

تقرير نواتج المسألة 6/2 لقطاع تنمية الاتصالات تكنولوجيا المعلومات والاتصالات لأغراض البيئة

فترة الدراسة 2025-2022



تقرير نواتج المسألة 6/2 لقطاع تنمية الاتصالات

تكنولوجيا المعلومات والاتصالات لأغراض البيئة

فترة الدراسة 2025-2022



تكنولوجيا المعلومات والاتصالات لأغراض البيئة: تقرير نواتج المسألة 6/2 لقطاع تنمية الاتصالات لفترة الدراسة 2025-2022

ISBN 978-92-61-41146-6 (النسخة الإلكترونية)

ISBN 978-92-61-41156-5 (النسخة EPUB)

© الاتحاد الدولي للاتصالات، 2025

الاتحاد الدولي للاتصالات، Switzerland, CH-1211 Geneva, Place des Nations

بعض الحقوق محفوظة. هذا العمل متاح للجمهور من خلال رخصة المشاع الإبداعي للمنظمات الحكومية الدولية
Creative Commons Attribution-Non-Commercial-Share Alike 3.0 IGO licence
(CC BY-NC-SA 3.0 IGO).

وفقاً لشروط هذا الترخيص، يجوز نسخ وإعادة توزيع وتكييف هذا العمل لأغراض غير تجارية، شريطة الإشارة إلى العمل بشكل مناسب، كما هو مبين أدناه. وفي أي استخدام لهذا العمل، ينبغي ألا يكون هناك أي اقتراح بأن الاتحاد الدولي للاتصالات يؤيد أي منظمة أو منتجات أو خدمات محددة. ولا يجوز استخدام اسم أو شعار الاتحاد الدولي للاتصالات دون ترخيص. وفي حال تكييف العمل، يجب ترخيص العمل بموجب نفس ترخيص المشاع الإبداعي أو ما يشابهه. وفي حال ترجمة هذا العمل، فينبغي إضافة إخلاء المسؤولية إلى جانب الاقتباس المقترح: "هذه الترجمة غير صادرة عن الاتحاد الدولي للاتصالات. والاتحاد غير مسؤول عن محتوى هذه الترجمة أو دقتها. والنسخة الإنكليزية الأصلية هي النسخة الملزمة والمعتمدة". وللحصول على مزيد من المعلومات يُرجى زيارة:
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo/>

الاقتباس المقترح. تكنولوجيا المعلومات والاتصالات لأغراض البيئة: تقرير نواتج المسألة 6/2 لقطاع تنمية الاتصالات لفترة الدراسة 2025-2022. جنيف: الاتحاد الدولي للاتصالات، 2025. الرخصة: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

المواد الواردة من أطراف ثالثة: إذا كنت ترغب في إعادة استخدام مواد من هذا المنشور منسوبة إلى طرف ثالث، كجداول، أو أشكال، أو صور، فمن مسؤوليتك تحديد ما إذا كان الإذن مطلوباً لإعادة الاستخدام هذه والحصول على هذا الإذن من صاحب حقوق التأليف والنشر. وتقع مسؤولية المطالبات الناتجة عن إساءة استخدام أي محتوى من محتويات المنشور التابع لطرف ثالث على عاتق المستخدم فقط.

إخلاء مسؤولية: التسميات المستخدمة في هذا المنشور وطريقة عرض المواد فيه لا تعني بأي حال من الأحوال التعبير عن أي رأي من جانب الاتحاد الدولي للاتصالات أو الأمانة العامة للاتحاد فيما يتعلق بالوضع القانوني لأي من البلدان أو الأقاليم أو المدن أو المناطق أو لسلطاتها، أو فيما يتعلق بتعيين حدودها أو تخومها.

والإشارة إلى شركات أو منتجات أو خدمات محددة لا تعني أن الاتحاد يدعمها أو يوصي بها تفضيلاً لها على غيرها من الشركات والمنتجات والخدمات المماثلة لها التي لم يشر إليها. عدا ما يتعلق بالخطأ والسهو، يشار إلى المنتجات المسجلة الملكية بالأحرف الأولى من أسمائها.

اتخذ الاتحاد الدولي للاتصالات جميع الاحتياطات المعقولة للتحقق من المعلومات الواردة في هذا المنشور. ومع ذلك، توزع المواد المنشورة دون أي ضمان من أي نوع، سواء كان صريحاً أو ضمناً. وتقع مسؤولية تفسير المواد واستعمالها على عاتق القارئ.

والآراء والنتائج والاستنتاجات المعرب عنها في هذا المنشور لا تعبر بالضرورة عن وجهات نظر الاتحاد الدولي للاتصالات أو أعضائه.

مصدر صورة الغلاف: Adobe Stock

شكر وتقدير

توفر لجنتنا الدراسات في قطاع تنمية الاتصالات في الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU-D) منصة محايدة تجمع خبراء من الحكومات والقطاع الصناعي ومنظمات الاتصالات والهيئات الأكاديمية من جميع أنحاء العالم بغية إعداد أدوات وموارد عملية لمعالجة قضايا التنمية. وتحقيقاً لهذه الغاية، تضطلع لجنتنا دراسات قطاع تنمية الاتصالات بمسؤولية إعداد التقارير والمبادئ التوجيهية والتوصيات على أساس المدخلات الواردة من الأعضاء. وتقرر مسائل الدراسة كل أربع سنوات أثناء المؤتمر العالمي لتنمية الاتصالات (WTDC). واتفق أعضاء الاتحاد، المجتمعون في المؤتمر WTDC-22 في كيغالي في يونيو 2022، على أن تتناول لجنة دراسات 2، للفترة 2022-2025، سبع مسائل تقع ضمن النطاق العام للتحويل الرقمي.

وأعد هذا التقرير استجابة للمسألة 6/2: **تكنولوجيا المعلومات والاتصالات لأغراض البيئة**، تحت التوجيه والتنسيق الشاملين لفريق إدارة لجنة الدراسات 2 لقطاع تنمية الاتصالات بقيادة السيد فاضل ديغم (جمهورية مصر العربية)، بصفته رئيساً، وبدعم من نواب الرئيس الآتية أسماؤهم: السيد عبد العزيز الزرعوني (الإمارات العربية المتحدة)، والسيدة زينب أردو (جمهورية نيجيريا الاتحادية)، والسيد جافوخير أربيوف (جمهورية أوزبكستان)، والسيدة كارمن مادالينا كلابون (رومانيا)، والسيد مشفق غولوييف (جمهورية أذربيجان)، والسيد هيديو إيمانكا (اليابان)، والسيدة مينا سونمين جون (جمهورية كوريا)، والسيد محمد لمين منتي (جمهورية غينيا)، والسيد فيكتور أنطونيو مارتينيز سانشيز (جمهورية باراغواي)، السيدة ألينا مودان (رومانيا)¹، والسيد ديبور رجبوف (جمهورية أوزبكستان)¹، والسيد تونغنينغ وو (جمهورية الصين الشعبية)، والسيد دومينيك فورغيس (فرنسا).

وأعد التقرير المقرر المعنية بالمسألة 6/2، السيدة أبراجيتا شارما (جمهورية الهند)، بالتعاون مع نواب المقررة الآتية أسماؤهم: السيد أبولينير بيغيرمانا (جمهورية بروندي)، والسيد عيسى كامارا (جمهورية مالي)، والسيد جان-مانويل كانيه (أورانج)، والسيد غريغوري دوموند (جمهورية هايتي)¹، والسيدة غناكري إيزابيل سونيا غنابرو إيبوس كاكو (جمهورية كوت ديفوار)، والسيد سانغ-هون لي (جمهورية كوريا)، والسيد شانغ لي (جمهورية الصين الشعبية)، والسيد توماس وامبوا لوتي (جمهورية كينيا)، والسيد إيثان مودافانهو (Access Partnership Limited)، والسيدة جوليا نيتش (فرنسا)¹، والسيد ياسوميتسو توميوكا (اليابان).

ونتوجه بشكر خاص إلى مؤلفي الفصول على تفانيهم ودعمهم وخبرتهم.

وأعد هذا التقرير بدعم من جهات الاتصال المعنية بالمسألة 6/2 لقطاع تنمية الاتصالات والمحررين وفريق إنتاج المنشورات وأمانة لجنة الدراسات 2 لقطاع تنمية الاتصالات.

¹ تنحت/تنحى عن منصبها/منصبه خلال فترة الدراسة.

جدول المحتويات

iii.....	شكر وتقدير.....
vii.....	ملخص تنفيذي.....
viii.....	الاختصارات والأسماء المختصرة.....
1.....	الفصل 1 - مقدمة.....
1.....	1.1 تغير المناخ.....
3.....	2.1 المخلفات الإلكترونية.....
4.....	الفصل 2 - تمكين التكنولوجيات الجديدة من التكيف مع تغير المناخ.....
4.....	1.2 البيانات الضخمة وأهميتها في التكيف مع تغير المناخ والتنبؤ به.....
4.....	1.1.2 بيانات رصد الأرض: أساس الرؤى المتعلقة بالمناخ.....
5.....	2.1.2 إمكانية: جمع البيانات وتحليلها من خلال الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات.....
5.....	3.1.2 الاتصالات: أساس جمع البيانات ونشرها.....
6.....	4.1.2 التحديات والتوجهات المستقبلية في البيانات الضخمة المتعلقة بالمناخ.....
6.....	5.1.2 الاستراتيجية العالمية للبيانات البيئية.....
7.....	2.2 الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات كأساس لحلول التخفيف من الآثار الضارة لتغير المناخ.....
7.....	1.2.2 فوائد استخدام التحليلات المتقدمة.....
9.....	3.2 رصد الأرض كأداة للتكيف مع تغير المناخ.....
9.....	1.3.2 نمو تكنولوجيات رصد الأرض وأوجه تقدمها.....
9.....	2.3.2 دور تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في تعزيز القدرات في مجال رصد الأرض من خلال مبادرات الفريق المعني برصد الأرض.....
10.....	3.3.2 دراسة حالة: التطبيقات الواقعية لرصد الأرض في الهند.....
12.....	الفصل 3 - التحديات ودراسات الحالة المتعلقة بتغير المناخ.....
12.....	1.3 التكنولوجيات الجديدة ودراسات الحالة الخاصة بالتخفيف من آثار تغير المناخ والتكيف معها.....
13.....	2.3 الممارسات الجيدة ودراسات الحالة الخاصة بإدارة الكوارث من خلال عمليات رصد الأرض.....
14.....	3.3 التحديات التي تواجهها الاقتصادات الناشئة في مكافحة الآثار الضارة لتغير المناخ.....
15.....	4.3 إدراج "مراعاة البيئة" ضمن سياسات تكنولوجيا المعلومات والاتصالات الوطنية.....
15.....	1.4.3 الحاجة الملحة إلى سياسات مراعية للبيئة لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات.....

- 2.4.3 دمج مبادئ مراعاة البيئة ضمن سياسات تكنولوجيا المعلومات والاتصالات الوطنية.....16
- 5.3 دمج تكنولوجيا المعلومات والاتصالات ضمن الالتزامات المناخية الوطنية.....18

الفصل 4 - المبادئ التوجيهية المقارنة للتخفيف من آثار تغير المناخ21

- 1.4 السياسات والمبادئ التوجيهية.....22
- 2.4 صياغة مبادئ توجيهية بشأن تقييم تغير المناخ والتخفيف من آثاره.....23
- 3.4 دور التكنولوجيات والتطبيقات الناشئة في التكيف مع تغير المناخ والتخفيف من آثاره.....24

الفصل 5 - التحديات المتعلقة بالمخلفات الإلكترونية.....26

- 1.5 نظرة عامة على الاحتياجات الإقليمية لإدارة المخلفات الإلكترونية.....26
- 2.5 إدكاء الوعي بشأن الاستدامة.....26
- 3.5 التبعات البيئية والصحية لإغفال اعتبار المخلفات الإلكترونية مواد خطيرة.....28
- 4.5 تحديد المخلفات الإلكترونية وأهميتها وتأثيرها على الاقتصاد العالمي.....29

الفصل 6 - الإجراءات المتخذة لمواجهة تحديات العمليات والإجراءات الخاصة بالمخلفات الإلكترونية31

- 1.6 السبل والوسائل الرامية إلى الحد من المخلفات الإلكترونية وإعادة استخدامها.....33
- 2.6 إجراءات المستهلك للحد من توليد المخلفات الإلكترونية.....35
- 3.6 دمج المخلفات الإلكترونية في خطط العمل الوطنية للاقتصاد الدائري.....36
- 4.6 دمج تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في خطط العمل الوطنية للاقتصاد الدائري.....37

الفصل 7 - المضي قدماً والاستنتاجات39

- 1.7 تغير المناخ.....39
- 2.7 المخلفات الإلكترونية.....40

Annex – List of contributions and liaison statements received on Question 6/242

قائمة الأشكال

الأشكال

- الشكل 1: مجموعة من مصادر البيانات الضخمة 6
- الشكل 2: النفاذ المفتوح إلى بيانات رصد الأرض لسد الفجوة الرقمية 15
- الشكل 3: جوانب التكنولوجيا المشار إليها في المساهمات المحددة وطنياً 19
- الشكل 4: التحالف من أجل الاستدامة البيئية الرقمية 22

ملخص تنفيذي

يستكشف التقرير النهائي للمسألة 6/2 لقطاع تنمية الاتصالات (2022-2025) دور تكنولوجيا المعلومات والاتصالات (ICT) في تعزيز الاستدامة البيئية، مع التركيز على التخفيف من آثار تغير المناخ والتكيف معه وإدارة المخلفات الإلكترونية (e-waste). إن ارتفاع درجات الحرارة ومستويات سطح البحر، بالإضافة إلى تدهور الجليد القطبي، يبرز الحاجة الملحة لاتخاذ إجراءات. وتساهم الانبعاثات الناجمة عن الأنشطة البشرية بشكل كبير في ظاهرة الاحتباس العالمي، مما يدفع عجلة تحقيق أهداف اتفاق باريس للحد من ارتفاع درجة الحرارة والحد من الانبعاثات. وتؤدي تكنولوجيا المعلومات والاتصالات دوراً حاسماً في هذه الجهود، إذ تسهل جمع البيانات وتحليلها ونشرها، مما يعزز فهمنا للأنظمة المناخية ويدعم التدخلات الاستراتيجية. وتوفر التكنولوجيات مثل رصد الأرض وتحليلات البيانات الضخمة وإنترنت الأشياء (IoT) معلومات آنية بشأن التغيرات البيئية، مما يسمح بتنبؤات دقيقة واتخاذ قرارات مستنيرة.

ويطرح النمو السريع للمخلفات الإلكترونية تحديات بيئية وصحية كبيرة. وقد أدى انتشار الأجهزة الإلكترونية إلى زيادة المخلفات الإلكترونية، التي تطلق مواد خطرة في البيئة في حال إدارتها بشكل غير سليم. ويسلط التقرير الضوء على أهمية ممارسات الإدارة المستدامة للمخلفات الإلكترونية، والدور الذي يمكن أن تؤديه تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في تعزيز الاقتصاد الدائري والحد من الأثر البيئي لتلك المخلفات الإلكترونية.

ويُعدّ هذا التقرير مورداً شاملاً لأصحاب المصلحة، إذ يستند إلى الخبرات والممارسات العالمية والمساهمات المقدمة من أعضاء الاتحاد ودراسات الحالة وورش العمل. كما يسلط الضوء على الدور المحوري الذي تؤديه تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في دعم الاستدامة البيئية من خلال الحلول المبتكرة. وعلى وجه التحديد، يقدم هذا التقرير ما يلي:

- يستكشف الإمكانيات التحويلية لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات، لا سيما البيانات الضخمة، في مجال التكيف مع المناخ والتنبؤ به. وتيسر تكنولوجيا المعلومات والاتصالات إجراء تحليلات متقدمة، بما في ذلك الذكاء الاصطناعي (AI)، من أجل وضع استراتيجيات مستهدفة للقدرة على الصمود أمام تغير المناخ، إذ توفر بيانات رصد الأرض رؤى أساسية؛
- يعرض دراسات حالة تبين التطبيقات الناجحة لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات في التخفيف من آثار تغير المناخ والتكيف معه في مختلف البلدان، مع التركيز على الممارسات الفضلى المتبعة في إدارة الكوارث ودمج تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في الالتزامات المناخية الوطنية؛
- يقدم مبادئ توجيهية لدمج تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في أهداف الاستدامة، ومعالجة التحولات الرقمية والمراعية للبيئة ويركز على السياسات والتدابير التنظيمية الرامية إلى موازنة الآثار البيئية لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات وتعزيز التكنولوجيات الموفرة للطاقة؛
- يعالج التحديات المتعلقة بإدارة المخلفات الإلكترونية، مع التركيز على الاحتياجات الإقليمية والممارسات المستدامة. ويسلط الضوء على العواقب البيئية والصحية للمخلفات الإلكترونية غير المدارة، ويدعو إلى إضفاء الطابع الرسمي على القطاع غير الرسمي وتعزيز الاقتصاد الدائري؛
- يحدد الإجراءات ودراسات الحالة المقدمة من البلدان التي تعالج المخلفات الإلكترونية، مع التركيز على تعديلات السياسات والتكنولوجيا المراعية للبيئة. ويدعو إلى إذكاء وعي المستهلك ودمج مسألة المخلفات الإلكترونية في الخطط الوطنية؛
- يقدم توصيات استراتيجية للاستفادة من تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في العمل المناخي وإدارة المخلفات الإلكترونية. ويدعو إلى تعزيز التعاون والاستثمار في التكنولوجيات المستدامة. وتؤدي تكنولوجيا المعلومات والاتصالات دوراً محورياً في تعزيز المرونة البيئية والاستدامة.

الاختصارات والأسماء المختصرة

الاختصار	المصطلح
5G	التكنولوجيا المتنقلة من الجيل الخامس ² (fifth generation mobile technology)
AI	الذكاء الاصطناعي (artificial intelligence)
BDT	مكتب تنمية الاتصالات (Telecommunication Development Bureau)
CO2	ثاني أكسيد الكربون (carbon dioxide)
CODES	التحالف من أجل الاستدامة البيئية الرقمية (Coalition for Digital Environmental Sustainability)
EEE	المعدات الكهربائية والإلكترونية (electrical and electronic equipment)
EO	رصد الأرض (Earth observation)
EPR	مسؤولية المنتج الموسعة (extended producer responsibility)
ERA5	إعادة التحليل الأوروبي للجيل الخامس (European Reanalysis of the 5th Generation)
EU	الاتحاد الأوروبي (European Union)
GEDS	الاستراتيجية العالمية للبيانات البيئية (Global Environmental Data Strategy)
GEM	المرصد العالمي للمخلفات الإلكترونية (Global E-waste Monitor)
GEO	الفريق المعني برصد الأرض (Group on Earth Observations)
GHG	غازات الاحتباس الحراري (greenhouse gas)
GIZ	الوكالة الألمانية للتعاون الدولي (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit)
ICT	تكنولوجيا المعلومات والاتصالات (information and communication technology)
ILO	منظمة العمل الدولية (International Labour Organization)
IoT	إنترنت الأشياء (Internet of Things)
IPCC	الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (Intergovernmental Panel on Climate Change)
ISRO	منظمة الأبحاث الفضائية في الهند (Indian Space Research Organisation)
ITU	الاتحاد الدولي للاتصالات (International Telecommunication Union)
ITU-D	قطاع تنمية الاتصالات بالاتحاد (ITU Telecommunication Development Sector)
ITU-R	قطاع الاتصالات الراديوية بالاتحاد (ITU Radiocommunication Sector)
ITU-T	قطاع تقييس الاتصالات بالاتحاد (ITU Telecommunication Standardization Sector)

² وفي حين حُصِر في هذه الوثيقة على استخدام التعريف الرسمي لأجيال الاتصالات المتنقلة الدولية والإشارة إليها على النحو الصحيح (انظر القرار ITU-R 56، "التسمية الخاصة بالاتصالات المتنقلة الدولية")، فإن أجزاء من هذه الوثيقة تتضمن مواد قدمها الأعضاء تشير إلى أسماء الأسواق المستعملة بكثرة لأجيال الاتصالات المتنقلة "xG". ولا يمكن بالضرورة إقامة تقابل لهذه المواد مع جيل معين من الاتصالات المتنقلة الدولية، لأن المعايير الأساسية لدى الأعضاء غير معروفة، ولكن بشكل عام، تعرّف الاتصالات المتنقلة الدولية-2000 والاتصالات المتنقلة الدولية-المتقدمة والاتصالات المتنقلة الدولية-2020 والاتصالات المتنقلة الدولية-2030 بالجيل الثالث (3G)/الجيل الرابع (4G)/الجيل الخامس (5G)/الجيل السادس (6G) على التوالي.

(تابع)

الاختصار	المصطلح
ML	تعلم الآلة (machine learning)
Mt	طن متري (metric ton)
NASA	الإدارة الوطنية للملاحة الجوية والفضاء (National Aeronautics and Space Administration)
NDC	المساهمات المحددة وطنياً (nationally determined contributions)
OECD	منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي (Organisation for Economic Co-operation and Development)
R&D	البحث والتطوير (research and development)
SDG	أهداف التنمية المستدامة (Sustainable Development Goals)
UN	الأمم المتحدة (United Nations)
UNDP	برنامج الأمم المتحدة الإنمائي (United Nations Development Programme)
UNEA	جمعية الأمم المتحدة للبيئة (United Nations Environment Assembly)
UNEP	برنامج الأمم المتحدة للبيئة (United Nations Environment Programme)
UNFCCC	اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ (United Nations Framework Convention on Climate Change)
UNITAR	معهد الأمم المتحدة للتدريب والبحث (United Nations Institute for Training and Research)
WEEE	مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية (waste electrical and electronic equipment)
WHO	منظمة الصحة العالمية (World Health Organization)
WIPO	المنظمة العالمية للملكية الفكرية (World Intellectual Property Organization)
WMO	المنظمة العالمية للأرصاد الجوية (World Meteorological Organization)

الفصل 1 - مقدمة

1.1 تغير المناخ

وفقاً لتقرير حالة المناخ العالمي لعام 2024³ الصادر عن المنظمة العالمية للأرصاد الجوية (WMO)، فإن متوسط درجة الحرارة العالمية بالقرب من سطح الأرض أعلى بمقدار 1.55 ± 0.13 درجة مئوية من متوسط الفترة 1850-1900 وأعلى بمقدار 1.5 درجة مئوية من عصر ما قبل الصناعة. وقد كان هذا العام الأشد حرارة في سجل الرصد الذي استمر 175 عاماً. ووصل تركيز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) في الغلاف الجوي إلى أعلى مستوياته منذ 800 000 عام. وشهد العقد الماضي متوسطاً سنوياً عالمياً هو الأعلى على الإطلاق في كل عام من أعوامه. وقد زاد محتوى حرارة المحيطات كل عام على مدار السنوات الثماني الماضية. وشهد القطب الشمالي على مدار السنوات الثماني عشرة الماضية، انخفاضاً غير مسبوق للجليد البحري، وكذلك القطب الجنوبي خلال السنوات الثلاث الماضية. وشهدت هذه السنوات الثلاث أيضاً أكبر خسارة في الكتلة الجليدية سُجلت على الإطلاق. ويسلط هذا التقرير الشامل الضوء على الاتجاهات المثيرة للقلق في ظاهرة الاحترار العالمي والتدهور المستمر للكتل الجليدية القطبية.

وحسب تقرير التقييم السادس⁴ لعام 2021 الصادر عن الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC)، فإن الانبعاثات الناجمة عن الأنشطة البشرية تسببت في ارتفاع درجة حرارة الأرض بنحو 1.1 درجة مئوية منذ أواخر القرن التاسع عشر. ومن المتوقع أن ترتفع درجات الحرارة العالمية بمقدار 1.5 درجة مئوية أو أكثر خلال السنوات القادمة، مما قد يُمثل نقطة تحول تُسبب مشاكل خطيرة للبيئة والمجتمع. فمستويات سطح البحر ترتفع بالفعل، والجليد البحري يذوب، وموجات الحر تزداد انتظاماً وشدة، وهو ما توقعه الخبراء منذ فترة طويلة.

إن التهديد الذي يشكله تغير المناخ على حياة البشر ورفاه كوكبنا خطير ويتفاقم باستمرار. وأي تأخير في اتخاذ الإجراءات لن يؤدي إلا إلى تفاقم الوضع وزيادة صعوبة ضمان مستقبل صالح للعيش للجميع. ولا بد من اتخاذ إجراءات منسقة وفورية للحد من آثار تغير المناخ وإنقاذ الكوكب من أجل الأجيال القادمة، إذ أن فرصة اتخاذ إجراءات عالمية جادة تتلاشى بسرعة.

ويعتقد أن حرق الوقود الأحفوري، الذي تنبعث منه غازات الاحتباس الحراري، هو النشاط البشري الرئيسي المسبب للاحتراق العالمي. وقد انعكس تأثيره في زيادة وتيرة الظواهر الجوية المتطرفة، على مدار العشرين سنة الماضية، مثل موجات الحر والفيضانات وذوبان التربة الصقيعية والأنهار الجليدية، مما أدى إلى ارتفاع مستوى سطح البحر، وتدهور المحاصيل الذي تسبب في ندرة الغذاء وفقدان سبل العيش.⁵

وتُبرز مقارنة درجات الحرارة العالمية الحالية بمستويات ما قبل الثورة الصناعية مدى الاحترار الذي حدث بالفعل. ويهدف اتفاق باريس بشأن تغير المناخ، المُعتمد عام 2015، إلى الحد من ارتفاع درجة الحرارة العالمية إلى أقل بكثير من درجتين مئويتين فوق مستويات ما قبل الثورة الصناعية، وتحديد سقف لها عند 1.5 درجة مئوية، وخفض انبعاثات غازات الاحتباس الحراري العالمية إلى النصف بحلول عام 2030، والوصول إلى مقدار صفر من الانبعاثات قبل عام 2050. ويتطلب خفض الانبعاثات توليد الكهرباء من مصادر منخفضة الكربون لخفض الانبعاثات، وتمكين التكنولوجيات من الحد من استهلاك الطاقة العالمي، وآثار تلوث ثاني أكسيد الكربون، وعدم الكفاءة في استخدام الموارد.⁶

³ <https://wmo.int/news/media-centre/wmo-report-documents-spiralling-weather-and-climate-impacts>

⁴ <https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/>

⁵ <https://wmo.int/news/media-centre/eight-warmest-years-record-witness-uptake-climate-change-impacts>

⁶ <https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/6be73f14-f899-4a6d-a26e-56d98393acf3>

وسجلت درجات الحرارة في صيف عام 2023 أعلى مستوياتها على الإطلاق، إذ كانت درجات الحرارة أعلى بمقدار 0,23 درجة مئوية من أي صيف سبق أن وثّقته إدارة الطيران والفضاء الأمريكية (ناسا)، وأكثر دفئاً بمقدار 1,2 درجة مئوية من متوسط درجات الحرارة الصيفية المسجلة بين عامي 1951 و1980.

وتُقدّر مساهمة قطاع تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في انبعاثات الكربون العالمية بما يتراوح بين 1,5 في المائة و4 في المائة. بينما يقدرها البنك الدولي بما لا يقل عن 1,7 في المائة.

وفيما يتعلق بأجهزة المستخدم، يمثل استخدامها حوالي نصف انبعاثاتها، بينما تسهم دورة حياتها بالنصف الآخر. ومن المتوقع أن تزداد انبعاثات تكنولوجيا المعلومات والاتصالات بوتيرة ثابتة، ولكن إنترنت الأشياء (IoT) ستؤثر على هذا المعدل في المستقبل.

وهناك ثلاث ركائز أساسية للعمل المناخي لبقاء كوكبنا، وهي:

- التخفيف، الذي يشير إلى التدخلات البشرية التي تهدف إلى تقليل مصادر غازات الاحتباس الحراري أو تعزيز مصارفها.
- التكيف، الذي يُشير إلى عملية التكيف مع المناخ الحالي أو المتوقع وآثاره.
- القدرة على الصمود، التي تُشير إلى القدرة على التعامل مع آثار تغير المناخ.⁷

ومع تزايد التحديات المُلحة التي يُمثّلها تغير المناخ، ازداد الطلب على تكنولوجيا المعلومات والاتصالات للمساهمة في الاستدامة البيئية بشكل غير مسبوق. وقد برزت البيانات الضخمة، لا سيما من خلال تكنولوجيات رصد الأرض (EO)، كأداة بالغة الأهمية. ويُعدّ تطبيق التحليلات المتقدمة، مثل تعلم الآلة (ML) والذكاء الاصطناعي (AI)، أمراً محورياً في استخلاص رؤى من مجموعات البيانات الضخمة، مما يُمكن من وضع استراتيجيات أكثر تركيزاً وفعالية للصمود أمام تغير المناخ. ومع ذلك، وللاستفادة الكاملة من إمكانيات البيانات الضخمة، يجب معالجة تحديات مثل جودة البيانات والخصوصية والفجوة الرقمية. ويُمكن للأتمتة، التي تدعمها التحليلات المتقدمة، أن تساعد في مكافحة تغير المناخ من خلال تحسين نماذج المناخ، وتوجيه مناهج أكثر كفاءة لإدارة الكوارث، وخفض الانبعاثات وتحسين استهلاك الطاقة. وعلى سبيل المثال، يُمكن لبعض أشكال الأتمتة، من خلال استخدام الخوارزميات التنبؤية، تحسين كفاءة استخدام الطاقة في المباني ووسائل النقل وخفض انبعاثات الكربون. وتساعد أشكال الأتمتة الجديدة أيضاً على تحسين الاستدامة من خلال إدارة العمليات الزراعية وتتبع عمليات إزالة الغابات. كما تساعد شركات مثل غوغل ومايكروسوفت على تقليل استهلاك الطاقة في مراكز بياناتها.⁸

ومن المتوقع أن تكون هذه التكنولوجيات قادرة على الإسهام بنحو 24 في المائة من الجهود المبذولة لتحقيق أهداف المناخ لعام 2030، ومن المتوقع أن يُخفّض الذكاء الاصطناعي وحده انبعاثات غازات الاحتباس الحراري بنسبة 16 في المائة ويُحسّن كفاءة استخدام الطاقة بنسبة 15 في المائة خلال السنوات الثلاث إلى الخمس المقبلة. ويُعدّ وضع سياسات ومعايير دولية فيما يتعلق بتكنولوجيا المعلومات والاتصالات المراعية للبيئة أمراً بالغ الأهمية لدفع عجلة التحوّل الرقمي المستدام. وفي نهاية المطاف، تُسهم الحلول الرقمية في الحد من الأثر البيئي لمختلف الصناعات وتعزيز القدرة على الصمود أمام تغير المناخ من خلال نهج قائمة على البيانات في قطاعات رئيسية، من قبيل الاتصالات والبنية التحتية لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات، في مواجهة المخاطر المناخية والبيئية.

ومن خلال تحليل بيانات رصد الأرض باستخدام التكنولوجيات المتطورة مثل الذكاء الاصطناعي وتعلم الآلة، يُمكننا تعزيز القدرات البشرية لفهم الأسئلة المتعلقة بالمناخ والإجابة عليها. ولا تعمّق هذه التطورات التكنولوجية فهمنا لأنماط المناخ فحسب، بل يُمكن أيضاً المجتمعات والشركات وواضعي السياسات من تعزيز القدرة على الصمود أمام تأثيرات المناخ.

ومن ناحية أخرى، لا يزال انتشار المخلفات الإلكترونية يطرح عدداً من التحديات. وبينما نواصل العمل نحو توصيلية عالمية وهادفة، فإن هذا الانتشار سيؤدي إلى تفاقم التحديات، وجعل مسألة إيجاد حلول أكثر إلحاحاً.

⁷ <https://www.somersetwildlife.org/blog/steve-mewes/mitigation-adaptation-and-resilience>

⁸ <https://www.microsoft.com/ar/sustainability/emissions-impact-dashboard>

2.1 المخلفات الإلكترونية

يطلق تعبير "المخلفات الإلكترونية"، المعروفة أيضاً باسم "مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية" (WEEE)،⁹ على بقايا العديد من المكونات والأجهزة الإلكترونية: أجهزة شحن البطاريات، وأنظمة الموسيقى، والهواتف المحمولة، والحواسيب، والثلاجات، وأجهزة التلفزيون، والشاشات، ولوحات الدوائر المطبوعة، ووحدات التزويد بالطاقة، ومصابيح الفلورسنت، وأجهزة كشف الدخان، وما إلى ذلك. وقد أدى انتشار الأجهزة التي وصلت إلى نهاية عمرها الافتراضي إلى جعل المخلفات الإلكترونية مشكلة خطيرة. وتُمثل المخلفات الإلكترونية المُهملة خسارة اقتصادية، نظراً لمكوناتها القيّمة. وفي حال لم تُعالج بشكل صحيح، فإنها تُشكل أيضاً خطراً على البيئة وعلى صحة الإنسان. لذلك، ثمة حاجة ماسة إلى اتباع أساليب مستدامة في إعادة التدوير والتخلص من المخلفات

ووفقاً لتقرير المرصد العالمي للمخلفات الإلكترونية (GEM) لعام 2024،¹⁰ الصادر عن الاتحاد الدولي للاتصالات ومعهد الأمم المتحدة للتدريب والبحث (UNITAR)، فقد بلغ إنتاج المخلفات الإلكترونية عالمياً رقماً قياسياً مقداره 62 مليون طن متري (MT) في عام 2022، بزيادة قدرها 82 في المائة مقارنة بعام 2010، ومن المتوقع أن يصل إلى 82 مليون طن متري بحلول عام 2030. ومع ذلك، ففي عام 2022، وفقاً للتقرير، تم جمع 22,3 في المائة فقط من المخلفات الإلكترونية وإعادة تدويرها بشكل مناسب، ما يمثل خسارة قدرها 62 مليار دولار أمريكي في المكونات القابلة لإعادة الاستخدام. كما أن هذه الخسارة الهائلة في المعادن الثمينة (مثل الذهب والفضة والنحاس والبلاستيك)، والتي تتجاوز قيمتها الناتج المحلي الإجمالي للعديد من البلدان، تزيد أيضاً من خطر التلوث. ويتزايد إنتاج المخلفات الإلكترونية بمقدار 2,6 مليون طن متري سنوياً على مستوى العالم ومن المتوقع أن يتجاوز إجمالي 82 مليون طن متري بحلول عام 2030، بزيادة إضافية بنسبة 33 في المائة عن مستويات عام 2022. وقد ولدت منطقة آسيا والمحيط الهادئ أكبر حجم من المخلفات الإلكترونية (24,9 مليون طن متري)، تليها الأمريكيتان (13,1 مليون طن متري) وأوروبا (12 مليون طن متري) وإفريقيا (2,9 مليون طن متري).

وتشكل المخلفات الإلكترونية مخاطر محتملة على البيئة وصحة الإنسان والحيوان نتيجة للتلامس الجسدي واستنشاق الغازات الخطرة والتعرض للمنتجات الغذائية والمياه السامة والملوثة، والسموم الناتجة عن المنتجات المهملة التي تتسرب إلى التربة والمياه. ويمكن أن يدخل تراكم المخلفات الإلكترونية في التربة والمياه والهواء والموارد الطبيعية الأخرى إلى السلسلة الغذائية وينتج عنه نواتج ثانوية سامة تتأبض ببطء في جسم الإنسان، مما يؤدي إلى آثار سلبية طويلة المدى، ولا سيما على الأطفال والشباب بوصفهم الأكثر عرضة للمخاطر الصحية.¹¹ كما إن الاستخدام المتزايد للمعدات الكهربائية والإلكترونية (EEE)، ذات العمر التشغيلي القصير وخيارات الإصلاح المحدودة والمكلفة، يجعل المخلفات الإلكترونية من أكبر المخاطر البيئية في العالم.

ونحن بحاجة إلى إعادة النظر في تأثير المخلفات الإلكترونية على البيئة وكيف يمكن أن تؤثر ضغوط السوق على هذه العلاقة مستقبلاً. ويُعدّ البحث والتطوير (R&D) أمراً بالغ الأهمية للحد من استنزاف الموارد الطبيعية المحدودة.

ومن بين 62 مليون طن متري من المخلفات الإلكترونية المنتجة في عام 2022، تم التخلص من حوالي 14 مليون طن متري (22,3 في المائة) منها ببساطة، وينتهي المطاف بمعظمها في مدافن المخلفات. وشملت هذه النفايات حوالي 31 مليون طن متري من المعادن و17 مليون طن متري من البلاستيك و14 مليون طن متري من السلع الأساسية الأخرى مثل المعادن والزجاج والمركبات. وقدّرت قيمة المعادن وحدها حوالي 91 مليار دولار أمريكي، والتي شملت 19 مليار دولار أمريكي على النحاس و15 مليار دولار أمريكي على الذهب و16 مليار دولار أمريكي على الحديد. وقد أدت إعادة تدوير المخلفات الإلكترونية في ذلك العام إلى خفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المكافئة بمقدار 93 مليون طن متري، بما في ذلك 52 مليون طن متري من التعدين المحظور للمعادن و41 مليون طن متري من غازات التبريد المعاد استخراجها، مما ساعد في تجنب استخراج 900 مليون طن متري من الخامات الأولية.

⁹ <https://ewastemonitor.info/the-global-e-waste-monitor-2024/>

¹⁰ <https://unitar.org/about/news-stories/press/global-e-waste-monitor-2024-electronic-waste-rising-five-times-faster-documented-e-waste-recycling>

¹¹ <https://ceh.unicef.org/spotlight-risk/e-waste>

الفصل 2 – تمكين التكنولوجيات الجديدة من التكيف مع تغير المناخ

1.2 البيانات الضخمة وأهميتها في التكيف مع تغير المناخ والتنبؤ به

يناقش هذا الفصل دور الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات الجديدة في تمكين التكنولوجيات الجديدة والبيانات الضخمة من أجل التخفيف من آثار تغير المناخ، وتعزيز التكيف معه، وتحسين التنبؤ به.

ونظراً لأن تغير المناخ يمثل تحديات غير مسبوقة، أصبحت الحاجة إلى بيانات قابلة للتنفيذ أمراً بالغ الأهمية. فقد أحدث ظهور البيانات الضخمة، لا سيما من خلال تكنولوجيات رصد الأرض، ثورة في فهمنا للأنظمة المناخية. وتوفر الصور الساتلية والاستشعار عن بعد وشبكات إنترنت الأشياء رؤى في الوقت الفعلي حول التغيرات في درجات الحرارة وارتفاع مستوى سطح البحر وظواهر الطقس المتطرفة.

وتشكل الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات الأساس الذي يمكن من خلاله جمع البيانات والتعلم من التحليلات المتقدمة، بما في ذلك تعلم الآلة والذكاء الاصطناعي، والتي تؤدي دوراً حاسماً في استخراج الرؤى من مجموعات البيانات الضخمة، وتمكين استراتيجيات موجهة للقدرة على الصمود في وجه المناخ. ومع ذلك، يجب معالجة تحديات مثل جودة البيانات والفجوة الرقمية للاستفادة الكاملة من تلك الإمكانيات.

وتهدف الاستراتيجية العالمية للبيانات البيئية (GEDS)، بقيادة برنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP)، إلى تسخير البيانات الضخمة لمواجهة التحديات البيئية بشكل فعال. ومن خلال تعزيز إدارة البيانات وتعزيز إمكانية النفاذ وبناء القدرات بين الدول الأعضاء، تسعى الاستراتيجية GEDS إلى إنشاء إطار شامل لإدارة البيانات البيئية، مع التركيز على جودة البيانات وقابلية تشغيلها البيئي.

1.1.2 بيانات رصد الأرض: أساس الرؤى المتعلقة بالمناخ

أصبحت بيانات رصد الأرض حجر الزاوية في نماذج البحث والتنبؤ المتعلقة بتغير المناخ، مما يوفر للعلماء رؤية غير مسبوقة للأنظمة المناخية الدينامية لكوكبنا. ويؤدي الفريق المعني برصد الأرض (GEO)، وهو شراكة حكومية دولية، دوراً محورياً في تنسيق ودمج هذه المجموعة الواسعة من البيانات من مصادر متنوعة.¹²

وتأتي الصور الساتلية وتكنولوجيات الاستشعار عن بعد في طليعة ثورة البيانات هذه. وتستوعب هذه الأنظمة المتقدمة ثروة من المعلومات عن مناخ كوكبنا، بما في ذلك التغيرات في درجات الحرارة عبر الأرض والمحيطات، وارتفاع مستوى سطح البحر، وذوبان الصفائح الجليدية والأنهار الجليدية، وإزالة الغابات، وتغيرات استخدام الأراضي، وتكوين الغلاف الجوي.

وهذا التدفق المستمر للبيانات يمكّن العلماء من مراقبة تغير المناخ في الوقت الفعلي واكتشاف الاتجاهات طويلة الأجل بدقة ملحوظة. فعلى سبيل المثال، توفر البيانات الضخمة لرصد الأرض من مصادر مثل وكالة ناسا والمراكز الوطنية للمعلومات البيئية التابعة للأمم المتحدة رؤى مهمة حول الظروف المناخية الحالية وتساعد على التنبؤ بالتغيرات المستقبلية.

ويعمل دمج هذه البيانات مع تقنيات المعالجة المتقدمة، مثل الذكاء الاصطناعي وتعلم الآلة، على تحويل بيانات رصد الأرض الخام إلى ذكاء مناخي قابل للتنفيذ بسرعات غير مسبوقة. وهذا التآزر بين التقنيات لا يعزز فهمنا لديناميات المناخ فحسب، بل يمكّن أيضاً المجتمعات والشركات وواضعي السياسات من بناء القدرة على الصمود في وجه آثار تغير المناخ.

¹² Sara Venturini. الفريق المعني برصد الأرض (GEO). [GEO for climate action](#) ورشة عمل قطاع تنمية الاتصالات بالاتحاد الدولي للاتصالات حول تكنولوجيا المعلومات والاتصالات المراعية للبيئة والتكنولوجيات الناشئة للتخفيف من آثار تغير المناخ، جنيف، 29 مايو 2023.

2.1.2 الإمكانية: جمع البيانات وتحليلها من خلال الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات

أدى النمو الهائل لبيانات رصد الأرض إلى حقبة جديدة من أبحاث المناخ والتنبؤ به، حيث تؤدي تحليلات البيانات الضخمة، وخاصة تعلم الآلة (ML) والذكاء الاصطناعي (AI)، دوراً حاسماً في استخراج رؤى ذات مغزى من مجموعات البيانات الضخمة.¹³

وتعمل التقنيات التحليلية المتقدمة هذه على تحويل قدرتنا على فهم تغير المناخ والاستجابة له. ومن خلال تطبيق خوارزميات تعلم الآلة على مجموعات بيانات رصد الأرض الشاملة، يستطيع الباحثون تحديد الأنماط المعقدة في الأنظمة المناخية التي لم يكن من الممكن اكتشافها من قبل. ويسمح هذا التعرف المعزز على الأنماط بتنبؤات أكثر دقة لسيناريوهات المناخ في المستقبل، مما يمكن واضعي السياسات والعلماء من وضع استراتيجيات أكثر فعالية للتخفيف من آثار تغير المناخ والتكيف معه.

ويتمثل أحد أفضل التطبيقات الواعدة للاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في مجال علوم المناخ في تطوير أنظمة الإنذار المبكر لظواهر الطقس المتطرفة. ولا تقتصر فائدة هذه الأنظمة على إنقاذ الأرواح في حال وقوع كارثة فحسب، بل تشمل أيضاً جمع البيانات اللازمة لتحليل البيانات التاريخية إلى جانب عمليات الرصد في الوقت الفعلي. وبالتالي، يمكن التنبؤ باحتمالية وشدة ظواهر مثل الأعاصير والفيضانات وموجات الحر بدقة ومهلة غير مسبوقتين.

وعلى سبيل المثال، يمكن للنماذج المتقدمة الآن، بفضل الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات، تحليل بيانات الفيضانات التاريخية لإجراء تنبؤات أكثر دقة بشأن مخاطر الفيضانات المستقبلية. وهذه القدرة تمكن السلطات من تنفيذ تدابير الدفاع الموجهة ضد الفيضانات، مما قد يؤدي إلى إنقاذ الأرواح والحد من الخسائر الاقتصادية.

وعلاوةً على ذلك، تعمل خوارزميات تعلم الآلة على التطبيق الأمثل لاستراتيجيات التكيف مع المناخ من خلال معالجة كميات هائلة من البيانات عن الظروف المحلية والبنية التحتية والعوامل الاجتماعية والاقتصادية. ويسمح ذلك بوضع خطط تكيف مصممة خصيصاً تكون أكثر فعالية وكفاءة من حيث الموارد من النهج ذات الحجم الواحد التي تناسب الجميع.

ويبرز هذا التقاطع أهمية وإمكانات تحقيق التوصيلية الشاملة والهادفة، والتحول الرقمي المستدام. فمن خلال فرص جمع البيانات البيئية التي تتيحها الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات، تستطيع الحكومات والباحثون تعزيز قدرة المجتمعات على الصمود في وجه الكوارث والمخاطر المناخية.

3.1.2 الاتصالات: أساس جمع البيانات ونشرها

تُحدث الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات مثل أجهزة إنترنت الأشياء (IoT) وشبكات الاستشعار ثورة في الطريقة التي نجمع بها البيانات المناخية، وهو ما يوجّد شبكة كثيفة من نقاط جمع البيانات التي توفر معلومات دقيقة في الوقت الفعلي لاستكمال الرصدات الساتلية.

وتتضمن هذه الشبكة مجموعة متنوعة من أجهزة الاستشعار، مثل محطات الطقس وعوامات المحيطات وأجهزة مراقبة جودة الهواء وأجهزة استشعار رطوبة التربة. ويساهم كل جهاز من هذه الأجهزة في تكوين صورة شاملة للأنظمة المناخية لكونها، مما يوفر رؤى لم يكن من الممكن تحقيقها من قبل.

ويسمح النهج القائم على إنترنت الأشياء لجمع البيانات بتحقيق استبانة مكانية وزمانية غير مسبوقة في مراقبة المناخ. فعلى سبيل المثال، يمكن لشبكة من محطات الطقس المترابطة أن توفر تحديثات بالدقيقة عن الظروف المحلية، بينما تنقل عوامات المحيطات بيانات بالغة الأهمية عن درجات حرارة البحر والتيارات البحر من مواقع بعيدة.

¹³ ومع ذلك، هناك بعض القيود فيما يتعلق بالبصمة الكربونية للذكاء الاصطناعي وتعلم الآلة. وتُستكشف هذه القيود لاحقاً في القسم التالي.

الشكل 1: مجموعة من مصادر البيانات الضخمة

السواتل

4 987 ساتلاً في المدار عام 2019¹²
5 700 مشهد متحقق يومياً (مصدر مفتوح)
أرشف Landsat على مدى 32 سنة - أكثر من 5 ملايين مشهد¹³
تصوير كامل سطح الأرض كل يوم

أجهزة الاستشعار



15,4 مليار جهاز استشعار عام 2015
75 مليار بحلول عام 2025¹⁴

إنترنت الأشياء



تنشئ إنترنت الأشياء 40 زيتا بايتة من البيانات سنوياً¹⁵

الهواتف المتنقلة



5 مليارات هاتف فريد يتيح فرصاً لجمع البيانات
المشفرة جغرافياً فضلاً عن التحركات اليومية¹⁶

تطبيقات الاتصالات المتنقلة



3 ملايين تطبيق فريد¹⁷

النفاذ إلى الإنترنت



أكثر من 4,4 مليار شخص بنسبة 57,3% من السكان¹⁸

المنصات الرقمية



كل دقيقة من اليوم عام 2018:
يشاهد مستخدمو Youtube 4 333 560 تسجيلاً فيديو
وتشحن Amazon 1 111 رزمة
ويستقل مستخدمو Uber 1 389 سيارة نقل¹⁹

الإحصاءات السكانية والاستطلاعات



أكثر من 7 مليارات شخص مشمولون بالإحصاءات
السكانية كل 10 سنوات²⁰

علوم المواطنين



500 مليون سجل في تطبيق eBird²¹
58 مليون سجل في تطبيق Artportalen²²
16 مليون سجل في تطبيق iNaturalist²³

المنشورات والوثائق



أكثر من 2,2 مليون مقالة علمية عن العلوم والهندسات²⁴
أكثر من 50 000 تقرير عن الاستدامة المؤسسية²⁵

البيانات الإدارية



تحتفظ الحكومات، وشركات المرافق، ومقدمو الخدمات
الأخرون ببيانات تتعلق بالتسجيل والمعاملات وحفظ
السجلات²⁶

البيانات المالية



قواعد بيانات مالية تغطي 189 بلداً حتى الآن²⁷

المصدر: برنامج الأمم المتحدة للبيئة¹⁴

4.1.2 التحديات والتوجهات المستقبلية في البيانات الضخمة المتعلقة بالمناخ

في حين أن البيانات الضخمة توفر إمكانيات هائلة للتكيف مع تغير المناخ والتنبؤ به، يجب معالجة العديد من التحديات المهمة لتسخير قدرتها بالكامل. ويكتسي ضمان جودة البيانات وموثوقيتها أهمية بالغة، إذ يمكن أن تؤدي البيانات غير الدقيقة أو غير المتسقة إلى تنبؤات خاطئة وسياسات مضللة.

ومن القضايا الحاسمة سد الفجوة الرقمية لضمان الوصول العادل إلى المعلومات المناخية. ويفتقر العديد من المناطق، ولا سيما في البلدان النامية، إلى البنية التحتية والموارد اللازمة للمشاركة الكاملة في مبادرات البيانات الضخمة والاستفادة منها. ويمكن أن يؤدي هذا التفاوت إلى تفاقم أوجه عدم المساواة القائمة في التأهب لتغير المناخ والاستجابة له.

وعلاوة على ذلك، يتطلب تفسير رؤى البيانات الضخمة والعمل عليها خبرة متعددة التخصصات تجمع بين علوم المناخ وتحليلات البيانات ووضع السياسات. ويعد تطوير هذه الخبرة على الصعيد العالمي أمراً بالغ الأهمية لترجمة البيانات إلى إجراءات فعالة.

وبينما نمضي قدماً، سيكون من الضروري معالجة هذه التحديات لتعزيز إمكانيات البيانات الضخمة في مكافحة تغير المناخ وبناء مستقبل أكثر قدرة على الصمود للجميع.

5.1.2 الاستراتيجية العالمية للبيانات البيئية

أقرت جمعية الأمم المتحدة للبيئة (UNEA) بالحاجة الملحة إلى وضع استراتيجية عالمية للبيانات البيئية (GEDS) لمواجهة التحديات البيئية الحاسمة. وقامت بتكليف برنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP) بوضع هذه الاستراتيجية¹⁵ بحلول عام 2025. والاستراتيجية العالمية للبيانات البيئية مُصممة لإطلاق العنان للإمكانيات الكاملة للبيانات البيئية، وضمان استخدامها الفعال في التصدي لتغير المناخ وفقدان التنوع البيولوجي والتلوث.

¹⁴ David Jensen، برنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP). تسخير قوة البيانات الضخمة والتكنولوجيات الرائدة من أجل التدابير المناخية. ورشة عمل قطاع تنمية الاتصالات بشأن تكنولوجيا المعلومات والاتصالات الرائدة من أجل التدابير المناخية، جنيف، 15 أكتوبر 2019.

¹⁵ الاستراتيجية العالمية للبيانات البيئية (GEDS)، برنامج الأمم المتحدة للبيئة، 2024 <https://www.unep.org/topics/digital-transformations/global-environmental-data-strategy-geds>

ومن خلال التركيز على المجالات الرئيسية مثل قابلية التشغيل البيئي للبيانات وجودتها وإدارتها والنفاد إليها وبناء القدرات، تهدف الاستراتيجية العالمية للبيانات البيئية إلى كسر الحواجز التي تعيق مشاركة البيانات واستخدامها، وتعزيز الحلول المبتكرة من أجل تحقيق التنمية المستدامة.

وفي الختام، من شأن تطوير الاستراتيجية GEDS أن يمكّن الحكومات والمنظمات والمجتمعات من اتخاذ قرارات مستنيرة، وتسريع جهود الاستدامة، وتعزيز التعاون العالمي لحماية البيئة للأجيال القادمة.

2.2 الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات كأساس لحلول التخفيف من الآثار الضارة لتغير المناخ

برزت الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات كأداة فعالة يمكن أن تساهم بشكل كبير في جهود التخفيف من آثار تغير المناخ والتكيف معه. ويستكشف هذا القسم التطبيقات المختلفة للأتمتة القائمة على الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات والنماذج التحليلية المتقدمة لمواجهة التحديات المتعلقة بالمناخ، مسلطاً الضوء على فوائدها وإمكاناتها، بالإضافة إلى الحاجة الماسة للتنفيذ المسؤول، لا سيما فيما يتعلق بمتطلبات الطاقة في هذه العمليات.

ومن المهم في الأساس أن نتذكر بأن هذه التطورات وهذه الفرص لا يمكن تحقيقها إلا بتوفر الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات وبأسعار معقولة في جميع أنحاء العالم. وهذا يتطلب تضام الجهود لبناء البنية التحتية والقدرات اللازمة لسد الفجوة الرقمية. وعلى هذا الأساس فقط، يمكننا أن نلمس الفوائد المحتملة المذكورة في هذا الفصل.

1.2.2 فوائد استخدام التحليلات المتقدمة

تحليل البيانات والرؤى المحسنة

يمكن للحوسبة المتقدمة أن تحسّن بشكل كبير تحليل البيانات البيئية واسعة النطاق، مما يوفر رؤى قابلة للتنفيذ كان من الصعب أو المستحيل الحصول عليها في السابق. وتشمل الفوائد الرئيسية ما يلي:

- **النمذجة والتنبؤات المناخية الدقيقة:** تعزيز دقة النماذج المناخية، مما يسمح بالتنبؤ بشكل أفضل بالظواهر المتعلقة بالمناخ.
- **فهم تفاعلات النظام الإيكولوجي:** تيسير فهم أعمق للتفاعلات المعقدة داخل النظم الإيكولوجية، مما يساعد على تطوير استراتيجيات حفظ فعالة.
- **اتخاذ قرارات مستنيرة:** توفير تحليل قوي للبيانات، ودعم واضعي السياسات في اتخاذ قرارات مستنيرة فيما يتعلق بالسياسات والتدابير البيئية.

الإدارة المثلى للموارد

تمكّن الأتمتة من استخدام الموارد بشكل أكثر كفاءة عبر مختلف القطاعات البيئية:

- **الكفاءة في استهلاك الطاقة:** يمكن للأتمتة تحسين استهلاك الطاقة في المباني والصناعات، مما يؤدي إلى تقليل المخلفات وخفض انبعاثات الكربون. وعلى سبيل المثال، يتجسد هذا النهج في استراتيجية T-Mobile لخفض استهلاك الطاقة من خلال التحليلات المتقدمة.¹⁶
- **إدارة المياه:** تقوم الأنظمة المؤتمتة بتحليل بيانات استخدام المياه، مما يحسّن تخصيص الموارد وتقليل المخلفات إلى أدنى حد.
- **الزراعة المستدامة:** تُساعد التحليلات المتقدمة الباحثين والمزارعين وغيرهم على تحليل بيانات التربة، والتنبؤ بإنتاجية المحاصيل، وتحديد تفشي الآفات، مما يعزز ممارسات الزراعة المستدامة.¹⁷

¹⁶ الوثيقة SG2RGQ/195 للجنة الدراسات 2 التابعة لقطاع تنمية الاتصالات والمقدمة من جمهورية كوريا.

¹⁷ Shanar Tabrizi. (2024). دور التكنولوجيا الرقمية الناشئة في التخفيف من آثار تغير المناخ والتكيف معه، ورشة عمل لجنة الدراسات 2 لقطاع تنمية الاتصالات بشأن المسألة 6/2، 6 مايو 2024، 4-9.

تعزيز الرصد والحفاظ على البيئة

تعمل الأتمتة والحوسبة المتقدمة على تحسين قدرات مراقبة البيئة بشكل كبير:

- **حفظ التنوع البيولوجي:** معالجة كميات هائلة من البيانات من كاميرات الإحساس بالحركة ومصادر أخرى لتتبع وحماية الأنواع المهددة بالانقراض.
- **منع إزالة الغابات والصيد غير المشروع:** يمكن للبيانات البيئية أن تساعد في رصد الغابات والحياة البرية، ومكافحة الأنشطة غير القانونية.
- **رصد النظام الإيكولوجي البحري:** تتبع أنظمة إنترنت الأشياء صحة المحيطات والمخاطر المرتبطة بها، مما يساهم في جهود الحفاظ على البيئة البحرية.

تحسين قابلية التشغيل البيئي للبيانات وجودتها

تهدف الاستراتيجية العالمية للبيانات البيئية إلى الاستفادة من التحليلات المتقدمة في تعزيز قابلية التشغيل البيئي للبيانات عبر الأنظمة والمنصات المختلفة، وتحسين جودة البيانات من خلال التدابير المؤتمتة لمراقبة الجودة.¹⁸

إدارة الطاقة في مجال الاتصالات¹⁹

تتبنى شركات الاتصالات بشكل متزايد الذكاء الاصطناعي لإدارة استهلاك الطاقة. فعلى سبيل المثال، يستخدم برنامج PowerStar التابع لشركة Sunrise في الاتحاد السويسري خوارزميات الذكاء الاصطناعي لتحليل حركة مرور شبكة النفاذ الراديوي، وتحسين إمدادات الطاقة وتحقيق انخفاض في استهلاك الطاقة يزيد عن 10 في المائة. وبالمثل، تهدف شركة T-Mobile إلى تحقيق صافي انبعاثات كربونية صفرية بحلول عام 2040، باستخدام الذكاء الاصطناعي للاستغلال الأمثل للطاقة بناءً على حركة المرور والطلب.

التأهب للكوارث والاستجابة لها

تساهم الأتمتة والتحليلات المتقدمة في تحسين التأهب للكوارث والاستجابة لها من خلال:

- **التحليلات التنبؤية:** تسمح التحليلات التنبؤية لظواهر الطقس المتطرفة بالتدخلات في الوقت المناسب وتخصيص الموارد.
- وللتخفيف من هذه الشواغل، يمكن لواضعي السياسات وأصحاب المصلحة إعطاء الأولوية للإجراءات التالية:²⁰
- **تعزيز مصادر الطاقة المتجددة:** يمكن أن يؤدي تشجيع استخدام الطاقة المتجددة في عمليات الاتصالات/ تكنولوجيا المعلومات والاتصالات إلى تقليل البصمة الكربونية المرتبطة باستهلاك الطاقة في التحليلات المتقدمة والحوسبة السحابية، بشكل كبير.
- **الاستثمار في الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات الموفرة للطاقة:** ينبغي أن يركز البحث والتطوير على تطوير الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات الأكثر كفاءة في استخدام الطاقة، والتي تقلل من التأثير البيئي السلبي لتلك الأنظمة.
- **تعزيز التعاون:** ستستفيد الحكومات والشركات والمنظمات الدولية والمجتمع المدني من التعاون وتبادل الممارسات الجيدة والموارد لضمان استدامة التحول الرقمي للمجتمع.

وتنطوي الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات على إمكانات هائلة كحل للتخفيف من الآثار الضارة لتغير المناخ. ومن خلال تعزيز القدرة على الاستشعار عن بعد وجمع البيانات وتحليلها وتحسين إدارة الموارد وقدرات الرصد، يمكن للاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات أن تساهم بشكل كبير في جهود التخفيف من آثار تغير المناخ. ومع ذلك، من الضروري تطبيق تكنولوجيا المعلومات والاتصالات بمسؤولية، مع التركيز بشكل كبير على معالجة استهلاكها للطاقة وأثرها البيئي. ومن خلال التعاون والابتكار، يمكن للاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات أن تكون حافزاً أساسياً في اتخاذ إجراءات إيجابية إزاء تغير المناخ، وهو ما يمهّد الطريق لكوكب أكثر مراعاة للبيئة وقدرة على الصمود.

¹⁸ الاستراتيجية العالمية للبيانات البيئية (GEDS)، برنامج الأمم المتحدة للبيئة، 2024.

¹⁹ الوثيقة SG2RGO/195 للجنة الدراسات 2 التابعة لقطاع تنمية الاتصالات والمقدمة من جمهورية كوريا.

²⁰ المرجع نفسه.

3.2 رصد الأرض كأداة للتكيف مع تغير المناخ

يعتبر تغير المناخ أحد أهم التحديات التي تواجه البشرية اليوم، إذ أن له آثار بعيدة المدى على النظم الإيكولوجية وأنماط الطقس وسبل عيش الإنسان. وفي ظل ارتفاع درجات الحرارة العالمية وتزايد تواتر ظواهر الطقس المتطرفة، أصبحت الحاجة إلى استراتيجيات فعالة للتكيف مع هذه التغيرات أكثر إلحاحاً من أي وقت مضى. وفي هذا السياق، برزت تكنولوجيا رصد الأرض (EO) كمورد بالغ الأهمية لفهم التحولات البيئية والاستجابة لها. فمن خلال توفير بيانات شاملة عن سطح الأرض والغلاف الجوي والمحيطات، فإن رصد الأرض يمكن الباحثين وواضعي السياسات والمجتمعات من رصد التغيرات في الوقت الفعلي، وتقييم مواطن الضعف، وتنفيذ استراتيجيات تكيف مستنيرة.

1.3.2 نمو تكنولوجيا رصد الأرض وأوجه تقدمها²¹

شهد مجال تكنولوجيا رصد الأرض (EO) نمواً وابتكاراً ملحوظين في السنوات الأخيرة، وهو ما جعلها أدوات أساسية في مكافحة تغير المناخ. وحتى عام 2022، كان هناك 1 192 ساتلاً في المدار تعمل لرصد الأرض، وهي ثاني أكبر مجموعة من السواتل بعد سواتل الاتصالات. ويواصل هذا العدد في النمو بمعدل يبلغ حوالي 10 في المائة سنوياً، إذ أطلق 140 ساتلاً جديداً في ذلك العام وحده، ولا جدال في أهمية رصد الأرض من أجل مراقبة التغيرات البيئية.

ويستخدم ما يقرب من نصف سواتل رصد الأرض في التطبيقات التجارية، مما يعكس قطاعاً مزدهراً يقود الابتكار والاستثمار في تكنولوجيا السواتل. ويصاحب هذا النمو التجاري زيادة هائلة في إيداعات البراءات المتعلقة بالتطبيقات المراقبة للبيئة لبيانات الاستشعار الساتلية، والتي ارتفعت بنسبة مذهلة بلغت 1 800 في المائة من عام 2001 إلى عام 2020. وتغطي هذه التطبيقات مجموعة واسعة من الاستخدامات البيئية، بما في ذلك التخفيف من آثار تغير المناخ، والتنبؤ بالطقس، والكشف عن التلوث، ومراقبة البيئة.

وقد كان للتطورات التكنولوجية دور محوري في هذا النمو، في ظل التطورات الكبيرة في معالجة الإشارات، وتصاغر الأدوات، ودمج الذكاء الاصطناعي في أنظمة رصد الأرض. وتعزز هذه الابتكارات القدرة على جمع وتحليل وتفسير كميات هائلة من البيانات، مما يتيح تقييمات أكثر تفصيلاً للغطاء النباتي وظروف الغابات وتنمية المحاصيل. مع استمرار تطور تكنولوجيا رصد الأرض، فقد أصبحت حيوية بشكل متزايد لدعم الجهود المبذولة في مجال التكيف مع تغير المناخ وإدارة الموارد، وهو ما يوفر رؤى مهمة تسترشد بها عملية صنع القرار ووضع السياسات.

2.3.2 دور تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في تعزيز القدرات في مجال رصد الأرض من خلال مبادرات الفريق المعني برصد الأرض²²

إدراكاً لإمكانات تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في تحسين كيفية حصول أنظمة رصد الأرض على البيانات ومعالجتها واستخدامها، يعمل الفريق المعني برصد الأرض (GEO) على تعزيز استخدام أدوات تكنولوجيا المعلومات والاتصالات لجمع كميات هائلة من البيانات من مجموعة متنوعة من أجهزة الاستشعار المنتشرة في الفضاء وعلى الأرض وفي المحيطات. ويسمح هذا التعاون بنقل البيانات بسلاسة، مما يمكن الباحثين وصانعي القرار من الوصول في الوقت الفعلي إلى معلومات عن متغيرات الأرض الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية.

ويشدد الفريق GEO على أهمية تحليل البيانات وتصورها كمكونات بالغة الأهمية في جعل بيانات رصد الأرض متاحة وقابلة للتنفيذ. وتتيح تكنولوجيا المعلومات والاتصالات المتقدمة تقنيات تحليلية متطورة تساعد على تحديد الاتجاهات والأنماط والحالات الشاذة في البيانات البيئية. وتزيد أدوات التصور، التي تدعمها مبادرات الفريق GEO، من تعزيز الفهم من خلال تقديم هذه المعلومات في أشكال سهلة الاستخدام، مما يسهل على أصحاب المصلحة - بمن فيهم واضعو السياسات والعلماء وقادة المجتمع - تفسير النتائج والتصرف بناء عليها.

ويوفر أطلس الفريق المعني برصد الأرض بشأن النظم الإيكولوجية العالمية معلومات شاملة ويمكن الوصول إليها عن النظم الإيكولوجية في العالم. وهو مصمم ليكون بمثابة مورد مفتوح عبر الإنترنت يسمح للمستخدمين باستكشاف مختلف النظم الإيكولوجية وظروفها والتغيرات في نطاق النظام الإيكولوجي. والهدف الأساسي هو

²¹ المنظمة العالمية للملكية الفكرية (WIPO)، (2023) كتاب التكنولوجيا الخضراء: حلول للتخفيف من آثار تغير المناخ، 96-97.
²² Sara Venturini. الفريق المعني برصد الأرض (GEO). [GEO for climate action](#). ورشة عمل قطاع تنمية الاتصالات بالاتحاد الدولي للاتصالات حول تكنولوجيا المعلومات والاتصالات المراقبة للبيئة والتكنولوجيا الناشئة للتخفيف من آثار تغير المناخ، جنيف، 29 مايو 2023.

تعزيز العمل الرامي إلى حماية التنوع البيولوجي ومكافحة تغير المناخ، والعمل بشكل فعال كتطبيق "Google Earth من أجل الطبيعة". وسيتضمن الأطلس خلاصة رقمية لطبقات بيانات من نظام المعلومات الجغرافية، وصور السلاسل الزمنية الساتلية، والوظائف المدمجة باستخدام الذكاء الاصطناعي وتعلم الآلة. ويهدف هذا التكامل إلى تعزيز تفسير وفهم طبقات النظام الإيكولوجي العالمي.

وعلاوةً على ذلك، يعد دور الرصد في الوقت الفعلي الذي تيسره تكنولوجيا المعلومات والاتصالات ضرورياً لتعزيز التأهب للكوارث والاستجابة لها، وهو محور تركيز رئيسي لأنشطة الفريق GEO. ومن خلال تمكين نقل البيانات ومعالجتها في الوقت المناسب، تدعم أدوات تكنولوجيا المعلومات والاتصالات أنظمة الإنذار المبكر التي يمكن أن تنبه المجتمعات إلى الكوارث الطبيعية الشديدة مثل الفيضانات والأعاصير والجفاف، لإنقاذ الأرواح والتخفيف من أثرها على الفئات الضعيفة من السكان.

وبمثل التعاون بين مختلف القطاعات جانباً حاسماً آخر للاستفادة من تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في رصد الأرض، ويؤدي الفريق GEO دوراً محورياً في تعزيز الشراكات. ومن خلال الجمع بين الحكومات والأوساط الأكاديمية والقطاع الخاص والكيانات والمنظمات غير الحكومية، يشجع الفريق GEO التصميم المشترك لمنتجات إعلامية مفتوحة ويمكن النفاذ إليها. ويكفل هذا النهج التعاوني استخدام بيانات رصد الأرض بشكل فعال، من خلال تعزيز اتخاذ قرارات مستنيرة واستجابات منسقة للتحديات المتعلقة بالمناخ. ومع استمرار تطور تكنولوجيا المعلومات والاتصالات، سيكون تكاملها مع تكنولوجيا رصد الأرض، بدعم من مبادرات الفريق GEO، أمراً حيوياً في تعظيم إمكانات رصد الأرض من أجل التكيف مع تغير المناخ وتحقيق التنمية المستدامة.

3.3.2 دراسة حالة: التطبيقات الواقعية لرصد الأرض في الهند²³

في مواجهة تحديات تغير المناخ المتصاعدة، برزت الهند كمثال رائد على كيفية استخدام أنظمة رصد الأرض (EO) المتقدمة بشكل فعال لرصد أنماط الطقس وإدارة الكوارث الطبيعية. وكان التعاون الملحوظ بين منظمة الأبحاث الفضائية في الهند (ISRO) ووكالة ناسا مفيداً في تطوير تكنولوجيات متطورة لرصد الأرض تعزز قدرة الهند على الاستجابة للتهديدات البيئية.

ومن أبرز الأمثلة على هذا التعاون الاستجابة لإعصار Tauktae في مايو 2021. فمع اقتراب الإعصار من الساحل الهندي، قدمت منظمة الأبحاث الفضائية في الهند وسواتل رصد الأرض التابعة لوكالة ناسا بيانات بالغة الأهمية أتاحت التنبؤ الدقيق بتكوين العاصفة وشدها ومسارها. وبفضل هذه المعلومات الحاسمة التي توافرت في الوقت المناسب، تمكنت الإدارة الهندية للأرصاد الجوية (IMD)، من إصدار إنذارات مبكرة للمجتمعات الساحلية. ونُشرت الإنذارات من خلال مختلف قنوات تكنولوجيا المعلومات والاتصالات، بما في ذلك الإذاعة والتلفزيون والرسائل المتنقلة، لضمان إطلاع السكان على الوضع واتخاذ الاحتياطات اللازمة.

وكانت فعالية نظم الإنذار المبكر هذه واضحة في الإجراء السريع للسكان المعرضين للخطر، وهو ما خفف إلى حد كبير من آثار الإعصار. فإمكانية النفاذ إلى البيانات الواردة من سواتل وكالة ناسا والإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي التابعة للولايات المتحدة، ولا سيما شراكة سومي الوطنية للمدار القطبي مع مجموعة المقاييس الراديوية للتصوير بالأشعة تحت الحمراء والمرئية الخاصة بها، زودت السلطات المحلية بالرؤى اللازمة للاستعداد لوصول العاصفة. وهذا التكامل لتكنولوجيات رصد الأرض لم ينقذ الأرواح فحسب، بل قلل أيضاً من الأضرار التي لحقت بالبنية التحتية وسبل العيش.

وعلاوةً على ذلك، أبرزت الاستجابة لإعصار Tauktae أهمية مشاركة المجتمعات المحلية في جهود إدارة الكوارث. وكان لوزارة الاتصالات في الهند دور حيوي في ضمان عدم انقطاع خدمات الاتصالات خلال الإعصار، وتيسير نشر الاتصالات والمعلومات للمجتمعات المتضررة. وتعاون مشغلو الاتصالات الرئيسيون مع وزارة الاتصالات للحفاظ على البنية التحتية وإنشاء غرف حرب مركزة لإدارة جهود الترميم، وهو ما يدل على وجود نهج منسق للاستجابة للكوارث.

وتجسد هذه الممارسة كيف يمكن لتكامل تكنولوجيات رصد الأرض، بدعم من التعاون بين منظمة الأبحاث الفضائية في الهند ووكالة ناسا، أن يعزز التأهب للكوارث والاستجابة لها في الهند. ومن خلال الاستفادة من الأنظمة المتقدمة لرصد الأرض، أصبح البلد مجهزاً بشكل أفضل لمراقبة التغيرات البيئية والاستجابة بفعالية للتحديات المتعلقة بالمناخ، وهو ما ساهم في نهاية المطاف في زيادة قدرة المجتمعات على الصمود في وجه تغير المناخ.

²³ الوثيقة (Rev.1) [SG2RGQ/21](#) للجنة الدراسات 2 التابعة لقطاع تنمية الاتصالات والمقدمة من الهند.

التوصيات السياسية

استناداً إلى الرؤى المكتسبة من حالة استخدام الهند لتكنولوجيات رصد الأرض في التكيف مع تغير المناخ، يمكن تقديم التوصيات السياسية التالية:

تعزيز التعاون الدولي: تشجيع الشراكات بين وكالات الفضاء الوطنية والمنظمات الدولية، مثل التعاون بين منظمة الأبحاث الفضائية في الهند (ISRO) ووكالة ناسا. ويمكن أن يعزز ذلك تبادل البيانات ونقل التكنولوجيا وبناء القدرات في تطبيقات رصد الأرض فيما يتعلق بإدارة الكوارث والتكيف مع المناخ.

الاستثمار في البنية التحتية لرصد الأرض: تخصيص التمويل لتطوير وصيانة أنظمة ساتلية رصد الأرض والبنية التحتية الأرضية. وينبغي أن يركز هذا الاستثمار على توسيع شبكة السواتل وتحسين قدرات معالجة البيانات لضمان نشر المعلومات بدقة وفي الوقت المناسب.

تعزيز إمكانية النفاذ إلى البيانات وسياسات البيانات المفتوحة: تعزيز النفاذ المفتوح إلى بيانات رصد الأرض، حسب الاقتضاء، لجميع أصحاب المصلحة، بما في ذلك الوكالات الحكومية والباحثين والمجتمعات المحلية. وتؤدي السياسات الواضحة لتبادل البيانات إلى تيسير التعاون وتمكين المجتمعات من استخدام بيانات رصد الأرض لاتخاذ القرارات والتأهب للكوارث على المستوى المحلي.

دمج تكنولوجيات رصد الأرض في الخطط الوطنية لإدارة الكوارث: دمج تكنولوجيات رصد الأرض ضمن أطر إدارة الكوارث القائمة على المستويين الوطني والمحلي. وينبغي أن يشمل هذا الدمج تدريب المستجيبين لحالات الطوارئ والسلطات المحلية على كيفية استخدام الفعال لبيانات رصد الأرض من أجل تقييم المخاطر وتخطيط الاستجابة.

تعزيز المشاركة المجتمعية والتعليم: تطوير برامج لتثقيف المجتمعات حول فوائد تكنولوجيات رصد الأرض وكيفية تفسير بيانات رصد الأرض والتصرف بناءً عليها. ويمكن أن يؤدي إشراك السكان المحليين في مبادرات التأهب للكوارث إلى تعزيز القدرة على الصمود وضمان تبليغ المعلومات بفعالية.

دعم البحث والتطوير في تكنولوجيات رصد الأرض: تشجيع المبادرات البحثية التي تركز على تحسين تكنولوجيات رصد الأرض، بما في ذلك التطورات في تحليل البيانات. ويمكن أن يؤدي دعم الابتكار في هذا المجال إلى استحداث أدوات أكثر تطوراً لرصد التغيرات البيئية والتنبؤ بالكوارث.

وضع استراتيجية وطنية لرصد الأرض: صياغة استراتيجية وطنية شاملة لاستخدام تكنولوجيات رصد الأرض في التكيف مع تغير المناخ وإدارة الكوارث. وينبغي أن تحدد هذه الاستراتيجية أهدافاً وأدواراً ومسؤوليات واضحة لمختلف أصحاب المصلحة، وهو ما يكفل اتباع نهج منسق للاستفادة من القدرات في مجال رصد الأرض.

ومن خلال تنفيذ هذه التوصيات السياسية، يمكن للبلدان أن تعزز قدراتها على الصمود في وجه تغير المناخ وتحسين قدراتها على الاستجابة للكوارث الطبيعية، وفي نهاية المطاف حماية المجتمعات المحلية وتعزيز التنمية المستدامة.

الفصل 3 – التحديات ودراسات الحالة المتعلقة بتغير المناخ

1.3 التكنولوجيات الجديدة ودراسات الحالة الخاصة بالتخفيف من آثار تغير المناخ والتكيف معها

استُكشفت إمكانات الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات وغيرها من التكنولوجيات الجديدة والناشئة لمكافحة تغير المناخ، في أطر مختلفة، مثل الفريق المتخصص التابع لقطاع تقييس الاتصالات (ITU-T) والمعني بالكفاءة البيئية من أجل الذكاء الاصطناعي والتكنولوجيات الناشئة الأخرى (FG-AI4EE)، وتقرير الاتحاد الدولي للاتصالات بشأن تحويل الابتكار في مجال التكنولوجيا الرقمية إلى عمل مناخي، ولجنة الدراسات 5 التابعة لقطاع تقييس الاتصالات، والتي تغطي مواضيع مثل المجالات الكهرومغناطيسية، والبيئة، والعمل المناخي، والرقمنة المستدامة، والاقتصاد الدائري.

وأُجريت العديد من دراسات الحالة في لجنة الدراسات 2 التابعة لقطاع تنمية الاتصالات خلال فترة الدراسة هذه وعرضت هايتي استراتيجيات لتعزيز الرقمنة واعتماد الخدمات عبر الإنترنت على نطاق أوسع لتحقيق فوائد بيئية أكبر. ولرقمنة العمليات بفعالية، يجب رقمنة الوثائق المادية، وكذلك العمليات الجديدة، بما في ذلك الوثائق القانونية والوثائق الحكومية، بالكامل، وإتاحة الحوسبة السحابية للمواطنين لتخزين وثائقهم الرقمية، وإتاحة جميع المعاملات إلكترونياً. بالإضافة إلى ذلك، يجب تثقيف المستخدمين وتدريبهم على استعمال هذه الخدمات. وليتبنى المواطنون والشركات الخدمات الإلكترونية، يجب أن تكون هذه الخدمات سريعة، ومتاحة على مدار الساعة، ومتاحة عالمياً، ومنخفضة التكلفة، وآمنة، وقابلة للتنبع، ومرنة، ومدعومة بدعم فوري.²⁴

وعرضت جمهورية مدغشقر دراسة حول تكنولوجيا eSIM، وهي طريقة لدمج بطاقات SIM في الأجهزة المتنقلة، والتي تُعتبر جزءاً أساسياً من مستقبل التوصيلية المتنقلة وإنترنت الأشياء. وخلافاً لبطاقات SIM التقليدية، تُعد البطاقات eSIM أكثر مراعاة للبيئة، إذ تقلل من إنتاج البلاستيك والتغليف والنقل. ووفقاً لدراسة أجراها معهد فراونهوفر للموثوقية والتكامل الدقيق (IZM)، فإن انبعاثات البطاقات eSIM الكربونية أقل بنسبة 46 في المائة من بطاقات SIM التقليدية. وفي مدغشقر، توفر تكنولوجيا eSIM للمستخدمين توصيلية سلسلة دون الحاجة إلى بطاقات SIM فعلية. ونظراً لتوقع وصول مبيعات أجهزة eSIM إلى 14 مليار جهاز بحلول عام 2030، فستساهم هذه التكنولوجيا في تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وتعزيز الحماية البيئية.²⁵

وسلّطت الهند الضوء على الآثار القاسية للكوارث المتعلقة بالمناخ على مدى العقدين الماضيين، ولا سيما ارتفاع الفيضانات التي تؤثر على الهجرة والاقتصادات. وناقشت مساهمة من الهند تطبيق التكنولوجيات الرائدة، مثل الذكاء الاصطناعي والمركبات الجوية بدون طيار وإنترنت الأشياء، في معالجة تغير المناخ، ولا سيما في القضايا المتعلقة بالمياه. وتبحث المنظمة العالمية للأرصاد الجوية والاتحاد الدولي للاتصالات وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة في إمكانات الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بالكوارث الطبيعية والتخفيف من آثارها. وفي الهند، يعزز الذكاء الاصطناعي التنبؤ بالطقس، وهو مساهمة حيوية بالنظر إلى تعرض البلاد للظواهر الجوية المتطرفة. ويتعاون المركز الوطني الهندي للتنبؤ بالطقس على المدى المتوسط وإدارة الأرصاد الجوية الهندية ومكتب الأرصاد الجوية في المملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وأيرلندا الشمالية في مشروع استيعاب وتحليل بيانات الرياح الموسمية الهندية لتحسين البيانات الجوية. وتؤكد الوثيقة على دور الذكاء الاصطناعي في مواجهة تغير المناخ وتحسين التأهب للكوارث ودعم أهداف التنمية المستدامة (SDG).²⁶

²⁴ الوثيقة [SG2RGQ/27](#) للجنة الدراسات 2 التابعة لقطاع تنمية الاتصالات والمقدمة من هايتي.

²⁵ الوثيقة [2/138](#) للجنة الدراسات 2 التابعة لقطاع تنمية الاتصالات والمقدمة من مدغشقر.

²⁶ الوثيقة [2/236](#) للجنة الدراسات 2 التابعة لقطاع تنمية الاتصالات والمقدمة من الهند.

2.3 الممارسات الجيدة ودراسات الحالة الخاصة بإدارة الكوارث من خلال عمليات رصد الأرض

في عالمنا المعاصر، برز تغير المناخ كواقع لا يمكن إنكاره، وأصبحت آثاره، لا سيما في صورة الظواهر الجوية المتطرفة كالأعاصير المدارية، أكثر تواتراً وشدةً. وتُشكل هذه الكوارث الطبيعية تهديدات جسيمة لحياة الإنسان والبنية التحتية والبيئة. ومع ذلك، أصبح التقدم التكنولوجي، وخاصةً في مجال رصد الأرض عبر السواتل، أداةً حاسمةً في التخفيف من آثار هذه الكوارث.

دراسة حالة: الهند²⁷

رصد الأرض أداة مبتكرة تستخدم التكنولوجيا الساتلية لرصد الغلاف الجوي للأرض وأنماط الطقس. ولهذه التكنولوجيا دور محوري في إدارة المخاطر المتعلقة بالمناخ من خلال توفير بيانات دقيقة عن أحوال الطقس، مثل هطول الأمطار وسرعة الرياح وتكوين العواصف. وتتيح سواتل رصد الأرض المراقبة المستمرة لسطح الأرض وتقلبات الطقس، مما يساعد في إنشاء أنظمة إنذار مبكر وتنبؤات جوية دقيقة، مما يُمكن السلطات من اتخاذ الاحتياطات اللازمة قبل وقوع الكارثة. وأصبحت القدرة على التنبؤ بالأعاصير والمخاطر الجيولوجية الأخرى ومراقبتها باستخدام رصد الأرض أمراً لا غنى عنه في إدارة المخاطر المرتبطة بتغير المناخ.

وتتعاون الهند مع مختلف الوكالات للتخفيف من آثار الأعاصير من خلال تكنولوجيات رصد الأرض المتقدمة. وتتبع سواتل منظمة الأبحاث الفضائية في الهند ووكالة ناسا تطورات الأعاصير وتراقبها لتوفير الإنذارات المبكرة. وتقوم إدارة الأرصاد الجوية الهندية بدور محوري في التنبؤ وإطلاق الإنذارات في الوقت المناسب. وتعزز الجهود التعاونية مع الهيئات الدولية والمنظمة العالمية للأرصاد الجوية استراتيجيات التأهب للكوارث والاستجابة لها.

وتستخدم الهند أيضاً سواتل تابعة لوكالة ناسا والإدارة الوطنية لدراسة المحيطات والغلاف الجوي في الولايات المتحدة لتوفير بيانات أساسية وتفصيل مباشرة عن مسار العواصف/الأعاصير وشدتها باستخدام التصوير بالأشعة تحت الحمراء.

وبالإضافة إلى رصد الأرض، تؤدي وزارة الاتصالات في الهند دوراً رئيسياً في الحفاظ على الاتصالات أثناء الأعاصير. وينسق موردو خدمات الاتصالات الهندية، مثل بهارتي إيرتل وجيو وي إس إن إل، الجهود لضمان استمرارية الخدمة من خلال تخزين مصادر طاقة بديلة ونشر أبراج اتصالات متنقلة في إطار الاستجابة. ويتم إنشاء غرف عمليات لمعالجة انقطاعات الخدمة وضمان استعادتها بسرعة. وهو مما يبرز أهمية رصد الأرض وتكنولوجيا المعلومات والاتصالات في إدارة الكوارث. ومن شأن الاستخدام المناسب زمنياً للبيانات وأنظمة الاتصالات الساتلية، أن يقلل إلى أدنى حد من الخسائر في الأرواح وأضرار البنية التحتية، مما يؤكد أهمية هذه التكنولوجيات في إدارة الكوارث الطبيعية.

دراسة حالة: الفريق المعني برصد الأرض

بالإضافة إلى عمليات رصد الأرض التي تقوم بها وكالات مختلفة، يُعدّ عمل الفريق المعني برصد الأرض جديراً بالثناء، إذ يُعزز شراكات استراتيجية تطوّر حلولاً علمية لدعم السياسات الوطنية والدولية. كما يُشجّع الفريق التعاون بين مُوردي البيانات الساتلية من القطاعين العام والخاص والحكومات، بهدف تحسين جمع بيانات رصد الأرض وإمكانية النفاذ إليها. كما يُساعد الفريق البلدان منخفضة ومتوسطة الدخل من خلال تقديم تراخيص ومنح مجانية من شركات رائدة في مجال خدمات الحوسبة السحابية والبيانات الجغرافية المكانية. وقد أصبحت الشراكات بين القطاعين العام والخاص عنصراً متزايد الأهمية في عمل الفريق GEO، إذ يُمثّل هذا الإنجاز عقدين من التقدم.

وبالإضافة إلى ذلك، يُشارك الفريق المعني برصد الأرض في وضع أطلس النظم الإيكولوجية العالمية،²⁸ وهو مورد إلكتروني مفتوح مُصمم لمراقبة حالة النظم الإيكولوجية وتغيراتها في جميع أنحاء العالم والإبلاغ عنها. وتهدف هذه الأداة إلى حث اتخاذ إجراءات عاجلة لحماية التنوع البيولوجي وتشجيع الحلول القائمة على الطبيعة في مكافحة تغير المناخ من خلال توفير منصة يمكن النفاذ إليها لفهم التحديات البيئية العالمية ومعالجتها. وسيساعد هذا الأطلس في الحد من التحديات التي تواجهها الاقتصادات الناشئة في سد الفجوة الرقمية وتقييم أثر تغير المناخ.

²⁷ الوثيقة (Rev.1) SG2RGQ/21 للجنة الدراسات 2 التابعة لقطاع تنمية الاتصالات والمقدمة من الهند.

²⁸ Sara Venturini. الفريق المعني برصد الأرض (GEO). GEO for climate action. ورشة عمل قطاع تنمية الاتصالات بالاتحاد الدولي للاتصالات حول تكنولوجيا المعلومات والاتصالات المراعية للبيئة والتكنولوجيات الناشئة للتخفيف من آثار تغير المناخ، جنيف، 29 مايو 2023.

وُعدّ رصد الأرض أمراً بالغ الأهمية لمواجهة التحديات العالمية، مثل تغير المناخ وفقدان التنوع البيولوجي. ومن خلال تعزيز النفاذ المفتوح للبيانات وتعزيز عمليات التعاون، يدعم رصد الأرض التنمية المستدامة واتخاذ القرارات المستنيرة. وتوفر مبادرات مثل أطلس النظم الإيكولوجية العالمية أدوات قيّمة لمراقبة النظم الإيكولوجية ودفع عجلة العمل بشأن القضايا البيئية. ومع استمرار تطور تكنولوجيا رصد الأرض، يظل دورها في مواجهة التحديات البيئية العالمية أساسياً لبناء مستقبل أكثر استدامة.

3.3 التحديات التي تواجهها الاقتصادات الناشئة في مكافحة الآثار الضارة لتغير المناخ

إن الفجوة الرقمية، التي تحد من وصول الاقتصادات الناشئة إلى الحلول التكنولوجية القيّمة للعمل المناخي، تضع أمام هذه الاقتصادات عقبات هائلة في مكافحتها للآثار السلبية لتغير المناخ. ووفقاً لبرنامج الأمم المتحدة الإنمائي (UNDP)،²⁹ فإن الثورة الرقمية تمثل أكبر فرصة لنا لتسريع التنمية وأكبر خطر علينا لنخلف الناس عن الركب. وعلى الرغم من أن الحلول الرقمية يمكن أن تساعد في تحقيق 70 في المائة من أهداف التنمية المستدامة (SDG)، فإنه في عام 2023، ظل 2,6 مليار شخص غير موصولين بالإنترنت، وخاصة في الدول منخفضة الدخل

وبالإضافة إلى ذلك، ومع تنامي استخدام المنتجات والخدمات الرقمية، تزداد أيضاً كمية الطاقة والمياه المستخدمة وانبعاثات غازات الاحتباس (GHG) الحراري والمخلفات الإلكترونية الناتجة، وفقاً للاتحاد الدولي للاتصالات.³⁰ ويتطلب النمو في عمليات الرقمنة المزيد من الطاقة، مما يزيد من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري. وقد أدت صعوبة الحصول على بيانات دقيقة بشأن كمية غازات الاحتباس الحراري التي يساهم قطاع تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في انبعاثها، والتي تتراوح بين 1,5 في المائة و4 في المائة من انبعاثات الكربون العالمية، إلى إعاقة جهود وضع السياسات والتخفيف من آثارها.

ويتطلب تمكين الاقتصادات الناشئة من مواجهة الآثار السلبية لتغير المناخ سد الفجوة الرقمية. وتواجه هذه البلدان تحديات في سعيها إلى تبني ممارسات مستدامة، وتعزيز تأهبها للكوارث، ووضع استراتيجيات تكييفية، نظراً لافتقارها إلى النفاذ العادل إلى الموارد الرقمية، مما يجعلها أكثر عرضة لآثار الاحترار العالمي.

وتواجه الاقتصادات الناشئة تحديات في الاستفادة من عمليات رصد الأرض، مثل الصور الساتلية وبيانات أجهزة الاستشعار، لمعالجة آثار تغير المناخ. وفي حين أن عمليات الرصد هذه ضرورية لرصد التغيرات البيئية مثل انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، وإزالة الغابات، وحرائق الغابات، إلا أن مشكلات مثل تجزؤ البيانات ومحدودية النفاذ إليها تعيق استخدامها الفعال. وعلى الرغم من التقدم التكنولوجي المحرز، لا تزال صعوبة النفاذ إلى البيانات عالية الدقة وترجمتها إلى حلول قابلة للتنفيذ تُشكلان عائقاً كبيراً، لا سيما بالنسبة للبلدان الأكثر تضرراً من الفجوة الرقمية.

وتحتاج الاقتصادات الناشئة إلى نفاذ مفتوح إلى بيانات رصد الأرض. وإن الدعوة إلى المزيد من البيانات المفتوحة، والبرمجيات المفتوحة، والمعايير المفتوحة، والعلوم المفتوحة (انظر الشكل 2) لسد الفجوة الرقمية من خلال المعارف المفتوحة، ستساعد في تعزيز التعاون بين موردي البيانات الساتلية من القطاعين العام والخاص، والحكومات، وشركات الخدمات السحابية والبيانات الجغرافية المكانية الرائدة، لتحسين جمع البيانات وإمكانية النفاذ إليها. فعلى سبيل المثال، يُساعد الفريق المعني برصد الأرض البلدان منخفضة ومتوسطة الدخل بتراخيص ومنح مجانية لتعزيز قدرتها على استخدام بيانات رصد الأرض.

<https://www.undp.org/blog/undp-core-funding-powering-sustainable-development-where-it-matters-most> 29

<https://www.itu.int/en/mediacentre/backgrounders/Pages/climate-change.aspx> 30

الشكل 2: النفاذ المفتوح إلى بيانات رصد الأرض لسد الفجوة الرقمية



المصدر: الفريق المعني برصد الأرض³¹

4.3 إدراج "مراعاة البيئة" ضمن سياسات تكنولوجيا المعلومات والاتصالات الوطنية

1.4.3 الحاجة الملحة إلى سياسات مراعية للبيئة لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات

لقد أحدث قطاع تكنولوجيا المعلومات والاتصالات تحولاً كبيراً في الاقتصادات والمجتمعات حول العالم، إلا أنه ساهم بشكل كبير في انبعاثات غازات الاحتباس الحراري والتدهور البيئي. وفي ظل مواجهة المجتمع العالمي للتحديات الملحة التي يفرضها تغير المناخ، من الضروري دمج مبادئ "مراعاة البيئة" ضمن سياسات تكنولوجيا المعلومات والاتصالات الوطنية.

ورغم أن قطاع تكنولوجيا المعلومات والاتصالات يُعدّ محركاً للنمو الاقتصادي والابتكار، فإنه يُساهم بشكل كبير في الانبعاثات العالمية. ووفقاً للتقرير الصادر عن البنك الدولي بعنوان التحول الرقمي المراعي للبيئة³²، فإن انبعاثات غازات الاحتباس الحراري المباشرة الصادرة عن هذا القطاع كبيرة، ومع تسارع وتيرة الرقمنة، من المتوقع أن ترتفع هذه الانبعاثات ما لم تُتخذ تدابير استباقية.

ويقوم الاتحاد الدولي للاتصالات بدور هام في الجهود العالمية الرامية إلى تدنية الأثر البيئي لقطاع تكنولوجيا المعلومات والاتصالات. فبالتعاون مع التحالف العالمي للمقارنة المرجعية، يتتبع الاتحاد انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، واستهلاك الطاقة، والالتزامات المناخية لشركات التكنولوجيا الكبرى. ويوضح التقرير المعنون "نحو شركات رقمية مراعية للبيئة" لعام 2024³³ الممارسات الفضلى لتحقيق صافي انبعاثات صفري وتقليل البصمة البيئية، مشجّعاً الشركات على تبني استراتيجيات تتوافق مع الممارسات المستدامة. وتتماشى هذه المبادرة مع الهدف الشامل للاتحاد الدولي للاتصالات المتمثل في تعزيز التحول الرقمي المستدام. كما يساهم الاتحاد في العمل المناخي العالمي من خلال تطوير أدوات لتتبع انبعاثات غازات الاحتباس الحراري في قطاع تكنولوجيا المعلومات والاتصالات، بما في ذلك مشروع مشترك مع البنك الدولي لإنشاء قاعدة بيانات عالمية للانبعاثات الصادرة عن صناعة تكنولوجيا المعلومات والاتصالات، مما يساعد البلدان في جهودها الرامية إلى تحقيق صافي انبعاثات صفري³⁴.

وعلى الرغم من الرقمنة السريعة التي تشهدها بعض البلدان، فإن العديد من البلدان الأخرى تفتقر إلى القدرة على الإبلاغ بدقة عن انبعاثات قطاع تكنولوجيا المعلومات والاتصالات. ولمواجهة هذه التحديات، ينبغي لسياسات تكنولوجيا المعلومات والاتصالات الوطنية أن تحدد أهدافاً واضحة لقياس انبعاثات غازات الاحتباس الحراري الناتجة عن التحول الرقمي بدقة، وتهدف إلى تدنية أو الحد من نمو هذه الانبعاثات قدر الإمكان.

³¹ Sara Venturini. الفريق المعني برصد الأرض (GEO). [GEO for climate action](#). ورشة عمل قطاع تنمية الاتصالات بالاتحاد الدولي للاتصالات حول تكنولوجيا المعلومات والاتصالات المراعية للبيئة والتكنولوجيات الناشئة للتخفيف من آثار تغير المناخ، جنيف، 29 مايو 2023.

³² البنك الدولي (2004). [Green Digital Transformation: How to Sustainably Close the Digital Divide and Harness Digital Tools for Climate Action](#).

³³ الاتحاد الدولي للاتصالات. [التقرير "نحو شركات رقمية مراعية للبيئة لعام 2024"](#).

³⁴ الوثيقة [SG2RGQ/185](#) للجنة الدراسات 2 التابعة لقطاع تنمية الاتصالات والمقدمة من مكتب تنمية الاتصالات.

دراسة حالة: الهيئة التنظيمية للاتصالات الإلكترونية (ARCEP) (فرنسا)³⁵

أشرفت هيئة تنظيم الاتصالات الإلكترونية الفرنسية (ARCEP) على التنظيم الاقتصادي للبنى التحتية للشبكات منذ عام 1997. وإدراكاً منها لإمكانات الرقمنة في خفض انبعاثات الكربون في مختلف الصناعات، وهو المفهوم الذي يُطلق عليه اسم تكنولوجيا المعلومات المراعية للبيئة، بدأت الهيئة ARCEP في معالجة المخاوف البيئية خلال الفترة 2019-2020، مدفوعةً بالنمو السريع في أحجام البيانات، وسعات الشبكات، وتجديد الأجهزة، وانخفاض معدلات إعادة التدوير. كما ساهم الوعي العام، لا سيما فيما يتعلق بتكنولوجيات مثل الجيل الخامس، في هذا التحول.

واستجابةً لذلك، أطلقت الهيئة ARCEP مبادرات لتقييم البصمة البيئية للقطاع الرقمي والتخفيف من حدتها. وشمل ذلك جمع البيانات البيئية من مشغلي الاتصالات وإجراء استقصاءات سنوية حول "تحقيق الاستدامة الرقمية". وباستخدام منهجيات فعالة وشفافة، تحقق البيانات التي تجمعها الهيئة ARCEP من الجهات الفاعلة في القطاع الرقمي عدة أهداف رئيسية. فهي تحسن قياس الآثار البيئية، مما يُفيد واضعي السياسات ويدعم وضع اللوائح التنظيمية المناسبة. كما تُشجع الشركات على تبني ممارسات أكثر استدامة، وتُوفر أدوات لتمكين المستخدمين وعامة الناس. وأجرت الهيئة ARCEP أيضاً دراسة بتكليف حكومي لتقييم الأثر البيئي للتكنولوجيات الرقمية في فرنسا، مع توقعاتٍ للأعوام 2020 و2030 و2050.

دراسة حالة: الهند

تسعى الهند، باقتصاد ناشئ، إلى تحقيق صافي انبعاثات صفري بحلول عام 2070، وقد أحرزت تقدماً ملحوظاً في مجال العمل المناخي. وقد طبقت البلاد سياسات طموحة للطاقة المتجددة وبرامج لكفاءة استخدام الطاقة، وهي تسير على الطريق الصحيح لتحقيق أهدافها المتعلقة بالانبعاثات لعام 2030. كما تعمل الهند على تعزيز ممارسات تكنولوجيا المعلومات والاتصالات المراعية للبيئة، مثل التشارك في أبراج الاتصالات لاستمثال الموارد، واستخدام الطاقة المتجددة من طرف أبراج الاتصالات المتنقلة. وتواصل البلاد الاستثمار في البحث والتطوير في مجال تكنولوجيا الطاقة المتجددة، وتروج لمعدات الطاقة المراعية للبيئة، وتستكشف بدائل مثل خلايا الوقود التي تعمل بالهيدروجين ومولدات الديزل الحيوي. وسيكون تحسين تيسر الطاقة في مواقع الاتصالات وتقليل استهلاك الديزل أمراً بالغ الأهمية لتحقيق الاستدامة طويلة الأجل في قطاع الاتصالات.

وعلاوةً على ذلك، شجعت وزارة الاتصالات في الهند الإنتاج المراعي للبيئة. وقد تم إنشاء مختبر لمنح جواز مراعاة البيئة لتوحيد معايير الاختبار وإصدار الشهادات لمعدات الاتصالات للحصول على جواز مراعاة البيئة. وسيقوم المختبر باختبار كفاءة الطاقة للشبكات البصرية المنفصلة بسرعات الغيغابت، وشبكات الإنترنت البصرية المنفصلة بسرعات الغيغابت، ومسيرات بروتوكول الإنترنت، ومسيرات الحافة، ومعدات الاتصالات الأخرى.

2.4.3 دمج مبادئ مراعاة البيئة ضمن سياسات تكنولوجيا المعلومات والاتصالات الوطنية

إن دمج مبادئ مراعاة البيئة ضمن سياسات تكنولوجيا المعلومات والاتصالات الوطنية ليس مجرد ضرورة بيئية، بل هو أيضاً فرصة استراتيجية للبلدان لتعزيز قدرتها على الصمود في مواجهة تغير المناخ. فمن خلال موازنة التحول الرقمي مع أهداف الاستدامة، يمكن للبلدان تعزيز النمو الاقتصادي مع تدنية الأضرار البيئية. علاوةً على ذلك، يمكن أن يحفز التحول إلى تكنولوجيا المعلومات والاتصالات المراعية للبيئة توفير فرص العمل في القطاعات الناشئة التي تركز على الاستدامة والابتكار. ومع استثمار البلدان في التكنولوجيات المراعية للبيئة، يمكنها تطوير أسواق وصناعات جديدة تسهم في التنوع الاقتصادي. ويكتسب هذا أهمية خاصة في سياق جائحة كوفيد-19 التي أصبحت خلالها الحاجة إلى استراتيجيات تعافي مرنة وشاملة أمراً بالغ الأهمية.

وبناءً على هذا الزخم، من الضروري اتخاذ خطوات ملموسة لضمان نجاح دمج مبادئ مراعاة البيئة ضمن السياسات الوطنية لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات. ولدى جميع بلدان العالم تقريباً سياسات واستراتيجيات وطنية لتكنولوجيا المعلومات. وتحقق هذه الاستراتيجيات التوازن بين النمو الاقتصادي وتعزيز تكنولوجيا المعلومات والاتصالات والإدماج الرقمي والاستدامة البيئية.

³⁵ Anne Yvrande Billon. الهيئة الفرنسية لتنظيم الاتصالات الإلكترونية (ARCEP)، فرنسا. قياس الأثر البيئي للنظام الإيكولوجي الرقمي: فصل جديد من تنظيم الهيئة ARCEP. قطاع تنمية الاتصالات: ورشة عمل بشأن اعتبارات الاقتصاد الدائري والتكنولوجيات الجديدة لمكافحة تغير المناخ، جنيف، 6 مايو 2024.

ويمكن لدمج مبادئ مراعاة البيئة ضمن السياسات الوطنية لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات أن يساعد على مواجهة تحديات الرقمنة السريعة وتغير المناخ. ففي حين أن قطاع تكنولوجيا المعلومات والاتصالات يدفع بالنمو الاقتصادي، فإنه يساهم أيضاً بشكل كبير في انبعاثات غازات الاحتباس الحراري العالمية. ويمكن للبلدان وضع أهداف واضحة لقياس هذه الانبعاثات والحد منها، كما يتضح من الممارسات الجيدة في الهند والهيئة ARCEP في فرنسا وجمهورية كوريا من خلال مبادرتها في مجال تكنولوجيا المعلومات المراعية للبيئة. وتبرز هذه الأمثلة أيضاً أهمية المنهجيات القوية ومشاركة القطاعين العام والخاص.

وإن دمج الاستدامة في سياسات تكنولوجيا المعلومات والاتصالات لا يُعالج المخاوف البيئية فحسب، بل يمكن أن يتيح أيضاً فرصاً استراتيجية للتنوع الاقتصادي وتوفير فرص العمل في القطاعات المراعية للبيئة.

وفيما يلي استراتيجيات ملموسة لتحقيق الدمج المتعمق لمبادئ مراعاة البيئة ضمن سياسات تكنولوجيا المعلومات والاتصالات الوطنية:

- (1) **اتساق السياسات ودمجها:** ينبغي دمج اعتبارات الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات ضمن سياسات المناخ، والعكس صحيح، إذ يُعدّ هذا النهج المزدوج أساسياً لتعميم مراعاة البيئة في قطاع تكنولوجيا المعلومات والاتصالات وتعزيز قدرات العمل المناخي.
- (2) **الأطر الاستراتيجية:** ينبغي وضع أطر استراتيجية تربط صراحةً الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات بالعمل المناخي. على سبيل المثال، يُستشهد بالصفقة الجديدة في جمهورية كوريا كمثال ناجح لتوظيف التكنولوجيات الرقمية في المبادرات المناخية مع معالجة العمل المناخي داخل قطاع تكنولوجيا المعلومات والاتصالات.
- (3) **التدابير التنظيمية:** ينبغي وضع تدابير تنظيمية أو غير تنظيمية للحد من البصمة البيئية للبنية التحتية لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات، مثل مراكز البيانات وشبكات الاتصالات. ويمكن أن يشمل ذلك وضع معايير لكفاءة استخدام الطاقة وتعزيز شهادات مراعاة البيئة.
- (4) **التعاون بين القطاعات:** ينبغي تعزيز التعاون الوثيق بين مختلف مجالات السياسات، بما في ذلك الطاقة والمرافق والصناعة، لتعزيز اتباع نهج متكاملة في وضع السياسات. ويُعدّ هذا التعاون بالغ الأهمية لتعزيز فعالية التحولات الرقمية والمراعية للبيئة.
- (5) **الابتكار والمعايير:** ينبغي تحسين الأبحاث والمعايير والابتكار في قطاع تكنولوجيا المعلومات والاتصالات من أجل فهم ارتباطه بتغير المناخ بشكل أفضل. ويُعدّ تعزيز المنهجيات والقدرات على مستوى البلدان أمراً أساسياً لإعداد تقارير دقيقة عن الانبعاثات ووضع معايير معترف بها دولياً.
- (6) **إشراك أصحاب المصلحة:** ينبغي إشراك القطاعين العام والخاص والمجتمع المدني وجماعات المستهلكين في وضع وتنفيذ سياسات تكنولوجيا المعلومات والاتصالات المراعية للبيئة لتعزيز المبادرات الطوعية وتشجيع الالتزام بأهداف الاستدامة.

دراسة حالة: مبادرات تكنولوجيا المعلومات المراعية للبيئة في جمهورية كوريا³⁶

قامت حكومة جمهورية كوريا، منذ إطلاق استراتيجيتها الوطنية لتكنولوجيا المعلومات المراعية للبيئة عام 2009، بتنفيذ العديد من المبادرات لتعزيز الاستدامة في قطاع تكنولوجيا المعلومات والاتصالات. وتشمل هذه الجهود إطلاق برنامج لإصدار شهادات مراعاة البيئة عام 2010، ووضع معايير لمراكز البيانات المراعية للبيئة عام 2012، وتمويل العديد من مشاريع البحث والتطوير التي ترفعها الحكومة والتي تركز على مراكز البيانات المراعية للبيئة وتكنولوجيات شبكات الاتصالات. وفي مايو 2017، أدمجت سياسات تكنولوجيا المعلومات والاتصالات المراعية للبيئة ضمن استراتيجية طويلة الأجل أوسع نطاقاً، مدعومة بالتزام سياسي قوي (استراتيجية الحياد الكربوني لعام 2050)، واستثمارات كبيرة في البنية التحتية (الصفقة الكورية الجديدة)، وبحث وتطوير التكنولوجيا المتطورة (استراتيجية ابتكار التكنولوجيا المحايدة بالنسبة لانبعاثات الكربون)، وإطار قانوني شامل لضمان نجاح مبادرات مراعاة البيئة هذه (قانون الحياد الكربوني). وفي حين أن الحكومة تقود الجهود باستخدام أدوات تنظيمية واقتصادية لإزالة الكربون من قطاع تكنولوجيا المعلومات والاتصالات، فإن الشركات الخاصة تؤدي أيضاً دوراً رئيسياً من خلال اعتماد تدابير الاستدامة طوعية لدعم الجهود الوطنية لتعميم مفهوم مراعاة البيئة.

³⁶ البنك الدولي (2024). [Green Digital Transformation: How to Sustainably Close the Digital Divide and Harness Digital Tools for Climate Action](#). 66 الإطار 2.4.

ومن خلال دعم الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات التي تراعي تأثيرها البيئي واستدامتها، يمكن للبلدان تعزيز قدرتها على الصمود في مواجهة تغير المناخ وتبني استراتيجيات تعافي شاملة. وفي نهاية المطاف، تُعدّ مواءمة التحول الرقمي مع أهداف الاستدامة أمراً بالغ الأهمية لضمان عدم إلحاق الضرر بالبيئة من خلال فوائد تطورات تكنولوجيا المعلومات والاتصالات، مما يمهّد الطريق لمستقبل أكثر مراعاة للبيئة وأكثر استدامة.

5.3 دمج تكنولوجيا المعلومات والاتصالات ضمن الالتزامات المناخية الوطنية

يُمثل تغير المناخ أحد أكثر التحديات إلحاحاً في عصرنا، مما يستلزم استجابات عاجلة ومبتكرة من دول العالم. وبينما تسعى البلدان جاهدة للوفاء بالتزاماتها المناخية بموجب الاتفاقيات الدولية مثل اتفاقية باريس، تبرز حاجة ماسة إلى تعزيز فعالية هذه الجهود وشفافيتها ومساءلتها. وفي هذا الصدد، يُعدّ دمج الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات ضمن الاستراتيجيات المناخية الوطنية أمراً أساسياً لتحقيق أهداف مناخية طموحة وضمان مستقبل مستدام.

ويكشف المشهد الحالي للالتزامات المناخية الوطنية عن تحديات كبيرة تعيق التقدم. وتواجه العديد من البلدان نقصاً في البيانات، وصعوبات في الرصد، ونقصاً في الحلول المبتكرة المتاحة والمُصممة خصيصاً لسياقاتها الخاصة. ولا تُعيق هذه القيود قدرة الحكومات على تتبع التقدم بفعالية فحسب، بل تُقيد أيضاً قدرتها على تنفيذ التدخلات اللازمة في الوقت المناسب.

ولحسن الحظ، تُتيح الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات، من قبيل إنترنت الأشياء وسواتل رصد الأرض، إمكانات تحويلية لمواجهة هذه التحديات. ومن خلال تحسين جمع البيانات، وتعزيز عمليات صنع القرار، يُمكن لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات أن تُعزز بشكل كبير العمل المناخي وتُحفز التغيير المنهجي.

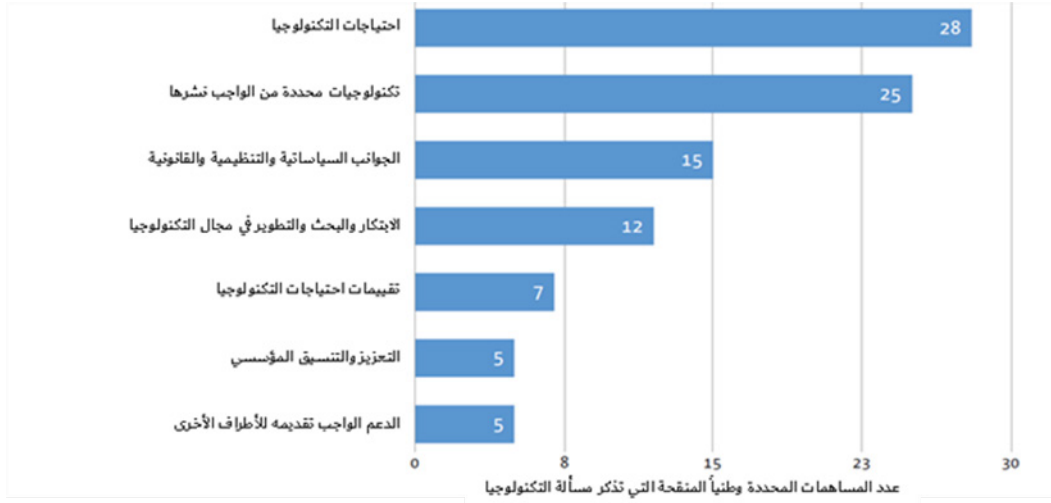
ويبرز كتاب التكنولوجيا الخضراء (طبعة التخفيف) الصادر عن المنظمة العالمية للملكية الفكرية (WIPO)، كيفية دمج الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات بفعالية في جهود التخفيف من آثار المناخ في مختلف القطاعات - بما في ذلك الزراعة والغابات والصناعات التحويلية - مظهراً أن التكنولوجيا الرقمية أصبحت تكنولوجيا أساسية مهمة في التكنولوجيا الخضراء. ويشير الكتاب مراراً إلى الرقمنة والروبوتات والذكاء الاصطناعي وتكنولوجيا المعلومات والاتصالات والتعلم الآلي، مما يُثبت أن تكنولوجيا المعلومات والاتصالات تؤدي دوراً مهماً، ليس فقط في حد ذاتها، بل في تطبيقاتها الأوسع.³⁷

وتساعد الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات، سواء بمفردها أو بالاشتراك مع تكنولوجيات أخرى، البلدان على تحقيق مساهماتها المحددة وطنياً (NDC). ووفقاً لتقرير اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ (UNFCCC) حول التكنولوجيا والمساهمات المحددة وطنياً، فإن 90 بالمائة من المساهمات المحددة وطنياً تحتوي على معلومات حول التكنولوجيا، على الرغم من عدم وجود أي شرط من هذا القبيل في اتفاق باريس أو قرارات مؤتمر الأطراف التابعة له (COP).³⁸

³⁷ Shanar Tabrizi. (2024). دور التكنولوجيات الرقمية الناشئة في التخفيف من آثار تغير المناخ والتكيف معها، ورشة عمل المسألة 6/2 للجنة الدراسات 2 التابعة لقطاع تنمية الاتصالات، 6 مايو 2024، الصفحات 4-9.

³⁸ اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ. (2021). [Technology and nationally determined contributions: stimulating the uptake of technologies in support of nationally determined contribution implementation](#)، الصفحة 8.

الشكل 3: جوانب التكنولوجيا المشار إليها في المساهمات المحددة وطنياً



المصدر: اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ³⁹

تُركّز المعلومات المتعلقة بالتكنولوجيا في المساهمات المحددة وطنياً على الجوانب التالية، كما هو موضح في الشكل أعلاه: احتياجات التكنولوجيا العامة (28 طرفاً)؛ وتكنولوجيات محددة من الواجب نشرها (25)؛ والجوانب السياسية والتنظيمية والقانونية (15)؛ والابتكار والبحث والتطوير في مجال التكنولوجيا (12)؛ وتقييمات احتياجات التكنولوجيا (TNA) (7)؛ والتعزيز والتنسيق المؤسسي (5)؛ والدعم الواجب تقديمه للأطراف الأخرى لتطوير التكنولوجيا ونقلها (5). وبناءً على ذلك، يتضح أن التكنولوجيات، بما فيها التكنولوجيات الرقمية، تُعتبر بالفعل عوامل مهمة ووجيهة لتحقيق المساهمات المحددة وطنياً. لذلك، ينبغي على واضعي السياسات وضع السياسات والحوكمة الفعالة اللازمة لتطبيق هذه التكنولوجيات على نطاق أوسع.

ومع تزايد توجه الدول نحو الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات كوسيلة لتعزيز التزاماتها المناخية، لا سيما في سياق المساهمات المحددة وطنياً، يُبرز كتاب التكنولوجيا الخضراء الصادر عن المنظمة العالمية للملكية الفكرية الدور الحاسم الذي تقوم به التكنولوجيا والابتكار في مواجهة تحديات المناخ. وإن جزءاً كبيراً من الحلول اللازمة لخفض انبعاثات غازات الاحتباس الحراري العالمية إلى النصف بحلول عام 2030 متاحة بالفعل. لذا، من الضروري أن يطبق واضعو السياسات استراتيجيات لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات قابلة للدمج بفعالية في الالتزامات المناخية الوطنية لإحداث تقدم ملموس نحو تحقيق المساهمات المحددة وطنياً. وستحدث هذه السياسات والجهود السياسية أثراً سريعاً مع اتساع نطاق انتشار الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في الصعيدين الوطني والدولي، وفي القطاعين العام والخاص.

وتُتيح الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات إمكانات تحويلية لتعزيز كفاءة وفعالية العمل المناخي. فهي تعزز جمع البيانات وتحليلها ونشرها بشكل أفضل، وهو أمر أساسي لاتخاذ قرارات مستنيرة. فعلى سبيل المثال، يمكن للاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات، من خلال إنترنت الأشياء، أن تسهل الرصد في الوقت الفعلي للانبعاثات واستخدام الموارد والآثار البيئية، مما يُمكن الحكومات من تتبّع التقدم المُحرز في تحقيق مساهماتها المحددة وطنياً بدقة أكبر. ومن خلال الاستفادة من البيانات الضخمة والتحليلات، يُمكن للبلدان تحديد الاتجاهات، وتقييم فعالية سياساتها المناخية، وإجراء التعديلات اللازمة لضمان تحقيق الأهداف.

وعلاوةً على ذلك، تُعزز الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات إشراك الجمهور ومشاركته في العمل المناخي. ويمكن الاستفادة من وسائل التواصل الاجتماعي والتطبيقات المتنقلة والمنصات الإلكترونية لرفع مستوى الوعي بقضايا المناخ، وتعزيز الممارسات المستدامة، وتشجيع مشاركة المواطنين في المبادرات المناخية. ومن خلال تعزيز ثقافة الاستدامة والمسؤولية الجماعية، يمكن للدول حشد المجتمعات المحلية للمساهمة في تحقيق أهدافها المناخية، مما يُعزز أثر مساهماتها المحددة وطنياً.

كما يدعم دمج استراتيجيات الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات تطوير حلول مبتكرة يمكنها أن تُعالج تحديات مناخية محددة. فعلى سبيل المثال، تُسهّل الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات الانتقال إلى مصادر الطاقة المتجددة من خلال استمثال أنظمة إدارة الطاقة وتمكين الشبكات الذكية. ولا تُعزز هذه

³⁹ المرجع نفسه.

التطورات كفاءة استخدام الطاقة فحسب، بل تُقلل أيضاً من الاعتماد على الوقود الأحفوري، بما يتماشى مع الأهداف الشاملة للعديد من المساهمات المحددة وطنياً. وعلاوةً على ذلك، يُمكن للاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات أن تدعم الممارسات الزراعية المستدامة من خلال الزراعة الدقيقة، التي تُقلل إلى أدنى حد من استخدام الموارد مع تعظيم الإنتاج، مما يُسهم في الأمن الغذائي والتكيف مع تغير المناخ.

ومع ذلك، فإن الدمج الناجح لاستراتيجيات الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات ضمن الالتزامات المناخية الوطنية يتطلب إطاراً متيناً يذلل العقائق المحتملة. ويشمل ذلك الاستثمار في البنية التحتية للاتصالات، وضمان النفاذ العادل إلى التكنولوجيا، وتعزيز التعاون بين الحكومات والجهات الفاعلة في القطاع الخاص والمجتمع المدني. وإضافةً إلى ذلك، يُعد بناء القدرات أمراً أساسياً لتزويد أصحاب المصلحة بالمهارات اللازمة للاستفادة الفعالة من تلك الأدوات. ومن خلال تهيئة بيئة تمكينية للابتكار، يمكن للبلدان إطلاق العنان لكامل إمكانات الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في تحقيق أهدافها المناخية.

الفصل 4 - المبادئ التوجيهية المقارنة للتخفيف من آثار تغير المناخ

يمثل التحول المزدوج للتحول الرقمي والاستدامة، فرصة محورية لإعادة تشكيل العالم. ويمكن لكلا التحولين المساعدة في تحقيق أهداف التنمية المستدامة وتعزيز إمكانات كل منهما من خلال التعاون الإيجابي. ويمتد ذلك إلى كيفية تعاملنا مع تغير المناخ، وفقدان التنوع البيولوجي، والتلوث. ويمكن التحدي في تحفيز هذين التحولين معاً: ينبغي أن ينظر صانعو السياسات في كيفية مساهمة الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في تعزيز أهداف الاستدامة، وكيفية تمكين الاستدامة من خلال الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات. وقد أكد القرار التاريخي لجمعية الأمم المتحدة للبيئة باعتماد التحول الرقمي كمجال عمل رئيسي لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة (2022-2025) على دور الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في التصدي للأزمات البيئية العالمية.

ويركز الدفع نحو التحول الرقمي المستدام على التقليل إلى أدنى حد من المخاطر البيئية للاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات. وتستهلك هذه التكنولوجيات حالياً 3 في المائة من الطاقة العالمية، وتنتج ما بين 2 و4 في المائة من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري العالمية، وتتطلب كميات كبيرة من المعادن النادرة، مثل الليثيوم والكوبالت، والذي من المتوقع أن يرتفع الطلب عليها بنسبة 500 في المائة بحلول عام 2050.⁴⁰ ومع ذلك، فإن الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات لديها أيضاً القدرة على التمكين من تحقيق الاستدامة من خلال توفير حلول للتحديات البيئية. فعلى سبيل المثال، تساعد بعض المنصات على مراقبة جودة الهواء العالمية، ويستخدم نظام الإنذار والاستجابة للميثان⁴¹ بيانات ساتلية لتتبع انبعاثات الميثان، مما يوفر بيانات قابلة للتنفيذ في الوقت الفعلي لأغراض التخفيف.

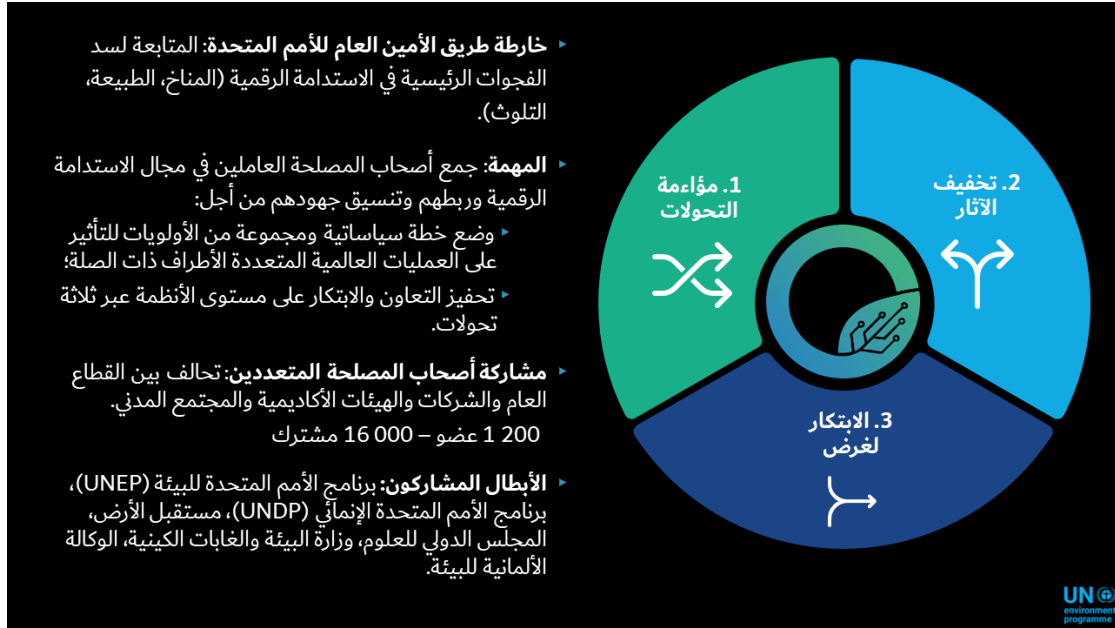
وعلاوةً على ذلك، تتيح الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات الشفافية والدائرية في سلاسل التوريد، كما هو موضح في الجواز الرقمي للمنتج، الذي يتتبع معلومات المنتج لدعم إعادة التدوير وتقليل المخلفات. وتعمل التكنولوجيات أيضاً على تمكين المستهلكين من اتخاذ خيارات مستدامة، كما يتضح من المبادرات في مجال التجارة الإلكترونية وتحالف اللعب من أجل الكوكب، إذ تعمل ألعاب الفيديو على تعزيز الاستدامة. وتساعد الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات أيضاً على الاستغلال الأمثل للموارد كما هو موضح في أجهزة استشعار جودة الهواء Sparrow التي توفر بيانات في الوقت الفعلي.

وينبغي أن تتناول الاستراتيجيات الوطنية الأهداف البيئية والمناخية بشكل صريح، وأن تستفيد من البيانات لدعم التنمية المستدامة ووضع بنية تحتية مراعية للبيئة فيما يتعلق بالاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات لجمع البيانات البيئية وتحليلها. ولدى الحكومات والمنظمات الدولية فرص للنهوض بهذه الأهداف من خلال أطر مثل الميثاق الرقمي العالمي ومبادرات مثل التحالف من أجل الاستدامة البيئية الرقمية (CODES)، الذي ييسر العمل الجماعي في مجال الاستدامة الرقمية.

⁴⁰ David Jensen. برنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP). التحول المزدوج: التكنولوجيات الرقمية للتخفيف من آثار المناخ. قطاع تنمية الاتصالات: ورشة عمل بشأن تكنولوجيا المعلومات والاتصالات المراعية للبيئة والتكنولوجيات الناشئة من أجل التخفيف من آثار تغير المناخ، جنيف، 29 مايو 2023.

⁴¹ <https://www.unep.org/topics/energy/methane/international-methane-emissions-observatory/methane-alert-and-response-system>

الشكل 4: التحالف من أجل الاستدامة البيئية الرقمية



المصدر: برنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP) 42

وفي الختام، يمكن للتحويل الرقمي والتحول نحو الاستدامة⁴³ أن يعملوا جنباً إلى جنب كعملية انتقالية مزدوجة. وتوفر الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات إمكانات كبيرة للمراقبة البيئية والشفافية واتخاذ القرارات، ولكن يجب معالجة أثرها البيئي. ومن خلال مواءمة التحويل الرقمي مع أهداف الاستدامة، يمكننا العمل من أجل مستقبل أكثر قدرة على الصمود وإنصافاً واستدامة، مدعوماً بالتعاون الدولي الوثيق وتبادل الممارسات الجيدة فيما يتعلق بسياسات تكنولوجيا المعلومات والاتصالات المراعية للبيئة.

1.4 السياسات والمبادئ التوجيهية

أدى تطبيق الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات عبر مختلف القطاعات إلى تطورات كبيرة في الكفاءة وقدرات صنع القرار. ومع ذلك، فإن هذه الفوائد تأتي بتكلفة بيئية كبيرة، لا سيما من حيث استهلاك الطاقة. وتُعرف أنظمة الذكاء الاصطناعي، خاصة أثناء مرحلة التدريب للنماذج الكبيرة، باستخدامها العالي للكهرباء، وهو ما يساهم في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. ويؤثر تصميم الرقائق وأنظمة التبريد ومعمارية مراكز البيانات وكفاءة البرامج ومصادر توليد الكهرباء على بصمة الطاقة هذه. والجدير بالذكر أن عملية تطبيق نماذج الذكاء الاصطناعي المدربة على البيانات الجديدة، قد يمثل ما يصل إلى 90 في المائة من إجمالي تكاليف الطاقة. وينبغي لوضع السياسات أيضاً أن يستكشفوا إمكانية استخدام الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات والتحول الرقمي الذي تتيحه للمساعدة على إزالة الكربون من العمليات الحكومية.

وتنطوي الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات على إمكانات تحويلية للتخفيف من آثار تغير المناخ، وتقدم حلولاً لتحسين تكامل الطاقة المتجددة وإدارة الشبكة وصيانة أصول الطاقة. ويمكنها أيضاً أن تعزز التكيف مع تغير المناخ من خلال تحسين أنظمة الإنذار المبكر، وقدرة البنية التحتية على الصمود، وإدارة الموارد المائية. وعلى الرغم من الفوائد التي يجلبها قطاع الاتصالات، يجب مراعاة الأثر البيئي لقطاع الاتصالات عند وضع السياسات، مع وضع مبادئ توجيهية واضحة لتحقيق التوازن بين استهلاك الطاقة ومسائل الاستدامة. وينبغي أن تستثمر الحكومات والمنظمات الدولية في تطوير اتصالات/تكنولوجيا معلومات واتصالات موفرة للطاقة لمواجهة تغير المناخ. ويجب عليها أيضاً أن تعزز التعاون الدولي لتبادل الممارسات الجيدة ودراسات الحالة حول الآثار البيئية للاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات.

42 David Jensen. برنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP). التحول المزدوج: التكنولوجيا الرقمية للتخفيف من آثار المناخ. قطاع تنمية الاتصالات: ورشة عمل بشأن تكنولوجيا المعلومات والاتصالات المراعية للبيئة والتكنولوجيا الناشئة من أجل التخفيف من آثار تغير المناخ، جنيف، 29 مايو 2023.

43 المرجع نفسه.

وقد بدأ قطاع الاتصالات في اعتماد حلول الذكاء الاصطناعي للحد من استهلاك الطاقة وتحقيق الأهداف المناخية. فعلى سبيل المثال، تهدف شركة T-Mobile إلى تحقيق صافي انبعاثات كربونية صفرية بحلول عام 2040، مع التركيز على تحسين استخدام طاقة الشبكات وإيقاف تشغيل مواقع الخلايا غير الفعالة. وبالمثل، نفذت شركة Sunrise في سويسرا برنامجاً لإدارة الطاقة يعتمد على الذكاء الاصطناعي، وهو ما أدى إلى انخفاض في استهلاك الطاقة بنسبة 10 في المائة. وينبغي أن تشجع السياسات والمبادئ التوجيهية شركات الاتصالات على اعتماد تكنولوجيا تتسم بالكفاءة في استخدام الطاقة ومواءمتها مع الأهداف المناخية الوطنية والدولية.

ويمكن للسياسات واللوائح الواضحة أن تسهم في تخفيف الأثر البيئي لقطاع الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات⁴⁴. وينبغي أن تشجع الحكومات استخدام مصادر الطاقة المتجددة في عمليات الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات، وأن تضع مبادئ للشفافية في مجال الطاقة، وأن تضع أطراً لرصد استهلاك الطاقة في شبكات الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات، بما في ذلك استخدامها للذكاء الاصطناعي. وينبغي أيضاً أن تعزز الشراكات بين القطاعين العام والخاص لدفع الابتكار في الحلول بشأن التدابير المناخية وأن تكفل أن تكون هذه الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات مستدامة ومتاحة للجميع ومفيدة لجميع الدول. ولضمان مساهمة الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات إسهاماً إيجابياً في الاستدامة البيئية، من الضروري وضع وتنفيذ سياسات ومعايير شاملة⁴⁵ تعالج الأثر البيئي لهذه الأنظمة. ومن خلال التركيز على رصد الأنشطة المرتبطة بالتقييم وإذكاء الوعي وتطوير فهم أوضح للأثر البيئي للاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات، وتحسين النفاذ إلى البيانات البيئية، ستمكّن هذه الحلول السياساتية من تطوير شبكات وخدمات أكثر استدامة. وسيكون النهج التعاوني الذي يضم أصحاب المصلحة من الحكومات والدوائر الصناعية والمجتمع المدني والأوساط الأكاديمية أمراً أساسياً لتحقيق هذه الأهداف وبناء مستقبل تعزز فيه الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات الاستدامة البيئية وقدرة العالم على الصمود في وجه تغير المناخ.

2.4 صياغة مبادئ توجيهية بشأن تقييم تغير المناخ والتخفيف من آثاره

ساهم النمو السريع للاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات بشكل كبير في انبعاثات الكربون واستهلاك الموارد، مما زاد ضرورة وضع استراتيجيات التخفيف من آثار تغير المناخ في هذا القطاع. ومع توسع التوصيلية، أصبح تنامي البصمة البيئية لشبكات الاتصالات ومراكز البيانات والأجهزة الإلكترونية مصدر قلق رئيسي. وفي فرنسا، احتلت هيئة تنظيم الاتصالات الإلكترونية (ARCEP) طليعة الجهات التي استجابت لهذه المشكلة، إذ بدأت جهوداً في الفترة 2019-2020 لتقييم الأثر البيئي للخدمات الرقمية والحد منه. ومن خلال جمع البيانات البيئية من مشغلي الاتصالات وغيرهم من أصحاب المصلحة الرقبيين، تهدف الهيئة ARCEP إلى إعلام صانعي القرار وتعزيز الممارسات المستدامة. وتُعَد هذه المبادرة جزءاً من الهدف الأوسع نطاقاً المتمثل في تحقيق الاستدامة الرقمية، وتتماشى مع التزام فرنسا بالحد من بصمتها الكربونية واستهلاكها للطاقة.

ومنذ عام 2019، تعالج الهيئة ARCEP⁴⁶ البصمة البيئية للاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات، مع التركيز على انبعاثاتها الكربونية واستهلاكها للموارد. وبدأت مبادرة الهيئة المعنونة "تحقيق الاستدامة الرقمية" بجمع البيانات من مشغلي الاتصالات لتقييم الأثر البيئي لخدماتهم. وفي عام 2021، وسّعت الهيئة ARCEP ولايتها لتشمل مصنعي المعدات المتنقلة ومراكز البيانات، ونشر دراسات استقصائية سنوية بشأن استهلاك الطاقة وانبعاثات غازات الاحتباس الحراري. ففي عام 2022 مثلاً، استهلكت شبكات الاتصالات 4,1 TWh من الكهرباء، مع انبعاثات تعادل 382 000 طن متري من ثاني أكسيد الكربون. وفي عام 2020، شكل قطاع الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات 10 في المائة من استهلاك الكهرباء في فرنسا و2,5 في المائة من البصمة الكربونية في البلد. ولمعالجة هذا الأمر، أصدرت الحكومة الفرنسية في عام 2021 قانوناً بشأن الحد من البصمة البيئية للقطاع الرقمي، المعروف بقانون REEN، كجزء من خارطة طريق أوسع نطاقاً للحد من الأثر البيئي للقطاع. وتؤكد جهود الهيئة ARCEP على الحاجة أهمية السياسات الواضحة والتعاون والممارسات المستدامة لتعزيز الاستدامة في قطاع الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات.

وسيوفر التوسع في جمع البيانات ليشمل مصنعي المعدات المتنقلة ومراكز البيانات ومشغلي الاتصالات صورة شاملة عن البصمة البيئية للقطاع. فمن خلال تعزيز التعاون وتشجيع الممارسات المستدامة عبر النظام

⁴⁴ الوثيقة SG2RGO/195 للجنة الدراسات 2 التابعة لقطاع تنمية الاتصالات والمقدمة من جمهورية كوريا.

⁴⁵ <https://www.itu.int/initiatives/green-digital-action/impact/green-computing/>

⁴⁶ Anne Yvrande Billon، الهيئة الفرنسية لتنظيم الاتصالات الإلكترونية (ARCEP)، فرنسا. قياس الأثر البيئي للنظام الإيكولوجي الرقمي: فصل جديد من تنظيم الهيئة ARCEP. قطاع تنمية الاتصالات: ورشة عمل بشأن اعتبارات الاقتصاد الدائري والتكنولوجيا الجديدة لمكافحة تغير المناخ، جنيف، 6 مايو 2024.

الإيكولوجي لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات، تؤدي مبادرات الهيئة ARCEP دوراً حاسماً في تشكيل مستقبل رقمي أكثر مراعاة للبيئة واستدامة.

ويجري وضع معايير لشفافية الطاقة لضمان مساهمة التكنولوجيات الرقمية، مثل الذكاء الاصطناعي، في التخفيف من آثار تغير المناخ بطريقة شفافة بيئياً. وينبغي أن تشجع الحكومات الشراكات بين القطاعين العام والخاص على تعزيز الحلول المبتكرة والممارسات المستدامة، مع منع أن تتسبب التكنولوجيات الرقمية في تفاقم التحديات البيئية.⁴⁷

ولتطوير الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات وإدماجها في السياسات المناخية دور حاسم في دفع عجلة التخفيف من آثار تغير المناخ. وسيكون التعاون الدولي ونهج أصحاب المصلحة المتعددين ضروريين لتحقيق حلول مستدامة في الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات وضمان مساهمة هذه التكنولوجيات في اقتصاد منخفض الكربون.

3.4 دور التكنولوجيات والتطبيقات الناشئة في التكيف مع تغير المناخ والتخفيف من آثاره

لا يمكن إنكار آثار تغير المناخ، لا سيما في الاقتصادات الناشئة التي يتعرض العديد منها للأعاصير المدارية المتكررة. وللاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات الناشئة، مثل رصد الأرض والاستشعار عن بعد وإنترنت الأشياء، دور حاسم في معالجة تغير المناخ من خلال جهود التكيف والتخفيف. فهذه التكنولوجيات تقدم حلولاً مبتكرة لمراقبة التحديات البيئية والتنبؤ بها والاستجابة لها. وبالإضافة إلى ذلك، تعمل التوائم الرقمية - وهي نسخ افتراضية لأنظمة العالم الحقيقي - على إحداث تحول جذري في المراقبة البيئية، مما يتيح تحليلاً تنبؤياً قائماً على جمع البيانات في الوقت الفعلي. وفي حين أن الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات تحسن الكفاءة في مختلف القطاعات، فإن استهلاكها للطاقة وتأثيرها البيئي يتطلبان الاهتمام لضمان الممارسات المستدامة.

وتُعدّ الهند من البلدان الأكثر عرضة للأعاصير، نظراً لموقعها الجغرافي. وقد أتاح اتباع نهج استباقي واستخدام تكنولوجيات رصد الأرض لتحسين دقة التنبؤات والإنذارات المبكرة، الحد بشكل كبير من أثر الأعاصير وإنقاذ الأرواح وحماية البنية التحتية، وتقليل تأثيرها على الاقتصاد.

وتوفر تكنولوجيات رصد الأرض،⁴⁸ بما في ذلك السواتل، بيانات في الوقت الفعلي عن أنماط الطقس، مما يتيح التنبؤ الدقيق بالأعاصير وأنظمة الإنذار المبكر. فمثلاً، خلال إعصار Tauktae في عام 2021، تبتعت سواتل رصد الأرض من منظمة الأبحاث الفضائية في الهند (ISRO) ووكالة ناسا تطوره، مما مكّن السلطات من التنبؤ بسرعات الرياح وإصدار تحذيرات في الوقت المناسب. وقد يسّر نظام الإنذار المبكر هذا، مقترناً برسائل الإبلاغ الفعالة، عمليات الإجلاء وتقليل الخسائر إلى أدنى حد. وتضطلع وزارة الاتصالات في الهند ومشغلو الاتصالات بدور حاسم في صيانة شبكات الاتصالات خلال مثل هذه الأعاصير.

وتساعد الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات على جمع مجموعات ضخمة من البيانات للاستغلال الأمثل للطاقة والتنبؤ بالظواهر المناخية وإبلاغ السياسات، مما يؤدي إلى زيادة الكفاءة في قطاعات مثل الزراعة والنقل والطاقة. وتوفر أنظمة رصد الأرض، باستخدام السواتل وأجهزة الاستشعار، بيانات في الوقت الفعلي عن أنماط الطقس وإزالة الغابات والكوارث الطبيعية، مما يتيح استراتيجيات أفضل للتخفيف.⁴⁹ وتكمل البيانات الضخمة هذه التكنولوجيات من خلال تحليل كميات كبيرة من المعلومات البيئية للتنبؤ بظواهر مثل الأعاصير والفيضانات، وتتبع اتجاهات الاحترار العالمي. وتوفر هذه التكنولوجيات مجتمعة فهماً أكثر شمولاً لتغير المناخ، وتحسين عملية صنع القرار والتأهب للكوارث.

وفي الاتحاد الروسي، يجسد مشروع "حوض نهر أوب إيرتيش الرقمي"⁵⁰ استخدام التوائم الرقمية للحفاظ على المياه وإدارة النظم الإيكولوجية. وقد بدأ المشروع في عام 2019، وهو يركز على حوض نهر أوب إيرتيش، أحد أكثر المسطحات المائية تأثراً بالصناعة في البلد. ويدمج التوأم الرقمي البيانات متعددة الأساليب المأخوذة من صور ساتلية والطائرات بدون طيار والقياسات الميدانية لمراقبة جودة المياه ومستويات التلوث وصحة

⁴⁷ David Jensen. برنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP). التحول المزدوج: التكنولوجيات الرقمية للتخفيف من آثار المناخ. قطاع تنمية الاتصالات: ورشة عمل بشأن تكنولوجيا المعلومات والاتصالات المراعية للبيئة والتكنولوجيات الناشئة من أجل التخفيف من آثار تغير المناخ، جنيف، 29 مايو 2023.

⁴⁸ الوثيقة SG2RGQ/21 (Rev.1) للجنة الدراسات 2 التابعة لقطاع تنمية الاتصالات والمقدمة من الهند.

⁴⁹ الوثيقة SG2RGQ/27 للجنة الدراسات 2 التابعة لقطاع تنمية الاتصالات والمقدمة من هايتي.

⁵⁰ الوثيقة SG2RGQ/171 للجنة الدراسات 2 التابعة لقطاع تنمية الاتصالات والمقدمة من الاتحاد الروسي.

النظام الإيكولوجي في الوقت الفعلي، مما يسهل التدخلات في الوقت المناسب والمساءلة عن الانتهاكات البيئية. ويُعدّ هذا المشروع، الذي تدعمه مختلف المناطق وأصحاب المصلحة، نموذجاً لاستراتيجيات الإدارة الإيكولوجية الأوسع نطاقاً.

ويعزز الفريق المعني برصد الأرض الشراكات عبر القطاعين العام والخاص للتمكين من مشاركة البيانات في الوقت الفعلي والمراقبة والتنبؤ. فمن خلال استخدام أجهزة الاستشعار الساتلية ومنصات البيانات الجغرافية المكانية، يساعد الفريق على تعزيز القدرة على الصمود في وجه تغير المناخ وتحسين فهم التغيرات البيئية. وثمة مشاريع رئيسية⁵¹ مثل الأطلس العالمي للنظم الإيكولوجية توفر رؤى مهمة حول تحولات النظام الإيكولوجي، ودعم الحلول القائمة على الطبيعة للتخفيف من آثار تغير المناخ. ويضمن تعاون الفريق GEO مع البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل الوصول العادل إلى التكنولوجيات المتقدمة، وهو ما يساعد جميع المناطق على المساهمة في التخفيف من آثار تغير المناخ والقدرة على الصمود.

وبتتيح دمج الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات ورصد الأرض وإنترنت الأشياء وضع استراتيجيات من قبيل التوائم الرقمية والتحليلات المتقدمة، ويُعدّ أمراً محورياً في التصدي لتغير المناخ. فهذه التكنولوجيات تمكّن من اتخاذ قرارات أكثر ذكاء وإجراء تنبؤات محسنة وإدارة أكثر فعالية للموارد. ويوضح نجاح مشروع حوض نهر أوب إيرتيش الرقمي فائدة التوائم الرقمية في التخفيف من آثار تغير المناخ واستعادة النظام الإيكولوجي. ومع ذلك، يجب استخدام الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات على نحو مستدام، كما يجب الاستثمار في الحلول الموفرة للطاقة، والطاقة المتجددة. وستكون الشراكات بين القطاعين العام والخاص عاملاً حاسماً لدفع الابتكار على الصعيد العالمي، وضمان دعم تلك الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات لأغراض التدابير المناخية، لا سيما في البلدان النامية. وتتيح مبادرات مثل الفريق العالمي لرصد الأرض جهود الرصد في الوقت الفعلي والقدرة على الصمود في جميع أنحاء العالم.

⁵¹ Sara Venturini. الفريق المعني برصد الأرض (GEO). [GEO for climate action](#). ورشة عمل قطاع تنمية الاتصالات بالاتحاد الدولي للاتصالات حول تكنولوجيا المعلومات والاتصالات المراعية للبيئة والتكنولوجيات الناشئة للتخفيف من آثار تغير المناخ، جنيف، 29 مايو 2023.

الفصل 5 - التحديات المتعلقة بالمخلفات الإلكترونية

تساهم التوصيلية وخدمات تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في النمو والإنتاجية والتوظيف والمساواة والحد من الفقر. ومع ذلك، فقد أدى انتشار هذه التكنولوجيات إلى تزايد المخلفات الإلكترونية التي تؤثر على صحة الإنسان والبيئة، مع ما يترتب على ذلك من آثار اجتماعية واقتصادية.

وقد أدى ذلك إلى ضرورة ملحة لحماية البيئة، والحفاظ على المواد الخام المستنفدة بشكل متزايد، وتعزيز الاقتصاد الدائري، ودعم نظام لإعادة استخدام المنتجات المصنعة في نهاية دورة حياتها. وينطوي دور السياسات في هذا المجال على وضع مبادئ توجيهية رفيعة المستوى بشأن تحديد مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية والتعرف عليها ومعالجتها، بينما تركز أدوات الإدارة على جمع المخلفات، وفرزها ومعالجتها بشكل منفصل واستعادة الأجزاء القيمة من المخلفات.

1.5 نظرة عامة على الاحتياجات الإقليمية لإدارة المخلفات الإلكترونية

لقد ثبت أن إدارة مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية تمثل تحدياً في العديد من الاقتصادات النامية، وخاصة في إفريقيا. وللمساعدة في تنسيق الجهود المبذولة لمكافحة الآثار المدمرة لمخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية، تعمل بلدان مثل بروندي وكنيا على وضع سياسات وطنية لإدارة المخلفات الإلكترونية. وتُثري هذه السياسات الوطنية تنفيذ أدوات إدارة مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية التي تمكّن من إعادة تدوير المواد المكونة لها، وهو مصدر دخل محتمل في الاقتصاد الدائري. وقد قدم الاتحاد الدولي للاتصالات الدعم التقني والمالي لبروندي في وضع وثيقة سياسات وطنية لإدارة مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية.

وفي العديد من الاقتصادات الناشئة والبلدان النامية، لا تزال إدارة مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية نشاطاً للقطاع غير الرسمي، الذي يفتقر إلى الموارد المادية والبشرية والمالية اللازمة. وتتجلى هيمنة القطاع غير الرسمي على القطاع الرسمي في الإحصاءات المتعلقة بمشكلة المخلفات الإلكترونية.

2.5 إذكاء الوعي بشأن الاستدامة⁵²

بشكل عام، يمكن أن يبلغ الوعي بشأن مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية مستوى أعلى، ولا توجد خيارات كافية للتخلص منها لتلبية الاحتياجات الحالية أو المستقبلية. وعلاوة على ذلك، لا تزال الفجوة بين الوعي والعمل الفعلي والتنفيذ هائلة، كما حدث في العديد من البلدان ذات الدخل المرتفع. ونظراً لمحدودية خيارات التخلص من مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية والبصمة البيئية للإنتاج، هناك زخم كبير لتعزيز الاستخدام الموسع لمنتجات هذه المعدات من خلال إصلاحها وتجديدها. ومع ذلك، لا تزال ممارسات إعادة التدوير السليمة بيئياً نادرة، ويعوقها انخفاض معدلات تجميع المخلفات ومحدودية البنية التحتية لإعادة التدوير في أجزاء كثيرة من العالم. ولمعالجة هذا الوضع، فإن زيادة الاستثمار في تطوير البنية التحتية، وزيادة الترويج للإصلاح وإعادة الاستخدام، وبناء القدرات، واتخاذ تدابير لوقف الشحنات غير القانونية من مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية، كلها أمور بالغة الأهمية.

وتعاني دول شمال إفريقيا من نقص مستمر في الوعي بأهمية جمع وإعادة تدوير مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية، على الرغم من أن بعض مشغلي شبكات الاتصالات المتنقلة ومنشآت معالجة مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية تُنفذ مبادرات إذكاء الوعي. ففي تونس، تعاونت منشأة معالجة مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية، Collectun D3E Recyclage، مع الوكالة الألمانية للتعاون الإنمائي الدولي (GIZ) في إطلاق حملة دعائية حَفَزَتْ أكثر من 30 شركة على تسليم مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية لإعادة تدويرها. وفي مصر، حدّد بعض المشغلين عدة فروع كنقاط لتجميع مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية، وتدعم وزارة البيئة إقامة منشآت معالجة لمخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية وفقاً لأعلى المعايير البيئية

⁵² معهد الأمم المتحدة للتدريب والبحث والاتحاد الدولي للاتصالات ومؤسسة كارميناك (Carmignac). [المرصد العالمي للمخلفات الإلكترونية، 2024.](#)

والتكنولوجية. وفي جميع أنحاء المنطقة، تُوفّر الأسواق المفتوحة لمخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية المُجمّعة تدفقاً من المواد لإعادة التدوير.

افتُتح مؤخراً مركز لجمع وفرز مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية في سكرة بتونس. ويجري إنشاء منشأة لمعالجة مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية بمساعدة الوكالة الكورية للتعاون الدولي، التي تدعم مشاريع لتحسين إدارة مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية في البلدان منخفضة الدخل، وستتولى المنشأة معالجة بعض المخلفات التي لا يُعاد تدويرها حالياً، مثل المبردات، والرغوة متعددة اليوريثان، والفريون، ومركبات الكلوروفلوروكربون/الهيدروفلوروكربون الأخرى، والشاشات التي تحتوي على أنابيب أشعة الكاثود. ونظراً لنقص منشآت معالجة مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية في المنطقة، فإن اتباع نهج أكثر تنسيقاً من شأنه أن يُسهّل نقل المواد عبر الحدود إلى مواقع تضمن الإدارة السليمة بيئياً لمخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية

وفي منطقة غرب إفريقيا، ستّ غانا ونيجيريا وكوت ديفوار تشريعات محددة بشأن إدارة مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية. ويؤكد كلّ من اللوائح البيئية الوطنية (قطاع المعدات الكهربائية والإلكترونية) (2022) في نيجيريا وقانون مراقبة المخلفات الخطرة والإلكترونية (917) (2016) في غانا على مبدأ مسؤولية المنتج الموسعة (EPR)، ولكن المعلومات المتوفرة حول كيفية عمل وأداء أنظمة مسؤولية المنتج الموسعة ضئيلة، وبالتالي، ليس من الواضح مدى تطبيق هذا المبدأ.

وفي غانا، يدفع جميع منتجي المعدات الكهربائية والإلكترونية "ضريبة بيئية" لهيئة الإيرادات الغانية، وفقاً لحصتهم السوقية؛ وتخصّص الأموال المجمعة لوكالة حماية البيئة في غانا، المسؤولة عن إقامة منشأة رسمية لإعادة تدوير مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية. وفي عام 2020، أنشأت عشر شركات إدارة مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية رابطة تُسمى رابطة المائدة المستديرة للمخلفات الإلكترونية، بموجب قانون مراقبة المخلفات الإلكترونية.

ويقوم البنك الألماني للتنمية بتمويل إنشاء مركز مخصص لشراء مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية من جامعي المخلفات غير الرسميين والأفراد وإنشاء نظام مستدام لإعادة تدوير مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية على المستوى الوطني.

وفي نيجيريا، يُدار نظام مسؤولية المنتج الموسعة (EPR) من قبل القطاع الخاص، وتُشغله منظمة مسؤولية منتجي المخلفات الإلكترونية في نيجيريا (EPRON)، وتُنظّمه الحكومة. وتحفظ منظمة EPRON بسجلّ لتحديد الحصص السوقية لمنتجي المعدات الكهربائية والإلكترونية، وعلى هذا الأساس تجمع رسوم مسؤولية المنتج الموسعة (EPR) التي تُخصّصها لعمليات الجمع وإعادة التدوير، وزيادة الوعي، والبحث، وتطوير المعايير، ووظائفها الإدارية الخاصة.

ويجري إحراز تقدّم في بلدان أخرى في غرب إفريقيا أيضاً. ففي جمهورية السنغال، أُعلن عن خطط في عام 2022 لوضع إطار تنظيمي لإدارة مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية، ولكنها تواجه حالياً تأخيرات. وفي انتظار دخول التشريع حيز النفاذ، تستمر أنشطة إذكاء الوعي والجمع والمعالجة المسبقة، بدعم من هيئة تنظيم الاتصالات. وتعمل جمهورية النيجر وجمهورية غامبيا حالياً على وضع استراتيجيات وطنية لإدارة مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية واعتمادها. ولا يمتلك أي من البلدين حالياً نظام رسمي لإدارة مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية أو إطار تنظيمي مناسب أو شبكة لجمع المخلفات. وعلى الرغم من أن إنتاج مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية في بلدان مثل النيجر ليس بالمستويات التي نراها في نيجيريا وغانا، فإن هناك احتمال أن تشهد النيجر زيادة في المستقبل القريب نتيجة للرقمنة.

وساهمت مبادرات أخرى في غرب إفريقيا في دفع عجلة جمع مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية رسمياً، على سبيل المثال، من خلال تدريب العاملين في القطاع غير الرسمي، وتنظيم التبرعات بمعدات الوقاية الشخصية. وبرزت مهنة إصلاح الهواتف المتنقلة كفرصة تسويقية واعدة للوظائف الفني، وقد أنشأت بعض دول المنطقة مراكز لهذا الغرض. فعلى سبيل المثال، في كوت ديفوار، يُعلّم مشروع Create Lab الذي أطلق عام 2020 في أبيدجان، الجمهور كيفية إصلاح مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية وإعادة استخدامها وتدويرها في مجتمعاتهم المحلية.

3.5 التبعات البيئية والصحية لإغفال اعتبار المخلفات الإلكترونية مواد خطرة⁵³

لا تزال إدارة مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية مصدر قلق وتتطلب اهتماماً وإجراء عاجلين: فمنذ عام 2010، زادت كمية مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية بخمسة أضعاف سرعة جمعها وإعادة تدويرها بشكل صحيح. وعلى الرغم من ذلك، هناك مجال للتفاؤل إذا اتخذت البلدان النامية إجراءات لإنشاء بنية تحتية لإدارة مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية وتنظيم إدارتها.

وعلى مستوى العالم، يُتوقع سيناريو تدريجي، ارتفاع المعدل العالمي للجمع وإعادة التدوير إلى 38 في المائة بحلول عام 2030. ويُشير التقييم الاقتصادي الشامل إلى أن هذا المعدل من شأنه أن يسمح بتحقيق الصافي من الانبعاثات. ويمكن تحقيق ذلك إذا حققت البلدان ذات الدخل المرتفع التي لديها بنية تحتية وتشريعات لإدارة مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية معدلات جمع تبلغ 85 في المائة بحلول عام 2030 (الهدف المحدد في تشريعات الاتحاد الأوروبي بشأن المخلفات الإلكترونية)، وإذا اتخذت البلدان النامية إجراءات لجمع مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية وإدارتها بمعدل 10 في المائة بطريقة سليمة بيئياً.

وفي سيناريو طموح، سيرتفع معدل جمع المخلفات وإعادة تدويرها عالمياً إلى 60 في المائة بحلول عام 2030. ويُشير التقييم الاقتصادي الشامل إلى أن الفوائد ستتجاوز التكاليف وستتجاوز 38 مليار دولار أمريكي. وذلك بفضل انخفاض التكاليف الخارجية على السكان والبيئة، والمساهمات النقدية الإيجابية لمكافحة ظاهرة الاحترار العالمي، وقيمة الموارد المستردة. وفي هذا السيناريو، سترفع جميع البلدان التي لديها بنية تحتية لإدارة مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية معدلات جمعها إلى 85 في المائة (أهداف الاتحاد الأوروبي)؛ وستبدأ البلدان ذات الدخل من متوسط إلى مرتفع والدخل المرتفع التي لا تمتلك بنية تحتية رسمية لإدارة مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية في تحويل هذه المخلفات من مكبات المخلفات؛ وستُحسن البلدان ذات الدخل المنخفض والدخل من منخفض إلى متوسط ظروف عمل القطاع غير الرسمي بهدف جمع وإدارة 40 في المائة من مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية لديها بطريقة سليمة بيئياً، ويؤدي بذل المزيد من الجهود التعاونية بين البلدان ذات الدخل المنخفض والبلدان ذات الدخل المرتفع إلى زيادة معالجة مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية المستعملة المستوردة.

ويؤثر التخلص غير المراقب من مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية تأثيراً مباشراً على البيئة وصحة الأفراد. ويتمثل أحد مصادر القلق بشكل خاص في إطلاق نحو 58 ألف كيلوغرام من الزئبق و45 مليون كيلوغرام من البلاستيك المحتوي على مثبطات اللهب المبرومة في البيئة كل عام بسبب ذلك.

وتُستخدم مثبطات اللهب وغيرها من المواد السامة والثابتة في الأجهزة وفي المعدات الكهربائية والإلكترونية التي تحتوي على المواد البلاستيكية. ويوجد حالياً 17 مليار كيلوغرام من مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية سنوياً، ويحتوي 59 مليون كيلوغرام منها على مثبطات اللهب، ويُقدر أن 45 مليون كيلوغرام منها لا تخضع للإدارة على النحو الصحيح. وتوجد معظم مثبطات اللهب (80 في المائة) في الشاشات وأجهزة العرض، ولكنها توجد أيضاً في هياكل أجهزة الحاسوب، ولوحات الدارات المطبوعة، والموصلات، والمرحلات، والأسلاك، والكبلات. وتمثل إعادة تدوير البلاستيك الذي يحتوي على مثبطات اللهب المبرومة تحدياً كبيراً نظراً لتكلفة فصله عن أنواع البلاستيك الأخرى. وتُسلط الدراسات الدولية حول الانبعاثات الناتجة عن حرق المواد المختلفة حرقاً غير مراقب، بما في ذلك المواد الخطرة، الضوء على المخاطر الصحية الناجمة عن استنشاق المعادن الثقيلة (مثل الرصاص والكاديوم والكروم والنحاس) ومثبطات اللهب المبرومة الموجودة في المخلفات الإلكترونية البلاستيكية

وكشفت دراسة حديثة إلى وجود خطر كبير يهدد 11 مليون من رواد الأعمال غير الرسميين في البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل، الذين يعملون بشكل مباشر في مجال المخلفات، فضلاً عن المجتمعات المحلية.

وتسهم إعادة تدوير معدات التبادل الحراري أيضاً في تغيير المناخ واستنفاد طبقة الأوزون. وتُعزى هذه الآثار الضارة البيئة جزئياً إلى بعض مواد التبريد التي قد يحتويها هذا النوع من المعدات. ووفقاً لمجموعات بيانات المرصد العالمي للمخلفات الإلكترونية، فإن 73 في المائة من جميع معدات التبادل الحراري في جميع أنحاء العالم تُدار بطريقة غير سليمة بيئياً. فالبلدان التي لا توجد بها تشريعات خاصة بمخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية (أي معظم البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل) تطلق مواد التبريد في الغلاف الجوي مباشرة.

بالإضافة إلى ذلك، رغم أن مركبات الهيدرو فلورو كربون لا تستنفذ طبقة الأوزون مباشرة، فإنها تساهم في تغيير المناخ إلى جانب مركبات الكلورو فلورو كربون والهيدرو كلورو فلورو كربون. وتخضع مركبات الهيدرو فلورو كربون للتنظيم بموجب بروتوكول كيوتو الملحق باتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغيير المناخ، والذي يهدف إلى

⁵³ المرجع نفسه.

تحقيق صافي انبعاثات صفري. كما تخضع بعض مركبات الهيدرو فلورو كربون للتنظيم بموجب بروتوكول مونتريال الذي يهدف إلى التخلص التدريجي منها. وإن التصدير غير المنظم لمخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية من البلدان ذات الدخل المرتفع إلى البلدان ذات الدخل المنخفض لإعادة التدوير قد يؤدي أيضاً إلى انبعاثات إضافية ناتجة عن النقل والمناولة، مما يزيد من انبعاثات الكربون الإجمالية. ومن الضروري تطبيق ممارسات سليمة لإدارة مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية، بما في ذلك عمليات إعادة التدوير المنظمة والتخلص المسؤول منها، واعتماد مبادئ الاقتصاد الدائري لتقليل المخلفات واستخدام الموارد.

4.5 تحديد المخلفات الإلكترونية وأهميتها وتأثيرها على الاقتصاد العالمي⁵⁴

تم توثيق إعادة تدوير أقل من ربع مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية المنتجة عالمياً في عام 2022؛ ومع ذلك، تحتوي مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية على موارد قيمة ومحدودة يمكن إعادة استخدامها إذا أعيد تدويرها بشكل مناسب. وبالتالي أصبحت مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية مصدر دخل مهم للأفراد وبعض المجتمعات. ويواجه الأشخاص الذين يعيشون في البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل، وخاصة الأطفال، أكبر المخاطر الناجمة عن مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية بسبب نقص اللوائح المناسبة وإنفاذها والبنية التحتية لإعادة التدوير والتدريب. وعلى الرغم من اللوائح الدولية بشأن نقل مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية من بلد إلى آخر، فإن حركتها عبر الحدود إلى البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل مستمرة، وغالباً ما تكون غير قانونية. وتعتبر مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية مخلفات خطرة لأنها تحتوي على مواد سامة ويمكن أن تنتج مواد كيميائية سامة عند إعادة تدويرها بشكل غير مناسب. ومن المعروف أو المشتبه فيه أن العديد من هذه المواد السامة تسبب ضرراً لصحة الإنسان، بما في ذلك الديوكسينات والبرصا والزرنيخ. وتشكل إعادة تدوير مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية على نحو غير مناسب تهديداً للصحة العامة والسلامة العامة.

وتحتوي العناصر الكهربائية والإلكترونية على العديد من المواد السامة المختلفة، ولكن من غير المرجح أن يتعرض المستخدمون لهذه المواد طوال فترة استخدام المعدات. ومع ذلك، بمجرد التخلص منها، يمكن أن تنطلق هذه المواد السامة في البيئة ما لم تتم إدارة التخلص منها بطريقة سليمة بيئياً. وقد لوحظت العديد من الممارسات غير السليمة في مواقع مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية، بما في ذلك:

- 1) نبش المخلفات؛
- 2) إلقاء المخلفات على الأرض أو في المسطحات المائية؛
- 3) الطمر مع المخلفات العادية؛
- 4) الحرق في العراء أو الحرق لأغراض التدفئة؛
- 5) حمامات الأحماض أو استخلاص الأحماض؛
- 6) نزع وتقطيع الطلاءات البلاستيكية؛
- 7) التفكيك اليدوي للمعدات.

وتُعتبر هذه الأنشطة خطرة على البيئة والصحة، إذ تُطلق ملوثات سامة، تُلوّث الهواء والتربة والغبار والمياه في مواقع إعادة التدوير وفي المجتمعات المحلية المجاورة. ويُعتبر الحرق والتسخين في العراء من أكثر الأنشطة خطورةً نظراً للأبخرة السامة المُنبعثَة. وبمجرد وصول هذه الملوثات السامة إلى البيئة، فإنها تنتقل لمسافات بعيدة من نقطة التلوث، مُعرّضة سكان المناطق البعيدة لمواد خطرة.

ويُعدّ الأطفال والنساء الحوامل أكثر عرضة لتأثيرات الملوثات الخطرة الناتجة عن أنشطة إعادة التدوير غير الرسمية لمخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية. ومن الممارسات الضارة للغاية استغلال الأطفال كمصدر للعمالة الرخيصة والتقاط المخلفات ونبشها وحرق مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية المهملة والتفكيك اليدوي للعناصر إلى أجزائها الصغيرة. وتعرّض هذه الأنشطة الأطفال بشكل مباشر للإصابة ولمستويات عالية من المواد الخطرة. وتصنف منظمة العمل الدولية (ILO) العمل في جمع المخلفات من أسوأ أشكال عمالة الأطفال. وفي عام 2020، قدرت منظمة العمل الدولية أن ما يصل إلى 16,5 مليون طفل على مستوى العالم

⁵⁴ منظمة الصحة العالمية (WHO). المخلفات الإلكترونية (e-waste)، 2024.

كانوا يعملون في القطاع الصناعي، والذي تعد معالجة المخلفات قطاعاً فرعياً منه⁵⁵. ولا يُعرف عدد الأطفال العاملين الذين يشاركون في عمليات إعادة تدوير مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية غير الرسمية.

وقد يرتبط التعرض لمخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية بالتأثيرات الصحية التالية أثناء الحمل وعند الرضع والأطفال:

- (1) نتائج سلبية على الأطفال حديثي الولادة، بما في ذلك زيادة معدلات ولادة الأجنة الميتة والولادة المبكرة؛
 - (2) نتائج سلبية على النمو العصبي والتعلم والسلوك، والتي ترتبط بشكل خاص بالرصاص المنبعث من أنشطة إعادة تدوير المخلفات الإلكترونية غير الرسمية؛
 - (3) انخفاض وظائف الرئتين والجهاز التنفسي وزيادة حالات الربو، والتي قد تكون مرتبطة بمستويات عالية من تلوث الهواء التي تميز العديد من مواقع إعادة تدوير مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية.
- ويُعدّ الأطفال والنساء الحوامل أكثر عرضة للمواد الخطرة المنبعثة من أنشطة إعادة تدوير مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية غير الرسمية. ويمكن للمواد الكيميائية السامة، مثل الزئبق، أن تعبر المشيمة وتلوث حليب الأم. ويعدّ الأجنة والأطفال الصغار أكثر عرضة من البالغين للعديد من الملوثات المنبعثة من إعادة تدوير مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية بسبب أجسامهم سريعة النمو، وخاصة أجهزتهم التنفسية والمناعية والجهاز العصبي المركزي. وتحتوي مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية على العديد من المواد السامة العصبية المعروفة، بما في ذلك الرصاص والزئبق، والتي قد تعطل نمو الجهاز العصبي المركزي أثناء الحمل والرضاعة والطفولة والمراهقة. وقد تؤثر بعض المواد السامة الضارة المنطلقة من مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية أيضاً على التطور الهيكلي ووظيفة الرئتين. وقد تسبب التغييرات في أجهزة الأطفال النامية ضرراً لا يمكن إصلاحه وتؤثر عليهم لبقية حياتهم.

الوقاية والإدارة

تُعدّ الإجراءات الوطنية والدولية ضرورية لحماية المجتمعات من أنشطة إعادة تدوير مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية غير السليمة. وتشمل الإجراءات التي يمكن اتخاذها ما يلي:

- (1) اعتماد وإنفاذ الاتفاقات الدولية رفيعة المستوى؛
- (2) ووضع وتنفيذ تشريعات وطنية لإدارة مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية، بما يحمي الصحة العامة
- (3) ودمج تدابير حماية الصحة في التشريعات الوطنية؛
- (4) ومراقبة مواقع مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية والمجتمعات المحلية المحيطة بها؛
- (5) وتنفيذ ومراقبة التدخلات التي تُحسن أنشطة إعادة تدوير مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية غير الرسمية، وتحمي الصحة العامة، وتضمن مصادر حيوية لإيرادات المجتمعات المحلية؛
- (6) وتثقيف العاملين في مجال الصحة على جميع المستويات بشأن قضايا صحة الطفل المتعلقة بمخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية؛
- (7) والقضاء على عمالة الأطفال.

الاتفاقات الدولية

تُنظّم اتفاقية بازل نقل المخلفات الخطرة عبر الحدود والتخلص منها. وهي اتفاقية بيئية شاملة تهدف إلى معالجة القضايا المتعلقة بإدارة المخلفات الخطرة، بما في ذلك مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية. وفي عام 2019، دخل تعديل الحظر على اتفاقية بازل حيز النفاذ، إذ حظر نقل المخلفات الخطرة، بما في ذلك مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية، من بلدان منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي (OECD) وبلدان المفوضية الأوروبية وإمارة ليختنشتاين إلى بلدان أخرى أطراف في الاتفاقية. وتُنظّم اتفاقية بازل برامج وورش عمل لوضع وتقديم إرشادات بشأن الإدارة السليمة بيئياً لمخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية. كما تزوّد الدول بمبادئ توجيهية حول كيفية التمييز بين المخلفات وغير المخلفات ونقل مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية عبر الحدود. كما توجد اتفاقيات إقليمية، بما في ذلك اتفاقية باماكو واتفاقية وايغاني. وقد نشأت كلتا الاتفاقيتين الإقليميتين استجابةً لاتفاقية بازل، وتهدفان إلى زيادة تقييد حركة المخلفات الخطرة، بما في ذلك مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية، في بلدان إفريقيا وجنوب المحيط الهادئ.

⁵⁵ منظمة العمل الدولية (ILO). عمالة الأطفال: التقديرات العالمية لعام 2020 والاتجاهات وسبل المضي قدماً. 2021.

الفصل 6 - الإجراءات المتخذة لمواجهة تحديات العمليات والإجراءات الخاصة بالمخلفات الإلكترونية

استجابةً للتحديات المذكور سابقاً، أطلق الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU) برنامجاً شاملاً⁵⁶ يهدف إلى تحسين الإدارة العالمية للمخلفات الإلكترونية. وتسعى هذه المبادرة إلى رفع المعدل العالمي لإعادة تدوير المخلفات الإلكترونية إلى 30 في المائة بحلول عام 2023، وتوسيع نطاق التشريعات الخاصة بالمخلفات الإلكترونية لتشمل 50 بلداً. ويشمل هذا البرنامج مشاريع تجريبية في البلدان النامية تركز على جمع المخلفات الإلكترونية وتفكيكها وتجديدها وإعادة تدويرها. وعلاوةً على ذلك، فإن جهود التخفيف، مثل حملات التوعية التي تستهدف أصحاب المصلحة الرئيسيين ومنح أرصدة الكربون للحد من الانبعاثات، ضرورية لتعزيز الإدارة المستدامة للمخلفات الإلكترونية.

وتتطلب معالجة المخلفات الإلكترونية عملاً جماعياً لزيادة الوعي وتنفيذ استراتيجيات فعالة لإعادة التدوير والحد من الأضرار البيئية. ومن خلال دمج هذه التدابير، يمكننا التخفيف من تأثير المخلفات الإلكترونية على كل من البيئة وصحة الإنسان. وترد أدناه تفاصيل بعض دراسات الحالة للجهود التي تبذلها الدول الأعضاء في الاتحاد والمنظمات في هذا الصدد.

وقد أصبحت إدارة المخلفات الإلكترونية في جمهورية الكاميرون⁵⁷ محور تركيز كبير، مع بذل جهود لتحسين معالجة المخلفات الإلكترونية وإعادة تدويرها. وعلى الرغم من وجود أطر قانونية، فإن التحديات في مجال الإنفاذ ومحدودية الموارد قد أبطأت التقدم.

ولدى الكاميرون لوائح تحدد مسؤولية المستخدم عن التخلص من المخلفات الإلكترونية، ولكنها لا تُنفذ بفعالية. ولم يُنشأ بعد مركز متخصص لمعالجة المخلفات الإلكترونية. غير أن المبادرات الأخيرة أدت إلى إنشاء مركز لمعالجة المخلفات الإلكترونية في دوالا. ويهدف هذا المشروع، الذي يدعمه مرفق البيئة العالمية، إلى التصدي لتحديات مثل القيود المالية والفجوات التكنولوجية. وسيعمل المركز على مركزية معالجة المخلفات الإلكترونية، بما في ذلك تفكيك المواد القيمة وتخزينها واستعادتها، مما يساهم في جهود الاستدامة في البلد.

ويمثل مشروع إدارة المخلفات الإلكترونية في الكاميرون خطوة هامة في استراتيجيتها لحماية البيئة والتنمية المستدامة، مع التركيز على استعادة الموارد ومعالجة التحديات الحرجة المتعلقة بالمخلفات الإلكترونية.

ويعمل قطاع الممارسة العالمية للتنمية الرقمية التابع للبنك الدولي⁵⁸ في أكثر من 100 بلد لتعزيز الاقتصادات الرقمية المزدهرة. وتشمل جهوده التمويل والخدمات الاستشارية والخبرة التقنية، ويحظى بدعم من مؤسسة التمويل الدولية ووكالة ضمان الاستثمار المتعدد الأطراف.

ويركز البنك الدولي على مجالات رئيسية مثل توسيع توصيلية النطاق العريض، وتشجيع الصناعات الرقمية، والاستفادة من الأدوات الرقمية من أجل بناء القدرة على الصمود في وجه تغير المناخ، وتعزيز الأمن السيبراني. وتهدف مبادرات رئيسية للبنك الدولي، مثل شراكة التنمية الرقمية ومبادرة تعريف الهوية من أجل التنمية، إلى تسريع الرقمنة الشاملة وتحسين الوصول إلى الحلول الرقمية في قطاعات مثل التعليم والرعاية الصحية والحوكمة. ويقدم البنك الدولي أيضاً الدعم للمناطق الهشة من خلال تعزيز تكنولوجيا المعلومات والاتصالات من أجل التنمية المستدامة وإدارة الكوارث، ومواءمة الجهود مع الأهداف المناخية العالمية.

ويعد التعاون بين القائمين بإعادة التدوير الرسميين والعمال غير الرسميين عاملاً أساسياً لتحسين إدارة المخلفات الإلكترونية.⁵⁹ ومن خلال دمج قدرات التجميع في القطاع غير الرسمي مع كفاءة المعالجة في القطاع الرسمي، يمكن للقطاعين تحسين معدلات إعادة التدوير والحد من الأضرار البيئية. وتعتبر الاستثمارات في البنية

⁵⁶ الوثيقة 2/45 للجنة الدراسات 2 التابعة لقطاع تنمية الاتصالات والمقدمة من كوت ديفوار.

⁵⁷ الوثيقة 2/38 للجنة الدراسات 2 التابعة لقطاع تنمية الاتصالات والمقدمة من الكاميرون.

⁵⁸ الوثيقة 2/74 للجنة الدراسات 2 التابعة لقطاع تنمية الاتصالات والمقدمة من البنك الدولي.

⁵⁹ الوثيقة 2/111 للجنة الدراسات 2 التابعة لقطاع تنمية الاتصالات والمقدمة من الهند.

التحتية، مثل منشآت المعالجة المتخصصة، حاسمة للتعامل مع المخلفات الإلكترونية بطريقة مسؤولة. ومن الضروري إضفاء الطابع الرسمي على القطاع غير الرسمي من خلال اللوائح والتدريب لإنشاء اقتصاد دائري وتحسين سلامة العمال وتعزيز الممارسات المستدامة.

وفي جمهورية إندونيسيا،⁶⁰ تُدار المخلفات الإلكترونية وفقاً للوائح المخلفات الخطرة التي تشرف عليها وزارة البيئة والغابات ووزارة الاتصالات والمعلوماتية. ومع ذلك، يفتقر البلد إلى لائحة خاصة بالمخلفات الإلكترونية.

وتُصنف المخلفات الإلكترونية في إندونيسيا على أنها مخلفات خطرة، مما يتطلب إدارة دقيقة للتخفيف من آثارها الضارة على البيئة والصحة. وقد أطلقت وزارة الاتصالات والمعلوماتية عدة مبادرات لتحسين إدارة المخلفات الإلكترونية في قطاع الاتصالات، بما في ذلك وضع خطة استراتيجية وطنية، ومشاريع تجريبية، وسياسات للتخلص المسؤول وإعادة التدوير. وبهذه الطريقة، تعمل إندونيسيا على تحسين معالجة المخلفات الإلكترونية والحد من مخاطرها البيئية والصحية.

وتُكثف الجهود الرامية إلى معالجة المخلفات الإلكترونية وتعزيز الاقتصاد الدائري في جميع أنحاء العالم. وقدم المرصد العالمي للمخلفات الإلكترونية لعام 2024⁶¹ رؤية محدثة بشأن الاتجاهات العالمية للمخلفات الإلكترونية، مع التركيز على التحديات والإحصاءات. وبدعم الاتحاد، بالشراكة مع معهد الأمم المتحدة للتدريب والبحث، مناطق مثل شرق إفريقيا وجنوبها في تنسيق بيانات المخلفات الإلكترونية، مع استفادة بلدان مثل بوروندي وكينيا من الدراسات الأساسية.⁶²

وتقوم الحكومات أيضاً بسن سياسات ولوائح.⁶³ فمثلاً، أطلقت الجمهورية الدومينيكية لوائحها الوطنية بشأن المخلفات الإلكترونية في أكتوبر 2023، بعد مشاورات مكثفة. وبدعم الاتحاد بلداناً مثل جمهورية رواندا وجمهورية زامبيا وباراغواي في وضع لوائح وطنية بشأن المخلفات الإلكترونية في إطار مسؤولية المنتج الموسعة.

وفي بوروندي، أُحرز تقدم كبير في إدارة مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية. وتمكنت منظمة مبادرات البحيرات العظمى لتمكين المجتمعات، وهي منظمة رئيسية، من جمع ومعالجة 32,6 طن متري من المخلفات الإلكترونية في عام 2022، وهو ما يبرز جهود البلد الرامية إلى معالجة مشكلة المخلفات الإلكترونية المتزايدة.

وتكشف بيانات عام 2022⁶⁴ عن أرقام التجميع الشهيرة، إذ عولج أعلى الكميات في أبريل (5,09 طن متري) وفبراير (4,05 طن متري) وسبتمبر (3,73 طن متري). وتسلسل هذه الجهود الضوء على التحديات المستمرة، بل وتظهر أيضاً التزام بوروندي بمعالجة مشكلة المخلفات الإلكترونية. ويتمثل الهدف الرئيسي في تقليل حجم مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية من خلال فرض معايير أكثر صرامة لجودة المنتج. وتكتسي مبادرات بناء القدرات في مختلف القطاعات أيضاً أهمية بالغة في دعم جهود إدارة مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية

وعلى الرغم من التحديات المستمرة، فإن اعتراف بوروندي بالحاجة إلى زيادة الوعي بالإدارة غير السليمة للمخلفات وتنفيذ سياسة "الملوث يدفع" هما خطوتان حاسمتان نحو زيادة المشاركة في جمع المخلفات وتعزيز الإدارة الشاملة للمخلفات الإلكترونية.

وفي عام 2020، التمتت الجمهورية الدومينيكية، من خلال المعهد الدومينيكي للاتصالات، المساعدة التقنية من الاتحاد الدولي للاتصالات لوضع لوائح لإدارة مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية. وأسفرت هذه المبادرة عن تحسينات إدارة المخلفات الإلكترونية في البلد.

وفي ديسمبر 2021⁶⁵، تم توقيع اتفاقية تعاون بين الوكالات بين المعهد الدومينيكي للاتصالات ووزارة البيئة والموارد الطبيعية في الجمهورية الدومينيكية للتركيز على التنمية المستدامة. وأكد هذا التعاون على استعادة مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية وتخزينها ونقلها وإعادة تدويرها من أجل الحد من توليد المخلفات. ونتيجة لذلك، تمت الموافقة على اللائحة التي تنشئ إطاراً وطنياً للإدارة المتكاملة لمخلفات المعدات الكهربائية

⁶⁰ الوثيقة 2/184 للجنة الدراسات 2 التابعة لقطاع تنمية الاتصالات والمقدمة من إندونيسيا.

⁶¹ معهد الأمم المتحدة للتدريب والبحث والاتحاد الدولي للاتصالات ومؤسسة كارميناك (Carmignac). [المرصد العالمي للمخلفات الإلكترونية، 2024.](#)

⁶² الوثيقة 2/195 للجنة الدراسات 2 التابعة لقطاع تنمية الاتصالات والمقدمة من مكتب تنمية الاتصالات التابع للاتحاد الدولي للاتصالات.

⁶³ الوثيقة SG2RGQ/78 للجنة الدراسات 2 التابعة لقطاع تنمية الاتصالات والمقدمة من مكتب تنمية الاتصالات التابع للاتحاد الدولي للاتصالات.

⁶⁴ الوثيقة SG2RGQ/126 للجنة الدراسات 2 التابعة لقطاع تنمية الاتصالات والمقدمة من بوروندي.

⁶⁵ الوثيقة SG2RGQ/142 للجنة الدراسات 2 التابعة لقطاع تنمية الاتصالات والمقدمة من الجمهورية الدومينيكية.

والإلكترونية بموجب المرسوم الرئاسي رقم 23-253. وتفرض هذه اللائحة مسؤولية المنتج الموسعة وتضمن الإدارة السليمة بيئياً لمخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية، بهدف استعادة المواد الخام القيمة.

ويمثل تنفيذ هذه اللائحة معلماً هاماً في تحسين إدارة مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية بعد الاستهلاك في الجمهورية الدومينيكية. وهو يدل على التزام البلد بالإدارة المسؤولة بيئياً للمخلفات الإلكترونية واستعادة الموارد.

وقد خطت زامبيا خطوات كبيرة في تعزيز الاستدامة والتصدي لتغير المناخ، من خلال إجراءات تتماشى مع أهداف الاستدامة البيئية العالمية. وترتبط هذه الجهود ارتباطاً وثيقاً بالنهوض بأهداف التنمية المستدامة للأمم المتحدة وتعكس التزام البلد بتحسين إدارة المخلفات الإلكترونية وإعادة تدويرها.

وتشمل المبادرات في زامبيا⁶⁶ استبدال بطاقات الشحن بالتخديش التقليدية بأنظمة إلكترونية لإعادة شحن خلال فترات الاتصال بالتعاون مع النظام العالمي لرابطة الاتصالات المتنقلة في زامبيا ومشغلي الشبكات المتنقلة، وذلك بهدف الحد من المخلفات بحلول عام 2024. وبفضل الشراكة القائمة بين الهيئة التنظيمية في زامبيا وشركة E-Tech Recycling، تعزز إدارة المخلفات المراعية للبيئة من خلال برنامجين رئيسيين: برنامج "E-waste Drive" وحملة "My Environment School Campaign". وتعمل زامبيا أيضاً مع الاتحاد الدولي للاتصالات لوضع لوائح مسؤولية المنتج الموسعة، التي ستُخضع منتجي المخلفات الإلكترونية للمساءلة عن الإدارة المسؤولة، بدعم من وكالات مثل وكالة زامبيا للإدارة البيئية وهيئة تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في زامبيا

وتُظهر هذه المبادرات الجارية تفاني زامبيا في مجالي الاستدامة وإدارة المخلفات الإلكترونية، ووضع الأساس للصحة البيئية على المدى الطويل والمساهمة في أهداف الاستدامة العالمية.

وقد أحرزت رواندا تقدماً ملحوظاً في إدارة المخلفات الإلكترونية منذ عام 2018،⁶⁷ من خلال قيام وكالة تنظيم المرافق الرواندية بوضع لوائح لمعالجة مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية. ومن المبادرات السياسية الرئيسية في هذا الجهد تنفيذ نظام مسؤولية المنتج الموسعة، الذي يهدف إلى ضمان الإدارة المستدامة للمخلفات الإلكترونية من خلال نهج الاقتصاد الدائري.

وتنتج رواندا حوالي 7 000 طن متري من المخلفات الإلكترونية سنوياً. ويعمل إدخال نظام مسؤولية المنتج الموسعة على توسيع مسؤولية المنتجين إلى ما هو أبعد من مجرد بيع المنتج، ليشمل إدارة المخلفات بمجرد وصول المنتج إلى نهاية دورة حياته. ويعد هذا النظام جزءاً من جهود البلد الأوسع نطاقاً لتحقيق اقتصاد دائري، على النحو المبين في خطة العمل الوطنية للاقتصاد الدائري. وقد قدم الاتحاد الدولي للاتصالات، بالتعاون مع شركاء مثل برنامج الأمم المتحدة للبيئة والوكالة الألمانية للتعاون الدولي، الدعم التقني والمالي لهذه المبادرة. أما المرحلة الثانية من المساعدة، التي تمتد من عام 2023 إلى عام 2025، فتدعمها هيئة الاتصالات والفضاء والتقنية في المملكة العربية السعودية.

وتتماشى جهود رواندا لإدارة المخلفات الإلكترونية من خلال نظام مسؤولية المنتج الموسعة مع أهداف الاستدامة الخاصة بها، وتحظى بدعم من الشركاء الدوليين. وتهدف هذه المبادرة إلى تعزيز الاقتصاد الدائري ومعالجة المخاطر البيئية والصحية المرتبطة بالمخلفات الإلكترونية.

وفي الختام، فإن معالجة قضية المخلفات الإلكترونية تقتضي اتباع نهج متعدد الأوجه يشمل الابتكار والأطر التنظيمية والشراكات بين القطاعين العام والخاص. وتشمل التدابير الرئيسية لوائح مثل توجيه الاتحاد الأوروبي بشأن مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية، واعتماد نظام مسؤولية المنتج الموسعة، والتقدم في تكنولوجيات إعادة التدوير، و تثقيف المستهلك. ويعد التعاون الدولي، ولا سيما في البلدان النامية، ضرورياً لتوفير البنية التحتية والتكنولوجيات اللازمة للإدارة الآمنة للمخلفات الإلكترونية. فمن خلال مواصلة السياسات والتكنولوجيات والتعليم، يمكن للمجتمع العالمي تقليل الأثر البيئي للمخلفات الإلكترونية، وتعزيز اقتصاد أكثر استدامة ودائرية للمستقبل.

1.6 السبل والوسائل الرامية إلى الحد من المخلفات الإلكترونية وإعادة استخدامها

على النحو المذكور سابقاً، يُشكّل التحول الرقمي، على الرغم من فوائده الجلية للاقتصادات الناشئة، تحدياً للمجتمع متمثلاً في المخلفات الإلكترونية. وإنّ انتشار الأجهزة، والتصنيع واسع النطاق، والتحديثات المتكررة، والنهج المُهمَل وغير المُنتظم في كثير من الأحيان في إدارة المخلفات الإلكترونية، تُشكّل مخاطر بيئية وصحية

⁶⁶ الوثيقة SG2RGQ/146 للجنة الدراسات 2 التابعة لقطاع تنمية الاتصالات والمقدمة من زامبيا.

⁶⁷ الوثيقة SG2RGQ/217 للجنة الدراسات 2 التابعة لقطاع تنمية الاتصالات والمقدمة من رواندا.

جسيمة تواجه بلدان العالم. وفي معظم الاقتصادات الناشئة، يشكل القطاع غير الرسمي حوالي 90 في المائة من صناعة المخلفات الإلكترونية، مع معالجة جزء صغير فقط من المخلفات الإلكترونية من قبل المشغلين المعتمدين.

ولا يهيمن القطاع غير الرسمي على جمع المخلفات الإلكترونية فحسب، بل يهيمن أيضاً على تفكيكها إلى أجزائها المكونة، وهو ما يجري غالباً بطريقة غير علمية تضر بالبيئة من خلال تلويث المياه الجوفية وإنتاج الأبخرة السامة التي تزيد من تلوث الهواء، إلى جانب العمال أنفسهم، فهم يتعرضون لخطر الإصابة بأمراض جلدية ورئوية حادة

وسيؤدي الابتكار في هذا المجال إلى إعادة توجيه هذا التدفق من جمع المخلفات الإلكترونية وإعادة تدويرها نحو القطاع الرسمي، مما يعد بفرص عمل لجامعي المخلفات ويعزز نوعية حياتهم.

وفي الهند، تسعى السياسات الحكومية والجهود الدؤوبة⁶⁸ إلى تعزيز الإدارة العلمية للمخلفات الإلكترونية، وتقوم الحكومة بوضع سياسات تراعي المستهلك، بمشاركة الجمهور وقطاع الصناعة، كما تدمج القدرات العلمية للتخلص من المخلفات الإلكترونية في مشاريع المدن الذكية، وتحسن مهارات القطاع غير الرسمي من خلال نقل التكنولوجيا المبتكرة.

وبفضل تشجيع الحكومة لنشر تكنولوجيات "Make in India" المراعية للبيئة، نقل أصحاب المصلحة التكنولوجيات لتمكين التخلص الآمن من المخلفات الإلكترونية وإدارتها من خلال الابتكار. ولا يقتصر على إعادة تدوير الموارد الطبيعية النادرة واستعادتها فحسب، بل يقلل أيضاً من انبعاثات الكربون إلى حد كبير ويضمن توليد فرص العمل وتحسين المهارات والاعتماد على الذات مع تحقيق رؤية البلاد للاقتصاد الدائري بطريقة مستدامة.

وتحمل سياسات مسؤولية المنتج الموسعة (EPR) المنتجين المسؤولية عن دورة حياة منتجاتهم بأكملها، مع التركيز بشكل خاص على إدارة المخلفات الإلكترونية. ويشجع هذا النهج المصنعين على تصميم منتجات مع التركيز على التخلص منها في نهاية عمرها، وبالتالي تعزيز الممارسات المسؤولة بيئياً لإعادة تدوير المخلفات والتخلص منها. وينبغي تكليف المصنعين⁶⁹ بإنشاء مرافق لتبادل المخلفات الإلكترونية لتيسير جمعها وإعادة تدويرها، وتكليف مشتري الأجهزة الإلكترونية بالجملة بواجب صريح للتخلص الآمن والعلمي من منتجاتهم. وينبغي أن تقع على عاتق الشركة المصنعة مسؤولية جمع المخلفات الإلكترونية المتولدة أثناء التصنيع وضمان إعادة تدويرها أو التخلص منها. ولا يجوز استيراد سوى المعدات الكهربائية والإلكترونية الجديدة التي تتوافق مع اللوائح الحكومية أو طرحها في السوق، وينبغي أن تحفز الحكومات الابتكار في هذا المجال. وهناك حاجة إلى خطوات ومعايير أكثر ابتكاراً للحد من توليد المخلفات الإلكترونية، على سبيل المثال من خلال تمكين المستخدمين من استخدام شاحن واحد لمختلف الأجهزة وتقليل الحاجة إلى العديد من أجهزة الشحن والكبلات التي قد ينتهي بها المطاف كمخلفات إلكترونية. ويساعد اعتماد الاتحاد الأوروبي الإلزامي لوصلة USB-C كمعيار شحن عالمي على تقليل المخلفات الإلكترونية بمقدار 11 000 طن متري سنوياً وتوفير ما يصل إلى 250 مليون يورو للمستهلكين من خلال تقليل الحاجة إلى أجهزة شحن متعددة.⁷⁰

وقد اضطلع الاتحاد الدولي للاتصالات⁷¹ بدور حاسم في النهوض بمبادئ المخلفات الإلكترونية، ولا سيما في إدارة المخلفات الإلكترونية. ووضع الاتحاد مبادئ توجيهية للإدارة المستدامة للمخلفات الإلكترونية استناداً إلى تقرير المخلفات الإلكترونية، وهي مبينة في معيار الاتحاد L.1021. وتساعد هذه المبادئ التوجيهية البلدان على وضع سياسات ولوائح فعالة بشأن المخلفات الإلكترونية، مما يدعم الاقتصاد الدائري للمنتجات الإلكترونية والكهربائية

ووفقاً للمرصد العالمي للمخلفات الإلكترونية 2024⁷²، اعتمد 67 بلداً، من بين 81 بلداً لديها سياسات وطنية بشأن المخلفات الإلكترونية، نظام مسؤولية المنتج الموسعة، وهو ما يدل على تحول عالمي نحو مسؤولية المنتج في إدارة المخلفات الإلكترونية. ومن خلال هذه المبادرات، يشدد الاتحاد على أهمية نظام مسؤولية المنتج الموسعة (EPR) في إدارة المخلفات الإلكترونية، وتعزيز الممارسات المستدامة، وتعزيز التعاون بين أصحاب المصلحة لمواجهة التحديات العالمية المتعلقة بالمخلفات الإلكترونية.

⁶⁸ الوثيقة 2/81 للجنة الدراسات 2 التابعة لقطاع تنمية الاتصالات والمقدمة من الهند.

⁶⁹ <https://www.itu.int/en/ITU-D/Environment/Pages/Publications/The-Global-E-waste-Monitor-2024.aspx>

⁷⁰ <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20220603IPR32196/deal-on-common-charger-reducing-hassle-for-consumers-and-curbing-e-waste>

⁷¹ <https://www.itu.int/en/mediacentre/backgrounders/Pages/e-waste.aspx>

⁷² <https://www.itu.int/en/ITU-D/Environment/Pages/Publications/The-Global-E-waste-Monitor-2024.aspx>

2.6 إجراءات المستهلك للحد من توليد المخلفات الإلكترونية^{74، 73}

يشكل الافتقار إلى وعي المستهلكين ومشاركتهم عقبة رئيسية أمام إعادة تدوير المخلفات الإلكترونية بفعالية. ولا يزال الكثير من الناس غير مدركين للأثر البيئي للمخلفات الإلكترونية، أو أنهم لا يعلمون كيفية التخلص من معداتهم الإلكترونية بطريقة صحيحة. ويمكن للشركات أن تؤدي دوراً رئيسياً من خلال إعلام عملائها وموظفيها بأهمية إعادة تدوير المخلفات الإلكترونية وكيفية المشاركة في هذا الصدد.

وللمستهلكين، من الأفراد والمنظمات على حد سواء، مسؤوليات ودور حاسم في الحد من المخلفات الإلكترونية. وقد تساعدنا الخيارات الواعية على التحرك نحو نهج دائري لدورة حياة أجهزتها الإلكترونية، من أجل مستقبل جديد أكثر استدامة.

ويتعين على المستهلكين اتخاذ خطوات ملموسة للمساعدة على الحد من المخلفات الإلكترونية. وتتضمن هذه الخطوات ما يلي.

أطول عمر المعدات

تتضمن هذه الخطوة تغيير سلوك المستهلك ليصبح أكثر مسؤولية:

- فكر قبل الشراء: هل تحتاج حقاً إلى الجهاز الجديدة؟ هل يمكنك الحصول على نفس المنتج عن طريق شراء منتج مستعمل/مجدد؟ ما مدى متانة هذا المنتج؟ هل ستتمكن من إصلاحه إذا لزم الأمر؟ عند تحديد مصادر المنتج، ضع في اعتبارك البائعين الذين لديهم برنامج استرجاع أو الذين يعيدون تدوير المعدات القديمة.
- الإصلاح بدلاً من الاستبدال: قبل شراء منتج جديد من المعدات، فكر في إصلاح منتجك. قد يكون الخيار الأقل تكلفة، حل العديد من المشاكل في وقت واحد.
- العناية والصيانة: ابق على اطلاع دائم بالصيانة (التنظيف والترقيات/التحديثات) وممارسة العناية الواجبة في الاستخدام. قد يؤدي ذلك إلى إطالة عمر معداتك بشكل كبير.

اختر منتجات طويلة العمر

يشترى المستهلك الواعي سلعة تدوم لفترة طويلة. وهناك أشياء يمكنك القيام بها قبل شراء قطعة من المعدات الكهربائية أو الإلكترونية.

- اختر المنتجات المصممة لتدوم طويلاً، والمصنوعة من مواد عالية الجودة وذات التصميم المتين.
- قد لا يكون المنتج الرخيص المُنتج بكميات كبيرة خياراً حكيماً مقارنة بالمنتج عالي الجودة.
- تحقق من فترة الضمان وما هي الشروط إذا كان عليك إصلاح المنتج.
- اختر المنتجات التي يتم فيها تقليل التغليف إلى الحد الأدنى والقابلة لإعادة التدوير.

قم بدورك لإعادة تدوير مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية

يمكن للمستهلك المساهمة في إعادة تدوير مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية قبل وأثناء وبعد مرحلة إعادة التدوير. وتشمل التوصيات ما يلي:

- إحضار المعدات الكهربائية/الإلكترونية المستعملة إلى مركز إعادة التدوير، بدلاً من التخلي عنها أو التخلص منها في النفايات المنزلية. وقد أدركت بعض الشركات قيمة إعادة تدوير المخلفات الإلكترونية وهي الآن تعرض شراء هذه المعدات.
- قم بفرز المعدات مسبقاً قبل إحضارها إلى نقطة إعادة التدوير (البطاريات والكابلات وما إلى ذلك).

⁷³ <https://safetyculture.com/topics/circular-economy/e-waste-recycling/>

⁷⁴ <https://resources.ironmountain.com/en-gb/blogs-and-articles/t/the-circular-economy-and-e-waste-achieving-a-more-sustainable-future>

- فكر في البدائل المراعية للبيئة: المعدات التي لا تزال تعمل يمكن إعادة استخدامها من قبل أحد أفراد الأسرة، أو التبرع بها لجمعية خيرية. وعلى نفس المنوال، ينبغي تشجيع الحكومات على إقامة شركات مع الشركات التي تستخلص قيمة من مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية.

وتشمل المبادرات قصيرة الأجل التي اتخذتها الكاميرون لإدارة مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية قواعد محددة للشركات والمنظمات لإدارة مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية الخاصة بها، مما يجعلها مسؤولة عن إزالة المخلفات والتخلص منها، ما لم يُتفق على خلاف ذلك مع الشركة المصنعة.

ويتم إنتاج معظم مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية من قبل المستهلكين المنزليين والتجار. وتقع على عاتقهم مسؤولية إبقاء مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية منفصلة عن المخلفات الأخرى وإعادة الأجهزة في نهاية عمرها إلى البائع. ويتحمل المستهلكون أيضاً تكلفة إدارة مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية، سواء بشكل غير مباشر في شكل ضريبة إعادة التدوير في نقطة البيع أو بشكل مباشر عند جمع الأجهزة المستعملة. ومع ذلك، يُشار أيضاً إلى أن المستهلكين بحاجة إلى زيادة وعيهم بمسؤولياتهم وتأثير مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية على البيئة وعلى صحة الإنسان.

وفي مثال آخر، في الهند، يتعامل حي سيلامبور في دلهي مع المشاكل البيئية والصحية الناجمة عن انتشار مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية من خلال الحملات في القطاع غير الرسمي، الذي يؤدي دوراً حاسماً في إدارة مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية في المدينة. ويتعرض العمال أحياناً لأخطار صحية بسبب الافتقار إلى قواعد وأنظمة السلامة. ولذلك، تبذل الجهود لوضع أساس رسمي لهذا القطاع وبناء التعاون بين القائمين بإعادة التدوير الرسميين وغير الرسميين من أجل الحصول على نتائج أفضل من حيث الصحة والسلامة والبيئة، مع إيجاد فرص عمل جديدة. وينبغي أن يلتزم ممثلو الحكومة بالانتقال من النموذج الاقتصادي الخطي غير المستدام إلى قطاع رسمي، مع توفير برامج تدريبية ومعدات مناسبة للعاملين في القطاع غير الرسمي، إلى جانب الدعم الحكومي الرسمي لتمويل برامج الضمان الاجتماعي. ويمكن لهذا الدعم أن يحسن الرفاه الاقتصادي والاجتماعي للعاملين في القطاع غير الرسمي وأن يعزز الممارسات المستدامة في إدارة المخلفات الإلكترونية.

وباختصار، للحد من إنتاج المخلفات الإلكترونية، من الضروري استهداف الاستدامة والإصلاحات وإعادة التدوير. فكل فعل مهم ويساعد على الحفاظ على بيئتنا.

3.6 دمج المخلفات الإلكترونية في خطط العمل الوطنية للاقتصاد الدائري

أصبح دمج مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية في خطط العمل الوطنية للاقتصاد الدائري ضرورة مطلقة نظراً للمخاطر الصحية والبيئية الناجمة عن الإدارة غير السليمة للمخلفات والإمكانات الاقتصادية التي تمثلها المواد القيمة الموجودة في الأجهزة المعيبة/التالفة.

وإن الوعي البيئي ينمو بسرعة فائقة، لا سيما داخل الحكومات، تحت تأثير الضغوط الدولية الناجمة عن المعاهدات والاتفاقات الدولية التي تكون البلدان طرفاً فيها، ولا سيما اتفاقية بازل والقواعد الإقليمية بشأن مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية. وبسبب هذه الاتفاقات، فإن البلدان لديها الدافع لإنفاذ اللوائح الوطنية

ولا يمكن إنكار أن الإدارة غير السليمة لمخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية يمكن أن تؤدي إلى مشاكل في الصحة العامة، خاصة بين العاملين في القطاع غير الرسمي، ومن مسؤوليتنا ترك بيئة صحية ومحمية للأجيال القادمة.

وقد أظهرت الدراسات أن مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية تحتوي على العديد من المواد الخطرة مثل الرصاص والزرنيق والكاديوم. وإذا ما أديرت بشكل غير سليم، يمكن أن تؤدي إلى تلوث التربة والمياه والهواء، مما يعرض النظم الإيكولوجية وصحة الإنسان للخطر.

ومن هذا المنطلق، لاحظت الهند، من خلال برنامجها لإدارة المخلفات الإلكترونية من خلال نهج قائم على الاقتصاد الدائري والابتكار، أنه في حين أن الثورة الرقمية/ثورة تكنولوجيا المعلومات والاتصالات قد غيرت حياة الأفراد ونشطت الاقتصادات الناشئة، فقد أوجدت أيضاً مخاطر على البيئة وصحة الإنسان، بسبب الإدارة غير السليمة لمخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية.

وللسيطرة على إدارة مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية والاستفادة من إمكاناتها، اعتمدت السلطات سياسات وبذلت جهوداً لتشجيع الإدارة العلمية للمخلفات الإلكترونية، مع اتباع نهج صديق للمستهلك، ودمج القضاء على المخلفات الإلكترونية في خططها للمدن الذكية. وتحظى مخططات "Green make in India"

وعمليات نقل التكنولوجيا للتخلص الآمن من المخلفات الإلكترونية بدعم من الحكومة وتسعى إلى إعادة تدوير الموارد وتقليل انبعاثات الكربون وخلق فرص عمل وتحسين الكفاءات وتحقيق اقتصاد دائري مستدام.

وقد أفضى التطور السريع للسياسات البيئية إلى جعل مسألة إدارة المخلفات الإلكترونية محورية في العديد من الاعتبارات على الساحة الدولية، ويُعترف بإمكاناتها الاقتصادية على نطاق واسع. وبناءً على ذلك، تعمل البلدان على تعزيز أطرها التنظيمية الوطنية، وتجاوز السياسات التي تهدف فقط إلى إدارة مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية والعمل نحو اقتصاد دائري، من أجل اتباع نهج أكثر شمولاً لإدارة مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية.

وفي هذا السياق، اعتمدت أستراليا في عام 2011 قانوناً لإدارة المسؤولة للمنتجات، والذي أنشئت بموجبه الخطة الوطنية لإعادة تدوير أجهزة التلفزيون والحواسيب. كما يرسى هذا القانون خريطة لتطور وتأثير الإدارة المسؤولة للمنتجات في أستراليا.

وتمثل هذه الوثيقة خطوة إلى الأمام في اللوائح، بدءاً من اعتماد سياسة وطنية للمخلفات في عام 2009 تهدف إلى تحسين إدارة تأثير المنتجات على البيئة والصحة والسلامة، وصولاً إلى اعتماد قانون بشأن الاقتصاد الدائري. وتعد أستراليا مثالاً على كيفية ترقية الإطار التنظيمي، إذ كان لدى البلد قانون بشأن الاقتصاد الدائري منذ عام 2012 يسمح لها بتقليل المخلفات التي ينتهي بها المطاف في مدافن المخلفات، وخاصة المخلفات الإلكترونية الخطرة، وزيادة استعادة المواد القابلة لإعادة الاستخدام.

وبالنسبة للبلدان التي تسعى إلى وضع سياسات وطنية للاقتصاد الدائري، يقدم مكتب تنمية الاتصالات (BDT) التابع للاتحاد الدعم التقني والمالي. وفي هذا السياق، يعد برنامج المرصد العالمي للمخلفات الإلكترونية 2024⁷⁵، الذي أطلق في 20 مارس 2024، مرجعاً رئيسياً لصانعي القرار في السياسة والصناعة. ويظهر هذا البرنامج أنه تم توليد كمية قياسية من المخلفات الإلكترونية بلغت 62 مليار كيلوغرام حول العالم في عام 2022، لم يُعد تدوير سوى 22,3 في المائة منها رسمياً. ويغطي التقرير 81 بلداً، منها 67 بلداً نفذت مسؤولية المنتج الموسعة، و46 بلداً لديها أهداف وطنية لجمع المخلفات الإلكترونية، و36 بلداً لديها أهداف لإعادة التدوير. ويُمول هذا التقرير من الاتحاد الدولي للاتصالات وشركاء مثل برنامج Sustainable Cycles التابع لمعهد الأمم المتحدة للتدريب والبحث (UNITAR) ومؤسسة Carmignac. كما نشر تقرير إقليمي لغرب البلقان، يتضمن ست توصيات بشأن الإدارة المستدامة للمخلفات الإلكترونية.

4.6 دمج تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في خطط العمل الوطنية للاقتصاد الدائري

نظراً لتحديات التنمية المستدامة، ولا سيما تلك المتعلقة بالبيئة، من المهم أكثر من أي وقت مضى أن تبدأ الدول في تنفيذ واعتماد خطط وطنية للاقتصاد الدائري تتضمن تكنولوجيا المعلومات والاتصالات. وتوفر هذه الخطط إطاراً استراتيجياً للانتقال إلى نموذج اقتصادي أكثر استدامة قادر على التوفيق بين النمو الاقتصادي والحفاظ على الموارد الطبيعية، وذلك بفضل الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات.

ومن الضروري دمج تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في الخطط الوطنية/الخطط على مستوى الدول إذا أرادت تحقيق إمكاناتها الكاملة.

وتمكّن الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات التحولات الرقمية التي يمكنها تعزيز الاقتصاد الدائري من خلال تيسير تتبع المنتجات المعاد تدويرها ودعم خطط إعادة استخدام الأجزاء المستعملة.

وقد تجلت أهمية هذه التكنولوجيات بتطوير نظام إيكولوجي للبطاريات المراعية للبيئة، للتصديق على العمر الافتراضي المتبقي لبطاريات السيارات الكهربائية. وقد أظهر ذلك أن القيمة الاقتصادية والبيئية المتزايدة للاقتصاد الدائري للبطاريات ترتبط بإدارة بطاريات السيارات الكهربائية، بما في ذلك إعادة استخدامها وإعادة تدويرها. ومن المتوقع أن ينمو سوق إعادة تدوير بطاريات السيارات الكهربائية إلى 57,395 مليار دولار أمريكي بحلول عام 2040.

ويساعد دمج تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في خطط العمل الوطنية على تحسين العمليات. ويمكن أن تساعد البيانات المجمعة في تحديد الاختناقات وتحسين عمليات الإنتاج والتوزيع إلى المستوى الأمثل، والحد من المخلفات.

⁷⁵ معهد الأمم المتحدة للتدريب والبحث والاتحاد الدولي للاتصالات ومؤسسة كارميناك (Carmignac). المرصد العالمي للمخلفات الإلكترونية، 2024.

وينبغي أن تدرج الحكومات أيضاً تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في خطط عملها الوطنية للاستفادة الكاملة من الفوائد الاقتصادية للاقتصاد الدائري. وتتمثل إحدى هذه الفوائد المحتملة في إمكانية الانتقال من نموذج قائم على الملكية إلى نموذج قائم على الاستخدام، وهو ما يولد فرصاً لنماذج أعمال جديدة تعتمد على التأجير والاشتراك والمشاركة، من بين حلول أخرى ممكنة.

وأخيراً، يمكن أن توفر تكنولوجيا المعلومات والاتصالات دفعة قوية في كل مرحلة من المراحل الرئيسية للاقتصاد الدائري، وخاصة الإصلاح والاستعادة وإعادة التدوير، مع الوعد بوظائف جديدة.

ونظراً لما ينتجه قطاع تكنولوجيا المعلومات والاتصالات من أحجام كبيرة من المخلفات الكهربائية والإلكترونية، فإن لديه الكثير ليكسبه من الاقتصاد الدائري، إلى جانب قطاعات أخرى مثل التصنيع والزراعة. ولذلك، يستطيع المرء أن يقول دون تبرير أن الاقتصاد الدائري يمثل قضية رئيسية لقطاع تكنولوجيا المعلومات والاتصالات. وبالتالي، فإن زيادة عمر المعدات وإعادة استخدامها وإعادة تدويرها هي قضايا حاسمة للحد من البصمة البيئية للقطاع.

وهذه بعض الاعتبارات التي يقوم عليها التزام الاتحاد بوضع خطط وطنية وأدوات تنظيمية على مستوى الدولة بشأن الاقتصاد الدائري، ووضع خبرته الموضوعية تحت تصرف البلدان ودعمها في إيجاد التمويل اللازم لإجراء الدراسات اللازمة.

الفصل 7 - الماضي قدماً والاستنتاجات

1.7 تغير المناخ

شكّل مؤتمر الأطراف الثامن والعشرون (COP28) لاتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ،⁷⁶ الذي عُقد عام 2023، نقطة تحوّل مهمة، حيث ركّزت الاتفاقات على "بداية نهاية" الاعتماد على الوقود الأحفوري ودعم انتقال عادل ومنصف مع تخفيضات كبيرة في الانبعاثات وزيادة تمويل العمل المناخي.

وتشير مجموعة بيانات إعادة التحليل الأوروبي للجيل الخامس (ERA5)⁷⁷ إلى أن شهر يناير 2025 كان أدفأ شهر من شهور يناير على الإطلاق في جميع أنحاء العالم، حيث بلغت درجة حرارة الهواء السطحي 13,23 درجة مئوية، أي أعلى بمقدار 0,79 درجة مئوية من متوسط هذا الشهر من عام 1991 إلى عام 2020. بالإضافة إلى ذلك، كانت أعلى بمقدار 1,75 درجة مئوية من متوسط شهور يناير قبل التصنيع (1850-1900). وتجاوز متوسط درجة حرارة الهواء السطحي في جميع أنحاء العالم 1,5 درجة مئوية فوق مستويات ما قبل الصناعة للشهر الثامن عشر في فترة 19 شهراً. وشهدت اثنا عشر شهراً من هذه الأشهر الثمانية عشر - من سبتمبر 2023 إلى أبريل 2024، ومن أكتوبر 2024 إلى يناير 2025 - درجات حرارة أعلى بكثير من 1,5 درجة مئوية، بمديات تتراوح بين 1,58 و1,78 درجة مئوية. وكانت درجات الحرارة في يوليو وأغسطس 2023، وكذلك في مايو ويونيو وأغسطس وسبتمبر 2024، قريبة من عتبة 1,5 درجة مئوية، بمديات تتراوح بين 1,50 و1,54 درجة مئوية.

وأصبح دمج الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في العمل المناخي استراتيجية محورية. ففي عام 2022، حددت جمعية الأمم المتحدة للبيئة التحول الرقمي باعتباره أمراً بالغ الأهمية للحد من التأثير البيئي لقطاع تكنولوجيا المعلومات والاتصالات، بهدف التخلص التدريجي من 80 في المائة من استخدام الوقود الأحفوري وإنشاء اقتصاد خالٍ من المخلفات تقريباً بحلول عام 2050. ويمكن للاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات، بما في ذلك رصد الأرض وإنترنت الأشياء ومراكز البيانات، أن تساعد في رصد البيئة وتتبع الانبعاثات واستمثال استخدام الطاقة. ومع ذلك، تساهم هذه التكنولوجيات أيضاً في زيادة الطلب على المواد الخام مثل الليثيوم والكوبالت، مما يبرز الحاجة إلى رقمنة مستدامة تقلل استهلاك الطاقة والانبعاثات أو تخفف من الآثار البيئية.

وتقدر مساهمة قطاع تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في انبعاثات غازات الاحتباس الحراري العالمية بما يتراوح بين 1,5 و4 في المائة. وتساهم أجهزة المستخدمين بما يقرب من نصف هذه البصمة الكربونية، الناشئة عن كل من الاستخدام ودورات حياة المنتجات. ومع ظهور إنترنت الأشياء، من المتوقع أن تزيد انبعاثات القطاع بشكل كبير. ولمعالجة ذلك، يركز قطاع تكنولوجيا المعلومات والاتصالات على كفاءة استخدام الطاقة وإدارة المخلفات الإلكترونية كحلول رئيسية.⁷⁸

وتُعَدّ التكنولوجيات المتطورة مثل رصد الأرض أساسيةً لتتبع التغيرات البيئية والتحكم فيها، وتعظيم كفاءة استخدام الطاقة، وخفض انبعاثات الكربون في مختلف القطاعات. ويمكن التخفيف من آثار تغير المناخ بشكل كبير، وتعزيز الاستدامة البيئية على المدى الطويل، من خلال دمج هذه التكنولوجيات مع العادات المستدامة. ويركز العمل المناخي على خفض انبعاثات غازات الاحتباس الحراري العالمية بنسبة 50 في المائة بحلول عام 2030، والوصول إلى صافي انبعاثات صفري بحلول عام 2050. ويشمل ذلك الانتقال إلى مصادر طاقة منخفضة الكربون، واعتماد تكنولوجيات تمكينه، ووضع لوائح ومعايير أكثر صرامة، ومعالجة آثار انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. ويُعَدّ التخفيف والتكيف والقدرة على الصمود الركائز الثلاث للعمل المناخي.

ينبغي للحكومات والشركات تشجيع شراء معدات الطاقة المراعية للبيئة من خلال تقديم حوافز ودعم البحث والتطوير في هذا المجال. وإن الاستخدام المتزايد لأحدث تكنولوجيات احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه يمكن أن يحد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون ويحوّله إلى منتجات مفيدة. ومن الضروري خفض انبعاثات الكربون

⁷⁶ تقرير نتائج مؤتمر الأطراف الثامن والعشرين.

⁷⁷ <https://climate.copernicus.eu/surface-air-temperature-january-2025>

⁷⁸ K. Rajaraman، الهند. وضع سياسات تكنولوجيا المعلومات والاتصالات المراعية للبيئة للتخفيف من آثار تغير المناخ: رؤية هندية. ورشة عمل قطاع تنمية الاتصالات بشأن تكنولوجيا المعلومات والاتصالات المراعية للبيئة والتكنولوجيات الناشئة للتخفيف من آثار تغير المناخ، جنيف، 29 مايو 2023.

من خلال تطبيق تدابير توفير الطاقة، بما في ذلك استخدام خلايا الوقود، وأنظمة التدفئة والتهوية والتبريد، وبطاريات أيونات الليثيوم منخفضة الانبعاثات، والطاقة الشمسية، ومواد البناء، وغيرها من الاستراتيجيات.

ومن المهم للغاية استكشاف استخدام أنظمة خلايا الوقود المعتمدة على الهيدروجين، ومولدات طاقة الرياح الشمسية الهجينة صغيرة الحجم، ومولدات الغاز الطبيعي الأسطوانية، والمولدات التي تستخدم الديزل الحيوي، ومولدات الوقود القائم على الألومنيوم، لتقليل أو الاستغناء عن استخدام الديزل في قطاع تكنولوجيا المعلومات والاتصالات. كما أن تحسين تيسر الطاقة في مرافق الاتصالات وخفض الاعتماد على الديزل أو غيره من الحلول القائمة على الوقود الأحفوري خارج الشبكة، يمكن أن يُقلل من استخدام الوقود وأن يشجع على اعتماد مصادر الطاقة البديلة.

ويمكن للحكومات أيضاً أن تساعد مشغلي الشبكات وموردي الخدمات على التغلب على مختلف التحديات، بما في ذلك تكاليف رأس المال والتشغيل الباهظة؛ واستبدال مصادر الطاقة التقليدية؛ واستخدام بطاريات أيونات الليثيوم، والألواح الشمسية، والأجهزة الموفرة للطاقة؛ وتوفير المساحة الإضافية اللازمة لتركيب الألواح الشمسية؛ وارتفاع تكلفة إنتاج الطاقة المراعية للبيئة.

وإن القيود المفروضة على توفير المساحة، من قبيل عدم القدرة على تركيب معدات الطاقة المراعية للبيئة (الألواح الشمسية، وما إلى ذلك) بجوار أبراج الاتصالات، تشكل عائقاً رئيسياً أمام استخدام مصادر الطاقة المراعية للبيئة في تكنولوجيا المعلومات والاتصالات.

كما أن القيود الجغرافية، مثل التضاريس والظروف المناخية ودراسات الجدوى وتصاريح البلديات المعقدة للغاية، قد تُصعّب العملية. وتشمل القيود الكبيرة الأخرى التي يواجهها قطاع الاتصالات التحديات الكبيرة في الحصول على المساحة، ودراسات الجدوى، واتفاقات المالكين، والمباني ذات المتانة الهيكلية الكافية، والمواقع ذات التوجيه المناسب لمواقع أسطح المنازل. وتُعدّ الأجهزة الموفرة للطاقة، والإنتاج المحلي لبطاريات أيونات الليثيوم، من أبرز المتطلبات في الوقت الحالي.

كما أن تكلفة تشغيل وصيانة تكنولوجيا الطاقة المراعية للبيئة باهظة للغاية، وقد تؤدي الحواجز المالية إلى توقف أو تقليل اهتمام قطاع الاتصالات باستخدامها.

2.7 المخلفات الإلكترونية

في معظم الاقتصادات الناشئة، يؤدي القطاع غير الرسمي دوراً حاسماً في إدارة المخلفات الإلكترونية، ويشمل أفراداً مثل جامعي المخلفات الإلكترونية وجامعي القمامة الذين يجمعون الأجهزة الإلكترونية المنبوذة ويفرزونها. ومن ناحية أخرى، يتولى القطاع الرسمي، الذي يتألف من البلديات وشركات إدارة المخلفات الإلكترونية، مسؤولية معالجة المخلفات الإلكترونية وإعادة تدويرها. وهناك حاجة متزايدة لدمج القطاع غير الرسمي ضمن نظام إدارة المخلفات الإلكترونية الرسمي لتحسين الكفاءة والحد من الآثار البيئية السلبية المرتبطة بالتعامل غير السليم مع المخلفات الإلكترونية.

ويكمن العامل الرئيسي لتحسين إدارة المخلفات الإلكترونية في تعزيز التعاون بين القطاعين الرسمي وغير الرسمي. ويمكن تحسين كفاءة جمع المخلفات في القطاع غير الرسمي بشكل كبير إذا تمكن جامعي المخلفات الإلكترونية من الوصول إلى مرافق جمع ومعالجة رسمية، إلى جانب توفير التدريب والمعدات المناسبة. ومن خلال العمل معاً، يمكن لجامعي المخلفات غير الرسميين ومنظمات إعادة التدوير الرسمية فصل المواد القابلة لإعادة التدوير عن المواد غير القابلة لإعادة التدوير على نحو أفضل، مما يضمن تحويل المزيد من المخلفات الإلكترونية من مكبات المخلفات.

يمكن للقطاع الرسمي الاستثمار في تطوير البنية التحتية لإعادة التدوير، مثل بناء مرافق إعادة التدوير وإنشاء أنظمة للتخلص من المخلفات. وسيمكّن ذلك القطاع غير الرسمي من الوصول إلى الموارد اللازمة لتحسين التعامل مع المخلفات الإلكترونية ومعالجتها. بالإضافة إلى ذلك، فإن تعزيز تقنيات فصل المخلفات الإلكترونية داخل القطاع غير الرسمي يمكن أن يحفز العمال على فصل المواد القابلة لإعادة التدوير وزيادة حجم المواد التي يمكن إعادة تدويرها أو إعادة استخدامها.

ويُعدّ التحول من الاقتصاد الخطي إلى الاقتصاد الدائري خطوة حاسمة أخرى في تحسين إدارة المخلفات الإلكترونية. ويمكن تحويل النموذج الاقتصادي الخطي الحالي، غير المستدام والعرضة للاضطرابات، من خلال التكنولوجيا الرقمية التي تعزز الكفاءة والمساءلة والشفافية في أنظمة إدارة المخلفات. ويمكن للتحول الرقمي،

بما في ذلك أنظمة إدارة البيانات وتكنولوجيات إعادة التدوير، أن يضمن إعادة تدوير مواد المخلفات الإلكترونية ومكوناتها وإعادة استخدامها، مما يدعم التحول إلى اقتصاد تدوير أكثر استدامة.

ويُعدّ إشراك القطاع الخاص أمراً أساسياً لإرساء ممارسات مستدامة لإدارة المخلفات الإلكترونية. فمن خلال الشراكات الاستراتيجية مع المصنّعين والمنظمات التي تمارس مسؤولية المنتج الموسعة، يُمكن لجامعي المخلفات الإلكترونية غير الرسميين الوصول إلى كميات كبيرة من المخلفات الإلكترونية، مما يضمن لهم مصدر دخل ثابت. بالإضافة إلى ذلك، ينبغي أن تُحفّز اللوائح الجهات القائمة بإعادة التدوير غير الرسمية من أجل تبني ممارسات مستدامة ومواءمتها مع معايير السلامة والصحة المعمول بها.

وتؤدي الحكومات أيضاً دوراً حيوياً في دعم إضفاء الطابع الرسمي على القطاع غير الرسمي. ويمكن للتدخلات السياسية، مثل تقديم المساعدة المالية والمنح والقروض والتمويل الأساسي، أن تساعد العمال غير الرسميين على تحسين ممارساتهم والحصول على الموارد التي يحتاجونها. وعلاوة على ذلك، فإن توفير فرص التدريب والتعليم، مثل ريادة الأعمال والتعليم المهني، يُمكن أن يُعزز كفاءة ومهارات العاملين في القطاع غير الرسمي. كما أن الحصول على الضمان الاجتماعي، بما في ذلك الرعاية الصحية وإعانات البطالة وخطط التقاعد، من شأنه أن يُحسّن سبل عيش العاملين في القطاع غير الرسمي.

ويُعدّ إضفاء الطابع الرسمي على قطاع المخلفات الإلكترونية غير الرسمي في الاقتصادات الناشئة أمراً بالغ الأهمية لإدارة مستدامة للمخلفات الإلكترونية. ومن خلال تعزيز التعاون بين القطاعين الرسمي وغير الرسمي، وتحسين البنية التحتية لإعادة التدوير، وتطبيق الحلول الرقمية، يُمكن تعزيز كفاءة جمع المخلفات الإلكترونية وفرزها وإعادة تدويرها بشكل كبير. وسيكون الدعم الحكومي، من خلال الحوافز المالية والتدريب وبرامج الحماية الاجتماعية، أساسياً لدمج العمال غير الرسميين في نظام إدارة المخلفات الإلكترونية الرسمي. ومن خلال هذه الخطوات، يُمكن للاقتصادات الناشئة الانتقال نحو اقتصاد دائري وتحسين الاستدامة البيئية وسبل عيش العمال غير الرسميين.

ويجب أن يكون الحد من الأثر البيئي للمخلفات الإلكترونية وتشجيع إعادة التدوير الهدفين الرئيسيين لسياسات المخلفات الإلكترونية. وتُعدّ مسؤولية المنتج الموسعة أداةً يُمكن للحكومات استخدامها لتحميل المُنتجين مسؤولية إعادة تدوير سلعهم والتخلص منها. ولن تُلوّث البيئة بالمواد الخطرة إذا وُجدت قواعد أكثر صرامة لإدارة المخلفات الإلكترونية بطريقة آمنة. ومن الضروري تعزيز فهم الجمهور للتخلص المناسب والاستخدام الواعي. وإطالة عمر المعدات، ينبغي أن تُشجع السياسات أيضاً على إصلاحها وإعادة استخدامها وتجديدها. ويمكن من خلال تشجيع تصميم المنتجات المستدامة أن يساعد في تقليل المخلفات الإلكترونية في المستقبل، في حين أن إنشاء مواقع محددة لجمع المخلفات الإلكترونية والعمل مع شركات إعادة التدوير سيضمن التعامل السليم معها.

وتكتسب الجهود العالمية لتحسين إدارة المخلفات الإلكترونية زخماً وإن كان متباطئاً. ومن بين 81 بلداً لديها سياسات وطنية للمخلفات الإلكترونية، طبق 67 بلداً لوائح المسؤولية الموسعة للمنتج، التي تُحمّل المنتجين مسؤولية إدارة منتجاتهم بعد انتهاء عمرها الافتراضي. إضافة إلى ذلك، حدد 46 بلداً أهدافاً وطنية لجمع المخلفات الإلكترونية، وحدد 36 بلداً أهدافاً لإعادة التدوير. وتعكس هذه الإحصاءات تنامي الوعي والجهود العالمية، ولكنها تُسلّط الضوء على الحاجة إلى أنظمة أكثر شمولاً للتعامل مع الكم الهائل من المخلفات الإلكترونية المُنتجة.

Annex – List of contributions and liaison statements received on Question 6/2

Contributions on Question 6/2

Web	Received	Source	Title
2/401	2025-04-22	United Kingdom	UK comments on draft Q6/2 final report
2/390	2025-04-21	Réseau International Femmes Expertes du Numérique	When machines paint: unpacking the environmental costs and ethical-intellectual property implications of AI-generated art
2/389	2025-04-21	Burundi	Management of waste electrical and electronic equipment in Burundi and the countries of the East African Community: strategies, policy, challenges and prospects
2/377	2025-04-16	BDT Focal Point for Question 6/2	ITU-D activities on ICTs and the environment
2/363 (Rev.1)	2025-05-09	Rapporteur for Question 6/2	Draft Output Report on Question 6/2
2/356	2025-03-13	Rwanda	Implementation of the Extended Producer Responsibility (EPR) principle for the management of electrical and electronic waste in Rwanda
2/334	2024-10-30	Côte d'Ivoire	Integrated National Strategy for the Promotion of the Circular Economy (SNIPEC) 2023-2027
2/324	2024-10-29	BDT Focal Point for Question 6/2	ITU-D activities on ICTs and the environment
2/302	2024-10-26	China	Signalling push technology: insights and perspectives
2/295 (Rev.1) +Ann.1	2024-10-22	China	AI for Good, bridge the AI divide
2/293 +Ann.1-2	2024-10-21	GSM Association	2024 Mobile Industry Impact Report: Sustainable Development Goals
2/285	2024-10-03	Republic of the Congo	Consumer protection against the risks of waste electrical and electronic equipment in the CEMAC zone
2/282	2024-10-31	Rapporteur for Question 6/2	Draft Output Report on ITU-D Question 6/2
2/265	2024-09-25	Association for Progressive Communications	Building common agendas towards ICT for environmental justice
2/263	2024-09-24	Chad	Initiatives to promote going paperless in public authorities and management of waste electrical and electronic equipment

(تابع)

Web	Received	Source	Title
2/262	2024-09-24	Burundi	Collection of waste electrical and electronic equipment in Burundi: issues, challenges and perspectives
2/236	2024-09-04	India	Reducing disaster risk by using emerging technologies
2/232	2024-10-02	Rapporteur for Question 6/2	Annual progress report for Question 6/2 for November 2024 meeting
RGQ2/217	2024-04-26	Rwanda	Implementation of the extended producer responsibility principle for the management of electrical and electronic waste in Rwanda
RGQ2/196	2024-04-16	Republic of Korea	Innovative approaches for sustainable mobile phone collection and recycling
RGQ2/195	2024-04-16	Republic of Korea	Harnessing AI for climate action: balancing benefits and environmental impact
RGQ2/190 +Ann.1	2024-04-15	United Kingdom	Telecoms towards Net Zero?: An excerpt from Ofcom's Connected Nations report
RGQ2/185	2024-04-15	BDT Focal Point for Question 6/2	ITU-D activities on ICTs and the environment
RGQ2/171	2024-04-04	Russian Federation	The digital twin of the Ob-Irtysh River basin
RGQ2/146	2024-03-14	Zambia	Employing demand side e-waste management practices in the absence of a legal framework
RGQ2/142 +Ann.1	2024-03-12	Dominican Republic	Implementation of the regulation for integrated management of waste electrical and electronic equipment in the Dominican Republic and extended producer responsibility
RGQ2/135	2024-03-07	Cameroon	Responsibility of producers and consumers in a circular economy of electrical and electronic equipment
RGQ2/126	2024-02-29	Burundi	Initiatives for the management of waste electrical and electronic equipment in Burundi
RGQ2/119	2024-02-29	Haiti	Proposed text for the Final Report: Chapter 2, Section "Challenges faced by emerging economies due to the digital divide to combat harmful effects and assessment of climate change"
RGQ2/118	2024-02-29	Haiti	Proposed text for the Final Report: Chapter 5, Section "Action to be undertaken by consumers to reduce the generation of e-waste"
RGQ2/109	2024-02-17	India	Proposed texts for the output report of Question 6/2
2/195	2023-10-17	BDT Focal Point for Question 6/2	ITU-D activities on ICTs and the environment
2/184	2023-10-16	Indonesia	Country experience: e-waste management challenges in Indonesia

(تابع)

Web	Received	Source	Title
2/183	2023-10-16	Australia	Regulatory approach to e-waste products in Australia
2/138	2023-09-22	Madagascar	Adoption of eSIM to protect the environment
2/128	2023-09-08	Burundi	Policy, challenges, opportunities and implications of WEEE management in Burundi
2/126 (Rev.1)	2023-09-14	Rapporteur for Question 6/2	Annual progress report for Question 6/2 for October-November 2023 meeting
2/111	2023-08-31	India	E-waste in emerging economies: towards formalizing the unorganized sector
2/107	2023-08-28	Kenya	Approaches that the Kenyan ICT sector regulator has adopted to manage e waste
RGQ2/78	2023-05-09	BDT Focal Point for Question 6/2	ITU-D activities on ICTs and the environment
RGQ2/27	2023-03-30	Haiti	Incentives in favour of dematerialization and online services
RGQ2/21 (Rev.1)	2023-03-23	India	Earth observation: role, prediction and relief in India
RGQ2/14	2023-03-16	Burundi	Issues associated with the collection and recycling of electrical and electronic waste in Burundi
2/TD/8 (Rev.1)	2022-12-07	Rapporteur for Question 6/2	Proposed work plan, table of contents and roles and responsibilities for Question 6/2
2/81	2022-11-25	India	E-waste management through circular economy and innovation in India
2/74	2022-11-18	World Bank	World Bank Study Group 2 Submission: Digital transformation
2/70	2022-11-23	BDT Focal Point for Question 6/2	ITU-D activities on ICTs and the environment
2/46	2022-10-17	Inter-Sector Coordination Group	Mapping of ITU-D Questions to ITU-T Questions and ITU-R Working Parties
2/45	2022-10-14	Côte d'Ivoire	WEEE management in sub-Saharan Africa
2/38	2022-10-13	Cameroon	Near-term initiatives planned by Cameroon relating to the management of waste electrical and electronic equipment
2/32	2022-10-11	Haiti	Positive impact of dematerialization and online services on the environment
2/29	2022-09-08	Burundi	National policy for the management of waste electrical and electronic equipment in Burundi

Incoming liaison statements for Question 6/2

Web	Received	Source	Title
RGQ2/103	2023-12-20	ITU-T Study Group 5	Liaison statement from ITU-T Study Group 5 to ITU-D Study Group 2 Question 6/2 on information on new work items related to ITU databases on GHG emissions
2/106	2023-07-31	ITU-T Study Group 5	Liaison statement from ITU-T Study Group 5 to ITU-D Study Group 2 Question 6/2 on new Question 6/2 and collaboration
RGQ2/6	2023-02-17	ITU-T Study Group 20	Liaison statement from ITU-T Study Group 20 to ITU-D Study Group 2 Question 6/2 (reply to ITU-D Q6/2-2/91)
2/52	2022-11-08	ITU-T Study Group 5	Liaison statement from ITU-T Study Group 5 to ITU-D Study Group 2 Question 6/2 on ITU-T Study Group 5 activities
2/41	2022-10-18	ITU-R Study Group 6	Liaison statement from ITU-R Study Group 6 to ITU-D Study Groups 1 and 2 on Opinion ITU-R 104
2/19	2022-06-14	ITU-R Study Group 6	Liaison statement from ITU-R Study Group 6 to ITU-D Study Groups 1 and 2 on new Question ITU-R 147/6 (Energy Aware Broadcasting Systems)
2/14	2022-03-14	ITU-R Working Party 6C	Liaison statement from ITU-R Working Party 6C to ITU-D Study Groups 1 and 2, ITU-T Study Groups 5, 9 and 16, ISO and IEC on Energy Aware Broadcasting Systems
2/4	2021-10-27	ITU-R Working Party 6A	Reply liaison statement from ITU-R Working Party 6A to ITU-T Study Group 5 on work related to environment energy efficiency and the circular economy and new areas of study

مكتب نائب المدير ودائرة تنسيق العمليات الميدانية
للحضور الإقليمي (DDR)

Place des Nations
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: bdtdeputydir@itu.int
Tel.: +41 22 730 5131
Fax: +41 22 730 5484

الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU)
مكتب تنمية الاتصالات (BDT)
مكتب المدير

Place des Nations
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: bdtdirector@itu.int
Tel.: +41 22 730 5035/5435
Fax: +41 22 730 5484

دائرة الشراكات من أجل التنمية
الرقمية (PDD)

Email: bdt-pdd@itu.int
Tel.: +41 22 730 5447
Fax: +41 22 730 5484

دائرة محور المعارف الرقمية (DKH)

Email: bdt-dkh@itu.int
Tel.: +41 22 730 5900
Fax: +41 22 730 5484

دائرة الشبكات الرقمية والاجتماع الرقمي
(DNS)

Email: bdt-dns@itu.int
Tel.: +41 22 730 5421
Fax: +41 22 730 5484

إفريقيا
إثيوبيا

المكتب الإقليمي التابع للاتحاد
الدولي للاتصالات (ITU)

Gambia Road
Leghar Ethio Telecom Bldg. 3rd floor
P.O. Box 60 005
Addis Ababa - Ethiopia

Email: itu-ro-africa@itu.int
Tel.: +251 11 551 4977
Tel.: +251 11 551 4855
Tel.: +251 11 551 8328
Fax: +251 11 551 7299

الأمريكتان

البرازيل

المكتب الإقليمي التابع للاتحاد
الدولي للاتصالات (ITU)

SAUS Quadra 6 Ed. Luis Eduardo
Magalhães,
Bloco "E", 10^o andar, Ala Sul
(Anatel)
CEP 70070-940 Brasília - DF - Brazil
Email: itubrasilia@itu.int
Tel.: +55 61 2312 2730-1
Tel.: +55 61 2312 2733-5
Fax: +55 61 2312 2738

الدول العربية

مصر

المكتب الإقليمي التابع للاتحاد
الدولي للاتصالات (ITU)

Smart Village, Building B 147,
3rd floor
Km 28 Cairo
Alexandria Desert Road
Giza Governorate
Cairo
Egypt
Email: itu-ro-arabstates@itu.int
Tel.: +202 3537 1777
Fax: +202 3537 1888

آسيا - المحيط الهادئ

تايلاند

المكتب الإقليمي التابع للاتحاد
الدولي للاتصالات (ITU)

4th floor NBTC Region 1 Building
101 Chaengwattana Road
Laksi - Bangkok 10210 - Thailand

Email: itu-ro-asiapacific@itu.int
Tel.: +66 2 574 9326 - 8
+66 2 575 0055

إندونيسيا

المكتب الإقليمي التابع للاتحاد
الدولي للاتصالات (ITU)

Gedung Sapta Pesona
13th floor
Jl. Merdan Merdeka Barat No. 17
Jakarta 10110 - Indonesia

Email: bdt-ao-jakarta@itu.int
Tel.: +62 21 380 2322

الهند

المكتب المنطقة ومركز الابتكار
التابع للاتحاد الدولي للاتصالات
(ITU)

C-DOT Campus
Mandi Road
Chhatrapur, Mehrauli
New Delhi 110030
India

Email: itu-ao-southasia@itu.int
Area Office: itu-ao-southasia@itu.int
Innovation Centre: itu-ao-southasia@itu.int
Website: ITU Innovation Centre
in New Delhi, India

أوروبا

سويسرا

الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU)
مكتب أوروبا (EUR)

Place des Nations
CH-1211 Geneva 20 - Switzerland

Email: eurregion@itu.int
Tel.: +41 22 730 5467
Fax: +41 22 730 5484

كومنولث الدول المستقلة

الاتحاد الروسي

المكتب الإقليمي التابع للاتحاد
الدولي للاتصالات (ITU)

4, Building 1
Sergiy Radonezhsky Str.
Moscow 105120
Russian Federation

Email: itu-ro-cis@itu.int
Tel.: +7 495 926 6070

الاتحاد الدولي للاتصالات

مكتب تنمية الاتصالات

Place des Nations

CH-1211 Geneva 20

Switzerland

ISBN 978-92-61-41146-6



9 789261 411466

نُشرت في سويسرا

2025، جنيف،

Photo credits: Adobe Stock