3. مكافحة التلوث وإدارته: حيث توفر التكنولوجيا الكثير من أنظمة الأمان اللازمة لمكافحة التلوث ورصد التلوث والعمل على مُعاقبة المُتسبب في التلوث وتغريمه، وذلك من خلال تقنيات الاستشعار عن بُعد، حيث تُساعد الدول على رصد مستويات التلوث الهوائي والمائي، مثل الصين التي تستخدم تكنولوجيا الطائرات بدون طيار لرصد التلوث الصناعي وتنفيذ سياسات صارمة ضد الشركات المُخالفة.

ومن ثَّم تُساعد التكنولوجيا في إدارة المخاطر البيئية على تحسين الأوضاع البيئية بشكل كبير، حيث تعمل على إعادة هيكلة الجوانب البيئية بالأساليب التكنولوجية، إذ تؤثر الأساليب التكنولوجية على السياسات البيئية من خلال (UNEP, 2022):

1. التغير في نماذج الحوكمة البيئية. حيث تعزز التكنولوجيا شفافية البيانات واتخاذ القرارات المُستنيرة للتعامل مع القضايا البيئية، مثل الاتحاد الأوروبي الذي يعتمد على نظم المعلومات البيئية لرصد انبعاثات الكربون وتحقيق أهداف خفض الانبعاثات للحفاظ على البيئة.
2. تزايد الاعتماد على البيانات الضخمة. توفر الأساليب التكنولوجية القدرة على الاعتماد على تحليل البيانات الضخمة لدعم فهم الأنماط البيئية وتُمكِّن من التنبؤ بالكوارث البيئية، مثل الولايات المتحدة التي تعتمد على تقنيات البيانات الكبيرة لتطوير سياسات مكافحة حرائق الغابات.
3. التوجه نحو الاقتصاد الدائري. تُمكِّن التطورات التكنولوجية من إعادة التدوير وتحويل النفايات إلى طاقة بالأساليب العلمية التكنولوجية، وذلك للتخلص الآمن من هذه النفايات الضارة بالبيئة بل والعمل على تحويلها إلى طاقة يمكن استغلالها أو موارد يمكن إعادة إنتاجها من جديد، مثل السويد، والتي تحقق نجاحًا ملحوظًا في تحويل 99% من نفاياتها إلى طاقة باستخدام تقنيات مُتقدمة (Zang et al., 2022).

تأسيساً على ما سبق، فإن التوسع في الاستخدام التكنولوجي –في إدارة المخاطر البيئة وتفعيل سياسات بيئية فعّالة لمُكافحة الآثار السلبية للمخاطر البيئة– يَلقى اهتماما كبيرا في جدية تعامل هذه التقنيات مع المخاطر البيئية، ولذلك تعمل التقنيات الحديثة المُستخدمة في المجال البيئي على:

- تقليل الأثر البيئي. السياسات المُعتمدة على التكنولوجيا قللت من انبعاثات الغازات الدفيئة وساهمت في تحسين جودة الهواء، مثل الدنمارك، التي تتطلع إلى أن تصبح خالية من الكربون بحلول عام 2050 باستخدام تقنيات الطاقة النظيفة.

- تعزيز الاستدامة الاقتصادية. الاستثمارات في التقنيات البيئية تعود بفوائد اقتصادية طويلة المدى، مثل الهند، التي شهدت نموًا كبيرًا في قطاع الطاقة الشمسية بفضل السياسات الداعمة للتكنولوجيا.
- التعاون الدولي. التكنولوجيا أصبحت عنصرًا أساسيًّا في الاتفاقيات الدولية مثل اتفاقية باريس للمناخ، حيث تتطلب الدول الالتزام بتقنيات خفض الانبعاثات (World Economic Forum, 2021).

دور التقنيات الحديثة في الحفاظ على البيئة

لا يخفى أن ما آلت إليه الأوضاع البيئية العالمية من قضايا وأزمات مُتلاحقة من التدهور البيئي وشح الموارد الطبيعية وإزالة الغابات والاحتباس الحراري وندرة المياه وسوء استغلال الطاقة وتهديد التنوع البيولوجي وغيرها عمل على تعقيد الأزمات العالمية (موسى، 2013). ولذلك بدأت مراكز الفكر ودوائر صنع السياسات في العالم –وأوروبا على وجه التحديد– تستخدم عدة مصطلحات لوصف الوضع العالمي المتأزم، ومنها مصطلح أزمات مركبة polycrisis، ومصطلح الأزمة الدائمة Permacrisis، والتي تشير جميعها إلى الوقوع المتزامن لعدد من الأزمات التي تتداخل مع بعضها على نحو يولد عددًا من المخاطر العالمية التي يتخطى تأثيرها قطاعا بعينه، حيث يكون في هذه الحالة وضع الأزمة قابلا للإدارة وليس الحل، مما يعني استمراريتها ولكن هنا الإدارة للتكيف والتخفيف من مخاطرها (رجب، 2023).

وما تحتله الأزمات البيئية في الوقت الحالي من مخاطر شديدة التعقيد ومستمرة لفترات زمنية طويلة يزيد من تداعياتها السياسية والاقتصادية والاجتماعية وغيرها، خاصة أن هذه الأزمات في عالم شديد التغيير؛ مما يزيد صعوبة التعامل مع هذه الأزمات وكذلك يزيد من حدة تأثيراتها المُختلفة وتشابكها مع أزمات أخرى؛ مما يجعلها أزمات مُعقدة وحادة ومتعددة ومستمرة، وتشير الكثير من الدراسات إلى أن من أكثر الأزمات المُربِكة للنظام السياسي للدولة والمجتمع الدولي سبع أزمات أساسية، من بينها التغير البيئي (محيي الدين، 2023).

وبسبب الوضع المُعقد للأزمات البيئية للنظام السياسي الدولي وجب الاعتماد على التكنولوجيا لإدارة المخاطر البيئية والعمل على تقليل آثارها السلبية وفقا للكثير من المُعطيات والتجارب الناجحة في التعامل مع القضايا البيئية مثل السيارات الذكية والزراعة الذكية وغيرها التي تعمل على الحفاظ على البيئة وترشيد استخدام الموارد الطبيعية الخاصة بها.

خاصة أن بعض الدراسات تؤكد على أن التكنولوجيا تُساعد على خفض معدلات الانبعاثات الكربونية للصناعات التقليدية في القطاعات الرئيسية المسؤولة عن هذه الانبعاثات، وهي قطاعات الطاقة واستخراج المواد الخام النقل، حيث تُسهم هذه القطاعات بنسب 34% و21% و19% على الترتيب من إجمالي الانبعاثات على حسب تقديرات عام 2020. ولهذا تشير التقديرات إلى أن استخدام التكنولوجيا يمكن أن يخفض الانبعاثات في قطاع الطاقة إلى 8% من إجمالي الانبعاثات الكربونية بحلول عام 2050. وذلك اعتمادا على مصادر الطاقة

النظيفة باستخدام الذكاء الاصطناعي، خاصة مع انتشار تكنولوجيا الجيل الخامس 5G، وخفض الانبعاثات من قطاع استخراج المواد بنسبة 7% وفي قطاع النقل بنسبة 5% بحلول عام 2050 (خليف، 2024).

وبناء على ما سبق، تُتيح التكنولوجيا الكثير من الحلول لمواجهة التحديات البيئية، وذلك من خلال التكنولوجيا الخضراء عبر تطبيقات تقنية مُصممة لتلبية معايير الاستدامة البيئية والحفاظ على البيئة، وتتيح أيضا الإدارة البيئية الذكية عبر دمج تكنولوجيا المعلومات في مراقبة وإدارة الموارد البيئية بكفاءة وفعالية لضمان استدامتها وكذلك نشر الوعي البيئي عبر استخدام المنصات الرقمية لتعزيز الوعي بتأثيرات التغير المناخي وإطلاق مبادرات للحد من المُلوثات، والعمل على إيجاد حلول مُبتكرة من خلال الاستفادة من التطورات في مجالات مثل إنترنت الأشياء والذكاء الاصطناعي لتقديم حلول عملية تُقلل من التأثيرات البيئية الضارة، ولذلك انتشر مصطلح "آليات مواجهة المخاطر البيئية" (الأمير، 2023).

لذا، تلعب التكنولوجيا الحديثة دورا كبيرا في تعزيز الاستدامة البيئية ومواجهة التغير المناخي، ومن أهم الإسهامات التقنية التي تُمكِّن التكنولوجيا من حماية البيئة والحفاظ على مواردها وتقليل أو إدارة المخاطر الناجمة عن التغيرات البيئية خلال الفترات الزمنية المُختلفة، وتشمل هذه الإسهامات:

- الذكاء الاصطناعي (AI). الذي يعمل على تحسين الحوكمة البيئية وتقليل المخاطر البيئية، وإدارة جودة المياه والهواء باستخدام تقنيات التعلم العميق وتحليل البيانات الضخمة، ودعم اتخاذ القرار من خلال معلومات دقيقة.
- الحوسبة السحابية ومراكز البيانات. من خلال اعتماد أنظمة ذات كفاءة عالية في استخدام الطاقة.
- التحول الرقمي الحكومي. وذلك يقلل الاعتماد على الورق، مما يقلل الأثر البيئي، مع تعزيز مشاركة المعلومات عبر الشبكات الاجتماعية لدعم الوعي البيئي والمبادرات الخاصة بالاستدامة.
- تصحيح التصورات البيئية: عبر مواجهة انتشار المعلومات المُضللة حول التغير المناخي، وتعزيز دور المجتمع المدني وأصحاب المصلحة في التصدي للتحديات البيئية (Dwivedi et al., 2022).

وكان من أهم التطبيقات التكنولوجية للحفاظ على البيئة في مجال الزراعة كمثال للتكيف مع التغيرات المناخية الزراعة الذكية، حيث تُعّد الزراعة الذكية من أهم تطبيقات التكنولوجيا في مواجهة التغير المناخي، حيث تتيح التحول من النظم التقليدية إلى نظم حديثة تعتمد على التقنيات المتطورة لتلبية الاحتياجات الغذائية المتزايدة، والتي تعتمد بشكل أساسي على بعض التقنيات الحديثة مثل: الذكاء الاصطناعي، والروبوتات الزراعية، وإنترنت الأشياء، حيث تعمل هذه التقنيات على توظيف حلول مُتقدمة للتكيف مع ظروف المناخ، وتحقيق كفاءة عالية في الإنتاج مع تقليل الأثر البيئي، ولذلك أثبتت هذه الجهود أن التكنولوجيا يمكن أن تلعب دورًا حاسمًا في تحقيق التنمية المُستدامة، عبر تقليل الآثار السلبية وتعزيز القدرة على مواجهة التحديات البيئية والمناخية (Minpenget al., 2020).

وبهذا الارتباط ما بين التكنولوجيا والنمو الاقتصادي تتحقق الكثير من المكاسب الاقتصادية والاجتماعية التي تعود بالنفع المباشر على الدولة والمجتمع في تحسين الأحوال الاقتصادية والاجتماعية والاهتمام بالتعليم ومواكبة كافة التغيرات الموجودة في البيئة المحيطة، ومن مظاهر هذه المكاسب:

- تحول الاقتصاد الصناعي. بإحداث نقلة نوعية من الاقتصاد الصناعي التقليدي إلى الاقتصاد الأخضر، الذي لا يضر بالبيئة.
- تحسين البنية التحتية. عبر تطوير البنية التحتية المحلية بما يواكب المُتطلبات البيئية الحديثة.
- تعزيز الطاقة المُتجددة. من خلال دعم استخدام مصادر الطاقة المُتجددة، مما يسهم في تحقيق نمو اقتصادي مستدام.
- كفاءة قطاع النقل. وذلك من خلال تحسين استخدام الطاقة في النقل، مما يحقق مكاسب اقتصادية ويقلل الانبعاثات.
- الحد من التغير المناخي. عن طريق تقليل انبعاثات الكربون والتخفيف من آثار التغير المناخي.
- تحسين الصحة العامة. بتقليل الآثار البيئية الضارة على صحة الإنسان.
- توفير فرص العمل. عبر خلق وظائف جديدة، مما يساهم في مواجهة البطالة ودعم المجتمعات المحرومة.
- تقليل الهدر: من خلال تحسين إدارة الموارد والحد من الفاقد، مما يعزز العدالة الاجتماعية والبيئية (زهران، 2024).

ولذا تُعد التكنولوجيا الخضراء أداة محورية لدعم التنمية المُستدامة وتحقيق توازن بين مُتطلبات الاقتصاد وحماية البيئة، من خلال تعزيز الابتكار، وتحسين كفاءة الطاقة، وتقليل التأثيرات البيئية السلبية، حيث تُقدم التكنولوجيا الخضراء حلولًا عملية للتحديات العالمية المُتعلقة بالطاقة والتغير المناخي.

ومن الأنظمة التكنولوجية الحديثة التي يتم الاعتماد عليها للحفاظ على البيئة نظام الإنذار المُبكر، حيث يُعتبر نظام الإنذار المبكر أداة حيوية تهدف إلى الوقاية ومنع الأزمات قبل حدوثها من خلال اتخاذ تدابير استباقية، ولذلك أصبح يُستخدم للتنبؤ بالكوارث الطبيعية، مثل الجفاف ونقص الغذاء، وكذلك في مجالات منع النزاعات، وقد زادت أهمية هذا النظام مع التقدم التكنولوجي، حيث أصبح مُرتبطًا بالذكاء الاصطناعي وبرمجيات مُتطورة، حيث تُعرّف الأمم المتحدة نظام الإنذار المبكر على أنه «توفير معلومات دقيقة وفعالة من خلال مؤسسات معينة، مما يتيح للأشخاص المُعرضين للخطر اتخاذ تدابير للوقاية أو الحد من آثار المخاطر، بالإضافة إلى الاستعداد للاستجابة الفعالة». وبناءً على هذا التعريف، فإن الهدف الأساسي من الإنذار المبكر هو توفير أداة للتأهب والوقاية من الكوارث وحالات الطوارئ والعمل على تقليل آثارها، أما من الناحية التقنية، فيُعرف الإنذار المبكر بأنه «نظام يركز على جمع البيانات بشكل منهجي، وتحليلها، وصياغة التوصيات، مع إجراء تقييم للمخاطر»، ويشمل ذلك إدخال الذكاء الاصطناعي في هذا النظام لتعزيز كفاءته (سالم، 2023).

الخاتمة والتوصيات

شكلت التغيرات البيئية المحيطة الكثير من التهديدات الخاصة بالإنسان، رغم أنها نتاج السلوك البشري غير الرشيد في استغلال التطور التكنولوجي في كل مراحل التطور البشري، بدءا من الثورة الصناعية إلى الوقت الحاضر، إلا أن ذلك ناتج عن السلوك غير الرشيد للإنسان؛ وذلك طمعا منه في تحقيق الرفاهية والمعيشة الكريمة، لذا سعى إلى استغلال نواتج التقدم بشكل يعمل على رفاهيته دون أن يبالي لنتائج هذا السلوك؛ مما أدى إلى تراكم الانبعاثات الضارة والمخلفات في المراحل الزمنية المُختلفة للتطور التي لم يعطِ الإنسان لها أي اهتمام إلى أن أصبحت كارثة على المجتمع البشري وتتولد عنها الكثير من الأزمات التي توصف بأنها أزمات ممتدة ومُعقدة ومُتشابكة، والتي تقع آثارها المُدمرة ليس فقط في قطاع معين وإنما في مُختلف قطاعات الحياة، فحدث التغير المناخي وتلوث الهواء والمياه والانبعاثات الضارة وتهديد الموارد الطبيعية بالنضوب وتجريف التربة وقلة المياه وغيرها من التغيرات البيئية التي ترتب عليها العديد من الأزمات والقضايا المُلحة في المجتمع مثل الصراعات الداخلية والخارجية بسبب قلة الموارد وتهديد الأمن الإنساني في الغذاء والصحة والاستقرار بفعل العديد من القضايا البيئية مثل التصحر والجفاف والفيضانات والزلازل والبراكين والأعاصير والاحتباس الحراري، ورغم ذلك كله إلا أنه ما زالت هناك قدرة على الاعتماد على التقنيات الحديثة لإدارة المخاطر البيئية والعمل على تقليل آثارها السلبية، سواء كانت البشرية أو الاقتصادية، وذلك من خلال استغلال التقنيات الحديثة مثل الاستشعار عن بُعد وتحليل البيانات الضخمة والذكاء الاصطناعي وتقنيات الإنذار المُبكر في التكيف والتعامل مع المخاطر البيئية وتقليل الآثار السلبية الخاصة بها، وذلك بعمل تشريعات قانونية محلية ودولية لاستغلال التقدم التكنولوجي والتعاون الدولي في ذلك القطاع ما بين الدول لتقليل المخاطر البيئة وإدارتها بالشكل الذي يؤدي إلى تخفيف حجم المخاطر المترتبة على القضايا البيئية.

وبناء على ذلك، توصي الدراسة بمجموعة من التوصيات على النحو التالي:

- ضرورة استغلال التقدم التكنولوجي في كافة القطاعات بالشكل الذي يخدم البيئة لدعم أنشطة الطاقة النظيفة والاقتصاد الأخضر وتقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري الذي تصدر منه أغلب الغازات الضارة بالبيئة.
- تحديث التقنيات الخاصة بالسيارات الذكية والزراعة التكنولوجية لتقليل الأنشطة السلبية المُضرة بالبيئة.
- التعاون الدولي في مجال نشر التقنيات الحديثة الخاصة بالبيئة والعمل على نقلها من الدول المُتقدمة إلى دول العالم النامي لتجنب الكثير من الآثار السلبية المُضرة بالبيئة.
- الاهتمام بالمُخلفات التكنولوجية المُضرة بالبيئة وصحة الإنسان والعمل على إعادة تدويرها حتى تصبح صالحة للاستخدام مرة أخرى دون أن يترتب عليها أي ضرر بيئي، وذلك يتطلب الاهتمام بالاقتصاد الدائري الذي يركز على اقتصاد عديم النفايات خاصة النفايات الضارة.
- نشر الوعي الثقافي المحلي والعالمي بأهمية الحفاظ على البيئة ضمانا للأمن والاستقرار ونشر المخاطر البيئية المُترتبة على عدم ترشيد السلوك الإنساني في التعامل مع البيئة.

- أهمية التعاون الدولي بوضع مجموعة قواعد دولية آمرة في مجال الحفاظ على البيئة وإدراج مُهددات الأمن البيئي في الاستراتيجية الأمنية العالمية كمُهدد للأمن والسلم الدوليين، بما يتطلب تدخلا دوليا في حال عدم الالتزام بهذه القواعد الدولية.
- أهمية قيام الدول بوضع التشريعات اللازمة لحماية البيئة وضبط السلوك البشري ضمن أهداف التنمية المُستدامة وعمل مُحفزات اقتصادية للأنشطة الصديقة للبيئة، مثل خفض الضرائب وتسهيل إجراءات الترخيص وغيرها.

الدراسات المستقبلية

من المتوقع أن يُحدث التطور التكنولوجي، خلال السنوات القادمة، تحوّلًا جذريًا في أساليب إدارة المخاطر البيئية، من خلال الانتقال من نماذج الاستجابة المتأخرة إلى استراتيجيات استباقية قائمة على البيانات والذكاء الاصطناعي. وستلعب تقنيات مثل إنترنت الأشياء (IoT)، والحوسبة السحابية، والذكاء الاصطناعي (AI)، ونظم المعلومات الجغرافية (GIS) دورًا محوريًا في رصد المتغيرات البيئية في الوقت الفعلي، وتحليل الأنماط البيئية المعقدة، والتنبؤ بالكوارث الطبيعية قبل وقوعها.

وفي المقابل، ستتطور سياسات إدارة المخاطر لتصبح أكثر تكاملًا وشمولًا، مدعومة بأنظمة تشريعية مرنة تسمح بتوظيف هذه التقنيات ضمن خطط الاستجابة السريعة، والتخطيط الحضري، والإدارة المستدامة للموارد. ومن المرجح أن تتبنى الدول والمنظمات نماذج حوكمة رقمية تتضمن منصات ذكية لمراقبة الأداء البيئي، ودعم اتخاذ القرار بناءً على مؤشرات فورية وتحليل تنبؤي.

وبينما تتيح التكنولوجيا فرصًا غير مسبوقة لتعزيز القدرة على التكيّف مع التغيرات المناخية وتقليل المخاطر البيئية، فإن التحدي الأكبر سيكمن في ضمان العدالة الرقمية، وحماية الخصوصية، وبناء القدرات المؤسسية والبشرية للاستفادة من هذه الإمكانات بشكل فعّال ومنصف.

المراجع

المراجع العربية

الأمير، نيللي. (2023). المخاطر البيئية في مصر: التهديدات وآليات المواجهة. في: مصر وعصر المخاطر العالمية المتعددة. الملف *المصري*، (104).

Al-Amir, Nelly. (2023). Al-makhater al-biiya fi Misr: al-tahdidat wa aliyat al-muwajaha. Fi: Misr wa asr al-makhater al-alamiya al-mutadadda. Al-Malaf al-Masri, (104).

خليف، محمد. (2024، يوليو 29). *الأثر البيئي للتكنولوجيا: من مراكز البيانات إلى الذكاء الاصطناعي*، موقع المسار. تاريخ الاسترداد 5 يناير 2025. https://shorturl.at/09dkC

Khalif, Muhammad. (2024, Yulyu 29). Al-athar al-bii lil-tiknolojia: min marakiz al-bayanat ila al-dhaka al-istinaai, Mawqi Masaar. Retrieved on January 5, 2025 from: https://shorturl.at/09dkC

رجب، إيمان. (2023). السياسات الأمنية في عالم الأزمات المركبة. في: مصر وعصر المخاطر العالمية المتعددة. *الملف المصري*، (104).

Rajab, Iman. (2023). Al-siyasat al-amniya fi alam al-azamat al-murakkaba. Fi: Misr wa asr al-makhater al-alamiya al-mutadadda. Al-Malaf al-Masri, (104).

زهران، محمد. (2024، أكتوبر 11). *تأثير التكنولوجيا على البيئة، القاهرة*، مجلة الشروق. تاريخ الاسترداد 5 يناير 2025 https://www.shorouknews.com/columns/view.aspx?cdate=11102024&id=c87f0fa9-662f-42cb-abfd-946d4fba286a

Zahran, Muhammad. (2024, Uktubar 11). Tathir al-tiknolojia ala al-biiya, Al-Qahira, Majallat al-Shuruq. Retrieved on January 5, 2025 from: https://www.shorouknews.com/columns/view.aspx?cdate=11102024&id=c87f0fa9-662f-42cb-abfd-946d4fba286a

سالم، مروة. (2023). الإنذار المبكر وتوقع الأزمات والكوارث: آليات التطوير ومنهجية العمل. في: مصر وعصر المخاطر العالمية المتعددة. *الملف المصري*، (104).

Salim, Marwa. (2023). Al-indhar al-mubakkir wa tawaqqu al-azamat wa al-kawarith: aliyat al-tatwir wa manhajiyat al-amal. Fi: Misr wa asr al-makhater al-alamiya al-mutadadda. Al-Malaf al-Masri, (104).

عبد الجواد، جمال. (2023). بولي كرايسيس.. العالم في مواجهة مخاطر مركبة. في: مصر وعصر المخاطر العالمية المتعددة. *الملف المصري*، (104).

Abd al-Jawad, Jamal. (2023). Polycrisis… al-alam fi muwajahat makhater murakkaba. Fi: Misr wa asr al-makhater al-alamiya al-mutadadda. Al-Malaf al-Masri, (104).

عبد الصادق، عادل. (2022). COP27 وسبل تعزيز دور التكنولوجيا في مواجهة التغير المناخي، مركز الأهرام للدراسات السياسية والاستراتيجية: الملف المصري، (99). متاح على الرابط: https://acpss.ahram.org.eg/Esdarat/MalafMasry/99/files/downloads/Mallf-99-November-2022-Final.pdf

Abd al-Sadiq, Adel. (2022). COP27 wa subul taaziz dawri al-tiknolojia fi muwajahat al-taghyur al-munaakhi, Markaz al-Ahram lil-dirasat al-siyasiyya wa al-istratijiyya: Al-Malaf al-Masri, (99). Retrieved from: https://acpss.ahram.org.eg/Esdarat/MalafMasry/99/files/downloads/Mallf-99-November-2022-Final.pdf

محي الدين، محمود. (2023). مواجهة الأزمات في عالم شديد التغير. في: مصر وعصر المخاطر العالمية المتعددة. *الملف المصري*، (104).

Muhi al-Din, Mahmoud. (2023). Muwajahat al-azamat fi alam shadid al-taghyur. Fi: Misr wa asr al-makhater al-alamiya al-mutadadda. Al-Malaf al-Masri, (104).

موسى، غادة. (2023). آليات التكيف والاستعداد لمواجهة المخاطر العالمية المتعددة.. مصر نموذجا. في: مصر وعصر المخاطر العالمية المتعددة. *الملف المصري*، (104).

Musa, Ghada. (2023). Aliyat al-takayyuf wa al-isti'dad limuwajahat al-makhater al-alamiya al-mutadadda… Misr namudhajan. Fi: Misr wa asr al-makhater al-alamiya al-mutadadda. Al-Malaf al-Masri, (104).

همام، أحمد. (2022). *مقرر قضايا معاصرة*. مجموعة محاضرات لطلاب المستوى الأول لبرنامج نظم معلومات السياسات العامة. كلية التجارة – جامعة أسيوط.

Hammam, Ahmad. (2022). Maqarr qadayaa muasira. Majmuat muhadarat li-tullab al-mustawa al-awwal li-barnamaj nuzum malumat al-siyasat al-amma. Kuliyyat al-Tijara – Jamiat Assiut

المراجع الأجنبية

Belhassen, Y. (2019). ICT and its environmental impact. *Journal of Environmental Technology, 45*(7), 1024–1035. https://doi.org/10.1016/j.jenvtech.2019.04.032

Booth, K. (2007). *Theory of world security*. Cambridge University Press.

Buzan, B., Waever, O., & de Wilde, J. (1998). *Security: A new framework for analysis*. Lynne Rienner Publishers.

Chen, M., Zhang, L., Teng, F., Dai, J., Li, Z., Wang, Z., & Li, Y. (2020). Climate technology transfer in BRI era: Needs, priorities, and barriers from receivers' perspective. *Ecosystem Health and Sustainability, 6*(1), 1780948.

Clarke, R. A., & Knake, R. K. (2019). *The fifth domain: Defending our country, our companies, and ourselves in the age of cyber threats*. Penguin Press.

Dwivedi, Y., Hughes, L., Kar, A., Baabdullah, A., Grover, P., Abbas, R., Andreini, D., Abumoghli, I., Barlette, Y., Bunker, D., Kruse, L., Constantiou, I., Davison, R., De', R., Dubey, R., Fenby-Taylor, H., Gupta, B., He, W., Kodama, M., Mäntymäki, M., Metri, B., Michael, K., Olaisen, J., Panteli, N., Pekkola, S., Nishant, R., Raman, R., Rana, N., Rowe, F., Sarker, S., Scholtz, B., Sein, M., Shah, J., Teo, T., Tiwari, M., Vendelø, M., &Wade, M. (2022). Climate change and COP26: Are digital technologies and information management part of the problem or the solution? An editorial reflection and call to action. *International Journal of Information Management*. https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2021.102456.

German Federal Ministry for Economic Affairs and Energy. (2020). *Energiewende: Progress and challenges*.

Giddens, A. (2009). *The politics of climate change*. Polity Press.

Harris, A., Clark, L., & Johnson, P. (2021). Resource depletion and the environmental cost of technological growth. *Global Environmental Change, 35*(1), 75–89.

Maskus, K., Hoekman, B., Saggi, K. (2004). Transfer of technology to developing countries: Unilateral and multilateral policy options. *World Bank Policy Research Working Paper, 3332*. https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/14181

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). *Climate change and technological innovations*. IPCC Publishing.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). *Climate change and environmental policies*. IPCC Publishing.

Johnson, M., Davis, P., & Lee, T. (2022). The impact of electric vehicles on carbon emissions. *Transportation Research Journal, 45*(2).

Krause, T., Hofmann, W., & Tsang, E. (2018). Environmental implications of renewable energy technologies. *Energy Policy.* https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.08.021

Li, S., Yang, Z., & Zhang, Y. (2020). Environmental impacts of electronic waste recycling. *Environmental Science and Pollution Research, 27*(24). https://doi.org/10.1007/s11356-020-09144-3

Miller, J., Deitz, T., & Wang, Z. (2021). The environmental consequences of electronic waste: A global perspective. *Science of The Total Environment, 781*, 146295. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146295

Paltiel, A. D., & Douglas, S. G. (2019). Public health and global health security. *Journal of Global Health*.

Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of innovations* (5th ed.). Free Press.

Schwab, K. (2016). *The fourth industrial revolution*. World Economic Forum.

Strubell, E., Ganesh, A., & McCallum, A. (2019). Energy and policy considerations for deep learning in NLP. In *Proceedings of the 57th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics* (pp. 3645–3650). https://doi.org/10.18653/v1/P19-1341

UNEP. (2019). *State of the global environment report*. United Nations Environment Programme.

UNDP. (2020). *Technology and sustainable development goals*. United Nations Development Programme.

UNEP. (2020). *History of environmental policies*. United Nations Environment Programme.

UNCTAD. (2021). *Technology and innovation report*. United Nations Conference on Trade and Development.

UNEP. (2022). *Sustainable waste management practices in Sweden*. United Nations Environment Programme.

Williams, P. D. (Ed.). (2012). *Security studies: An introduction*. Routledge.

World Bank. (2020). *Environmental challenges in developing nations*. World Bank Publishing.

World Economic Forum. (2020). *Global technology trends*. World Economic Forum Publishing.

World Economic Forum. (2021). *Big data and climate policy*. World Economic Forum Publishing.

Zhang, S., Liu, J., & Zhang, Y. (2022). The impact of e-waste on environmental health. *Environmental Health Perspectives, 130*(3), 35004–35012. https://doi.org/10.1289/EHP8304

Zuboff, S. (2019). *The age of surveillance capitalism: The fight for a human future at the new frontier of power*. PublicAffairs.

International Journal of Public Policy in Egypt - Volume 4 - Issue (3) - july 2025
ISSN: Print: 2812 - 4758 , Online: 2812 - 4766
Published by IDSC

Technological Development and Environmental Risk Management Policies: A Study on Influences and Outcomes

Abstract

Technological advancements have significantly impacted the environment, largely owing to the exploitation of industrial progress since the first industrial revolution and subsequent developments focused on manufacturing and the improper use of environmental resources. This has led to the depletion of natural resources, air and water pollution, the spread of diseases and epidemics, and other environmental impacts resulting from harmful emissions from manufacturing, which have contributed to climate change, soil pollution, and threats to food and health security. However, an alternative perspective suggests that technological advancements can play a crucial role in improving the environmental conditions. Innovations include smart agriculture, clean renewable energy, reliance on a green economy, and reducing harmful emissions. In addition, modern technologies can be used in environmental risk management through tools such as early warning systems, remote sensing, big data analysis, and artificial intelligence. Therefore, this study explored the potential of leveraging technological development to manage environmental risks and develop policies to reduce such risks. This will be based on the theory of rationality and the systems analysis approach to make optimal use of environmental changes in the technological field, thereby formulating effective policies for environmental risk management and working to reduce their negative impacts and adapt to them. The findings of this study underscore the critical importance of adopting safe and clean technologies and utilizing them optimally to mitigate the adverse impacts resulting from the unsustainable exploitation of natural resources. These irresponsible practices have led to numerous environmental crises and natural disasters. Accordingly, this represents a significant scientific domain that warrants further investigation, particularly in leveraging the potential of the Internet of Things (IoT), data storage technologies, artificial intelligence (AI), and remote sensing to prevent and manage natural disasters and related crises.

Keywords: Technological development, policies, risk management, environmental changes, threats, environmental security