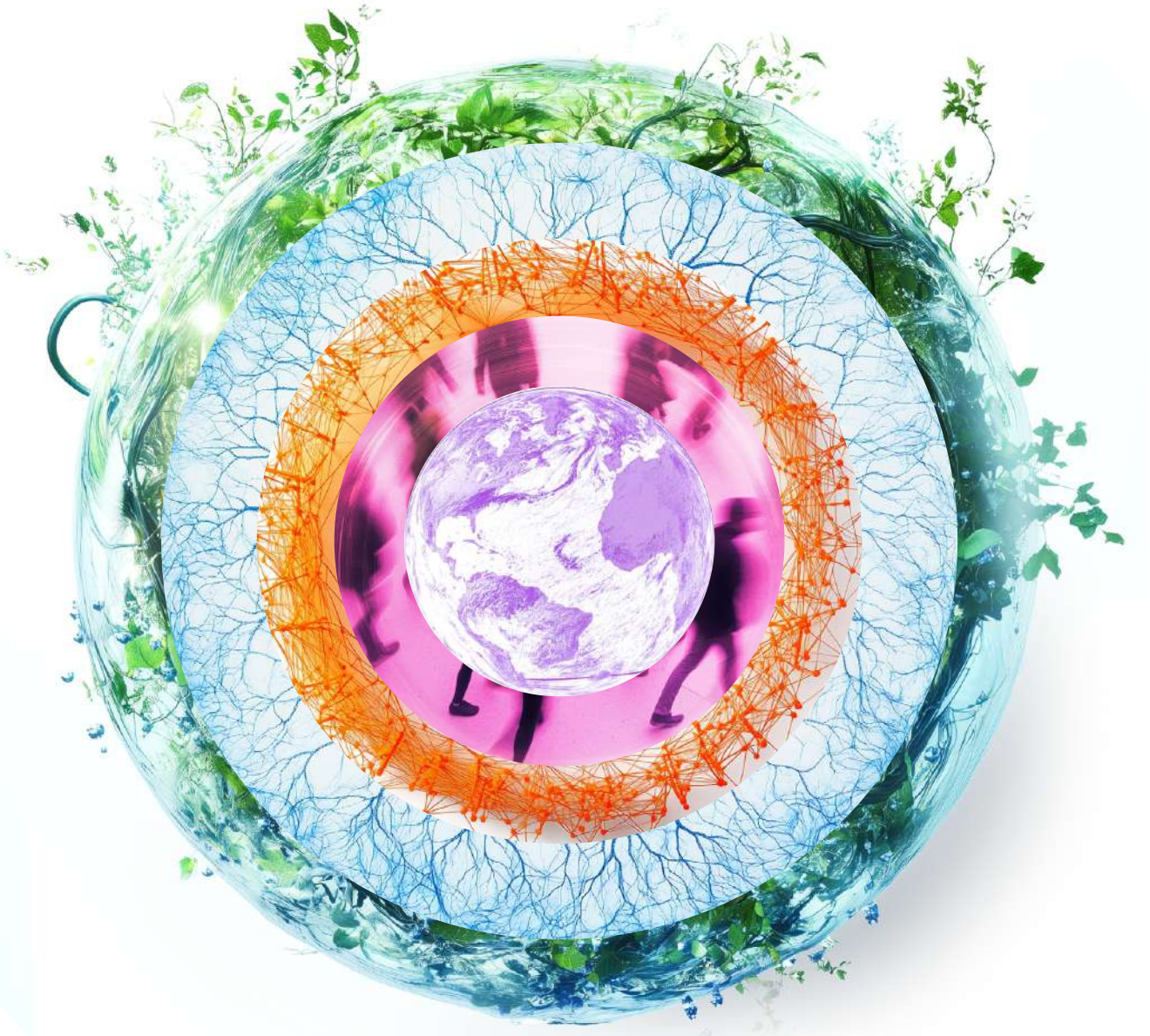
مؤسسة دبي للمستقبل
DUBAI FUTURE FOUNDATION



تقرير الفرص المستقبلية

50 فرصة عالمية

2025

يرجى ذكر التالي عند الاقتباس

تقرير الفرص المستقبلية 50 فرصة عالمية 2025، مؤسسة دبي للمستقبل

www.dubaifuture.ae/the-global-50

المســتقبــل مــلكٌ لمـن يجـرؤ على تصمـيمه

محمد عبدالله القرقاوي
نائب رئيس مجلس الأمناء العضو المنتدب لمؤسسة دبي للمستقبل

إن صناعة المستقبل ليست خياراً، بل مسؤولية. من يجرؤ على تصميم الغد، هو من يمتلك مفاتيح الريادة اليوم. نحن نعيش في عصر مليء بالتغيرات المتسارعة، يفرض فيه الواقع تحديات جديدة ويكشف عن فرص غير مسبوقة. الفرق بين الأمم المتقدمة وتلك التي تترقب المستقبل يكمن في استعدادها للمستقبل، وقدرتها على التكيف، وإرادتها في تحويل الأفكار إلى إنجازات.

لقد شهد العالم تحولات اقتصادية واجتماعية وبيئية غير مسبوقة غيّرت مفاهيم الحياة. هذا التحولات شكلت الأساس لتقرير «50 فرصة عالمية» في نسخته الرابعة، حيث نستعرض 50 فرصة استثنائية تستند إلى أحدث التطورات في التكنولوجيا، والاقتصاد الرقمي، والذكاء الاصطناعي، وعلوم المواد، والهندسة الحيوية، وغيرها من المجالات التي تعيد رسم حدود الممكن. يوفر التقرير خريطة طريق لاستثمار هذه الفرص من خلال التركيز على تحسين الصحة، واستعادة التوازن الطبيعي، وتعزيز الاستدامة، وتمكين المجتمعات، وإطلاق العنان للابتكارات المستقبلية. نريد أن نقدم للعالم رؤى ملهمة وحلول مبتكرة تدعم الأفراد والمؤسسات والحكومات في تحويل الطموحات إلى إنجازات ملموسة، والارتقاء بمستوى جودة الحياة.

نستعرض أيضاً في التقرير أهم 10 توجهات كبرى تعيد تشكيل العالم اليوم، لنساعد في الاستعداد لها، واستثمار الفرص التي تولد منها.

الابتكار لا يحدث في الفراغ، بل يحتاج إلى شراكات فعالة، وقيادات جريئة، ومؤسسات تمتلك القدرة على التكيف والتحرك بسرعة. هذا التقرير يهدف إلى تحفيز العقول، وإلهام صناع القرار، ودفع الحكومات والمؤسسات والأفراد نحو تبني رؤية واضحة لمستقبل أكثر إشراقاً.

في الختام، لا يُبنى المستقبل بالانتظار، بل بصناعة الممكن واستشراف القادم. عندما تتحد الرؤية بالعمل، والتخيل بالتنفيذ، والإرادة بالإبداع، تصبح الأحلام واقعاً، والطموحات إنجازات. المستقبل ملك لمن يصنعه، وهذه دعوة لأن نكون في طليعة صانعيه.

الفهـــــرس

مقدمـــة 7

رؤيتـنا للمســـتقبل 12

الفرضيات 13
المتغيّرات الغامضة 20
التوجهات العالمية الكبرى 30

استكشاف محتـــوى التقريـــر 51

التقرير كبحث استشرافي 52
استخدام التقرير لاستشراف المستقبل 55
رؤيتنا للمستقبل 56
محتوى الفرص 57
دليل استكشاف الفرص 59

الفرص الخمســـون 63

الصحة 63
الطبيعة والاستدامة 98
تمكين المجتمعات 133
تحسين الأنظمة 174
الابتكارات المستقبلية 212

المنهجية المعتمدة 261

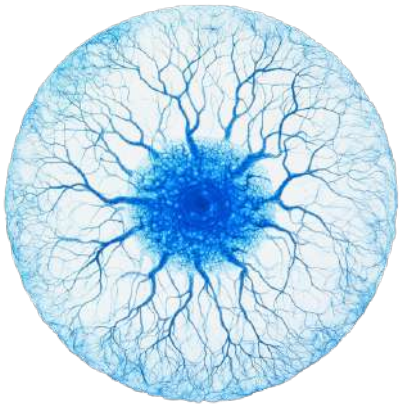
شكر وتقدير 264

قائمة المصطلحات 266

فهرس 278

مراجع 279

الصحة



01 سلام نفسي فوري 64
02 فيروسات آكلة للبكتيريا 67
03 كهرباء حيوية 71
04 طب وقائي شخصي 75
05 مناعة ذهنية 79
06 طحالب لتنقية الهواء 83
07 روبوتات علاجية نانوية 87
08 طب رياضي للجميع 91
09 تنفس تشخيصي ذكي 95

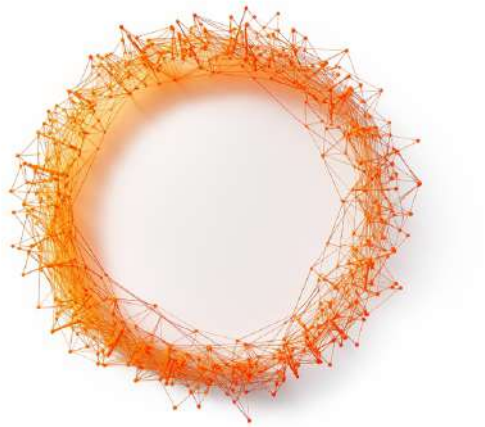
الطبيعة والاستدامة

10 تقنيات لمسية للشعور بالطبيعة 99
11 مواطن طبيعية مطبوعة 103
12 فلاتر حيوية عائمة 107
13 مصفاة بحرية فوق صوتية 111
14 رصد مبكر للكوارث 115
15 سفن ذاتية الطاقة 119
16 بطاريات كالسيوم بكفاءة عالية 123
17 توربينات طائرة في الهواء 126
18 كنز نفايات الأسماك 130

تمكين المجتمعات

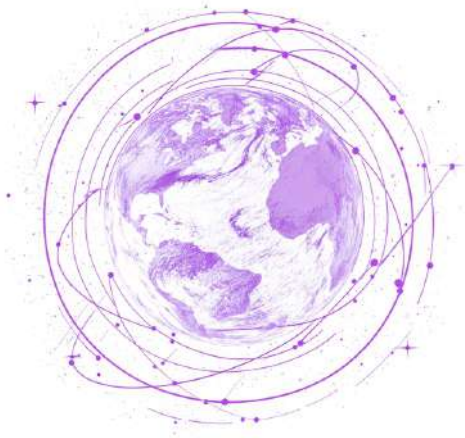
19 علاقات إنسانية روبوتية 134
20 حلول مجتمعية بطابع فيزيائي 138
21 استباق الأزمات عبر عيشها 142
22 مقياس جديد لجودة الحياة 146
23 تحلية بلا ترسّبات ملحية 150
24 خوارزميات شخصية 154
25 فرص واعدة لازدهار دور المرأة 158
26 منظور صحي للألعاب الإلكترونية 162
27 منصة للتكيف مع تغير المناخ 166
28 صندوق ابتكارات البشرية 170

تحسين الأنظمة



29 تبريد ذاتي مدى الحياة 175
30 تصنيف جديد لترتيب الدول الأفضل في العالم 179
31 ديمقراطية النشر العلمي 183
32 بخاخ غذائي ذكي 186
33 مصدر للطاقة حسب الحاجة 190
34 براءات اختراع أكثر مرونة 194
35 سلاسل توريد روبوتية عبقرية 197
36 ساندبوكس دولي 200
37 محطات طاقة دائمة التجدد 204
38 سيبرانيات الطبيعة 208

الابتكارات المستقبلية



39 اتفاقيات مستشرفة للمستقبل 213
40 طاقة نظيفة لا تنفد وللجميع 2.0 217
41 اقتصاد الأولويات المحددة 221
42 بصمة رقمية للمياه 225
43 عصر جديد للطاقة الجوفية 229
44 رحلات فضائية أطول وأكثر صحة 233
45 ابتكارات محلية لتحديات عالمية 237
46 أدمغة حاسوبية 241
47 الطاقة المظلمة 245
48 مناعة جذعية 249
49 منتجات ذاتية التصنيع 253
50 مدارس بلا سنوات محددة 257

مقدمـــــة

تتطـور رؤيتنا لمفهوم النمو مع مـــرور الزمـــن.

تتطور رؤيتنا لمفهوم النمو مع مرور الزمن، وهو ما يدعونا للتأمل وإعادة النظر في تعريفه ليلبي متطلبات الحاضر والمستقبل.[1] ومع انتقال العالم إلى مستويات جديدة من التحديات،[2] ودخولنا عصر التحولات الكمومية (انظر الشكل 1)، تحدث التغييرات بوتيرة غير مسبوقة،[3] ويصبح استشراف المستقبل أكثر تعقيداً، ولكنه أكثر إلحاحاً وأهمية من أي وقتٍ مضى.

وهذا يطرح تساؤلاً جوهرياً: هل نحن حقاً في عصر جديد من التحولات الجذرية، أم أن هذه التحولات كانت دائماً جزءاً من رحلتنا البشرية؟

الشكل 1

عصر التحولات الجذرية (التحولات الكمومية)[4]

نشأ هذا المصطلح بدايةً في فيزياء الكم وهو يشير إلى الانتقال المتزامن والمستمر من حالة طاقة ما إلى أخرى من خلال الذرات والجسيمات دون الذرية. تقرّب هذه النظرة الكمومية إلى أذهاننا مفهومي "التشابك الكمي" و"التراكب الكمي" الذين يشيران إلى ترابط الجسيمات في تحركها وتفاعلها حتى عندما تكون بعيدة عن بعضها.

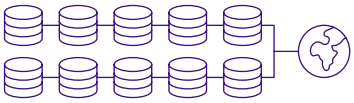
يستخدم تقرير "الفرص المستقبلية: 50 فرصة عالمية" مفهوم "الكم" ومصطلح "الكمومي" لوصف التغيّرات السريعة والثورية والمفاجئة التي قد تحدث في مجالات الأعمال، والاتصالات، والثقافة، والعمل الحكومي، والطب، والتكنولوجيا، وغيرها. كما أننا نستخدم هذا المصطلح للإشارة إلى العلاقات والروابط المتشابكة والمعقدة التي سترسم معالم مستقبلنا وتحدد توجهاته. ويعتمد التقرير على مصطلح "التحولات" لوصف كيف يمكن للمحركات أن تدفع المجتمعات في اتجاهات متعارضة تماماً. فبعض الابتكارات قد تمكّن مجتمعات من المضي قدماً نحو المستقبل الذي تتطلع إليه، في حين تعيق مجتمعات أخرى عن تحقيق ذلك.

لطالما قيل إن التغيير **هو الثابت الوحيد في تاريخ البشرية**[5]

لكن اليوم تتسارع التطورات التكنولوجية بوتيرة غير مسبوقة (انظر الشكل 2)، مما يدفع حدود الإمكانات في مختلف جوانب العمل والحياة اليومية والاقتصادات والمجتمعات. وفي كثير من الأحيان، تحدث هذه التحولات بسرعة فائقة، دون إنذار مسبق أو وقت كافٍ للتكيف معها.

الشكل 2 أمثلة على تسارع وتيرة التقدم التكنولوجي

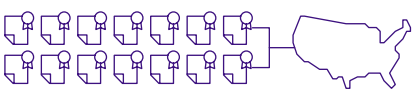
في عام 2014، بلغ عدد مستخدمي الإنترنت 2.8 مليار شخص (أي أقل من 40% من سكان العالم).[6] **لكن بحلول عام 2024، تضاعف هذا الرقم تقريباً ليصل إلى 5.5 مليار (أي ما يعادل ثلثي سكان العالم).**[7]



في عام 2014، بلغ حجم البيانات التي أنتجها العالم 12.5 زيتابايت فقط ("الزيتابايت" تعادل مليار تيرابايت أو تريليون جيجابايت) - أي ما يعادل 3.1 تريليون قرص فيديو رقمي.[8] لكن بحلول عام 2024، ارتفع هذا الرقم ليصل إلى **147 زيتابايت،**[9] **أي أكثر من 11 ضعفاً.**

أُطلق تطبيق "سلاك" في أغسطس 2014، ونجح في جذب نصف مليون مستخدم خلال ستة أشهر،[10] بينما جذب تطبيق "تشات جي بي تي"، الذي أُطلق في نوفمبر 2022، **100 مليون مستخدم خلال نفس المدة.**[11]

عندما أُسس مكتب الولايات المتحدة لبراءات الاختراع والعلامات التجارية بين عامي 1790 و1800، كان يشهد تسجيل 229 براءة اختراع أسبوعياً. **وفي عام 2015،**[12] **أصبح هذا العدد يُسجل يومياً،** أما في عام 2023، تم تسجيل هذا العدد في غضون أقل من ساعتين، وفقاً لعدد ساعات العمل الأسبوعية، وأكثر من أربعة أضعاف عدد براءات الاختراع يومياً مقارنة بعام 2015.[13]



في حين تطلّب تسجيل أول مليون براءة اختراع أمريكية 121 عاماً، فإن الوتيرة التي تم تسجيل براءات الاختراع بها في عام 2023 **تشير إلى أن تحقيق المليون التالي سيستغرق 35 شهراً فقط،** مع العلم أن عدد كبير من هذه البراءات مرتبط بالتطورات المبتكرة في مجال الذكاء الاصطناعي.[14]

يُقدَّر أن يُضيف الذكاء الاصطناعي التوليدي أكثر من

$4.4 تريليون

دولار إلى الاقتصاد العالمي.

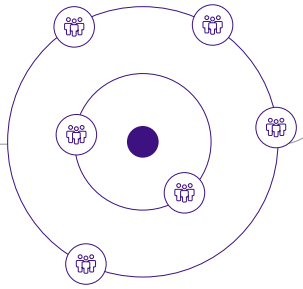
في العصور القديمة، اعتاد البشر على العيش **ضمن مجتمعات صغيرة مترابطة ومتكاملة** يتراوح عدد أفرادها بين

150-50 شخصاً

واليوم .....

4.4 مليار

أي أكثر من نصف سكان العالم، **يعيشون في مدن كبرى**



من المتوقع أن يُحدث الذكاء الاصطناعي والحوسبة الكمومية تحولاً جذرياً في مختلف الصناعات، كما قد يؤدي إلى ظهور صناعات جديدة ويغيّر نظرتنا لمفهوميّ العمل والدخل. إذ يُقدَّر أن يُضيف الذكاء الاصطناعي التوليدي وحده أكثر من 4.4 تريليون دولار إلى الاقتصاد العالمي.[15] ووفقاً لمؤشر "نبض التغيير" الخاص بشركة "أكسنتشر"، ارتفع معدل التغيير في نماذج الأعمال التي تتبناها الشركات (نتيجة التغيرات التي تواجهها الشركات فيما يتعلق بالتكنولوجيا، والمواهب، والاقتصاد، والظروف الجيوسياسية، والمناخ، والمعايير الاجتماعية وغيرها) بنسبة 183% بين عامي 2019 و2024، مع العلم أن 33% من هذا الارتفاع قد حدث خلال عام 2023 فقط بسبب الابتكارات التكنولوجية التي قادها الذكاء الاصطناعي التوليدي.[16] ورغم أن الحوسبة الكمومية قد تبدو بعيدة المنال، إلا أنها تتقدم بوتيرة سريعة، ومن المتوقع أن تتيح حلولاً أكثر سرعة ودقة للتعامل مع التحديات المعقدة. وسيؤدي ذلك إلى تحقيق تحسينات استثنائية في العمليات التشغيلية والمعاملات، إلى جانب تعزيز مستويات الأمن بشكل غير مسبوق.[17]

من ناحية أخرى، تُظهر النتائج والمؤشرات الاجتماعية اتجاهاً مشابهاً؛ في السنة الأولى من جائحة كوفيد-19، ارتفعت معدلات انتشار الاكتئاب والقلق عالمياً بنسبة 25%، مما أضاف إلى العدد الهائل من الأشخاص الذين يتعاملون بالفعل مع مشاكل الصحة النفسية، والذي يُقدر بمليار شخص.[18] ورغم عدم تحديث هذه الأرقام حتى الآن، تظل الصحة النفسية مصدر قلق مستمر دون أي مؤشرات على تراجعها.[19] وفي أمثلة أخرى أكثر تحديداً، ارتفعت معدلات الاكتئاب والقلق والتوتر في المملكة المتحدة بين عامي 2000 و2019، من حوالي 56 إلى77 لكل1,000 فرد في العام، وأكثر من الضعف بين الشباب الذين تتراوح أعمارهم بين 16 و24 عاماً.[20] وبالمثل، شهدت الولايات المتحدة ارتفاعاً في معدلات الاكتئاب بين الشباب الذين تتراوح أعمارهم بين 18 و25 عاماً من 8.1% [21] إلى 21.5% [22] بين عامي 2005 و2017. وفي منطقة الشرق الأوسط، يبلغ متوسط العبء الإجمالي لأمراض الصحة النفسية في مصر، والأردن، والكويت، وعمان، وقطر، والمملكة العربية السعودية حوالي 10.4%، وهو ما يقارب ضعف المعدل العالمي.[23]

في العصور القديمة، اعتاد البشر على العيش ضمن مجتمعات صغيرة مترابطة ومتكاملة، يتراوح عدد أفرادها بين 50 و150 شخصاً، وكان الدعم المتبادل هو أساس تلك المجتمعات. أما اليوم، فإن 4.4 مليار شخص، أي أكثر من نصف سكان العالم، يعيشون في مدن كبرى تضم آلاف الجيران الغرباء الذين لا تربطهم أي صلة، مما أدى إلى تفاقم الشعور بالوحدة وجعلها إحدى الظواهر العالمية المتزايدة التي تستدعي القلق.[24] من جهة أخرى، يواجه الجيل زد، أي المواليد ما بين عامي 1997 و2012،[25] تحديات جديدة تدفعه إلى خفض مستوى طموحاته المهنية، وتأجيل خطوات حياتية رئيسية، مثل شراء منزل أو بناء العلاقات أو تأسيس أسرة، نتيجة للارتفاع المستمر في تكاليف المعيشة.[26] وبناءً عليه، ستسهم هذه الاتجاهات المدفوعة بالتطورات التكنولوجية المتسارعة، في إعادة تشكيل تصوراتنا حول ماهية الحياة ومعايير جودتها الحقيقية.

ويواصل تقرير "الفرص المستقبلية: 50 فرصة عالمية" **في إصداره الرابع** رحلته لاستكشاف آفاق المستقبل، مسلطاً الضوء على إمكانات الإبداع البشري التي لا حدود لها، في ظل فهمنا المشترك لمفهوم النمو والازدهار وجودة الحياة (انظر الشكل 3).

الشكل 3

تعريف **النمو والازدهار وجودة الحياة**

النمو

اليوم

يشير مصطلح "النمو" اليوم إلى الزيادة في إجمالي إنتاج السلع والخدمات في اقتصاد معيّن مع مرور الوقت.

المستقبل

قد يتخطى مفهوم النمو العوامل الاقتصادية في المستقبل ليشمل، على سبيل المثال، حساب التأثيرات السلبية أيضاً لنتمكن من تطوير مقاييس لنمو المحصلة الإيجابية للشركات - وهي مرحلة متقدمة تسعى فيها الشركات إلى أن تقدم للبيئة أكثر مما تستهلكه من المصادر والموارد الطبيعية في جميع عملياتها.

الازدهار

اليوم

يتمحور مفهوم الازدهار اليوم حول عيش حياة كريمة ومستقرة وخالية من التهديدات أو الفقر أو التعرض للأذى، إلى جانب إمكانية الوصول إلى فرص العمل اللائقة ومختلف الخدمات، مثل التعليم والرعاية الصحية.

المستقبل

قد يتطور تعريف الازدهار مستقبلاً ليشمل الوصول إلى الخدمات الشخصية المصممة وفق احتياجات الفرد والخدمات ذاتية الإدارة والاستدامة. وقد يشمل مفهوم الازدهار تدفقات متنوعة للدخل المالي الإضافي دون الاعتماد فقط على الوظيفة الثابتة، لتمكين الأفراد من تحسين مستوى معيشتهم، وقد يشمل أيضاً توفير المزيد من الخيارات الحياتية أمام الأفراد، وضمان بيئة داعمة ومكتفية ذاتياً لعيش تلك الخيارات.

جودة الحياة

اليوم

يمكن تعريف "جودة الحياة" في يومنا هذا على أنها حالة من الصحة العقلية والجسدية الجيدة والإحساس بالرضا عن الحياة، نتيجة تحقيق النمو والازدهار والمشاركة الإيجابية في المجتمع والتفاعل الإيجابي مع البيئة والشعور بالانتماء.

المستقبل

قد يرتكز تعريف "جودة الحياة" في المستقبل أكثر على الشعور بتحقيق الذات والثقة بالنفس، إذ قد نتمكن من خلال التطور في الطب والتكنولوجيا من تحسين قدرتنا على التغلب على مختلف تحديات الصحة العقلية والجسدية.

وفي نسخة هذا العام من تقرير "الفرص المستقبلية: 50 فرصة عالمية" نستكشف مجدداً الركائز الأساسية التي تشكل رؤيتنا للمستقبل. ورغم أن هذه الركائز لم تتغير، إلا أننا قد أضفنا إليها فرضيةً جديدة حول الترابط العالمي، وهو ما أشرنا إليه لأول مرة في تقريرنا بعنوان "استشراف مستقبل النمو والازدهار وجودة الحياة: أساس تقرير الفرص المستقبلية" الصادر عام 2023.[27] ومن خلال تبنّي رؤية طويل المدى،[a] قمنا بتحليل المتغيّرات الغامضة وتعمقنا في بحثنا لاستكشاف السيناريوهات المحتملة التي قد تشكل ملامح النمو والازدهار وجودة الحياة في السنوات المقبلة، إلى جانب التطورات الصناعية المرتقبة. وبالنظر إلى الطبيعة الديناميكية للتوجهات العالمية الكبرى، تحول التركيز من "حماية النظم البيئية" إلى "تطوير النظم البيئية" لتشمل التركيز على استعادة وتجديد العديد من النظم البيئية.

في نسخة هذا العام من تقرير "الفرص المستقبلية: 50 فرصة عالمية"، نواصل دعم جهود استشراف المستقبل عبر تقديم 50 فرصة جديدة، كما فعلنا في الإصدارات السابقة، لنستكشف من خلالها حلولاً تمكّننا من التكيف والابتكار وإدارة التحولات العالمية من أجل تحقيق النمو والازدهار وتعزيز جودة الحياة. والآن إضافة إلى الفرص التي استعرضناها في النسخ السابقة من التقرير منذ عام 2022 وحتى 2024، أصبح لدى القراء 200 فرصة مستقبلية يمكن أن تولّد أكثر من 1,000 فكرة قابلة للتنفيذ في المجالات الاقتصادية، والقانونية، والمجتمعية، والتكنولوجية، سواء بالنظر إلى كل فرصة على حده أو عبر دمجها مع فرص أخرى لتشكيل حلول جديدة شاملة ومبتكرة.

تحمل الأعوام الخمسين المقبلة فرصاً وتحديات لجميع الأجيال، وعلينا أن نستبق الأحداث من خلال استكشاف السيناريوهات المحتملة وتخيل عوالم جديدة لا تقف عند حدود إمكانات اليوم، وبذلك نستطيع مواجهة التغيّرات المستقبلية، والاستفادة من الفرص والحد من المخاطر بقدر الإمكان.

[a] انظر إلى ما بعد 30 عامًا.

رؤيتـــنا للمســـتقبل

تستند رؤيتنا للمستقبل التي نستعرضها في تقرير "الفرص المستقبلية: 50 فرصة عالمية" إلى أربع ركائز أساسية ألا وهي: **الفرضيات، والمتغيّرات الغامضة، والتوجهات العالمية الكبرى، والعمل على أرض الواقع.**

إن التفكير في المستقبل واستشرافه والتخطيط له مهمة لا تخلو من التحديات.[28] لذلك، تقدم رؤيتنا للمستقبل تصوراً يساعدنا، نحن والقراء، على فهم عصر التحولات الكمومية وكيفية التعامل معه، كما تساعدنا في استكشاف حلول مبتكرة لتلبية احتياجاتنا الأساسية والسعي لتحقيق أهدافنا الشخصية في ظل الواقع المتغيّر الذي يعيشه العالم اليوم وفي المستقبل.[29] وتظل المتغيّرات الغامضة والفرضيات ثابتة ربما لعشرات السنوات، أما التوجهات العالمية الكبرى فلا تستمر إلا ربما على مدار عقدٍ من الزمن ثم تتطور باستمرار.[30]

ومع أننا نستعرض ركائز رؤيتنا للمستقبل بشكلٍ منفرد، إلا أن هذه الركائز مترابطة مع بعضها في الواقع. وتتمثل وظيفة خبراء استشراف المستقبل أو الاستراتيجية أو الابتكار في تحويل الاحتمالات المستقبلية المعقدة إلى رؤى عملية، من خلال تطوير سيناريوهات تعزز جاهزية الدول، والمنظمات، والأفراد لمواجهة احتمالات مستقبلية متعددة وبناء قدرات استراتيجية لمستقبل أفضل.[31]

رؤيتنـا للمســـــتقبل

الفرضيـــــات

تشكل الفرضيات جزءاً حيوياً في بناء رؤيتنا لمستقبل النمو والازدهار وجودة الحياة، ولها تأثيرات على مدى عدة عقود. ويؤدي أي تعديل قد يطرأ عليها إلى تغيير السيناريوهات المستقبلية المبنية عليها، مما قد يؤثر على قدرتنا في الاستفادة من الفرص المستقبلية.

وكما ذكرنا سابقاً، قدمنا هذا العام فرضية جديدة (انظر الشكل 4) تستند إلى التقارير السابقة[32] والمزيد من الأبحاث التي أجريناها هذا العام. وفي حين أننا ننظر إلى الفرضيات على المدى الطويل، لكننا ندرك أن الأرقام قد تتغير على المدى القريب نتيجة أي أحداث غير متوقعة، وقد يكون لهذه التغييرات تأثير دائم على المستقبل.

الشكل 4

⊕ الفرضية الجديدة

استمرار الترابط العالمي

ترتبط هذه الفرضية بعاملين رئيسيين هما: زيادة الترابط التكنولوجي والتوسع في الاعتماد على الموارد، سواء كانت موارد بشرية أو معدنية أو سلع تجارية.[33] إذ تعتمد العديد من التقنيات والبُنى التحتية العالمية حالياً على بعضها، سواء في تركيب الأجهزة أو البرمجيات أو التخزين، بما في ذلك احتياجات الطاقة. ومن الناحية الاقتصادية، لا تقتصر التجارة على السلع المصنعة فقط، بل تمتد إلى مجالات أخرى مثل المعلومات، والموارد الطبيعية، والزراعة، والخدمات، والبحث والتطوير، والقطاع المالي، وبراءات الاختراع، وغيرها.[34] هذا الترابط بين الدول يتسم بالعمق والتشابك، وله أبعاد عديدة بما فيها أبعاد اجتماعية معقدة.[35] وحتى مع زيادة التوجه نحو التوطين، مثل إعادة توطين الأعمال التجارية والشركات،[36] فإن ذلك سيحدث ضمن سياق يعكس عمق واستمرار الترابط العالمي

نتائج الفرضية على النمو، والازدهار، وجودة الحياة

تبنّي نهج عالمي للتعامل مع التحديات وتبادل المعرفة.

تعزيز خطط استمرارية الأعمال والقدرة على التعافي من الأزمات.

زيادة الفرص الاقتصادية وغير الاقتصادية للأفراد والشركات على المستوى العالمي.

حدوث بعض التضارب بين الأهداف الاقتصادية والاجتماعية.

ظهور تحديات في الحوكمة والتنسيق بين الأطراف المختلفة والاتفاقيات الثنائية التي قد تمنع الآخرين من الوصول الى احتياجاتهم.

الإفراط في الاعتماد على الشركاء والموردين، مما يقلل من القدرة على الصمود في مواجهة التحديات.

مؤشرات يجب التنبه إليها

التدفقات التجارية:
السلع والأفراد والمعلومات

الحصة السوقية للشركات متعددة الجنسيات

التوافق بين السياسات واللوائح التنظيمية

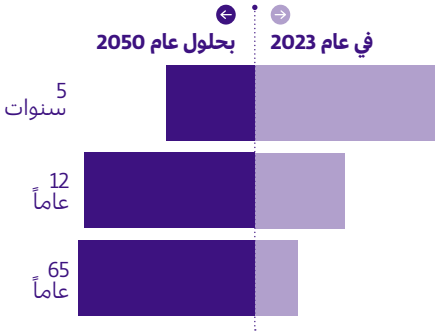
مذكرات التفاهم والاتفاقيات التعاوني

الفرضيـــــة 1

حيـــــاة أطـــول وأكثـــــر صحـــــة

تضاعف متوسط العمر المتوقع للإنسان عالمياً أكثر من مرتين خلال الـ 224 عاماً الماضية

في عام 1800 كان متوسط العمر المتوقع للإنسان 30 عاماً فقط،[37] أما الآن فقد وصل إلى 73.3 عاماً.[39,38] ورغم انخفاضه بشكل هامشي خلال جائحة كوفيد-19، إلا أنه سيواصل الارتفاع في المستقبل ليبلغ 77.4 عاماً عالمياً بحلول عام 2054.[41,40]



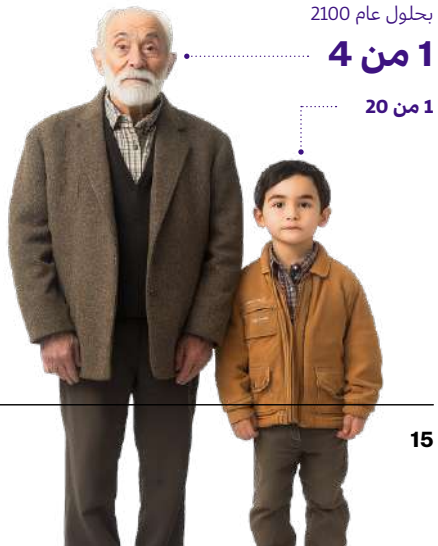
سنشهد تغيّراً في توزيع الفئات العمرية

في عام 2023، بلغ عدد الأشخاص الذين تتخطى أعمارهم 65 عاماً نحو نصف عدد الأطفال تحت سن 12 عاماً وربع عدد الأطفال تحت سن 5 سنوات.[42]

بحلول عام 2050، من المتوقع أن يتساوى عدد الأشخاص الذين تتخطى أعمارهم 65 عاماً عدد الأطفال تحت سن 12 عاماً، وأن يتجاوز ضعفي عدد الأطفال تحت سن 5 سنوات.[43]

فئة كبار السن ستصبح أكبر وأكثر تأثيراً في المجتمع

من المتوقع أن ترتفع نسبة سكان العالم الذين تبلغ أعمارهم 60 عاماً فأكثر من 14.5% في عام 2024 إلى 22% في عام 2050.[44] وبحلول عام 2100، سيكون فرد من كل أربعة أفراد في المجتمع في سن 65 عاماً فأكثر،[45] ومن المتوقع أن يتضاعف عدد الأشخاص الذين تبلغ أعمارهم 80 عاماً أو أكثر ثلاث مرات بين عامي 2020 و2050، ليصل إلى 426 مليون شخص.[46] ومع التقدم في العمر مع الحفاظ على الصحة الجيدة، سيخلق كبار السن فرصاً اقتصادية كبيرة وفوائد مجتمعية ملموسة.[47]



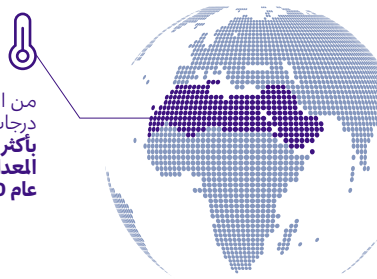
الفرضيـــة 2

استمـرار التغيّـــر المنـاخـــي

ستستمر درجات الحرارة العالمية في الارتفاع

سجل متوسط درجة الحرارة العالمية خلال عام 2023 ارتفاعاً بنحو 1.45 درجة مئوية بالمقارنة مع مستويات الحرارة في مرحلة ما قبل الثورة الصناعية (1850 - 1900).[48, 49] ومن المتوقع أن ترتفع درجات الحرارة في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا بأكثر من ضعف المعدل العالمي بحلول عام 2030.[50]

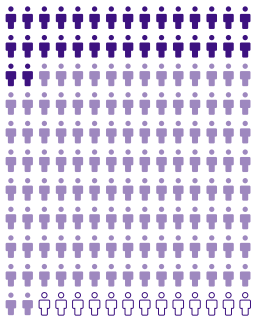
سجلت السنوات العشر التي سبقت عام 2023 أعلى درجات حرارة على الإطلاق.[51]



من المتوقع أن ترتفع درجات الحرارة عالميًا **بأكثر من ضعف المعدل العالمي بحلول عام 2030**

ستظل الدول الفقيرة هي الأكثر عرضة للتأثيرات السلبية للتغيّر المناخي[52]

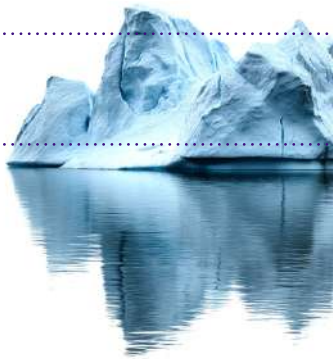
بحلول عام 2030، من المتوقع أن يدفع التغيّر المناخي ما بين 32 و132 مليون شخص نحو الفقر.[53] ويمثل التغيّر المناخي تهديداً بالغاً لدول أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى وجنوب آسيا، حيث يُتوقع أن تتراوح شدة تأثيراته بين المتوسطة والعالية، مما يجعل التغيّر المناخي واحداً من أكبر التهديدات لمجتمعات هذه الدول وسُبل حياتها.[54]



بحلول عام 2030، من المتوقع أن يدفع التغيّر المناخي ما بين **32 و132 مليون شخص نحو الفقر**

ستستمر مستويات سطح البحر في الارتفاع

شهد معدل ذوبان الأنهار الجليدية تزايداً ملحوظاً، حيث ارتفع من حوالي 171 ملليمتراً سنوياً في تسعينيات القرن الماضي إلى حوالي 889 ملليمتراً سنوياً في العقد الأول من الألفية الثانية[55] وإلى 4 أقدام سنوياً بين عامي 2021 و2023 [56] وفقاً لبيانات خدمة مراقبة الأنهار الجليدية العالمية. وفي سبتمبر 2024، أطلقت جامعة خليفة أول جهاز إماراتي لمراقبة الأنهار الجليدية في القارة القطبية الجنوبية، والمعروف بتوازن كتلة الجليد الثلجي. ويركز هذا المشروع على دراسة تكوين الجليد البحري وتأثيراته على المناخ العالمي، في وقت تضم القارة القطبية الجنوبية ما يقارب 90% من إجمالي الجليد العذب على كوكب الأرض.[57]



889 ملليمتر سنوياً
معدل ذوبان الأنهار الجليدية في العقد الأول من الألفية الثانية

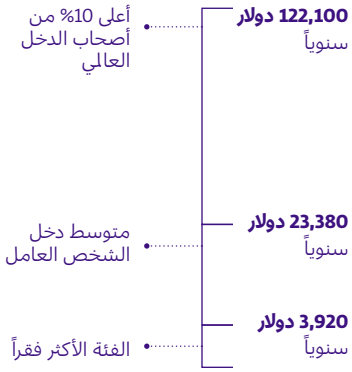
171 ملليمتر سنوياً
معدل ذوبان الأنهار الجليدية في تسعينيات القرن الماضي

الفرضيـــــة 3

اتســاع فجـوة التفـــاوت بين الـمجتمعـــات

ستستمر الفجوات في مستويات الدخل

على المستوى العالمي، ووفقاً لمبدأ تعادل القوة الشرائية، يتقاضى الشخص العامل دخلاً سنوياً بمتوسط 23,380 دولاراً (وفقاً لبيانات عام 2021) ويمتلك أصولاً تُقدر بحوالي 102,600 دولار. وفي المقابل، يحصل الشخص الذي ينتمي إلى أغنى 10% من سكان العالم على 122,100 دولار سنوياً، فيما تصل أصوله إلى 771,300 دولار. أما الشخص الذي ينتمي إلى الفئة الأكثر فقراً من السكان، فيحصل على 3,920 دولاراً سنوياً، ويملك أصولاً تُقدر بحوالي 4,100 دولار.[58] بينما يمتلك أعلى 10% من أصحاب الدخل العالمي الآن 53.5% من إجمالي الدخل الوطني، مما يمثل انخفاضاً طفيفاً عن أعلى معدلاتهم التي بلغت 58.2% في عام 2000 على مدار الـ 25 عاماً الماضي.[59]

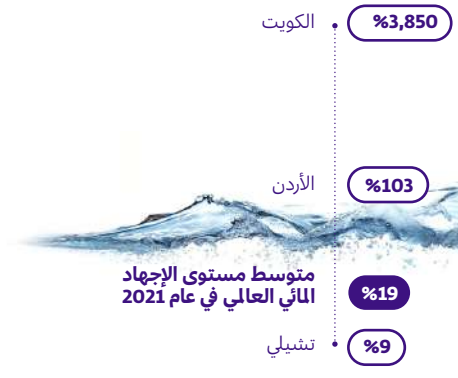


ستستمر الفجوات العالمية في الوصول إلى الكهرباء

ارتفع معدل الوصول العالمي إلى الكهرباء من 73% في العام 2000 إلى 91% في عام 2022. ومع ذلك، شهد عام 2022 تحولاً مقلقاً، حيث كان النمو السكاني أسرع من انتشار الكهرباء، مما أدى إلى زيادة عدد الأشخاص الذين لا تتوفر لديهم الكهرباء بمقدار 10 ملايين شخص مقارنة بعام 2021، ليصل العدد الإجمالي للأشخاص الذين يفتقرون للكهرباء إلى 760 مليون شخص حول العالم.[60]

مستويات الإجهاد المائي متفاوتة بين مناطق العالم

على المستوى العالمي، بلغ متوسط مستوى الإجهاد المائي في عام 2021 نحو 19% - ومن المرجح أن يستمر هذا المستوى.[61] وهناك تفاوت كبير بين مناطق العالم في مستوى الإجهاد المائي (الذي يقاس بمقارنة نسبة المياه العذبة المستهلكة إلى إجمالي المياه العذبة المتاحة). فعلى سبيل المثال، تتجاوز بعض الدول حدود الاستهلاك المستدام بشكل كبير، كما في دولة الكويت (3,850%)، وفي مصر (141%)، والأردن (103%). بينما سجلت دولاً أخرى أقل مستويات الإجهاد المائي مثل اليابان (36%)، وهولندا (16%)، وتشيلي (9%).[62]

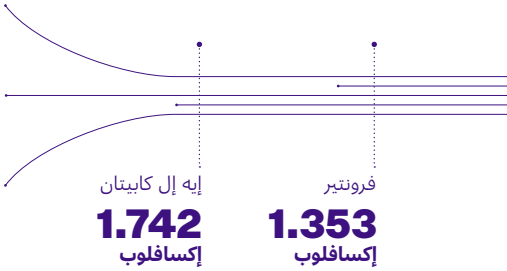


الفرضيـــــة 4

استمـــــرار التطـــور التكنولوجـــــي

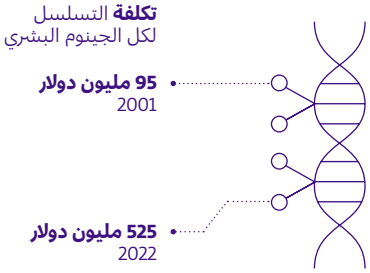
إل كابيتان هو الآن أسرع حاسوب فائق

كان الحاسوب "فرونتير" هو أسرع حاسوب فائق السرعة حتى عام 2023، عندما تفوق عليه الحاسوب العملاق "إيه إل كابيتان"، ويقع في مختبر لورانس ليفرمور الوطني في كاليفورنيا بالولايات المتحدة، حيث يستطيع إجراء العمليات بسرعة 1.742 إكسافلوب/ ثانية[63] (إكسافلوب هي وحدة قياس قدرات الحواسيب الخارقة وتعادل كوينتيليون – أو مليار مليار - عملية حاسوبية في الثانية) - وهو ما يتجاوز بكثير سرعة "فرونتير" التي تبلغ 1.353 إكسافلوب/ ثانية.[64]



تكلفة تسلسل الحمض النووي الآن أقل

أسهم التقدم التكنولوجي في تقليص تكلفة تسلسل الجينوم البشري من نحو 95 مليون دولار في عام 2001 إلى 525 دولاراً في عام 2022.[65]



ما زال من المتوقع أن تُحدث الحوسبة الكمومية تحولاً في مختلف القطاعات والصناعات

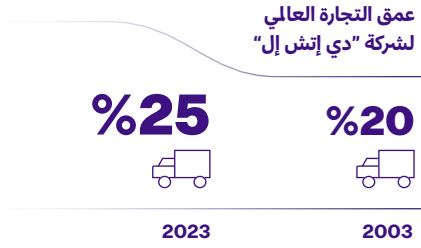
بحلول عام 2035، قد تُسهم الحوسبة الكمومية في تحقيق إيرادات تتراوح بين 450 و850 مليار دولار في الدخل الصافي للعديد من القطاعات مثل المالية والرعاية الصحية والطاقة. وقد تحقق الصناعات التي تأخذ زمام المبادرة في تبني حلول الحسبة الكمومية الاستفادة بنحو 90% من هذه القيمة من خلال السبق في استقطاب المواهب، والملكية الفكرية، والشراكات الاستراتيجية، مما يمنحهم ميزات تنافسية كبيرة.[66]

الفرضيـــة 5

استمـــــرار الترابــط العالمـــي

ستواصل التجارة العالمية توسعها

رغم التحولات الكبرى التي شهدتها التجارة بين الصين والولايات المتحدة الأمريكية، وبين روسيا والاتحاد الأوروبي، فقد وصلت تدفقات التجارة، ورأس المال، وتبادل المعلومات، والموارد البشرية إلى مستويات جديدة في عامي 2022 و2023، حيث وصل مؤشر "عمق التجارة العالمية" لشركة "دي إتش إل" (والذي يقارن التدفقات التجارية الدولية بالتدفقات المحلية) إلى 25% في عام 2023 بعد أن بلغ حوالي 20% في عام 2003.[67]



سيظل العالم مترابطاً من خلال سلاسل التوريد العالمية.

رغم التحديات الكبيرة، ومن المتوقع أن تحقق التجارة العالمية 33 تريليون دولار في عام 2024، حيث شهدت تجارة الخدمات زيادة بنسبة 7% مقارنة بتجارة السلع التي نمت بنسبة 2%، ونمواً في صناعات الملابس بنسبة 14% وفي معدات المكاتب (13%) وفي صناعات تكنولوجيا المعلومات والاتصالات بنسبة 13%.[68]

ستظل المواد الخام الحيوية ركيزة أساسية خاصة للتحول الأخضر

بعد إقرار قانون المواد الخام الحيوية في عام 2024،[69] يعتزم الاتحاد الأوروبي تعزيز استقلاله الاستراتيجي في سلسلة إمدادات العناصر الأرضية النادرة من لا شيء في عام 2021 إلى 20% بحلول عام 2030.[70] ومع سيطرة الصين على التعدين بنسبة 54% والتكرير بنسبة 77% للعناصر الأرضية النادرة،[71] من المتوقع أن يتضاعف سوق المعادن الحيوية مثل النيكل، والليثيوم، والألومنيوم خلال خمس سنوات.[72]

رؤيتنـا للمســـــتقبل

المتغيّرات الغامضة

يتسم المستقبل بالغموض لكن لو تمكنّا من معرفة واستكشاف مسارات هذا الغموض، نستطيع أن نحدد النتائج المحتملة التي قد تؤثر على نمونا وازدهارنا وجودة حياتنا في المستقبل. وكما هو الحال مع الفرضيات، تمتد المتغيرات الغامضة عبر عقود طويلة، مما يحتّم علينا مراجعتها باستمرار. ولهذا، نعمل كل عام على التعمق في البحث للتحقق من صحة هذه المتغيرات الخمسة (وتنقيحها وتطويرها عند الحاجة). (انظر الشكل 5)

الشكل 5

المتغيّرات الغامضة

عندما يقع عدد من المجتمعات (مدينة أو دولة أو منطقة مثلاً) ضمن نطاق سلسلة من المتغيرات التي تختلف بطبيعة الحال حسب اختلاف المكان أو الزمان، لا يمكن أن نشمل جميع تلك المجتمعات ضمن رؤية عامة واحدة أو تقييمها بواسطة أسلوب تقييم موحد.

التعاون

إلى أي مدى ستتطور الحوكمة وأطر التعاون الدولية في المستقبل على المستوى العالمي؟

تعدد الأطراف ⟷ **انقسام العالم**

القيم المجتمعية

هل ستتفق المجتمعات العالمية على قيم مشتركة أم ستؤدي الاختلافات إلى انقسامها؟

الشمولية ⟷ **التباين**

التكنولوجيا [b]

هل ستتحكم التكنولوجيا بحياتنا أم ستحسّن من إنتاجيتنا وجودة حياتنا؟

تحسين الأداء ⟷ **سيطرة التكنولوجيا**

الطبيعة [c]

هل ستؤدي التكنولوجيا المبتكرة وجهود الحوكمة إلى تمكين الطبيعة من ترميم نفسها؟

تجدد الطبيعة ⟷ **تدهور الطبيعة**

الأنظمة [d]

هل ستصل الأنظمة إلى درجة المرونة الكافية لتلبية الاحتياجات الإنسانية المتغيرة؟

مرونة الأنظمة ⟷ **هشاشة الأنظمة**

b التكنولوجيا هي في الوقت نفسه من المتغيّرات الغامضة والفرضيات. انظر إلى الفرضيات للقراءة عن الفرق.

c الطبيعة هي في الوقت نفسه من المتغيّرات الغامضة والفرضيات. انظر إلى الفرضيات للقراءة عن الفرق.

d ترتبط الأنظمة، باعتبارها جزءاً من المتغيّرات الغامضة، بالعمليات والآليات المستخدمة لتفعيل السياسات العالمية، والقوانين، واللوائح، والمعاملات العابرة للحدود.

تعكس المتغيّرات الغامضة الظروف الاجتماعية والاقتصادية والسياسية والبيئية المتباينة التي قد تمر بها المجتمعات العالمية وتختلف كثيراً من منطقة لأخرى.

ومع أن هذه المتغيّرات بحد ذاتها ليست جديدة، إلا أنها تظهر في شكل تحديات غير مسبوقة في ظل التغير المتسارع الذي يشهده العالم.

وبالتالي، فإن تلبية توقعات المجتمعات العالمية ستتطلب فهماً دقيقاً للمشهد الديناميكي والمتنوع للمتغيرات التي ترسم ملامح مستقبلنا المشترك، وهو ما يمكن لاستشراف المستقبل أن يساعدنا في تحقيقه.

يشكل تخيل المستقبل ركيزة أساسية في عملية الاستشراف، لا سيما في أوقات الغموض والحاجة إلى الوضوح،[73] فتخيل المستقبل أداة قوية تساعدنا في توسيع آفاق تفكيرنا، مما يتيح استكشاف المستقبل بطرق غير تقليدية، ويعزز التفكير الإبداعي حول فرص المستقبل وتحدياته، ويوجهنا نحو وضع استراتيجيات فعّالة، واتخاذ خطوات واثقة ومدروسة. ويُعد تطوير السيناريوهات جزءًا لا غنى عنه في عملية تخيل المستقبل، فهو يتيح لنا تصور مسارات متنوعة، ويمنحنا رؤى أعمق حول الاتجاهات المحتملة.

وتنقسم هذه السيناريوهات إلى ثلاثة أنواع رئيسية وهي: السيناريوهات التنبؤية، والسيناريوهات الاستكشافية، والسيناريوهات المعيارية. حيث تركز السيناريوهات التنبؤية على بناء تصورات مستقبلية اعتماداً على المعلومات المتاحة حالياً (مثل التنبؤات المستقبلية)، بينما تسعى السيناريوهات الاستكشافية إلى تصور احتمالات مستقبلية بناءً على مجموعة من الفرضيات ومحركات التغيير،[74] وبين هذين النوعين تأتي السيناريوهات المعيارية، التي تجمع بين المعلومات الحالية وأهداف المستقبل،[75] بهدف تحديد مسارات يمكن أن تقود إلى مستقبل أفضل، وهي عملية يشار إليها بـ" التنبؤ العكسي للمستقبل (Backcasting)".

يُعد بناء السيناريوهات أداة مرنة تُستخدم في التخطيط الاستراتيجي[76] **وفي الأساليب البحثية المتنوعة.**[77] يلجأ إليها المتخصصون في الاستراتيجيات والباحثون لاستكشاف الأفكار الخفية والفرضيات الأساسية، مما يساعدهم في فهم الموضوعات بعمق واستخلاص رؤى قيمة بطريقة أكثر وضوحا وتأثيراً.

ومع تبني رؤية طويلة المدى[e]، اعتمدنا في هذا الإصدار من تقرير "50 فرصة عالمية" على الفرضيات والمتغيرات الغامضة، إلى جانب الأبحاث التي أُجريت خلال العام، لتطوير سيناريوهات استكشافية حول مستقبل النمو والازدهار وجودة الحياة. ورغم أن النتائج قد تختلف حسب الظروف المحلية، فإن هذه السيناريوهات العالمية تهدف إلى مساعدتنا في التعمق في التفكير وتحفيز قدرتنا على التحليل الاستراتيجي.

تجدر الإشارة إلى أن هذه السيناريوهات الأربعة لا يُقصد منها أن تكون شاملة ومكتملة، وترحب مؤسسة دبي للمستقبل بالنقاش والحوار البنّاء لإثرائها وتطويرها.

واستناداً إلى أبحاثنا، **ستكون التكنولوجيا والطبيعة من أبرز العوامل التي ستؤثر بشكل كبير** على مستقبل النمو والازدهار وجودة الحياة؛ من أبرز المتغيرات الغامضة التي لا بد أن تؤخذ في الاعتبار

التكنولوجيا

تحسين الأداء ⟷ **سيطرة التكنولوجيا**

الطبيعة

تجدد الطبيعة ⟷ **تدهور الطبيعة**

[e] انظر إلى ما بعد 30 عامًا.

الحاضر

يعد فهم الحاضر مفتاحاً لفهم كيفية تطور سيناريوهات المستقبل. وإذ يتناول تقرير "الفرص المستقبلية: 50 فرصة عالمية"، في إصداره الحالي وإصداراته السابقة العديد من الإشارات سواء في باب "التوجهات العالمية الكبرى" أو خلال الفرص الخمسين، تبرز بعض الملامح السائدة التي تعكس الحاضر الذي نعيشه..

رغم أن الاقتصاد العالمي استعاد استقراره منذ جائحة كوفيد-19،[78] إلا أن هناك العديد من الأسئلة التي ما زالت تحتاج إلى إجابات. من بينها كيفية إعادة تعريف القيمة والثروة، والتكيف مع أنظمة جديدة للتبادل النقدي مثل العملات الرقمية،[79] وتلبية الاحتياجات المالية للدول ذات الدخل المنخفض والمتوسط. [80] كما تبرز الحاجة إلى تجاوز الناتج المحلي الإجمالي كمؤشر وحيد على صحة الاقتصاد،[81] واستكشاف أشكال جديدة للنمو الاقتصادي في المستقبل.[82]

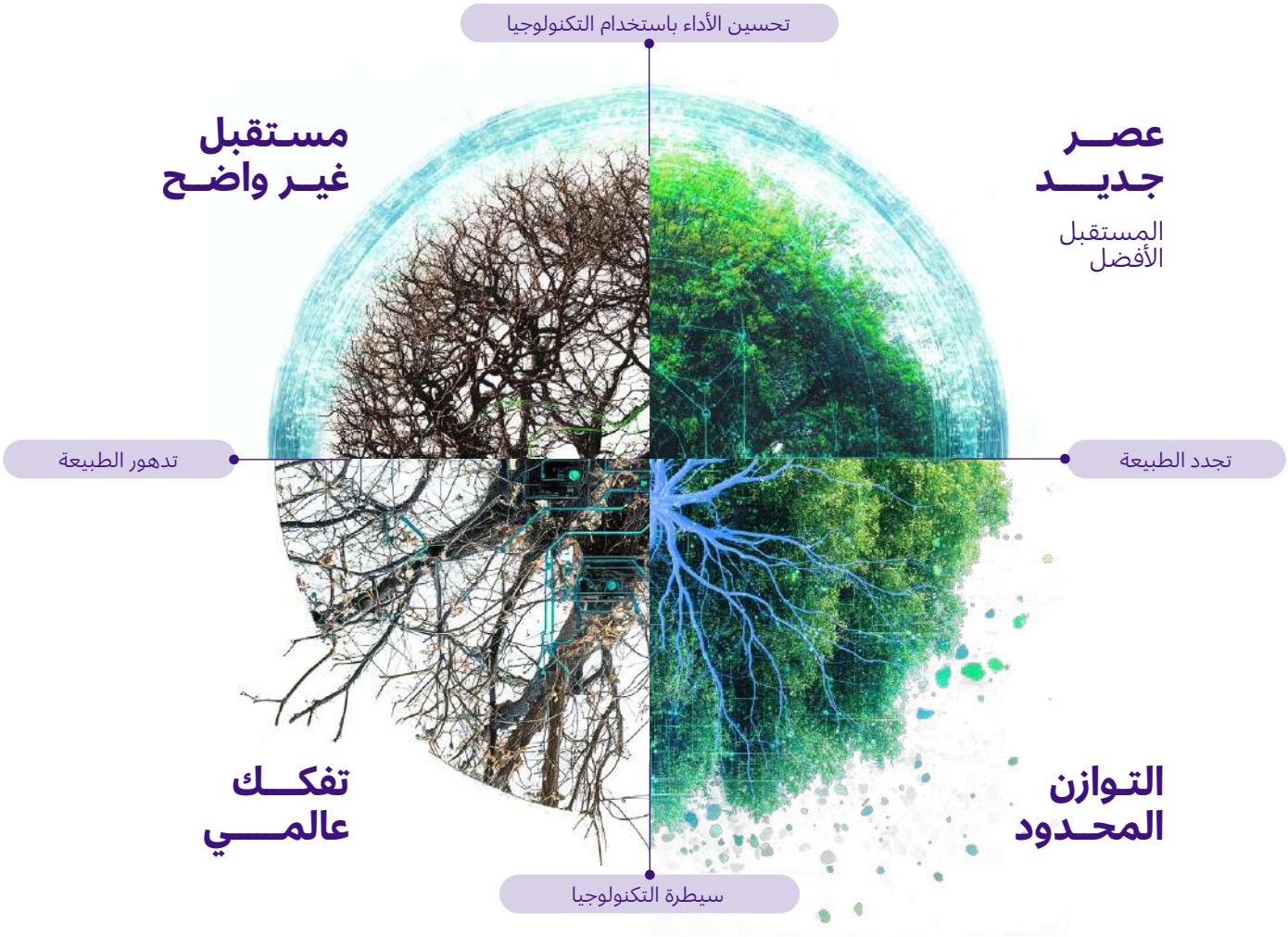
ورغم الدور الحيوي للتكنولوجيا في تحسين حياتنا،[83] ما زال هناك مخاوف بشأن تأثيرها على الإنسانية. [84] لكن هناك التزام عالمي بوضع جودة الحياة على رأس الأولويات، ويظهر ذلك بوضوح في تطوير الأطر التنظيمية للذكاء الاصطناعي،[85] والجهود التعاونية الدولية، مثل إعلان الأمم المتحدة بشأن الأجيال المقبلة، والاتفاق الرقمي العالمي، وميثاق المستقبل،[86] لكن تظل هناك تحديات تتطلب المزيد من التركيز، بما فيها الوصول العادل لتكنولوجيا الاتصال المتقدمة[87] والطاقة والحصول على الغذاء والمياه حول العالم. وبينما تعِد التكنولوجيا الحيوية بالكثير من الحلول المبتكرة لتحسين أنظمة الغذاء[88] والرعاية الصحية،[89] نجد أن هناك مجتمعات ما زالت تعاني من تحديات مثل العزلة،[90] والصحة النفسية،[91] وعدم صمود الأنظمة الصحية،[92] والتناقض المجتمعي بين فئة تهدر الغذاء وأخرى لا يمكنها الوصول إليه[93]. وبينما التزمت العديد من الدول والمدن بالمعاهدات البيئية المتعلقة بالمناخ[94] والبحار[95] والفضاء،[96] نجد في المقابل أن أنماط الطقس القاسية والتغير المفاجئ في المناخ ما زالا مصدر قلق كبير[97] مما قد يجعل النزوح بسبب تغير المناخ واقعاً لا مفر منه. [98]

فيما يلي خمسة أسئلة لا بد أن تؤخذ في الاعتبار عند التفكير في سبل تحقيق أفضل مستويات النمو والازدهار وجودة الحياة في المستقبل:

1. كيف يمكن أن تظل رفاهية الإنسان وجودة الحياة في صميم التقدم التكنولوجي والابتكار؟
2. ما هي التقنيات والاستراتيجيات التي يمكن أن توفر رؤية واضحة حول المواد الخام الحيوية، وصحة النظم البيئية، والتنوع الحيوي؟
3. ما هي الأطر القانونية وآليات الحوكمة ومؤشرات التقدم المطلوبة لضمان الالتزام العالمي بتقليص الفجوات الرقمية والاقتصادية والتفاوت في الوصول إلى الطاقة والغذاء والرعاية الصحية؟
4. كيف يمكن إتاحة الابتكارات الجديدة للجميع وبتكلفة معقولة، بما في ذلك التكنولوجيا المصممة لمواجهة تداعيات التغيرات المناخية؟
5. كيف يمكن تأمين الاستثمارات ونماذج التمويل اللازمة لتحقيق هذه الأهداف؟

أربعة سيناريوهات

لتحقيق النمو والازدهار وتحسين جودة الحياة



عصر جديد

المستقبل الأفضل

في هذا السيناريو، يفتح الابتكار والتكنولوجيا وجهود استعادة الأنظمة البيئية أبواب حقبة جديدة من النمو وجودة الحياة، حيث يعيش الناس حياة أكثر صحة. وتسهم التقنيات المستدامة في تحسين استغلال الموارد وزيادة الإنتاجية، بينما تظهر الآثار الإيجابية للعلم والابتكار على الأنظمة البيئية. ويعود التنوع البيولوجي إلى الازدهار، بينما تزيد قدرة المجتمعات على التكيف مع التغير المناخي، بما يضمن نقاء الهواء، ونظافة المياه، واستدامة الغذاء. ومع ذلك، تستمر الفجوات الاجتماعية والاقتصادية، مما يؤكد الحاجة إلى تركيز الجهود لتحقيق التقدم الشامل والعادل.

النمو

تحفز التكنولوجيا النمو المستدام بما يتجاوز مقاييس الناتج المحلي الإجمالي التقليدية، ويخلق اقتصاداً متنوعاً يوازن بين الازدهار البيئي والإنساني.

الازدهار

تؤدي التكنولوجيا دوراً محورياً في تسهيل الوصول إلى الموارد الأساسية مثل الغذاء والطاقة، إلا أنه ستستمر التحديات المرتبطة بالعدالة في توزيع تلك الموارد.

جودة الحياة

تعمل التقنيات المتقدمة على تحسين الصحة العامة، وتعزيز قدرة البيئة على الصمود، وتوفير الاحتياجات الأساسية، مما يرفع جودة حياة البشر إلى مستويات تاريخية غير مسبوقة.

كيف وصلنا إلى هذا السيناريو والإشارات التي يجب مراقبتها

التركيز على تطوير مقاييس جديدة تتجاوز الناتج المحلي الإجمالي التقليدي، وتبني مفاهيم شاملة للنمو والازدهار.

تعزيز الاستثمارات والشراكات لتحقيق أهداف استعادة الأنظمة البيئية وحماية التنوع البيولوجي.

التوصل إلى ابتكارات علمية وتكنولوجية نوعية، وتبني نماذج تعليمية مبتكرة تلبي احتياجات المستقبل.

إبرام اتفاقيات دولية لضمان الاستخدام المسؤول للتكنولوجيا والذكاء الاصطناعي.

العمل على تضييق الفجوات الاجتماعية والاقتصادية بقدر الإمكان، مع الإقرار باستمرار بعض التحديات وفقاً للواقع الحالي.

مستقبل غير واضح

في هذا السيناريو، تسهم التكنولوجيا في تعزيز الإنتاجية وخلق فرص (لكن غير متكافئة)، وتتفاقم تأثيرات المناخ، مما يزيد من الضغط البيئي والتحديات الاجتماعية. يؤدي تسارع التغير المناخي إلى إنهاك النظم البيئية وتعميق الفجوات الاجتماعية، مع ازدياد موجات الهجرة الناتجة عن ندرة الموارد وتدهور البيئة، حتى في المناطق المزدهرة. بالإضافة إلى ذلك، تتسع الفجوة بين المناطق المزدهرة التي تستفيد من التكنولوجيا لتحسين جودة الحياة، والمناطق الضعيفة التي تعاني من آثار الكوارث البيئية ونقص الموارد.

النمو

يؤدي تدهور البيئة وندرة الموارد إلى الحد من المكاسب الاقتصادية التي تحققها التكنولوجيا، مما يزعزع استقرار النمو على المدى الطويل.

الازدهار

تُحدث التكنولوجيا تقدماً في بعض المناطق، بينما تتحمل المجتمعات الأضعف عبء تأثيرات المناخ وندرة الموارد.

جودة الحياة

تتدهور الصحة العامة نتيجة التدهور البيئي والكوارث المناخية، مع تحمل الفئات الضعيفة العبء الأكبر من هذه الأزمات.

كيف وصلنا إلى هذا السيناريو والإشارات التي يجب مراقبتها

الالتزام بتحقيق النمو بما يتجاوز الناتج المحلي الإجمالي، لكن مع مواجهة صعوبة في احتواء التدهور البيئي.

تحسين التكنولوجيا لجودة الحياة والصحة، لكن في سياقات محدودة فقط.

ظهور تعاون في مجال التكنولوجيا يركز على تحسين جودة الحياة، لكن بشكل غير متوازن.

تشتت الاستثمارات بين إدارة الأزمات البيئية الملحَّة والاستثمار في الحلول طويلة الأجل.

تسارع تأثيرات التغير المناخي وتدهور الأنظمة البيئية، مع زيادة شدة الظواهر المناخية.

ارتفاع معدلات التفاوت الاجتماعي مع تفاقم أوضاع المناطق الأكثر عرضة للتغيرات المناخية.

التوازن المحدود

في هذا السيناريو، يؤدي التقدم التكنولوجي واستعادة التوازن البيئي إلى نتائج متباينة، ونمو غير متكافئ في القطاعات مع حصول أصحاب المبادرات الأولى على ميزة كبيرة. وتسهم الابتكارات في مجالات الطاقة المتجددة وتجديد الأنظمة البيئية في تحسين حالة الطبيعة، لكن التركيز على الكفاءة الاقتصادية على حساب الاحتياجات المجتمعية وجودة الحياة يؤدي إلى فوائد غير متكافئة. وبينما تستجيب الطبيعة بشكل إيجابي لجهود الاستعادة، يزداد الخلاف بين التكنولوجيا الموجهة نحو الربح والتنمية المتمحورة حول الإنسان.

النمو

تقود الابتكارات النمو الاقتصادي المستدام، فيما توفر الأنظمة البيئية المستعادة موارد طبيعية مستقرة وفرصاً جديدة.

الازدهار

يُسهم التقدم التكنولوجي والصحة البيئية في تحقيق الازدهار، لكن الفوائد تظل غير متكافئة بين المجتمعات.

جودة الحياة

تتحسن جودة الحياة في المناطق التي تشهد نجاحات في استعادة البيئة والتقدم التكنولوجي، لكن الوصول لهذه التحسينات يظل محدوداً وغير منتظم.

كيف وصلنا إلى هذا السيناريو والإشارات التي يجب مراقبتها

تصاعد الاستثمارات في التقنيات الخضراء وجهود استعادة الأنظمة البيئية.

استفادة الاقتصادات المتعثرة من الاستجابة الإيجابية للطبيعة تجاه هذه الجهود.

دعم التكنولوجيا لاقتصاديات الحجم والنطاق، مما يؤدي إلى تحسين الكفاءة. (في اقتصاد الحجم، تزيد الشركة من حجم إنتاجها لتقليل تكاليف الوحدة وزيادة الكفاءة. أما في اقتصاد النطاق، تنوع الشركة عروض منتجاتها لتقليل تكاليف الوحدة وزيادة الكفاءة).

تصاعد النقاشات حول قضايا الخصوصية والاستقلالية في التقنيات الناشئة.

تزايد الفجوة بين المكاسب الناتجة عن الكفاءة الاقتصادية والتنمية المتمحورة حول الإنسان، مما يؤثر على الوظائف والدخل وجودة الحياة.

تفكك عالمي

في هذا السيناريو، تكون الأولوية للتكنولوجيا مثل أنظمة الإنتاج الآلية وطرق استخراج الموارد التي تركز على الكفاءة الاقتصادية على حساب البيئة والاحتياجات المجتمعية. وبينما تزدهر بعض المناطق، تتفاقم مشكلات التدهور البيئي ويزداد التفاوت بين الدول والمجتمعات. وتسارع آثار تغير المناخ وندرة الموارد يؤدي إلى زيادة الهجرة وعدم الاستقرار الاجتماعي، مما يقوض جهود التعاون في الوقت الذي يكون العالم في أشد الحاجة إليه.

النمو

يتراجع النمو الاقتصادي مع تدهور البيئة الذي يُضعف الإنتاجية، مما يزيد من أخطار الاستثمار ويؤدي إلى عدم التكافؤ في تحقيق التنمية.

الازدهار

تؤدي ندرة الموارد وآثار التغير المناخي إلى تعميق الفجوات الاقتصادية، بينما تفشل التكنولوجيا في مواجهة التدهور البيئي.

جودة الحياة

يؤدي التدهور البيئي والحلول التكنولوجية غير الكافية إلى تفاقم المشكلات الصحية، بينما تؤدي المنافسة على الموارد إلى إضعاف التلاحم الاجتماعي.

كيف وصلنا إلى هذا السيناريو والإشارات التي يجب مراقبتها

التركيز على الأرباح عند طرح التكنولوجيا الجديدة في الأسواق، على حساب الآثار البيئية والاجتماعية.

تزايد استنزاف الموارد والمواد الخام الحيوية.

تدهور الأنظمة البيئية، مع زيادة شدة الظواهر المناخية.

تزايد مظاهر الانقسام في التعاون والاستثمار والالتزام العالمي فيما يتعلق بالتكنولوجيا والعمل المناخي.

انتشار الهجرة الناتجة عن التغيرات المناخية، وازدياد الفجوات العالمية، وتدهور جودة الحياة.

الشكل 6

حول مستقبل الصناعات

تعمل القطاعات والصناعات بالفعل على إعادة تشكيل سلاسل الإمداد الخاصة بها لتحقيق مزيد من المرونة والاستدامة في المستقبل،[99] مستفيدةً من الدروس المستخلصة من الأزمات السابقة مثل جائحة كوفيد-19، وتقلبات الأسواق، وانتهاكات أمن البيانات،[100] إلى جانب الانتشار المتزايد للمعلومات المضللة والخطأ خلال العقد الماضي.[101] وقد بدأت العديد من الجهات في وضع خطط استباقية للتعامل مع الفرص والتحديات الناشئة.

ستؤثر السيناريوهات المستقبلية للنمو والازدهار وجودة الحياة بشكل كبير على الصناعات. فالتركيز على مستقبل مفضل للنمو والازدهار وجودة الحياة (مثل سيناريو "عصر جديد") يتطلب العمل على تطوير عمليات وتقنيات تعزز جودة الحياة وتشجع التعاون بين القطاعات، مع بناء أنظمة بيئية مستدامة قادرة على استعادة صحتها وتجددها.[102]

ونتيجة لذلك، ستحتاج الصناعات المستقبلية إلى إيجاد توازن دقيق بين التفسيرات المحلية والعالمية للنمو – في مجالات مثل إطالة العمر، والشمولية الاقتصادية، وتوفير الفرص، والموارد الطبيعية والحيوية، والاستدامة. كما سيتعين عليها التنقل بين احتياجاتها من التكنولوجيا ذات النطاق الواسع والتقنيات المتخصصة، مع التعامل مع التحديات والمفاضلات الناجمة عن ذلك.[f]

f تشير تقنيات المقياس إلى التقنيات التي يتم تبنيها بشكل واسع في سياقات متنوعة وقابلة للتطبيق على نطاق عام. أما تقنيات النطاق فهي تشير إلى التقنيات المخصصة لظروف محددة والتي تستهدف تحديات أو فرص معينة.

رؤيتنـــا للمســـتقبل

التوجهـــــات العالمـية الكبـــرى

تشكل التوجهات العالمية الكبرى مسارات لمجالات محددة برؤية مستندة إلى الأبحاث ومن المتوقع أن يكون لها تأثير كبير على الاقتصادات والمجتمعات على مستوى العالم، ومن المرجح أن تؤثر على تحقيق النمو والازدهار وتحسين جودة الحياة إما بشكلٍ إيجابي أو سلبي،[103] وأن يمتد تأثيرها لعقد من الزمن أو أكثر.[104]

وتتميز التوجهات العالمية الكبرى بطابعها الديناميكي، فقد تتطور عندما تتداخل أو تتقاطع مع المتغيّرات الغامضة. وفي سياق تقرير هذا العام، تُظهر أبحاثنا أن التوجهات العالمية الكبرى ما زالت تحمل الأهمية نفسها، غير أنّ التوجه العالمي الخامس، الذي كان يحمل سابقاً عنوان "إدارة الأنظمة البيئية"، يتطلب تغييراً ليصبح أكثر شمولية، مما دعانا لتغيره إلى "تطور الأنظمة البيئية"، بما يعكس رؤيتنا الشاملة التي تركز على استعادة وتجديد الأنظمة البيئية[105] عبر المرونة والتكيّف مع التغيرات،[106] أو استعادة صحتها وترميمها،[107] أو إعادة بناء الأنظمة ككل،[108، 109، 110] بدلاً من التركيز على مجالات التأثير بشكل منفصل عن الإجراءات التصحيحية المطلوبة. بالإضافة إلى ذلك، فإن " إدارة الأنظمة البيئية" يشير في مضمونه إلى الثبات على حالة واحدة، أما "تطور الأنظمة البيئية" فيلائم طبيعة التطور المستمر للأنظمة البيئية ويواكب تغييراتها بشكل أفضل وأكثر فعالية.

وخلال عرضنا التالي للتوجهات العالمية الكبرى، أضفنا نبذة مختصرة حول كل توجه، إلى جانب كلمات رئيسية تتيح للقراء البحث عن الإشارات المرتبطة به. كما ذكرنا أيضاً أبرز الإشارات حول الاتجاهات التي يمكن أن تكتسب المزيد من الزخم خلال عام 2025، بالإضافة إلى ثلاثة مجالات للفرص المستقبلية المرتبطة بكل توجه على مدار العقد القادم.

التوجـــــه 1

ثـــورة الـمـواد

المواد هي المكون الأساسي لكل ما نستخدمه ونستهلكه ونلمسه في حياتنا اليومية، وهناك فرص جديدة لاستخدام مواد مبتكرة في أغلب القطاعات الصناعية والتقنية والاستهلاكية، بفضل التطور الهائل في مجال الذكاء الآلي المتقدم وتقنيات النانو، وعلوم المواد، وزيادة الأبحاث والابتكارات متعددة التخصصات.

الكلمات الرئيسية

مواد المحاكاة الحيوية
المحاكاة الحيوية
الطاقة النظيفة
المعادن الحساسة
المغناطيسات
الاتصالات الكمومية
الحوسبة الكمومية
المواد الكمومية
العناصر الأرضية النادرة
الموصلات الفائقة

أبرز الاتجاهات في عام 2025 ↙

الخشب الشفاف

من خلال معالجة الخشب الطبيعي، يمكننا إنتاج مادة خشبية شفافة ذات هيكل شبيه بخلية النحل، تتمتع بمتانة وصلابة تفوق أقوى أنواع الزجاج والأكريليك (الزجاج الشبكي). هذا الخشب الشفاف تتفوق قدرته على العزل الحراري قدرة الزجاج بخمس مرات، مما يعزز كفاءة الطاقة في المباني.[111] ولكن قبل طرح هذا الابتكار في الأسواق للجمهور، يجب إجراء تقييم شامل لأثره البيئي وتحسين خصائصه بما يسهم في تعزيز الاستدامة بكل جوانبها.

سيراميك التبريد

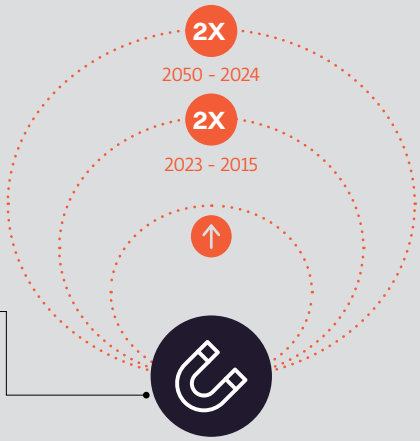
يتميز سيراميك التبريد بمتانته الفائقة، حيث يحتوي على طبقة من أكسيد الألومنيوم المقاومة للأشعة فوق البنفسجية، مما يجعله قادراً على تحمل درجات حرارة تتجاوز 1,000 درجة مئوية.[112] وبفضل قدرته على عكس 99.6% من أشعة الشمس، يُعتبر سيراميك التبريد حلاً فعّالاً لتوفير الطاقة، ويمكن استخدامه في تطبيقات التبريد المختلفة.[113] كما يُحتمل أن يكون خياراً مبتكراً في تصنيع ألواح الأسطح.

المرشحات الحيوية

تستخدم الفلاتر الحيوية الذكية المطلية بإنزيمات وبروتينات خاصة في إزالة 97% من مركب "بيسفينول أ" السام و94% من المبيدات من المياه، حيث تقوم هذه البروتينات بحجز وتفكيك المواد الكيميائية الضارة.[114] كما أنها قابلة لإعادة الاستخدام، ويمكن تطبيقها في مجالات متنوّعة مثل معالجة المياه، والمفاعلات الحيوية، ومعالجة الأغذية، وأجهزة الاستشعار الحيوية.

الفرص المستقبلية

المغناطيسات الدائمة



يمكن أن تسهم المغناطيسات الدائمة – وهي عنصر أرضي نادر - في دعم جهود التحوّل نحو الطاقة النظيفة وتحقيق أهداف صافي الانبعاثات الصفري (الحياد المناخي)[115]. إذ يمكن استخدامها في تحويل الطاقة الناتجة عن دوران توربينات الرياح إلى كهرباء،[116] وتحويل الطاقة المخزنة في بطاريات السيارات الكهربائية إلى عزم في المحركات،[117] بما يوفر من 20 إلى 40% من الطاقة مقارنة بالمحركات غير المغناطيسية.[118] كما يمكن أن تؤدي المغناطيسات دوراً حيوياً في محطات الطاقة النووية في المستقبل من خلال التحكم في البلازما عند درجات حرارة تفوق حرارة الشمس.[119] بالإضافة إلى استخداماتها في مجال الرعاية الصحية، مثل التصوير بالرنين المغناطيسي،[120] والتحفيز المغناطيسي عبر الجمجمة،[121] والإلكترونيات الاستهلاكية.[122] مع العلم أن 62% من عمليات استخراج المغناطيسات في العالم تتم في الصين، حيث يتم تنفيذ 92% من عمليات التكرير أيضاً.[123]

وتشير الإحصائيات إلى أن الطلب على المغناطيسات الدائمة قد تضاعف بين عامي 2015 و2023[124]، ومن المتوقع أن يتضاعف مجدداً بين عامي 2024 و2050.[125] ومن الضروري البحث عن مواد بديلة لتلبية هذه الحاجة لمواكبة هذا الارتفاع المضطرد في الطلب والحد من الآثار البيئية المرتبطة بعمليات التعدين والتكرير. فعلى سبيل المثال، يعمل العلماء على تطوير مغناطيسات دائمة خالية من العناصر الأرضية النادرة، مثل تلك التي تستخدم نيتريد الحديد، بشرط الحفاظ على أداء المحركات في السيارات الكهربائية.[126] وفي خطوة مبتكرة، تمكن باحثون من كلية كينغ بلندن باستخدام الذكاء الاصطناعي من تطوير مغناطيس فائق التوصيل يعتمد على الحديد، وهو ما قد يفتح الطريق لإنتاج أجهزة رنين مغناطيسي منخفضة التكلفة.[127]

مواد المحاكاة الحيوية

مواد المحاكاة الحيوية هي مواد يصنعها الإنسان وتكون مستوحاة من الطبيعة، سواء في خصائصها أو في كيفية عملها.[128] وتسهم مواد المحاكاة الحيوية في تحقيق تطورات كبيرة في العديد من المجالات مثل العلوم والهندسة والطب.[129] كما تقدم حلولاً فعّالة ومستدامة للتحديات العالمية، مستفيدة من القدرة الفائقة للطبيعة على التكيّف مع التغيرات والصمود على مدار مليارات السنين.[130]

ويمكن أن تحقق هذه المواد ابتكارات، مثل شفرات توربينات الرياح المستوحاة من النتوءات الموجودة على زعانف الحوت الأحدب التي تقلل السحب بنسبة 32%،[131] وتقنيات جمع الماء في المناطق الجافة المستوحاة من قشرة خنفساء صحراء ناميب التي تمتد بمحاذاة ساحل جنوب أفريقيا الغربي،[132،133] فوائد اقتصادية ضخمة[134] تصل إلى 1.6 تريليون دولار بحلول العام 2030.[135]

المواد الكمومية

2 تريليون دولار

قيمة اقتصادية لتطبيقات تقنيات الكم المحتملة بحلول العام 2035

تتمتع المواد الكمومية بخصائص فريدة تُسهم بشكل كبير في تطوير التقنيات الكمومية.[136] فعلى سبيل المثال، تساعد الموصلات الفائقة والنقاط الكمومية – وهي أشباه موصلات على مستوى النانو، مثل تلك المصنوعة من السيليكون والجرمانيوم،[137] في استقرار البتات الكمومية ("الكيوبت" وهي وحدة المعلومات الكمومية)، مما يعزز قدرة الحوسبة الكمومية بشكل كبير.[138] كما تُسهم مواد مثل البتات الكمومية المغزليّة ومراكز النيتروجين الشاغرة في الألماس في دعم تقنيات أجهزة الاستشعار الكمومية.[139]

وتتصدر شركات رائدة مثل خدمات "أمازون ويب"، و"آي بي إم"، و"آيون كيو" المشهد في تطوير تقنيات تصحيح أخطاء الكم،[140] كما يُسهم التقدم في مجال الاتصالات الكمومية في إنشاء شبكات متطورة تتمتع بدرجة عالية من الأمان، مما يجعلها قادرة على مواجهة التهديدات السيبرانية.[141]

وتشمل التطبيقات المحتملة لتقنيات الكم قطاعات حيوية مثل القطاع المالي، والرعاية الصحية، والدفاع، مع توقعات بأن تُحدث هذه التطورات تغييرات جذرية في الصناعات العالمية، إلى جانب تحقيق قيمة اقتصادية عالمية تتجاوز 2 تريليون دولار بحلول العام 2035.[142]

التوجـــــــه 2

إتاحة البيانات للجميع بلا حدود وبأبعاد متعددة

شهد قطاع البيانات تطورات تقنية في الحوسبة الكمومية والبلوك تشين وإنترنت الأشياء والحوسبة الطرفية والأتمتة، والعوالم الرقمية، مما عزز إتاحة البيانات بشكل مستمر، وبأبعاد متعددة، فقد زاد معدل توفر البيانات لدى الحكومات والشركات وداخل المجتمعات، بأحجام وسرعات لم يسبق لها مثيل. وفي ظل تطور تقنيات شبكات الجيل الخامس والسادس، والاتصال المتقدم عبر الشبكات المتعددة، بما في ذلك الأقمار الصناعية، ستصبح التحليلات الفورية والرؤى العملية أكثر سهولة من أي وقت مضى. كما ستظهر حلول مبتكرة لتقليل التأثيرات البيئية المرتبطة بجمع البيانات ونقلها وتخزينها.

الكلمات الرئيسية

الانبعاثات الكربونية
تدفقات البيانات العابرة للحدود
تحليلات البيانات
تأخير معالجة البيانات
تخزين البيانات
التوائم الرقمية
اتصالات إنترنت الأشياء
الذكاء الاصطناعي متعدد الوسائط
التحليلات اللحظية

أبرز الاتجاهات في عام 2025 ↙

توسيع شبكات الاتصال حول العالم

شهد عام 2023 طفرة هائلة في عدد مستخدمي الإنترنت، حيث انضم إلى الإنترنت 97 مليون شخص جديد لأول مرة. وقد أدى ذلك إلى زيادة العدد الإجمالي لمستخدمي الإنترنت في عام 2024 إلى 5.52 مليار مستخدم، أي ما يعادل 67.5% من سكان العالم.[143] ومع استمرار انتشار شبكات الجيل الخامس،[144] والعمل على تقليل تكلفة الوصول إلى الإنترنت المحمول، وتضافر جهود الدمج الرقمي،[145] تظهر فرص واعدة لتوسيع شبكات التواصل عالمياً.

سيادة البيانات

مع تزايد تدفقات البيانات عبر الحدود واختلاف أساليب تنظيم وحوكمة استخدام الذكاء الاصطناعي،[146] يتطور مفهوم سيادة البيانات بشكل مستمر. وتواصل الدول والمناطق تطوير قوانين حماية البيانات الخاصة بها لإدارة البيانات في جميع مراحل دورة حياتها. ومع تقدم الحوسبة السحابية وإنترنت الأشياء، تبرز الحاجة إلى توطين البيانات وتخزينها محلياً للحفاظ على سيادتها،[147] إلى جانب العديد من التساؤلات المهمة حول إمكانية الحفاظ على سيادة البيانات في المستقبل.

الاتصالات الخضراء

سوف تواصل المؤسسات العاملة في مجال تزويد الخدمات عبر الإنترنت جهودها لتقليل تأثيراتها البيئية والإفصاح عن تلك التأثيرات. فعلى سبيل المثال، بما أن خدمات البث المباشر والمستمر تشكل 65% من حركة المرور على الإنترنت على المستوى العالمي وتتسبب في انبعاث نحو 3.7% من انبعاثات غازات الدفيئة في العالم،[148] تهدف شركة "نتفليكس" إلى تقليص انبعاثاتها إلى النصف بحلول عام 2030،[9] كما ستعتزم الاستثمار في تطوير حلول مناخية للحد من انبعاثاتها المتبقية.[149]

و انطلاقاً من للعام 2019 كخط أساس.

الفرص المستقبلية ↙

الاستعداد لشبكات الجيل السادس

من المتوقع أن تؤثر شبكات الجيل السادس بشكل كبير على مختلف القطاعات،[150] بداية من تمكين الجراحة عن بُعد ومراقبة المرضى بشكل لحظي[151] وصولاً إلى التطور في الأتمتة والتوائم الرقمية،[152] كما ستوفر شبكات الجيل السادس فرصاً سوقية جديدة في قطاعات الاتصالات والتصنيع والنقل.[153]

ومع انخفاض الوقت اللازم للاستجابة،[154] يمكن لشبكات الجيل السادس أن تزيد السرعة من الحد الأقصى لشبكات الجيل الخامس البالغ 20 جيجابايت في الثانية[155] إلى حوالي تيرابايت (1,000 جيجابايت) في الثانية،[156] مما يسمح لها بالتعامل مع ما يصل إلى 10 أضعاف عدد الأجهزة المتصلة عبر إنترنت الأشياء مقارنةً بشبكات الجيل الخامس، حيث من المتوقع أن يصل إجمالي عدد أجهزة إنترنت الأشياء إلى 500 مليار جهاز بحلول عام 2030.[157] ومن المتوقع أن تُسهم الأنشطة المدعومة بشبكات الجيل الخامس والسادس في زيادة النمو العالمي بمقدار 3.2 تريليون دولار[h] بحلول عام 2030.[158] وسيكون تطوير المكونات البصرية وأساليب التوصيل الحديثة مفتاحاً لتحقيق السرعات المتوقعة من شبكات الجيل السادس.[159]

ويتم تطوير أسطح ذكية قابلة لإعادة التشكيل لتحسين الإشارات اللاسلكية والشبكات بالاعتماد على تقنيات مثل أشعة الضوء المنحنية، والمواد ذات الخصائص الفريدة والمعروفة بـ "المواد الخارقة"،[160] والألواح الحلزونية التي تقوم بتمديد وتوجيه حزم الضوء لتغيير طريقة انتقالها.[161] وستكون هذه الأسطح قادرة على التحكم في الموجات الكهرومغناطيسية وتوجيهها بدقة إلى الأماكن المستهدفة لتحسين التغطية، وتقليل استهلاك الطاقة عبر رفع كفاءة الشبكات وتقليل الفاقد.[162]

الذكاء الاصطناعي القابل للتفسير متعدد الوسائط

في المستقبل، ستُسهم أنظمة الذكاء الاصطناعي المعتمدة على مختلف أنواع الوسائط والبيانات (مثل النصوص، والصور، والصوت، وربما تقنيات اللمس في يوم ما) في اتخاذ قرارات حاسمة في مجالي الرعاية الصحية والمالية، مثل التشخيص والعلاج[163] والكشف عن الاحتيال.[164] كما سيؤثر الذكاء الاصطناعي متعدد الوسائط على صناعات عديدة مثل التعليم والإعلام والصناعات التحويلية والسلع الاستهلاكية المعبأة.[165] ويركز الذكاء الاصطناعي متعدد الوسائط والقابل للتفسير على شرح كيفية عمل الذكاء الاصطناعي، ولماذا يتخذ قراراته، وما هو أثرها،[166] مما يسهم في بناء الثقة في هذه الأنظمة.[167]

ويتمتع الذكاء الاصطناعي متعدد الوسائط والقابل للتفسير بقدرات تتنوّع بين معالجة اللغات الطبيعية ومعالجة الصور إلى تحليل المدخلات المتعددة والمعالجة السريعة بشكل لحظي، وهو ما يجعله أكثر تعقيداً من أنظمة الذكاء الاصطناعي التقليدية.[168] ولا تكمن تعقيداته في قدرته على التعامل مع مدخلات بيانات متنوعة فقط، ولكن أيضاً في كيفية دمج هذه المدخلات لإنتاج مخرجات دقيقة وفعالة. على سبيل المثال، يستطيع تشات جي بي تي حالياً التعامل مع أوامر نصية أو صوتية بالإضافة إلى الصور،[169] وهو ما يؤكد سرعة تطور الذكاء الاصطناعي التوليدي متعدد الوسائط في المستقبل. وبينما كان حوالي 1% فقط من تطبيقات الذكاء الاصطناعي هي التي تقبل مدخلات من وسائط متعددة في عام 2023، من المتوقع أن تصل هذه النسبة إلى 40% بحلول عام 2027،[170] وهي قفزة كبيرة تعكس وتيرة التبني السريع للتكنولوجيا المتطورة.

%40
2027

الذكاء الاصطناعي الرياضي

تكتسب التحليلات الرياضية أهمية كبيرة نظراً لأوجه الاستفادة منها في العديد من المجالات، بدءاً من تحسين عملية اكتشاف المواهب باستخدام النمذجة الإحصائية، والتدريب، وصولاً إلى تحسين الأداء وتعزيز تفاعل الجمهور وتحكيم المباريات.[171] وتقوم شركات رائدة مثل "كاتابولت"[172] و"سبورت فيو"[173] بالعمل على تغيير المشهد الرياضي بشكل جذري، بما يفتح المجال لمزيد من الفرص المستقبلية في هذا القطاع الهام.[174]

ففي دورة الألعاب الأولمبية الصيفية للعام 2024 التي أقيمت في باريس، اعتمدت شبكة "إن بي سي" على الذكاء الاصطناعي لتحليل 5,000 ساعة من التغطية الإعلامية، مما مكّنها من تقديم أكثر من 7 مليون ملخصاً يومياً بطريقة مخصصة وفريدة بناءً على شرائح الجماهير.[175] بالإضافة إلى ذلك، تم استخدام الذكاء الاصطناعي لتتبع وتحليل أداء الرياضيين بشكل دقيق، بل وحمايتهم من الإساءة عبر منصات التواصل الاجتماعي. كما تم توفير محتوى متعدد اللغات والأنماط، بما يتناسب مع احتياجات الجمهور والرياضيين، فضلاً عن تحسين إدارة الطاقة باستخدام التوائم الرقمية، ومحاكاة احتياجات الطاقة وكيفية وضع الكاميرات وتوفير أفضل تجربة للجميع.[176]

ومن المتوقع أن يتضاعف حجم سوق الذكاء الاصطناعي في مجال الرياضة ليصل إلى حوالي 30 مليار دولار بحلول عام 2032، مع تحقيق معدل نمو سنوي يصل إلى 30%، مقارنة بحوالي 2.2 مليار دولار في عام 2022.[177]

[h] استناداً إلى سعر صرف اليورو مقابل الدولار الأمريكي بتاريخ 16 نوفمبر 2024.

التوجـــــــه 3

تزايد الثغرات التكنولوجية الأمنية

في ظل التطورات التكنولوجية التي تشهدها مجالات التكنولوجيا الحيوية وتعديل الجينات، والزراعة، وتوسع التحوّل الرقمي، والذكاء الاصطناعي متعدد الوسائط، وانتشار الأجهزة القابلة للارتداء التي تعتمد على إنترنت الأشياء، تنشأ العديد من نقاط الضعف والتهديدات التكنولوجية الجديدة. كما ستصبح الثغرات الأمنية والتهديدات المرتبطة بها أكثر تعقيداً بسبب ترابطها وتداخلها بين مختلف الصناعات والتقنيات والمناطق الجغرافية، بل وقد تتجاوز أحياناً الحدود البيولوجية في ظل التطورات المحققة في مجال التكنولوجيا الحيوية. ويستغل مرتكبو الجرائم الإلكترونية الذكاء الاصطناعي لتنظيم الجرائم وتنفيذها بشكل أكثر كفاءة. ولذلك، سيكون العنصر الأساسي في تحقيق الأمن السيبراني هو تبني أساليب مبتكرة لتحديد تلك الثغرات وتقييمها ومواجهتها بشكل فعال ودقيق.

الكلمات الرئيسية

الأمن عبر الحدود
الأمن السيبراني الحيوي
الجرائم السيبرانية
التهديدات السيبرانية
اختراق البيانات
سرقة الهوية
التوافق التشغيلي
الحد من المخاطر
أنظمة الأمان
اكتشاف التهديدات الأمنية

أبرز الاتجاهات في عام 2025 ↙

الأمن السيبراني سيكون أولوية لدى صناع القرار

أصبح الأمن السيبراني مصدر قلق متزايد لدى الرؤساء التنفيذيين في عصر الذكاء الاصطناعي، حيث صنف ما يقرب من نصف الرؤساء التنفيذيين الذين شملهم استطلاع "منتدى أوليفر وايمان" الأمن السيبراني كأحد أخطر التهديدات الاستراتيجية.[178] وتشير البيانات إلى الحجم الهائل لهذا التحدي، فعلى سبيل المثال، يرصد بنك الكومنولث الأسترالي يومياً حوالي 85 مليون محاولة احتيال إلكتروني محتملة،[179] في حين يصل متوسط تكلفة خرق البيانات عالمياً إلى 4.88 مليون دولار.[180]

زيادة مخاطر المعلومات الخطأ والأخبار المضللة

تتصدر مكافحة المعلومات الخطأ والمضللة قائمة الأولويات العالمية.[181] فبينما تنتج المعلومات الخطأ نتيجة أخطاء غير مقصودة، يتم تصميم المعلومات المضللة عمدًا لخداع الجمهور وإحداث تأثيرات مضللة.[182] ووفقاً لاستطلاع المخاطر العالمية للمنتدى الاقتصادي العالمي 2023 - 2024، أكد 54% من المشاركين على أهمية التعاون بين جميع الأطراف للتعامل مع هذه الظاهرة.[183] ففي حالة انخفاض مستوى التعاون العالمي واستخدام الذكاء الاصطناعي في توليد المعلومات الخطأ والمضللة، ستزداد المخاطر بلا شك، مما قد يؤدي إلى تعميق الانقسامات الاجتماعية والسياسية.[184] وسيزداد هذا الوضع تعقيداً مع تراجع الجهود وانخفاض الاستثمارات في مجالات التحقق من المحتوى وتدقيق الحقائق عبر المؤسسات المعنية.[185]

تعزيز الثقة عبر الشفافية

مع استمرار توسع الخدمات الرقمية، سيستمر الارتفاع في الطلب [186]على حماية المستهلك في مختلف تطبيقات الاقتصاد الرقمي[187] والبنية التحتية العامة.[188] وتعد سياسات حماية المستخدمين الفعالة من العناصر الأساسية لبناء الثقة العامة،[189] خاصة في الأنظمة الرقمية التي تديرها الحكومات مثل منصات الدفع وتبادل البيانات، إلى جانب ملايين – إن لم تكن مليارات - السجلات الرقمية العامة.[190] وسوف يتطلب ذلك تضافر الجهود والتنسيق بين الجهات المعنية لوضع سياسات شفافة، وزيادة الوعي العام، وتحفيز المشاركة المجتمعية لضمان حماية فعالة وموثوقة.[191]

الفرص المستقبلية ↙

دمج علم النفس في الأمن السيبراني

تؤثر الجرائم السيبرانية بشكل كبير في الضحايا،[192] وصحتهم النفسية.[193] فقد أظهرت إحدى الدراسات أن 60% من ضحايا الاحتيال عانوا من مشاكل نفسية، مثل القلق بنسبة 55%، والاكتئاب بنسبة 48%، ومشاكل في النوم بنسبة 69%.[194] وفي عام 2023، تعرض 349 مليون شخص لتداعيات سلبية نتيجة اختراق البيانات، بينما تم تسجيل 2.6 مليون حالة احتيال وأكثر من مليون حالة سرقة هوية، مما يعكس حجم التحديات التي تواجه الأمن السيبراني.[195]

وبينما تشمل الحواجز الحالية فجوات في وعي القيادات، وقلة الموارد، وعدم وجود مبادئ ومعايير معترف بها في كل أنحاء العالم، فإن دمج علم النفس في الأمن السيبراني يمكن أن يعمق فهمنا لسبب حدوث الهجمات السيبرانية[196] ويُحسن من أساليب تقليل التهديدات السيبرانية. كما يمكن أن يعزز هذا الدمج أيضاً استراتيجيات تخفيف الآثار المترتبة على حالات الخرق الأمني، مما يحفز تبني الأساليب متعددة التخصصات والتركيز على السلوكيات الأساسية.[197] وبناء عليه، فإن مواجهة هذه التحديات يمكن أن تعزز تكامل علم النفس مع استراتيجيات الأمن السيبراني.[198]

الوعي بمفهوم الأمن السيبراني الحيوي

بالإضافة إلى مخاطر اختراق خصوصية البيانات، هناك تهديدان رئيسيان يواجهان الأمن السيبراني الحيوي؛ الأول الهجمات السيبرانية المادية التي تستهدف تخريب الآلات والمعدات المستخدمة في الأبحاث الحيوية، أو سرقة البيانات، والآخر يتمثل في إمكانية إنشاء مواد حيوية خطيرة باستخدام المعلومات الرقمية،[199] وهو تهديد خاص بالبنوك الحيوية[200] والمستودعات التي تحتوي على عينات وبيانات جينية، حيث يمكن الوصول إلى المعلومات الجينية والتلاعب بها رقمياً، مما يجعل من الممكن إنشاء الحمض النووي الصناعي وحتى إعادة بناء مسببات الأمراض الخطرة باستخدام التسلسلات الجينية المتاحة.[201]

وما يزال الوعي بمخاطر الأمن السيبراني الحيوي منخفضاً في أنحاء العالم، خاصة في بعض المناطق الأقل جاهزية مقارنة بغيرها مثل جنوب شرق آسيا.[202] وبغض النظر عن التشريعات، يجب زيادة الوعي حول مخاطر التهديدات السيبرانية الحيوية بين شركات التكنولوجيا الحيوية والمؤسسات البحثية وصناع السياسات من خلال التعليم والتدريب، لضمان مشاركة الباحثين والخبراء من جميع التخصصات ذات الصلة.[203] ومن المبادرات المعنية بهذا النوع الجديد من التهديدات إنشاء مركز أبحاث الأمن الحيوي في جامعة لندن متروبوليتان،[204] الذي أسس شبكة التعليم الدولية للأمن الحيوي في عام 2024.[205]

التوازن بين التوافق التشغيلي والأمن السيبراني

يُعتبر الأمن السيبراني تحدياً عالمياً وعابراً للحدود، بينما يمكن أن يمثل التوافق التشغيلي (وهو قدرة الأنظمة على العمل معاً) أحد التحديات أو الحلول في مجال الأمن السيبراني. ومع زيادة الترابط بين مختلف دول العالم، وخصوصاً فيما يتعلق بتدفقات البيانات،[206] أصبح من الضروري تبني حلول مبتكرة لمواجهة تحديات الأمن السيبراني أكثر من أي وقت مضى.

ففي عام 2023، بلغ المتوسط الزمني لاكتشاف واحتواء الاختراق الأمني 258 يوماً.[207] وقد يمكن تقليص هذا الوقت من خلال تحسين التوافق التشغيلي عبر تبني معايير وبروتوكولات أمنية مشتركة، بما يعزز الجانب الأمني بشكل عام، ويشجع التعاون بين الكيانات والدول.[208] فعلى سبيل المثال، يُعد نظام الحوكمة الإلكترونية عبر الحدود "إكس رود" في إستونيا نموذجاً عالمياً ناجحاً، حيث يتم تطبيقه في العديد من الدول، بما في ذلك عدة دول إسكندنافية، لتوفير الأمن والتزويد بالخدمات وتحقيق الإيرادات،[209] بما يحقق الجمع بين مزايا كل من التوافق التشغيلي والأمن السيبراني في الوقت نفسه.

التوجـــــــه 4

تطـــــوّر تقنيـات الطـاقة

الكلمات الرئيسية

الحياد الكربوني
التحفيز الحيوي
مزيج الطاقة النظيفة
المحللات الكهربائية
تخزين الطاقة
نظرية الألعاب (وهي نظرية قائمة على تحليل رياضي لحالات تضارب المصالح من أجل الوصول إلى أفضل الحلول لجميع الأطراف)
إنتاج الهيدروجين

لطالما كانت الطاقة من العوامل الجوهرية في تطور الإنسانية على مدى آلاف السنين،[210] حيث شكلت القوة الدافعة وراء النمو الاقتصادي والتحولات الكبرى. [211] اليوم، تظل الطاقة عنصراً حيوياً في حياتنا اليومية، ومع الانتقال نحو مصادر جديدة ونظيفة، يصبح التركيز على العوامل التمكينية الأساسية لتحقيق هذا التحول أمرًا بالغ الأهمية.

سواء من خلال تطوير مواد مبتكرة أو استغلال قوة الذكاء الاصطناعي المتقدم، وصولاً إلى استكشاف إمكانيات نظام الطاقة الممتد بين الأرض والفضاء، فإن هذه التحولات تمثل ركيزة محورية للنمو والازدهار وتعزيز رفاهية المجتمعات في المستقبل.

أبرز الاتجاهات في عام 2025

تمويل جهود إتاحة الطاقة للجميع

يسعى الهدف السابع من أهداف التنمية المستدامة إلى إتاحة الطاقة النظيفة بتكلفة معقولة للجميع،[212] وقد أعلن كل من البنك الدولي وبنك التنمية الإفريقي عن خطط مشتركة لتوفير الكهرباء إلى 300 مليون فرد في إفريقيا بحلول عام 2030، بتمويل مشترك يشمل استثمارات للقطاع الحكومي بقيمة 30 مليار دولار وأخرى للقطاع الخاص بقيمة 9 مليارات دولار.[213]

التركيز على تحقيق الاكتفاء الذاتي من الطاقة

مع تطور التكنولوجيا وزيادة الطلب على الطاقة،[214] أصبح تحقيق الاكتفاء الذاتي من الطاقة هدفاً بالغ الأهمية. فعلى سبيل المثال، قام متنزه "سيكس فلاجز ماجيك ماونتن" في كاليفورنيا بإنشاء نظام جديد للطاقة الشمسية يغطي 100% من استهلاك المتنزه من الطاقة.[215] كما تستعد الصين لإطلاق أول مفاعل نمطي صغير محلياً بحلول عام 2025،[216] فيما تواصل شركات مثل أمازون[217] وجوجل[218] دعم مشروعاتها المتعلقة بهذا النوع من المفاعلات.

تطوير سلسلة قيمة الوقود الحيوي

يشهد السوق العالمي للوقود الحيوي نمواً ملحوظاً، ومن المتوقع أن يتضاعف نموه بين عامي 2023 و2024 ليصل إلى 243 مليار دولار.[219] ورغم أن هناك أنواع من الوقود الحيوي، مثل إيثانول قصب السكر وزيت النخيل، تُسهم في تقليل الانبعاثات الضارة،[220] إلا إن إنتاج الديزل الحيوي من مزارع زيت النخيل في ماليزيا وإندونيسيا مثلاً قد يسبب انبعاثات غازات دفيئة تتجاوز الديزل التقليدي بمعدل يتراوح بين 3 و40 ضعفاً.[221] كما أن تحويل المنتجات الزراعية إلى إنتاج الوقود الحيوي أدى إلى ظهور تحديات في تأمين مواد خام مستدامة، وهو ما يؤدي إلى تأثيرات بيئية غير مباشرة.[222]

الفرص المستقبلية

مسار عالمي نحو الحياد الكربوني

يسعى الاقتصاد العالمي لتحقيق صافي الانبعاثات الصفري بحلول عام 2050، وهو ما يتطلب استثمارات تُقدّر بنحو 275 تريليون دولار ، بمعدل سنوي يبلغ 9.2 تريليون دولار، مع وصول الاستثمارات إلى ذروتها بنسبة 8.8% من الناتج المحلي الإجمالي العالمي خلال الفترة بين عامي 2026 و2030.[223] ورغم ذلك، فإن تحقيق هذا الهدف يواجه تعقيدات تتطلب معالجة العديد من الجوانب.

نظرية الألعاب عبارة عن نموذج يساعد في اتخاذ القرارات بشكل تفاعلي، حيث تتأثر النتائج بتوقع استراتيجيات الآخرين وقراراتهم.[224] وقد استُخدمت نظرية الألعاب منذ فترة طويلة في مجال الطاقة لتحليل وتحسين التفاعلات بين الأطراف المعنية في نظام الطاقة المعقد.[225] وفي سياق تحقيق صافي الانبعاثات الصفري، يمكن لنظرية الألعاب أن تسهم، بالتكامل مع النماذج المناخية، في توجيه القرارات والتفاعلات ضمن سيناريوهات متعددة تسعى لتحقيق هذا الهدف. [226]

توطين صناعة الطاقة النظيفة

تركز التقنيات النظيفة على تقليل الملوثات والنفايات أو التخلص منها كلياً. تشمل هذه التقنيات الطاقة المتجددة، والمركبات الكهربائية، والوقود الحيوي، بالإضافة إلى الأنظمة المتطورة لإعادة تدوير النفايات وإدارتها، وإعادة تصميم عملية إنتاج ونقل الطاقة بطريقة تدعم البيئة بدلاً من الإضرار بها.[227]

في الوقت الحالي، هناك فقط أربعة دول في العالم، إلى جانب الاتحاد الأوروبي، تقوم بتصنيع حوالي 80 - 90% من الألواح الشمسية الكهروضوئية، وتوربينات الرياح، والبطاريات، والمحللات الكهربائية، والمضخات الحرارية.[228] أما إنتاج الليثيوم، فتتصدره أستراليا، وتشيلي، والصين، حيث تستحوذ هذه الدول على أكثر من 90% من الإنتاج العالمي.[229] وقد يدفع هذا الوضع دولاً أخرى في تبني استراتيجية توطين إنتاج تقنيات الطاقة النظيفة كوسيلة استراتيجية لتعزيز التحول نحو الطاقة النظيفة.[230]

ويعد قطاع الطاقة النظيفة فرصة استثنائية للنمو الاقتصادي، حيث يُتوقع أن تتضاعف الأسواق المرتبطة به ثلاث مرات لتصل إلى 650 مليار دولار سنوياً بحلول عام 2030، مدفوعة بمساعي الدول لتحقيق أهدافها المناخية. هذا النمو يعزز التنوع الاستراتيجي في القدرات التصنيعية ومرونة سلاسل الإمداد عبر مناطق العالم،[231] كما يُتوقع أن يُسهم قطاع الطاقة النظيفة في توفير 8 ملايين وظيفة جديدة في مجال التصنيع على مستوى العالم بحلول عام 2030.[232]

الهيدروجين والبحث عن بديل للبلاتين

يُعد الهيدروجين الأخضر (منخفض الانبعاثات) جزءاً من مزيج الطاقة النظيفة في المستقبل، رغم أنه ليس العنصر الأكثر أهمية. وفي العام 2023، زاد استخدام الهيدروجين في التطبيقات الجديدة للطاقة النظيفة بنسبة 40% إلا أن استخدامه في تلك التطبيقات لا يزال يشكل أقل من 1% من الطلب العالمي على الهيدروجين. ومن المتوقع أن يتواصل هذا النمو بفضل التطبيقات الجديدة في مختلف قطاعات الطاقة والنقل.[233] ومن المتوقع أن يصل الطلب على الهيدروجين منخفض الانبعاثات بحلول عام 2030 إلى 10% فقط من المطلوب لتحقيق صفرية الانبعاثات بحلول عام 2050،[234] الأمر الذي يتطلب إحراز تقدم كبير في خلايا وقود الهيدروجين والبنية الأساسية لاستخداماتها.[235]

وتعتبر أجهزة إنتاج الهيدروجين عبر التحاليل الكهربائية (الإلكتروليزر) من العناصر الأساسية في عملية إنتاج الهيدروجين، وتعتمد هذه الأجهزة في تكوينها على مواد مثل البلاتين. وفي عام 2023، نحو 22% فقط من القدرة المركبة تم إنتاجها بواسطة أجهزة تحليل كهربي تحتوي أغشية تبادل بروتونات معتمدة على البلاتين،[236] رغم أنها تقنية تتمتع بإمكانات كبيرة ويمكنها توفير حوالي 11% من الانبعاثات الكربونية العالمية المطلوبة بموجب اتفاقية باريس بحلول عام 2030.[237] لكن في المقابل، يعد البلاتين مادة نادرة يصعب العثور عليها.[238] تنتج جنوب إفريقيا أكثر من 70% من البلاتين العالمي، غير أن قطاع التعدين فيها يواجه تحديات كبيرة، مما يزيد من المخاطر المتعلقة بالإمدادات المستقبلية.[239] ومن بين المواد البديلة الواعدة التي تضمن الحفاظ على كفاءة تحويل الطاقة وتخزينها هي سبائك المعادن النبيلة، والمعادن الانتقالية مثل النيكل والكوبالت، والعوامل المحفزة القائمة على الكربون.[240]

التوجـــــــه 5

تطـــــــوّر الأنظمة البيئية

سنشهد تحوّلاً في منظور إدارة الأثر البيئي من السعي للحد من الأثر البيئي لعملية أو منتج أو خدمة معينة، إلى إدارة النظم البيئية ككل، وسيكون هذا التوجه مدفوعاً بتحديات مثل ندرة الموارد، وتغيّر المناخ، والتحولات في القيم الاجتماعية. وستشمل مناهج العمل البيئي تخصصات متعددة وستصبح أكثر تركيزاً على المستقبل، مع الأخذ في الاعتبار العوامل الاجتماعية والبيئية، وترشيد استخدام الخدمات والموارد الحيوية والبيئية، وتلبية الاحتياجات البشرية الأساسية.

الكلمات الرئيسية

الصوتيات
التنوّع الحيوي
التغيّر المناخي
إنترنت الأشياء تحت الماء
حماية البيئة البحرية
تقليل الضوضاء
صحة المحيطات
استعادة الأنظمة البيئية
الاستدامة
الحياة البرية

أبرز الاتجاهات في عام 2025

استدامة الذكاء الاصطناعي التوليدي

بحلول عام 2026، سوف تستخدم أكثر من 80% من الشركات الذكاء الاصطناعي التوليدي في مراحل الإعداد للإنتاج، بينما لا تتجاوز النسبة الحالية 5%.[241] ورغم أن الذكاء الاصطناعي التوليدي يمكّن عملية إنشاء أو إعادة إنشاء المحتوى بسرعات غير مسبوقة وبأشكال متنوعة عبر مختلف القطاعات والصناعات، إلا أن هناك مخاوف بشأن أثره البيئي. يُعتقد أن "تشات جي بي تي" يستهلك من الطاقة ما يعادل استهلاك 33,000 منزل في الولايات المتحدة، وقد يصل الطلب العالمي على المياه لتبريد مراكز البيانات المستخدمة للذكاء الاصطناعي إلى نصف استهلاك المملكة المتحدة السنوي من المياه.[242] لذا سيكون من الضروري تقليل التأثيرات الكربونية الناتجة عن الذكاء الاصطناعي التوليدي من خلال الاعتماد على رقائق حاسوبية متطورة ومصادر طاقة متجددة للحفاظ على استدامة هذه التكنولوجيا المتقدمة.[243]

تعزيز العمل التطوعي البيئي

وفقاً لاستطلاع " تصويت الشعوب للمناخ" لعام 2024، أعرب 53% من المشاركين عن زيادة قلقهم بشأن التغير المناخي مقارنة بالعام الماضي.[244] وفي عام 2022، تطوع نحو 15% من الأفراد الذين تتجاوز أعمارهم 15 عاماً مرة واحدة على الأقل شهرياً. ومع تزايد الوعي بالتحديات البيئية،[245] من المحتمل أن يرتفع معدل التطوع البيئي، مثل التطوع لزراعة الأشجار، وتنظيف الأنهار، وإعادة تأهيل المواطن الطبيعية.[246]

الشركات الناشئة في مجال تقنيات المناخ في أفريقيا

تمثل الشركات الناشئة في مجال تقنيات المناخ في أفريقيا أحد العوامل الرئيسية لتحقيق التحوّل المطلوب في المنطقة. حيث تتمتع أفريقيا بفرص واعدة في مجالات الطاقة النظيفة، والتعدين المستدام، واستعادة الأنظمة البيئية، بالإضافة إلى الدور المهم الذي تلعبه هذه الشركات الناشئة في إشراك الشباب في هذه المجالات.[247] فمنذ عام 2019، تمكنت هذه الشركات من جمع أكثر من 3.4 مليار دولار، ومن المتوقع أن يرتفع هذا الرقم بشكل ملحوظ، خاصة أن من الضروري جمع 277 مليار دولار سنوياً[248] لتحقيق أهداف اتفاقية باريس للمناخ بحلول عام 2030.[249]

الفرص المستقبلية ↙

استعادة الأنظمة البيئية

اكتسب مفهوم "استعادة الأنظمة" زخماً كبيراً منذ تسعينات القرن الماضي في مجال تطوير المدن باعتباره خطوة مبتكرة لمواجهة التغير المناخي، وكان الهدف منه أكثر من مجرد التحول نحو المباني الخضراء.[250] ومنذ ذلك الحين، أصبح "استعادة الأنظمة" المفهوم الحديث للاستدامة.[251] فبينما تركز الاستدامة على تحقيق توازن بين احتياجات الإنسان وحماية البيئة،[252] يسعى مفهوم "استعادة الأنظمة البيئية" إلى توسيع هذه الجهود من خلال التركيز على إعادة تأهيل الموارد الطبيعية، وتعزيز التنوع الحيوي، وإعادة إحياء النظم البيئية المتضررة.[253]

ونتيجةً لذلك، توسع هذا المفهوم ليشمل العديد من المجالات.[254] ففي مجال الطب، أصبح هناك قدر كبير من التوافق بشأن قدرة الجسم البشري على الشفاء الذاتي.[255] أما في مجال الزراعة، يسعى المزارعون إلى إعادة إحياء التربة واستعادتها لحالتها الطبيعية، وتحسين رعاية الحيوانات، وبناء مجتمعات أكثر صحة، مما يعزز من الإنتاجية.[256] ومع تزايد الجهود لاستعادة وتحسين الأنظمة البيئية في الحياة اليومية،[257] أصبحت مفاهيم إيجابية مثل السياحة التجديدية، والمجتمعات المستدامة، والدعم البيئي مقدمة على تحقيق المكاسب السريعة.[258]

الذكاء الاصطناعي الصوتي لدعم الأنظمة البيئية

يحمل الذكاء الاصطناعي الصوتي إمكانيات كبيرة لفهم وتحسين النظم البيئية البحرية والبرية والحضرية وغيرها. فالأصوات تحت الماء، التي تنتقل لمسافات أبعد مقارنة بالإشارات البصرية أو الروائح، تُعد وسيلة حيوية للتواصل والهجرة والتفاعل مع البيئة بالنسبة للكائنات البحرية.[259] وقد تم بالفعل استخدام الذكاء الاصطناعي بنجاح في مراقبة أصوات الحيتان، مما ساهم في تحسين الكشف عن أنواع الكائنات الحية وتطوير استراتيجيات الحفاظ على الحياة البحرية.[260]

ومع ذلك، تشير الدراسات الحديثة حول الذكاء الاصطناعي والحياة البرية إلى أن معظم الأبحاث ركزت على الطيور (48%) والثدييات (22%)،[261] لكنها واجهت تحديات مثل نقص البيانات، وضوضاء الخلفية العالية، وغياب المعايير الموحدة، وتعقيد تصنيف الأصوات. ومع استمرار جهود الحفاظ على الحياة البرية والوعي بالتحيزات المحتملة للذكاء الاصطناعي، يمكن للذكاء الاصطناعي تقديم رؤى متعمقة ولحظية للحفاظ على الحياة البرية.[262]

علاوة على ذلك، يسهم الذكاء الاصطناعي في تحسين جودة الصوتيات في بيئات متنوعة، بما في ذلك تحسين صوتيات الغرف، ومراقبة مستويات الضوضاء في المدن، وتعزيز جودة تسجيلات الاستوديو، وتحسين وضوح الصوت في بيئات التعليم.[263] ويمتلك الذكاء الاصطناعي وتقنيات الصوتيات القدرة على تعزيز الإنتاجية والإبداع في أي بيئة، بدءاً من أماكن العمل وصولًا إلى قطاع الرعاية الصحية، بالإضافة إلى تحسين التجارب السمعية وابتكار بيئات صوتية غامرة بفضل تكامل إنترنت الأشياء وتقنيات معالجة الإشارات المتقدمة.[264]

إنترنت الأشياء تحت الماء (IoUT)

قيمة **قطاع إنترنت الأشياء** قد تصل إلى

12.6 تريليون دولار

بحلول عام 2030

أشارت التقديرات في عام 2021 إلى أن إنترنت الأشياء قد يحقق قيمة تصل إلى 12.6 تريليون دولار بحلول عام 2030، وذلك من خلال تطبيقاته المتنوعة في المصانع (26%)، وفي قطاع الرعاية الصحية (10 - 14%)، وغيرها.[265] وسيعتمد ذلك بشكل أساسي على تكنولوجيا الاتصال المتقدمة باستخدام شبكات الجيل الرابع والخامس، وتحقيق التوازن بين التكلفة والتوافق التشغيلي بين الأنظمة المختلفة، ومواجهة تحديات الأمن السيبراني ومراحل التطوير المختلفة.[266]

وتواجه المحيطات تهديدات متزايدة نتيجة للتغير المناخي والإفراط في الاستخدام، مما يؤثر على الأنظمة البيئية والمجتمعات البشرية بشكل كبير.[267] وفي إطار جهود الأمم المتحدة لتعزيز التنمية المستدامة، تم إطلاق "عقد الأمم المتحدة لعلوم المحيطات من أجل التنمية المستدامة (2021-2030)" أو ما يعرف اختصاراً بـ "عقد المحيطات" لتحفيز الجهود من أجل إحداث ثورة في علوم المحيطات[268] عبر تعزيز التعاون الدولي ودعم البحث العلمي.[269] وفي ظل تزايد الاهتمام بعلوم البحار وابتكار الأجهزة المستخدمة لقياس ودعم التطبيقات المختلفة تحت المياه، يتيح إنترنت الأشياء تحت الماء فرصاً مستقبلية واعدة في مجالات مثل الرصد البيئي واستكشاف المحيطات ومنع الكوارث.[270،271] ومع ذلك، تظل التحديات المرتبطة بالظروف المائية الصعبة وطرق جمع البيانات ونقلها بحاجة إلى حلول مبتكرة.[272]

التوجـــــــه 6

نمو اقتصادات الأعمال المستقلة

الكلمات الرئيسية

الشخصية القانونية للذكاء الاصطناعي
العملة المشفرة
الأصول الرقمية
التعليم
الطاقة
البيئة
اللوائح والتشريعات
العملة المستقرة
الترميز
المياه

يتزايد الاعتماد على المعاملات المباشرة، التي تتم دون وساطة الأطراف التقليدية، في مجالات مثل التمويل والصحة والتعليم والتجارة والخدمات وحتى الفضاء. هذا التحول يؤدي إلى تلاشي حدود الصلاحيات القانونية للحكومات، وإعادة توزيع المسؤوليات، وظهور المزيد من المجتمعات والشبكات العابرة للحدود. ومع سرعة التغيير المدفوع بالتطورات الهائلة في الاتصالات والحوسبة والذكاء الاصطناعي المتقدم، ستؤثر طبيعة هذا العالم العابر للحدود بالتأكيد على أنماط الحياة والعمل والتواصل بين الأفراد.

أبرز الاتجاهات في عام 2025 ↙

الوصول العالمي للبيانات وموافقة المستخدم على تدريب الذكاء الاصطناعي

بحلول عام 2028، من المتوقع أن يزداد معدل الاستثمار في أنظمة الذكاء الاصطناعي ليصل إلى 632 مليار دولار.[273] وتستخدم منصات التواصل الاجتماعي[274، 275] والتكنولوجيا[276] والشبكات[277] بيانات المستخدمين في تدريب أنظمة الذكاء الاصطناعي الخاصة بها – مع العلم أنها منصات عالمية بطبيعة الحال. وبينما تنكر بعض المنصات أو لا تظهر أي اهتمام بتطوير سياساتها بشأن استخدام بيانات المستخدمين لتدريب نماذج الذكاء الاصطناعي، تسعى منصات أخرى إلى تحديث شروط وأحكام استخدامها مع توفير خيار الانسحاب للمستخدمين ،[278] وهو ما يؤكد الحاجة المتزايدة لإرساء معايير عالية لإدارة البيانات ومشاركتها.[279]

العمل الخيري عبر الحدود دعماً للتحديات المشتركة

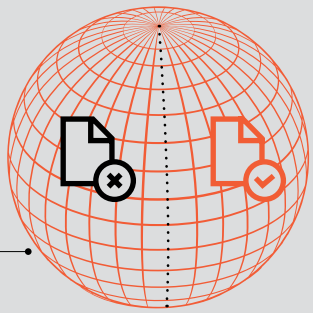
في العام 2022، أفادت 40 مؤسسة خيرية خاصة بتقديم دعم تنموي بقيمة 11 مليار دولار لمنظمة التعاون الاقتصادي والتنمية، رغم أن هذه المساهمات لم تسجل نمواً منذ عام 2021.[280] ووفقًا لتقرير "مؤشر العطاء العالمي GPT" لعام 2023، وصل إجمالي التبرع عبر الحدود إلى 70 مليار دولار في 47 دولة ذات دخل مرتفع في عام 2020، وهو ما يمثل 85% من الناتج المحلي الإجمالي العالمي.[281] ورغم النمو الملحوظ في العمل الخيري المحلي، [282] يظل العمل الخيري عبر الحدود ضرورياً للتصدي للكوارث الطبيعية والأزمات العالمية مثل جائحة كوفيد-19،[283] ولكنه يواجه تحديات مثل قضايا الضرائب، والاعتراف القانوني المحدود بالمؤسسات الأجنبية، وعدم اتساق الحماية القانونية[284]

الملكية الفكرية في العالم الرقمي

يعتمد الذكاء الاصطناعي، وخاصة النماذج اللغوية الكبيرة والذكاء الاصطناعي التوليدي، بشكل رئيسي على مصادر عامة مثل النصوص المحمية بحقوق الطباعة والنشر والأعمال المرئية والصوتية.[285] هذا التزايد في المخرجات التي ينتجها الذكاء الاصطناعي التوليدي يثير تساؤلات حول دوره في تحفيز الابتكار والاختراع مقارنة بالأدوات التقليدية. وتنظم المنظمة العالمية للملكية الفكرية (WIPO) العديد من الفعاليات ومنتديات النقاش حول هذا الموضوع،[286] بينما نشر مركز الثورة الصناعية الرابعة في الإمارات تقريراً يتناول موضوع الملكية الفكرية ودور الذكاء الاصطناعي في الصناعات الإبداعية.[287]

الفرص المستقبلية

تعاون عالمي لتنظيم الأصول الرقمية العابرة للحدود



من المتوقع أن تصل القيمة السوقية الإجمالية للأصول الرقمية المُرمَّزة، باستثناء البيتكوين والتيثر، إلى حوالي 2 تريليون دولار بحلول عام 2030، نظراً لاستخدامها المتزايد في الصناديق المشتركة، والسندات، والأوراق المالية المتداولة في البورصة، والقروض، والتوريق، وصناديق الاستثمار البديلة.[288] ومع ذلك، تفتقر الأصول الرقمية إلى تعريف عالمي موحد،[289] رغم أن ثلثي 86 دولة شملها استبيان أجراه المنتدى الاقتصادي العالمي قد بدأت بالفعل في تنظيم هذه الأصول أو تخطط لذلك.[290] هذه الاختلافات تسبب عقبات تنظيمية، حيث يمكن أن تكون الأصول الرقمية قانونية في منطقة وغير قانونية في دولة أخرى. ويعمل مجلس الاستقرار المالي[291] والمنظمة الدولية لهيئات الأوراق المالية (IOSCO)[292] على صياغة تعريفات مشتركة لتوحيد المفاهيم.[293] في حين توفر مبادئ المعهد الدولي لتوحيد القانون الخاص (UNIDROIT) إطاراً يربط الأصول الرقمية بالبنى القانونية القائمة.[294] ومع ذلك، تبقى هناك بعض الفجوات التنظيمية التي تحتاج إلى حلول.

وتتصدر دولة الإمارات العربية المتحدة مشهد ريادة تنظيم الأصول الرقمية في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا. فقد أطلقت عدة جهات بالدولة عدداً من الأطر التنظيمية، ومن بينها سلطة دبي لتنظيم الأصول الافتراضية،[295] وسوق أبو ظبي العالمي،[296] ومركز دبي المالي العالمي،[297] بالإضافة إلى واحة رأس الخيمة للأصول الرقمية.[298]

الشخصية القانونية للذكاء الاصطناعي: الحدود القانونية والأخلاقية

منح الشخصية القانونية للذكاء الاصطناعي سيطرح تحديات قانونية وأخلاقية عميقة **تتعلق بالحقوق والمسؤوليات والمساءلة**

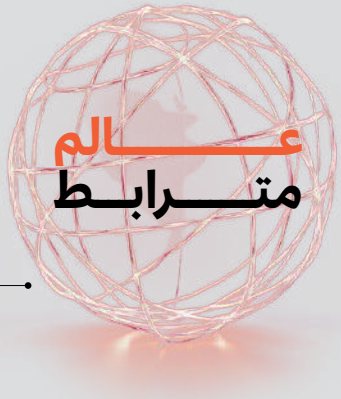
من المتوقع أن يُسهم الذكاء الاصطناعي بمقدار 15.7 تريليون دولار في الاقتصاد العالمي بحلول عام 2030.[299] ومع النمو السريع في استخدام الذكاء الاصطناعي، قد يتطلب الأمر في المستقبل أن تحظى الأنظمة الذكية المستقلة بوضع قانوني مشابه للذي تتمتع به الكيانات التجارية، خاصة إذا كان لها تأثير كبير في تشكيل القرارات الدولية، وتعزيز التفاعل والعمل المشترك عبر الحدود. إن النقاش حول الوضع القانوني للكيانات غير التجارية ليس جديداً، فقد دعت – على سبيل المثال - العديد من الأطراف سابقاً بمنح الطبيعة حقوقاً قانونية[300]. ومع ذلك، فإن منح الشخصية القانونية للذكاء الاصطناعي سيطرح تحديات قانونية وأخلاقية عميقة تتعلق بالحقوق والمسؤوليات والمساءلة، مما يستدعي ضرورة فتح نقاشات موسعة حول كيفية دمج هذه الكيانات ضمن الأطر القانونية الحالية أو المستقبلية.[301]

كما أن منح الشخصية القانونية للذكاء الاصطناعي قد يثير تساؤلات جوهرية بشأن المسؤولية الأخلاقية، والكفاءة الاقتصادية، والجوانب القانونية، خاصة في ظل التطور المستمر لهذه التقنيات. هذا إلى جانب أن الاعتراف بالشخصية القانونية للذكاء الاصطناعي يعني إمكانية تعرضه للعقوبات والغرامات أو حتى الإيقاف في حال ارتكاب أفعال مخالفة القانون.[302] ومع ذلك، فإن تسارع وتيرة تطور الذكاء الاصطناعي تطرح تحديات فريدة من نوعها،[303] لكنها تحمل في طياتها أيضاً فرصة كبيرة لتعزيز التنسيق والتعاون العالمي في المستقبل.[304]

التعليم متعدد التخصصات لتعزيز الابتكار العالمي

ستشهد السنوات العشر المقبلة تحديات بيئية واجتماعية وتقنية واقتصادية عالمية لا يمكن لأي دولة مواجهتها بمفردها.[305] ومن المتوقع أن ترتفع الطلبات العالمية على المياه بنسبة 40% وعلى الطاقة بنسبة 50% بين عامي 2030 و2040،[306] مما سيؤثر على نظم الغذاء والمياه والاقتصادات وأنظمة سلسلة التوريد والعديد من جوانب الحياة والعمل الأخرى مما قد يؤدي إلى زيادة التوترات العالمية.[307]

وفي الوقت نفسه، يؤثر تغير المناخ على الأنظمة الاجتماعية والاقتصادية العالمية، بما في ذلك الغذاء، والأصول المادية، والبنية التحتية، ورأس المال الطبيعي، والهجرة.[308] هذه التأثيرات تؤدي إلى سلسلة مترابطة من المخاطر الاجتماعية والبيئية.[309]



في هذا العالم المترابط الذي تتلاشى فيه الحدود، يصبح التصدي للقضايا المعقدة العابرة للحدود والقطاعات ضرورة تستدعي اتباع أساليب وآليات متعددة التخصصات، فمن خلال دمج الرؤى والخبرات من مختلف المجالات، يمكننا ابتكار حلول جديدة تعالج التحديات التقنية مع مراعاة الأبعاد الاجتماعية والإنسانية للتقنيات الناشئة والمستقبلية. وتؤدي مؤسسات التعليم والتدريب دوراً محورياً في تعزيز هذا النهج عبر تصميم برامج تعليمية تجمع بين القانون والتكنولوجيا والأخلاقيات والعلاقات الدولية. مثل هذه البرامج تعزز الفهم العميق والتعاون بين القطاعات المختلفة، وتضمن معالجة القضايا الواقعية بفعالية من خلال شراكات بين الأكاديميين وقادة الصناعة. وقد بدأت بعض المؤسسات، مثل جامعة تويني في هولندا،[310] بخطوات سبّاقة من خلال إطلاق برامج تعليمية متعددة التخصصات، لكن ما يزال هناك حاجة لتوسيع نطاق هذه المبادرات لتلبية متطلبات عالمنا سريع التغير وتحدياته المتزايدة.

التوجـــــــه 7

تسارع الانتقال إلى الواقع الرقمي الجديد

الكلمات الرئيسية

سماعات رأس الواقع المعزز والواقع الافتراضي
المسرح الرقمية
التجارب الغامرة
الرضا عن الحياة
الفنون الاستعراضية
الفجوة بين العالم الواقعي والعالم الافتراضي
تقدير الذات
التوسع الذاتي
موافقة المستخدم
الهويات الافتراضية

الجيل الرقمي، الذي نشأ في ظل وسائل الترفيه والتعليم والتواصل الرقمي، يتجه بشكل طبيعي نحو استخدام العوالم الافتراضية المتطورة، حيث يمكن إعادة تصميم العديد من المهام والسلوكيات من العالم الحقيقي، وربما تحسينها، ضمن بيئات ثلاثية وربما الأبعاد. ومع انتشار شبكات الجيل الخامس والسادس، ستصبح تطبيقات الأنظمة المستقلة أكثر تطوراً بفضل الاتصال عالي السرعة، الذي يتميز بالموثوقية والكفاءة والأمان، مما يتيح إجراء التحليلات اللحظية واتخاذ القرارات الفورية. ومع تطور التكنولوجيا الكمومية – بما في ذلك الحوسبة الكمومية والاتصالات وأجهزة الاستشعار – لتصبح أكثر استقراراً واعتمادية، ستتحول التجارب الافتراضية إلى تجارب غامرة وواقعية تُضاهي الشعور بالعالم الحقيقي.

أبرز الاتجاهات في عام 2025

مستقبل الميتافيرس

رغم التوقعات التي أشارت إلى أن الميتافيرس، وتحديدًا تقنية الواقع الافتراضي (VR)، سيحل محل الهواتف الذكية بحلول عام 2035، إلا أن اعتماده على نطاق واسع واجه سلسلة من التحديات.[311] ومن أبرز هذه التحديات خسارة مختبرات "ريالتي لابز" التابعة لشركة ميتا 13.7 مليار دولار في عام 2022،[312] بالإضافة إلى التحديات الصحية المرتبطة باستخدام هذه التقنية، مثل دوار الفضاء الافتراضي،[313] وتأثيرات التنمر الإلكتروني على الصحة النفسية، وكذلك المخاوف المتعلقة بسرقة الهوية، والابتزاز الإلكتروني، والاستغلال.[314] كما يواجه عالم الميتافيرس عقبات تنظيمية ومقاومة ثقافية من بعض المجتمعات، فضلاً عن مخاوف أمنية جدية.[315] ومع ذلك، هناك مؤشرات إيجابية تعزز إمكانية اعتماده على نطاق واسع في المستقبل. تشمل هذه الجهود إطلاق استراتيجية دبي للميتافيرس،[316] واستثمار كوريا الجنوبية 177 مليون دولار في صندوق لدعم الميتافيرس،[317] والجهود المستمرة التي يقودها المنتدى الاقتصادي العالمي،[318] بالإضافة إلى إنشاء مختبر الميتافيرس التابع لجامعة محمد بن زايد للذكاء الاصطناعي.[319] هذه المبادرات وغيرها قد تكون مفتاحًا لتجاوز العقبات وتحقيق الانتشار الواسع لهذه التكنولوجيا الواعدة.

تجارب رقمية لا تلامسية

تشهد تقنية الواقع المعزز (AR) عبر الهواتف الذكية، مدعومة بانتشار شبكات الجيل الخامس،[320] تطوراً ملحوظاً ونمواً واعداً.[321، 322] حيث أن هناك حالياً أكثر من 2,000 تطبيق مخصص لنظارات "آبل فيجن برو" متوافق مع متطلبات الحوسبة المكانية،[323] كما يمكن للذكاء الاصطناعي التوليدي الآن إنشاء بيئات وتجارب مكانية بسرعة وبتكلفة أقل.[324] والأمثلة كثيرة على هذه التطبيقات، ومن بينها أداة آيكيا لتصور الأثاث في المنزل، وأداة "مودي فيس ايه آر" من لوريال لتجارب التجميل الافتراضية، وميزة المشاهدة المباشرة في خرائط غوغل التي تقدم تفاعلًا مبتكرًا مع الخرائط.[325] وتشير هذه التطورات إلى أن التجارب الرقمية اللا تلامسية ستصبح جزءاً أساسياً وأكثر انتشاراً في حياتنا اليومية.

الذكاء الاصطناعي الداعم للواقع المتد

من المتوقع أن يُسهم الذكاء الاصطناعي بنحو 20 تريليون دولار، أي ما يعادل 3.5% من إجمالي الناتج المحلي العالمي بحلول عام 2030،[326] مما يعكس تأثيره الكبير على الاقتصاد العالمي. وعند دمجه في تقنيات الواقع المتد، فإنه يساعد في إضفاء الطابع الشخصي على التجارب التفاعلية، إلى جانب تحسين كفاءة إدارة تدفقات البيانات، مما يحفز المشاركة التفاعلية للمستخدمين.[327] وتشير الدراسات إلى أن هذه التقنيات أسهمت في رفع معدلات الاحتفاظ بالمعلومات التعليمية بنسبة 75%، وزيادة الثقة في المعرفة المكتسبة بنسبة 275%،[328] مما يبرز الدور المحوري للذكاء الاصطناعي في تمكين الواقع المتد وتعزيز قدرته على تحسين التفاعل والتعاون بشكل ملموس.

الفرص المستقبلية

تطوير المسرح الرقمي

بلغت قيمة **أسواق الترفيه المنزلي والسينما المنزلية**

100 مليار دولار

في عام 2023

شهدت أسواق الترفيه المنزلي والسينما المنزلية نمواً كبيراً، إذ بلغت قيمتها حوالي 100 مليار دولار في عام 2023، مع توقعات بزيادة سنوية تصل إلى 8% بين عامي 2024 و2030.[329] وقد أحدثت التكنولوجيا تغييرات جوهرية في مجالات الترفيه والفنون، حيث أسهمت في ظهور أشكال جديدة من المسرح تحفز المشاهدين على المشاركة والتفاعل مع القصص التي يشاهدونها.[330] كما يدعو البعض إلى توظيف التكنولوجيا في تحليل الإنتاج الفنّي لتوثيق المعرفة وتوظيفها في تعلّم الدراما وتطويرها مستقبلاً.[331]

خلال جائحة كوفيد-19، حرصت العديد من المسارح الاستعراضية، التي لم تكن تقدم بثاً رقمياً من قبل، على توفير عروضها عبر الإنترنت.[332] فعلى سبيل المثال، اجتذب برنامج "المسرح الوطني في المنزل"،[333] الذي تم إطلاقه خلال الجائحة، أكثر من 15 مليون مشاهد من 170 دولة خلال أربعة أشهر فقط.[334] ومع التحديات المستمرة في إعادة جمهور المسرح لسابق عهده في فترة ما قبل الجائحة،[335] يُمكن للعوالم الرقمية أن تعزز جهود إتاحة العروض المسرحية للجميع، وتمكين الجمهور في المناطق البعيدة من حضور العروض المباشرة والشعور كأنهم جزء من الحدث.

انقسام الهوية بين العالم الافتراضي والحقيقي

يصبح الحد الفاصل بين هويتنا الحقيقية وهوياتنا الافتراضية أكثر ضبابية يومًا بعد يوم، حيث بات الأفراد يديرون هويات متعددة عبر منصات متنوعة. هذا التحول يثير تساؤلات فلسفية وأخلاقية عميقة حول ماهية الإنسان، وما الذي يعنيه أن نكون حاضرين، واعين، أو موجودين فعليًا.[336] كما يطرح هذا التحول العديد من الأسئلة الجوهرية مثل: ما نوع المعلومات التي يمكن مشاركتها من خلال الهوية الافتراضية؟ كيف نضمن الخصوصية في هذا العالم المتشابك؟ من يتحمل المسؤولية عن الأخطاء أو القرارات التي تُتخذ في العالم الافتراضي والتي قد تؤثر أو لا تؤثر على الحياة الواقعية؟ وكيف يمكن إيجاد توازن دقيق بين الأنظمة والتشريعات بما يبني الثقة ويحافظ على الحرية في هذا الفضاء الافتراضي المتنامي؟[337]

يشكل تأثير التداخل بين الهويات الافتراضية والحقيقية مجالًا محوريًا للبحث،[338] مستنداً إلى دراسات سابقة تناولت العلاقة بين الذات الواقعية والذات المثالية،[339] وكيف يمكن لهذا التفاعل أن يسهم في تعزيز جودة الحياة والازدهار المجتمعي.

فعلى سبيل المثال، يمكن أن تترك المشاركة في البيئات الافتراضية أثراً إيجابياً عندما تنسجم الهوية الافتراضية مع الهوية الحقيقية، مما يعزز التوازن النفسي والارتباط بالذات. ومع ذلك، قد ينشأ شعور بعدم الانتماء إذا طغت الهوية الافتراضية وشعر الفرد بتفوقها على الهوية الحقيقية، مما قد يؤدي إلى انخفاض تقدير الذات والتأثير سلباً على رضا الأفراد عن حياتهم.[340]

تقبل أجهزة الواقع الافتراضي والواقع المعزز

تراجعات مبيعات **سماعات الواقع المعزز والواقع الافتراضي** بنسبة

40%

انخفض **التمويل للشركات الناشئة** بنسبة

50%

توسعت التجارب الغامرة لتشمل مجالات متعددة، محاكيةً المساحات والأحداث والتفاعلات الاجتماعية الواقعية.[341] وأصبحت التقنيات الرقمية مثل الواقع المعزز (AR) والواقع الافتراضي (VR) أدوات أساسية في تعزيز هذه التجارب في مجالات حيوية مثل الصحة، والمناخ، والألعاب، والتعليم. ورغم الزيادة الكبيرة في شعبيتها خلال جائحة كوفيد-19،[342] فإن مستقبل نمو هذه التجارب ما يزال غير واضح ومليئاً بالتحديات.

ومنذ العام 2022، شهدت مبيعات سماعات الواقع المعزز والواقع الافتراضي تراجعاً بنسبة 40%، كما انخفض تمويل الشركات الناشئة لها بنسبة 50%.[343] ومع ذلك، تشير التقارير إلى عودة سوق هذه الأجهزة للانتعاش والنمو مرة أخرى في الربع الثالث من عام 2024 وخلال عام 2025، وذلك وفق معدل نمو سنوي مركب متوقع يبلغ حوالي 86% حتى عام 2028.[344] ورغم هذه التوقعات الإيجابية، لا تزال هناك مخاوف حول هذا الانتعاش في السوق، والتي يعكسها قرار شركة "آبل" التي خفضت من إنتاجها لنظارات "آبل فيجن برو".[345] ورغم الجهود المبذولة لتسهيل استخدام سماعات رأس الواقعين المعزز والافتراضي، ما تزال تُعتبر تقنية تجريبية، يركز استخدامها حالياً على اختبار كفاءتها وإمكاناتها العملية.[346] ويعتمد قبول المستخدم لهذه التقنيات على عوامل مثل الابتكار، والفوائد المتوقعة، وجودة الأنظمة، وسهولة الاستخدام، إضافةً إلى تأثيرها على المجتمع في حال انتشارها،[347] مما يفتح مجالاً واعداً لتطوير نماذج جديدة لقبول المستخدم لهذه الأجهزة بالاستناد إلى معايير موحدة تبرز الإمكانيات العملية لها عبر مختلف البيئات والتطبيقات.[348]

التوجـــــــه 8

الأتمتة والتعايش مع الروبوتات المستقلة

الكلمات الرئيسية

التصنيع الإضافي (الطباعة ثلاثية الأبعاد)
المحاكاة الحيوية
الروبوتات التعاونية
الطائرات بدون طيار
التفاعل بين الانسان والروبوت
الروبوتات الشبيهة بالبشر
المواد
الطائرات البحرية بدون طيار
الروبوتات المرنة
الثقة

في ظل التقدم في مجالات تصميم الهندسة الميكانيكية، وعلوم المواد، والذكاء الآلي المتقدم، وشبكات الاتصال المتطورة، ستدخل الروبوتات والأتمتة في العديد من الصناعات – إن لم تكن جميعها – ولن تقف عند حدود صناعة السيارات والتصنيع والخدمات اللوجستية وسلاسل التوريد. وسيتيح استخدام الروبوتات[349] والأتمتة[i] فرصاً لتعزيز الكفاءة والابتكار، إلا أنه سيطرح تحديات أخلاقية ومجتمعية جديدة تتعلق بحدود استقلالية الروبوتات والأتمتة، وآليات إيقاف التشغيل، وتأثيراتها على مستقبل العمل. ومع تزايد تفاعل الروبوتات مع بعضها ومع البشر، تظهر تساؤلات جديدة حول حقوق الروبوتات والملكية الفكرية.

أبرز الاتجاهات في عام 2025

عصر الروبوتات الشبيهة بالبشر

في عام 2023، بلغ عدد الروبوتات العاملة في المصانع حول العالم حوالي 4.28 مليون روبوت،[350] بالإضافة إلى 4.31 مليون روبوت من روبوتات الخدمة في مجالات أخرى،[351] خاصة الخدمات الاستهلاكية. مع ذلك، من المتوقع أن تُحدث الروبوتات الشبيهة بالبشر تغييرات هيكلية كبيرة في هذه المجالات. فقد بلغ حجم السوق العالمية لهذه الروبوتات 2.43 مليار دولار في عام 2023، ومن المتوقع أن ينمو ليصل إلى 66 مليار دولار بحلول عام 2032،[352] مع تركيز استخدامها في مجالات الرعاية الصحية، والتصنيع، والخدمات اللوجستية، وسلاسل التوريد.[353] ويُعد مصنع "روبوفاب" في ولاية أوريغون بالولايات المتحدة الأمريكية، أول مصنع مخصص لإنتاج هذا النوع من الروبوتات.[354]

تطورات غير مسبوقة في براعة الروبوتات

أسهمت التطورات في تصميم الروبوتات[355] واستخدام المواد المتقدمة، بالإضافة إلى التوجهات نحو الروبوتات المستدامة،[356] في تنوّع استخداماتها وتوسيع نطاقها بشكل ملحوظ. ومن المتوقع أن يعزز الذكاء الاصطناعي التوليدي قدرة هذه الروبوتات على الاستشعار والتكيّف في بيئات متنوعة.[357] على سبيل المثال، يتمتع روبوت "ألوها أنليشد" الذي صممته شركة "غوغل" بمهارات متقدمة تسمح له بأداء مهام بشرية معقدة مثل ربط الأحذية وإصلاح الروبوتات الأخرى، بينما يستخدم روبوت "ديمو ستارت" من غوغل أيضاً تقنيات المحاكاة لتحسين أدائه من خلال التدريبات المستمرة، مما يساعده على زيادة كفاءته وتوسيع نطاق مهامه.[358]

تحوّل تكنولوجيا الطائرات بدون طيار

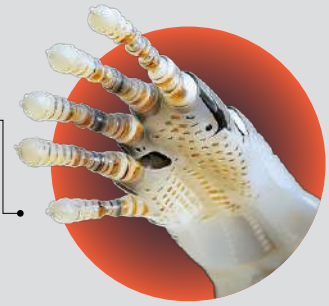
من المتوقع أن يشهد قطاع الطائرات التجارية بدون طيار توسعاً ملحوظاً، مع تقديرات تشير إلى أن سوق الطائرات البحرية بدون طيار قد تصل إلى نحو 20 مليار دولار[i] بحلول عام 2030.[359] ويُتوقع أيضاً أن ترتفع قيمة سوق الطائرات الكهربائية ذات الإقلاع والهبوط العمودي إلى حوالي 160 مليار دولار بحلول عام 2040.[360] وفي هذا السياق، سجلت الصين تقدماً كبيراً بإطلاق أول تاكسي جوي معتمد عالمياً يحمل اسم "إي هانغ إي اتش 216-إس"، والذي يعمل بنظام القيادة الذاتية ويُمكنه نقل راكبين اثنين في كل رحلة.[361] كما بدأت دبي بتنفيذ خطط لإنشاء محطة تاكسي جوي قادرة على استيعاب ما يصل إلى 170,000 راكب سنوياً.[362]

[i] تشمل الطائرات بدون طيار، والبرمجيات، والسيارات ذاتية القيادة، والهياكل الخارجية، والمركبات الأرضية غير المأهولة، والأجهزة الذكية، وغيرها. وعلى الرغم من عدم وجود تعريف موحّد متفق عليه بين مختلف المنظمات، إلا أن هذه الأنواع جميعها تندرج ضمن تعريفات المنظمة الدولية للتوحيد القياسي (ISO)، ومعهد مهندسي الكهرباء والإلكترونيات (IEEE)، والجمعية الأمريكية لاختبار المواد ASTM.

[i] استناداً إلى سعر صرف اليورو مقابل الدولار الأمريكي بتاريخ 17 ديسمبر 2024.

الفرص المستقبلية

تطوير الروبوتات المرنة عبر المحاكاة الحيوية



يُعد علم المحاكاة الحيوية مجالاً متعدد التخصصات يستوحي تصميماته من الطبيعة لتحسين الأداء وتطوير حلول مبتكرة لمواجهة التحديات العالمية. وتُعتبر الروبوتات المرنة من أبرز تطبيقاته، فهي تُصنع من مواد تُشبه الأنسجة الحيوية وتتمتع بمرونة عالية. وتُظهر الروبوتات الحيوية متعددة الأرجل، ذات التصميمات المرنة، أداءً فائقاً مقارنةً بالروبوتات التقليدية الصلبة من حيث السرعة والاستقرار وقدرتها على التعامل مع التضاريس الصعبة.[363] أما الروبوتات المستوحاة من سحالي الوزغ، فتتميز بقدرتها على الالتصاق بقوة تبلغ 180 نيوتن، مما يُمكّنها من التسلق والعمل في البيئات ذات الجاذبية المنخفضة أو المنعدمة.[364]

ولتطوير روبوتات مرنة مستوحاة من الأنظمة الحيوية، ينبغي التركيز على دمج العناصر الأساسية بسلاسة، بدءاً من اختيار المواد المناسبة، وتصميم آليات تشغيل مبتكرة، وحتى تطوير نماذج تصميم تحاكي الأداء الحيوي.[365] وتكتسب هذه الروبوتات أهمية مضاعفة، خصوصاً في المجال الطبي، حيث تتطلب التطبيقات الطبية دقة عالية وموثوقية لضمان سلامة المرضى وحماية الأرواح.[366] ومن خلال تعزيز التعاون بين علماء الأحياء وخبراء الهندسة، يمكن فهم الأنظمة الحيوية بشكل أفضل وتطوير روبوتات متقدمة وقادرة على أداء المهام الدقيقة.

التعمق في فهم التفاعل بين الإنسان والروبوت

بناء الثقة لا يقتصر على ضمان الموثوقية التقنية فقط، **بل وبناء علاقة ترتكز على استعداد الإنسان للاعتماد على الروبوتات رغم المخاطر والثغرات الكامنة**

تُحدث الروبوتات نقلة نوعية في مجالات التصنيع والبحث العلمي والزراعة وخدمات الطعام وغيرها. ومع تزايد عدد الروبوتات التعاونية والروبوتات الشبيهة بالبشر، يتحول تركيز العالم نحو الروبوتات الأكثر قدرة على التكيف وقدرة على العمل مع الإنسان في بيئات متنوّعة.

ومع ذلك، فإن تبني هذه التقنية على نطاق واسع يواجه العديد من التحديات.[367] ومن أبرز هذه التحديات المخاوف المتعلقة بالسلامة، والمتطلبات التنظيمية، وتأثيرها على سوق العمل، بالإضافة إلى محدودية الموارد. ولكن، يكمن التحدي الأهم في بناء الثقة،[368] خاصة مع تزايد دمج الذكاء الاصطناعي مع الروبوتات.[369] فالثقة هنا لا تقتصر على الاعتماد على الموثوقية التقنية فقط، بل تتعداها إلى بناء علاقة تستند إلى استعداد الإنسان للاعتماد على الروبوتات رغم المخاطر والثغرات الكامنة.[370] وبناءً عليه، يجب بناء هذه العلاقة على أساس التأثيرات الإيجابية من جهة، مع الإقرار بالمخاوف والشكوك من جهة أخرى، مما يضيف بعداً عاطفياً يتجاوز حدود الموثوقية التقنية فقط.[371]

ومع تطور الصناعة، سيصبح من الضروري بناء الثقة بين الإنسان والروبوت لضمان التكامل الناجح بين الطرفين. هذا التحدي يشمل الموثوقية التقنية، والجوانب العاطفية الأكثر تعقيداً فيما يخص التعاون بين الإنسان والروبوت، وهو ما يتيح الفرصة أمام تطورات جديدة في المستقبل.

دور الروبوتات التعاونية في التصنيع

تطور التصنيع الإضافي، المعروف بالطباعة ثلاثية الأبعاد، من النماذج الأولية السريعة ليصبح قطاعاً مستقلاً مميزاً عن التصنيع التقليدي. ففي التصنيع الإضافي، تتم إضافة طبقات متتالية،[372] مما يتيح الفرصة لتصنيع التصاميم المعقدة[373] دون الحاجة إلى إعادة تجهيز الأدوات.[374] ويعتمد تطور هذا المجال بشكل أساسي على المواد المستخدمة،[375] مثل البوليمرات، والمعادن، والسيراميك، والرمال، بالإضافة إلى المواد المركبة الأخرى.[376]

ويُمكن أن تُسهم الروبوتات التعاونية[377] في اعتماد التصنيع الإضافي على نطاق واسع.[378] حيث يمكنها تحسين قدرات الطباعة، ودعم العمليات خلال مراحل الطباعة المختلفة، بالإضافة إلى تمكين التقاط البيانات وتقديم التقييمات بشكل لحظي، متجاوزة بذلك حدود أنظمة الروبوتات الفردية.[379] ويعتمد نجاح هذه الروبوتات على التخطيط المتقدم، وتقنيات تجنب الاصطدام، وتحسين خصائص المواد ذات الصلة، مدعومة بتقنيات الذكاء الاصطناعي وتعلّم الآلة.[380]

وإلى جانب القدرات التقنية، يكمن التحدي الأساسي في كيفية تقييم جودة التعاون فيما بين الروبوتات بشكل لحظي.[381] وبهذه الطريقة، يُمكن أن تُسهم الروبوتات التعاونية في التصنيع الإضافي في فتح آفاق جديدة للابتكار في مجال التصنيع.

التوجـــــه 9

إعـادة تحديـد الأهداف الإنسانية

الكلمات الرئيسية

حل النزاعات باستخدام الذكاء الاصطناعي
التعليم الفني
الاقتصاد الإبداعي
النزاعات العابرة للحدود
الوسائط الرقمية
الجيل زد (المواليد من عام 1997 إلى عام 2012)
المساعدة القانونية
القيم التنظيمية
مسارات الدراسة
المواهب

الإمكانيات البشرية غير محدودة، وسيتغير فهم وتوقعات الأفراد حول إدراك الذات والعمل والتعليم وغيرها من المفاهيم الجوهرية في ظل التقدم الهائل في مجالات الذكاء الآلي المتقدم، وتقنيات واجهات الدماغ والحاسوب، والتطورات التقنية في العلوم والطب، وتلاشي الحدود في العوالم الرقمية. ونتيجة هذا التطور على المستوى الشخصي، والتغيرات التي ستطرأ على كيفية الابتكار والتواصل بين الأفراد والمجتمعات، والتعاريف الجديدة لمفاهيم احترام الذات والاستقلالية والاستقرار، ستشهد المجتمعات وجهات نظر جديدة حول التربية والرعاية والحب والانتماء والاندماج وماهية المجتمع، ونحوها من المفاهيم الأساسية، كما ستتطور الحدود التقليدية بين الذات والمجتمع والمؤسسات.

أبرز الاتجاهات في عام 2025

تعزيز دور المرأة في الذكاء الاصطناعي وعلوم البيانات

ورغم أن البيانات تختلف حسب المصدر،[382] فإن حصة النساء في هندسة الذكاء الاصطناعي ارتفعت إلى ما يقرب من 35% بحلول عام 2024،[383] إلا أن العديد من المبادرات تسعى لمعالجة هذه الفجوة. على سبيل المثال، يُعد مشروع "المرأة في علوم البيانات" الدولي من أبرز المبادرات التي تركز على تعزيز دور المرأة في هذا المجال وتمكينها في الذكاء الاصطناعي وعلوم البيانات.[384] كما أن مبادرة "المرأة في الذكاء الاصطناعي" في دول اتحاد بنلوكس (وهو اتحاد سياسي- اقتصادي وتعاون دولي حكومي لثلاثة دول متجاورة في أوروبا الغربية: بلجيكا وهولندا ولوكسمبورغ) تركز على تدريب المرأة للانضمام إلى قائمة خبراء وقادة هذا المجال.[385] وقد أطلقت أيضاً مؤسسة عبد الله الغرير في دولة الإمارات برنامجاً يهدف إلى تمكين المرأة في الذكاء الاصطناعي وتعزيز مشاركتها الفعالة.

سد الفجوة بين الإنسان والتكنولوجيا في خدمة العملاء

في عام 2025، من المتوقع أن يسعى 85% من القادة في مجال خدمة العملاء إلى استكشاف أو اختبار الذكاء الاصطناعي التوليدي الحواري الموجه للعملاء.[387] ورغم تبني الشركات للتكنولوجيا القادرة على تحسين تجربة العميل الرقمية، إلا أن هناك فجوة متزايدة بينها وبين العملاء،[388] فالتكنولوجيا بمفردها لا يمكنها أن تضمن ولاء العملاء.[389] ولذلك، على الشركات تحقيق التوازن بين التبني التكنولوجي[390] وترسيخ الروابط الإنسانية الحقيقية مع عملائها،[391] ضمن إطار تكون فيه التكنولوجيا مجرد أداة لتمكين الأعمال، في حين تكون الأولوية لاحتياجات العملاء الفعلية وتمكينهم من التحكم الكامل في تجربتهم.[392]

الذكاء الاصطناعي والإنسانية

في عام 2024، كشف استبيان شمل خبراء من 68 دولة عن أن 34% منهم يتوقعون تسارعاً ملحوظاً في تأثير الذكاء الاصطناعي على الحياة اليومية والمجتمع بحلول العام المقبل.[393] ومع التغيرات المستمرة في طرق التواصل والتفاعل بين البشر بشكل يعيد صياغة العلاقات الاجتماعية،[394] سيتطور الذكاء الاصطناعي ليعكس أهم الجوانب في ثقافات البشر المختلفة وأنظمتهم الأخلاقية، مع التركيز على تكييف الذكاء الاصطناعي مع احتياجات المناطق المختلفة حول العالم بما يتماشى مع القيم المجتمعية والمصلحة العامة.[395]

الفرص المستقبلية ↙

دور الفنون في تطوير المجتمعات

بناءً على بيانات منظمة اليونسكو في 2022 و2023، كان الاقتصاد الإبداعي واحداً من أسرع القطاعات نمواً على مستوى العالم، حيث حقق إيرادات سنوية تبلغ 2.3 تريليون دولار، مسهماً بنسبة 3.1% من إجمالي الناتج المحلي العالمي، ووفر فرص عمل لحوالي 6.2% من القوى العاملة العالمية.[396] ومن المتوقع أن يصل هذا القطاع، الذي يشمل كل من الفنون التقليدية والوسائط الرقمية،[397] إلى 10% من إجمالي الناتج المحلي العالمي بحلول عام 2030.[398] وبفضل التحول الرقمي، سيصبح هذا القطاع واحداً من أسرع القطاعات نمواً في العالم.[399] ومع ذلك، يواجه الاقتصاد الإبداعي تحديات كبيرة، أبرزها ضعف التمويل الذي يعتمد بشكل أساسي على التبرعات والمنح، مما يجعله عرضة للتأثر بالأزمات الاقتصادية ويؤدي إلى تهميشه في السياسات والاستثمارات،[400] هذا إلى جانب تحديات متعلقة بتراجع عدد الطلاب المسجلين في مختلف فروع التعليم الفني.

التعليم الفني ليس مجرد وسيلة لدعم القطاع الإبداعي، بل هو ركيزة أساسية لتنمية مجموعة من المهارات متعددة التخصصات والتي يمكن الاستفادة منها في مواجهة التحديات العالمية المعقدة.[401] ويؤثر التعليم الفني بشكل إيجابي على الصحة النفسية والتعليم والقدرة على إدارة التغيرات الاجتماعية،[402] كما يُسهم أيضاً في توفير فهم أعمق للحياة،[403] وهو ركيزة أساسية خصوصاً مع استمرار المجتمع في التعامل مع تحديات الذكاء الاصطناعي والتطور التكنولوجي المتسارع.[404]

الاقتصاد الإبداعي
ساهم بنسبة

%3.1

من إجمالي الناتج المحلي العالمي
في 2022 و2023

مختبر تسوية النزاعات القانونية عبر الإنترنت

يوفر حل النزاعات باستخدام الذكاء الاصطناعي إمكانات واعدة لضمان تحقيق العدالة على مستوى العالم.[405] فالأزمة العالمية في مجال العدالة تؤثر على ما لا يقل عن 5.1 مليار شخص حول العالم. على سبيل المثال، في الولايات المتحدة، يعاني الأمريكيون ذوو الدخل المحدود من نقص كبير في الحصول على المساعدة القانونية في 92% من القضايا المدنية.[406]

أظهرت النماذج اللغوية الكبيرة قدرات مذهلة في الوساطة لحل النزاعات،[407] حيث تفوقت أو تساوت مع الوسطاء البشريين في اختيار أنواع إجراءات التدخل المناسبة بنسبة 62%، وفي إنشاء رسائل فعّالة حول تلك الإجراءات بنسبة 84%.[408] ويمكن أن يسهم إنشاء مختبر عالمي لحل النزاعات عبر الإنترنت في تعزيز أدوات الذكاء الاصطناعي المصممة لمعالجة النزاعات التي تمتد عبر الحدود القضائية المختلفة واللغات المتنوعة. وقد اقترحت جامعة كامبريدج معايير لتأسيس مثل هذه المبادرة، ورغم ذلك، ما تزال هناك تحديات قائمة تتعلق بالتحيز، والخصوصية، وضمان التغطية الشاملة عالمياً، مما يتطلب مواصلة البحث والتطوير لتحقيق عدالة متوازنة ومستدامة.[409]

تشهد الساحة القانونية مبادرات مبتكرة تهدف إلى تجربة وتطبيق النماذج اللغوية الكبيرة لتحسين المساعدة القانونية وتبسيط عمليات حل النزاعات. على سبيل المثال، أطلقت كلية القانون بجامعة سوفولك بالتعاون مع جمعية التحكيم الأمريكية مبادرة رقمية مبتكرة تهدف إلى تسوية النزاعات في قضايا الأسرة.[410]

وفي كندا، تقدم محكمة تسوية النزاعات المدنية في كولومبيا البريطانية خدماتها عبر الإنترنت للنظر في الدعاوى الصغيرة والنزاعات المتعلقة بالمركبات،[411] بينما يعمل مختبر تحليل النزاعات بجامعة كوينز كحاضنة للشركات الناشئة المتخصصة في التكنولوجيا القانونية.[412]

الأزمة العالمية في
مجال العدالة تؤثر
على ما لا يقل عن

5.1 مليار

الاحتفاظ بالمواهب

يشكل العمل الهادف وتوافق الوظيفة مع مهارات واهتمامات الأفراد عوامل مهمة في استبقاء المواهب. ومع ذلك، فإن التوافق مع قيم المنظمة يُعتبر أكثر أهمية،[413] خاصةً عندما يتعلق الأمر بجيل "زد" – أي المواليد من عام 1997 إلى 2012، الذين يمثلون 25% من سكان العالم وسيشكلون 27% من القوى العاملة بحلول عام 2025.[414]

هذا التوافق مع القيم التنظيمية يعكس الدور الحاسم الذي تلعبه الثقافة المؤسسية في جذب المواهب الشابة واستبقائها، لا سيما تلك التي تسعى إلى تحقيق تأثير إيجابي على المجتمع والعالم من خلال عملها.

وتُعد اهتمامات الجيل زد، إلى جانب الأجيال الأخرى، فرصة فريدة للمؤسسات لإعادة تصور ثقافة العمل واستراتيجيات استبقاء الموظفين. فبينما يُولي هذا الجيل أهمية أكبر لاستقرار الوظيفة مقارنة بالتنقل الوظيفي المتكرر،[415] يظل تقييم التوافق مع القيم التنظيمية[416] – بما في ذلك القيم الاجتماعية للشركات – مهمة معقدة. تزداد هذه التحديات إذا كانت معرفة الموظف بذ اته محدودة[417] أو إذا كانت قيم المؤسسة غير واضحة.[418] لذلك، من الضروري أن تعمل المؤسسات على توضيح رؤيتها وقيمها بشكل أكبر، مع خلق بيئة تُمكّن الموظفين من التفاعل مع هذه القيم والمساهمة في تحقيقها، بما يسهم في بناء بيئة عمل جذابة ومستدامة.

وإلى جانب توضيح القيم التنظيمية[419] وضمان الالتزام الحقيقي بها،[420] يمكن تحقيق التوافق بين المؤسسة والموظف بشكل أفضل من خلال قرارات توظيف مدروسة تعود بالنفع على الطرفين.[421] كما يمكن للمنظمات تبني استراتيجيات استشرافية تشمل تشكيل لجان توظيف متنوعة لتقليل التحيز وضمان التوافق الثقافي.[422] إن إعطاء الأولوية للتوافق مع القيم المؤسسية لا يعزز ولاء الموظفين فحسب، بل يضع الشركات في مكانة مميزة كجهات عمل مفضلة. هذا النهج يسهم في بناء ثقافة عمل أكثر إنتاجية وفعالية، تلبي متطلبات سوق العمل المتغير باستمرار.

جيل "زد" سيشكلون

%27

من القوى العاملة في عام 2025

التوجـــــــه 10

تزايد الاهتمام بالصحة المتقدمة والتغذية

سيعّير التقدم في مجالات الذكاء الآلي المتقدم وتقنيات النانو والتقنية الحيوية والتصنيع الإضافي وإنترنت الأشياء مفهومنا للصحة والتغذية. وسيشهد العالم تطورات غير مسبوقة لمواجهة تحديات مثل تغّير المناخ، وندرة الموارد، والرغبة في طول العمر، وهو ما يؤكد دور هذا التوجه العالمي الكبير في تحسين الصحة بشكل ملحوظ في مراحل الشباب والشيخوخة، والحد من الأمراض المعدية وغير المعدية أو القضاء عليها، وترسيخ ممارسات الاستهلاك المستدام للمياه والغذاء، وتوفرهما للجميع.

الكلمات الرئيسية

علم التخلّق (أو علم ما فوق الجينات)
وجودة الهواء
الفحم الحيوي
احتجاز الكربون
تنوع البيانات الجينومية
دراسات علم الجينوم
الجسيمات الدقيقة
الطب الشخصي / الطب الدقيق
صحة التربة
الزراعة المستدامة
أهداف التنمية المستدامة

أبرز الاتجاهات في عام 2025

تزايد الارتباط بين المناخ والصحة

يشكل تغيّر المناخ تهديداً كبيراً على الصحة العامة على مستوى العالم، إذ يدفع حوالي 132 مليون شخص إلى دائرة الفقر، من بينهم 44 مليوناً تأثروا بالتداعيات الناتجة عن تدهور حالتهم الصحية.[423] وفي عام 2023، شهد العالم 50 يوماً إضافياً في السنة ارتفعت فيها درجات الحرارة لدرجة تؤثر على صحة الإنسان. كما أثر الجفاف الحاد على 48% من الأراضي حول العالم،[424] وازدادت حدّة أزمة انعدام الأمن الغذائي لتؤثر على 151 مليون شخص إضافي مقارنةً بالمعدلات المسجلة بين عامي 1981 و2010.[425]

اختناقات أنظمة الرعاية الصحية حول العالم

تختلف تحديات واختناقات نظم الرعاية الصحية عالمياً، حيث تشمل في بعض الدول مثل باكستان نقصاً في الإرشادات والإشراف والتدريب والنظافة أثناء الولادة، مما يؤثر بشكل مباشر على صحة النساء.[426] وفي الولايات المتحدة، يمثل ارتفاع تكلفة التأمين الصحي الخاص وطبيعته الاختيارية عقبة كبيرة، مما يترك ملايين الأفراد بدون تأمين صحي.[427] ورغم وجود فجوات في البيانات،[428] فإن ظواهر مثل الازدحام وطول فترات الانتظار في أقسام الطوارئ باتت شائعة في دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية[429] وحول العالم.[430] بالإضافة إلى ذلك، ما تزال العوائق التي تواجه الحصول على الرعاية الصحية النفسية تحدياً كبيراً على المستوى العالمي.

تجارة اللحوم بين التحولات التنظيمية والمناخية وتفضيلات المستهلكين

بحلول عام 2033، من المتوقع أن تنمو تجارة اللحوم العالمية بنسبة 12%، مدفوعة بزيادة الطلب في إفريقيا جنوب الصحراء وآسيا.[432] ومن المتوقع أن تنمو صادرات اللحوم من أمريكا الشمالية والجنوبية أيضاً لتشكل أكثر من نصف صادرات اللحوم العالمية.[433] يتزامن ذلك مع حظر الاتحاد الأوروبي لاستيراد المواد الغذائية المرتبطة بإزالة الغابات،[434] وتزايد المخاوف بشأن تأثير إنتاج اللحوم على المناخ،[435] بالإضافة إلى زيادة عدد كبار السن حول العالم، وتغير تفضيلات المستهلكين في الدول ذات الدخل المرتفع.[436]

الفرص المستقبلية ↙

علم التخلُّق (ما فوق الجينات) وجودة الهواء

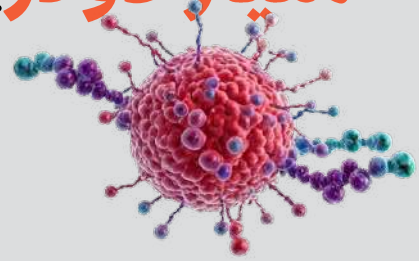
تؤدي البيئة دوراً مهماً في التأثير على علم التخلّق (إيبي جينتك)، وهو العلم الذي يدرس العمليات التي تؤدي إلى تفعيل أو تعطيل جينات معينة، مما يؤثر على الأمراض ليس فقط للأفراد، بل أيضاً للأجيال القادمة.[437]

وتشير الدراسات إلى أن الجسيمات الدقيقة (PM) في الهواء، الناتجة عن عوادم المركبات، والدخان، والغبار على الطرق، وحبوب اللقاح، وبعض الانبعاثات الصناعية، قد تحتوي على مركبات عضوية وغير عضوية تؤثر على التخلّق، وترتبط بمشاكل صحية خطيرة. ورغم محدودية الأبحاث الحالية، فإن الدراسات المستقبلية قد تُسهم في تحديد المؤشرات البيولوجية المرتبطة بهذه الجسيمات، وتطوير تدخلات علاجية تقلل من المخاطر الصحية المرتبطة بها، خاصة في الفئات السكانية الأكثر عرضة للخطر.[438]

وقد بلغت قيمة السوق العالمية للعلاجات فوق الجينية (بما فيها البحث، والتشخيص، والعلاج) 14.6 مليار دولار في عام 2023، مع توقعات بزيادة سنوية تصل إلى نحو 15% بحلول العام 2030.[439] وقد اعتمدت إدارة الغذاء والدواء الأمريكية ثمانية أدوية فوق جينية، يُستخدم ستة منها لعلاج سرطانات الدم، في حين يستخدم النوعان الآخران لعلاج الأورام الصلبة.[440]

بلغت القيمة السوقية **العالمية للعلاجات فوق الجينية** إلى

14.6 مليار دولار



تطوير الطب الدقيق بفضل أبحاث الجينوم

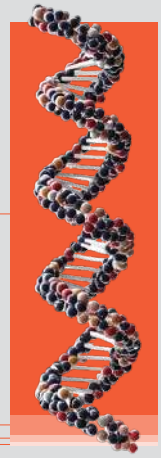
يُحدث الطب الدقيق أو الطب الشخصي ثورة في كيفية التعامل مع الأمراض الوراثية.[441] ففي عام 2023، حصلت أدوية الطب الدقيق على 38% من الموافقات الجديدة التي منحتها إدارة الغذاء والدواء الأمريكية وأكثر من ربع الموافقات منذ عام 2015.[442] ورغم أن الدمج بين فحوصات التصوير بالرنين المغناطيسي واختبارات الجينات الوراثية قد ساعد في تحسين تشخيص الاضطرابات العصبية مثل الشلل الدماغي[443] والتوحد،[444] إلا أننا لم نصل بعد إلى كامل إمكانات الطب الدقيق.[445] فعلى سبيل المثال، يعاني 50 مليون شخص حول العالم من الصرع، ويعيش 80% منهم في دول ذات دخل منخفض أو متوسط.[446] ورغم أن 70% من المصابين بالمرض يمكنهم عيش حياة خالية من النوبات إذا تلقوا العلاج المناسب بعد التشخيص، إلا أن 50% من الحالات لا يتم التوصل إلى أسبابها.[447]

عرض البيانات الجينومية وتنوعها قد يساعد في تحسين القدرات التشخيصية ونتائج العلاج. ومع أن نحو 94.5% من البيانات الجينومية الحالية المستخدمة في الدراسات الجينومية تأتي من أصول أوروبية،[448] فإن توسيع البحث ليشمل مجموعات سكانية متنوعة يمثل فرصة مستقبلية واعدة وخطوة لا بد منها. فهناك خطوات ضرورية لكي نتمكن من تطوير علاجات أكثر دقة وتمكين جميع فئات المجتمع من الاستفادة من مزايا الطب الدقيق، بدءاً من تعزيز تبادل البيانات[449] عبر الفئات السكانية والمناطق الجغرافية، وصولاً إلى الجهود الهادفة إلى تجاوز الحواجز الثقافية[450] والوصمة المتعلقة بالاختبارات الجينية.[451،452]

البيانات الجينومية الحالية المستخدمة في الدراسات الجينومية تأتي من

%94.5

أصول أوروبية



%4 أصول آسيوية

%0.9 أصول إسبانية وأخرى

%0.6 أصول أفريقية

تحسين الإنتاج الزراعي باستخدام الفحم الحيوي

يتم إنتاج الفحم الحيوي، أي الفحم الغني بالكربون، عن طريق التحلل الحراري للكتلة الحيوية في درجات حرارة مرتفعة (500 درجة مئوية).[453] وهو منتج ثانوي لعملية إنتاج الطاقة الحيوية، التي تشكل حالياً 55% من إجمالي الطاقة المتجددة في العالم، والتي يجب أن تنمو بنسبة 8% سنوياً حتى عام 2030 لتحقيق صافي الانبعاثات الصفري بحلول عام 2050.[454] ويمثل الفحم الحيوي فرصة مستقبلية لدعم الاستخدام المستدام والدائري للكتلة الحيوية.

كما أن للفحم الحيوي العديد من الفوائد مثل تحسين صحة التربة، وزيادة القدرة على احتفاظها بالمياه، واحتجاز الكربون.[455] ويمكن أن يُسهم أيضاً في عمليات التسميد،[456] وتنقية المياه،[457] واستخلاص الكربون،[458] وزيادة كمية المحاصيل الزراعية،[459] مما يسهم في تحقيق العديد من أهداف التنمية المستدامة للأمم المتحدة – مثل الهدف السادس (المياه النظيفة والنظافة الصحية)، والهدف الـ 15 (الحياة في البر)، والهدف الـ 13 (العمل المناخي).[460] ويكتسب دور الفحم الحيوي في تعزيز صحة التربة أهمية خاصة في مجال الزراعة المستدامة واستراتيجيات الحد من آثار التغير المناخي، حيث يعمل على تحسين بنية التربة، وزيادة قدرتها على الاحتفاظ بالمياه، وتحسين صحة الكائنات الدقيقة، بالإضافة إلى تقليل الحموضة.[461] وبفضل الفحم الحيوي، يمكن زيادة المحاصيل الزراعية بنسبة 10% حيث يساعد التربة في امتصاص المواد المغذية واحتجازها، ويقضي على الميكروبات الضارة والحشرات، ويجعل النباتات أكثر مقاومة للتأثيرات البيئية.[462]

بفضل الفحم الحيوي، يمكن زيادة المحاصيل الزراعية بنسبة

%10

محتـــــوى التقريـــــر

الاستشراف هو عملية **استكشاف الفرص المستقبلية** بهدف التأثير في القرارات والإجراءات الحالية.

وباعتباره بحثاً استشرافياً ، يهدف تقرير"50 فرصة عالمية" إلى مشاركة رؤية مؤسسة دبي للمستقبل حول مسارات النمو والازدهار وتحسين جودة الحياة، مع التركيز على كيفية تحقيق هذه الرؤية من خلال 50 فرصة مستقبلية. ويتألف التقرير من جزئين رئيسيين، إلى جانب صفحة ويب تفاعلية وسهلة الاستخدام لتمكين القراء من الوصول إلى مستويات متعددة من المعلومات والتفاصيل، واستلهام رؤى تتماشى مع أهدافهم وغاياتهم من الاطلاع على التقرير.

تقرير "50 فرصة عالمية" كبحث استشرافي

في مختلف المجالات البحثية، تكمن قيمة البحث في جودته. [463] ورغم وجود مبادئ عامة لتحديد الجودة، تختلف المعايير بناءً على طبيعة البحث، سواء كان نوعياً،[464] أو كمياً، أو مزيجاً من النوعين.[465] وتختلف الآراء حول العوامل التي تحدد مدى تأثير البحث من عدمه،[466]رغم تزايد الدعوات لتجاوز المعايير التي تركز فقط على الكمية، والتركيز بدلاً من ذلك على الجوهر والقيمة المضافة للبحث،[467] حيث يتم تقييم جودة البحث بناءً على مدى مساهمته في توفير رؤى جديدة، وأهميته العملية للباحثين والخبراء وصناع القرار، وقدرته على تقديم حلول فعّالة للتحديات المجتمعية، مع الالتزام بالأصالة والدقة في المنهجية النظرية والتحليلية.[468]

وعندما يتعلق البحث بالاستشراف، تتسع معايير الجودة لتشمل دقة منهجية البحث ومراحل تنفيذه، بما يضمن تجنب الأخطاء في السيناريوهات المستقبلية أو التوقعات غير الدقيقة، أو تقديم رؤى محدودة حول المستقبلات المحتملة. فالبحث الاستشرافي عالي الجودة يتميز بالقدرة على استيعاب التنوع في السيناريوهات المستقبلية، واعتماد أساليب منهجية تتماشى مع الرؤية الفلسفية للمؤسسة أو الباحث. كما يتميز بالتقييم المستمر لهذه السيناريوهات مع تغيّر الظروف، مع مراعاة المستقبل القريب والبعيد على حد سواء. [469] ويعتمد كذلك نهجاً نقدياً يشمل مراجعة متواصلة للفرضيات الأساسية لضمان تقديم رؤى موثوقة وعملية تخدم تطلعات الحاضر والمستقبل.

ويشمل البحث الاستشرافي تصنيفات متعددة للسيناريوهات المستقبلية، مثل السيناريوهات المحتملة، والمعقولة، والممكنة، والمتنبَّأ بها، بالإضافة إلى السيناريوهات المتوقعة والمفضلة. [470] ويعتمد إعداد هذا النوع من الأبحاث على مجموعة متنوعة من المنهجيات، من أبرزها التنبؤ العكسي (Backcasting)، ودراسات الحالة، والتنبؤات المستقبلية، والمقابلات، والتحليل التلوي (وهو طريقة شائعة لدى الباحثين للجمع بين نتائج دراسات متعددة حول نفس الموضوع)، وتصميم السيناريوهات، والمحاكاة، وتحليل الاتجاهات السائدة، إلى جانب أساليب أخرى متخصصة.

استنادًا إلى الأبحاث والتحليلات التي أُجريت في عام 2021، تعتمد منهجيتنا لتشكيل رؤيتنا المستقبلية على تطبيق أساليب بحث استنتاجية سنوية. تهدف هذه الأساليب إلى التحقق من صحة الفرضيات، واستكشاف المتغيرات الغامضة، وتحليل التوجهات العالمية الكبرى لتقديم رؤى دقيقة ومبنية على أسس علمية. وفيما يخص الفرص المستقبلية، ولضمان أعلى درجات الموثوقية والمصداقية،[471] تبنينا مجموعة من المبادئ الأساسية، وهي: المصداقية من خلال التحقق الدقيق والشامل من البيانات؛ والقابلية للنقل عبر تقديم وصف تفصيلي للسياق لتسهيل تطبيق النتائج؛ والاتساق من خلال استخدام عمليات منهجية مدروسة ومستمرة؛ وإمكانية التثبت عبر مراعاة شفافية عملية التوثيق؛ والأصالة من خلال تمثيل شامل لمختلف وجهات النظر. تعكس هذه المنهجية التزامنا بتقديم رؤية متكاملة وموثوقة للمستقبل، تدعم اتخاذ قرارات استراتيجية فعّالة وتعزز استثمار الفرص المستقبلية بما يحقق تطلعات النمو والازدهار.

مبادئ البحث للفرص

إجمـالاً

- التركيز على القيمة العملية للقراء وصناع القرار وخبراء استشراف المستقبل
- التركيز على النمو والازدهار وجودة الحياة
- التوازن بين الدقة النظرية وقابلية التطبيق العملي والابتكار

سيناريوهات المستقبل

- النظر في السيناريوهات المستقبلية عند تقييم الفوائد والمخاطر المحتملة
- الدراسة المنهجية للسيناريوهات المستقبلية البديلة
- النظر في السيناريوهات المحتملة في المستقبل القريب والبعيد

المنهجية

- طرح أسئلة واضحة تتعلق بالبحث والمستقبل
- الاعتماد على المعرفة الحالية من خلال المراجعة الشاملة لتفاصيل كل فرصة
- تحديد محركات التغيير المؤثرة

النتائج

- دعم النتائج بالأدلة (الواقع الحالي)
- ربط النتائج بالمعطيات القائمة

يعزز الذكاء الاصطناعي التوليدي عمليات البحث العلمي لكنه **لا يلغي الدور المحوري الذي يلعبه الإنسان** في إنتاج المعرفة.

يظل الإنسان العنصر الأساسي لتحسين جودة الأبحاث، ومعالجة التحيز، وإنتاج مخرجات مبتكرة تُسهم في تحسين أداء النماذج اللغوية الكبيرة التي تعتمد في جوهرها على البحث الأصلي والفكر النقدي. ومع تطور البحث والسعي الدائم نحو المعرفة، ستستمر تطورات الذكاء الاصطناعي – الذي نُطلق عليه مصطلح "الذكاء الآلي المتقدم" عند النظر على المدى البعيد – في خدمة البشرية. وباعتباره فرعاً من هذه التكنولوجيا الهائلة، سيواصل الذكاء الاصطناعي التوليدي دوره في تحسين البحث العلمي بشكل فعّال، شريطة أن تظل الصحة المعرفية، والابتكار والإبداع، والتفكير غير التقليدي، وجودة البحث، وتأمل الباحث في منهجيته، محوراً أساسياً لهذا المشهد المتغير.

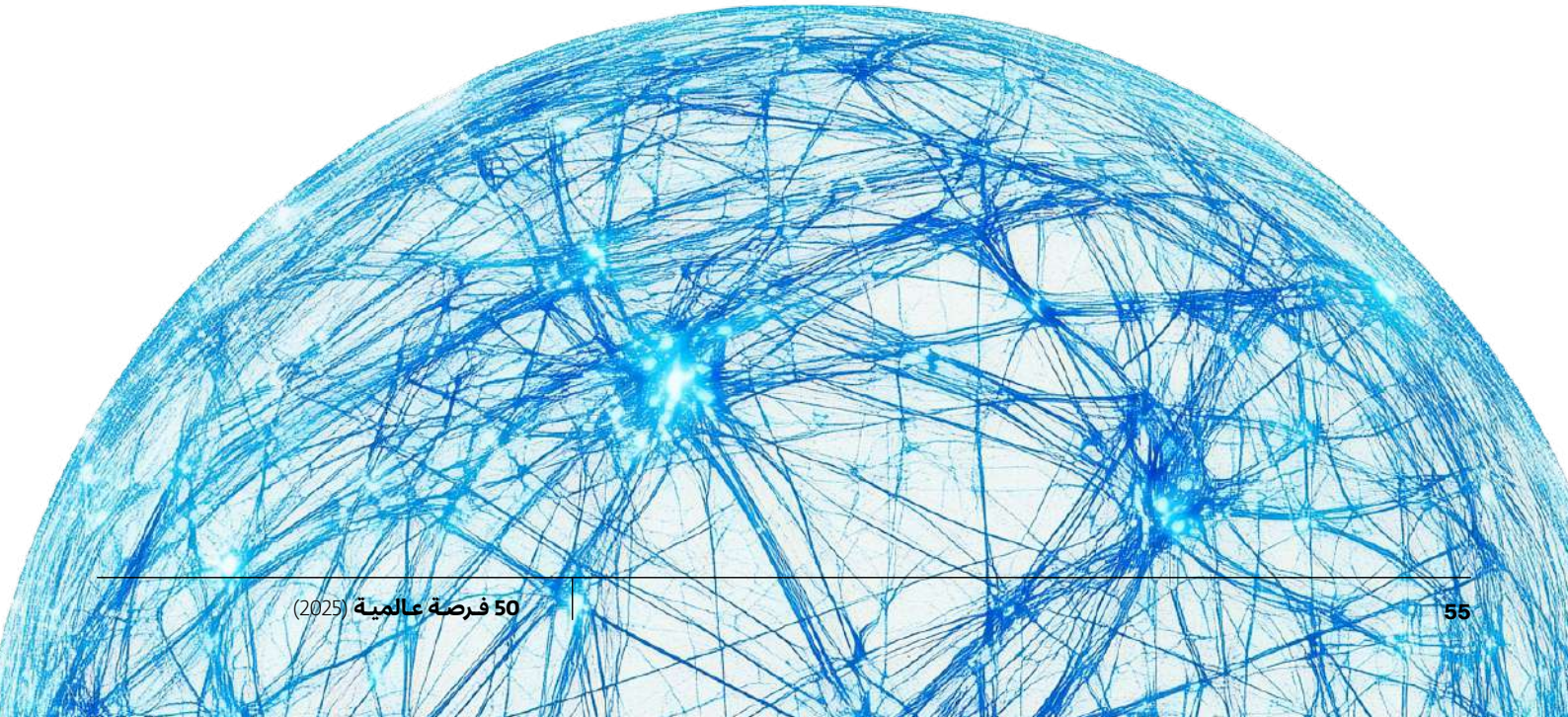
تقرير "50 فرصة عالمية" لاستشراف المستقبل

نسعى من خلال تناول تقرير "50 فرصة عالمية" من منظور استشرافي استراتيجي إلى استكشاف ومتابعة الإشارات، والاتجاهات، والتحولات، والتوجهات الكبرى، والسيناريوهات، بهدف استخلاص الرؤى المستقبلية القيّمة. كما يركز هذا النهج على تحويل تلك الرؤى إلى قرارات وسياسات قابلة للتنفيذ. ويدعم التقرير، بجميع نسخه الأربع، كلا الجانبين؛ حيث يقدم تصوراً للمستقبل بالإضافة إلى استعراض فرص مستقبلية ملموسة، مما يجعله أداة فعالة لدعم التخطيط الاستراتيجي وصناعة القرار.

بالنسبة للمؤسسات التي لم تعتمد استشراف المستقبل بعد في عملها، يمكن استخدام رؤيتنا المستقبلية كنموذج أولي لتطوير هذه الوظيفة، مع التركيز على توجيهها نحو النمو، والازدهار، وتحسين جودة الحياة في المستقبل. وبالاعتماد على المتغيّرات الغامضة، والفرضيات، والتوجهات العالمية الكبرى كأسس لرؤيتنا المستقبلية، يمكن للمؤسسات تحديد مجموعة أولية من الإشارات أو مجالات التركيز للبدء في استكشاف السيناريوهات ذات الصلة بقطاعاتها أو مجالاتها أو أهدافها المحددة.

أما المؤسسات التي اعتمدت استشراف المستقبل في عملها بالفعل، فيقدم لها تقرير "50 فرصة عالمية" منظوراً إقليمياً يغطي منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، مستنداً إلى رؤى عالمية حول مستقبل النمو، والازدهار، وتحسين جودة الحياة. كما يمكن استخدام هذا التقرير لتوسيع نطاق الأنشطة الاستشرافية الاستراتيجية أو تعزيزها.

وفي الحالتين، **يمكن استخدام الفرضيات، والمتغيّرات الغامضة، والتوجهات العالمية الكبرى** لاختبار مدى مرونة الاستراتيجيات[472] ودعم عمليات تقييمات الأثر المستقبلية.[473] كما يمكن أن تُستخدم الفرص كمصدر إلهام للتفكير الإبداعي وتوليد أفكار مبتكرة.



رؤيتنا للمستقبل

بينما تشكّل الفرضيات والمتغيرات الغامضة رؤيتنا طويلة المدى للمستقبل، توفر التوجهات العالمية الكبرى إرشادات مفيدة للآفاق المستقبلية على المدى القريب والمتوسط. ونعتمد في رؤيتنا المستقبلية على المبادئ التوجيهية التي تناولناها في تقرير "استشراف مستقبل النمو والازدهار وجودة الحياة" في عام 2023 لاستكشاف عصر التحولات الجذرية.[474]

المبادئ التوجيهية لاستشراف عصر التحولات الجذرية (الكمومية)[475]

1. كيف تتغير توقعات الأفراد – على المستوى العالمي وفي السياق المحلي – وما هي المخاطر والفرص الجديدة التي قد تواجههم في حياتهم اليومية؟

2. التطور التكنولوجي يصعب التنبؤ به. ومع ذلك، بالإضافة إلى الفرضيات الواردة في هذا التقرير، ما هي الابتكارات التكنولوجية التي تتوقع أن تلعب أدواراً رئيسية في النمو والتطور وفق السياق الخاص بك؟

3. ما هي جوانب المتغيرات الغامضة التي تمتلك القدرات للتعامل معها حالياً، وأيها يتطلب قدرات جديدة أو حلول مبتكرة؟ وهل السيناريوهات المستقبلية والصناعات القادمة ستدعم رؤيتك طويلة المدى أم تعيقها؟

4. ما هي التوجهات العالمية الكبرى التي يمكن أن يكون لها التأثير الأكبر على نماذج العمل والحياة في مجالك؟

من خلال اتباع هذه المبادئ، يمكن للقراء تطوير أو تحسين استراتيجيات ومبادرات تركز على المستقبل، تستفيد من الفرص وتقلل المخاطر المرتبطة بها بما يتماشى مع رؤيتهم الاستراتيجية ورسالتهم. ويمكن أن تكون هذه الجهود جزءاً من خططهم الاستراتيجية أو التشغيلية أو خطط إدارة المخاطر.

محتـــوى الفـــــرص

الفرص الواردة في هذا التقرير لا يُقصد منها أن تكون شاملة، بل تمثل نماذج لبعض المسارات المحتملة للنمو والازدهار وجودة الحياة في المستقبل. وقد تبدو بعض هذه الفرص أكثر ملاءمة لواقعنا من غيرها ، وقد تتوفر الشروط المناسبة لبعض السياقات، بينما تفتقر أخرى إلى البنية التحتية أو الظروف اللازمة لتحقيقها. وعلى الجانب الآخر، فإن المخاطر المرتبطة ببعض هذه الفرص قد تتجاوز حدود الدول أو المؤسسات التي تطبقها، إذ غالباً ما تنتقل المخاطر بوتيرة أسرع من الفوائد.

وبينما تعتمد بعض الفرص على تقنيات وأنظمة حالية تجعلها أقرب للتطبيق، يظل بعضها الآخر أكثر طموحاً ومبنياً على رؤى مستقبلية. فالغاية الأساسية من هذه الفرص هي تحفيز التفكير الابتكاري، وإبراز قوة الاستشراف كأداة لتوجيه العمل الفعّال. كما تهدف إلى تمكين القراء من استكشاف الفرص بطرق متعددة، من خلال النظر في المتغيرات الغامضة، والتوجهات العالمية الكبرى، والاتجاهات، والتقنيات، والقطاعات، والكلمات الرئيسية.

دليل توليد الأفكار باستخدام الفرص

مراجعة الفرص

اطّلِعْ على جميع الفرص الواردة في "تقرير الفرص المستقبلية: 50 فرصة عالمية" بجميع نسخه الصادرة من العام 2022 إلى العام 2025 (ومجموعها 200 فرصة)، وقم بتقسيمها إلى ثلاث فئات: تلك المرتبطة بقطاعك بشكل مباشر، والتي تتعلق بالقطاعات المرتبطة بقطاعك مثل الموردين أو العملاء أو الجهات التنظيمية أو الأطراف المعنية الأخرى، وتلك التي لا علاقة لها بأيٍ من ذلك.

الفرص المرتبطة بقطاعك بشكل مباشر

في كل فرصة، اقرأ السؤال الوارد في بداية كل فرصة والنبذة المختصرة عنها.

- قيّم مدى توافق الفرصة مع الرؤية أو الأهداف الاستراتيجية لمؤسستك على المدى البعيد.

- تأكد من احتفاظ الفرصة بأهميتها في المستقبل من خلال البحث والتحليل.

- حدد المبادرات التي يمكن أن تستفيد من الفرصة، وضع خططًا للتعامل مع المخاطر المحتملة المرتبطة بها.

- راقب المتغيّرات الغامضة، وإشارات التوجهات العالمية الكبرى، والاتجاهات السائدة، والتقنيات، والكلمات الرئيسية لضمان استعدادك للتغيرات المستقبلية.

الفرص المرتبطة بقطاعات أخرى ذات صلة بقطاعك

قم بتقييم الإيجابيات والمخاطر.

- قيّم تأثير الفرصة على الرؤية أو الأهداف الاستراتيجية لمنظمتك على المدى البعيد.

- استكشف مدى استمرار التأثير المستقبلي للفرصة من خلال البحث والتحليل.

- حدد المبادرات التي يمكن أن تستفيد من الفرصة وضع خططًا للتعامل مع المخاطر المحتملة.

- راقب المتغيّرات الغامضة، وإشارات التوجهات العالمية الكبرى، والاتجاهات السائدة، والتقنيات، والكلمات الرئيسية للعمل المستقبلي.

الفرص غير المرتبطة بقطاعك

اقرأ السؤال الوارد في بداية كل فرصة والنبذة المختصرة عنها.

- قم بتكييف وتعديل الفرصة لتتناسب مع قطاعك.

- تأكد من أهمية الفرصة المعدلة في المستقبل من خلال البحث والتحليل.

- حدد المبادرات التي يمكن أن تستفيد من الفرصة وضع خططاً للتعامل مع المخاطر المحتملة.

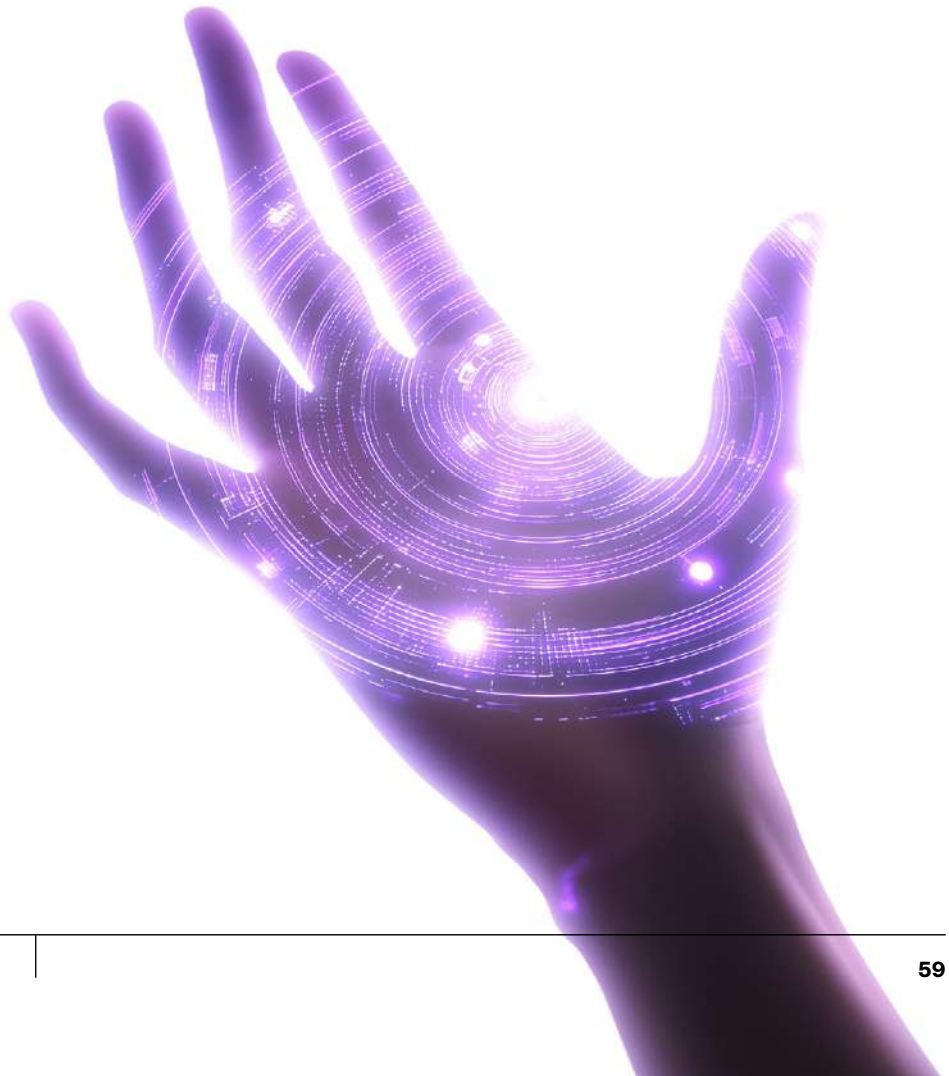
- راقب المتغيّرات الغامضة، وإشارات التوجهات العالمية الكبرى، والاتجاهات السائدة، والتقنيات، والكلمات الرئيسية لضمان استعدادك للتغيرات المستقبلية.

توجد العديد من الأطر الفكرية، والمدارس المتخصصة، والتقنيات المتقدمة في مجالات توليد الأفكار والتفكير الإبداعي. ومع أننا لا نفضل نهجاً معيناً على غيره، فإن المنهجية الموضحة أعلاه تعد طريقة عملية وفعّالة للتعامل مع الفرص وصياغة مبادرات استراتيجية لتحقيق الاستفادة منها.

دليـــــل استكشاف الفرص

أوردنا في مقدمة كل فرصة سؤالاً استشرافياً يسلط الضوء على المستقبل مع وصف موجز يغطي الجوانب الأساسية من الفرصة لإعطاء القارئ ما يكفي من المعلومات لتشجيعه على التعمق في التفكير وطرح تساؤلات أو أفكار إضافية تساعد في اتخاذ القرار بشأن مدى صلة هذه الفرصة بمجاله. بالإضافة إلى ذلك، يتم تصنيف كل فرصة وفقاً لنطاقها الزمني: فإما أن تكون قريبة المدى، أي يُتوقع أن تتحقق خلال عامين إلى ثلاثة أعوام، شريطة توافر الأنظمة والتقنيات والظروف الضرورية لتحقيقها؛ أو متوسطة المدى، أي يُتوقع أن تتحقق خلال 10 سنوات، ويكون ذلك مرتبطاً بالتطور التكنولوجي أو بمتطلبات وظروف أخرى؛ وأخيرا: بعيدة المدى، أي يُتوقع أن تتحقق بعد أكثر من 10 سنوات، إما بسبب اعتمادها على تقنيات ما تزال في مراحل التطوير المبكرة، أو كونها جزءاً من منظومة معقدة من محركات التغيير وغيرها من العوامل التي تؤثر في تحديد ملامح المستقبل.

وأخيرًا، يحتوي كل وصف للفرص على قسم بعنوان "الواقع الحالي"، والذي يبرز أهم المحركات والعوامل التي تجعل الفرصة جديرة بالنظر حالياً، إلى جانب عرض تفاصيل الفرصة المستقبلية وفوائدها والمخاطر المرتبطة بها.



تساؤل حول المستقبل

فرصة مستلهمة من الذكاء الاصطناعي التوليدي

التأثير

نبذة عن الفرصة

شريط جانبي

المتغيرات الغامضة: تحديد أبرز المتغيرات الغامضة التي ستؤثر على المحركات الأساسية والظروف اللازمة لتحقيق هذه الفرصة.

التوجهات العالمية الكبرى: تسليط الضوء على أكثر التوجهات العالمية الكبرى ارتباطاً بالفرصة حالياً، مع مراعاة الترابط بين التوجهات الكبرى واختلاف أولوياتها مع مرور الزمن.

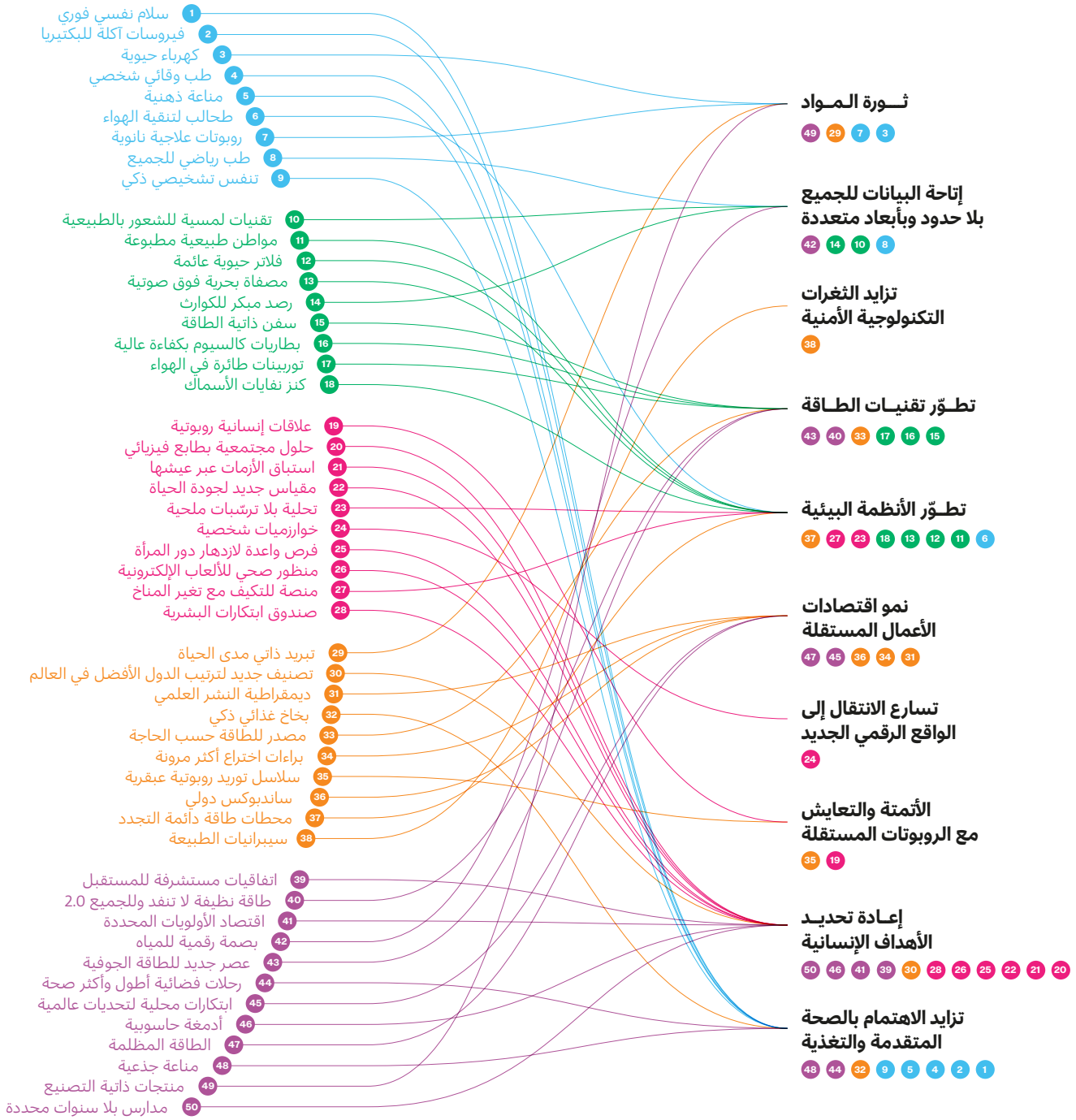
ما يصل إلى خمسة اتجاهات أساسية: تقديم قائمة بأبرز الاتجاهات التي يجب متابعتها ومراقبتها لفهم تطورات الفرصة، مع العلم أنه لا يُقصد من هذه القائمة أن تكون شاملة لكل الاتجاهات.

ما يصل إلى ثلاث تقنيات رئيسية: تسليط الضوء على ما يصل إلى ثلاث تقنيات رئيسية يُوصى بمتابعتها للتعمق في فهم الفرصة.

القطاعات ذات الصلة: تحديد القطاعات التي تؤثر أو ستتأثر بشكل مباشر أو غير مباشر بهذه الفرصة، مع الإشارة إلى أن هذه القائمة لا يقصد منها الشمول

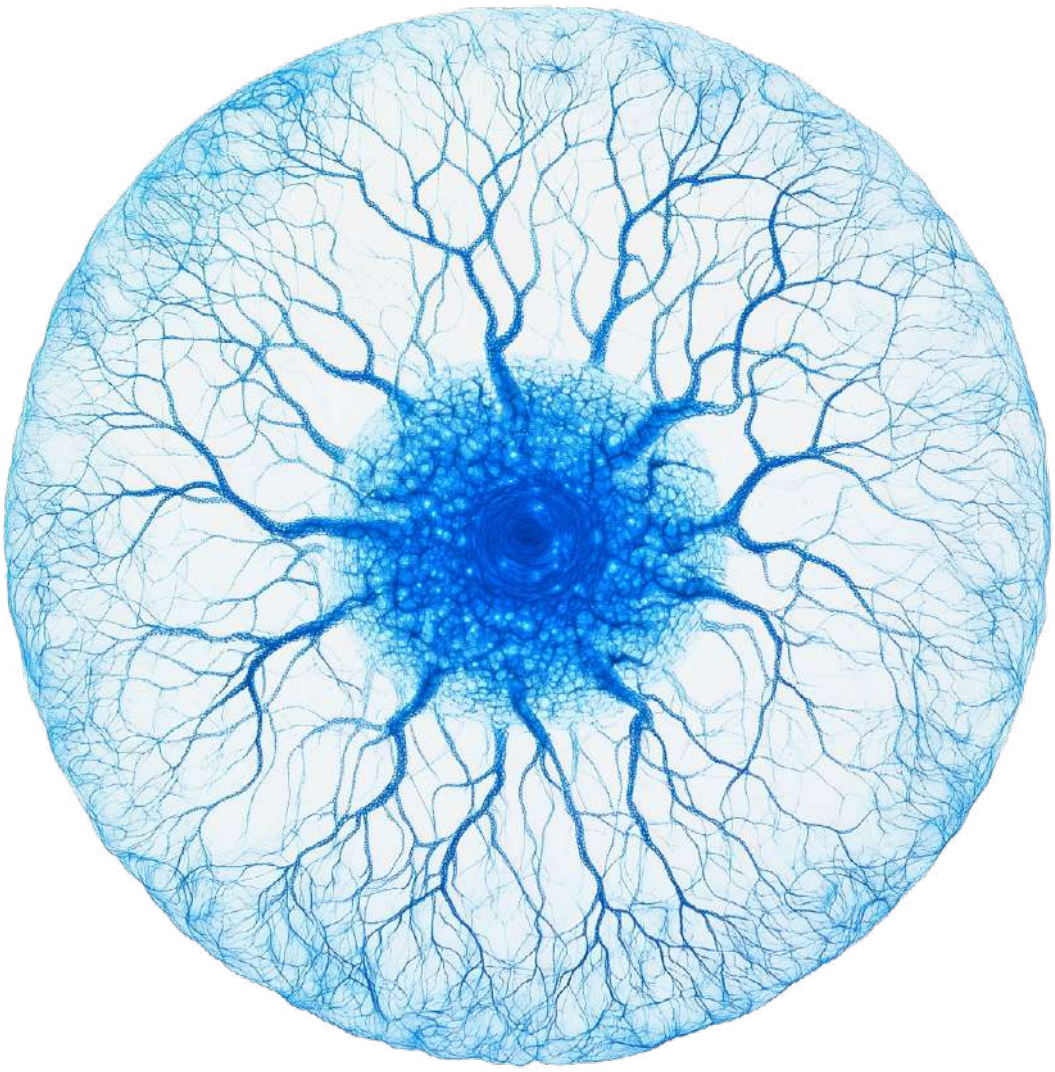
الكلمات الرئيسية: نذكر كلمات مفتاحية تساعد القراء على البحث عن معلومات إضافية وإجراء دراسات معمقة حول الفرصة.

خريطـة الفـــرص



تقرير "50 فرصة عالمية" هو تقرير عالمي يركز على الابتكار. قد تكون بعض الجوانب المذكورة في التقرير أكثر صلة في سياقات معينة أو في أوقات مختلفة. ولا يُقصد من الاتجاهات السائدة والمؤشرات والإيجابيات والمخاطر والبيانات الواردة في كل فرصة أن تكون شاملة وأن تكون الفرص مقتصرة عليها دون غيرها، بل ذكرت جميعها على سبيل المثال لا الحصر، وتم اختيارها بناءً على المعلومات المتاحة وقت النشر.

في حين أن أفكار ومحتوى هذا التقرير بالكامل من إعداد مؤسسة دبي للمستقبل، فقد تم استخدام الذكاء الاصطناعي التوليدي للمساعدة في تحليل محتوى وتحسين اللغة والترجمة من حيث القواعد والأسلوب، وهو ما أعقبه مراجعة من قبل المحررين المتخصصين. كما تم استخدام الذكاء الاصطناعي التوليدي أيضاً في إنشاء الصور الواردة في هذا التقرير مع الإشراف البشري على التصميم بناءً على أوامر محددة تتناسب مع محتوى التقرير. هذه الصور لا تمثل صوراً حقيقية وهي لأغراض توضيحية فقط.



الصحـــة

نسعى في هذا المحور إلى ترسيخ رؤية جديدة للتعامل مع الصحة النفسية والبدنية، وتطلعات إطالة العمر المتوقع للأفراد، استناداً إلى العلوم والتكنولوجيا والطبيعة، بما يسهم في تحسين الصحة، وابتكار أساليب علاجية جديدة تلائم الأفراد والمجتمعات في كل مكان.

ماذا لو أصبح بإمكاننا تهدئة أعصابنا فوراً في بيئة مصمّمة وفق احتياجاتنا النفسية؟

01 سلام نفسي فوري

قريب المدى | **متوسط المدى** | بعيد المدى

تمكين الأفراد من عيش مجموعة من التجارب الحسية المصممة وفق احتياجاتهم الشخصية والتي يتم تفعليها عبر موجات الدماغ، مما يبعث الراحة في النفس ويخلصها من الشعور بالتوتر على الفور، وهو ما يعزز الصحة النفسية في المجتمع ويسمح لجميع فئاته بالحصول على الدعم النفسي المناسب.

المتغيّرات الغامضة

التكنولوجيا، القيم المجتمعية

التوجهات العالمية الكبرى

تزايد الاهتمام بالصحة المتقدمة والتغذية

التكنولوجيا

واجهات الدماغ والحاسوب
تكنولوجيا الرعاية الصحية
التقنيات الغامرة والأجهزة القابلة للارتداء

الاتجاهات السائدة

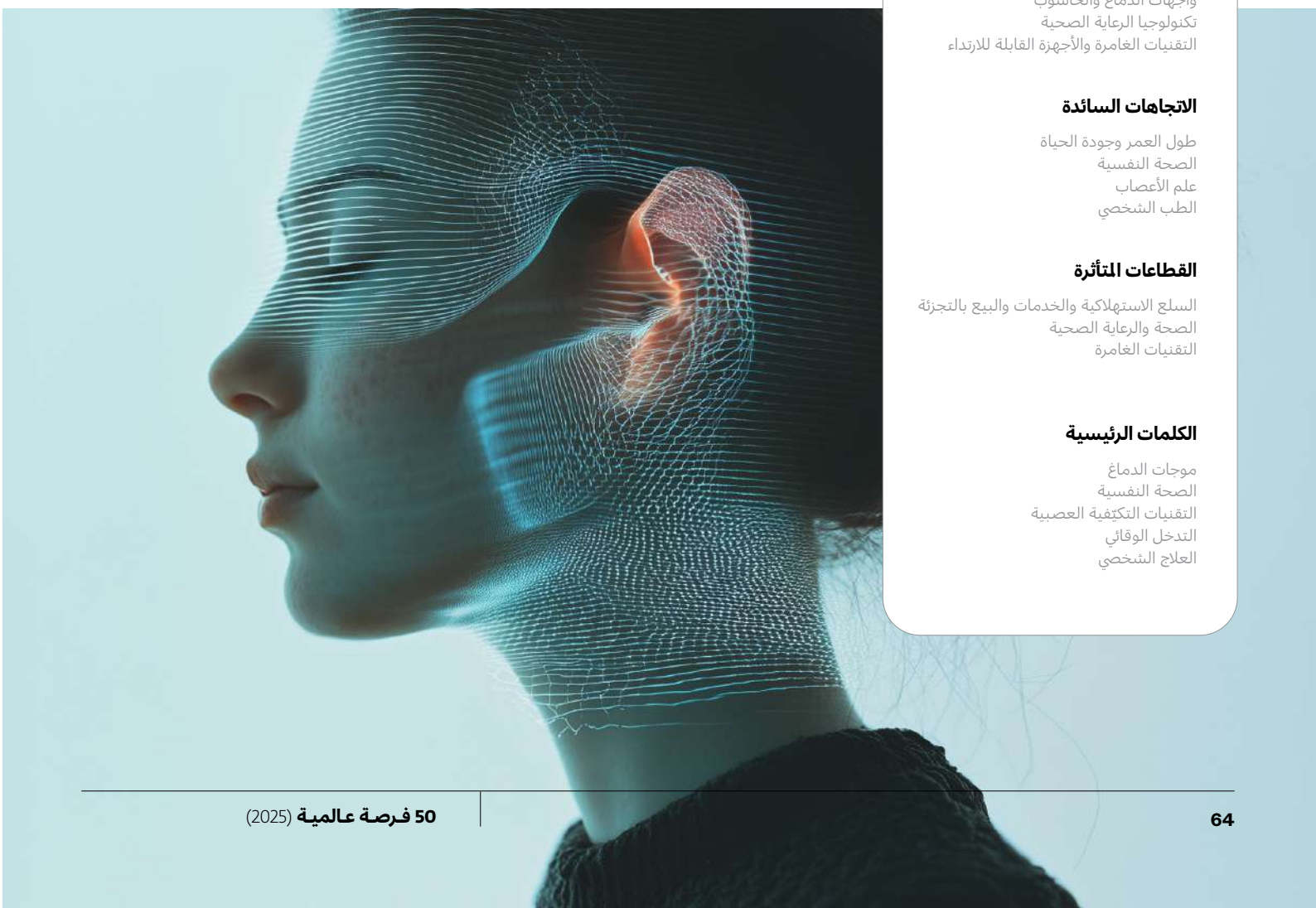
طول العمر وجودة الحياة
الصحة النفسية
علم الأعصاب
الطب الشخصي

القطاعات المتأثرة

السلع الاستهلاكية والخدمات والبيع بالتجزئة
الصحة والرعاية الصحية
التقنيات الغامرة

الكلمات الرئيسية

موجات الدماغ
الصحة النفسية
التقنيات التكيّفية العصبية
التدخل الوقائي
العلاج الشخصي



الواقع الحالي

تؤثر الصحة النفسية إلى حدٍ كبير على حياة الأفراد على الصعيدين الاجتماعي والمهني[477]، فالذين يعانون من اضطرابات في صحتهم النفسية هم أكثر عرضة من غيرهم لمواجهة التحديات المالية والاجتماعية والصعوبات في إيجاد فرص العمل[478]، مما قد يؤدي إلى تدهور حالتهم. وهنا تبرز أهمية دعم الصحة النفسية من أجل تحقيق الاستقرار في مختلف جوانب حياة الأفراد والمجتمعات.[479]

فعلى الصعيد العالمي، تؤثر الاضطرابات النفسية على 15% من الأفراد صغار السن الذين تتراوح أعمارهم بين 10 و19 عاماً، فيما يشكّل الانتحار ثالث سبب للوفاة بين الأفراد الذين تتراوح أعمارهم بين 15 و29 عاماً[480]. وفي عام[481] 2021، كان العنف، وهو سلوك ربما يلجأ إليه البعض لمجاراة الضغوطات النفسية، سبباً رئيسياً للوفاة في صفوف الشباب الأكبر سناً، ولم يتقدم عليه إلا الاضطرابات العقلية والقلق.

كما يشعر نحو 20% من الموظفين البالغين حول العالم بالوحدة يومياً[482]، وذلك بسبب عدّة عوامل، مثل عدم الموازنة بين الحياة المهنية والحياة الشخصية، والانغماس في عالم التواصل الاجتماعي، والضغوطات الاجتماعية والاقتصادية مثل عدم الاستقرار المالي[483]. وقد أثبتت الدراسات أن أولئك الذين يعانون من اضطرابات نفسية شديدة يفارقون الحياة قبل غيرهم بمعدل 10 إلى 20 عاماً، وأنهم أكثر عرضة للانتحار وتكبد الخسائر المادية والتراجع في إنتاجيتهم[484]. كما أظهرت الدراسات أن الاضطرابات النفسية تؤثر على حوالي 29% من الذكور و30% من الإناث، وأنها تبدأ بالظهور في أغلب الحالات عند سن 15 عاماً.[485]

مخاطر الصحة النفسية لا تنتهي مع التقدّم في العمر، إذ تصل نسبتها إلى 50% بين الأفراد الذين يبلغون من العمر 75 عاماً[486]، ويعانون من اضطرابات عدّة أبرزها الاكتئاب والقلق[487]. وفيما وصل عدد الأفراد الذين تتجاوز أعمارهم 60 عاماً إلى مليار شخص في عام 2020، من المتوقع أن يرتفع هذا العدد إلى 1.4 مليار بحلول العام 2030 و2.1 مليار بحلول 2050، مما يبرز أهمية العناية بالصحة النفسية والحاجة الملحّة إلى التركيز عليها. [488]

تؤثر الاضطرابات النفسية على

%15

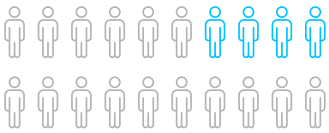
من الأفراد صغار السن الذين تتراوح أعمارهم بين 10 و19 عاماً، فيما يشكّل الانتحار ثالث سبب للوفاة بين الأفراد الذين تتراوح أعمارهم بين 15 و29 عاماً

%14

من الأفراد الذين تتجاوز أعمارهم 60 يعانون من اضطرابات عدّة أبرزها الاكتئاب والقلق

%20

من الموظفين البالغين حول العالم يشعرون بالوحدة يومياً



الفرصة المستقبلية

يمكن دمج المحفزات البصرية والسمعية بسلاسة في تفاصيل حياتنا اليومية، لتقدّم تجارب خاصة لكل فرد وفق احتياجاته تتيح له التحكم بالشعور بالتوتر عند الحاجة[489].

إذ توفر التقنيات الغامرة والأجهزة القابلة للارتداء تجارب فريدة لتهدئة الأعصاب مصممة خصيصاً لتلبية احتياجات كل فرد، وهي حلول لا تتطلب أي تدخل جراحي وتعتبر مكمّلاً للعلاجات التقليدية. فباستخدام موجات الدماغ[490] التي يتم التقاطها من خلال واجهات الدماغ والحاسوب أو سماعات التخطيط الكهربائي للدماغ، يمكن تفعيل العلاجات لتهدئة الجهاز العصبي بسرعة، وذلك من خلال حث الجسم على الانتقال من حالة التوتر الشديد إلى حالة من الهدوء والسلام الداخلي.

باستخدام موجات الدماغ التي يتم التقاطها من خلال واجهات الدماغ والحاسوب أو سماعات التخطيط الكهربائي للدماغ، يمكن تفعيل العلاجات لتهدئة الجهاز العصبي بسرعة، **وذلك من خلال حث الجسم على الانتقال من حالة التوتر الشديد إلى حالة من الهدوء والسلام الداخلي**

الإيجابيات

تعزيز الصحة النفسية، توفير الدعم النفسي لمختلف فئات المجتمع، ومساعدة الأفراد في تقليل الشعور بالتوتر بسرعة وفعالية، وزيادة كفاءتهم.

المخاطر

قد يؤدي الاعتماد على هذه الحلول إلى تجاهل الأسباب الأساسية للتوتر والقلق، وإلى الاعتماد المفرط على التكنولوجيا، كما قد يؤدي إلى تأثيرات غير معروفة على تطور الدماغ على المدى الطويل، إلى جانب إمكانية حدوث أخطاء في تفسير إشارات الدماغ، وإساءة الاستخدام المحتملة، وعدم القدرة على تحمل التكاليف.

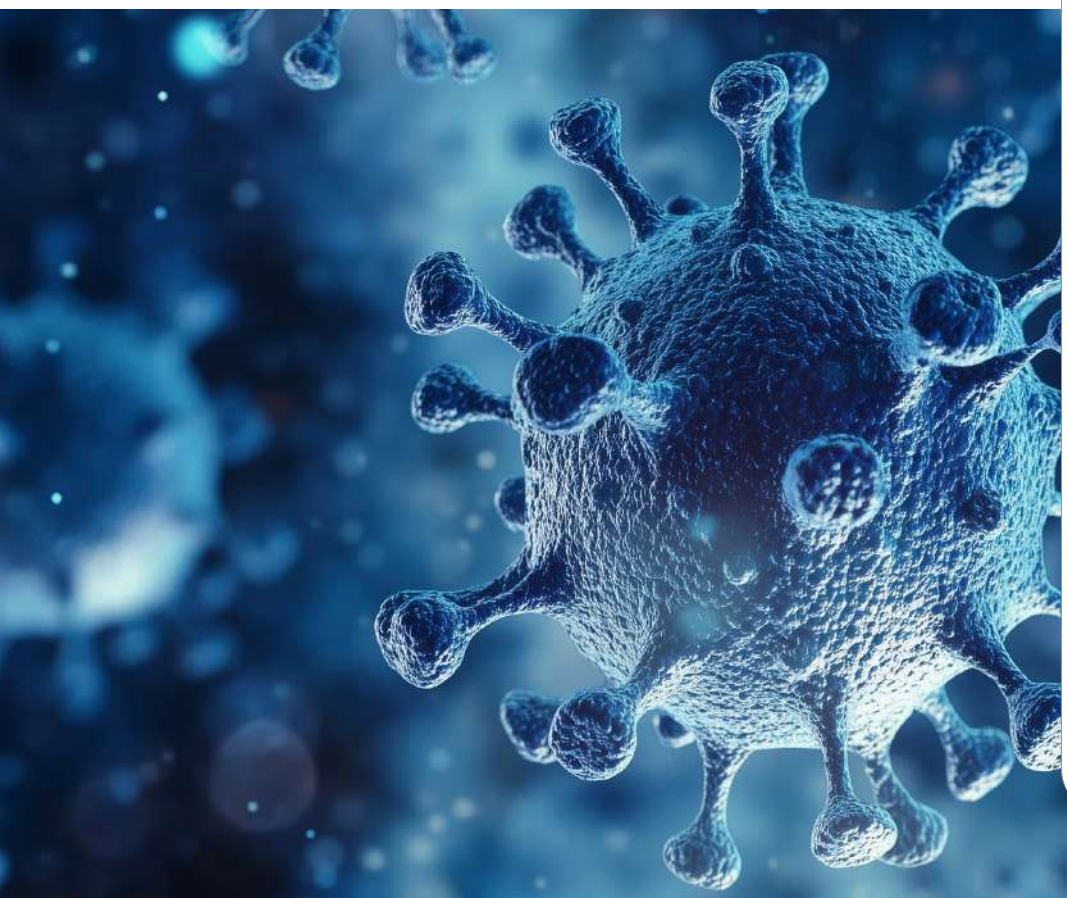
هل سينتهي عصر العلاج بالمضادات الحيوية؟

02

فيروسات آكلة للبكتيريا

قريب المدى | **متوسط المدى** | بعيد المدى

قد تصبح الفيروسات المعدّلة وراثياً بديلاً فعّالاً للمضادات الحيوية في مكافحة العدوى البكتيرية من خلال استهداف البكتيريا المسببة للمرض بشكل مباشر.



المتغيّرات الغامضة

التكنولوجيا، القيم المجتمعية

التوجهات العالمية الكبرى

تزايد الاهتمام بالصحة المتقدمة والتغذية

الاتجاهات السائدة

الطب الشخصي
علم الجينوم
إطالة العمر والحيوية
الأمراض المعدية وغير المعدية

التكنولوجيا

التقنيات الحيوية
طب النانو
التحليلات الفورية
الروبوتات

القطاعات المتأثرة

الزراعة والغذاء
السلع الاستهلاكية والخدمات والبيع بالتجزئة
علم البيانات والذكاء الاصطناعي وتعلّم الآلة
الصحة والرعاية الصحية
المواد والتقنية الحيوية

الكلمات الرئيسية

الفيروسات الآكلة للبكتيريا
مقاومة مضادات الميكروبات
المضادات الحيوية
الأمن الغذائي
العلاج بالفيروسات الآكلة للبكتيريا

الواقع الحالي

تحدث مقاومة مضادات الميكروبات عندما تتغيَّر الكائنات المجهرية، مثل البكتيريا والفيروسات، بطرق تجعل الأدوية المستخدمة غير فعَّالة في علاج الأمراض المعدية، التي تسبِّبها تلك الكائنات المجهرية. وتؤدي هذه الظاهرة إلى تفاقم الأزمات الصحية بشكل سريع، إذ من المتوقع أن تتسبب مقاومة مضادات الميكروبات في وقوع 8.2 ملايين حالة وفاة سنوياً بحلول العام 2050، لتشكل بذلك ثاني سبب رئيسي للوفاة[491] بعد مرض السرطان الذي من المتوقع أن يتسبب في وفاة 10.5 ملايين شخص سنوياً على مستوى العالم.[492] وترتبط مقاومة مضادات الميكروبات إلى حدٍ كبير بسوء استخدام هذه المضادات في علاج الإنسان والحيوان والنبات واستخدامها بشكل مفرط - وهو ما يؤدي بالتالي إلى انتشار مسببات الأمراض المقاومة للأدوية.[493] ولا شك أن مقاومة مضادات الميكروبات تؤثر سلباً على تحقيق أهداف التنمية المستدامة، لاسيما تلك التي ترتبط بالرعاية الصحية لحديثي الولادة وكبار السن.[494]

وتعد إساءة استخدام مضادات الميكروبات السبب الرئيسي في تدهور القطاع الزراعي والتأثير سلباً على استدامة هذا القطاع الحيوي نتيجة مقاومة مضادات الميكروبات، التي أدت إلى تدهور صحة الحيوانات وتراجع إنتاجيتها، مما يشكّل تهديداً مباشراً على الأمن الغذائي والصحة العامة ويؤدي إلى خسائر اقتصادية لدى المزارعين.[495] فوفقاً لتقرير حديث صادر عن المنظمة العالمية لصحة الحيوان (WOAH)، فإن خسائر قطاع الثروة الحيوانية الناتجة عن مقاومة مضادات الميكروبات تعادل ما يكفي لإطعام 746 مليون فرد سنوياً،[496] وقد يتضاعف هذا العدد ليصل إلى ملياري نسمة.[497]

إن العلاج بالفيروسات الآكلة للبكتيريا، التي تُعرف أيضاً بالعاثيات، ليس بالجديد، وذلك نظراً إلى قدرتها الفريدة على استهداف البكتيريا وتدميرها.[498] فقد اكتشف الباحث البريطاني إرنست هنكين هذه الكائنات الدقيقة لأول مرة في أواخر القرن التاسع عشر، بعد أن لاحظ قدرتها على مكافحة البكتيريا في مياه الأنهار في الهند. وفي عام 1919، أطلق العالمَان فريدريك تورت وفيليكس ديريل اسم العاثيات، أو الفيروسات الآكلة للبكتيريا، على هذه الكائنات الدقيقة بعد أن نجح الأخير في استخدامها لعلاج بعض الأمراض البكتيرية، مثل مرض (الزحار) وهو التهاب الأمعاء نتيجة عدوى بكتيرية.[499]

من المتوقع أن تتسبب مقاومة مضادات الميكروبات

10 ملايين

حالة وفاة سنوياً بحلول العام 2050، لتشكل بذلك ثاني سبب رئيسي للوفاة بعد مرض السرطان الذي من المتوقع أن يتسبب في وفاة 10.5 ملايين شخص سنوياً على مستوى العالم

وقد شهد العلاج باستخدام الفيروسات الآكلة للبكتيريا بداية واعدة في عشرينيات القرن الماضي،[500] حيث قامت شركات كبرى مثل "لوريال" في فرنسا و"إيلي ليلي" في الولايات المتحدة الأمريكية بإنتاج علاجات تعتمد عليها، إلا أنها لم تحظ بالانتشار الواسع خارج أوروبا ودول "الاتحاد السوفيتي" الذي كان قائماً في ذلك الوقت، وسرعان ما حلت المضادات الحيوية محلها كطريقة سائدة للعلاج.[501] لكن هناك حالياً مراكز مهتمة بهذا المجال، فعلى سبيل المثال يضم معهد "جورج إليافا للبكتيريا والأحياء الدقيقة والفيروسات" في جورجيا أكبر مجموعة عينات على مستوى العالم تضم 1000 فيروس آكل للبكتيريا و12,000 سلالة بكتيرية.[502] كما قام معهد "هيرشفيلد لعلم المناعة والعلاج التجريبي" في بولندا بتأسيس وحدة العلاج بالفيروسات الآكلة للبكتيريا في عام 2005، وتتمثل مهمة هذه الوحدة في ابتكار علاجات تجريبية تعتمد على هذا النوع من الفيروسات.[503]

الفرصة المستقبلية

تمتاز الفيروسات الآكلة للبكتيريا بقدرتها الفريدة على استهداف وتدمير البكتيريا بشكل انتقائي عبر آليات جزيئية معقدة، مما يجعلها بديلاً فعالاً للمضادات الحيوية.[504] وتسهم التقنيات الحديثة التي يتيحها الذكاء الاصطناعي، مثل التعديل الجيني والروبوتات النانوية في تطوير علاجات أكثر فعالية وأكثر دقة في استهداف سلالات بكتيرية محددة واستخدام الفيروسات الآكلة للبكتيريا في الوقت المناسب،[505] بالإضافة إلى قدرتها على مراقبة سلوك البكتيريا وتوقع انتشار العدوى.[506]

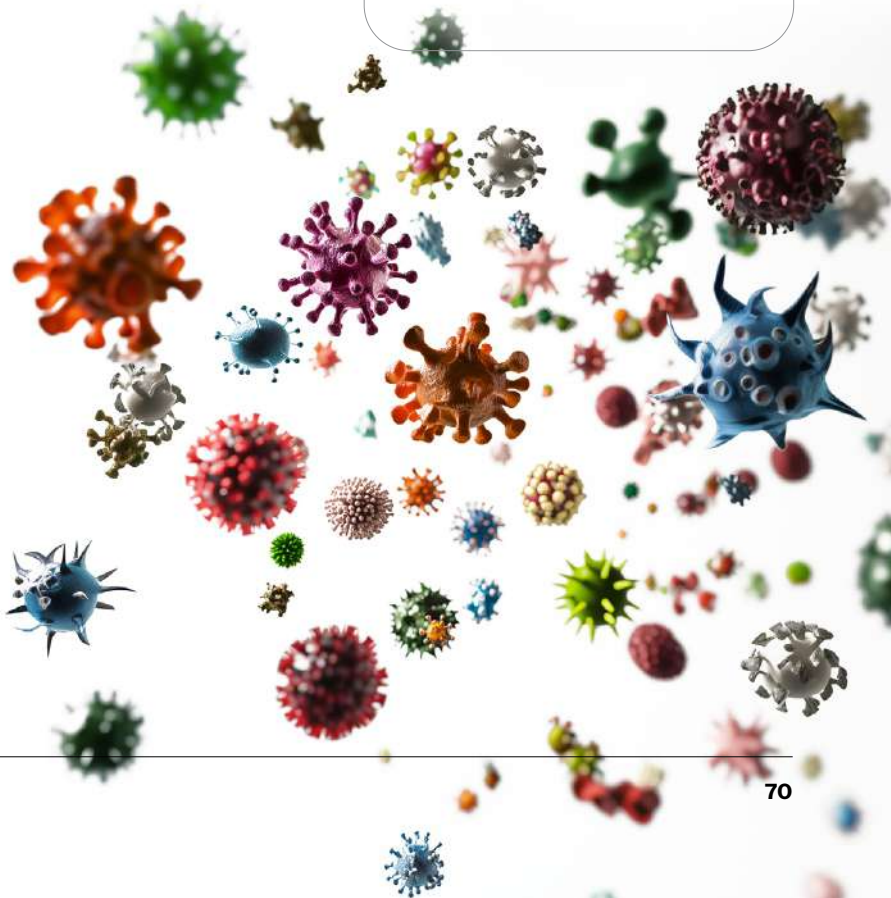
ولا تقتصر فوائد هذه الفيروسات على مكافحة البكتيريا،[507] إذ تشمل مجالات واسعة مثل مكافحة التلوث الغذائي[508] وعلاج الحيوانات، وبذلك تسهم هذه الفيروسات في تقليل الاعتماد على المضادات الحيوية وتعزيز سلامة الغذاء.[509]

الإيجابيات

توفير علاجات شخصية، والإسهام في القضاء على مقاومة المضادات الحيوية ومقاومة الأدوية، وتقليل الحاجة للمضادات الحيوية، وتعزيز سلامة الغذاء والأمن الصحي العالمي.

المخاطر

تواجه معالجة البكتيريا بالفيروسات الآكلة لها تحديات متعددة، بدءاً من ظهور سلالات بكتيرية مقاومة وطفرات في الفيروسات، مروراً بالتحديات التنظيمية، وصولاً إلى التفاوت في إمكانية الحصول على الرعاية الصحية مع توقف إنتاج المضادات الحيوية. ذلك إلى جانب المخاوف المرتبطة بسوء استخدامها، واحتمالية ظهور آثار جانبية على المدى الطويل، ورفض المجتمع لهذا النوع من العلاجات.



تمتاز الفيروسات الآكلة للبكتيريا بقدرتها الفريدة على استهداف وتدمير البكتيريا بشكل انتقائي عبر آليات جزيئية معقدة، **مما يجعلها بديلاً فعالاً للمضادات الحيوية**

ماذا لو أصبحت الفطريات مصدر للطاقة في المجتمعات النائية؟

03 كهرباء حيوية

قريب المدى | **متوسط المدى** | بعيد المدى

استخدام الكهرباء الحيوية التي تولدها الفطريات لتشغيل الأجهزة الطبية الصغيرة في المناطق النائية، مما يتيح للأطباء متابعة حالة المرضى في المناطق التي تفتقر إلى الطاقة أو يصعب الوصول إليها.

المتغيّرات الغامضة

التكنولوجيا، الطبيعة

التوجهات العالمية الكبرى

ثورة المواد

الاتجاهات السائدة

علم تطوير الأساليب والأدوات البرمجية الخاصة بفهم البيانات الحيوية (المعلوماتية الحيوية)
المحاكاة الحيوية
طول العمر وجودة الحياة
تحفيز الابتكار

التكنولوجيا

تكنولوجيا الرعاية الصحية
تكنولوجيا الاستشعار

القطاعات المتأثرة

الزراعة والغذاء
تقنية المعلومات والاتصالات
أمن المعلومات والأمن السيبراني
الخدمات الحكومية
الصحة والرعاية الصحية
البنية التحتية والبناء
المواد والتقنية الحيوية

الكلمات الرئيسية

الرعاية الصحية في المناطق الريفية
رعاية الأمراض المزمنة
التكنولوجيا الطبية المستقلة عن شبكة الطاقة
خلايا الوقود المعتمدة على الفطريات
التشخيص عن بُعد

الواقع الحالي

يبلغ عدد سكان المناطق الريفية حول العالم 3.4 مليار نسمة في الوقت الحاضر، وتتركز النسبة الأكبر منها في الهند والصين، في حين أنه من المتوقع أن يتراجع هذا العدد ليصل إلى 3.1 مليار بحلول العام 2050.[510] وبالمثل، فقد شهدت منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا تراجعاً كبيراً في عدد سكان المناطق الريفية نتيجة الهجرة المستمرة للمدن، ليصل إلى 37% في عام 2023 بعد نسبته التي بلغت 66% في العام 1960.[511] لكن رغم هذا الانخفاض سيظل عدد سكان المناطق الريفية في المستقبل كبيراً ومؤثراً.

ويعاني سكان المناطق الريفية من الأمراض المزمنة أكثر من سكان المدن؛ إذ أظهرت دراسة أجريت في الصين عام 2015 أن نسبة انتشار الأمراض المزمنة بين سكان المناطق الريفية بلغت نحو 83% مقارنة بحوالي 80% بين سكان المدن.[512] وفي الولايات المتحدة الأمريكية، يواجه 46 مليون أمريكي (أي 13.8% من السكان) [513] الذين يعيشون في المناطق الريفية معدلات وفاة مبكّرة أعلى نتيجة إصابتهم بأمراض القلب والسرطان وأمراض الرئة والسكتة الدماغية.[514]

في الوقت نفسه، تواجه الجهات الصحية تحديات عند التدخل لإحداث تغيير سلوكي شامل لدى سكان الريف لمعالجة مسببات الأمراض المزمنة وتحسين وضعهم الصحي.[515] ونظراً إلى العوائق التكنولوجية والنقص في الكوادر الصحية، تواجه المناطق الريفية نقصاً في الكوادر الطبية المتخصصة ومقدمي الرعاية الصحية الأساسية، كما أن سكانها لا يتمتعون بمزايا الاتصال بشبكات الإنترنت بشكل كافٍ، مما يحول دون حصولهم على الرعاية الصحية عن بُعد.[516] ويعيش ما يقرب من 70% من الأشخاص الذين لا يستطيعون الوصول إلى الإنترنت (2.6 مليار على مستوى العالم) في المناطق الريفية.[517]

يعاني سكان المناطق الريفية من الأمراض المزمنة أكثر من سكان المدن

الفرصة المستقبلية

الاستفادة من قدرة خلايا الميليسيوم الموجودة في الفطريات على إنتاج الكهرباء الحيوية، من خلال التفاعل الخلوي مع خلايا حيّة أخرى.[518] وتتيح خلايا الوقود المعتمدة على الفطريات تشغيل الأجهزة الطبية في المناطق الريفية التي لا تتوفر فيها مصادر طاقة أو كهرباء مستقرة، مما يسمح للأطباء بتشخيص المرضى عن بُعد ومراقبة حالتهم الصحية، وذلك عبر تشغيل السماعات الطبية الرقمية وأجهزة تخطيط القلب وصولاً إلى مجسات الموجات فوق الصوتية والأجهزة الطبية القابلة للزرع[519]. بالتالي، تسمح هذه التقنية لمقدمي الرعاية الصحية للمجتمعات المحلية بتقييم حالة المرضى عن بُعد، بل وإرسال البيانات التشخيصية إلى خبراء عالميين لتقييمها.

وتوّلد خلايا الوقود الفطرية الكهرباء عبر تفكيك الكتلة الحيوية، مثل المواد العضوية كالأخشاب والجلود والورق،[520] باستخدام قطب موجب يحتوي على الفطريات، وقطب سالب يسمح بتبادل البروتونات والأكسجين، بالإضافة إلى أقطاب كهربائية.[521] وتكون هذه الخلايا قادرة على توليد الطاقة طالما توفرت الكتلة الحيوية أو النفايات العضوية،[522] مما يجعلها تدوم لمدة أطول مقارنة بالبطاريات التقليدية، لتشكّل بذلك خياراً مثالياً لتشغيل المعدات الطبية المحمولة المستخدمة في العيادات الميدانية وفي جهود الإغاثة في حالات الكوارث.

الإيجابيات

تُسهم هذه التكنولوجيا في إتاحة وصول عدد أكبر من سكان الأرياف إلى خدمات الرعاية الصحية، وتوليد الكهرباء من النفايات العضوية بشكل مستدام وبتكلفة منخفضة، إلى جانب دعم جهود الإغاثة في حالات الكوارث، وتقليل النفايات الناتجة عن استخدام البطاريات.

المخاطر

قد تطرح هذه التقنية مخاطر بيولوجية مرتبطة بأنواع الفطريات، إلى جانب إمكانية تراجع كفاءة الخلايا مع مرور الوقت، واحتمالية التسمم أو حدوث عدوى مرضية.

تتيح خلايا الوقود المعتمدة على الفطريات تشغيل الأجهزة الطبية في المناطق الريفية التي لا تتوفر فيها مصادر طاقة أو كهرباء مستقرة، مما يسمح للأطباء بتشخيص المرضى عن بُعد ومراقبة حالتهم الصحية

ماذا لو استطعنا من خلال قطرة دم واحدة التنبؤ بشيخوخة أعضاء الجسم والتدخل المبكر لمنع الأمراض المرتبطة بها قبل وقوعها؟

04

طب وقائي شخصي

قريب المدى | **متوسط المدى** | بعيد المدى

في ظل التطورات التي شهدها العلم في مجالات مطياف الكتلة (أحد أكثر طرق التحليل العملية في الكيمياء) ودراسات بروتينات البلازما، أصبح من السهل تحديد عمر أي من أعضاء جسم الإنسان باستخدام عيّنة صغيرة من الدم، مما يسهم في تعزيز الطب الشخصي والتدخل المبكّر.

المتغيّرات الغامضة

التكنولوجيا، الأنظمة

التوجهات العالمية الكبرى

تزايد الاهتمام بالصحة المتقدمة والتغذية

الاتجاهات السائدة

الأمراض المعدية وغير المعدية
حماية البيانات والخصوصية
إطالة العمر والحيوية
الطب الشخصي

التكنولوجيا

المواد الحيوية
علم الجينوم
البيانات المفتوحة

القطاعات المتأثرة

تقنية المعلومات والاتصالات
أمن المعلومات والأمن السيبراني
علم البيانات والذكاء الاصطناعي وتعلم الآلة
الخدمات الحكومية
الصحة والرعاية الصحية
التأمين وإعادة التأمين

الكلمات الرئيسية

المؤشرات الحيوية
مطياف الكتلة
شيخوخة الأعضاء
الرعاية الصحية الوقائية
علم دراسة البروتينات

الواقع الحالي

شهد متوسط العمر المتوقع للإنسان تزايداً مستمراً على المستوى العالمي[523]. ومع هذه الزيادة، لم يعد التركيز مقتصراً فقط على إطالة العمر، بل أيضاً على تحسين صحة الإنسان مع تقدمه في العمر.[524] وقد زادت جائحة كوفيد-19 من وعي المجتمعات بالمخاطر الصحية، خاصةً تلك المرتبطة بالتقدم بالسن،[525،526]مما أدى إلى تزايد الاهتمام بالرعاية الصحية الوقائية وفهم العوامل الفردية التي قد تزيد من المخاطر الصحية.[527] وفي عام 2022، أجرت شركة "إبسوس" دراسة شملت 1,160 شخصاً في الولايات المتحدة الأمريكية لاستكشاف التغييرات التي شهدتها أنماط حياة الأفراد حول العالم بعد الجائحة، وأظهرت النتائج أن 62% من الأمريكيين يولون أهمية أكبر لصحتهم بعد الجائحة[528] وفي عام 2024، ستكون مخاوفهم الرئيسية هي القدرة على تحمل التكاليف، وجودة الحياة، وتهديدات الأوبئة المستقبلية. [529]

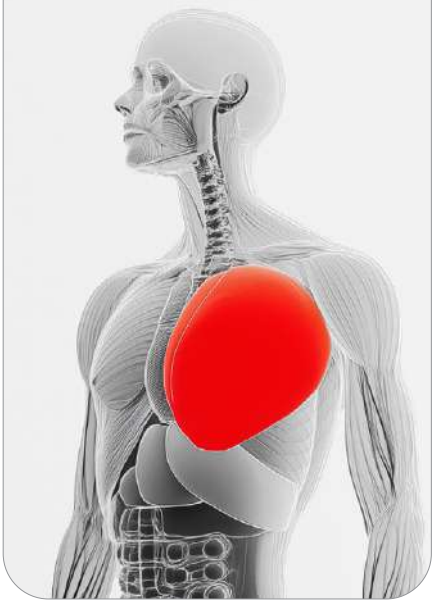
تختلف معدلات شيخوخة أعضاء جسم الإنسان وتأثيرها في زيادة مخاطر الوفاة، ومع ذلك فإن الأساليب المتاحة لتقييم شيخوخة كل عضو من الأعضاء[530] والتنبؤ بالأمراض التي قد تصيبه ما تزال محدودة حتى الآن.[531] فقد أظهرت دراستان متخصصتان في بروتينات البلازما، شملتا 45,000 إلى 50,000 عيّنة من البنك الحيوي البريطاني، أن بعض البروتينات ترتبط بشيخوخة الأعضاء،[532، 533] مع العلم أن شيخوخة الأعضاء تزيد من مخاطر الوفاة بمعدل يتراوح بين 5.5 و29 ضعفاً، حسب عدد الأعضاء المتأثرة بالشيخوخة.[534]

وفي دراسة أخرى، استخدمت جامعة ستانفورد بروتينات البلازما من عينات دم عدد من الأفراد البالغين لتقدير العمر البيولوجي لـ 11 عضواً ومكوّناً لجسم الإنسان بالاعتماد على تقنيات تعلّم الآلة (بما في ذلك الشرايين، والقلب، والدماغ، والأمعاء، والكبد، والكليتين، والبنكرياس). وتبيّن من الدراسة أن حوالي 20% من المشاركين أظهروا تسارعاً في شيخوخة عضو واحد، في حين أظهر أقل من 2% تسارعاً في شيخوخة عدّة أعضاء.[535] وقد كشفت الدراسة أن الأشخاص الذين أظهروا تسارعاً في شيخوخة القلب كانوا أكثر عرضة لفشل القلب بنسبة تزيد عن الضعف خلال الـ 15 سنة القادمة. أما بالنسبة إلى أغلب الأعضاء الأخرى، فقد أدى تسارع شيخوختها إلى زيادة خطر الوفاة بنسبة تتراوح بين 15% إلى 50% بغض النظر عن السبب، كما كانت مؤشرات الشيخوخة في الدماغ والشرايين مرتبطة بخطر الإصابة بمرض الزهايمر وتراجع مستوى الإدراك عند الفرد[536].

تزيد شيخوخة الأعضاء من مخاطر الوفاة بمعدل يصل إلى

29 ضعفاً

حسب عدد الأعضاء المتأثرة بالشيخوخة



لم يعد التركيز مقتصراً
فقط على **إطالة العمر،**
بل أيضاً على تحسين
صحة الإنسان مع
تقدمه في العمر

الفرصة المستقبلية

إن التعمق في فهم البروتينات ودورها في جسم الإنسان يسمح باستخدام المؤشرات الحيوية المستندة إلى البروتينات لتقييم العمر البيولوجي لأعضاء محددة في الجسم، مما يتيح وضع خريطة مخصصة لشيخوخة الأعضاء. فمن خلال اختبار دم بسيط، يمكن تحديد عمر الأعضاء وتحديد علاجات تستهدفها بشكل دقيق. ويؤدي دمج هذا الاختبار مع الاختبار الجيني للأفراد إلى تزويدنا بمعلومات ورؤى مهمة جداً[537] تساعد الأطباء ومقدمي الرعاية الصحية في وضع خطة وقائية وعلاجية مخصصة تركز على كل عضو من أعضاء الجسم.

تؤدي البروتينات دوراً حيوياً في وظائف الخلايا في جسم الإنسان، وهي من العوامل الأساسية التي تتم مراعاتها لضمان فعالية الأدوية. ورغم أن الدراسة واسعة النطاق للبروتينات في جسم الإنسان ما زالت محدودة نوعاً ما حتى الآن، إلا أن الأبحاث الحديثة تزودنا برؤى متعمقة حول منشأ البروتينات ووظائفها التي لم تكن واضحة في السابق.[538] كما يسمح تحليل مطياف الكتلة بقياس البروتينات بدقة أكبر، ليعالج بذلك مشكلة عدم دقة أساليب تحليل البروتينات الحالية، والتي يصل معدل عدم دقتها إلى ثلث النتائج.[539]

الإيجابيات

تمكين الرعاية الصحية الشخصية وتحسين الطب الوقائي، وإطالة عمر الإنسان، والتدخل المبكر لعلاج الأمراض، وتمكين تشخيص العديد من الأمراض دون تدخل جراحي.

المخاطر

قد ينتج عن التنبؤ بشيخوخة الأعضاء المزيد من الضغط النفسي، وتراجع الاهتمام بصحة الإنسان وجودة حياته بشكل عام. ومن المحتمل جداً أن تتوسع فجوة الرعاية الصحية بين الدول ويزيد التفاوت فيما بينها، إلى جانب الأخطاء التي من الممكن أن تحدث خلال الاختبارات.

من خلال اختبار دم بسيط، يمكن تحديد عمر الأعضاء وتحديد علاجات تستهدفها بشكل دقيق

ماذا لو احتفظنا بكامل قدراتنا العقلية والإدراكية مدى الحياة ومع تقدم العمر؟

05 مناعة ذهنية

قريب المدى | **متوسط المدى** | بعيد المدى

يسهم الدمج المبكر للصحة العقلية في التعليم والسياسات العامة الموجهة للشباب في تعزيز الصحة العقلية مدى الحياة، وتقليل مخاطر الإصابة بالخرف، وتعزيز الذاكرة والقدرة على التفكير والتفاعل المجتمعي، لاسيما في ظل التطورات التكنولوجية السريعة.

المتغيّرات الغامضة

التكنولوجيا، القيم المجتمعية

التوجهات العالمية الكبرى

تزايد الاهتمام بالصحة المتقدمة والتغذية

الاتجاهات السائدة

إطالة العمر والحيوية
علم الأعصاب
الطب الشخصي

التكنولوجيا

الذكاء الاصطناعي
واجهات الدماغ والحاسوب
تكنولوجيا الرعاية الصحية

القطاعات المتأثرة

التعليم
علم البيانات والذكاء الاصطناعي وتعلّم الآلة
الصحة والرعاية الصحية
التأمين وإعادة التأمين
المواد والتقنية الحيوية

الكلمات الرئيسية

مرض الزهايمر
الحفاظ على الصحة العقلية
الاحتياطي الإدراكي
الخرف الرقمي
الاضطرابات العصبية

الواقع الحالي

يعاني شخص واحد من كل ثلاثة أفراد من الاضطرابات العصبية.[540] وخلال السنوات الـ 25 الماضية، زاد عبء الاضطرابات العصبية بسبب زيادة عدد السكان وتسارع وتيرة شيخوختهم،[541] ومن المتوقع أن يصل عدد المصابين بالخرف إلى 153 مليون شخص بحلول العام 2050.[542]

ورغم أن خطر إصابة الفرد بمرض الزهايمر (وهو نوع من أنواع الخرف) يرتفع في حال وجود تاريخ طبي للإصابة به في عائلته، إلا أن هذا المرض غالباً ما يحدث بسبب مزيج من العوامل الوراثية ونمط الحياة والعوامل البيئية[543] وشيخوخة الأعضاء.[544] وفيما تركز معظم الأبحاث على الخرف في مرحلة متأخرة من الحياة،[545] فإن وجود احتياطي إدراكي مرتفع طوال حياة الإنسان يساعد في تقليل خطر إصابته بالخرف في المستقبل. إذ يعمل هذا الاحتياطي على تعزيز قدرة الإنسان على مقاومة تراجع قدراته الإدراكية من خلال التعليم والأنشطة الاجتماعية والأنشطة البدنية وغيرها.[546]

ويقلل وجود احتياطي إدراكي في مراحل الحياة المبكرة من خطر الإصابة بالخرف بنسبة 18%، وتزداد هذه النسبة مع التعليم، خاصة في المرحلة الابتدائية.[547] أما في منتصف العمر، فيقلل هذا الاحتياطي من خطر الإصابة بالخرف بنسبة 9%، بالاستفادة على نحوٍ خاص من المهام الوظيفية التي تتطلب تركيزاً عالياً، والتفاعل الاجتماعي، وحل المشكلات، وتحليل البيانات[548]. وفي مرحلة الشيخوخة، فإنه يقلل من خطر الإصابة بالخرف بنسبة 19%، من خلال الحفاظ على التواصل الاجتماعي بشكل خاص.[549] كما يسهم النشاط البدني المستمر طوال الحياة في تعزيز الصحة العقلية والإدراكية.[550]

وفي حين يحتاج موضوع تأثير التكنولوجيا على الصحة العقلية إلى مزيد من الدراسة، لاسيما التحولات التي يحدثها الذكاء الاصطناعي في حياتنا اليومية،[551] قد يؤدي الاعتماد المفرط على الذكاء الاصطناعي إلى فقدان الفرد للمهارات التي يتمتع بها وتراجع وعيه الذاتي.[552] إذ تُعتبر المهارات العقلية الواعية ضرورية للتفاعل الصحيح مع الذكاء الاصطناعي،[553] حيث يمكن للاعتماد الزائد على الذكاء الاصطناعي أن يقلل من التفكير النقدي ويحد من الإبداع[554] ويضعف الذاكرة والقدرة على الإدراك المكاني، مما يطرح العديد من المخاوف بشأن "الخرف الرقمي" وتأثيره على الدماغ.[555]

تُظهر الأبحاث التي أُجريت مؤخراً أنه يمكن تعزيز الصحة العقلية للفرد من خلال الإشراف البشري على الذكاء الاصطناعي والتدريب على مهارات وعي الفرد بعملياته المعرفية وقدرته على التحكم فيها (أو ما يطلق عليها "إدراك المعرفة")[556] وتناول أطعمة صحية، مثل الخضروات الورقية والأسماك الدهنية والتوت والجوز.[557]

من المتوقع أن يصل عدد المصابين بالخرف إلى

153 مليون

شخص بحلول العام 2050

يقلل وجود احتياطي إدراكي في مراحل الحياة المبكرة من خطر الإصابة بالخرف بنسبة

%18

بالمقابل، قد تتأثر الصحة العقلية بعدّة عوامل، مثل الخرف الرقمي وقلة النوم الناتج عن الاستخدام المفرط للأجهزة (من 5 إلى 8 ساعات يومياً)[558، 559] والإصابة بالعدوى الفيروسية، مثل كوفيد-19 (حيث أظهرت دراسة أن 80% من المرضى بدا عليهم علامات مشاكل إدراكية بعد التعافي من الفيروس)،[560] أو العدوى الفطرية، مثل داء المبيضات (وهو مرض ينتج من تكاثر نوع من الفطريات تسمى المبيضات أو "الكانديدا") الذي قد يسهم في الإصابة بمرض الزهايمر، وأمراض أخرى تؤثر على الجهاز العصبي[561] ويمكن أن تضعف الصحة العقلية. كما تُعتبر البيئة المحيطة بالفرد، مثل الأحياء السكنية والعزلة الاجتماعية وقلة النشاط البدني والتلوث، من العوامل التي قد تؤثر على صحته العقلية وقدرته الإدراكية.[562]

الفرصة المستقبلية

يعزز الاهتمام بالصحة العقلية للأطفال والشباب من قدرتهم على تحسين مهارات التفكير طوال حياتهم،[563] الأمر الذي يمكن أن يساعدهم في بناء قوة عقلية منذ الطفولة تدوم مدى الحياة ويعزز من الاحتياطي الإدراكي لديهم.[564] كما يمكن للسياسات التي تدعم الصحة العقلية في التعليم والصحة العامة أن تساعد الأفراد في الحفاظ على قدراتهم العقلية مع تقدمهم في العمر. بالإضافة إلى ذلك، فإن التركيز على العوامل والأنشطة التي تعزز الصحة الإدراكية، وتجنب تلك التي تضعفها، يساعدنا في تصميم إجراءات موجهة تهدف إلى ضمان التطور المعرفي لدى هذه الفئة الهامة في المجتمع على النحو الأمثل.[565] ولا تقتصر فوائد تعزيز المهارات الإدراكية على دعم الصحة النفسية فقط[566] بل إن ذلك يعزز أيضاً من كفاءة وفعالية عملية التعلم،[567] مما يهيئ الأجيال القادمة للتعامل بمرونة وكفاءة مع التحديات الإدراكية المحتملة.

الإيجابيات

الحد من احتمال تراجع القدرات الإدراكية في المستقبل، وتحسين النتائج التعليمية، وتعزيز الشيخوخة الصحية.

المخاطر

حتى الآن، لا يوجد دلائل كافية لإثبات تأثير هذه المقاربة، وربما يتعذر تطبيقها في كل مناطق العالم، بالإضافة إلى عدم استدامة هذا الأسلوب في تعزيز الصحة المعرفية على المدى الطويل.

يعزز الاهتمام بالصحة العقلية للأطفال والشباب من قدرتهم على تحسين مهارات التفكير طوال حياتهم

ماذا لو كانت الطحالب هي مستقبل تنقية الهواء داخل المباني؟

06 طحالب لتنقية الهواء

قريب المدى | **متوسط المدى** | بعيد المدى

مع قضائنا المزيد من الوقت داخل الأماكن المغلقة،[k] يمكننا استخدام مفاعلات حيوية معتمدة على الطحالب تعمل بالطاقة الشمسية أو من خلال مصابيح (LED) لتنظيم وتنقية الهواء في الأماكن المغلقة، مما يقلل من المشاكل التنفسية ويقلص الحاجة إلى التهوية الميكانيكية.

[k] هذا السيناريو احد من العديد من الاحتمالات المستقبلية ولا يدعو إلى إلغاء التجارب الخارجية أو التقليل من قيمة التجارب في الطبيعة.

المتغيّرات الغامضة

التكنولوجيا، الطبيعة

التوجهات العالمية الكبرى

إدارة النُظم البيئية

الاتجاهات السائدة

تلوث الهواء
احتجاز الكربون وتخزينه
الحلول القائمة على المجتمعات

التكنولوجيا

التكنولوجيا الحيوية
تكنولوجيا التغيّر المناخي

القطاعات المتأثرة

الزراعة والغذاء
المواد الكيميائية والبتروكيماويات
الطاقة والنفط والغاز والطاقة المتجددة
الصحة والرعاية الصحية
البنية التحتية والبناء
المواد والتقنية الحيوية
القطاع العقاري

الكلمات الرئيسية

المفاعلات الحيوية الضوئية التي تعتمد على الطحالب
جودة الهواء في الأماكن المغلقة
الهندسة المعمارية المستدامة
تصميم المدن
تلوث المدن

الواقع الحالي

يعد تحسين جودة الهواء في الأماكن المغلقة حالياً أهم من أي وقت مضى نظراً إلى تقلص المساحات الخضراء وصعوبة الوصول إليها، لاسيما في المدن، إضافة إلى توجه الأفراد مؤخراً لمزاولة أغلب الأنشطة اليومية في الأماكن المغلقة؛ ففي الدول ذات الدخل المرتفع يقضي الأفراد حالياً ما يصل إلى 90% من وقتهم داخل الأماكن المغلقة[568] التي يمكن أن تصل مستويات الملوثات فيها إلى خمسة أضعاف مستوياتها في الهواء الطلق.[569] ومن المتوقع أن تؤدي زيادة درجات الحرارة والرطوبة والأمطار التي تنتج عن الاحتباس الحراري إلى نمو الفطريات والبكتيريا في الأماكن المغلقة،[570] لا سيما في ظل التهوية غير الملائمة أو الصيانة السيئة لأنظمة التهوية، مما يؤدي بدوره إلى تفاقم الوضع.[571] كما أن ارتفاع درجات الحرارة داخل المباني يؤدي أيضاً إلى زيادة انبعاث الملوثات من المواد المستخدمة في البناء.[572]

قد يؤثر انخفاض جودة الهواء في الأماكن المغلقة سلباً على صحة الفرد ومستوى إدراكه وإنتاجيته. كما يمكن أن يؤدي تلوث الهواء داخل المباني إلى تفاقم حدة المشاكل الصحية، من الربو[573] إلى أمراض القلب والسرطان.[574] فقد أشارت أبحاث نُشرت في عام 2020 إلى أن تقليص انبعاثات ثاني أكسيد الكربون إلى أكثر من النصف داخل الصفوف الدراسية أسهم في زيادة إنتاجية الطلاب بنسبة 12% وعزز من عملية التعلّم بنسبة 5%.[575]

وهناك مجموعة من التشريعات واللوائح المتعلقة بجودة الهواء داخل المباني وأنظمة اعتماد المباني الخضراء، مثل شهادة الريادة في مجالَي الطاقة والتصميم البيئي(LEED) ومنهج التقييم البيئي الصادر عن مؤسسة بحوث البناء(BREEAM).[576] بالإضافة إلى ذلك، أطلقت منظمة الصحة العالمية مبادئ توجيهية للحفاظ على جودة الهواء في الأماكن المغلقة،[577] في حين أن المؤشر 7.1.2 من مؤشرات أهداف التنمية المستدامة للأمم المتحدة يتضمن الدعوة إلى التحول إلى الوقود النظيف،[578] كما تعد جمعية "أمريكان لانغ" إحدى المؤسسات الرائدة التي تدير حالياً حملة مؤثرة لتحسين جودة الهواء في الأماكن المغلقة[579]. وفي السياق عينه، أطلقت دولة الإمارات العربية المتحدة الأجندة الوطنية لجودة الهواء 2031 لتوفير إطار عمل لقيادة وتنسيق جهود الجهات الحكومية ومؤسسات القطاع الخاص لضمان تعزيز جودة الهواء.[580]

نحن نقضي

%90

من وقتنا في داخل الأماكن المغلقة، التي يمكن أن تصل **مستويات الملوثات** فيها إلى

5 أضعاف

مستوياتها في الهواء الطلق

الفرصة المستقبلية

سيمكننا إنشاء المفاعلات الحيوية المعتمدة على الطحالب من تسخير قدرة الطحالب على امتصاص ثاني أكسيد الكربون والملوثات الأخرى من الهواء عبر عملية التركيب الضوئي.[581] إذ تستطيع هذه الأنظمة خفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بنسبة 13% في المباني التي تتسع لحوالي 200 شخص، واحتجاز 16 كيلوغرام من ثاني أكسيد الكربون يومياً.[582] بالتالي، تساعد هذه الأنظمة المدمجة في العناصر المعمارية المختلفة، مثل واجهات المباني والنباتات الصناعية والمرافق المتنوعة،[583] في تكوين شبكة من عناصر التنقية الطبيعية للهواء باستخدام الطحالب الموزعة في أنحاء المباني، والتي يمكن تكييفها واستخدامها بشكل مخصص وفق احتياجات كل مبنى أو متطلبات المدينة بشكل أوسع.[584] وبذلك، تعزز هذه الواجهات النابضة بالحياة ديناميكية المباني من الخارج وتضمن صحة سكانها في الداخل.[585]

هذه الأنظمة مكتفية ذاتياً وصديقة للبيئة، حيث يتم تشغيلها باستخدام الطاقة الشمسية أو مصابيح (LED) وهو ما يضمن النمو المثالي للطحالب.[586] ومن الممكن أيضاً تحديد المناطق التي ترتفع فيها معدلات التلوث من خلال إجراء التحليلات على مستوى المدينة وتقنيات الرصد والمراقبة المعتمدة على إنترنت الأشياء، ومن ثم تزويد تلك المناطق بعددٍ أكبر من وحدات المفاعلات الحيوية والتي يمكن تركيبها ضمن أنظمة التدفئة والتهوية وتكييف الهواء في المباني لامتصاص الملوثات وتوفير هواء نظيف داخلها.[587]

الإيجابيات

تتيح هذه التكنولوجيا العديد من الفوائد، منها تحسين جودة الهواء في الأماكن المغلقة، والحد من الأمراض التي تصيب الجهاز التنفسي، واستخدام حل قائم على الطبيعة ومستدام، من شأنه تلبية متطلبات شهادة المباني الخضراء للأماكن المغلقة.

المخاطر

قد لا تتوفر الظروف المواتية للنمو الأمثل للطحالب (مثل توافر الضوء ودرجة الحرارة وإدارة المغذيات) وهو ما يهدد نجاح المشروع ككل، وتأثر الأداء نتيجة الصيانة غير السليمة للمفاعلات، وتلوث الطحالب والمخاطر البيولوجية التي قد تنتج عنها، ومستوى السموم المحتملة والعدوى التي قد تسبب الأمراض.

تستطيع أنظمة الطحالب المتكاملة

خفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون

بنسبة 13%

في المباني التي تتسع لحوالي 200 شخص، واحتجاز 16 كيلوغرام من ثاني أكسيد الكربون يومياً

المفاعلات الحيوية المعتمدة على الطحالب مكتفية ذاتياً وصديقة للبيئة، حيث يتم تشغيلها باستخدام الطاقة الشمسية أو مصابيح (LED) وهو ما يضمن النمو المثالي للطحالب

ماذا لو استطعنا أن نوصل الدواء للخلايا المستهدفة دون غيرها داخل الجسم؟

07 روبوتات علاجية نانوية

قريب المدى | **متوسط المدى** | بعيد المدى

استخدام روبوتات نانوية داخل جسم الإنسان للكشف عن الأمراض وعلاجها في مراحلها المبكرة، مما يقلص الحاجة إلى الإجراءات الطبية التي تتطلب حقناً أو تدخلا جراحياً، ويساعد في الوقاية من الأمراض واستهدافها وعلاجها بفعالية أكبر.

المتغيرات الغامضة

التكنولوجيا، القيم المجتمعية

التوجهات العالية الكبرى

التعايش مع الروبوتات المستقلة والأتمتة

الاتجاهات السائدة

الاتصالات المتقدمة
المعلوماتية الحيوية
التكنولوجيا الحيوية
إطالة العمر والحيوية
الطب الشخصي

التكنولوجيا

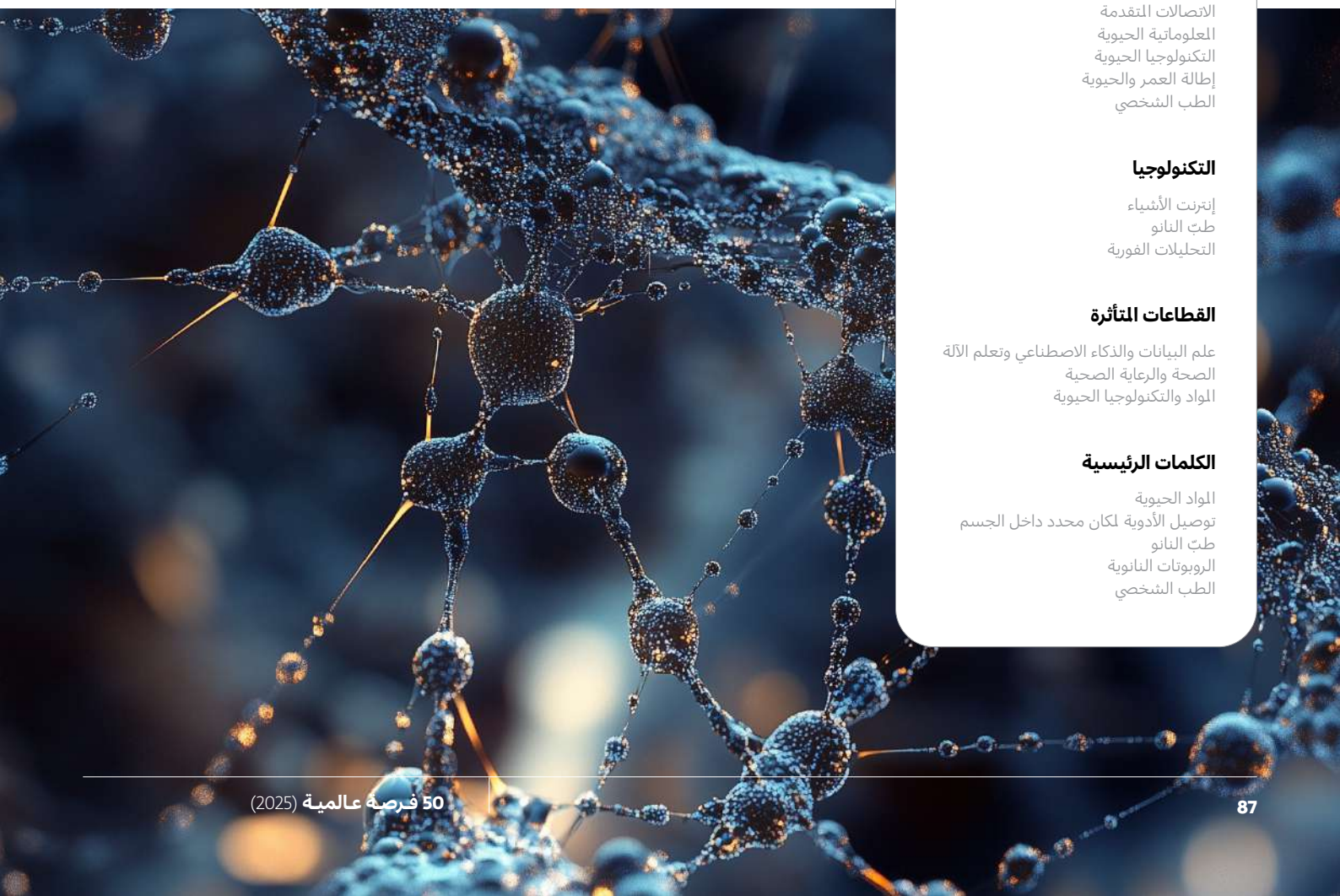
إنترنت الأشياء
طبّ النانو
التحليلات الفورية

القطاعات المتأثرة

علم البيانات والذكاء الاصطناعي وتعلم الآلة
الصحة والرعاية الصحية
المواد والتكنولوجيا الحيوية

الكلمات الرئيسية

المواد الحيوية
توصيل الأدوية لمكان محدد داخل الجسم
طبّ النانو
الروبوتات النانوية
الطب الشخصي



الواقع الحالي

من الواضح أن الأنماط التقليدية في العلاج لم تعد كافية لمواجهة التحديات الصحية المتزايدة، إذ تبرز الحاجة أكثر فأكثر إلى الطب الشخصي[588] نظراً إلى القيود التي يفرضها النهج التقليدي المتّبع في الرعاية الصحية والذي يقوم على مبدأ "علاج واحد مناسب للجميع". وتهدف هذه الاستراتيجية المبتكرة إلى تحديد العلاجات وفقاً للخصائص الجينية لكل مريض ونمط حياته والبيئة التي يعيش فيها، مما يعزز من فعالية العلاجات ويحد أيضاً من أعراضها الجانبية، ويسمح بالكشف المبكر عن الأمراض والتدخل لعلاجها باستخدام أدوات التشخيص المتقدمة والتحليل الجزيئي، مما يؤدي إلى تحسين النتائج الصحية.[589]

وفي ظل الضغوطات التي تواجه أنظمة الرعاية الصحية عالمياً،[590] يمكن أن يساعد دمج تقنيات النانو في بناء نموذج رعاية صحية أكثر مرونة،[591] إذ أشارت التقديرات في 2023 إلى أن 47% (أي ما يقرب من النصف) من مقدمي الرعاية الصحية حول العالم يواجهون صعوبات متزايدة في تقديم الرعاية للمرضى، كما يواجه هذا القطاع تحديات متزايدة نتيجة ارتفاع تكاليف المستشفيات وتكاليف توظيف الأخصائيين (ويرجع ذلك بشكل رئيسي إلى النقص في الكوادر الطبية)، إلى جانب انخفاض دخل الفرد الذي يجعل من الصعب تغطية أي تكاليف طبية غير متوقعة.[592]

تشهد التكنولوجيا الحيوية والمعلوماتية الحيوية (وهي مجال متعدد التخصصات يدمج علم الأحياء وعلوم الكمبيوتر لتحليل وتفسير البيانات الحيوية) تقدماً سريعاً يمهد الطريق للتطوير المستمر في طب النانو. على مقياس يبلغ واحدا من المليار من المتر، تحمل تقنيات النانو الحيوية إمكانات هائلة لتحسين الكشف عن الأمراض (مثل سرطان المبيض)، وإدارة مرض السكري باستخدام أجهزة استشعار حيوية، وتوصيل الأدوية داخل جسم الإنسان إلى الخلايا المستهدفة، وتحسين جودة التصوير الطبي، وتسريع التئام الجروح.[593] وقد أثبتت هذه التكنولوجيا نجاحها في تطبيقات عديدة مثل تجديد العظام،[594] وعلاج سرطان الثدي،[595] وعلاج الاضطرابات الجينية،[596] وعلاج المياه الزرقاء (الجلوكوما)،[597] ومع ذلك، ما تزال هناك تحديات قائمة تتعلق بالسمّية طويلة الأمد واستقرار المواد النانوية، مما يستدعي مزيداً من البحث والتطوير.[598]

أشارت التقديرات في 2023 إلى أن

%47

من مقدمي الرعاية الصحية حول العالم يواجهون صعوبات متزايدة في تقديم الرعاية للمرضى

الفرصة المستقبلية

إنشاء نموذج شامل يجمع بين الذكاء الآلي المتقدم والبيانات المفتوحة[599] وعلم الجينوم للتغلب على تحدي السمية النانوية في طب النانو. يوفر هذا النهج فهمًا أعمق للتأثير الذي قد تسببه الجسيمات النانوية على أجسامنا وجيناتنا،[600] بما في ذلك دورها المحتمل في علم التغيرات فوق الجينية (إيبي جينتيك). هذا الفهم المتكامل يمكن أن يسهم بشكل كبير في تحويل النجاحات السريرية من المختبر إلى الواقع، مما يعزز من إمكانيات الطب النانوي ويجعله أكثر أماناً وفعالية.[601]

يحمل طب النانو إمكانات هائلة لتحسين دقة وكفاءة وحساسية الفحوصات التشخيصية والعلاج بشكل كبير، ولكن السمية النانوية ما تزال عائقاً جوهرياً أمام اعتماده على نطاق واسع.[602] تشمل المواد النانوية مجموعة كبيرة من الأدوات بدءاً من الأنابيب النانوية والقضبان النانوية والألياف النانوية، وصولاً إلى الأسلاك النانوية والصفائح النانوية والجسيمات النانوية، يمكن للمواد النانوية دخول الجسم عبر التنفس أو الابتلاع أو الحقن أو ملامسة الجلد، مع أن كل طريقة تحمل مخاطرها الخاصة.[603] ويعتبر التنفس الطريق الأكثر خطورة، إلا أن السمية النانوية يمكن أن تتسبب في تلف الحمض النووي ومخاطر صحية أخرى مرتبطة بالتعرض طويل المدى.[604]

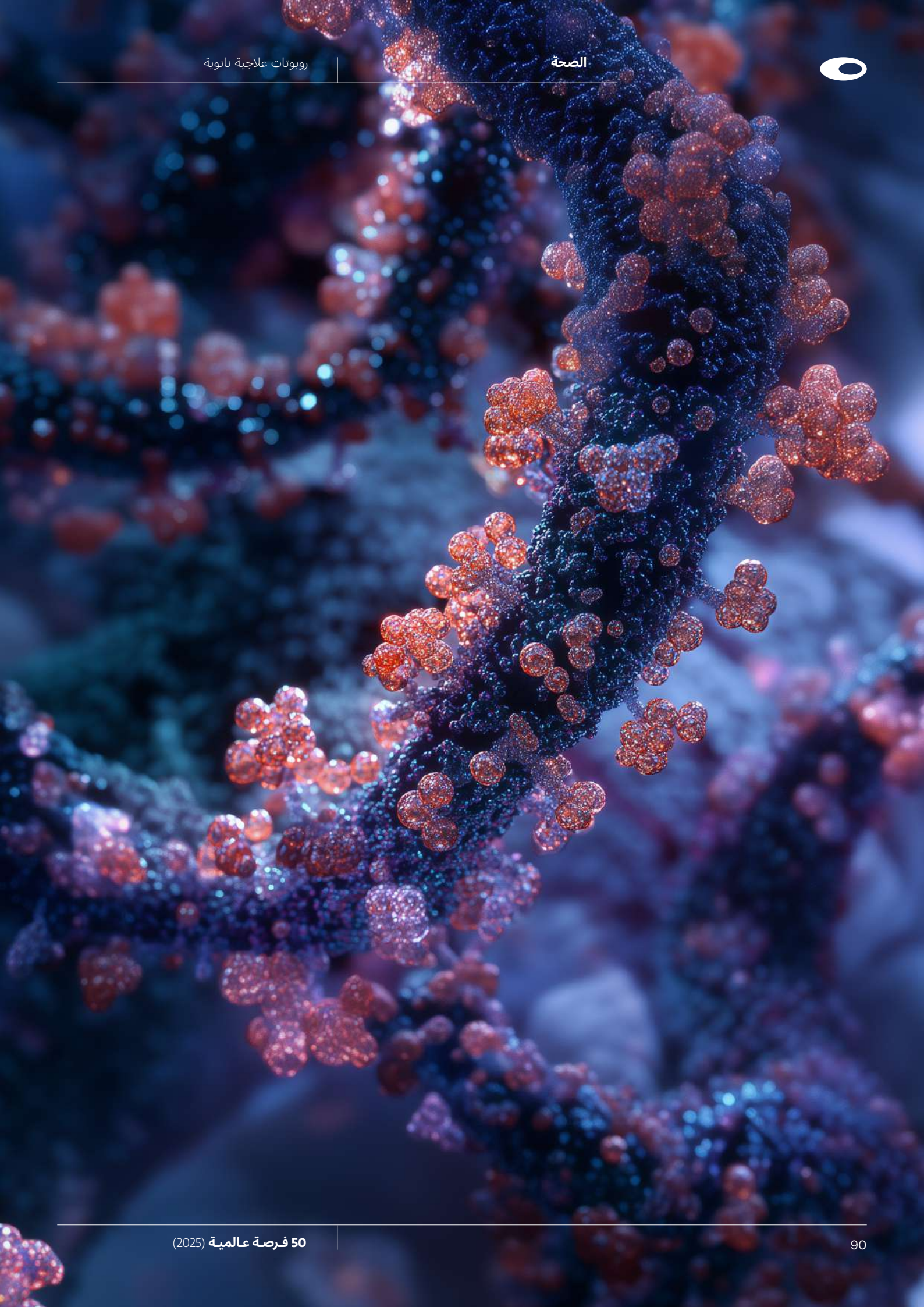
الإيجابيات

الإسهام في الكشف المبكر عن الأمراض، وتحسين الرعاية الصحية الوقائية، وتوصيل الأدوية إلى أجزاء محددة في الجسم، وأيضاً تقليل العبء على أنظمة الرعاية الصحية.

المخاطر

حدوث خطأ في التشخيص أو العلاج، وآثار جانبية ناتجة عن المواد الحيوية، وتأثيرات طويلة الأمد غير معروفة أو تسمم، وتحديات تنظيمية، وتأثيرها المحتمل على وظائف العاملين في مجال الرعاية الصحية.

إنشاء نموذج شامل يجمع بين الذكاء الآلي المتقدم والبيانات المفتوحة وعلم الجينوم **يساعد على التغلب على تحدي السمية النانوية في طب النانو**



ماذا لو استخدمت أساليب الطب الرياضي في صنع ثورة في علاج الأمراض المزمنة المسؤولة عن 74% من الوفيات حول العالم؟

08 طب رياضي للجميع

قريب المدى | **متوسط المدى** | بعيد المدى

إنشاء منصة آمنة لتبادل البيانات ومشاركتها بهدف تحقيق التكامل بين تحليلات الأنشطة الرياضية والصحة العامة. تهدف المنصة إلى تسليط الضوء على العلاقة بين النشاط البدني والحالة الصحية، وتمكين الابتكار في مجال تطوير السياسات الصحية والعلاج الموجّه والطب الشخصي والوقائي.

المتغيرات الغامضة

التكنولوجيا، الأنظمة

التوجهات العالية الكبرى

إتاحة البيانات للجميع بلا حدود وبأبعاد متعددة

الاتجاهات السائدة

البيانات الضخمة
الشراكة بين القطاعين الحكومي والخاص
إطالة العمر والحيوية
البيانات المفتوحة
الطب الشخصي

التكنولوجيا

الذكاء الاصطناعي
البيانات المفتوحة
التحليلات الفورية

القطاعات المتأثرة

السلع الاستهلاكية والخدمات والبيع بالتجزئة
علم البيانات والذكاء الاصطناعي وتعلّم الآلة
الصحة والرعاية الصحية
التأمين وإعادة التأمين

الكلمات الرئيسية

بروتوكولات مشاركة البيانات
أنظمة الرعاية الصحية
الأمراض غير المعدية
ابتكارات الصحة العامة
التحليلات الرياضة

الواقع الحالي

تتزايد الضغوط على أنظمة الرعاية الصحية، إذ تشير التوقعات إلى ارتفاع متوسط العمر المتوقع للإنسان من 73.6 عاماً في العام 2022 إلى 78.2 عاماً بحلول العام 2050،[605] لتزداد بذلك معدل سنوات العمر المعدلة حسب الإعاقة (DALYS) وهي مجموع سنوات العمر المفقودة بسبب الوفاة المبكرة (YLLS) والسنوات التي عاشها الشخص مع الإعاقة (YLDs) بسبب الحالات المرضية أو الحالة الصحية للمجتمع.[606] ولذلك، يعد إعداد التقارير والدراسات حول الصحة العامة أمراً في غاية الأهمية،[607] إذ تتوقع منظمة الصحة العالمية عجزاً في الكوادر المتخصصة يصل إلى 10 ملايين عامل في القطاع الصحي بحلول العام 2030، مع العلم أن أغلب تأثير هذه الفجوة سيتركز في الدول ذات الدخل المتوسط والمتدني.[608]

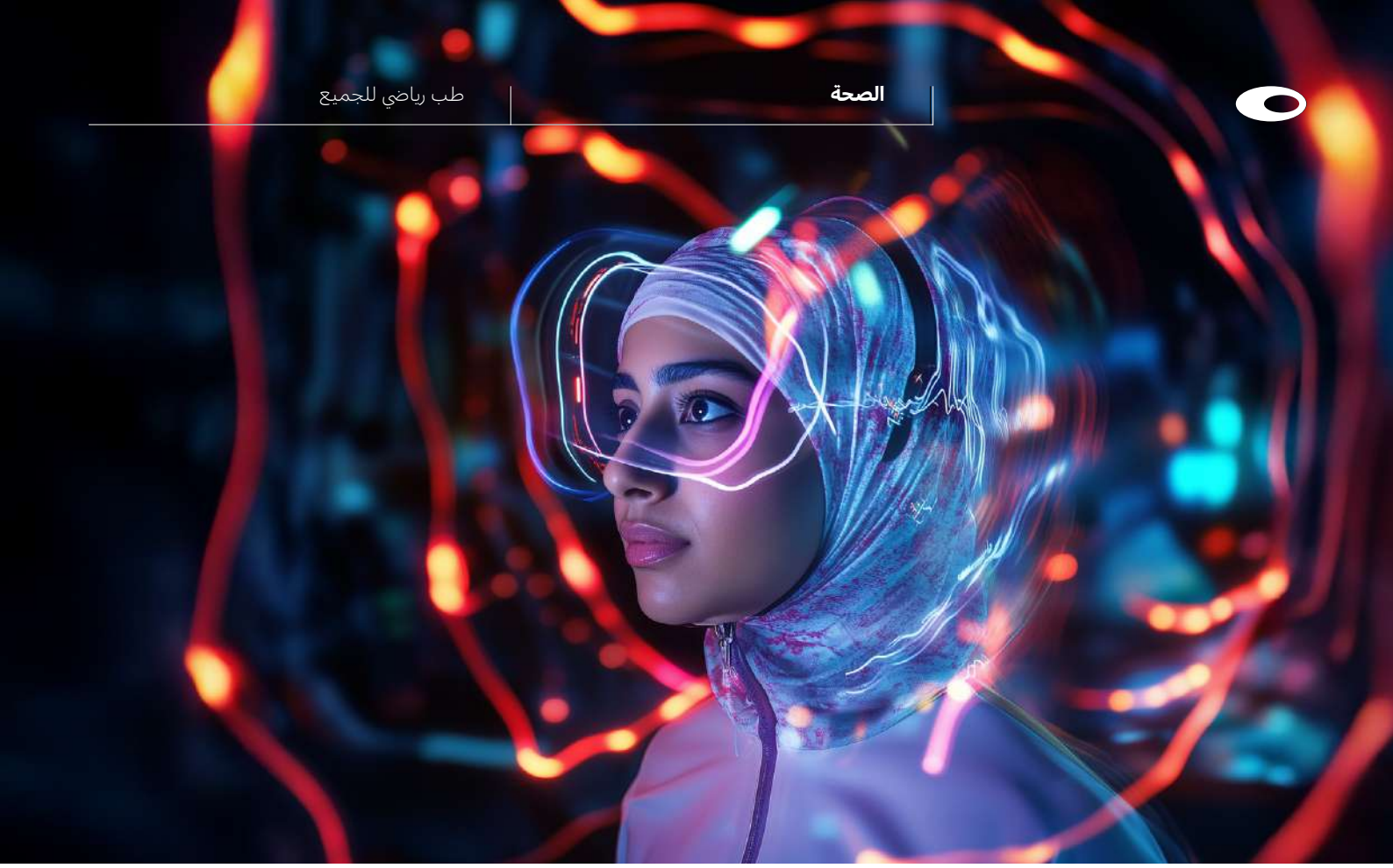
ووفقاً لبيانات صادرة عن منظمة الصحة العالمية في 2019، كانت الأمراض غير المُعدية مسؤولة عن 74% من إجمالي الوفيات حول العالم.[609] وتتسبب هذه الأمراض في وفاة 41 مليون شخص سنوياً. وتؤدي أمراض القلب والسرطان وأمراض الجهاز التنفسي المزمنة والسكري إلى أكثر من 80% من الوفيات المبكرة في الأمراض غير المُعدية.[610] وتسعى أهداف التنمية المستدامة للأمم المتحدة إلى خفض معدلات هذه الوفيات المبكرة الناتجة عن الأمراض غير المعدية بمقدار الثلث بحلول العام 2030.[611]

من ناحية أخرى، فقد شهد الطب الرياضي تحولاً كبيراً بفضل نتائج التحليلات الرياضية والبيانات الضخمة، حيث أسهمت أجهزة الاستشعار الحيوية والذكاء الاصطناعي[612] والأجهزة القابلة للارتداء[613] وغيرها من التقنيات في تحسين عملية مراقبة الرياضيين ووقايتهم من الإصابات.[614] ويركز معهد "بوديوم للطب الرياضي والتكنولوجيا" - وهو ثمرة تعاون بين مؤسسة "بوديوم أناليتكس" و"معهد الهندسة الطبية الحيوية" في جامعة أكسفورد - على ابتكار حلول قائمة على الأدلة لتطوير علاجات رياضية يمكن تطبيقها خلال خمس سنوات.[615] ومن المتوقع أن تشهد سوق التحليلات الرياضية العالمية نمواً ملحوظاً، من 4.81 مليار دولار في عام 2024 إلى 32.31 مليار دولار في العام 2032، أي بمعدل نمو سنوي يبلغ 26.9%.[616]

وفقاً لبيانات صادرة عن منظمة الصحة العالمية في 2019، **كانت الأمراض غير المُعدية مسؤولة عن**

%74

من إجمالي الوفيات حول العالم



الفرصة المستقبلية

عندما يتم ربط منصات التحليلات الرياضة ببيانات الصحة العامة عبر بروتوكولات وأنظمة آمنة ومعتمدة لتبادل البيانات، سيسهم ذلك في إحداث تحول كبير في مجال تحسين الصحة العامة وتعزيز الابتكار في قطاع الرعاية الصحية؛ إذ يكشف الذكاء الآلي المتقدم عن العلاقات الوثيقة بين أنماط النشاط البدني والحالة الصحية للفرد، مما يسرّع عملية تطوير العلاجات الموجهة والطب الشخصي، لاسيما في علاج الأمراض غير المُعدية.

وتوفر بروتوكولات تبادل البيانات المتقدمة، مثل تقنية البلوك تشين والأنظمة المحمية باستخدام تقنيات الكم، إمكانية تبادل بيانات أداء الرياضيين وأنماط الإصابات التي تلحق بهم وبيانات تعافيهم منها مع مؤسسات الصحة العامة، مع ضمان سرية البيانات التامة. بالتالي، ومع إتاحة الوصول إلى هذه البيانات المتكاملة لمختلف الجهات المعنية، ستنشأ فرص استثنائية لتحقيق اكتشافات طبية غير مسبوقة، من خلال عمل الباحثين على تحليل أنماط الأداء الرياضي والتعافي من الإصابات والنتائج الصحية طويلة المدى، مما يؤدي بدوره إلى اكتشافات جديدة في مجالات الطب الوقائي وبروتوكولات العلاج والصحة العامة.

الإيجابيات

التعمّق في فهم أنماط الصحة العامة، وتعزيز الابتكارات الصحية، ووضع سياسات بالاستناد إلى الأدلة والبيانات.

المخاطر

التفسير غير الصحيح للبيانات الصحية، والمخاوف المرتبطة بالخصوصية وأمن البيانات، إلى جانب توسّع الفجوة الصحية بسبب التفاوت في إمكانية وصول الأفراد إلى الخدمات الصحية.

ترتبط منصات التحليلات الرياضية ببيانات الصحة العامة من خلال بروتوكولات آمنة وموحدة لمشاركة البيانات، مما يؤدي إلى إحداث تحول في الصحة العامة والابتكار الصحي

ماذا لو كان نفَس واحد كافياً لتشخيص الأمراض وبدء علاجها بشكل تلقائي؟

09

تنفس تشخيصي ذكي

قريب المدى | **متوسط المدى** | بعيد المدى

العمل على توظيف المواد النانوية الحيوية في أجهزة الاستشعار لتشخيص المريض تلقائياً من خلال تنفسه، مع الاستفادة من تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد وتعلّم الآلة لتحسين تصميم النماذج الأولية، والكشف عن الأمراض بسرعة ودقة.

المتغيّرات الغامضة

التكنولوجيا، الأنظمة

التوجهات العالمية الكبرى

تزايد الاهتمام بالصحة المتقدمة والتغذية

الاتجاهات السائدة

علم تطوير الأساليب والأدوات البرمجية الخاصة بفهم البيانات الحيوية (المعلوماتية الحيوية)
تحفيز الابتكار
علم الأعصاب
المواد الجديدة
الطب الشخصي

التكنولوجيا

الذكاء الاصطناعي
التكنولوجيا الحيوية
تكنولوجيا النانو

القطاعات المتأثرة

التصنيع
علم البيانات والذكاء الاصطناعي وتعلّم الآلة
الصحة والرعاية الصحية
المواد والتكنولوجيا الحيوية

الكلمات الرئيسية

الرعاية الصحية الذاتية
التشخيص باستخدام التنفس
الفجوات الصحية
المواد النانوية الحيوية
تسريع تطوير النماذج الأولية

الواقع الحالي

تفوق الذكاء الاصطناعي وحده على الأطباء في تشخيص الحالات الطبية، محققاً دقة بنسبة

%90

بينما بلغت **دقة الأطباء باستخدام الأساليب التقليدية**

%74

وحتى في الحالات التي لجأ فيها الأطباء إلى الذكاء الاصطناعي، لم تتجاوز دقة تشخيصهم 76%

تتفاوت الحالة الصحية للمجتمعات حول العالم من منطقة إلى أخرى، حيث يواجه العديد من سكان العالم صعوبات في الوصول إلى خدمات الرعاية الصحية الجيدة. نتيجة لذلك، تتوسع الفجوة بين الدول في متوسط العمر المتوقع للفرد لتصل إلى 30 عاماً بين دولتين مثل اليابان ونيجيريا.[617] وحتى في نفس المدن، يمكن أن يصل الاختلاف في العمر المتوقع للفرد إلى 20 عاماً ما بين حيّ وآخر.[618] وتنشأ هذه الفوارق نتيجة عوامل اجتماعية واقتصادية وجغرافية وثقافية تؤثر بشكل مباشر في النتائج الصحية للأفراد، وبالتالي اتساع الفجوة في تحقيق العدالة الصحية العالمية.

كما تسهم أخطاء التشخيص بشكل كبير في زيادة نسب الوفيات والمضاعفات الصحية. ففي الولايات المتحدة الأمريكية، تشير البيانات إلى أن 371,000 شخص يفارقون الحياة و424,000 آخرين يعانون من إعاقات دائمة سنوياً نتيجة أخطاء في التشخيص.[619] فغالباً ما تكون أعراض العديد من الأمراض عامة ولا ترتبط بشكل خاص بمرض دون غيره، مثل فقدان الوزن والتعب والألم وفقدان الشهية، أو قد تكون لها تأثيرات ثانوية معقدة، مما يجعل من الصعب تشخيصها باستخدام الطرق التقليدية.[620]

وقد أظهرت أنظمة الذكاء الاصطناعي نتائج فائقة في دقة التشخيص مقارنة بالتشخيص الطبي التقليدي. ففي إحدى الدراسات، تفوق الذكاء الاصطناعي وحده على الأطباء في تشخيص الحالات الطبية، محققاً دقة بنسبة 90%، بينما بلغت دقة الأطباء باستخدام الأساليب التقليدية 74%،[621] وحتى في الحالات التي لجأ فيها الأطباء إلى الذكاء الاصطناعي، لم تتجاوز دقة تشخيصهم 76%.[622]

إن استخدام التنفس لتشخيص الأمراض ليس بالجديد، فقد تم تجربة هذه الطريقة في حالات مثل السل[623] وكوفيد-19 [624] والإنفلونزا[625] والعدوى الفطرية[626] والملاريا[627] وبعض أنواع العدوى البكتيرية[628] خصوصاً في الجهاز الهضمي.[629] فأجهزة الاستشعار عالية الحساسية تتمكن من اكتشاف المركّبات التي ترتبط بالعوامل المسببة للأمراض في التنفس.[630]

الفرصة المستقبلية

تتيح المواد النانوية الحيوية (أي المواد المصممة بحجم نانوي لأغراض التطبيقات الطبية الحيوية)[631] تشخيص المريض تلقائياً وبدء علاجه من خلال التنفس.[632] إذ يمكن دمج هذه المستشعرات التي تحتوي على المواد النانوية الحيوية في جهاز محمول باليد[633] أو أجهزة قابلة للارتداء[634] أو في المنازل أو منشآت الرعاية الصحية.

في حين تظل التجارب السريرية الدقيقة خطوة أساسية للتأكد من نتائج هذه الاختبارات بين مختلف الأفراد، إلا أن الذكاء الآلي المتقدم يسهم بشكل كبير في تحسين عملية التشخيص[635] وتصميم المواد الضرورية.[636] ويتم تدريب الأنظمة باستخدام الحوسبة المتطورة على مجموعات بيانات ضخمة لبيانات التنفس الخاصة بأفراد أصحاء وأخرى لأفراد يعانون من أمراض مختلفة، مما يسمح بالتشخيص الدقيق وتوقع طريقة تطور المرض[637، 638] وبدء العلاج بشكل فعّال وسريع وتلقائي.[639] ويسهم تعلّم الآلة والطباعة ثلاثية الأبعاد في تسريع تطوير هذه الأجهزة واستخدامها،[640] وتخصيصها لتتناسب مع أنماط الأمراض في البيئات المحلية في مختلف المناطق الجغرافية.[641]

الإيجابيات

سهولة وصول الأفراد إلى الرعاية الصحية، وتحسين الوقاية من تفشي الأمراض، وتعزيز العلاجات الصحية، وتحسين النتائج الصحية على مستوى الأفراد والمجتمعات.

المخاطر

حدوث أخطاء في التشخيص، والتحيز في بيانات التدريب، وانخفاض مستوى الدقة في الكشف عن الأمراض نتيجة ضعف المواد المستخدمة في المستشعرات مع مرور الوقت.

الطبيعـــة والاستـــــدامة

تهدف الفرص التي يتناولها هذا المحور إلى تقليل المخاطر البيئية إلى أدنى حد ممكن، والاستفادة من قدرة الطبيعة على ترميم نفسها، ودعم الأنظمة البيئية الطبيعية ومواطن الكائنات الحيّة، بما يعزز استقرار كوكب الأرض ويجعل منه بيئة صحية للجميع.

هل ستكون التكنولوجيا عاملاً يقربنا من الطبيعة أم يبعدنا عنها؟

10

تقنيات لمسية للشعور بالطبيعة

قريب المدى | **متوسط المدى** | بعيد المدى

تكنولوجيا اللمس عن بُعد المعتمدة على الموجات فوق الصوتية وأجهزة الاستشعار الذكية تتيح للفرد عيش تجارب حسية غامرة يشعر خلالها بمعانقة الطبيعة واستشعارها وسماع أصواتها.

50 فرصة عالمية (2025)

المتغيّرات الغامضة

التكنولوجيا، الطبيعة

التوجهات العالمية الكبرى

إتاحة البيانات للجميع بلا حدود وبأبعاد متعددة

الاتجاهات السائدة

الحلول القائمة على المجتمع
الإنسان والآلة
المواد الجديدة
معالجة تلوث الهواء

التكنولوجيا

الحوسبة الطرفية
التقنيات الغامرة والأجهزة القابلة للارتداء
إنترنت الأشياء

القطاعات المتأثرة

وسائل الإعلام والرياضة والترفيه
أنظمة وتكنولوجيا والاتصالات
السلع الاستهلاكية والخدمات والبيع بالتجزئة
علم البيانات والذكاء الاصطناعي وتعلّم الآلة
التعليم
الصحة والرعاية الصحية
التقنيات الغامرة
التأمين وإعادة التأمين
المواد والتكنولوجيا الحيوية

الكلمات الرئيسية

التغييرات السلوكية
الاستشعار البيئي
التجارب الحسية
اللمس عن بُعد
تكنولوجيا الموجات فوق الصوتية

الواقع الحالي

شهدت تقنيات رد الفعل اللمسي مؤخراً تطورات كبيرة فتحت أبواباً جديدة لتعزيز التجارب الحسية، حيث يمكن تحويل المعلومات الحسية إلى إحساس ملموس يسمح لنا بالشعور بالموسيقى، واستكشاف البيئات الافتراضية، والتفاعلات المعقدة بطرق وأساليب لم نعهدها من قبل.

ويعد التغيّر المناخي وتدهور البيئة من أبرز التحديات العالمية الملحة، إلا أن تأثيرها على أنماط حياة الأفراد لا يلقَ اهتماماً كبيراً. ففي ظل التوسع الحضري، يفقد سكان المدن على وجه التحديد التواصل مع الطبيعة والبيئة المحيطة بهم.[642] إذ يعيش معظم سكان المجتمعات الصناعية المعاصرة في بيئات مغلقة [643] يتم ضبط درجة حرارتها إلكترونياً بعيداً عن دورات حياة الطبيعة وهوائها الطلق وأصوات الطيور وخرير الأنهار وجريان الأودية. وحتى أولئك الذين يعيشون في المناطق الريفية ليسوا بمعزل عن تأثيرات الحياة الحديثة التي تطغى عليها التكنولوجيا.[644]

وقد زاد الاهتمام العالمي بالتعلّم التجريبي والتفاعل الحسي نظراً لقدرته على إحداث تغييرات إيجابية ملموسة في سلوكيات الأفراد. ففي دراسة أجرتها كلية كينجز لندن باستخدام جهاز طورته شركة دايسون ضمن مبادرة "تنفس لندن"، تم فحص تأثير الملوثات، مثل جسيمات PM2.5 (وهي جسيمات دقيقة يبلغ قطرها 2.5 ميكرومتر) وثاني أكسيد النيتروجين، على 250 طفلاً أثناء تنقلهم من البيت إلى المدرسة.[645] نتيجة هذه الدراسة، قام 31% من الأطفال بتغيير أسلوب تنقلهم من وإلى المدرسة يومياً لتقليل تعرضهم للملوثات.[646]

يعيش معظم سكان المجتمعات الصناعية المعاصرة في بيئات مغلقة

%90

يتم ضبط درجة حرارتها إلكترونياً بعيداً عن دورات حياة الطبيعة

يعد تغير المناخ والتدهور البيئي من القضايا العالمية الملحة **ولكن غالبًا ما تبدو بعيدة عن الأفراد**

الفرصة المستقبلية

يمكننا، بالاعتماد على تكنولوجيا الموجات فوق الصوتية،[647] نقل الأحاسيس عبر الهواء وتمكين الأفراد من العيش في تجربة غامرة يستشعرون خلالها الظواهر الطبيعية عبر تحويل البيانات والأصوات إلى تجارب حسية لمسية. فمن خلال ضبط الموجات فوق الصوتية المحمولة عبر الهواء والتقنيات اللمسية اللاسلكية وتقنيات الطفو الصوتي (أي حمل الجزيئات ورفعها في الهواء باستخدام الموجات الصوتية)،[648] يمكننا إنشاء تجارب حسية غير مسبوقة يستطيع خلالها المستخدمون الشعور بملمس وخصائص قوى الطبيعة بشكل افتراضي وبدقة منقطعة النظير من حيث استشعار البيئة المحيطة أو الاستجابة للمؤثرات.[649]

وعلى عكس رد الفعل اللمسي العادي الذي يتم عادة عن طريق لمس الأشياء مباشرة، فإن هذه التجارب المبتكرة تتيح التفاعل مع الطبيعة بدون لمس، حيث يمكن للمحولات فوق الصوتية[650] وأنظمة إنترنت الأشياء الزمانية والمكانية[651] إنشاء مجموعة لا حصر لها من الأحاسيس، تتراوح ما بين اللمسات الخفيفة والتنبيهات الاهتزازية إلى تجارب لمسية أكثر تفصيلاً وبخصائص متعددة،[652] مما يتيح توفير تجربة غامرة وعاطفية يتفاعل خلالها الفرد مع البيئة المحيطة بشكل طبيعي وواقعي أكثر من أي وقتٍ مضى.[653]

ويتم توزيع شبكة من أجهزة الاستشعار، التي تعتمد على حساسات نانوية مدمجة في عناصر الطبيعة وتكنولوجيا إنترنت الأشياء،[654] لمعالجة بيانات عالية الدقة حول الظروف البيئية المختلفة التي تلتقطها أجهزة الاستشعار، ورصد حالة جودة الهواء (الجسيمات الدقيقة PM2.5)، ورطوبة التربة، والحياة البرية، والحرارة والملوثات، ثم يتم تصفية ومعالجة هذه البيانات بشكل فوري بالاستفادة من إمكانات الحوسبة الطرفية، ومن هنا يمكن توفير تجارب لمسية فورية متزامنة مع الواقع باستخدام كاميرات متطورة وتكنولوجيا تعقب حركة الجسد.

الإيجابيات

رفع الوعي بالطبيعة، وتحسين أساليب التعليم البيئي، وإدارة الأنظمة البيئية بالاعتماد على البيانات، وتوفير تجارب حسية لأصحاب الهمم ذوي التحديات البصرية، وفتح أفق جديدة لتطوير التجارب الغامرة.

المخاطر

زيادة القلق البيئي، والتلاعب بالبيانات، والاعتماد على التدريب لفهم كيفية ارتباط الأحاسيس اللمسية بظروف بيئية معينة، وإغفال التعرض للتجارب الطبيعية الحقيقية، وفرط التحفيز الحسي، وتعرض أجهزة الاستشعار للتآكل والتلف مع مرور الوقت.

بالاعتماد على تكنولوجيا الموجات فوق الصوتية، يمكن نقل الأحاسيس عبر الهواء **وتمكين الأفراد من العيش في تجربة غامرة يستشعرون خلالها الظواهر الطبيعية عبر تحويل البيانات والأصوات إلى تجارب حسية لمسية**

ماذا لو عززنا التنوع الحيوي في الحدائق المنتشرة بالمدن؟

11

مواطـــن طبيعية مطبوعـة

قريب المدى | **متوسط المدى** | بعيد المدى

الاستفادة من تقنيات الطباعة رباعية الأبعاد في إنشاء موائل أو مواطن طبيعية دقيقة في الحدائق تستجيب للتغيّرات البيئية وتحديات التنوّع الحيوي، مما يعزز التوازن البيئي ويساعد النباتات والحشرات والكائنات الدقيقة على النمو بشكل طبيعي.

المتغيّرات الغامضة

التكنولوجيا، الطبيعة

التوجهات العالمية الكبرى

إدارة النظم البيئية

الاتجاهات السائدة

المحاكاة الحيوية
المواد الجديدة
استعادة الطبيعة

التكنولوجيا

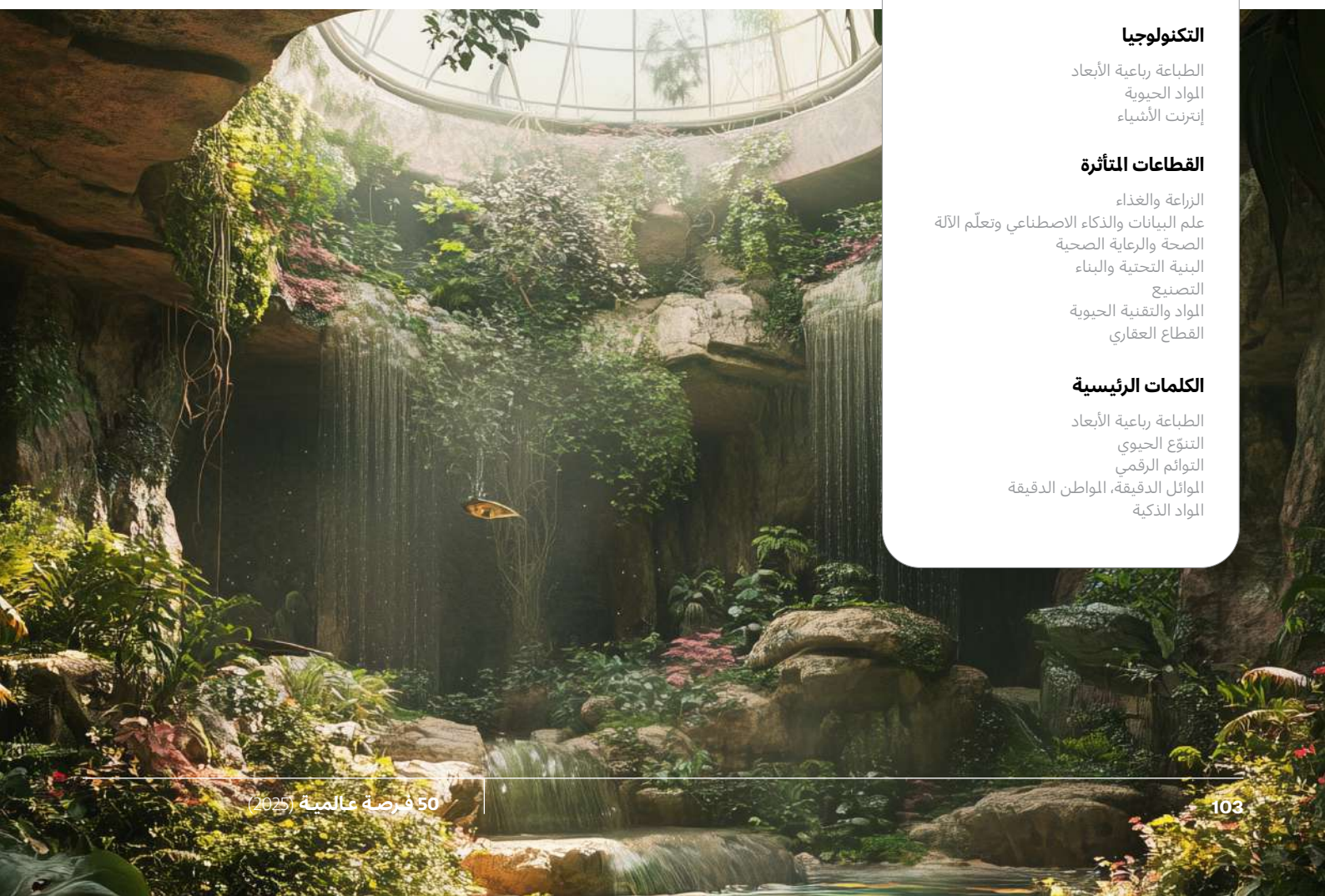
الطباعة رباعية الأبعاد
المواد الحيوية
إنترنت الأشياء

القطاعات المتأثرة

الزراعة والغذاء
علم البيانات والذكاء الاصطناعي وتعلّم الآلة
الصحة والرعاية الصحية
البنية التحتية والبناء
التصنيع
المواد والتقنية الحيوية
القطاع العقاري

الكلمات الرئيسية

الطباعة رباعية الأبعاد
التنوّع الحيوي
التوائم الرقمي
الموائل الدقيقة، المواطن الدقيقة
المواد الذكية



الواقع الحالي

يعد فقد التنوّع الحيوي إحدى أخطر التحديات العالمية نظراً لتسارع وتيرته بشكل غير مسبوق، وتداعياته على استقرار الأنظمة البيئية وجودة الحياة، مع وصول عدد الأنواع المهددة بالانقراض في الوقت الحالي إلى حوالي مليون نوع – في حين يستمر هذا العدد في الزيادة مع مرور الوقت،[655] وتظهر البيانات الواردة في تقرير "الكوكب الحي 2024" الصادر عن الصندوق العالمي للطبيعة انخفاضاً بمعدل 69% في أعداد الحيوانات البرية منذ عام 1970، مما يسلط الضوء على تزايد مخاطر فقد التنوع الحيوي، وضرورة توفير حلول لهذه الأزمة مثلها مثل التغيّر المناخي.[656] ومن بين المخاطر البيئية التي تواجهنا خلال السنوات العشر المقبلة، يأتي فقدان التنوع البيولوجي في المرتبة الثانية من حيث الخطورة. [657]

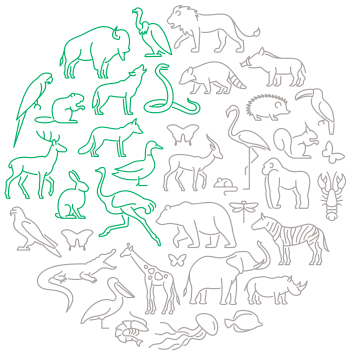
ويُعد تراجع المساحات الخضراء في المدن من العوامل الرئيسية التي تؤدي بشكل كبير إلى فقد التنوّع الحيوي. إذ يعيش حالياً أكثر من 56% من سكان العالم في المدن[658]، مما يؤدي إلى تراجع كبير في المساحات الخضراء فيها ويؤثر سلباً على التنوّع الحيوي[659]؛ فالتوسع الحضري من العوامل الرئيسية التي تحول دون الحفاظ على التنوّع الحيوي، وتؤثر على العلاقة التي تربط الإنسان بالطبيعة، كما تؤثر على الحياة البرية والمجتمعات. لذا، أصبحت استعادة المساحات الخضراء في المدن ضرورة مُلحّة أكثر من أي وقتٍ مضى من أجل تعزيز الأنظمة البيئية. ومع ارتفاع درجات الحرارة العالمية، يزداد خطر تعرض العديد من الأنواع للانقراض،[660] مما يؤكد الارتباط الوثيق بين التنوّع الحيوي وتغير المناخ، فما يلحق الضرر بأحدهما يضر بالآخر تلقائياً.

ظهرت الطباعة رباعية الأبعاد، أي الطباعة ثلاثية الأبعاد التي تتضمن مواداً ذكية تستجيب للمؤثرات وتسبب تغييرات في الشكل بمرور الوقت، في العام 2013.[661] ويُستخدم هذا النوع من الطباعة في تطبيقات عدّة أبرزها الروبوتات اللينة والألعاب والأنابيب الدقيقة التي تنحني وتلتوي وتتغير في أنماط متموجة لتتناسب مع البيئة المحيطة بها.[662] وتشمل الاستخدامات المستقبلية لهذه التقنية تطبيقات عديدة، مثل الجسور ذاتية الإصلاح، والبنية التحتية القابلة للتوسع، والملابس المصممة ذاتياً، والأحذية ذاتية التعديل لتناسب مختلف المقاسات، والأطراف الصناعية والشرائح الذكية التي تتم زراعتها في جسم الإنسان، بل وحتى نمو العظام والأنسجة في مجال الطب التجديدي.[663] وفيما بلغت قيمة سوق الطباعة ثلاثية الأبعاد 20 مليار دولار في عام 2023، من المتوقع أن تنمو هذه السوق بمعدل نمو سنوي مركب يبلغ 23.3% لتصل قيمتها إلى 88 مليار دولار بحلول العام 2030.[664]

تظهر البيانات ان هناك انخفاضاً بمعدل

%69

في **أعداد الحيوانات البرية** منذ عام 1970، مما يسلط الضوء على تزايد مخاطر فقد التنوع الحيوي، وضرورة توفير حلول لهذه الأزمة مثلها مثل التغيّر المناخي.



الفرصة المستقبلية

يمكن استخدام تقنية الطباعة رباعية الأبعاد لتصميم موائل أو مواطن طبيعية دقيقة، أي بيئات صغيرة توفر ظروفاً بيئية فريدة لتعزيز نمو الكائنات الحيّة،[665] مما يسهم في بث الحياة في الحدائق في المدن والمناطق الريفية، وتحويلها إلى أنظمة بيئية صحية ومزدهرة.[666]

وتستخدم تلك المواطن الدقيقة أجهزة استشعار متصلة بإنترنت الأشياء والحوسبة الطرفية المتكاملة لمراقبة التغيّرات البيئية والتكيّف معها بشكل فوري.[667] كما تستجيب هذه المواطن الدقيقة، بشكل مستوحى من المحاكاة الحيوية، للمحفزات البيئية مثل الضوء والحرارة ومستويات الرقم الهيدروجيني.[668] ويمكن لهذه الهياكل المطبوعة بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد من مواد ذكية مثل البوليمرات ذات الذاكرة الشكلية،[669] والتي تحاكي العناصر الطبيعية مثل النباتات والصخور، أن تغيّر شكلها أو خصائصها للاستجابة لتغيّر بيئتها، مما يسمح لها بالتكيّف مع الظروف المتغيّرة من حولها.[670]

ومع مرور الوقت، تستطيع هذه المواطن الدقيقة الاندماج مع البيئة المحيطة بالحديقة، مما يسهم في نشر الأنظمة البيئية الصحية بشكل طبيعي. وتعمل المواطن الطبيعية الدقيقة على امتصاص ثاني أكسيد الكربون[671] وتخزينه، وتجميع مياه الأمطار لتغذية التربة، وتنظيم درجات الحرارة للكائنات الدقيقة من خلال توفير الظل لها.[672] كما تسهم في حماية الكائنات الدقيقة والمُلقحات، التي تُعد أساسية لدعم أنظمة الغذاء المحلية، وتساعد في مكافحة ظاهرة تجريف المناطق الخضراء، وتؤدي دوراً في استعادة الأنواع المهددة بالانقراض.

الإيجابيات

تعزيز التنوّع الحيوي، ورفع قدرة الأنظمة البيئية على مواجهة التغيّرات، وتحسين جودة الهواء، واستعادة الطبيعة.

المخاطر

الاعتماد المتزايد على التكنولوجيا للحفاظ على الأنظمة البيئية، والتأثيرات السلبية المحتملة على الكائنات الحيّة الدقيقة التي لا ترى بالعين المجردة مثل البكتريا والحيوانات المجهرية، إلى جانب تحديات الأمن السيبراني الحيوي، والتكاليف المرتفعة.

ماذا لو تمكنّا من تنظيف المياه الملوثة بشكل طبيعي عبر فلاتر حيوية عائمة على سطحها؟

12 فلاتر حيوية عائمة

قريب المدى | **متوسط المدى** | بعيد المدى

يمكن استخدام الأراضي الرطبة العائمة لتصفية وتنقية شبكات المياه الملوثة بطريقة طبيعية، وتصميم تلك الأنظمة البيئية الطبيعية بالاستفادة من الذكاء الآلي المتقدم.

المتغيّرات الغامضة

التكنولوجيا، الطبيعة

التوجهات العالمية الكبرى

إدارة الأنظمة البيئية

الاتجاهات السائدة

الحلول القائمة على المجتمع
المواد الجديدة
الإدارة المستدامة للنفايات

التكنولوجيا

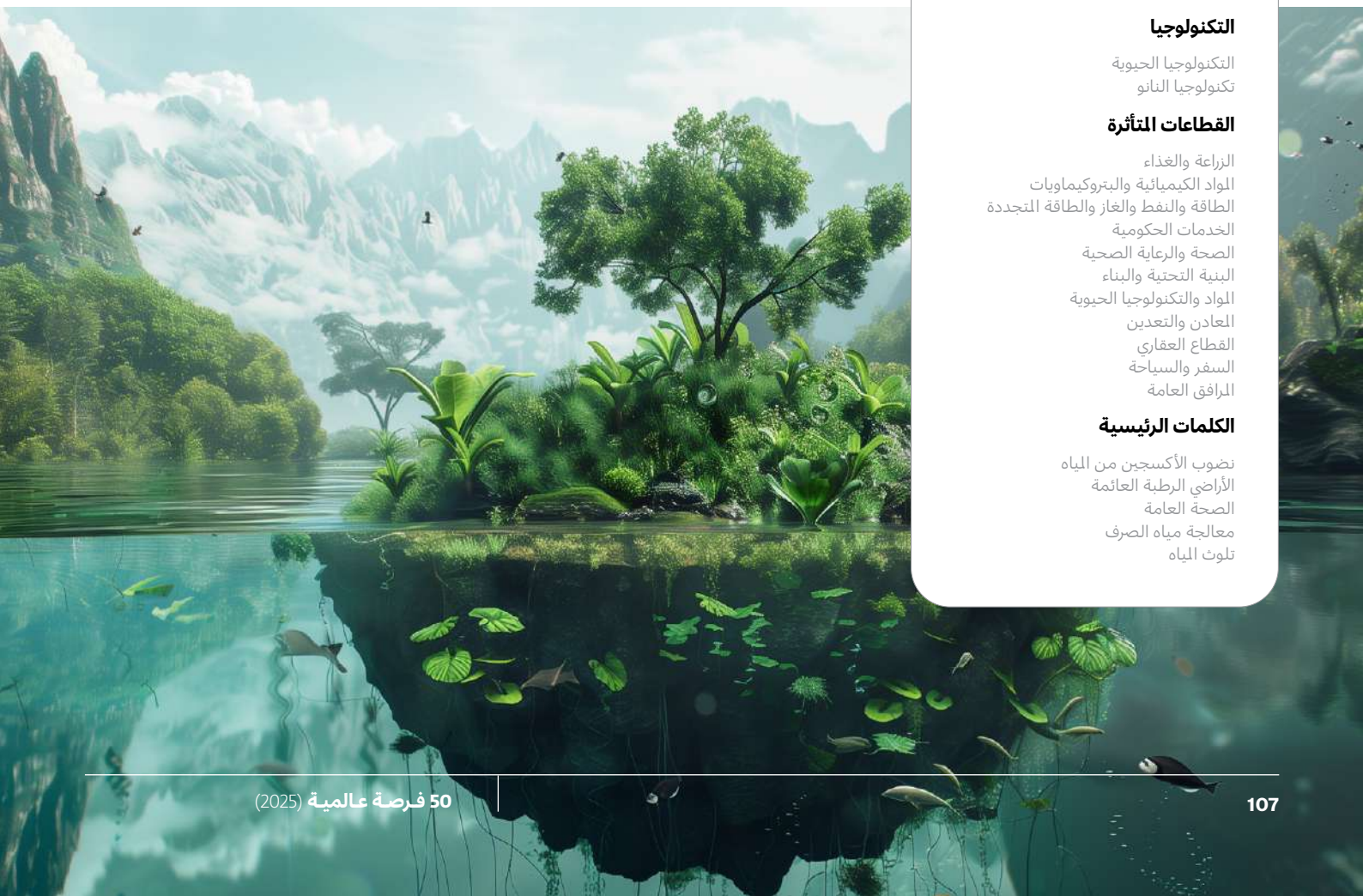
التكنولوجيا الحيوية
تكنولوجيا النانو

القطاعات المتأثرة

الزراعة والغذاء
المواد الكيميائية والبتروكيماويات
الطاقة والنفط والغاز والطاقة المتجددة
الخدمات الحكومية
الصحة والرعاية الصحية
البنية التحتية والبناء
المواد والتكنولوجيا الحيوية
المعادن والتعدين
القطاع العقاري
السفر والسياحة
المرافق العامة

الكلمات الرئيسية

نضوب الأكسجين من المياه
الأراضي الرطبة العائمة
الصحة العامة
معالجة مياه الصرف
تلوث المياه



الواقع الحالي

حوالي 80% من مياه الصرف الصحي الناتجة عن المنازل أو المصانع تعود إلى الأنظمة البيئية دون معالجة[673]. وتتفاقم هذه الأزمة في الدول منخفضة الدخل التي تفتقر إلى أنظمة ملائمة لإدارة مياه الصرف الصحي،[674] وكذلك في المناطق التي تشهد زيادة كبيرة في عدد السكان والأنشطة الاقتصادية.[675]

حوالي
%80
من مياه الصرف الصحي الناتجة عن المنازل أو المصانع تعود إلى الأنظمة البيئية دون معالجة

وتؤثر المياه الملوثة سلباً على صحة المجتمعات، فعلى سبيل المثال، يرتبط النيتروجين الزائد في مياه الشرب بالإصابة بسرطان القولون والغدة الدرقية وعيوب الأنبوب العصبي.[676] كما ترتبط نسبة تركيز النترات في المياه بمتلازمة الميثيموغلوبينية[677] الشائعة، والتي تعرف بـ "متلازمة الطفل الأزرق" وهي حالة مرضية في الدم تصيب الرضّع بشكلٍ خاص بسبب انخفاض كمية الهيموغلوبين في الدم. وتؤدي الطحالب السامة الناتجة عن زيادة نسب النيتروجين والفوسفور في المياه إلى إنتاج سموم يمكن أن تتسبب بطفحٍ جلدي، ومشاكل في الكبد والكلى، ومشاكل في التنفس، واضطرابات عصبية.[678] إلى جانب ذلك، يتعرض الأفراد لتحديات صحية مرتبطة بانتشار الطحالب الضارة من خلال تناول الأسماك، أو السباحة في المياه الملوثة، أو شربها، أو حتى استنشاق الهواء الملوث.[679]

ولا تُلحق المياه الملوثة الضرر بصحة الأفراد فقط، بل تؤثر سلباً وبشكل كبير على الأنظمة البيئية، فتزايد نسبة المغذيات في المياه وانتشار الطحالب الضارة التي تنتج عن ذلك، يؤدي إلى استنفاذ الأكسجين في المياه، وهي ظاهرة تحدث في البيئات المائية التي ينخفض فيها تركيز الأكسجين الجزيئي المنحل في الماء إلى درجة يصبح فيها ضاراً بالكائنات المائية الموجودة بها.[680] فقد تأثرت أكثر من 97% من منطقة بحر البلطيق (الواقع شمال أوروبا ويعد أكبر مساحة للمياه قليلة الملوحة في العالم) نتيجة استنزاف الأكسجين من المياه بسبب التدفقات المفرطة من الفوسفور والنيتروجين.[681] وقد ثبت أن استخدام الأراضي الرطبة العائمة يمكن أن يزيل ما يصل إلى 91.7% من إجمالي نسبة النيتروجين و98.4% من إجمالي الفوسفور،[682] بما لديها من قدرة على زيادة تكاثر البكتيريا المختزلة للكبريتات بنسبة 30%،[683] وفي بعض الأحيان، وباستخدام التصميمات الملائمة، يمكنها أن تزيل ما يزيد عن 70% من الرواسب.[684]

توفر الأراضي الرطبة العائمة حلاً طبيعياً لتنقية المياه وترشيحها، كما تسهم في تحسين الناحية الجمالية للمدن وتوفير بيئات داعمة للحياة البرية

الفرصة المستقبلية

توفر الأراضي الرطبة العائمة حلاً طبيعياً لتنقية المياه وترشيحها، كما تسهم في تحسين الناحية الجمالية للمدن وتوفير بيئات داعمة للحياة البرية.[685] ويتم اختيار التصميمات والأنواع النباتية الملائمة باستخدام الذكاء الآلي المتقدم وتطبيقات التكنولوجيا الحيوية والمعلومات الجينية للنباتات، بما يتناسب مع التركيبة الطبيعية للبيئة ونوعية المياه والأحوال المناخية المختلفة. ويمكن استخدام أجهزة استشعار مدمجة تعمل بالطاقة الذاتية وتعتمد على إنترنت الأشياء لإرسال مؤشرات عند حاجتها إلى الصيانة أو في حال تعطلها بشكل نهائي.

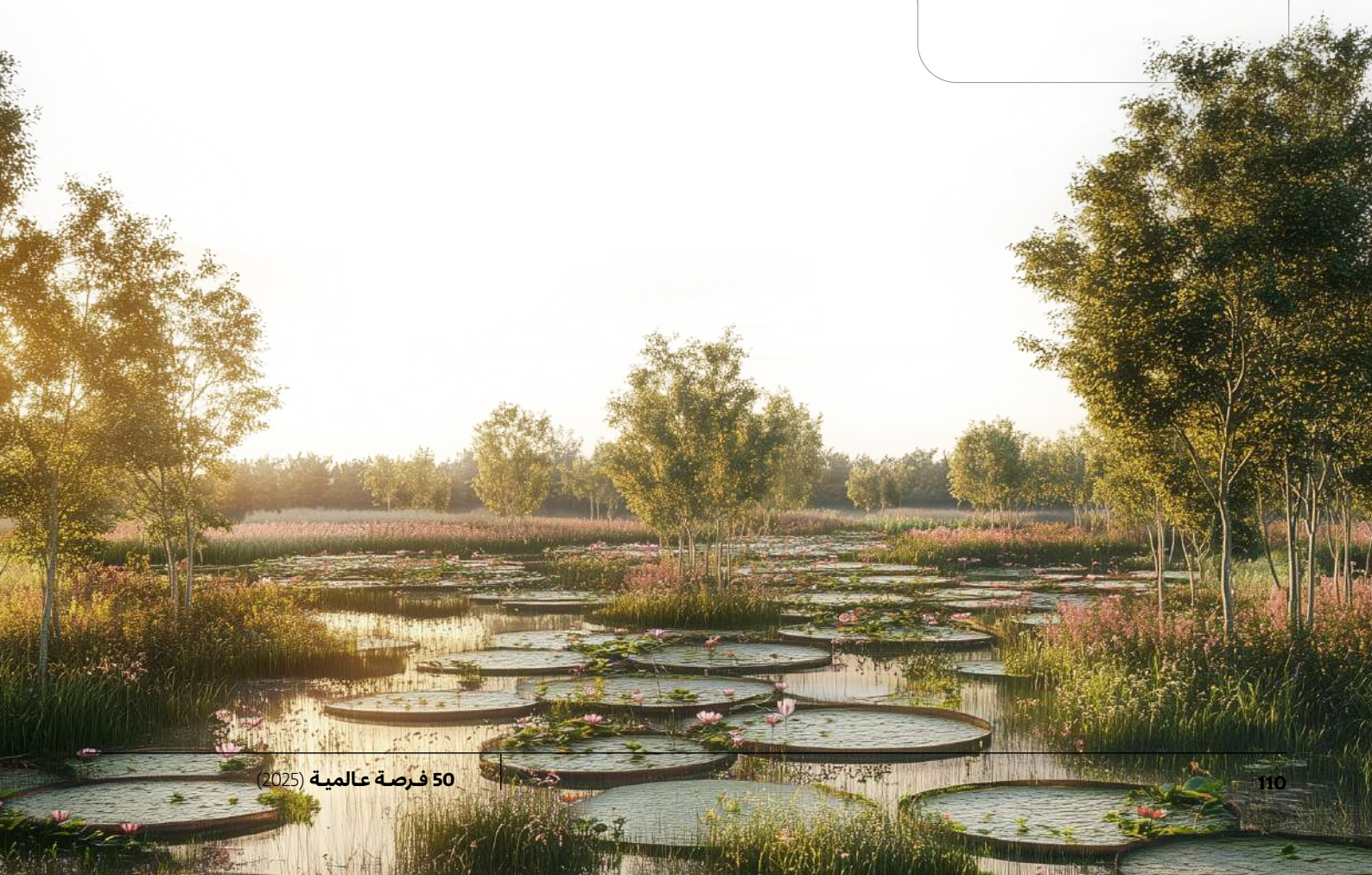
وتنمو جذور الأراضي الرطبة العائمة داخل المياه، مما يُحسن من نوعية المياه عن طريق احتجاز الرواسب[686]وتنقيتها. كما تمتص الجذور المغذيات من المياه وتحول الميكروبات إلى عناصر تساعد في تنقية المياه.[687، 688] وتعمل كل جزيرة كمرشح متحرك ضمن نظام بيئي ذاتي التشغيل، يتطلب الحد الأدنى من الصيانة. وبالاعتماد على المحاكاة أو التوائم الرقمية، يمكن لمجموعة من هذه الجزر أن تشكل نظاماً شبكياً لتحسين فعالية وكفاءة تنقية المياه، مما يفتح آفاقًا جديدة لتحسين جودة المياه بطريقة مستدامة وفعالة.

الإيجابيات

تحسين جودة المياه وتعزيز التنوّع الحيوي، وزيادة نسبة امتصاص الكربون، وتوفير حلول صديقة للبيئة لمعالجة مياه الصرف الصحي، وخفض التكاليف، وتحسين الناحية الجمالية للمدن.

المخاطر

تكاليف وتحديات صيانة هذه الأراضي أو إزالتها على المدى الطويل، واحتمالية تطفل أنواع أخرى من الكائنات الحية عليها أو حدوث خلل بالنظام البيئي لها، واحتمال زيادة معدلات التلوث عن معدلات تنقية المياه.



ماذا لو تمكنّا من إزالة الملوثات من مياه المحيطات والبحيرات باستخدام الموجات فوق الصوتية؟

13

مصفاة بحرية فوق صوتية

قريب المدى | **متوسط المدى** | بعيد المدى

استخدام الموجات فوق الصوتية لإزالة الجسيمات البلاستيكية الدقيقة من المياه بكفاءة وفعالية، بما يسهم في تنظيف المحيطات للكائنات الحيّة البحرية وإتاحة مياه شرب آمنة للمجتمعات.

المتغيرات الغامضة

التكنولوجيا، الطبيعة

التوجهات العالية الكبرى

إدارة النظم البيئية

الاتجاهات السائدة

الشراكة بين القطاعات
منظومة الغذاء والماء والطاقة
التشجيع على الابتكار
المواد الجديدة
الإدارة المستدامة للنفايات

التكنولوجيا

تكنولوجيا المناخ
تكنولوجيا الاستشعار

القطاعات المتأثرة

الزراعة والغذاء
المواد الكيميائية والبتروكيماويات
الطاقة والنفط والغاز والطاقة المتجددة
الخدمات الحكومية
الصحة والرعاية الصحية
البنية التحتية والبناء
التصنيع
المواد والتكنولوجيا الحيوية
المرافق العامة

الكلمات الرئيسية

المعالجة البيئية
الحفاظ على البيئة البحرية
إزالة الجسيمات البلاستيكية الدقيقة
تنقية المياه بالموجات فوق الصوتية
تنقية المياه

الواقع الحالي

تحتوي المحيطات حالياً حوالي 50 إلى 75 تريليون قطعة[689] من النفايات البلاستيكية، بالإضافة إلى تراكم ما يصل إلى 10 مليار كيلوجرام من النفايات البلاستيكية فيها سنوياً.[690] والتي يتسبب تحللها في 81% من الجسيمات البلاستيكية الدقيقة في المحيطات (الجسيمات البلاستيكية الدقيقة الثانوية).[691] وبغض النظر عن المسار، وبحلول عام 2040، قد تتجاوز كمية الجسيمات البلاستيكية الدقيقة التي يتم التخلص منها في الأنظمة البيئية كل عام ضعف نسبتها الحالية،[692] في ظل تزايد المخاوف بشأن مخاطر الجسيمات البلاستيكية الدقيقة.[693]

فمن منظور بيئي، تشكّل الجسيمات البلاستيكية الدقيقة تهديداً مزدوجاً حيث تؤدي إلى ترسيب مواد كيماوية في المحيط،[694] وتعد أيضاً مغناطيساً للمعادن الثقيلة والملوثات العضوية،[695] وتتسبب هذه الخصائص في تأثيرات ضارة على المواطن الطبيعية البحرية وسلوك الكائنات التي تعيش فيها.[696] إضافة إلى ذلك، فإن الجسيمات البلاستيكية الدقيقة التي تبتلعها الأسماك ترتبط بمشاكل انسداد الجهاز الهضمي وتضخم القولون وضعف النمو وتراجع الصحة بسبب اضطراب النظام الغذائي.[697] وقد أثر التلوث البلاستيكي على 267 نوعاً بحرياً، ملحقاً تأثيرات سلبية بـ 86% من السلاحف البحرية و44% من الطيور البحرية و43% من الثدييات البحرية.[698]

كما تفرض الجسيمات البلاستيكية الدقيقة مخاطر جدية على صحة الأفراد نظراً لتأثيرها على التوازن الأيضي والفسيولوجي،[699] لا سيما أنه يُعتقد أن الفرد يستهلك ما بين 78,000 و211,000 جسيم بلاستيكي دقيق سنوياً خلال تناول الطعام والشراب والتنفس.[700] وتتسبب هذه الجسيمات في تغيير التوازن التأكسدي داخل الجسم وحدوث اضطرابات في الهرمونات، بالإضافة إلى تأثيرها في تكاثر الخلايا ومؤشرات الالتهابات، مما يؤدي بدوره إلى الإصابة بالأمراض المختلفة.[701] كما تعمل كناقلات لمختلف الملوثات البيئية، مما يؤدي إلى تداعيات صحية متزايدة.[702]

يستهلك الفرد ما بين

78,000 و 211,000

جسيم بلاستيكي دقيق
سنوياً خلال تناول الطعام
والشراب والتنفس

الفرصة المستقبلية

تُستخدم تكنولوجيا الموجات فوق الصوتية لإزالة الجسيمات البلاستيكية الدقيقة التي يتراوح حجمها ما بين 10 و1000 ميكرومتر من المياه، مما يشكل حلاً مفيداً جداً لأنظمة تنقية المياه ومحطات معالجة مياه الصرف الصحي والمنشآت الصناعية.[703] كما يمكن لهذه الأجهزة، في حال دمجها بشكل استراتيجي في أكثر الأماكن المتأثرة بالتلوث، مثل مصارف محطات معالجة مياه الصرف الصحي، أن تكون بمثابة المرحلة النهائية من خلال عملية تنقية المياه المتقدمة مزودة بمحولات طاقة فوق صوتية تعمل على توليد موجات فوق صوتي[704] وذلك عبر استهداف الجسيمات الصغيرة والكبيرة.[705] ويتم توجيه المواد البلاستيكية الدقيقة إلى منطقة تجميع استعداداً لتحليلها وإزالتها.[706]

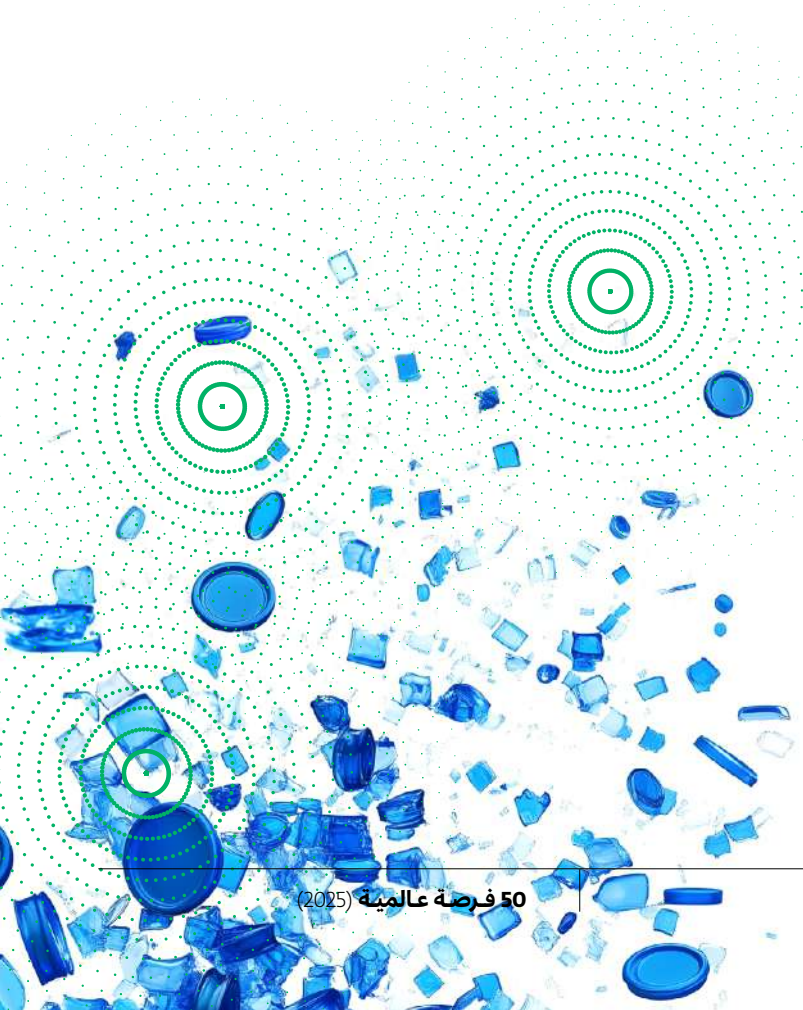
وقد أظهرت النماذج الأولية لهذا الابتكار نتائج واعدة، إذ تمكنت من إزالة ما يصل إلى 82% من الجسيمات البلاستيكية الدقيقة[707]من حوالي 800 لتر من المياه في الساعة داخل المختبر.[708] وعلى عكس الطرق التقليدية، لا تتطلب هذه التكنولوجيا إضافة أي مواد كيمياوية، كما أنها تقلل من الحاجة المستمرة للصيانة،[709] وبذلك فإن هذه الطريقة توفر مساراً مستداماً وقابلاً للتطوير في المستقبل في مجال معالجة التلوث الناجم عن الجسيمات البلاستيكية الدقيقة على المستويين الإقليمي والعالمي.

الإيجابيات

توفير حل صديق للبيئة لمعالجة تلوث المياه بالجسيمات البلاستيكية الدقيقة، وتنظيف المياه وتنقيتها، والحد من استخدام المواد الكيماوية، وتحسين الصحة العامة.

المخاطر

الاستخدام الزائد للطاقة، والنتائج المحدودة نسبياً، وتحديات التطوير على نطاق واسع، والتكاليف المرتفعة لإزالة النفايات المتراكمة.



أظهرت النماذج الأولية لتكنولوجيا الموجات فوق الصوتية نتائج واعدة، **إذ تمكنت من إزالة ما يصل إلى 82% من الجسيمات البلاستيكية الدقيقة من حوالي 800 لتر من المياه** في الساعة داخل المختبر

هل يمكننا التنبؤ الدقيق بالكوارث قبل وقوعها وإنقاذ الأرواح المعرضة لمخاطرها؟

14 رصد مبكر للكوارث

قريب المدى | **متوسط المدى** | بعيد المدى

نشر شبكة من أجهزة الاستشعار الكمومية في كل أنحاء العالم، لتعمل على مراقبة البيئات الجوية والأرضية والبحرية بشكل فوري، وتقديم تحليلات دقيقة للبيانات البيئية والتنبؤ بالكوارث الطبيعية، وذلك بالاعتماد على إمكانات الذكاء الآلي المتقدم وتعزيز التعاون الدولي.

المتغيّرات الغامضة

التكنولوجيا، الطبيعة

التوجهات العالمية الكبرى

إتاحة البيانات للجميع بلا حدود وبأبعاد متعددة

الاتجاهات السائدة

الشراكة بين القطاعات
الممارسات البيئية والاجتماعية وحوكمة الشركات، وقياس النمو بما يتجاوز إجمالي الناتج المحلي
التعاون الدولي
المواد الجديدة
البيانات المفتوحة

التكنولوجيا

الحوسبة الطرفية
الذكاء الاصطناعي
إنترنت الأشياء

القطاعات المتأثرة

الزراعة والغذاء
الأنظمة وتكنولوجيا الاتصالات
علم البيانات والذكاء الاصطناعي وتعلّم الآلة
الطاقة والنفط والغاز والطاقة المتجددة
الخدمات الحكومية
الصحة والرعاية الصحية
البنية التحتية والبناء
التأمين وإعادة التأمين

الكلمات الرئيسية

التغيّر المناخي
التنبؤ بالكوارث
الرصد البيئي
أجهزة الاستشعار الكمومية
البيانات الفورية

الواقع الحالي

أدى التغيّر المناخي إلى زيادة حدة الظواهر المناخية، **مما يجعل التنبؤ بالكوارث الطبيعية أمراً أكثر إلحاحاً من أي وقت مضى.**

أدى التغيّر المناخي إلى زيادة حدة الظواهر المناخية، مما يجعل التنبؤ بالكوارث الطبيعية أمراً أكثر إلحاحاً من أي وقت مضى. فوفقاً لتقرير صادر عن شركة التأمين "سويس ري"، شهد العام 2022 إصابة نحو 102 مليون شخص ووفاة 10,500 فرد حول العالم جرّاء الكوارث الطبيعية، كما بلغت الخسائر الاقتصادية الناجمة عنها 275 مليار دولار.[710] ومع استمرار ظاهرة الاحتباس الحراري، من المتوقع أن تزداد شدة ووتيرة الكوارث الطبيعية، مثل الأعاصير والفيضانات وحرائق الغابات.[711] وهنا تبرز أهمية العمل الاستباقي وتسخير الحلول المبتكرة للتعامل مع هذه المتغيرات. ومن شأن توفير بيانات بيئية دقيقة وشاملة وفورية أن يمكّن الحكومات والشركات من اتخاذ قرارات مدروسة، مما يساعد في تقليل المخاطر الناتجة عن التغيّر المناخي والتدهور البيئي.[712]

يشهد العالم اليوم تزايداً ملحوظاً في وعي الشعوب بمخاطر التغيّر المناخي والكوارث الطبيعية. فقد كشف استطلاع الرأي الذي حمل عنوان "تصويت الشعوب للمناخ" لعام 2024، وهو أكبر استطلاع عالمي للرأي حول المناخ، أن 80% من المشاركين من 77 دولة تمثل 87% من سكان العالم يطالبون باتخاذ إجراءات أكثر حزماً لمواجهة التغيّر المناخي. كما أشار 53% من المشاركين إلى زيادة قلقهم بشأن تغير المناخ مقارنة بالعام السابق أي 2023.[713]وقد اكتسب مجال رصد البيانات البيئية ومراقبتها أهمية كبيرة باعتباره أداة قوية ناشئة لتعزيز التعاون الدبلوماسي بين الدول.[714]

هناك تحسن مستمر في دقة التقنيات الكمومية، بما يدعم العديد من التطبيقات التي ستغير ملامح الكثير من القطاعات والصناعات، مثل التمويل، والرعاية الصحية، والدفاع، مع توقعات بتحقيق قيمة اقتصادية تتجاوز 2 تريليون دولار بحلول عام 2035.[715] على وجه التحديد، يمكن أن يصل حجم سوق أجهزة الاستشعار الكمومية إلى 2.7 مليار دولار بحلول عام 2035.[716] ويعمل العلماء على الاستفادة من قدرات أحجار الألماس في تطوير الألياف والمستشعرات الكمومية نظراً لحساسيته العالية للمجالات المغناطيسية، حيث تعتمد هذه المستشعرات على "فراغ النيتروجين" داخل الماس (وهو عيب شائع ومقصود يحتويه الماس، الذي يتكون من الكربون النقي، داخل شبكته البلورية، حيث يتم استبدال ذرتي كربون بذرة نيتروجين واحدة، مما يترك ذرات الكربون الأصلية شاغرة)، الأمر الذي يتيح قياس شدة المجالات المغناطيسية والكهربائية،[717] ودرجات الحرارة، والحركة الدورانية بدقة عالية على مستوى الذرات.[718, 719] ورغم أن معظم هذه الأجهزة ما تزال في مراحل التطوير المبكرة، إلا أن بعض النماذج التجارية تُستخدم حالياً في تطبيقات واعدة، مثل مراقبة البنية التحتية والكشف عن التسريبات داخل الأنابيب الجوفية، فضلاً عن مراقبة الأنشطة البركانية.[720]

الفرصة المستقبلية

يتيح التطور الذي شهدته التقنيات الكمومية تصميم نظام متطور للرصد البيئي الفوري، يعتمد على شبكة مترابطة ومتعددة الطبقات من أجهزة الاستشعار الكمومية الموزعة بعناية وبشكل استراتيجي عبر مختلف الأنظمة البيئية حول العالم. وسيسهم هذا النظام في تحسين إمكانات الرصد البيئي، ودقة التنبؤات الجوية، والتنبؤ بالكوارث الطبيعية. وقد تشمل هذه الشبكة تطبيقات لتعزيز رصد الغلاف الجوي (عبر محطات الطقس المنشأة على ارتفاعات عالية، ومنصات الاستشعار عن بُعد بالاعتماد على الأقمار الصناعية، والمراصد الجبلية، ومحطات البحث القطبية)،[721، 722] وكذلك في مجال الرصد البري،[723، 724] عبر محطات يتم إنشاؤها داخل الغابات وفي مراكز البحوث الزراعية، والمتنزهات الوطنية، والمراكز البيئية في المدن، إلى جانب مواقع الأبحاث الجيولوجية. وكذلك في مجال رصد المحيطات عبر شبكات متطورة موزعة في أعماق البحار، ومحطات ساحلية متقدمة، وسفن أبحاث بحرية مجهزة بمعدات حديثة، ومصفوفات استشعار تحت الماء لرصد التيارات البحرية، بالإضافة إلى نقاط مراقبة مخصصة لدراسة صحة الشعاب المرجانية وتغيراتها.[725، 726، 727]

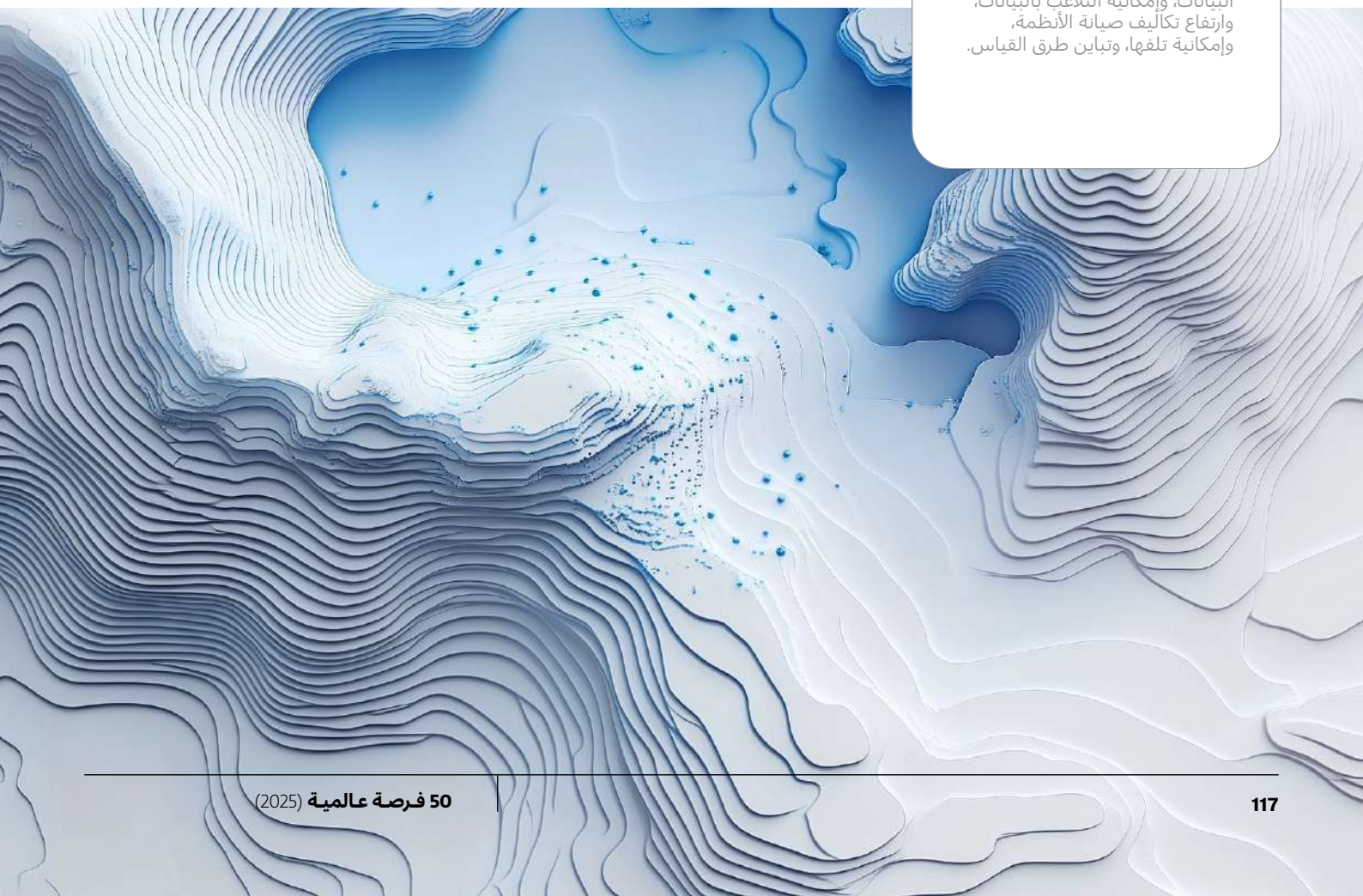
ويمكن الاستفادة من إمكانات الذكاء الآلي المتقدم لتحديد أماكن زرع أجهزة الاستشعار الكمومية في المناطق البيئية الأكثر تعرضاً للمخاطر مثل المناطق النشطة زلزالياً، وسلاسل الجبال، والمناطق الساحلية، والمدن، والمناطق الزراعية. ويُراعى في تصميم أجهزة الاستشعار هذه أن تكون مستقلة ومعتمدة على الطاقة المتجددة، مثل الطاقة الشمسية أو البطاريات المتطورة، إلى جانب الحوسبة الطرفية[728] لتحليل البيانات الفورية ومشاركتها بسهولة وبشكل فوري.

الإيجابيات

تسهم البيانات الفورية حول المحيطات، والحياة البحرية، والغابات، في تحسين عملية التنبؤ بالظواهر المناخية، وصناعة القرارات ذات الصلة. وتسمح هذه الدقة غير المسبوقة في الرصد البيئي باتخاذ خطوات استباقية تحمي الأرواح وتُعزز التنبؤات الدقيقة بالمستقبل.

المخاطر

التفاوت في إمكانية الوصول إلى البيانات، وإمكانية التلاعب بالبيانات، وارتفاع تكاليف صيانة الأنظمة، وإمكانية تلفها، وتباين طرق القياس.



يتيح التطور الذي شهدته التقنيات الكمومية تصميم نظام متطور للرصد البيئي الفوري، **يعتمد على شبكة مترابطة ومتعددة الطبقات من أجهزة الاستشعار الكمومية الموزعة بعناية وبشكل استراتيجي عبر مختلف الأنظمة البيئية حول العالم**

ماذا لو أصبحت أعماق البحار مصدراً لطاقة نظيفة تكفي لحركة الملاحة البحرية؟

15 سفن ذاتية الطاقة

قريب المدى | متوسط المدى | **بعيد المدى**

ابتكار آلية لتوليد الطاقة النظيفة في السفن لتعتمد عليها في سيرها في المحيط بالاستفادة من الفرق في درجات الحرارة بين سطح المياه وأعماق المحيط، مع إنشاء أدوات تمكنها من العمل بشكل مستقل لتحديد أفضل المسارات، بما يسهم في تعزيز استدامة مستقبل قطاع النقل البحري.

المتغيّرات الغامضة

الأنظمة، التكنولوجيا

التوجهات العالمية الكبرى

تطور تقنيات الطاقة

الاتجاهات السائدة

توليد الأفكار والملكية الفكرية وريادة الأعمال
صافي الانبعاثات الصفري
تحوّل قطاع الطاقة
تحوّل قطاع الخدمات اللوجستية

التكنولوجيا

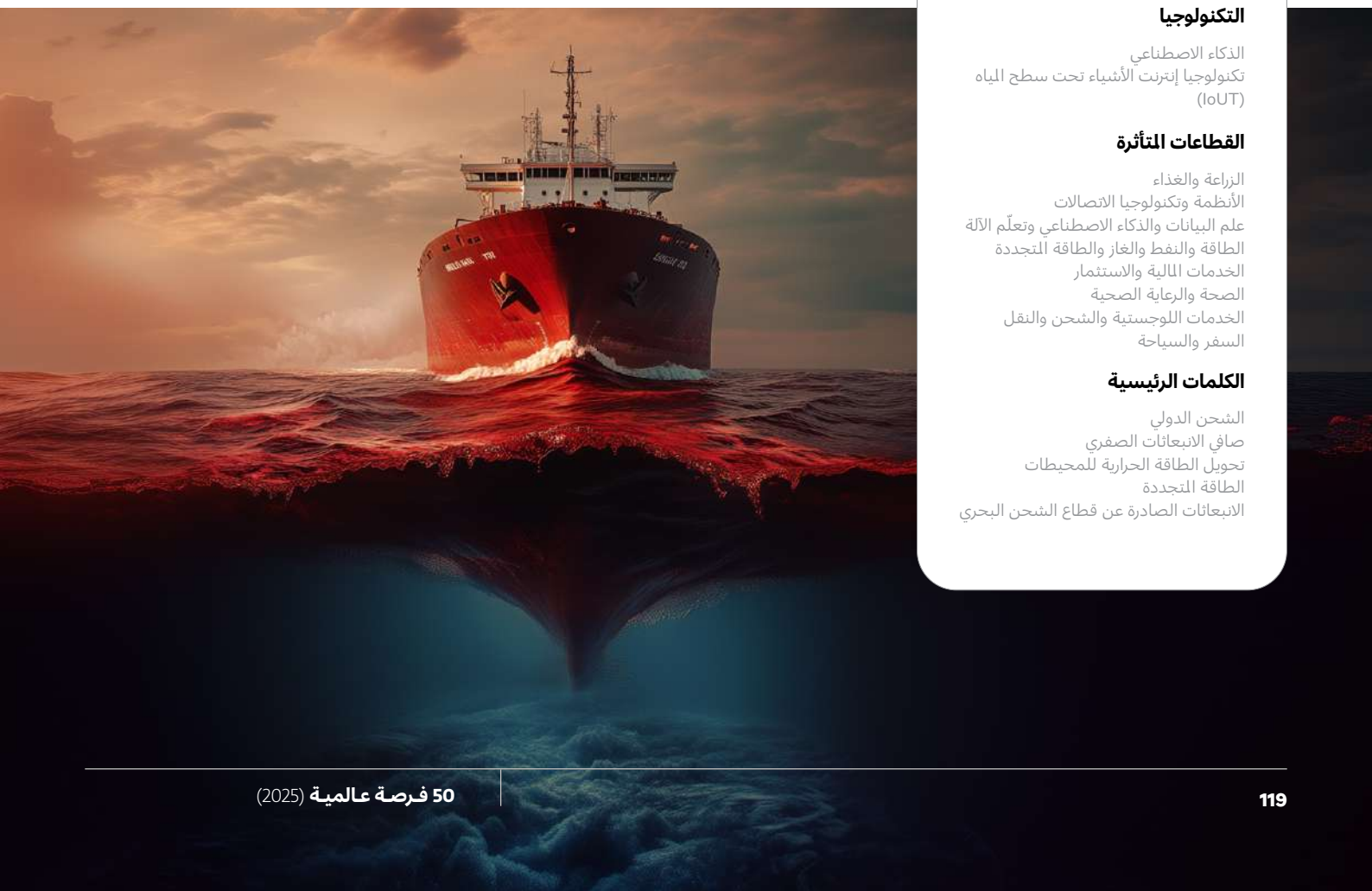
الذكاء الاصطناعي
تكنولوجيا إنترنت الأشياء تحت سطح المياه (IoUT)

القطاعات المتأثرة

الزراعة والغذاء
الأنظمة وتكنولوجيا الاتصالات
علم البيانات والذكاء الاصطناعي وتعلّم الآلة
الطاقة والنفط والغاز والطاقة المتجددة
الخدمات المالية والاستثمار
الصحة والرعاية الصحية
الخدمات اللوجستية والشحن والنقل
السفر والسياحة

الكلمات الرئيسية

الشحن الدولي
صافي الانبعاثات الصفري
تحويل الطاقة الحرارية للمحيطات
الطاقة المتجددة
الانبعاثات الصادرة عن قطاع الشحن البحري



الواقع الحالي

أكثر من 90% من التجارة العالمية تعتمد على الشحن والنقل البحري الدولي.[729] وتتوقع المنظمة البحرية الدولية (IMO) أن يرتفع حجم التبادل التجاري البحري بنسبة قد تصل إلى 115% بحلول عام 2050 مقارنة بعام 2020.[730] وإذا استمر الوضع على ما هو عليه، قد ترتفع انبعاثات غازات الدفيئة الناتجة عن قطاع الشحن البحري بنسبة تتراوح بين 50 إلى 250%.[731]

كما يؤثر قطاع النقل البحري على صحة المجتمعات. إذ تتسبب انبعاثات السفن في تدهور جودة الهواء على اليابسة رغم أنها تنبعث من عرض المحيط، لأن الملوثات قد تنجرف إلى مسافات تصل إلى مئات الكيلومترات.[732] في حين أن هذه الأرقام يمكن أن تتغير، كما أن النقل البحري هو المسؤول عن حوالي 13% من انبعاثات أكسيد النيتروجين و12% من انبعاثات أكسيد الكبريت، التي تشكّل خطراً كبيراً على صحة الإنسان.[733] بالإضافة إلى ذلك، فإن هذا التلوث يؤدي أيضاً إلى تسريع زيادة حموضة مياه المحيطات، مما يهدد سلاسل الغذاء البحري وسلاسل التوريد والإمداد الغذائي العالمي.[734]

كما يؤثر تلوث الهواء الناجم عن الشحن البحري على بعض المجتمعات والمناطق أكثر من غيرها؛ فالأفراد الذين يعيشون بالقرب من طرق الشحن الرئيسية يعانون من نسب أعلى من تلوث الهواء بسبب عمليات الشحن، مما يجعلهم أكثر عرضة للمشاكل الصحية والتحديات الاقتصادية.[735] وقد أكدت الوكالة الدولية للطاقة المتجددة ضرورة استخدام مصفوفة الطاقة المتجددة بنسبة 100% بحلول عام 2050 من أجل تحقيق صافي الانبعاثات الصفري في قطاع الشحن البحري.[736]

أكثر من

%90

من التجارة العالمية تعتمد على **الشحن والنقل البحري الدولي.**

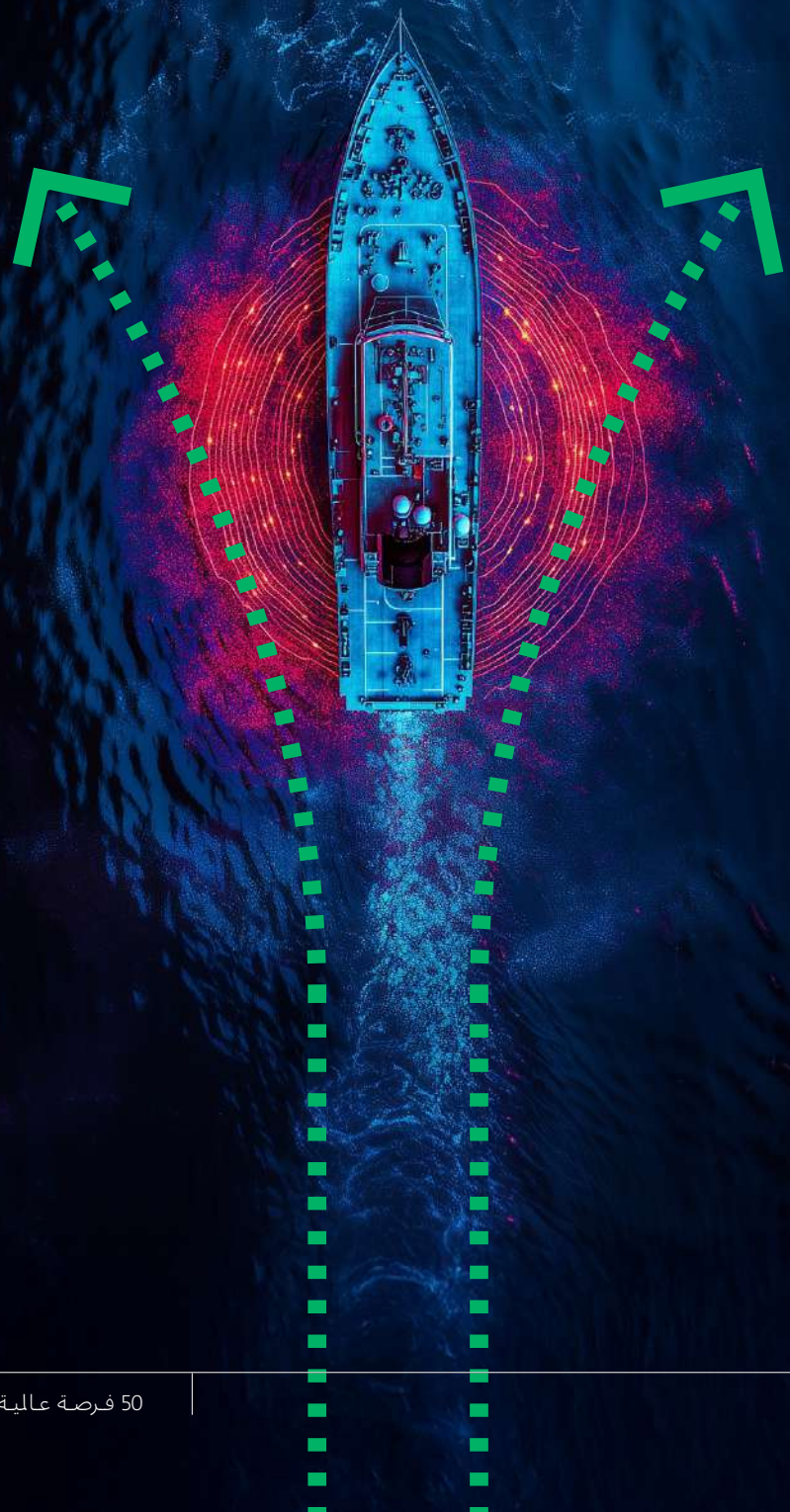
وتتوقع المنظمة البحرية الدولية أن **يرتفع حجم التبادل التجاري البحري** بنسبة قد تصل إلى

%115

بحلول 2050 مقارنة بعام 2020

أنظمة تحديد المسار الذكية

تمكّن السفن من تحديد أفضل المسارات بالاستفادة من الفرق في درجات الحرارة بين السطح وأعماق المحيط



الفرصة المستقبلية

يتم تزويد السفن بأنظمة معيارية لتحويل الطاقة الحرارية للمحيطات إلى طاقة كهربية (OTEC)، حيث يتم دمج هذه الأنظمة المُحسنة في تصميم السفن لتوليد الكهرباء أثناء الإبحار. وتعمل هذه الأنظمة بالاستفادة من الفرق بين درجات حرارة سطح المياه التي تُقاس بواسطة الأقمار الصناعية،[737] ودرجات الحرارة في أعماق البحار التي تُقاس هي الأخرى بواسطة تكنولوجيا إنترنت الأشياء تحت سطح المياه (IoUT).[738] ومع وصول الفرق في درجات الحرارة إلى ما لا يقل عن 20 درجة مئوية،[739] تبدأ مضخات مخصصة في ضخ المياه لتشغيل توربينات وتوليد الطاقة.[740]

ويعد دمج أنظمة تحويل الطاقة الحرارية للمحيطات إلى طاقة كهربية في السفن البحرية تحدياً هندسياً، لكنه في الوقت ذاته مساراً واعداً نحو طرق مبتكرة لتوليد الطاقة المتجددة[741] وضمان مستقبل أكثر استدامة لقطاع النقل البحري.[742]

ويمكن للسفن تحديد أفضل المسارات البحرية والتوجه بشكل مستقل إلى المواقع التي يكون فيها فارق درجات الحرارة كافياً لتوليد الطاقة، وذلك باستخدام الخرائط البحرية وإمكانات الذكاء الآلي المتقدم. ويسهم دمج حلول تخزين الطاقة المتطورة وتقنيات الجيل التالي من البطاريات في تخزين فائض الطاقة لتلبية احتياجاتها في المناطق التي لا توجد فيها فروق كافية في درجات الحرارة، أو لتوفير مصادر طاقة موثوقة في المناطق غير المزودة بمصادر طاقة كافية على اليابسة.

الإيجابيات

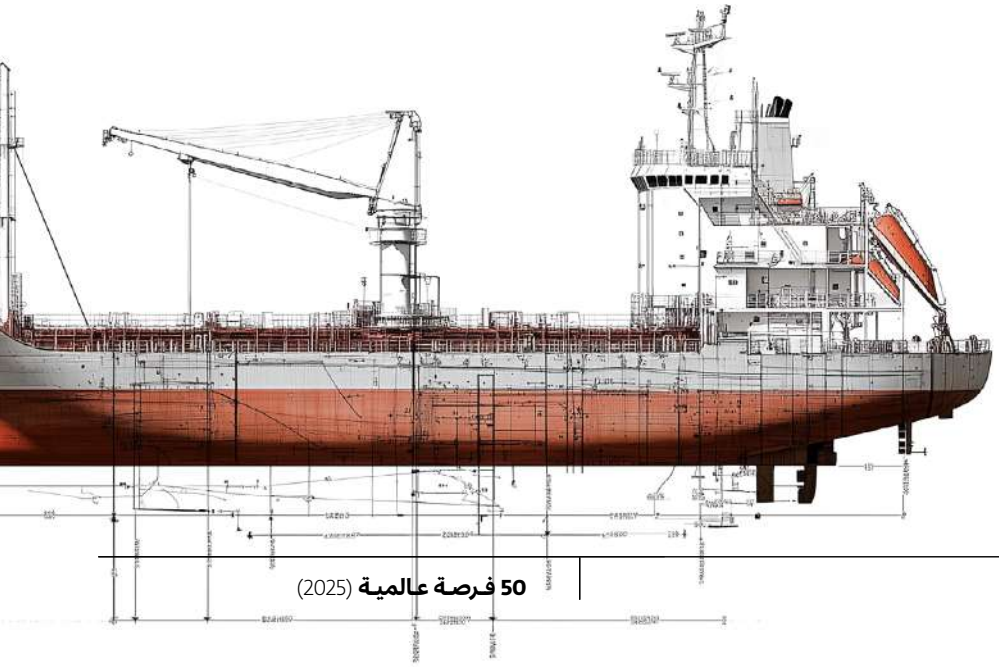
تزويد وسائل النقل البحري بالطاقة النظيفة، وتقليل الأثر البيئي لانبعاثاتها، ونقل الطاقة للمجتمعات التي تواجه تحديات في مجال الطاقة على اليابسة، وعدم احتياج السفن لإعادة التزوّد بالوقود.

المخاطر

ارتفاع تكاليف الصيانة، والحاجة إلى استثمارات هائلة خاصة خلال فترة التطوير والتجريب والتنفيذ الأولي، إلى جانب العديد من التحديات الهندسية الكبيرة.

يتم تزويد السفن بأنظمة معيارية لتحويل الطاقة الحرارية للمحيطات إلى طاقة كهربية

حيث يتم دمج هذه الأنظمة المُحسنة في تصميم السفن لتوليد الكهرباء أثناء الإبحار.



ماذا لو استبدلنا بطاريات الليثيوم بخيارات أكثر أمناً واستدامة؟

16

بطاريات كالسيوم بكفاءة عالية

قريب المدى | **متوسط المدى** | بعيد المدى

ابتكار بطاريات من الكالسيوم تمتاز بفعاليتها واستدامتها، تفوق في أدائها بطاريات أيونات الليثيوم وتوفر حلولاً فعالة لتلبية احتياجات تخزين الطاقة، وذلك من خلال الاستفادة من التطورات التي شهدها مجالات مثل التحليلات الآلية، والمواد الفائقة، والذكاء الآلي المتقدم.

المتغيرات الغامضة

الأنظمة، التكنولوجيا

التوجهات العالمية الكبرى

تطور تقنيات الطاقة

الاتجاهات السائدة

الممارسات البيئية والاجتماعية وحوكمة الشركات، وقياس النمو بما يتجاوز الناتج المحلي الإجمالي
مستقبل المواد الخام
تحفيز الابتكار
المواد الجديدة

التكنولوجيا

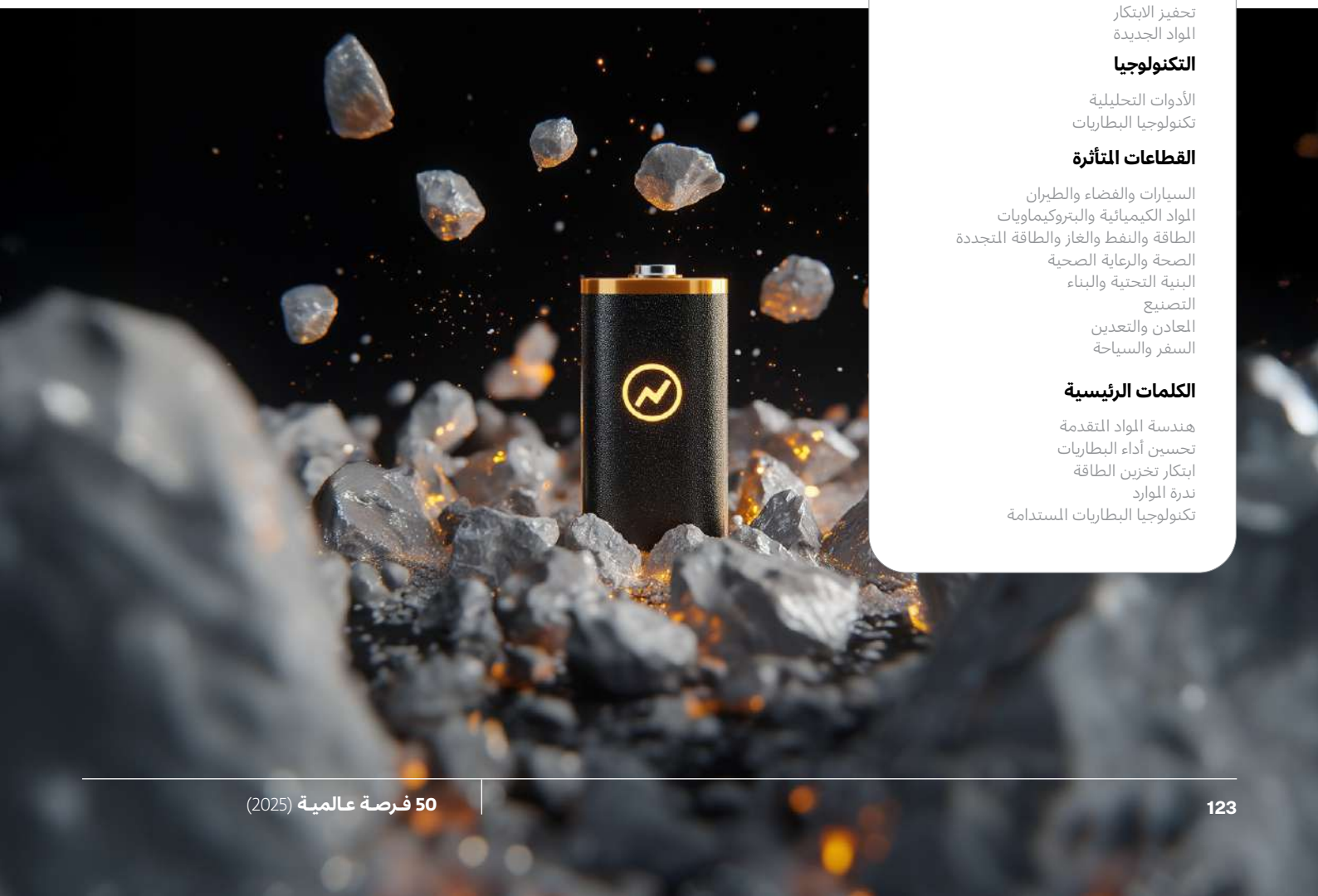
الأدوات التحليلية
تكنولوجيا البطاريات

القطاعات المتأثرة

السيارات والفضاء والطيران
المواد الكيميائية والبتروكيماويات
الطاقة والنفط والغاز والطاقة المتجددة
الصحة والرعاية الصحية
البنية التحتية والبناء
التصنيع
المعادن والتعدين
السفر والسياحة

الكلمات الرئيسية

هندسة المواد المتقدمة
تحسين أداء البطاريات
ابتكار تخزين الطاقة
ندرة الموارد
تكنولوجيا البطاريات المستدامة



الواقع الحالي

تُعد بطاريات أيونات الليثيوم من أكثر البطاريات شيوعاً واستخداماً في الأجهزة الإلكترونية المحمولة والمركبات[743] بسبب ارتفاع مستوى طاقتها وكثافتها وطول عمرها.[744] لكن في ظل تزايد ارتفاع الطلب على الليثيوم،[745] أصبح من الضروري ابتكار بدائل له للحد من التحديات المرتبطة به فيما يخص الاستدامة وندرة الموارد والسلامة والتكلفة.[746] فقد زاد الطلب على بطاريات الليثيوم بنسبة 30% في عام 2023، مع ارتفاع مبيعات السيارات الكهربائية لتصل إلى نحو 14 مليون سيارة بزيادة سنوية تُقدّر بنحو 35%.[747] وبينما يتراوح العمر الافتراضي لبطاريات السيارات الكهربائية بين خمس إلى ثمانِ سنوات فقط،[748] يتوقع ألا تلبي إمدادات المناجم من الليثيوم سوى 50% من الاحتياجات بحلول عام 2035.[749]

بالإضافة إلى ذلك، هناك مخاوف جدية أيضاً متعلقة بالبيئة والسلامة؛ إذ يتطلب تصنيع بطاريات أيونات الليثيوم الكوبالت والليثيوم والمغنيسيوم والنيكل، وهي مواد مرتبطة بالعديد من المخاطر على الصحة،[750] مع العلم أن 5% فقط من هذه البطاريات تخضع لإعادة التدوير على مستوى العالم رغم أن الإحصائيات الدقيقة غير واضحة.[751] من ناحية أخرى، تتسبب هذه البطاريات في زيادة مخاطر اندلاع الحرائق، فهي المسؤولة عن نحو 48% من حرائق النفايات في المملكة المتحدة وتحمل تكاليف تبلغ 158 مليون جنيه إسترليني سنوياً.[752، 753]

وبالفعل، هناك تقنيات ناشئة يمكن أن توفر بدائل فعالة لهذه البطاريات. ولذلك، تخطط شركات تصنيع السيارات، وبالأخص التي يقع مقرها في الصين، لطرح سيارات كهربائية تعمل ببطاريات أيونات الصوديوم في عام 2025،[754] إذ تُعد تكنولوجيا البطاريات المعتمدة على عناصر مثل الصوديوم والمغنيسيوم والكالسيوم والبوتاسيوم تكنولوجيا أكثر استدامة وقابلية للتطوير على نطاق واسع،[755] وبالأخص بطاريات الكالسيوم التي توفر سعة تخزين أكبر، مع توفر مكوناتها أكثر من غيرها.[756]

زاد الطلب على **بطاريات الليثيوم** بنسبة

%30

في عام 2023، مع ارتفاع مبيعات السيارات الكهربائية لتصل إلى

14 مليون

و يتوقع ألا تلبي إمدادات المناجم من الليثيوم **سوى 50% من الاحتياجات بحلول عام 2035**

الفرصة المستقبلية

ابتكار جيل جديد من بطاريات الكالسيوم تتفوق في أدائها على بطاريات أيونات الليثيوم[757] وتتغلب على التحدي الذي يواجه بطاريات الكالسيوم التقليدية - ألا وهو "الكفاءة".[758]

الكالسيوم أحد أكثر المعادن وفرة على كوكب الأرض،[759] ويتفوق على المعادن الأخرى المستخدمة في البطاريات (مثل الألومنيوم، الليثيوم، المغنيسيوم، البوتاسيوم، الصوديوم والزنك) من حيث درجة الانصهار والتوصيل الكهربائي. [760] كما يتميز الكالسيوم بدرجة انصهار أعلى، وهو ما يقلل بشكل كبير من مخاطر الحريق مقارنة ببطاريات الليثيوم. بالإضافة إلى ذلك، يسهم الذكاء الآلي المتقدم والمواد المبتكرة في تحسين تصميم البطاريات من خلال اختيار الإلكتروليتات المناسبة (وهي المادة التي تنقل الأيونات الموجبة بين قطبي البطارية، مما يتيح للبطارية الشحن والتفريغ) ومكونات الكاثود، وهو القطب الذي يحدث فيه الاختزال في البطارية الكهروكيميائية. يضمن هذا التصميم استقرار وموثوقية الأداء عبر درجات حرارة مختلفة وعلى مدى دورات شحن متعددة، مما يعزز كفاءة وأمان تخزين الطاقة بشكل كبير.[761]

الإيجابيات

توفير حلول ذات تكلفة معقولة لتخزين الطاقة النظيفة، والحد من الأثر البيئي، وتحقيق المزيد من الاستقلالية لقطاع الطاقة، إلى جانب توفير حلول مستدامة للطاقة حول العالم، وخلق فرص عمل في صناعات جديدة، وتعزيز السلامة العامة.

المخاطر

فقدان الوظائف في الصناعات التقليدية التي تعتمد على الليثيوم، ونشوء مخاطر بيئية ناجمة عن جمع موارد جديدة، إلى جانب حالات الغموض التكنولوجية، والتحديات أمام الاقتصادات التي تعتمد على الليثيوم.

الكالسيوم أحد أكثر المعادن وفرة على كوكب الأرض، ويتفوق على المعادن الأخرى المستخدمة في البطاريات من حيث درجة الانصهار والتوصيل الكهربائي

هل بإمكاننا ابتكار محطات طائرة تعمل على توليد طاقة الرياح على ارتفاعات شاهقة؟

17 توربينات طائرة في الهواء

قريب المدى | **متوسط المدى** | بعيد المدى

إنشاء محطات محمولة جواً لتوليد طاقة الرياح ودمج توربينات هوائية في المباني شاهقة الارتفاع، للاستفادة من الرياح الثابتة والتي تهب على ارتفاعات عالية لتوليد الطاقة في المناطق النائية وفي المدن، وذلك بالاعتماد على الابتكارات الجديدة في مجالات السلامة والاستدامة - مع مراعاة قابلية التطبيق على نطاق واسع في المستقبل.

المتغيّرات الغامضة

الأنظمة، التكنولوجيا

التوجهات العالمية الكبرى

تطوّر تقنيات الطاقة

الاتجاهات السائدة

الشراكة بين القطاعات
صافي الانبعاثات الصفري (الحياد المناخي)
المواد الجديدة

التكنولوجيا

تقنيات الاتصال المتطورة
تحول قطاع الطاقة
إنترنت الأشياء

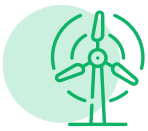
القطاعات المتأثرة

الزراعة والغذاء
الأنظمة وتكنولوجيا الاتصالات
أمن المعلومات والأمن السيبراني
علم البيانات والذكاء الاصطناعي وتعلّم الآلة
الخدمات المالية والاستثمار
الخدمات الحكومية
الصحة والرعاية الصحية
البنية التحتية والبناء

الكلمات الرئيسية

محطات الرياح المحمولة في الهوا
التغيّر المناخي
الطاقة المتجددة
الاستدامة
التوربينات الهوائية

الواقع الحالي



تسهم التطورات التكنولوجية في تعزيز إمكانات محطات طاقة الرياح بنسبة تصل إلى

%80

يتزايد الطلب العالمي على الطاقة المتجددة، لكن ليس من المتوقع أن يحقق معدل النمو في هذا القطاع الهدف الذي تبناه مؤتمر الأطراف في اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغيُّر المناخ في دورته الثامنة والعشرين (COP28)، والذي يتمثل في رفع القدرة الإنتاجية العالمية للطاقة المتجددة بمقدار ثلاثة أضعاف بحلول عام 2030.[762] فقد ارتفع حجم إنتاج الطاقة من الرياح بمقدار 265 تيراوات في الساعة (أي 14%) في عام 2022 ليصل إلى 2,100 تيراوات في الساعة،[763] ولرفع هذه القدرة بثلاثة أضعاف بحلول 2030 يتطلب زيادة في القدرة الإنتاجية بنسبة تتراوح بين 14 إلى 17% سنوياً.[764]

إن تغيّر أنماط الطقس يؤثر على توليد طاقة الرياح، فحالياً، يتم توليد 93% من طاقة الرياح العالمية على اليابسة،[765] في حين أن الانخفاض المتوقع في مصادر الرياح في نصف الكرة الشمالي نتيجة التغيّر المناخي[766] سيدفع بعض المناطق التي استثمرت في محطات طاقة الرياح الأرضية إلى إعادة تقييم مدى استدامتها وجدواها.[767] ومع ذلك، من المتوقع أن تسهم التطورات التكنولوجية (مثل تحسين تصميم شفرات التوربينات وتطوير المواد والارتقاء بالأنظمة) في تعزيز إمكانات محطات طاقة الرياح بنسبة تصل إلى 80% خلال هذا العقد[768] وزيادة كمية الطاقة المنتجة من التوربينات الهوائية.[769]

ويؤدي التوسع الحضري السريع، وعدم تقبّل المجتمعات لإنشاء محطات لتوربينات الرياح التقليدية، إلى تقليل الخيارات المتاحة لإنشاء هذه التوربينات على الأرض. فحوالي 56% من سكان العالم، أي 4.4 مليار نسمة، يعيشون حالياً في المدن، ومن المتوقع أن تتضاعف هذه النسبة إلى أكثر من 70% بحلول عام 2050.[770] ولا تتناسب توربينات الرياح التقليدية مع تصميم المدن نظراً لصغر المساحات المتاحة فيها، وعدم تقبل السكان لها بسبب الضجيج الذي ينتج عنها وحجمها وشكلها.[771] كما أن غالباً ما تكون حركة الرياح في المدن غير كافية لتوليد الطاقة بشكل فعّال.[772] لكن يمكن دمج التوربينات في تصاميم المباني شاهقة الارتفاع في المدن، كما هو الحال في مبنى المركز التجاري العالمي في البحرين الذي يبلغ ارتفاعه 240 متراً، حيث تم تصميم التوربينات لتوفير من 11 إلى 15% من احتياجات البرج من الطاقة[773،774] وهو ما يوفر خياراً جيداً للاستفادة من حركة الرياح القوية على ارتفاعات عالية في البيئة الحضرية.

حوالي

%56

من سكان العالم، أي 4.4 مليار نسمة، يعيشون حالياً في المدن، **ومن المتوقع أن تتضاعف بحلول عام 2050 إلى أكثر من**

%70

الفرصة المستقبلية

يمكن إنشاء محطات محمولة عبر الهواء لتوليد طاقة الرياح بتصاميم مبتكرة تستطيع الاستفادة من حركة الرياح الثابتة والقوية على ارتفاعات عالية تتراوح بين 300 و10,000 متر،[775] وإنتاج الطاقة في المناطق النائية أو التي لا تصل إليها شبكة الكهرباء[776]، أو المناطق المرتفعة ذات التضاريس الصعبة[777] أو حتى في المدن.

ويتم تحويل الطاقة الميكانيكية المولدة في النظام إلى كهرباء إما في محطات أرضية أو داخل النظام المحمول في الهواء.[778] وفيما يتعلق بالمخاوف المرتبطة بالأمن وبالسلامة، فيمكننا استلهام جيل جديد من التوربينات الهوائية بحيث تكون أكثر متانة ومقاومة للرياح الشديدة بالاعتماد على الابتكارات الهندسية وعلوم المواد والمحاكاة الحيوية المستوحاة من الطبيعة، وهو ما يحد من مخاطر ارتطام الطيور بالتوربينات وعدم التسبب بأضرار في البيئة المحيطة في حال تعطل التوربينات أو تلفها. ويمكن للابتكارات القائمة على المحاكاة الحيوية، المستلهمة من النباتات أو الحيوانات أو الحشرات أو الطبيعة بشكل عام، أن تحسن تصميم شفرات التوربينات أو أنظمتها بالكامل بالاعتماد على الذكاء الآلي المتقدم والطباعة ثلاثية الأبعاد،[779] وهو ما قد يسهم في تعزيز الطاقة الإنتاجية للنظام لتتخطى 1 ميغاوات.[780]

بالإضافة إلى تلك الأنظمة، يمكن تعزيز استخدام طاقة الرياح في البيئة الحضرية من خلال دمج التوربينات الهوائية في تصاميم الأبراج المرتفعة، مثل برج خليفة في دبي (828 م)،[781] وبرج مرديكا 118 في كوالالمبور (679 م)،[782] ومركز التجارة العالمي في نيويورك (541 م)[783] وغيرها الكثير، وتُنقل الطاقة إلى المباني والأحياء القريبة باستخدام الحوسبة المتقدمة والتطورات التي شهدها مجال علوم المواد في الآونة الأخيرة.

الإيجابيات

تولید الطاقة بالاستفادة من حركة الرياح القوية والثابتة على ارتفاعات عالية وتوفيرها للمناطق النائية والمدن.

المخاطر

الاعتماد على الأحوال الجوية التي تتميز بقوة وثبات حركة الرياح، وارتطام الطيور بالأنظمة، والتأثير على حركة الطيران، فضلاً عن ارتفاع تكاليف البناء والصيانة.

من خلال إنشاء محطات محمولة عبر الهواء يتم تحويل الطاقة الميكانيكية المولدة في النظام إلى كهرباء إما في محطات أرضية أو داخل النظام المحمول في الهواء. وفيما يتعلق بالمخاوف المرتبطة بالأمن وبالسلامة فيمكننا **استلهام جيل جديد من التوربينات الهوائية المستوحاة من الطبيعة**

ماذا لو استفدنا من الثروة المهدرة في مخلفات الصناعات السمكية؟

18

كنز نفايات الأسماك

قريب المدى | **متوسط المدى** | بعيد المدى

تحويل مخلفات الصناعات السمكية إلى منتجات ذات قيمة عالية مثل الأسمدة الحيوية والبوليمرات الحيوية، من خلال عمليات جمع البيانات المحسّنة والتطورات التكنولوجية ذات الصلة، مما يعزز الاستدامة ويدعم الاقتصاد الدائري.

المتغيّرات الغامضة

الأنظمة، الطبيعة

التوجهات العالمية الكبرى

إدارة النُظم البيئية

الاتجاهات السائدة

الاقتصاد الحيوي
الاقتصاد الأزرق
مصفوفة الغذاء والماء والطاقة
الإدارة المستدامة للنفايات

التكنولوجيا

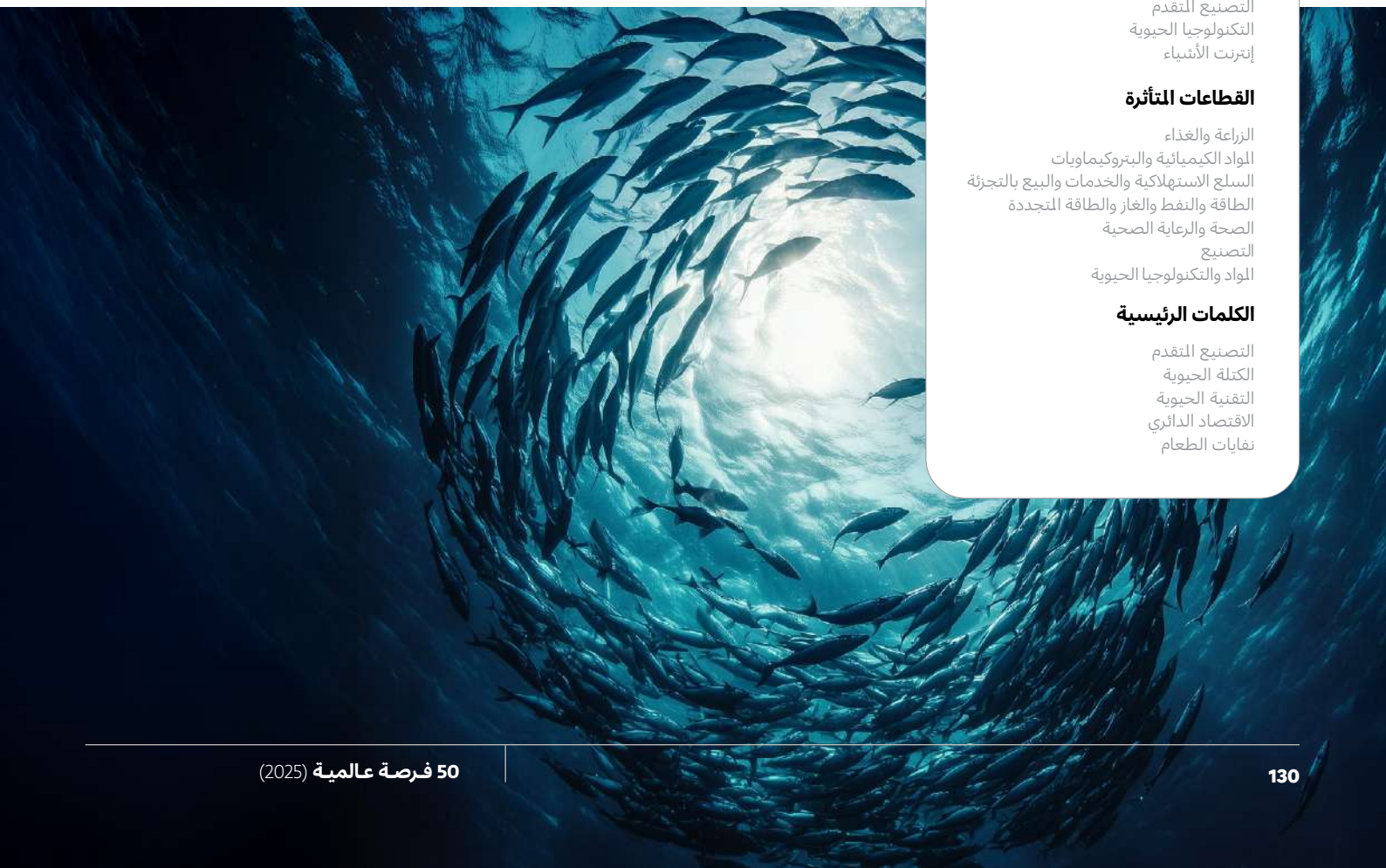
التصنيع المتقدم
التكنولوجيا الحيوية
إنترنت الأشياء

القطاعات المتأثرة

الزراعة والغذاء
المواد الكيميائية والبتروكيماويات
السلع الاستهلاكية والخدمات والبيع بالتجزئة
الطاقة والنفط والغاز والطاقة المتجددة
الصحة والرعاية الصحية
التصنيع
المواد والتكنولوجيا الحيوية

الكلمات الرئيسية

التصنيع المتقدم
الكتلة الحيوية
التقنية الحيوية
الاقتصاد الدائري
نفايات الطعام



الواقع الحالي

تُعد **المأكولات البحرية** مصدراً أساسياً للبروتين لما يقارب

3.3 مليـــار

شخص حول العالم، وهي تشكل حوالي ثلث إنتاج البروتين عالمياً

الأنظمة الغذائية الزراعية هي المسؤولة عن انبعاث نحو ثلث انبعاثات الغازات الدفيئة حول العالم، وهو ما يجعلها من أبرز عوامل التغير المناخي.[784] وتشمل هذه الأنظمة المنتجات التي يعود منشأها إلى الزراعة أو إدارة الغابات أو صيد الأسماك، وتنتج الانبعاثات الصادرة عنها بشكل رئيسي من الأنشطة المتعلقة بالمحاصيل والإنتاج الحيواني، واستهلاك الطاقة في المزارع، واستخدام الأراضي والتغييرات التي تطرأ على الأراضي بسبب ذلك الاستخدام، وعمليات نقل الغذاء بين المجتمعات المحلية، وكذلك التخلص من النفايات الغذائية.[785]

وتُعد المأكولات البحرية مصدراً أساسياً للبروتين لـما يقارب 3.3 مليار شخص حول العالم،[786] وهي تشكل حوالي ثلث إنتاج البروتين عالمياً، أي 158 مليون طن سنوياً،[787] ومن المتوقع أن ترتفع هذه النسبة بنحو 15% لتصل إلى 181 مليون طن بحلول عام 2030.[788] ورغم وجود بعض الاختلافات في البيانات المتاحة، إلا أن هذا القطاع يتكبد خسائر فادحة تتخطى نسبتها 75% خلال مراحل الصيد والمعالجة والاستهلاك، بسبب التلف أو عيوب خلال عملية التصنيع أو الفجوات في البنية التحتية. [789]

لكن من المتوقع أن تشهد المنتجات القائمة على العناصر الحيوية نمواً كبيراً، حيث يُتوقع أن تبلغ قيمة السوق العالمية للأغذية والمنتجات والطاقة الحيوية 12.8 تريليون دولار بحلول عام 2030. [790] كما يُتوقع أن ينمو استهلاك الغذاء والعلف الحيوي بمعدل 3.3% سنوياً، ليصل إلى 5 تريليونات دولار بحلول 2030. [791] وتشمل الأغذية الحيوية تلك المنتجة من مصادر متجددة باستخدام التخمير، وإعادة التدوير، والزراعة التجديدية (أي الزراعة بطريقة تعمل على تحسين صحة التربة والتنوع الحيوي وكفاءة استخدام المياه، وتقلل من انبعاثات غازات الدفيئة).[792]

الفرصة المستقبلية

تتيح تقنيات التصنيع المتطورة، وإمكانات الذكاء الآلي المتقدم، والتكنولوجيا الحيوية، تطوير أساليب مبتكرة لاستخلاص المنتجات الحيوية من نفايات الأسماك، في إطار السياسات والجهود الحكومية الشاملة الهادفة إلى دعم ممارسات الصيد المستدامة.[793] بالمثل، تسهم أنظمة جمع وتحليل البيانات المتطورة في تتبع عمليات الصيد والإنتاج ومعالجة النفايات، ومن ثمّ تعزيز كفاءة إدارة النفايات السمكية،[794] ويمكن من خلال هذه الأساليب المبتكرة تحويل النفايات السمكية بكفاءة إلى منتجات حيوية نافعة تُستخدم في مجال الزراعة[795] وإنتاج مستحضرات التجميل (مثل الكولاجين)، [796] والرعاية الصحية (مثل التئام الجروح).[797]

وتوفر التقنيات الناشئة، مثل تقنيات استخراج السوائل فوق الحرجة، والحقول الكهربائية النبضية، حلولاً مستدامة وفعّالة لاستخلاص المكونات عالية القيمة من النفايات السمكية، بما فيها البروتينات والأحماض الدهنية والأصباغ.[798] ويؤدي دمج هذه التقنيات مع تطبيقات التكنولوجيا الحيوية، مثل التخمير، إلى تعزيز كفاءة التحويل بشكل كبير، مما يتيح الاستفادة المثلى من الموارد وتقليل الهدر.[799]

الإيجابيات

التقليل من النفايات السمكية في مكبات النفايات، وتحسين كفاءة استخدام الموارد، وتعزيز الاقتصاد الدائري، ودعم أهداف التنمية المستدامة للأمم المتحدة، ودعم التطور التكنولوجي في معالجة الكتلة الحيوية.

المخاطر

زيادة ممارسات الصيد الجائر بسبب المكاسب الاقتصادية في مراحل لاحقة من سلسلة التوريد، وتراجع الجهود المبذولة لتقليل النفايات في مراحل سلسلة التوريد.

تتيح تقنيات التصنيع المتطورة، وإمكانات الذكاء الآلي المتقدم، والتكنولوجيا الحيوية تحويل النفايات السمكية بكفاءة إلى منتجات حيوية نافعة تُستخدم في مجال الزراعة **وإنتاج مستحضرات التجميل (مثل الكولاجين)، والرعاية الصحية (مثل التئام الجروح)**

تمكيـــن المجتمعـات

في هذا المحور الهام، تهدف الفرص إلى تمكين المجتمعات عبر توفير الحلول المناسبة لاحتياجاتها ذات الأولوية، وتحسين الأنظمة التي تعتمد عليها، وحمايتها من المخاطر التي قد تضعفها في مواجهة الأزمات، ودعم الإمكانات الفردية والجماعية من أجل تحقيق المزيد من النمو والتطور.

هل سيصبح زميل العمل الروبوتي حقيقة قريباً؟

19 علاقات إنسانية روبوتية

قريب المدى | متوسط المدى | بعيد المدى

إنشاء فريق عمل دولي يضم خبراء من تخصصات مختلفة لوضع معايير عالمية للعلاقة بين الإنسان والروبوتات، بحيث تركز تلك المعايير على بناء الثقة بين الطرفين، من خلال ضبط ردود الفعل العاطفية وتطوير بيئة العمل.

المتغيّرات الغامضة

التكنولوجيا، القيم المجتمعية

التوجهات العالمية الكبرى

التعايش مع الروبوتات المستقلة والأتمتة

الاتجاهات السائدة

الشراكة بين القطاعات
المجتمعات الرقمية
التفاعل بين البشر والروبوتات
التعاون الدولي
تحفيز الابتكار

التكنولوجيا

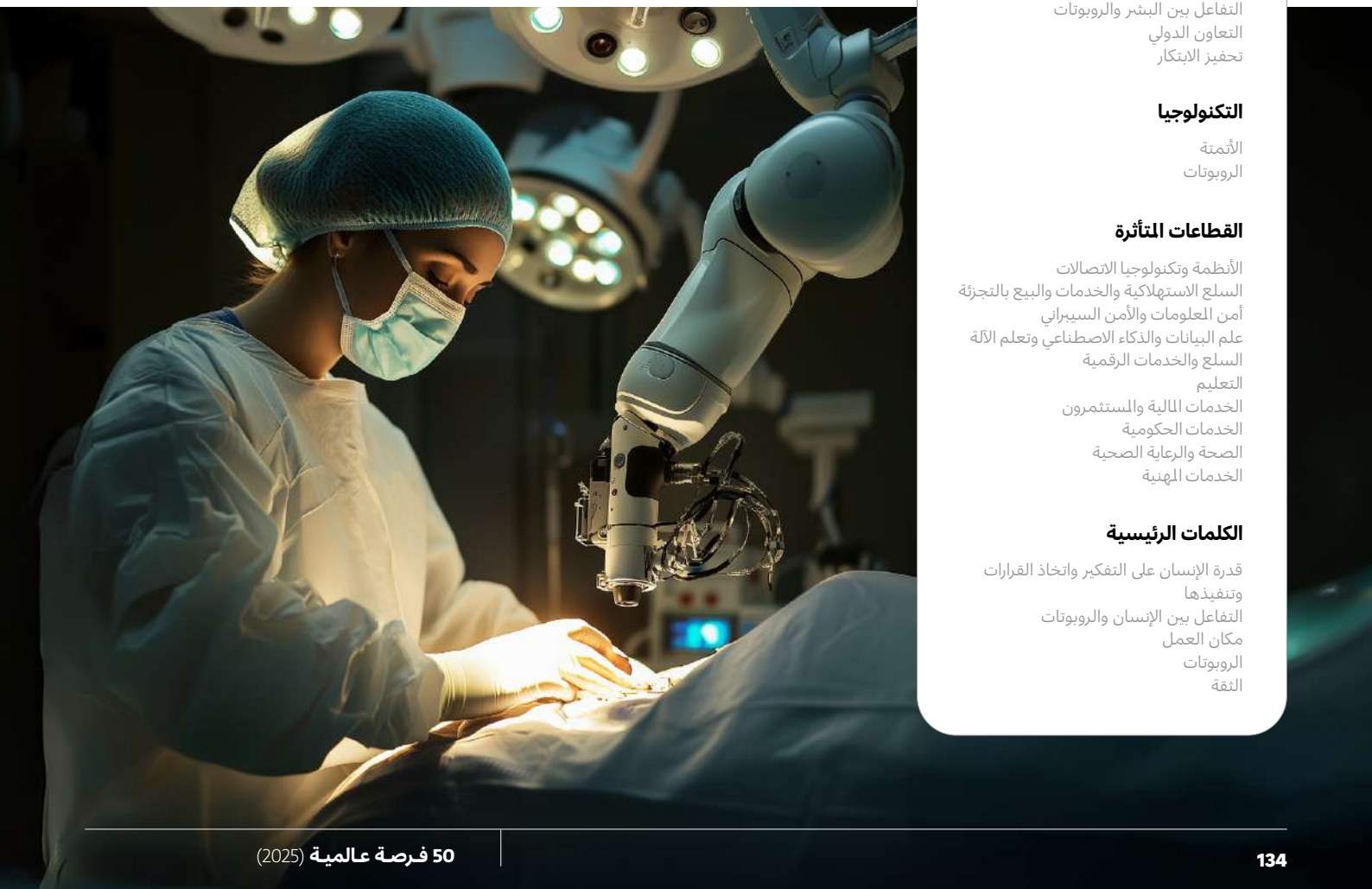
الأتمتة
الروبوتات

القطاعات المتأثرة

الأنظمة وتكنولوجيا الاتصالات
السلع الاستهلاكية والخدمات والبيع بالتجزئة
أمن المعلومات والأمن السيبراني
علم البيانات والذكاء الاصطناعي وتعلم الآلة
السلع والخدمات الرقمية
التعليم
الخدمات المالية والمستثمرون
الخدمات الحكومية
الصحة والرعاية الصحية
الخدمات المهنية

الكلمات الرئيسية

قدرة الإنسان على التفكير واتخاذ القرارات وتنفيذها
التفاعل بين الإنسان والروبوتات
مكان العمل
الروبوتات
الثقة



الواقع الحالي

لم يعد وجود الروبوتات خيالاً علمياً، فقد بلغ عدد الروبوتات الصناعية حول العالم 4 ملايين روبوت، مع زيادة بنسبة 25% في قطاع السيارات خلال عام 2023، يليه قطاع الإلكترونيات بنسبة 23% والمعادن والآلات بنسبة 14%.[800] ونظراً إلى النقص في الأيدي العاملة في الدول ذات الدخل المرتفع، من المتوقع ارتفاع نسبة الروبوتات الصناعية بين عامي 2024 و2027 بمعدل 4% سنوياً في آسيا وأستراليا والأمريكتين، وبمعدل 3% في أوروبا.[801] أما روبوتات الخدمة، فتُستخدم بالدرجة الأولى في مجالات النقل والخدمات اللوجستية، تليها الضيافة والزراعة والتنظيف والقطاع الطبي.[802] هذه الزيادة المضطردة في تبني الحلول الروبوتية تثير العديد من المخاوف بشأن فقدان الوظائف، والتحيز، واتساع الفجوات الاجتماعية والاقتصادية، وتأثير ذلك على التفاعل البشري.[803]

الى جانب الروبوتات، يثير الذكاء الاصطناعي ردود أفعال متباينة، حيث يطالب 71% من الأفراد حول العالم بضرورة تطوير تشريعات وقوانين تنظيمية لحوكمة قطاع الذكاء الاصطناعي، بينما لا يعتبر 17% من الأفراد أن تطوير التشريعات التنظيمية أمراً ضرورياً، بينما أبدى 12% ترددهم حول موقفهم من هذا الأمر.[804] كما أظهر مقياس إيدلمان للثقة لعام 2024 أن 30% فقط من المشاركين في الاستطلاع حول العالم يؤيدون الذكاء الاصطناعي، بينما يرفضه 35% بسبب المخاوف حول الخصوصية وشعورهم بأن الذكاء الاصطناعي قد يمس بجوهر الإنسانية، إلى جانب المخاطر المحتملة على المجتمع، وعدم اختباره بشكلٍ كافٍ لإصدار تقييمات شاملة حوله.[805] وإلى الآن، لا يوجد ما يؤكد نظرية أن الروبوتات والذكاء الاصطناعي ستحل محل البشر، رغم التوقعات السابقة بشأن اندماجها في الحياة اليومية والعمل.[806]

هذه الأسباب وغيرها تزيد من تعقيد العلاقة بين الإنسان والروبوتات. ورغم تطوير مجموعة من المعايير الأخلاقية والأمنية التي تحدد هذه العلاقة (مثل معايير المنظمة الدولية للمعايير والمعهد البريطاني للمعايير والمعهد الوطني الأمريكي للمعايير والتكنولوجيا)، إلا أنها تتطلب تطويراً مستمراً من أجل تعزيز عملية دمج الروبوتات في أماكن العمل[807] والسياقات الاجتماعية الأخرى. تتجاوز العلاقة بين الإنسان والروبوت المخاوف التقنية والسلامة لتشمل الجوانب العاطفية والأخلاقية والاجتماعية الأوسع.

بلغ **عدد الروبوتات الصناعية** حول العالم

4 ملايين

من المتوقع ارتفاع نسبة الروبوتات الصناعية بين عامي 2024 و2027 بمعدل 4% سنوياً في آسيا وأستراليا والأمريكتين، وبمعدل 3% في أوروبا

يثير الذكاء الاصطناعي ردود أفعال متباينة، حيث يطالب

71%

من الأفراد حول العالم بضرورة تطوير تشريعات وقوانين تنظيمية لحوكمة قطاع الذكاء الاصطناعي

تتجاوز العلاقة بين الإنسان والروبوت المخاوف التقنية والسلامة **لتشمل الجوانب العاطفية والأخلاقية والاجتماعية الأوسع.**

الفرصة المستقبلية

يتم تشكيل فريق عمل دولي يضم باحثين من تخصصات متعددة، مثل علم النفس والأنثروبولوجيا (وهو علم الإنسان والحضارات والمجتمعات البشريّة، وسلوكيّات الإنسان وأعماله) والهندسة وعلوم الأعصاب والعلوم السلوكية والاتصالات، وتكون مهمته تطوير نموذج ومعايير جديدة لتفاعل الإنسان مع الروبوتات، خصوصاً في أماكن العمل. وسيمثل هذا النموذج تحولاً كبيراً في طريقة دمج الروبوتات في المجتمع، مما يعود بالنفع على الإنسانية على المدى الطويل.

بالإضافة إلى توحيد الأبحاث الحالية، يقوم الفريق ببناء مستودع يضم دراسات حالة طولية وبيانات من العالم الحقيقي لتعزيز البحث عبر السياقات الثقافية والمواقف المختلفة. يستكشف النموذج الأسباب والطرق التي يستجيب بها البشر عاطفياً لأنواع مختلفة من الروبوتات، مع التركيز على نظريات مثل الهوية الاجتماعية وانتقال العواطف.[808] تُشكل هذه الجهود أساساً لنظام قوي يضم كلاً من البشر والروبوتات حيث يزدهر الابتكار دون المساس بإرادة الإنسان وقدرته على اتخاذ القرارات أو القيم المجتمعية، بما يُمكّن تبني هذه التقنيات بشكل أسرع وأكثر ثقة عبر القطاعات المختلفة، مع تعزيز الشعور بالهدف المشترك لدى أفراد المجتمع.

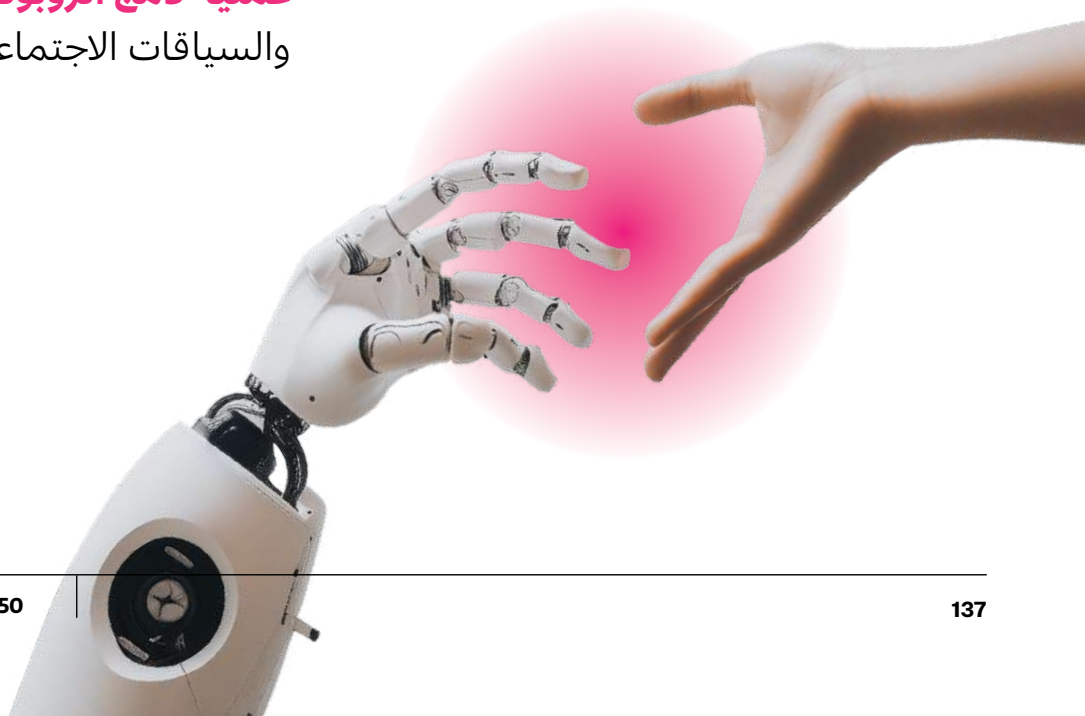
الإيجابيات

دمج الروبوتات في المجتمعات بالاستناد إلى أدلة ودراسات متخصصة، وتعزيز التعاون العالمي، وتسريع تبني الروبوتات نتيجة زيادة نسب تقبّل المجتمعات لها، والحفاظ على الإبداع البشري وقدرة الإنسان على اتخاذ القرارات بنفسه وتنفيذها، وتسليط الضوء على إيجابيات وأهداف تسريع تبني هذه التكنولوجيا وتوظيفها في خدمة البشرية.

المخاطر

الإخفاق في إقناع الجمهور بأهمية هذا التحول، وصعوبات التواصل الثقافي، وتحديات التنسيق بين التخصصات المتنوّعة.

العلاقة بين الإنسان والروبوتات معقدة، **ورغم تطوير مجموعة من المعايير الأخلاقية والأمنية التي تحدد هذه العلاقة إلا أنها تتطلب تطوير مستمر من أجل تعزيز عملية دمج الروبوتات** في أماكن العمل والسياقات الاجتماعية الأخرى.



كيف يمكن أن نستلهم من مفاهيم الفيزياء حلولاً تعزز الروابط المجتمعية؟

20

حلول مجتمعية بطابع فيزيائي

قريب المدى | **متوسط المدى** | بعيد المدى

المفاهيم الأساسية لفيزياء الكم (مثل التشابك الكمي - حيث تكون الجسيمات الكمية مرتبطة بطريقة تجعل حالة أحدهما تؤثر على حالة الأخرى، بغض النظر عن المسافة بينهما) يمكن أن تلهمنا معانٍ جديدة تساعدنا في ابتكار حلول فعالة لأبرز تحدياتنا المجتمعية.

المتغيرات الغامضة

التكنولوجيا، الأنظمة

التوجهات العالمية الكبرى

إعادة تحديد الأهداف الإنسانية

الاتجاهات السائدة

الشراكة بين القطاعات
مستقبل العمل
تحفيز الابتكار

التكنولوجيا

الذكاء الاصطناعي
التقنيات الكمومية

القطاعات المتأثرة

جميع القطاعات

الكلمات الرئيسية

الذكاء الاصطناعي
التغيّر المناخي
الصحة النفسية
فيزياء الكم
الغموض

الواقع الحالي

تتزايد الحاجة لتوفير حلول مبتكرة للتحديات العالمية. فقد شهد قطاع تكنولوجيا المعلومات والاتصالات نمواً بمعدل 6.3% بين عامي 2013 و2023، متجاوزاً اقتصادات أغلب دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية.[809] وتشمل التحديات التي يواجهها هذا القطاع الأمن الرقمي والأمية الرقمية والمعلومات الخطأ والمضللة، ومحاولات الاستقطاب لوجهات نظر معينة، والهجمات الإلكترونية. [810]

إن الاستخدام المتعدد للذكاء الاصطناعي الذي يدعم بعض الوظائف ويحل مكان أخرى تسبب في حالة من الغموض وعدم الوضوح. وقد نمت الاستثمارات في مجال الذكاء الاصطناعي التوليدي بشكل ملحوظ من 1.3 مليار دولار في عام 2022 إلى 17.8 مليار دولار في عام 2023،[811] وارتفعت بالتوازي نسبة الحوادث الإلكترونية بمعدل 53 ضعفاً منذ أواخر عام 2022. [812] ويُتوقع أن يؤثر الذكاء الاصطناعي على 40% من الوظائف عالمياً، وقد تصل هذه النسبة إلى 60% في الدول ذات الدخل المرتفع مقارنة بـ 26% في الدول ذات الدخل المنخفض.[813] عدم وضوح التأثير المستقبلي الفعلي للذكاء الاصطناعي، وهو ما قد يؤدي بدوره إلى زيادة التحديات المتعلقة بالتفاوت في الدخل والثروات بين الأفراد.[814]

وتشمل التحديات العالمية الأخرى الصحة النفسية وتغير المناخ. وتُعتبر الصحة النفسية من أبرز المخاوف الصحية في 31 دولة حول العالم،[815] إذ يعاني نحو 14% من الأطفال والمراهقين الذين تتراوح أعمارهم بين 10 و19 عاماً من اضطرابات نفسية.[816]

ومن ناحية المناخ، فإن درجات الحرارة العالمية ترتفع بمعدل يزيد عن درجة مئوية سنوياً، ومن المتوقع أن تتجاوز 1.5 إلى درجتين مئويتين خلال العقدين القادمين،[817] ويهدد هذا التغيّر المناخي مليون نوع من الكائنات بالانقراض،[818] ومن المتوقع أن يؤدي إلى انتشار الأمراض المعدية وتقلص مساحات الغابات وزيادة نسبة التلوث.[819] وبالتالي، فإن ابتكار نماذج متشابكة ومختلفة النطاقات ومتعددة المقاييس يعد أمراً ضرورياً لفهم هذه التحديات وتطوير الحلول لها.[820]

درجات الحرارة العالمية ترتفع
بمعدل يزيد عن

1°C

سنوياً، ومن المتوقع أن تتجاوز 1.5 إلى درجتين مئويتين خلال العقدين القادمين

من الممكن أن تساعدنا نظرية الكم ومفاهيمها في **فهم كيفية تطور المجتمعات بطرق مختلفة وفي سياقات وبيئات متباينة**

الفرصة المستقبلية

نظرية الكم هي جزء من الفيزياء الحديثة، وهي النظرية التي تهتم بدراسة سلوك المادة والضوء في المستوى الذري ودون الذري، ويمكننا إسقاط مفاهيمها الرئيسية، مثل التشابك الكمي[821] والتراكب،[822] على عالمنا المعاصر بما يشهده من تغييرات متسارعة ومتشابكة. ومن الممكن أن تساعدنا نظرية الكم ومفاهيمها في فهم كيفية تطور المجتمعات بطرق مختلفة وفي سياقات وبيئات متباينة، مما يمكننا من التفكير بطرق جديدة وإبداعية لإيجاد حلول للتحديات المعقدة التي تواجهها المجتمعات.

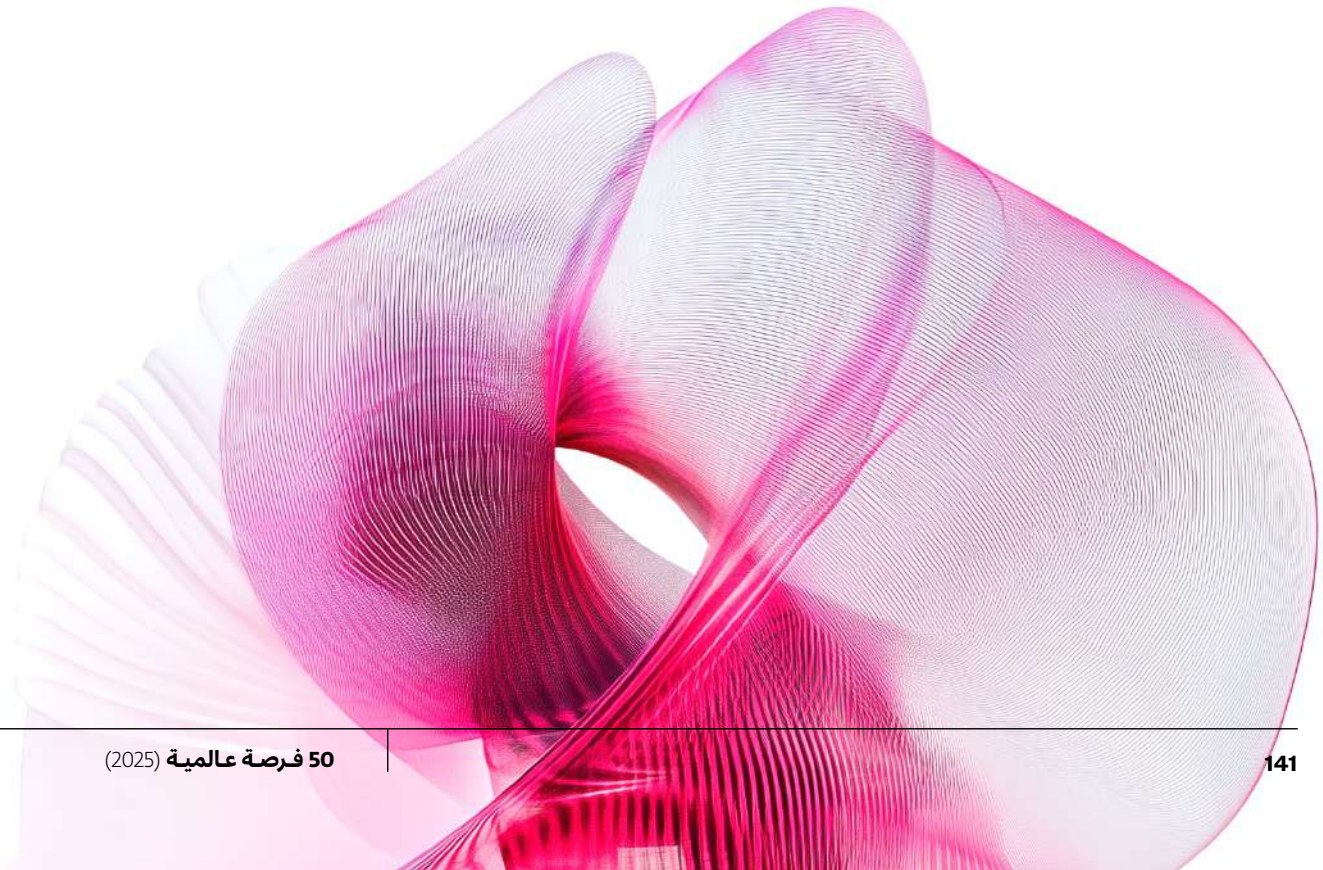
وقد ألهمت فيزياء الكم العلماء في مجالات مختلفة، مثل الفلسفة،[823] والعلاقات الدولية،[824] وتفسير العمليات الإدراكية،[825] والصحة النفسية.[826] فعلى سبيل المثال، يمكن إسقاط مفهوم التراكب الكمي (أي قدرة الجسيمات على الوجود في حالات متعددة في وقت واحد) على وجود الصفات الإنسانية بدرجات متفاوتة بين الأفراد نتيجة الظروف التي يمرون بها أو الجهود التي يبذلونها أو الخيارات التي يتخذونها.[827] وبهذا المنظور، يمكن أن تساعدنا مفاهيم فيزياء الكم على فهم أبرز التحديات بدءاً من التغيّر المناخي والرعاية الصحية وحتى التنمية الحضرية والخدمات اللوجستية، بما يحقق توازن بين الجوانب التقنية والاجتماعية والبيئية والاقتصادية من أجل ابتكار حلول مستدامة وفعّالة. وإلى جانب تطبيقات التقنيات الكمومية،[828] يمكن توظيف مبادئ نظرية الكم لإعادة تصميم ساحات العمل المادية والرقمية بما يعزز التعاون والإبداع بين فرق العمل المختلفة.[829] كما يمكن لنظرية الكم أن توفر فهماً أعمق لأنماط المناخ والعلاقات المعقدة بين التخفيف من آثار تغير المناخ، والتكيف مع تداعياته، وبناء القدرة على الصمود في مواجهتها. بالإضافة إلى ذلك، تتيح مبادئ الكم رؤى جديدة حول الانبعاثات الكربونية، مما يسهم في تحسين نظم المحاسبة الكربونية ودعم الجهود العالمية لتحقيق الاستدامة.

الإيجابيات

توظيف التفكير الإبداعي في مجالات متنوّعة، والتوصل إلى ابتكارات غير مسبوقة.

المخاطر

سوء تطبيق مبادئ فيزياء الكم بسبب تعقيدها.



هل يمكن أن تصبح أسوء سيناريوهات المستقبل دافعاً لنا لتغيير الحاضر؟

21 استباق الأزمات عبر عيشها

قريب المدى | متوسط المدى | **بعيد المدى**

تخيُّل أسوء السيناريوهات التي قد يشهدها العالم في المستقبل يمكن أن يكون حافزاً قوياً للعمل على تطوير سياسات استباقية وإحداث تغيير فعلي في المجتمع، مما يحفز الابتكار ويعزز قدرة المجتمعات على مواجهة الأزمات المستقبلية، ويشجع على التعاون الدولي.

المتغيّرات الغامضة

الأنظمة، القيم المجتمعية

التوجهات العالمية الكبرى

إعـادة تحـديد الأهداف الإنسانية

الاتجاهات السائدة

الشراكة بين القطاعات
الممارسات البيئية والاجتماعية وحوكمة الشركات وقياس ما هو أبعد من الناتج المحلي الإجمالي
الرشاقة الحكومية
التعاون الدولي
البيانات المفتوحة

التكنولوجيا

الذكاء الاصطناعي
التقنيات الغامرة والأجهزة القابلة للارتداء
التحليلات الفورية

القطاعات المتأثرة

الأنظمة وتكنولوجيا الاتصالات
أمن المعلومات والأمن السيبراني
علم البيانات والذكاء الاصطناعي وتعلّم الآلة
التعليم
الخدمات الحكومية
التقنيات الغامرة

الكلمات الرئيسية

التهديدات المناخية
تهديدات الأمن السيبراني
تقنيات اللمس عن بعد والواقع الممتد
التعاون الدولي
تخصيص الموارد

الواقع الحالي

يواجه الاقتصاد العالمي انخفاضاً في الدخل بمعدل

%19

خلال السنوات الـ 26 المقبلة بسبب التغيّر المناخي (ومن المرجح أن تتراوح هذه النسبة بين 11 و29%)

قد تكون الأساليب التقليدية لوضع السياسات غير كافية في ظل عدم الاستقرار الذي يخيّم على العالم؛ إذ يتوقع 54% من الخبراء حول العالم أن نعيش في العامين المقبلين أوضاعاً غير مستقرة وأن نشهد كوارث عالمية متوسطة التأثير، فيما يتوقع 63% منهم أن يعيش العالم اضطرابات وظروفاً غير مستقرة بحلول العام 2034 -[830] فالتغير المناخي والتحولات التكنولوجية وتهديدات الأمن السيبراني والأوبئة، كل ذلك ليس إلا أمثلة قليلة على التحديات المعقدة التي تهدد مستقبل العالم.

ويرى حوالي 90% من المشاركين في استطلاع للرأي أجرته الأمم المتحدة أن التعاون الدولي ضروري لمواجهة التحديات المعاصرة.[831] إذ تتطلب مواجهة هذه التحديات المتشابكة تبني آلية جديدة للتعاون الدولي لا تقتصر على القنوات الدبلوماسية التقليدية والحلول التي تتخذها الدول على المستوى الوطني، بل تضمن إشراك مختلف الأطراف المعنية، بما فيها الحكومات والمنظمات الدولية ومؤسسات القطاع الخاص ومنظمات المجتمع المدني والمؤسسات الأكاديمية والعلمية، وتطبيق منهجيات فعّالة لاستشراف المستقبل واتخاذ قرارات مؤثرة متفق عليها بالتنسيق بين جميع الأطراف.

كما تزداد الحاجة للتخصيص الذكي للموارد لا سيما في هذا العصر الذي يواجه فيه العالم مخاوف متعلقة بندرة الموارد. فمن المتوقع أن يواجه الاقتصاد العالمي انخفاضاً في الدخل بمعدل 19% خلال السنوات الـ 26 المقبلة بسبب التغيّر المناخي (ومن المرجح أن تتراوح هذه النسبة بين 11 و29%).[832] وستكون التداعيات الإقليمية لهذا التراجع شديدة، فعلى سبيل المثال، من المتوقع أن تشهد أمريكا الشمالية وأوروبا انخفاضاً في الدخل بنسبة 11% تقريباً، فيما تصل هذه النسبة إلى 22% في جنوب آسيا وأفريقيا.[833] وبالمثل، فقد زادت الفجوة في الناتج الاقتصادي بين الدول ذات الدخل المرتفع وذات الدخل المنخفض بنسبة 25% بالفعل بسبب تداعيات التغيّر المناخي.[834] لذا، لا بدّ من إقرار سياسات تتبنى إجراءات حاسمة وجريئة، لا سيما في ظل التوقعات بارتفاع الاستهلاك العالمي للموارد الطبيعية بنسبة 60% بحلول عام 2060 مقارنة بمستويات عام 2020.[835]

من المتوقع ان يرتفع الاستهلاك
العالمي للموارد الطبيعية بنسبة

%60

بحلول عام 2060 مقارنة
بمستويات عام 2020

الفرصة المستقبلية

يمكن توفير تجارب غامرة ومتعددة الحواس بالاستفادة من تكنولوجيا اللمس عن بعد والواقع الممتد والذكاء الآلي المتقدم والتحليلات التنبؤية، بحيث تمكّن الحكومات والمؤسسات من عيش الأزمات المحتملة والاستجابة لها بشكل استباقي، من خلال محاكاة أسوأ السيناريوهات الممكنة مثل الكوارث المناخية، والتحولات التكنولوجية، والنزوح الجماعي، والهجمات الإلكترونية، وانهيار النظام الغذائي. هذه التجارب الغامرة تحوّل المخاوف النظرية إلى رؤى ملموسة قابلة للتنفيذ، وتساعد بالتالي صنّاع القرار وواضعي السياسات في التخصيص الأمثل للموارد، وإنشاء صناديق الإغاثة بفعالية أكبر، كما تسهم في تطوير آليات للاستجابة الفورية لمواجهة التحديات المتغيرة التي يشهدها العالم.

ويؤدي الذكاء الآلي المتقدم دوراً محورياً في إنشاء تجارب محاكاة واقعية ذات جودة فائقة، وذلك عبر دمج مجموعات بيانات ضخمة مرتبطة بالأحداث التاريخية وإشارات الاتجاهات الحالية. كما يمكن للتحليلات الفورية أن تتعقب الأنماط الناشئة في الأسواق العالمية والحراك المجتمعي والمؤشرات البيئية، بما يضمن اعتماد السيناريوهات الناتجة على أحدث المعطيات الاجتماعية والاقتصادية. ومن هذا المنطلق، يمكن لهذه التجارب أن تشجع العمل الجماعي على المستوى العالمي، من خلال ترسيخ التعاون الدولي وتشجيع الشراكات بين القطاعات في مجال جمع وتحليل البيانات.

الإيجابيات

تعزيز الاستعداد لمواجهة التحديات العالمية، وتحسين القدرة على التخطيط طويل المدى والصمود أمام الأزمات، إلى جانب فتح أفق جديدة لترسيخ التعاون الدولي، وإتاحة البيانات للجميع، وتحسين عملية صناعة السياسات.

المخاطر

إثارة مشاعر القلق والتشاؤم، والخطأ في تخصيص الموارد عبر التنبؤ بسيناريوهات غير محتملة، فضلاً عن إخفاق الإجراءات المتخذة لمواجهة السيناريوهات المحتملة، وارتفاع تكلفة تطوير هذه التجارب وصيانتها.

يؤدي الذكاء الآلي المتقدم دوراً محورياً في إنشاء تجارب محاكاة واقعية ذات جودة فائقة، وذلك عبر دمج مجموعات بيانات ضخمة مرتبطة بالأحداث التاريخية وإشارات الاتجاهات الحالية

ماذا لو أصبح شغفنا هو المعيار الحقيقي للسعادة؟

22

مقيـاس جديـد لجـودة الحيـــاة

قريب المدى | **متوسط المدى** | بعيد المدى

تبني أساليب مبتكرة لقياس جودة حياة الإنسان (الحياة الهادفة) سيسهم في فتح آفاق جديدة لتحقيق مفهوم السعادة، بحيث تركز على النمو الشخصي، وبناء العلاقات الهادفة، والسعي لتحقيق الأهداف المشتركة مدعومة بمجتمعات مستدامة، وإمكانات التكنولوجيا المتطورة، والتعلم القائم على حب استكشاف الحياة بمفهومها العميق والهادف.

المتغيّرات الغامضة

الأنظمة، القيم المجتمعية

التوجهات العالية الكبرى

إعـادة تحـديد الأهداف الإنسانية

الاتجاهات السائدة

الممارسات البيئية والاجتماعية وحوكمة الشركات
وقياس ما هو أبعد من الناتج المحلي الإجمالي
مستقبل التعليم
مستقبل الأهداف الإنسانية والعمل
إطالة العمر والحيوية
الصحة النفسية

التكنولوجيا

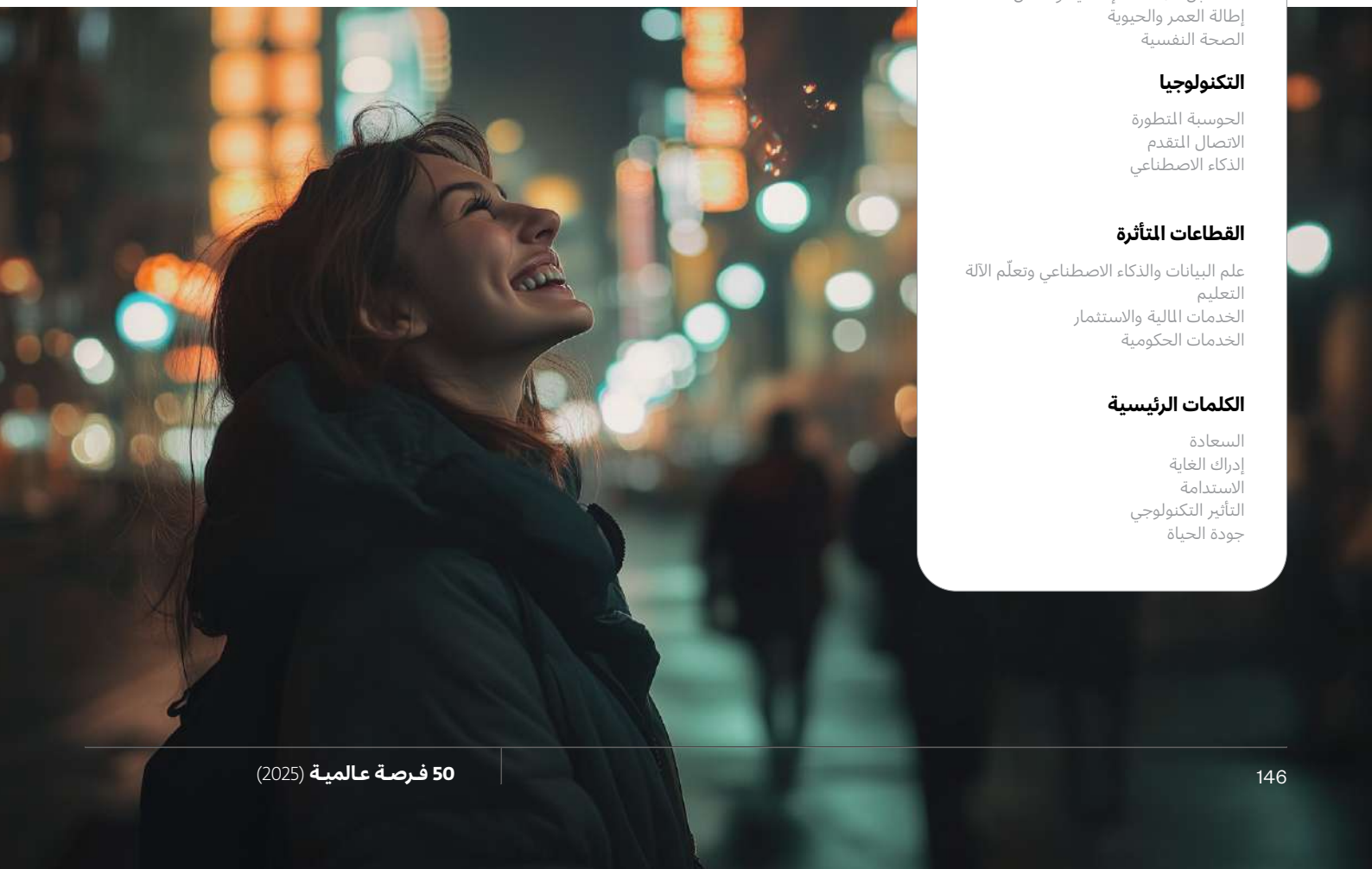
الحوسبة المتطورة
الاتصال المتقدم
الذكاء الاصطناعي

القطاعات المتأثرة

علم البيانات والذكاء الاصطناعي وتعلّم الآلة
التعليم
الخدمات المالية والاستثمار
الخدمات الحكومية

الكلمات الرئيسية

السعادة
إدراك الغاية
الاستدامة
التأثير التكنولوجي
جودة الحياة



الواقع الحالي

نظرة المجتمع الدولي لمفهوم النجاح تشهد تحولاً ملحوظاً؛ فمثلاً، زادت الأصوات الداعية لإنشاء مقياس جديد للنمو بدلاً من الناتج المحلي الإجمالي لعدم ملاءمته لمتطلبات العصر.[836] فرغم أن الناتج المحلي الإجمالي العالمي قد شهد نمواً ملحوظاً ليتجاوز 100 تريليون دولار في ظل ارتفاع في متوسط دخل الفرد بنسبة 150% منذ عام 1985، إلا أن ذلك لم يعالج تحديات مثل التفاوت والفجوات المجتمعية والتحديات البيئية وغيرها، والتي تهدد جودة حياة الأجيال الحالية والمستقبلية.[837] وقد شدد "ميثاق المستقبل"، الذي اعتُمد خلال "مؤتمر القمة المعني بالمستقبل" الذي نظمته الأمم المتحدة في 2024، على أهمية تعزيز جودة الحياة وضمان الاستدامة من جميع جوانبها.[838] في حين تعمل عدّة دول، من بينها فنلندا وأيسلندا واسكتلندا وويلز، على إعادة تعريف مفهوم النجاح من خلال تطوير أطر عمل تعطي الأولوية لجودة حياة الإنسان وصحة كوكب الأرض بدلاً من التركيز على النمو المادي فقط.[839]

قد يصعب تحديد مفهوم السعادة نظراً لاختلافه من جيل لآخر. فقد اعتبر أكثر من 70% من الأفراد في 30 دولة أنهم سعداء في عام 2024، وهو ارتفاع ملحوظ مقارنةً بنتائج استبيان عام 2020 الذي سجل 63%، ولكن تظل هذه النسبة أقل من النسبة القياسية لعام 2011 والتي بلغت 77%.[840] ورغم التحديات المتنوعة التي يواجهها الأفراد في أماكن عملهم، فإن 73% منهم راضون عن وظائفهم.[841] لكن نلاحظ أن التفاوت في مستوى السعادة عالمياً قد ارتفع بأكثر من 20% في السنوات الـ 12 الماضية، مما يسلط الضوء على التفاوت في مستوى رضا الأفراد عن حياتهم مع اختلاف التركيبة السكانية لكل مجتمع.[842] ويرتبط مفهوم جودة الحياة لدى الكبار بعوامل مثل الدعم الاجتماعي والصحة،[843]بينما يرغب الجيل زد، أي المواليد من 1997 إلى 2012،[844] في الانضمام للشركات التي تعطي الأولوية للتنوّع والمسؤولية المجتمعية والأثر البيئي والصحة النفسية.[845]

ورغم المخاوف المرتبطة بالتكنولوجيا وتأثيرها على الوظائف،[846] إلا أن للتكنولوجيا دور لا يمكن إغفا له في تحسين جودة حياتنا؛ فالتطورات التكنولوجية في مجالات مثل توفر الغذاء والمياه النظيفة والرعاية الصحية وظروف المعيشة أدى إلى إطالة عمر الأفراد بشكل كبير.[847] كما تسهم التكنولوجيا في تعزيز العلاقات الاجتماعية بين الأفراد رغم المخاوف المرتبطة بسوء استخدامها مثل الإدمان، وانخفاض فترات التركيز، والعزلة الاجتماعية.[848] ففي عام 2014، بلغ عدد المتصلين بالإنترنت 2.77 مليار شخص، بينما وصل هذا العدد اليوم إلى 5.52 مليار،[849] مما أسهم في توفير فرص عمل ومصادر للدخل لم تكن متوفرة من قبل. ولا نغفل دور التكنولوجيا في مواجهة التغيّر المناخي، من خلال تطوير تقنيات الطاقة المتجددة، وتقنيات احتجاز الكربون، والبدائل المستدامة للّحوم والألبان وغيرها.[850]

أكثر من

%70

من الأفراد في 30 دولة اعتبروا أنهم سعداء في عام 2024، وهو ارتفاع ملحوظ مقارنة بـ

%63

في عام 2020.، ولكن تظل هذه النسبة أقل من النسبة القياسية لعام 2011 والتي بلغت 77%

من خلال الدمج بين التكنولوجيا المتطورة ومفاهيم الاقتصاد الدائري والسياسات المختلفة، يمكن للعديد من الأفراد في بعض أنحاء العالم تحقيق الاكتفاء الذاتي

توفر الغذاء والمياه
النظيفة والرعاية الصحية
وظروف المعيشة أدى إلى

إطالة عمر الأفراد

بشكل كبير

الفرصة المستقبلية

تتمثل فكرة الحياة الهادفة في تحقيق الأفراد لكامل إمكاناتهم وعيش حياة ذات هدف ومعنى،[851, 852] وهذا المفهوم سيغير المعنى الموروث لمفهوم النجاح والتقدم في المجتمع، إذ يعطي الأولوية لتحقيق النمو الشخصي وبناء العلاقات الهادفة والسعي لتحقيق أهداف مشتركة، ويصبح بذلك الذكاء العاطفي وتحقيق الذات من الركائز الأساسية لوضع السياسات والأطر المؤسسية الهادفة إلى تحقيق مفهوم التنمية البشرية على نحو أكثر شمولية وفعالية.

ومن خلال الدمج بين التكنولوجيا المتطورة ومفاهيم الاقتصاد الدائري والسياسات المختلفة، يمكن للعديد من الأفراد في بعض أنحاء العالم إنتاج الطاقة والمياه التي يحتاجونها وتحقيق الاكتفاء الذاتي من الطعام، ومراقبة صحتهم بشكل مستقل، بل وإنتاج أدويتهم بأنفسهم عبر تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد. وبذلك، تتمتع المجتمعات بالاستقلالية والاكتفاء الذاتي، ولا يكون العمل بمفهومه التقليدي متطلباً أساسياً لتلبية الاحتياجات اليومية، ويصبح النشاط الاقتصادي وسيلة للنهوض بالمجتمع ودفع عجلة التطور.

أما التعليم فلن يرتبط بفترات زمنية محددة، بل سيقوم على نموذج تعليمي مبتكر. وسيتمحور النسيج المجتمعي حول الاهتمامات الشخصية والأهداف المشتركة لأفراد المجتمع، مما يدعم مفهوم التعلم التفاعلي والتعاون لتصميم حلول للتحديات المشتركة.[853, 854, 855] بالتالي، سيصبح التعلّم والبحث وسيلة للاستكشاف المدفوع بحب التعلم وفق احتياجات المجتمعات واهتماماتها، بعد أن كانا يهدفان إلى تحقيق الربح أو تلبية المتطلبات المؤسسية. ورغم أن البعض قد يعيش أزمة هوية نتيجة التحول إلى هذا النهج المبتكر، إلا أن تبني هذا النموذج سيؤدي في النهاية إلى ديناميكية اجتماعية جديدة تشجع الأفراد على تحديد أهدافهم الخاصة.

الإيجابيات

زيادة رضا الفرد عن حياته، وتعزيز التنمية الشخصية، وتحسين الصحة البدنية والعقلية، والإسهام في بناء مجتمعات أكثر مرونة وقوة، وتحقيق النمو المستدام، والتوصل إلى ابتكارات هادفة.

المخاطر

حدوث صدام ثقافي حول مفهوم الإنجاز، وإهمال المقاييس الاقتصادية التقليدية، وعدم قدرة بعض المجتمعات على اللحاق بركب التقدم.

تتمثل فكرة الحياة الهادفة
في تحقيق الأفراد لكامل إمكاناتهم
وعيش حياة ذات هدف ومعنى

ماذا لو استطعنا إنقاذ أكثر من مليون شخص سنوياً من الوفاة بسبب مياه الشرب الملوثة؟

23

تحلية بلا ترسّبات ملحية

بواسطة الذكاء الاصطناعي التوليدي

قريب المدى | **متوسط المدى** | بعيد المدى

ابتكار أنظمة ذكية لتحلية المياه باستخدام الطاقة المتجددة والمواد المبتكرة، لتعمل على تحويل مياه البحر أو المياه الجوفية إلى مياه عذبة في المناطق التي تعاني من شح أو ندرة المياه.

المتغيّرات الغامضة

الأنظمة، التكنولوجيا

التوجهات العالية الكبرى

إدارة النُظم البيئية

الاتجاهات السائدة

المحاكاة الحيوية
الشراكة بين القطاعات
مصفوفة الغذاء والماء والطاقة
التعاون الدولي
المواد الجديدة

التكنولوجيا

تكنولوجيا المناخ
تكنولوجيا النانو

القطاعات المتأثرة

الزراعة والغذاء
الطاقة والنفط والغاز والطاقة المتجددة
الخدمات الحكومية
الصحة والرعاية الصحية
البنية التحتية والبناء
المواد والتقنية الحيوية
المرافق العامة

الكلمات الرئيسية

المحاكاة الحيوية
التحلية
الطاقة المتجددة
الاستدامة
الأمن المائي

الواقع الحالي

تُعد المياه العذبة من أهم الموارد الطبيعية على كوكب الأرض. فرغم أن الماء يشكل 70% من سطح الأرض، إلا أن أكثر من 97% منها غير صالحة للشرب بسبب ملوحتها.[856] أما المياه العذبة فحوالي 69% منها محتجزة في الأنهار الجليدية والقمم الجليدية، و30% في جوف الأرض، مما يعني أن 1% فقط من المياه العذبة هي الكمية المتوفرة للاستخدام البشري – على شكل ثلوج، وبحيرات، وأنهار.[857] وتشير التقديرات الحالية أن نحو ملياري شخص يعانون من صعوبة الحصول على مياه الشرب الآمنة،[858] ومن المتوقع أن يتأثر 4 مليارات شخص بهذه الأزمة بحلول عام 2030.[859] وإلى جانب التحديات الناتجة عن النمو السكاني حول العالم،[860] سيفاقم التغيّر المناخي من أزمة المياه العذبة لتسببه في زيادة ملوحة المياه الجوفية وتلوث المياه الناجم عن الفيضانات والجفاف.[861]

ويؤثر النقص في المياه النظيفة سلباً على صحة الإنسان ونظافته الشخصية. فكل عام، يفقد نحو مليون شخص حياتهم بسبب الإسهال الناتج عن شرب المياه الملوثة وسوء خدمات الصرف الصحي. وفي عام 2021، واجه أكثر من 251 مليون شخص خطر الإصابة بالبلهارسيا، وهو مرض تسببه طفيليات في المياه الملوثة.[862] من ناحية أخرى، يؤدي ارتفاع ملوحة المياه إلى انخفاض إنتاج المحاصيل[863] وتآكل التربة،[864] مما يقلل الإنتاج الزراعي العالمي بنحو 124 تريليون سعرة حرارية سنوياً، وهو ما يعادل غذاء 170 مليون شخص.[865]

وقد شهدت القدرة الإنتاجية لمحطات تحلية المياه حول العالم ارتفاعاً بنسبة 7% سنوياً منذ العام 2010، لتصل هذه القدرة إلى 99 مليون متر مكعب يومياً في عام 2022، تتركز 70% منها في الشرق الأوسط وشمال أفريقيا.[866] وفي حين تعتمد دول الاتحاد الأوروبي بشكل رئيسي على تقنيات التناضح العكسي التي تشكل 88.5% من عمليات تحلية المياه بها، تفضل منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا محطات التحلية الحرارية – وهي عملية متقدمة تتطلب طاقة أقل ويمكنها إنتاج كمية كبيرة من الماء في فترة زمنية قصيرة.[867] ورغم أهميتها في توفير المياه العذبة، تواجه تقنيات التحلية تحديات بيئية كبيرة. فإلى جانب انبعاثاتها الكربونية،[868] تُنتج التحلية أكثر من 150 مليون متر مكعب يومياً من المياه المالحة شديدة التركيز، مما يضر بالأنظمة البيئية البحرية عبر خفض نسبة الأوكسيجين في المياه وقتل الحياة فيها.[869]

تقريباً
2 مليار
شخص يعانون من صعوبة
الحصول على مياه الشرب الآمنة

4 مليارات
شخص من المتوقع أن يتأثروا
بهذه الأزمة بحلول عام 2030

الفرصة المستقبلية

تتيح أنظمة التحلية الذكية المتكاملة تلبية احتياجات المجتمعات من المياه العذبة حول العالم بالاستفادة من إمكانات الذكاء الآلي المتقدم وإنترنت الأشياء والحوسبة الطرفية والتحليلات اللحظية، حيث يتم دمج هذه التقنيات مع أنظمة هجينة لإنتاج الطاقة الشمسية[870] وطاقة الرياح[871] في شكل وحدات منفردة أو مجموعة من وحدات متعددة،[872] تكون وظيفتها توفير المياه العذبة والنظيفة[873] من مياه البحر على نطاق واسع وبتكلفة منخفضة.[874] ويمثل هذا التكامل نقلة نوعية للمناطق التي تعاني من ندرة المياه،[875] حيث تعالج هذه التقنية التحديات المرتبطة بتحلية المياه بالطاقة الشمسية التقليدية، والتي كانت تعاني من انخفاض إنتاجيتها وارتفاع تكاليفها وانقطاع إمداداتها مقارنة بطرق التحلية التقليدية.[876]

وتسهم ابتكارات المواد الجديدة[877] في تعزيز كفاءة تحلية المياه؛ حيث تسهم المواد النانوية ثنائية الأبعاد، مثل الجرافين، في تطوير أغشية فائقة الأداء لترشيح المياه،[878] بينما تضيف الهياكل ثلاثية الأبعاد (التي تشبه في تصميمها الأشجار)[879] ميزة نقل المياه عبر قنوات شعيرية مدمجة مع خاصية التنظيف الذاتي، مما يقلل من الترسبات الملحية بشكل ملحوظ.[880]

وتوفر تقنيات تحلية المياه التي لا تتطلب تصريفاً للمحلول الملحي أو تتطلب تصريف قدر ضئيل منه[881] فرصاً واسعة للابتكار، مع إمكانية تحسين الكفاءة وخفض التكاليف من خلال تطبيقات المحاكاة الحيوية. فعلى سبيل المثال، استكشف الباحثون في جامعة خليفة للعلوم والتكنولوجيا إمكانات المحاكاة الحيوية عبر ابتكار حل شامل لتحلية المياه بالاعتماد على الطاقة الشمسية، ومحاكاة العمليات الوظيفية داخل أشجار القرم، واستخدام آليات تبلور متقدمة للتخلص من المحلول الملحي، مما أدى إلى منع تكون الترسيبات الملحية كمخلفات لعملية التحلية.[882]

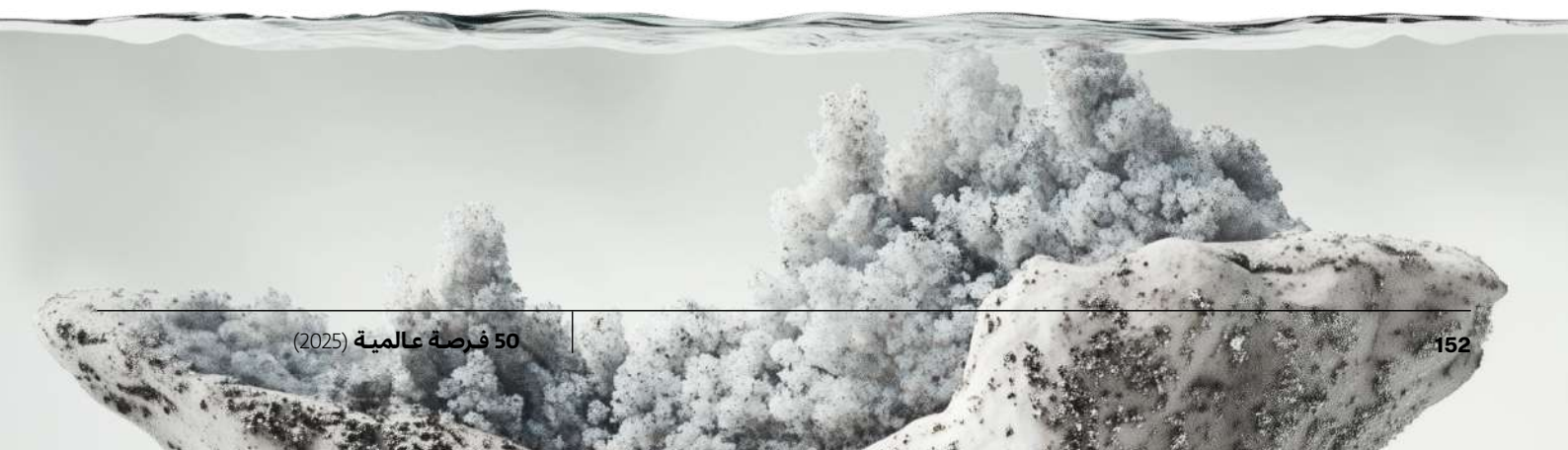
الإيجابيات

تحقيق الأمن المائي، وتقليل الانبعاثات، والحد من المخلفات الملحية لعملية التحلية، مع تحسين الصحة العامة عبر توفير إمدادات المياه النظيفة، فضلاً عن تعزيز الإنتاج الزراعي ودعم الاقتصاد القائم على الزراعة.

المخاطر

عدم ضمان متانة المواد المستخدمة، فضلاً عن تكلفة تقنيات الطاقة النظيفة المتنوعة وإدارتها وصيانتها. والصعوبات المتعلقة بذلك.

استكشف الباحثون في جامعة خليفة للعلوم والتكنولوجيا إمكانات المحاكاة الحيوية عبر ابتكار حل شامل لتحلية المياه **بمحاكاة العمليات الوظيفية داخل أشجار القرم، واستخدام آليات تبلور متقدمة للتخلص من المحلول الملحي، مما أدى إلى منع تكون الترسيبات الملحية كمخلفات لعملية التحلية**



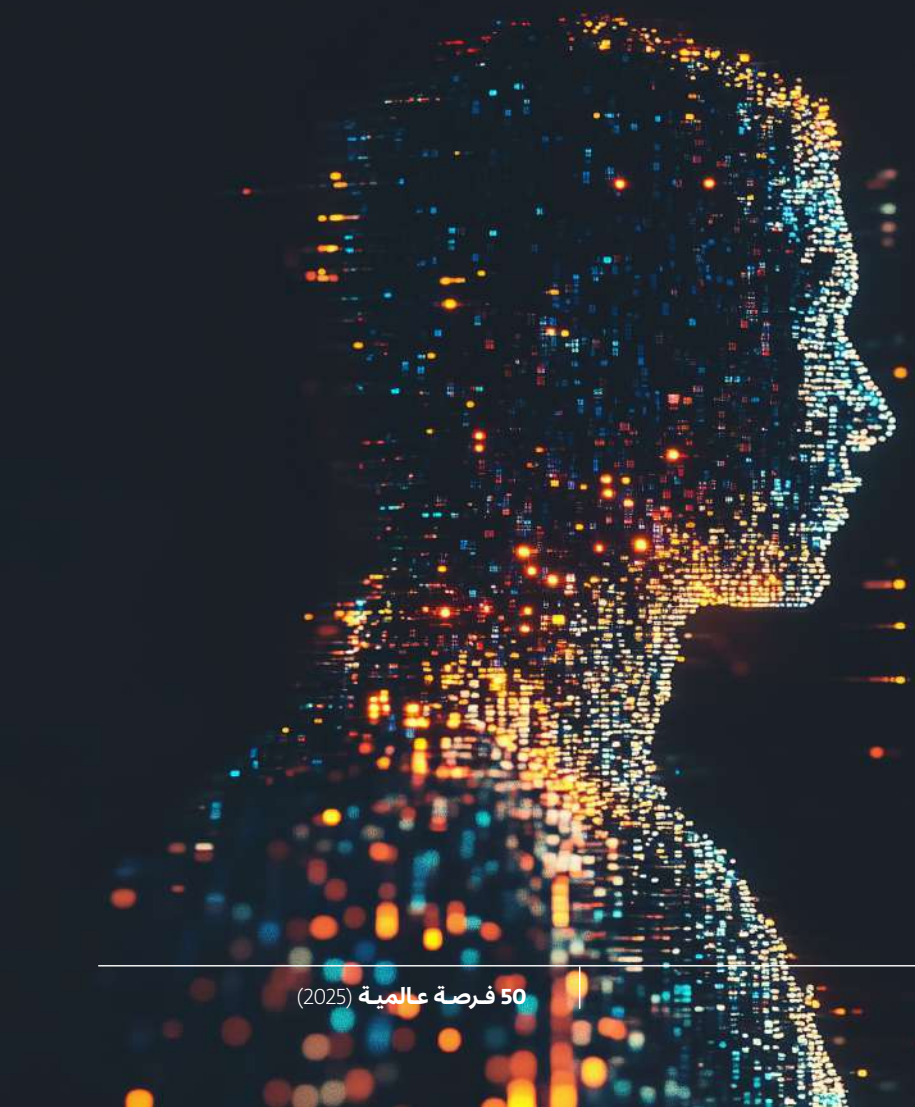
تسهم ابتكارات المواد الجديدة في تعزيز كفاءة تحلية الميـاه

ماذا لو تنبأ الإنترنت بتفضيلاتنا واحتياجاتنا ورغباتنا قبل أن نبحث عنها؟

24 خوارزميات شخصية

قريب المدى | **متوسط المدى** | بعيد المدى

الخوارزميات في علوم الحاسوب هي مجموعة من التعليمات البرمجية يتم إدخالها في تسلسل محدد لتنفيذ مهمة محددة. وإذا أمكن إضفاء الطابع الشخصي على تلك التعليمات المتسلسلة، سيتمكن الأفراد من التحكم في تنشيط أو تعطيل الأنظمة الخوارزمية في مختلف المنصات الرقمية، وهو ما يعد تحولاً كبيراً في قدرتهم على التحكم في تجربتهم الرقمية، ويغير طريقة إدارتهم لبياناتهم ومساهمتهم في الاقتصاد الرقمي.



المتغيّرات الغامضة

الأنظمة، التكنولوجيا

التوجهات العالمية الكبرى

تسارع الانتقال إلى الواقع الرقمي الجديد

الاتجاهات السائدة

الاتصال المتقدم بالشبكة
الشراكة بين القطاعات
الأمن السيبراني
الاقتصاد الرقمي
التوافق التشغيلي

التكنولوجيا

الذكاء الاصطناعي
التقنيات الكمومية

القطاعات المتأثرة

الفن ووسائل الإعلام والرياضة والترفيه
الأنظمة وتكنولوجيا الاتصالات
السلع الاستهلاكية والخدمات والبيع بالتجزئة
أمن المعلومات والأمن السيبراني
علم البيانات والذكاء الاصطناعي وتعلّم الآلة
السلع والخدمات الرقمية
التعليم
التقنيات الغامرة

الكلمات الرئيسية

الخوارزميات
الصور الرمزية
التشفير
الخصوصية
الحوسبة الكمومية

الواقع الحالي

تتنوع المخاوف المرتبطة بخصوصية البيانات في أنحاء العالم؛ فنصف المتسوقين عبر الإنترنت على الأقل يبدون قلقهم حول أمن معلوماتهم، وهناك تقريباً شخص من بين كل أربع أفراد قد أبلغ عن استهدافه بمحاولات للاحتيال.[883] بالإضافة إلى ذلك، تؤكد 94% من الشركات أن العملاء لن يقدموا على شراء منتجاتهم إذا لم تكن هناك سياسات واضحة لحماية بياناتهم.[884] ومع ذلك، فإن الوعي بأساليب الإقناع الخوارزمي لا يؤدي إلى حماية أفضل للخصوصية. فقد وجدت دراسة أجريت في هولندا أنه في حين أن حوالي 40% من مستخدمي وسائل التواصل الاجتماعي على عِلم بأساليب الإقناع الخوارزمية، إلا أنهم لا يدركون تأثيره الفعلي.[885] بالإضافة إلى ذلك، يشعر حوالي 28% من المستخدمين أنهم لا يستطيعون فعل أي شيء حيال الخصوصية. [886]. وما تزال نسبة المستهلكين الذين يدركون هذه الأساليب وتأثيرها الفعلي هي الشريحة الأصغر بين المستهلكين (حيث إنها لا تتخطى 15%).[887]

هناك طلب متزايد على التصميم المُخصّص وفق احتياجات الفرد.[888] وتفضل فئات المستهلكين الأكبر عمراً التجارب المصممة وفق تفضيلاتهم على وسائل التواصل الاجتماعي بشكل ملحوظ، وذلك بنسبة 87% لدى المستهلكين الذين تتراوح أعمارهم بين 35 و44 عاماً، وبنفس النسبة لدى المستهلكين بين 45 و54 عاماً.[889] أما "الجيل زد"، والذي يمثل المواليد ما بين مواليد 1997 - 2012،[890] فقد أصبح متمرساً في استخدام التكنولوجيا التنبؤية، حيث يغادر 41% منهم المواقع الإلكترونية التي لا تتنبأ بالسلع التي تتوافق مع تفضيلاتهم أو رغبتهم أو احتياجاتهم.[891] كما يعتقد 64% من هذا الجيل أن القدرات التنبؤية للإنترنت ستتطور بشكل هائل خلال السنوات الخمس القادمة بحيث سيكون قادراً على تحديد أنشطتهم اليومية،[892] فيما يتوقع 66% منهم أن المواقع الإلكترونية ستتفاعل مع بعضها قريباً لتقديم تجربة شخصية شاملة عبر جميع المواقع الإلكترونية والتطبيقات والأجهزة.[893]

حوالي 46% من حالات انتهاك خصوصية المعلومات التي شهدها عام 2023 شملت معلومات شخصية حساسة، مثل أرقام التعريف الضريبي وعناوين البريد الإلكتروني وعناوين المنازل.[894] وقد بلغ متوسط تكلفة حالات انتهاك الخصوصية في السحابة العامة حوالي 5.17 مليون دولار، بزيادة بلغت 13% عن عام 2022.[895] ولا يقتصر تأثير هذه التهديدات الأمنية في الأضرار المالية والاقتصادية فحسب، بل تتسبب أيضاً في أضرار نفسية لدى الضحايا الذين يخوضون تجربة صعبة من التوتر والقلق.[896] مع التطور الذي يشهده الذكاء الآلي المتقدم والخوارزميات والعمليات الحاسوبية المرتبطة به، قد يصبح من الصعب السيطرة على خيارات الفرد بالانضمام إلى الأنظمة الرقمية والخروج منها.

%46

من حالات انتهاك خصوصية المعلومات التي شهدها عام 2023 شملت معلومات شخصية حساسة، مثل أرقام التعريف الضريبي وعناوين البريد الإلكتروني وعناوين المنازل.

يعتقد

%64

من هذا الجيل أن القدرات التنبؤية للإنترنت ستتطور بشكل هائل خلال السنوات الخمس القادمة بحيث سيكون قادراً على تحديد أنشطتهم اليومية

توفر الخوارزميات الشخصية
مستوى غير مسبوق من
الحماية عن طريق تشفير جميع الأنشطة وحفظ سجلات مفصلة لأنشطة دخول المواقع

الفرصة المستقبلية

على غرار منصة "إكس-رود" في إستونيا لتبادل البيانات وإدارتها بشكل آمن ومسؤول عبر خاصّية التشفير؛ حيث يقتصر الوصول إليها على المستخدمين المخوَّلين فقط،[897] يعمل خوارزم شخصي مؤمَّن بتقنيات الحوسبة الكمية كطبقة اتصال بين الخوارزميات، والتي تمكّن الأفراد من إدارة تفاعلاتهم عبر المنصات المختلفة بسلاسة. وتوفر الخوارزميات الشخصية مستوى غير مسبوق من الحماية عن طريق تشفير جميع الأنشطة وحفظ سجلات مفصلة لأنشطة دخول المواقع، مما سيتيح للمستخدمين الاطلاع الكامل على كيفية استخدام بياناتهم وتحديد الخوارزميات النشطة في أي وقت محدد.

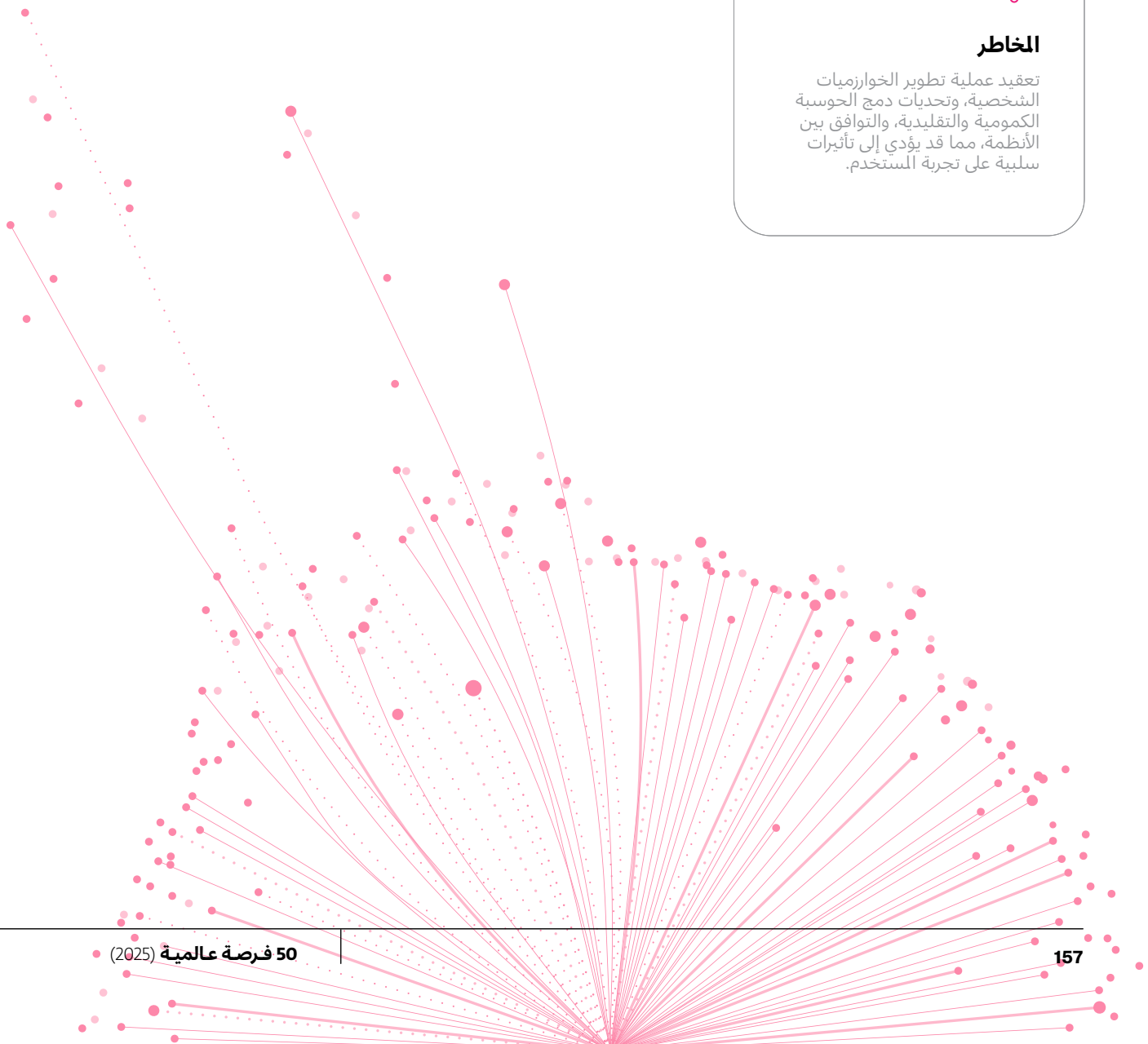
وتعمل الخوارزميات الشخصية بتكامل وسلاسة مع الأنظمة الأخرى، مما يتيح تفاعلات آمنة وشفافة تتوافق مع تفضيلات المستخدم الشخصية عبر مختلف المنصات. وستمكّن الخوارزميات الشخصية المستخدمين من السيطرة الكاملة على بياناتهم وأنشطتهم على الإنترنت، شريطة وضع إطار يحكم عملية التشغيل البيني وفق تشريعات موحدة في مختلف الولايات القضائية.

الإيجابيات

توفير مستقبل رقمي آمن يتسم بالشفافية ويركز على المستخدم، وتعزيز التحكم الشخصي في البيانات وتطوير التجارب الرقمية.

المخاطر

تعقيد عملية تطوير الخوارزميات الشخصية، وتحديات دمج الحوسبة الكمومية والتقليدية، والتوافق بين الأنظمة، مما قد يؤدي إلى تأثيرات سلبية على تجربة المستخدم.



هل تعلم أن سد الفجوة بين الجنسين قد يضيف 12 تريليون دولار إلى الاقتصاد العالمي هذا العام؟

25

فرص واعدة لازدهار دور المرأة

قريب المدى | **متوسط المدى** | بعيد المدى

وضع أجندة عمل تركز على مستقبل ازدهار وجودة حياة المرأة، تتبنى نهجاً متعدد الأبعاد مدعوماً بالبيانات ومستوحىً من التجارب العالمية.

المتغيّرات الغامضة

التعاون، القيم المجتمعية

التوجهات العالمية الكبرى

إعادة تحديد الأهداف الإنسانية

الاتجاهات السائدة

الممارسات البيئية والاجتماعية وحوكمة الشركات
وقياس النمو بما يتجاوز الناتج المحلي الإجمالي
مستقبل التعليم
مستقبل العمل
التعاون الدولي
تحفيز الابتكار

التكنولوجيا

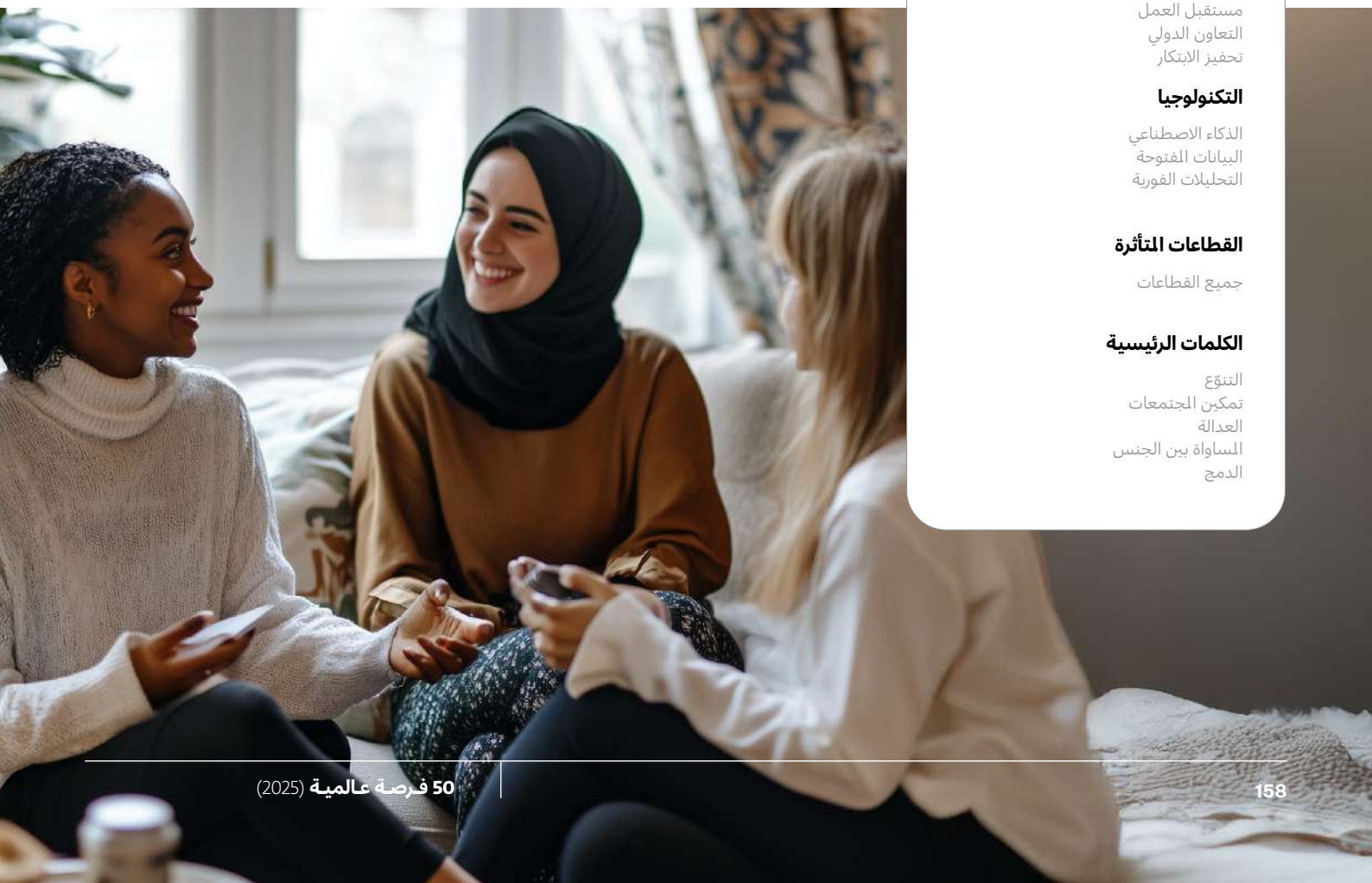
الذكاء الاصطناعي
البيانات المفتوحة
التحليلات الفورية

القطاعات المتأثرة

جميع القطاعات

الكلمات الرئيسية

التنوّع
تمكين المجتمعات
العدالة
المساواة بين الجنس
الدمج



الواقع الحالي

العائدات الاقتصادية الناجمة عن **تقليص الفجوة بين الجنسين** قد تسهم بإضافة

$12 تريليون

إلى الناتج المحلي الإجمالي العالمي بحلول نهاية 2025

التنوّع بين الجنسين في فرق العمل يعزز الإنتاجية ويؤثر على النتائج المالية بشكل مباشر، وغياب هذا التنوع يمكن أن يؤدي إلى الحد من الإبداع والقدرة على حل المشكلات المعقدة. أما العائدات الاقتصادية الناجمة عن تقليص الفجوة بين الجنسين قد تسهم بإضافة 12 تريليون دولار إلى الناتج المحلي الإجمالي العالمي بحلول نهاية 2025.[898] فالشركات التي تضم تنوّعاً أكثر من حيث الجنس تحقق عوائد مالية تتخطى الشركات الأخرى في القطاع عينه بنسبة 15%، والشركات التي تضم تنوّعاً أكثر من حيث العرق تحقق عوائد مالية تتخطى الشركات الأخرى بنسبة 35%.[899، 900] بالإضافة إلى ذلك، يرتبط التنوع بين الجنسين في مجالس الإدارة بزيادة الثقة المجتمعية في تلك المجالس،[901] وزيادة المسؤولية الاجتماعية للشركات،[902] وانخفاض عدد الخلافات المتعلقة بالبيئة والمجتمع والحوكمة (ESG)، خاصةً عندما يكون هناك ثلاث مديرات أو أكثر.[903]

تواجه مجالات العلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات وتكنولوجيا المعلومات والاتصالات نقصاً في المهارات على مستوى العالم.[904]وهناك مخاوف حول زيادة الفجوة بين الجنسين في هذه المهارات.[905] حيث تواجه الفتيات والنساء العديد من الحواجز في هذه التخصصات خلال مراحل تعليمهن.[906] ففي الولايات المتحدة الأمريكية على سبيل المثال، تشكّل النساء 34% فقط من القوى العاملة في مجالات العلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات، فيما تبلغ هذه النسبة 29% في المملكة المتحدة،[907] وتصل إلى 23% في مجال علوم الحاسوب و21% في مجالي الهندسة والتكنولوجيا.[908] أما على الصعيد العالمي، فتشكل النساء 35% من خريجي العلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات، وهي نسبة لم تشهد أي ارتفاع على مدى العقد الأخير.[909]

وما تزال الفجوة بين الجنسين قائمة مع وجود تناقضات واضحة؛[910] فبين عامي 1990 و2022، شهد مؤشر عدم المساواة بين الجنسين (GII) التابع لبرنامج الأمم المتحدة الإنمائي تحسناً بنسبة 20% بفضل التقدم في مجالي التعليم وصحة الأمهات.[911]

ورغم أن النساء يشكلن ما يقرب من نصف القادة في قطاعات مثل المنظمات غير الحكومية والتعليم والصحة،[912] فإنهنّ يمثلن فقط 5% من الرؤساء التنفيذيين عالمياً، في حين حصلن على نسبة لا تتجاوز 2% من الاستثمارات في عام 2021.[913] كما ارتفع الزمن اللازم لتحقيق التكافؤ بين الجنسين من 100 عام في عام 2020 (قبل الجائحة) إلى 134 عاماً في 2024. [914] ورغم أن النساء يظهرن مستويات أعلى من الرضا العام عن الحياة مقارنة بالرجال،[915] فإنهن يعانين بشكل مستمر من معدلات أعلى من الاكتئاب والقلق والوحدة، ويسجلن درجات أقل في المؤشرات المتعلقة بالرفاهية الذاتية.[916] كما تقضي النساء ربع حياتهن في حالة صحية متدهورة، ويتم تشخيصهن في مراحل متأخرة مقارنة بالرجال.[917] أما فيما يتعلق بأهداف التنمية المستدامة المرتبطة بالمساواة بين الجنسين (الهدف الخامس)، فإن 15.4% فقط من هذه الأهداف تسير على المسار الصحيح لتحقيقها.[918]

الفرصة المستقبلية

لا تقتصر معالجة الفجوات في المساواة بين الجنسين على تعزيز التمكين الاقتصادي والتعليم وصحة الأمهات فقط، بل تشمل أيضاً تبني أجندة مستقبلية شاملة لجودة حياة المرأة وازدهارها. تركز هذه الأجندة على تقليص الفجوات في الصحة النفسية والجسدية، ومعالجة العوامل الأساسية التي تؤثر على صحة المرأة وجودة حياتها.

ومن خلال المواءمة بين توقعات النساء حول ماهية الحياة الكريمة وبين تجاربهن الفعلية في كل أنحاء العالم، يمكن لهذا النهج متعدد الأبعاد أن يحدد بوضوح الأولويات الفعلية للنساء، مدعوماً برؤى مستخلصة من البيانات والدروس المستفادة من مبادرات سابقة، أشرفت عليها منظمات عالمية مثل المنتدى الاقتصادي العالمي، والأمم المتحدة، ومنظمة التعاون والتنمية الاقتصادية، إلى جانب المؤسسات البحثية التي تركز على قضايا المرأة.

وسوف تمهد هذه الأجندة المستقبلية الطريق لعصر جديد لتمكين المرأة وتحقيق ازدهارها وتحسين جودة حياتها، بما يعود بالنفع على المجتمع كله.[919]

الإيجابيات

تعزيز جودة حياة المرأة وتحقيق ازدهارها، وتحفيز الابتكار بفضل التنوّع وتوفير الدعم في فرق العمل. وتعزيز النمو الاقتصادي والمساواة بين الرجل والمرأة، وتسريع جهود تحقيق الهدف الخامس من أهداف التنمية المستدامة للأمم المتحدة، وتوفير المزيد من المواهب والكفاءات في مجالات الذكاء الاصطناعي والعلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات.

المخاطر

مقاومة التغيير، والتداعيات غير المقصودة على بيئة العمل، وإهمال بعض الفئات نتيجة صعوبة دمج الجميع، إلى جانب التكلفة المرتفعة للتنفيذ.

رغم أن النساء يظهرن مستويات أعلى من الرضا العام عن الحياة مقارنة بالرجال، **إلا أنهن يعانين بشكل مستمر من معدلات أعلى من الاكتئاب والقلق والوحدة،** ويسجلن درجات أقل في المؤشرات المتعلقة بالرفاهية الذاتية

ماذا لو ركز قطاع الألعاب الإلكترونية على تعزيز الصحة النفسية والجسدية للأفراد؟

26

منظور صحي للألعاب الإلكترونية

قريب المدى | **متوسط المدى** | بعيد المدى

تصبح الصحة النفسية والجسدية على رأس أولويات صناعة الألعاب الإلكترونية، بما يسهم في وضع أساس متين من الضوابط والمعايير المتوازنة التي تحقق الاستفادة الكاملة من إمكانات هذا القطاع من أجل الارتقاء بالمجتمع.

المتغيّرات الغامضة

التكنولوجيا، القيم المجتمعية

التوجهات العالمية الكبرى

إعادة تحديد الأهداف الإنسانية

الاتجاهات السائدة

الفنون الرقمية والتصميم
العلاج باستخدام التكنولوجيا الرقمية
الألعاب والترفيه
الصحة النفسية
علم الأعصاب

التكنولوجيا

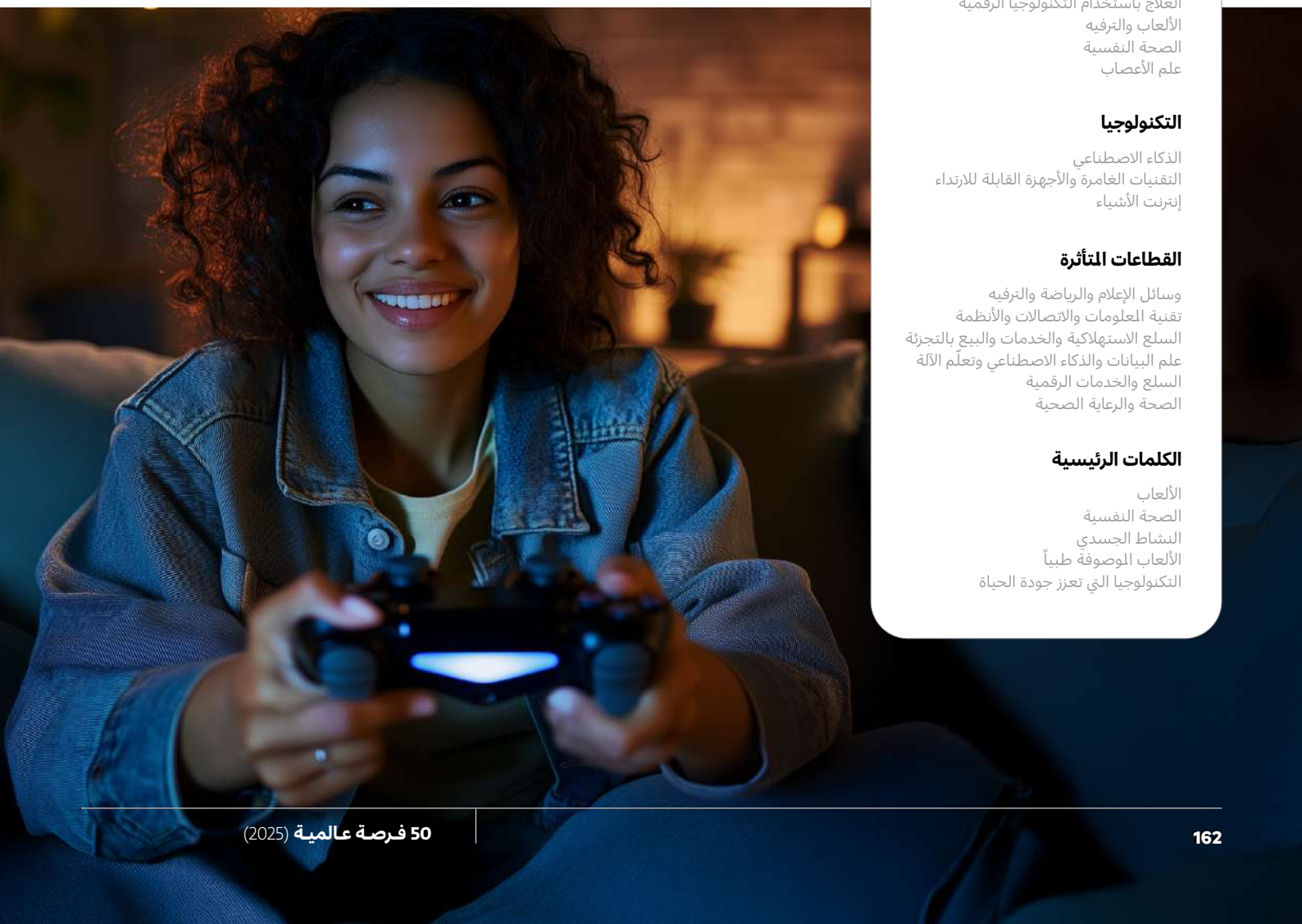
الذكاء الاصطناعي
التقنيات الغامرة والأجهزة القابلة للارتداء
إنترنت الأشياء

القطاعات المتأثرة

وسائل الإعلام والرياضة والترفيه
تقنية المعلومات والاتصالات والأنظمة
السلع الاستهلاكية والخدمات والبيع بالتجزئة
علم البيانات والذكاء الاصطناعي وتعلّم الآلة
السلع والخدمات الرقمية
الصحة والرعاية الصحية

الكلمات الرئيسية

الألعاب
الصحة النفسية
النشاط الجسدي
الألعاب الموصوفة طبياً
التكنولوجيا التي تعزز جودة الحياة



الواقع الحالي

وصل عدد الأشخاص الذين يعانون من **اضطرابات الاكتئاب والقلق**

970 مليون

شخص حول العالم

أصبحت ألعاب الفيديو جزءاً أساسياً من حياة الملايين حول العالم، دون أن تفرق بين جيل وآخر أو بين فئة عمرية وغيرها.[920] ففي عام 2023، زاد عدد الأطفال المشاركين في الألعاب عبر الإنترنت إلى 60%، مقارنة بـ 57% في عام 2022.[921] ويلاحظ هذا التوجه الجديد بشكل كبير بين الأطفال الذين تتراوح أعمارهم بين 3 إلى 4 سنوات، حيث ارتفعت مشاركتهم في الألعاب عبر الإنترنت من 18% إلى 23%، يليهم الأطفال من 5 إلى 7 سنوات، الذين زادت نسبة مشاركتهم من 34% إلى 41%، بينما سجل المراهقون الذين تتراوح أعمارهم بين 16 و17 عاماً زيادة في المشاركة في الألعاب عبر الإنترنت من 72% إلى 79%.[922]

في ظل تزايد تحديات الصحة النفسية على مستوى العالم، أصبح من الضروري التوصل إلى حلول مبتكرة لتعزيز صحة أفراد المجتمع النفسية بعدما وصلت إلى مستويات خطرة حول العالم؛ فقد وصل عدد الأشخاص الذين يعانون من اضطرابات الاكتئاب والقلق إلى 970 مليون شخص.[923] وتؤثر هذه الأزمة النفسية بشكل أكبر على الفئات التي تعاني من صعوبات اقتصادية، في الوقت الذي تظل فيه خدمات الصحة النفسية التقليدية غير متاحة للعديد من الأفراد.[924] لذا، تبرز الحاجة إلى اعتماد أساليب مبتكرة لتحسين خدمات الدعم النفسي المقدّمة لهم.[925]

وتتمثل إحدى الحلول الواعدة - لاسيما في ظل النقص العالمي في المتخصصين في مجال الصحة النفسية[926]- في تقديم الدعم النفسي بالاستناد إلى الألعاب، بما يسهم في تحسين صحة الأفراد النفسية.[927] ففي دراسة شملت حوالي 13,000 فرد من ممارسي ألعاب الفيديو من 12 دولة، أشار 71% من المشاركين إلى أن ألعاب الفيديو تساعدهم في تخفيف التوتر، وأفاد 64% بأنها تساعدهم في مواجهة التحديات اليومية، و55% أكدوا أنها تساعدهم في مواجهة الشعور بالعزلة.[928] وعلى مستوى الدول الأوروبية المشاركة في هذا الاستبيان، فقد كانت النسب على التوالي 68%، و67%، و53%.[929]

لكن يظل هناك مخاوف مرتبطة بقلة النشاط البدني. فممارسة النشاط الجسدي بشكل منتظم يقلل من معدلات الإصابة بأمراض القلب والسكتات الدماغية والسكري والاكتئاب والخرف، وبعض أنواع السرطان، مما قد يسهم في منع ما يصل إلى 5 ملايين حالة وفاة سنوياً.[930] وتشير التقديرات إلى أن فرداً من كل أربعة بالغين، وأربعة من كل خمسة مراهقين، لا يمارسون النشاط البدني بشكل كافٍ، فيما يختلف مستوى النشاط بين النساء والفتيات وكبار السن وأصحاب الهمم.[931]إضافة إلى ذلك، قد تصل نسبة قلة النشاط البدني إلى 70% في الدول ذات الدخل المرتفع.[932]

زاد **عدد الأطفال المشاركين في الألعاب عبر الإنترنت** إلى
%60
مقارنة بـ 57% في عام 2022

الفرصة المستقبلية

أن تصبح الصحة البدنية والنفسية ركيزة أساسية في صناعة الألعاب الإلكترونية.[933] ومن خلال تعاون مطوري الألعاب الإلكترونية مع خبراء القطاع الصحي لمواجهة تحديات مثل إدمان الألعاب والإجهاد البدني، ستحدث الألعاب الحديثة تحولاً جذرياً في مفهوم الألعاب من مجرد نشاط ترفيهي خامل إلى نشاط صحي فعال[934، 935]وأداة شخصية لتعزيز جودة حياة الأفراد.[936، 937] تخضع هذه الألعاب المحسّنة لاختبارات سريرية ويبدأ الأطباء في وصفها– ربما مع توفر التغطية التأمينية لذلك – للأفراد الذين يعانون من اضطرابات نفسية معينة مثل القلق والاكتئاب والتدهور العقلي.

ويتم التركيز على تطوير نظام تصنيف شامل لتقييم الألعاب وفقاً لتأثيراتها المحتملة على الصحة البدنية والنفسية. ويتطور إطار عمل هيئات التصنيف، مثل هيئة تصنيف البرمجيات الترفيهية، بحيث توفر أنظمة تصنيف مدعومة بالأبحاث تقدّم معلومات حول الفوائد الصحية المحتملة لكل لعبة، مثل قدرتها على تعزيز القدرات الإدراكية للإنسان وتقليل شعوره بالتوتر.[938]

ويسهم تصميم الألعاب، في حال توفرت أدوات إشراف قوية ومعايير مجتمعية واضحة، في تعزيز دمج مختلف فئات المجتمع وتشجيع التفاعل المجتمعي الإيجابي بين الأفراد. ويحرص المطورون على إضافة خصائص تشجع على اعتماد العادات الصحية لممارسة الألعاب، مثل تحديد وقت اللعب وأخذ فترات راحة، وتقديم محتوى مناسب للأعمار المختلفة. ويحرص المطوّرون على ضمان الشفافية في استخدام البيانات وضمان أمن وسلامة بيئة اللعب، مما يساعد في بناء الثقة بين اللاعبين والشركات المطوّرة لهذه الألعاب.

الإيجابيات

توفير حل مبتكر لتعزيز جودة الحياة بأسلوب شخصي وفق احتياجات كل فرد، ودعم الصحة النفسية، وتوفير أسلوب جديد للعلاج التأهيلي، وتحسين الصحة العامة، وتحسين حياة الأفراد بشكل استباقي، والتوصل إلى اكتشافات جديدة في صناعة الألعاب.

المخاطر

قد تؤدي هذه الألعاب إلى زيادة الإدمان عليها، وإلى نشوء التحديات التنظيمية والأخلاقية، وارتفاع تكاليف التطوير، إلى جانب المشاكل المتعلقة بإمكانية الوصول إليها، والعواقب غير المتوقعة مثل التشخيص الخاطئ أو التقليل من التفاعل البشري.

تصبح الصحة البدنية والنفسية **ركيزة أساسية في صناعة الألعاب الإلكترونية**

ماذا لو تمكّنت الأسر من تصميم استراتيجياتها الخاصة للتكيّف مع التغيّر المناخي وفق احتياجاتها وظروفها؟

27

منصة للتكيف مع تغير المناخ

قريب المدى | متوسط المدى | بعيد المدى

تمكين الأفراد والأُسر من اتخاذ إجراءات مخصصة للتكيّف بشكل فعّال مع التحولات المناخية، بما يسهم في حماية صحتهم وممتلكاتهم، وذلك من خلال منصة ذكية مدعومة بالذكاء الاصطناعي مصممة لتحسين قدرة المجتمع على الصمود والتكيّف مع الظروف المناخية المختلفة.

المتغيّرات الغامضة

الطبيعة، التكنولوجيا

التوجهات العالمية الكبرى

إدارة الأنظمة البيئية

الاتجاهات السائدة

الحلول التي تركز على المجتمع
الرشاقة الحكومية
تحفيز الابتكار
البيانات المفتوحة

التكنولوجيا

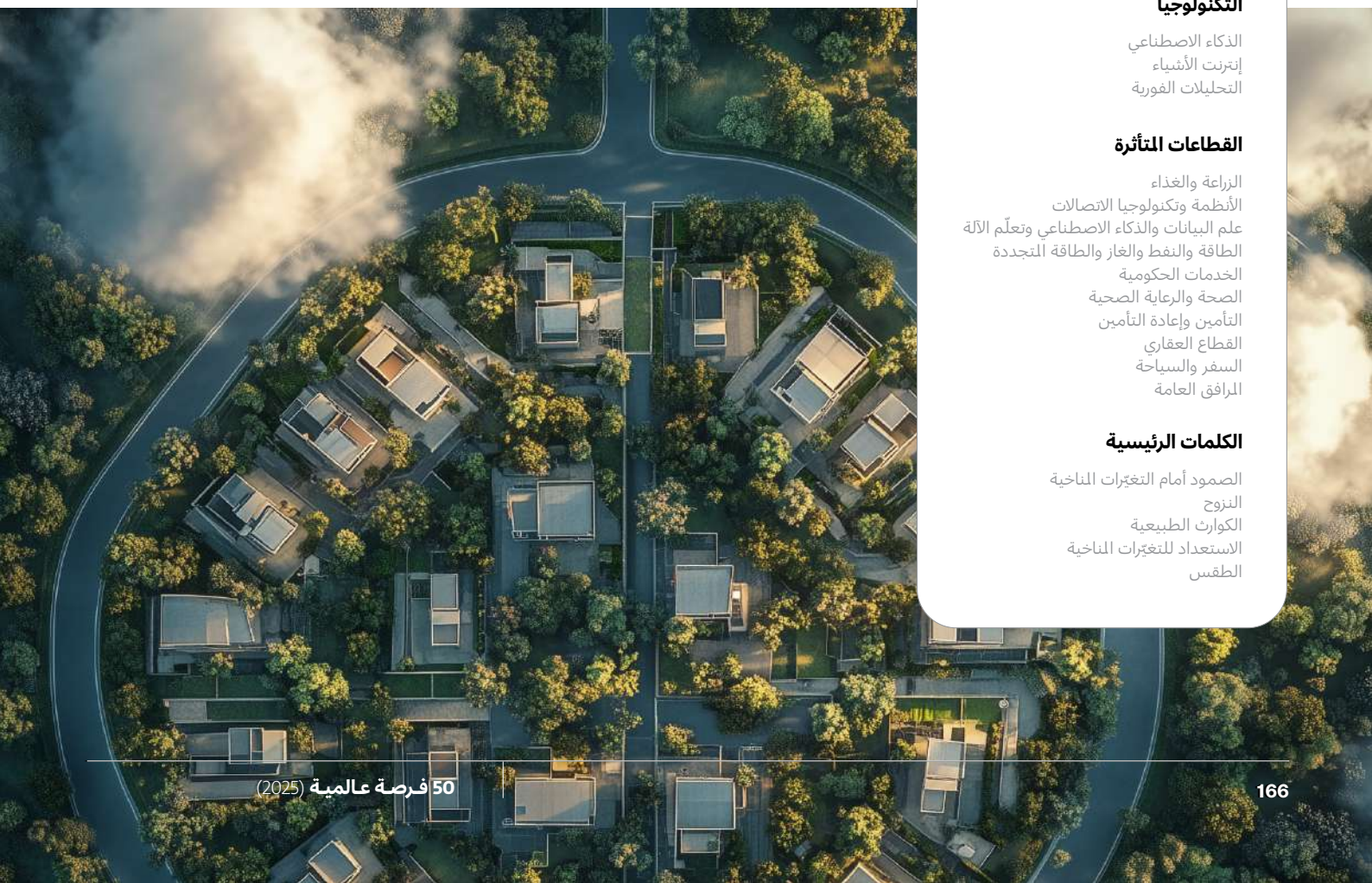
الذكاء الاصطناعي
إنترنت الأشياء
التحليلات الفورية

القطاعات المتأثرة

الزراعة والغذاء
الأنظمة وتكنولوجيا الاتصالات
علم البيانات والذكاء الاصطناعي وتعلّم الآلة
الطاقة والنفط والغاز والطاقة المتجددة
الخدمات الحكومية
الصحة والرعاية الصحية
التأمين وإعادة التأمين
القطاع العقاري
السفر والسياحة
المرافق العامة

الكلمات الرئيسية

الصمود أمام التغيّرات المناخية
النزوح
الكوارث الطبيعية
الاستعداد للتغيّرات المناخية
الطقس



الواقع الحالي

حوالي 1.2 مليار شخص قد يضطرون للنزوح من أماكنهم بحلول العام 2050 بسبب الكوارث الطبيعية والتغيّر المناخي،[939] فيما سيضطر 216 مليوناً إلى النزوح من منطقة إلى أخرى داخل دولهم بحلول 2050 أيضاً نتيجة التغير المناخي.[940] فمنذ عام 2008، تسببت الكوارث المناخية في نزوح نحو 21 مليون شخص سنوياً، بينما ازداد معدل الكوارث المناخية ثلاث مرات خلال الأربعين عاماً الماضية.[941] وحتى في ظل أفضل سيناريوهات السيطرة على الاحتباس الحراري العالمي عند حدود 1.5 درجة مئوية واستعادة الأنظمة البيئية ابتداءً من عام 2030، سيظل على المجتمعات أن تواجه تحديات بيئية مثل ارتفاع مستويات البحار، وتزايد الكوارث الطبيعية، وتقلبات الطقس القاسية وغير المتوقعة، وفقدان التنوّع الحيوي.[942]

ومن المتوقع أن يتسبب التغير المناخي في إضافة 250,000 حالة وفاة سنوياً بين عامي 2030 و2050 بسبب مشاكل صحية مثل نقص التغذية والملاريا والإسهال والإجهاد الحراري فقط.[943] وبحلول سبعينيات هذا القرن، قد تسجل المملكة المتحدة في ظل استمرار سيناريو ارتفاع درجات الحرارة 21,000 وفاة إضافية سنوياً بسبب ارتفاع درجات الحرارة.[944]

من هذا المنطلق، يُعتبر الاستعداد لتغيّر المناخ ضرورياً على الصعيدين النفسي والاقتصادي. فحوالي نصف الناجين من الكوارث الطبيعية قد يعانون من اضطرابات نفسية، مثل اضطراب ما بعد الصدمة، والاكتئاب، والقلق، فيما يحتاج 5 إلى 10% منهم إلى رعاية طبية سريرية.[945] ففي عام 2022، تجاوزت تكلفة الكوارث الطبيعية في العالم 360 مليار دولار، بعد أن شهد العالم أكثر من 40 كارثة تسببت في أضرار تزيد عن مليار دولار لكل كارثة.[946] لذا، فإن تخصيص الاستثمارات للاستعداد للكوارث المناخية يعود بفوائد كبيرة، ففي الولايات المتحدة الأمريكية على سبيل المثال، يوفر كل دولار يُستثمر في الاستعداد للكوارث 13 دولاراً تُنفق على إعادة التأهيل، بواقع 6 دولارات يتم إنفاقها على الإصلاحات و7 دولارات في تجنب الخسائر الاقتصادية الأخرى.[947]

بحلول 2050، **قد تؤدي الكوارث الطبيعية والتغيّر المناخي إلى نزوح**

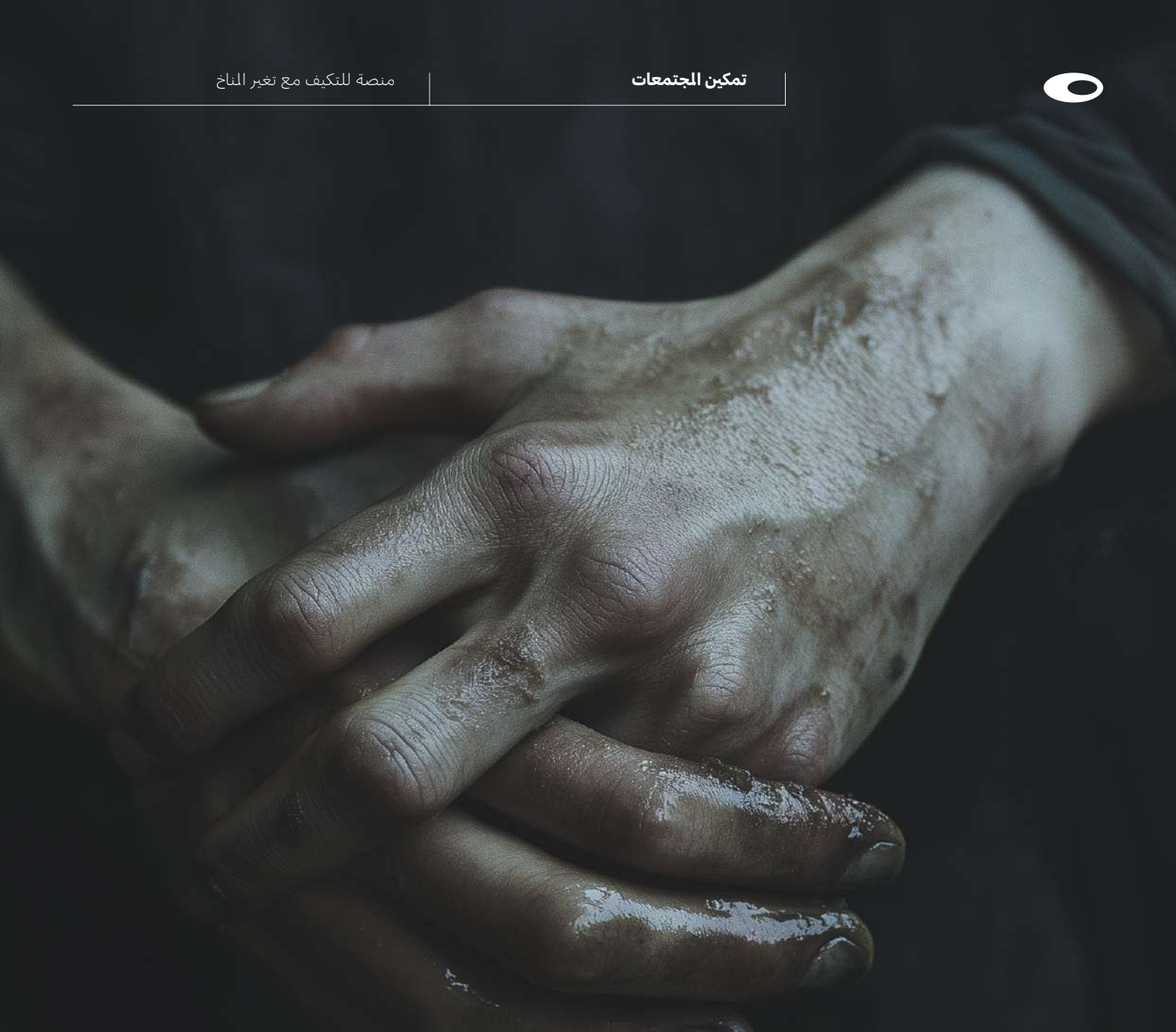
1.2 مليون

شخص، فيما سيضطر 216 مليوناً إلى النزوح من منطقة إلى أخرى داخل دولهم

زادت **الكوارث المناخية** بمعدل

ثلاث مرات

خلال 40 عاماً الماضية



من المتوقع أن يتسبب
التغير المناخي في إضافة

250,000
حالة وفاة سنوياً

بين عامي 2030 و2050

الفرصة المستقبلية

يمكن أن يؤدي الأفراد والأُسر دوراً فعالاً في التكيّف مع التغيّرات المناخية، بما يسهم في الحفاظ على جودة حياتهم وحماية ممتلكاتهم. وتتلخص الفرصة في تطوير منصة مدعومة بالذكاء الاصطناعي تتيح للأفراد تخصيص استراتيجيات التكيّف مع التغيّر المناخي وفق احتياجاتهم والبيئة المحيطة بهم، حيث تقدم لهم هذه المنصة توصيات شخصية قابلة للتطبيق ومبنية على البيانات المتاحة حول الطقس وجودة الهواء، إلى جانب بيانات فورية مستمدة من أجهزة إنترنت الأشياء حول استهلاكهم للطاقة ونمط حياتهم وصحتهم.

وتعمل هذه المنصة بواسطة تكنولوجيا المنازل الذكية الحالية وتساعد الأسر على الاستعداد لظروف الطقس القاسية، حيث تقدم نصائح مخصصة لكيفية التعامل مع موجات الحر الشديدة والفيضانات والكوارث الطبيعية الأخرى، مما يُسهم في الحفاظ على صحة الأفراد وحماية ممتلكاتهم. كما تتيح المنصة إرشادات حول نمط الحياة تتناول موضوعات مثل السفر والطعام، وربما تُسهم أيضاً في تقليل تكاليف التأمين.

وعند دمج هذه المنصة ضمن الأنظمة المجتمعية الأوسع، بما فيها البنى الأساسية والشبكات المجتمعية التي تشمل مختلف القطاعات والمؤسسات، والتي تتفاعل مع الأفراد والأسر لتعزيز قدرتهم على التكيف مع التغيرات المناخية، ستُسهم في تمكين وتعزيز جاهزية المجتمع وقدرته على الصمود في مواجهة الأزمات، مع إعطاء الأولوية لحماية البيانات وموافقة المستخدم، بما يضمن قدرة العائلات على المشاركة في المنصة دون المساس بخصوصيتها.

الإيجابيات

تمكين الأفراد والأُسر والمجتمعات، وتعزيز القدرة على التكيّف مع التغيرات المناخية، وتشجيع الممارسات المستدامة، ورفع الوعي المناخي.

المخاطر

عدم القدرة على التكيّف مع الظروف المناخية التي تتجاوز التوقعات، وتقديم توصيات غير صحيحة أو غير مجدية، وزيادة الشعور بالقلق والضغط النفسي.

يمكن أن يؤدي الأفراد والأُسر دوراً فعالاً في التكيّف مع التغيّرات المناخية، بما يسهم في الحفاظ على جودة حياتهم وحماية ممتلكاتهم. **وتتلخص الفرصة في تطوير منصة مدعومة بالذكاء الاصطناعي تتيح للأفراد تخصيص استراتيجيات التكيّف مع التغيّر المناخي**

ماذا لو فتحت لنا المتغيرات المستقبلية طويلة المدى الباب أمام فرص استثمارية استثنائية؟

28

صندوق ابتكارات البشرية

قريب المدى | **متوسط المدى** | بعيد المدى

صندوق أسهم عالمي يتصدى لأعظم التحديات التي تواجه البشرية على المدى الطويل من خلال الجمع بين الحوكمة اللامركزية للشفافية ورأس مال البنوك الإنمائية المتعددة الأطراف لتوسيع نطاق الابتكارات الرائدة في مجالات المناخ والطاقة والغذاء والأمن المائي.

المتغيّرات الغامضة

التعاون، الأنظمة

التوجهات العالمية الكبرى

إعادة تحديد الأهداف الإنسانية

الاتجاهات السائدة

الحلول القائمة على المجتمع
الشراكة بين القطاعات
الممارسات البيئية والاجتماعية وحوكمة الشركات
وقياس النمو بما يتجاوز الناتج المحلي الإجمالي
التعاون الدولي
تحفيز الابتكار

التكنولوجيا

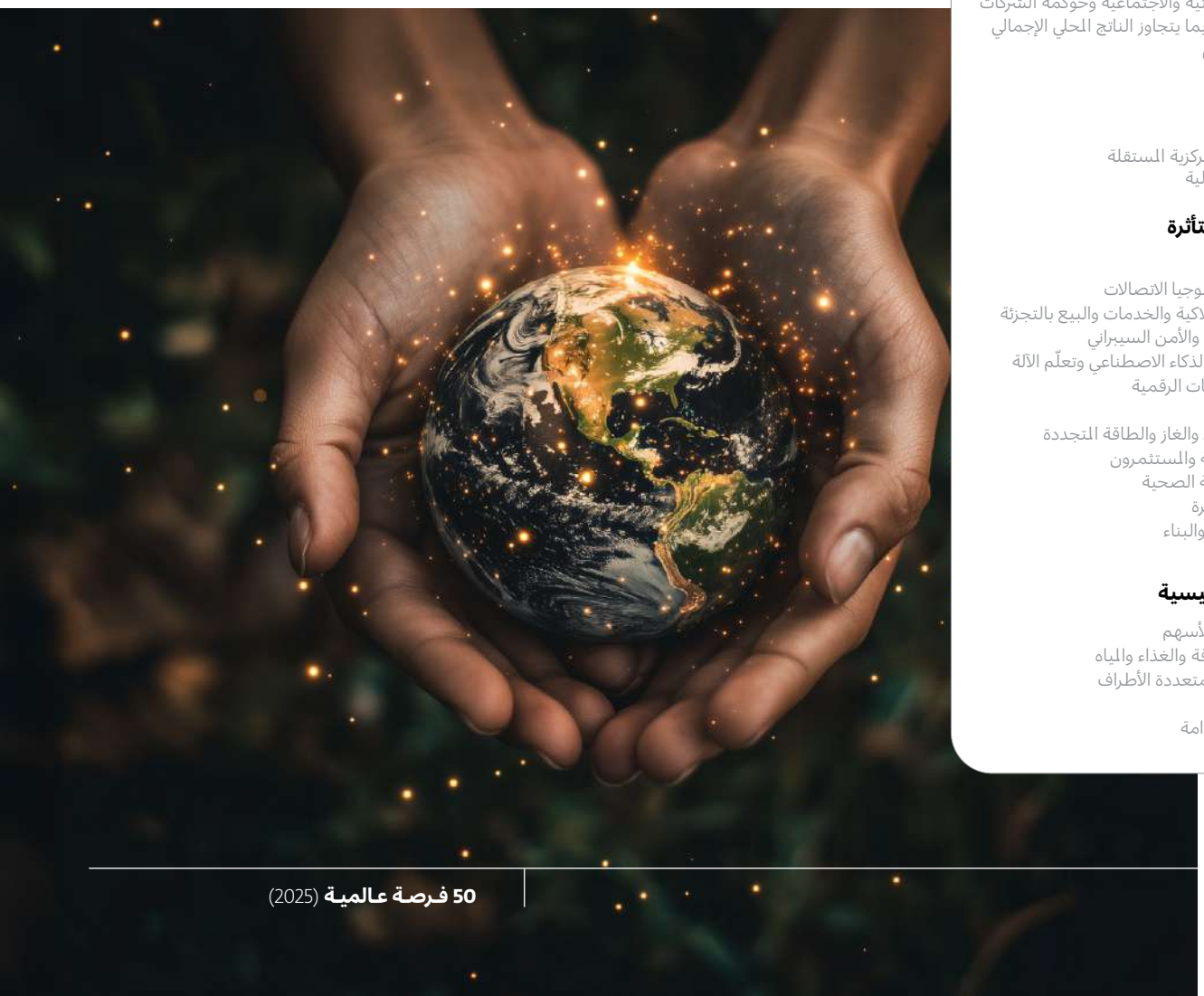
المنظمات اللامركزية المستقلة
التكنولوجيا المالية

القطاعات المتأثرة

الزراعة والغذاء
الأنظمة وتكنولوجيا الاتصالات
السلع الاستهلاكية والخدمات والبيع بالتجزئة
أمن المعلومات والأمن السيبراني
علم البيانات والذكاء الاصطناعي وتعلّم الآلة
السلع والخدمات الرقمية
التعليم
الطاقة والنفط والغاز والطاقة المتجددة
الخدمات المالية والمستثمرون
الصحة والرعاية الصحية
التقنيات الغامرة
البنية التحتية والبناء
المرافق العامة

الكلمات الرئيسية

الاستثمار في الأسهم
منظومة الطاقة والغذاء والمياه
بنوك التنمية متعددة الأطراف
السلع العامة
التنمية المستدامة



الواقع الحالي

هناك فجوة كبيرة تعيق قدرتنا على مواجهة التحديات العالمية، وهو ما يتطلب تمويلات هائلة تقدر بنحو 2.5 تريليون دولار سنوياً لسد تلك الفجوة في مجال تحول قطاع الطاقة والصمود في مواجهة التغيّر المناخي ودعم التنمية في الدول متوسطة ومنخفضة الدخل،[948] وهو ما يمكن ترجمته إلى فجوة قد تتراوح بين 100 إلى 300 تريليون دولار بحلول عام 2050.[949] ورغم زيادة الإنفاق العام بمقدار 700 مليار دولار سنوياً منذ عام 2019، إلا أن التمويل الدولي العام، مثل التمويلات المقدمة من بنوك التنمية متعددة الأطراف، يغطي فقط 57% من التمويلات المطلوبة.[950] في الوقت نفسه، ما يزال أكثر من 700 مليون شخص يعيشون في فقر مدقع،[951] في حين بلغ الدين الخارجي للدول متوسطة الدخل 8.8 تريليون دولار في عام 2023، مع وجود فجوات بين البيانات الأساسية المتاحة.[952]

ومن الضروري أن تكون رؤيتنا لمواجهة التحديات العالمية طويلة المدى، فتحديات مثل استقرار المناخ وتعزيز أمن الطاقة والغذاء والمياه، تتطلب استثمارات طويلة الأجل، ومعالجة هذه الأزمات المترابطة والمتشابكة ركيزة أساسية لتعزيز القدرة العالمية على مواجهتها. ولذلك فإن أحداث مثل التوصل إلى اتفاقية باريس للمناخ،[953] وإطلاق أهداف التنمية المستدامة للأمم المتحدة،[954] وميثاق المستقبل الصادر عن الأمم المتحدة، (الذي يشمل إعلان الأمم المتحدة بشأن الأجيال القادمة والميثاق الرقمي العالمي) [955] كلها تهدف إلى استكشاف هذه الرؤية طويلة المدى.

يمكن للسلع العامة تحقيق العديد من الفوائد رغم التحديات التي تواجهها، فرغم أن المفهوم نفسه ليس بالجديد،[956] إلا أن الطلب على هذه السلع في تزايد مستمر،[957] فهي سلع حيوية وضرورية، لكنها تظل غير متوفرة بالشكل الكافي نتيجة التحديات التي تواجهها، بما في ذلك نقص الآليات القابلة للتنفيذ[958] وصعوبة الموازنة بين الفوائد المتوقعة على المدى الطويل والتكاليف المطلوبة على المدى القريب.[959] تمثل السلع العامة 30% من الناتج المحلي الإجمالي العالمي، في ظل زيادة الإنفاق الحكومي للفرد من 2,500 دولار إلى 5,000 دولار بين عامي 1980 و2022 (وفق مبادئ تعادل القوة الشرائية للعملات)، وهو ما أسهم في الحد من الفقر بنسبة 20%.[960] وفي خطوة مهمة نحو تعزيز الشفافية ومشاركة البيانات، أصدر تحالف السلع العامة الرقمية سجلاً يتماشى مع أهداف التنمية المستدامة يضم 177 سلعة رقمية عامة، مثل الذكاء الاصطناعي والمحتوى والبيانات والبرمجيات التي تلتزم بمعايير التحالف.[961]

تمثل السلع العامة

30%

من الناتج المحلي الإجمالي العالمي، في ظل زيادة الإنفاق الحكومي للفرد من 2,500 دولار إلى 5,000 دولار بين عامي 1980 و2022 (وفق مبادئ تعادل القوة الشرائية للعملات)، وهو ما أسهم في **الحد من الفقر بنسبة**

20%

تحديات مثل استقرار المناخ وتعزيز أمن الطاقة والغذاء والمياه، **تتطلب استثمارات طويلة الأجل**

الفرصة المستقبلية

إنشاء صندوق عالمي للأسهم العامة مهمته الاستثمار في الابتكارات التي تساعد البشرية في مواجهة التحديات الكبرى، التي غالبًا ما يتجاهلها المستثمرون التقليديون، مع التركيز بشكل خاص على استقرار المناخ وتعزيز منظومة الطاقة والغذاء والمياه ودعم قطاع السلع العامة. ويتيح هذا الصندوق الفرصة للمستثمرين والمتبرعين من الأفراد والمؤسسات للمساهمة في ابتكار حلول تحوّلية ومستدامة لتعزيز القدرة على الصمود على المدى الطويل. ويحرص الصندوق على أن تتماشى استثماراته مع المعايير العالية للسلع العامة،[962,963] كما يتيح التقنيات التي يملكها للمجتمع، بعد الحصول على براءات اختراعها والحق في إدارتها، ليصبح بذلك آلية رئيسية لتعزيز اقتصاد السلع العامة على المستوى العالمي.

ويعمل الصندوق من خلال منظمة مستقلة لامركزية لضمان الشفافية والتوافق والإشراف المجتمعي. وتسهم بنوك التنمية متعددة الأطراف في توفير التمويل المبدئي لعمل الصندوق،[964] ويُفتح فيه باب الاستثمار أمام الجمهور، مما يعزز التنوّع في الملكية. ويدير هذا الصندوق مجموعة من الخبراء في مجال التأثير الاجتماعي، ليركز على تقديم الحلول القابلة للتوسع والتي تركز على دعم قطاع السلع العامة، بدلاً من التركيز على العوائد المالية فقط - مع مواصلة الالتزام بتعزيز الاستدامة بجميع جوانبها.

الإيجابيات

يسهم الصندوق في مواجهة المخاطر المستقبلية على المدى الطويل، وتحفيز الابتكار العالمي، ودعم بنوك التنمية متعددة الأطراف عند الضرورة[965]، والالتزام بالأهداف العالمية مثل أهداف التنمية المستدامة ونتائج مؤتمر الأمم المتحدة لتغيّر المناخ.

المخاطر

استمرار المخاطر التي تواجه السلع العامة، وصعوبة إدارة المنظمة اللامركزية المستقلة، إلى جانب التحديات التي تطرحها استدامة الصندوق وضمان استمراريته، وصعوبة إدارة الاستثمارات والابتكارات العالية، وغياب التشريعات المالية العالية ذات الصلة.

هناك فجوة كبيرة تعيق قدرتنا على مواجهة التحديات العالمية، وهو ما يتطلب تمويلات هائلة تقدر بنحو

2.5 تريليون دولار

سنوياً لسد الفجوة في مجال تحول قطاع الطاقة والصمود في مواجهة التغيّر المناخي ودعم التنمية في الدول متوسطة ومنخفضة الدخل

تحسين الأنظمة

تهدف الفرص التي يتناولها هذا المحور إلى تحسين الأنظمة وتطويرها بهدف زيادة فعاليتها ومرونتها في دعم الخدمات والحلول على مختلف مستويات الأعمال والحكومات والمجتمعات.

ماذا لو ساعدتنا اكتشافات المواد الجديدة في ابتكار حلول تبريد مستدامة؟

29

تبريد ذاتي مدى الحياة

قريب المدى | متوسط المدى | **بعيد المدى**

ابتكار حلول هندسية نانوية متطورة للعزل الحراري قادرة على التكيّف مع درجات الحرارة، بهدف التقليل من اعتمادنا على مكيفات الهواء وزيادة كفاءة أنظمة التبريد.

المتغيّرات الغامضة

الأنظمة، التكنولوجيا

التوجهات العالمية الكبرى

ثورة المواد

الاتجاهات السائدة

الممارسات البيئية والاجتماعية وحوكمة الشركات
وقياس النمو بما يتجاوز الناتج المحلي الإجمالي
تحفيز الابتكار
صافي الانبعاثات الصفري (الحياد المناخي)
المواد الجديدة
التصميم الحضري

التكنولوجيا

إنترنت الأشياء
تقنية النانو

القطاعات المتأثرة

علم البيانات والذكاء الاصطناعي وتعلّم الآلة
الطاقة والنفط والغاز والطاقة المتجددة
البنية التحتية والبناء
التصنيع
المواد والتكنولوجيا الحيوية
القطاع العقاري
المرافق العامة

الكلمات الرئيسية

تكييف الهواء
السياسات المناخية
موجات الحر
المبردات الهيدروفلوروكربونية
العزل المعتمد على الهندسة النانوية

الواقع الحالي

أصبحت موجات الحر أكثر شدة منذ خمسينيات القرن الماضي. وبحلول عام 2030، من المتوقع أن يعيش نصف مليار شخص حول العالم، أغلبهم في جنوب آسيا والشرق الأوسط، تحت وطأة حرارة مرتفعة جداً لمدة 30 يوماً في السنة، وهو ما يعادل أربعة أضعاف المستوى الحالي.[966]

تستمر مبيعات مكيفات الهواء في الزيادة في ظل ارتفاع درجات الحرارة ومعدل الدخل. فمنذ العام 1990، تضاعف استخدام المكيفات في المنازل ثلاث مرات، ليصل عدد الوحدات المُباعة سنوياً إلى 100 مليون.[967] وفي عام 2016، تصدرت الصين الأسواق العالمية بمبيعات بلغت 42 مليون وحدة،[968] ليصل إجمالي عدد مكيفات الهواء في العالم إلى 1.6 مليار وحدة، منها 570 مليون في الصين، و375 مليون في الولايات المتحدة الأمريكية، و50 مليون في منطقة الشرق الأوسط، وحوالي 30 مليون في الهند.[969] ومن المتوقع أن تمتلك ثلثا الأسر مكيفات هواء بحلول العام 2050، للتكيف مع ارتفاع درجات الحرارة.[970]

وتدرس المنظمات الدولية الحكومية وغير الحكومية السيناريوهات المناخية المستقبلية لتوجيه سياساتها لقطاع التبريد،[971] حيث تقوم العديد من تلك المؤسسات باختبار الحلول الجديدة، من الزراعة الحضرية إلى الري والهندسة الجيولوجية.[972، 973] ومع استهلاك التبريد والتدفئة الداخلية 30% من الطاقة العالمية،[974] ومسؤولية قطاع التبريد وحده عن 4% من انبعاثات الغازات الدفيئة،[975] يتضح جلياً أن المواد المستخدمة في أنظمة التبريد الحالية، مثل مركبات الكربون الهيدروفلورية، سبب أساسي في تفاقم الأزمة المناخية،[976] مما يجعل البحث عن حلول طبيعية وبديلة أمراً بالغ الأهمية.[977]

بالإضافة إلى ذلك، هناك تفاوت في إتاحة أنظمة التبريد حول العالم، ففي حين تمتلك أكثر من 85% من الأسر في اليابان والولايات المتحدة الأمريكية أنظمة لتكييف الهواء،[978] إلا أن هذه النسبة تنخفض إلى 5% فقط من الأسر في منطقة جنوب الصحراء الكبرى في أفريقيا و24% في الهند. وتتسبب هذه الفجوة في زيادة حالات الوفاة المرتبطة بالحرارة، حيث ارتفعت نسبة تلك الحالات بنسبة 61% بين كبار السن على مدار 20 عاماً، بمتوسط 300,000 حالة سنوياً.[979]

بحلول عام 2030،
من المتوقع أن يعيش

500 مليون شخص

أغلبهم في جنوب آسيا والشرق الأوسط، **تحت وطأة حرارة مرتفعة جداً لمدة 30 يوماً في السنة**، وهو ما يعادل أربعة أضعاف المستوى الحالي.

بحلول عام 2050،
من المتوقع أن تمتلك

ثلثي الأسر مكيفات هواء

للتكيف مع ارتفاع درجات الحرارة

الفرصة المستقبلية

تشهد حلول التبريد تطوراً كبيراً لتتحول إلى أنظمة متكاملة تعتمد في الأساس على مواد مبتكرة. فبفضل حلول العزل الحراري المعتمدة على الهندسة النانوية، يمكن الاستغناء بالكامل عن مكيفات الهواء في المناطق ذات المناخ المعتدل، وزيادة كفاءة التبريد في المناطق الحارة. هذه المواد المبتكرة قادرة على التكيف مع تغيّرات درجات الحرارة بشكل دقيق، وعند دمجها مع الابتكارات الحديثة في مجالات التهوية،[980] والتبريد الإشعاعي،[981] وتقنيات الأسطح الباردة،[982] تسهم في تسريع تبني الجيل القادم من أنظمة التبريد الصديقة للبيئة.[983] وتتكامل هذه الأنظمة مع تقنيات الطاقة الشمسية، والمبردات المتطورة، وتقنيات استشعار الحرارة، بالإضافة إلى البطاريات المتطورة.

وباستخدام الذكاء الآلي المتقدم، يمكن تعديل تصميم هيكل هذه الأنظمة ومكوناتها وترتيب طبقات العزل الحراري المستندة إلى الهندسة النانوية[984] لتتناسب مع الظروف المناخية المختلفة. وتشمل هذه المواد النانوية متعددة الطبقات مواداً متغيّرة الطور (وهي نوع خاص من المواد التي يمكنها امتصاص أو إطلاق كمية كبيرة من الطاقة الحرارية عند درجة حرارة معينة).[985]

الإيجابيات

توفير خدمات التبريد للجميع، وتقليل استهلاك الطاقة وانبعاثات الكربون، والحد من المخاطر الصحية، وتوفير قدر كبير من تكاليف التدفئة والتبريد.

المخاطر

التكاليف الأولية المرتفعة، والمخاطر الصحية المحتملة الناتجة عن التعرض للمواد النانوية، مثل الجسيمات النانوية المنتشرة في الهواء، بالإضافة إلى التحديات المتعلقة باستمرار فعاليتها على المدى الطويل.

المواد المبتكرة قادرة على التكيف مع تغيّرات درجات الحرارة بشكل دقيق، وعند دمجها مع الابتكارات الحديثة في مجالات التهوية، والتبريد الإشعاعي، وتقنيات الأسطح الباردة، تسهم في تسريع تبني

الجيـل القـادم من أنظمة التبريد الصديقة للبيـئة

ماذا لو اعتمدنا في تصنيف الدول على معايير غير تقليدية تعكس إسهاماتها الفعلية في تقدم البشرية؟

30

تصنيف جديد لترتيب الدول الأفضل في العالم

قريب المدى | متوسط المدى | **بعيد المدى**

إنشاء تصنيف جديد للدول يتبنى مقاييس ديناميكية مبتكرة، تشمل حجم شبكات التعاون التي تكوّنها الدول والشراكات المؤثرة التي تقودها، بدلاً من الاعتماد على التصنيفات التقليدية القائمة على معدلات التنمية والدخل، بما يعزز التعاون الدولي، ويسهم في تحسين تدفق الموارد وتوفير مسارات مبتكرة لتحقيق الأهداف العالمية المشتركة.

المتغيّرات الغامضة

التعاون، الأنظمة

التوجهات العالمية الكبرى

إعادة تحديد الأهداف الإنسانية

الاتجاهات السائدة

الشراكة بين القطاعات
الممارسات البيئية والاجتماعية وحوكمة الشركات وقياس النمو بما يتجاوز الناتج المحلي الإجمالي
الرشاقة الحكومية
التعاون الدولي

التكنولوجيا

الذكاء الاصطناعي
التحليلات الفورية

القطاعات المتأثرة

جميع القطاعات

الكلمات الرئيسية

الشبكات التعاونية
التبادل الثقافي
المساعدات المالية
التعاون العالمي
تصنيفات الدخل

الواقع الحالي

يشهد العالم تحديات معقدة ومتداخلة تعجز المقاييس التقليدية عن رصد تأثيرها بشكل دقيق، فالتغير المناخي والتفاوت الاجتماعي، والتحولات التكنولوجية أمثلة لتحديات تعيد تشكيل عالمنا بطريقة جعلت الناتج المحلي الإجمالي غير كافٍ وحده لقياس الأداء الاقتصادي. ويقيس مؤشر الثروة الشامل، الذي يشرف عليه برنامج الأمم المتحدة للبيئة، رأس المال البشري ورأس المال الطبيعي ورأس المال المُنتج في 140 دولة.[986] ولكن المثير للاهتمام أن معدل نمو الثروة حسب هذا المؤشر أقل بكثير من النمو الذي يعكسه الناتج المحلي الإجمالي.[987]

يقيس مؤشر الثروة الشامل، الذي يشرف عليه برنامج الأمم المتحدة للبيئة، رأس المال البشري ورأس المال الطبيعي ورأس المال المُنتج في

140 دولة

ولكن المثير للاهتمام أن معدل نمو الثروة حسب هذا المؤشر أقل بكثير من النمو الذي يعكسه الناتج المحلي الإجمالي

ورغم أن المساعدات المالية قد تسد فجوات أساسية لا تحتمل التأخير في مجالات حيوية مثل الصحة والتعليم والنمو الاقتصادي،[988] إلا أن ذلك لا يسهم في أغلب الأوقات في تحقيق المزيد من التنمية. ولطالما استُخدمت تصنيفات الدول كمرجع لاتخاذ القرارات حول المساعدات المالية والسياسات وكيفية تخصيص الموارد،[989] إلا أن المنظمات العالمية الكبرى المسؤولة عن تقديم المساعدات الإنمائية، مثل صندوق النقد الدولي، والبنك الدولي، وبرنامج الأمم المتحدة الإنمائي، تتبنى تصنيفات مختلفة[990] لا تتفق عليها سوى 20 إلى 25% من الدول،[991] ومعظمها من الدول المتقدمة،[992] مما يؤثر على توقيت ونوعية المساعدات التي تتلقاها الدول. وبينما يشكّل نقص البيانات عائقاً أمام تحديد الأثر الاقتصادي للمساعدات، تبرز تحديات أخرى مثل عدم وضوح الأطر الزمنية اللازمة لتحقيق هذا التأثير، وتعقيد العوامل التي تحدد العلاقة بين تقديم المساعدات الخارجية والتأثير الاقتصادي المتوقع منها.[993]

الفرصة المستقبلية

يتم استبدال التصنيفات التقليدية للدول التي تقوم على معدل النمو والدخل بمقاييس ديناميكية مدعومة بتقنيات الذكاء الآلي المتقدم، يمكن من خلالها تتبع أنماط ومستويات التعاون بين الدول، وتدفقات الموارد، ومعدل التقدم نحو تحقيق الأهداف العالمية المشتركة محلياً وإقليمياً. كما تضمن المواءمة بين احتياجات الدول وقدراتها من جهة، والمساعدات أو أشكال الدعم التي تتلقاها من جهة أخرى، وبناء شراكات واقعية تستند إلى الأدلة والمعطيات وتحترم الأولويات المحلية.

ويعتمد النموذج الجديد للتعاون الدولي على حجم الشبكات التعاونية والاتفاقيات المرنة المستندة إلى الاحتياجات الفعلية للدول، بدلاً من التصنيفات التقليدية المرتبطة بمعدل التنمية. هذا النموذج الجديد يتيح للدول التعاون مع بعضها عبر شراكات ترتكز على نقاط القوة المشتركة وترتيب الأولويات،[994] بدلاً من الاعتماد على المؤشرات الاقتصادية القديمة. ويسمح هذا النظام التعاوني العابر للحدود[995] بتدفق الموارد بين المناطق بما يضمن التكامل بين القدرات وتحقيق الأهداف المشتركة.

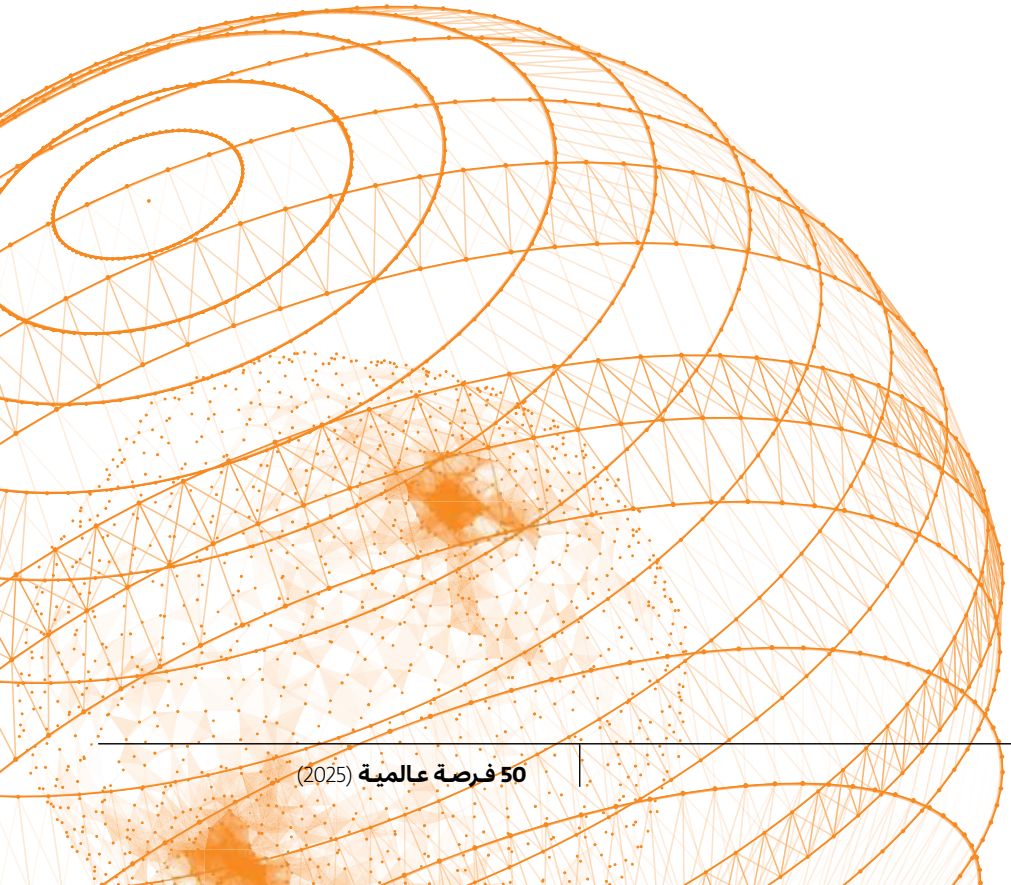
كما يزدهر الابتكار نتيجة تركيز الدول على إبراز مساهماتها في دعم النمو العالمي في كل المجالات، وتؤدي زيادة التبادل الثقافي بين الدول إلى تشجيع الحلول الإبداعية لأبرز التحديات العالمية، بينما تتنوّع المسارات المتاحة للتنمية لتعكس التنوّع الثقافي لهذه المجتمعات.

الإيجابيات

تعزيز التعاون العالمي، وتحقيق العدالة في فرص التنمية، وتحسين عملية تخصيص الموارد، وتقوية العلاقات الدولية، وتسريع تحقيق الأهداف العالمية المشتركة.

المخاطر

زيادة تعقيد العلاقات الدولية وعملية تقديم المساعدات، وصعوبة التوصل إلى توافق عالمي حول المقاييس الجديدة، والتركيز المفرط على احتياجات المجتمعات المحلية على حساب رؤية التحديات من منظور عالمي شامل.



كفرصة مستقبلية، يتم استبدال التصنيفات التقليدية للدول بمقاييس ديناميكية مدعومة بتقنيات الذكاء الآلي المتقدم، **ويمكن من خلالها تتبع أنماط ومستويات التعاون بين الدول، وتدفقات الموارد، ومعدل التقدم نحو تحقيق الأهداف العالمية المشتركة**

ماذا لو أصبحت جميع المنشورات العلمية والأكاديمية متاحة للكل بلا شروط؟

31

ديمقـــراطيـــة النشـــر العـــلمي

قريب المدى | **متوسط المدى** | بعيد المدى

تمركز أنشطة النشر الأكاديمي والبحثي في منصات مفتوحة يمكن للجميع الوصول إليها، مما يسهم في تسريع الابتكار، وتعزيز التعاون بين مختلف التخصصات، وانتشار المعرفة حول العالم، ودمج جميع فئات المجتمع.

المتغيّرات الغامضة

التعاون، الأنظمة

التوجهات العالمية الكبرى

نمو اقتصادات الأعمال المستقلة

الاتجاهات السائدة

الشراكة بين القطاعات
مستقبل التعليم
التعاون الدولي
تحفيز الابتكار
البيانات المفتوحة

التكنولوجيا

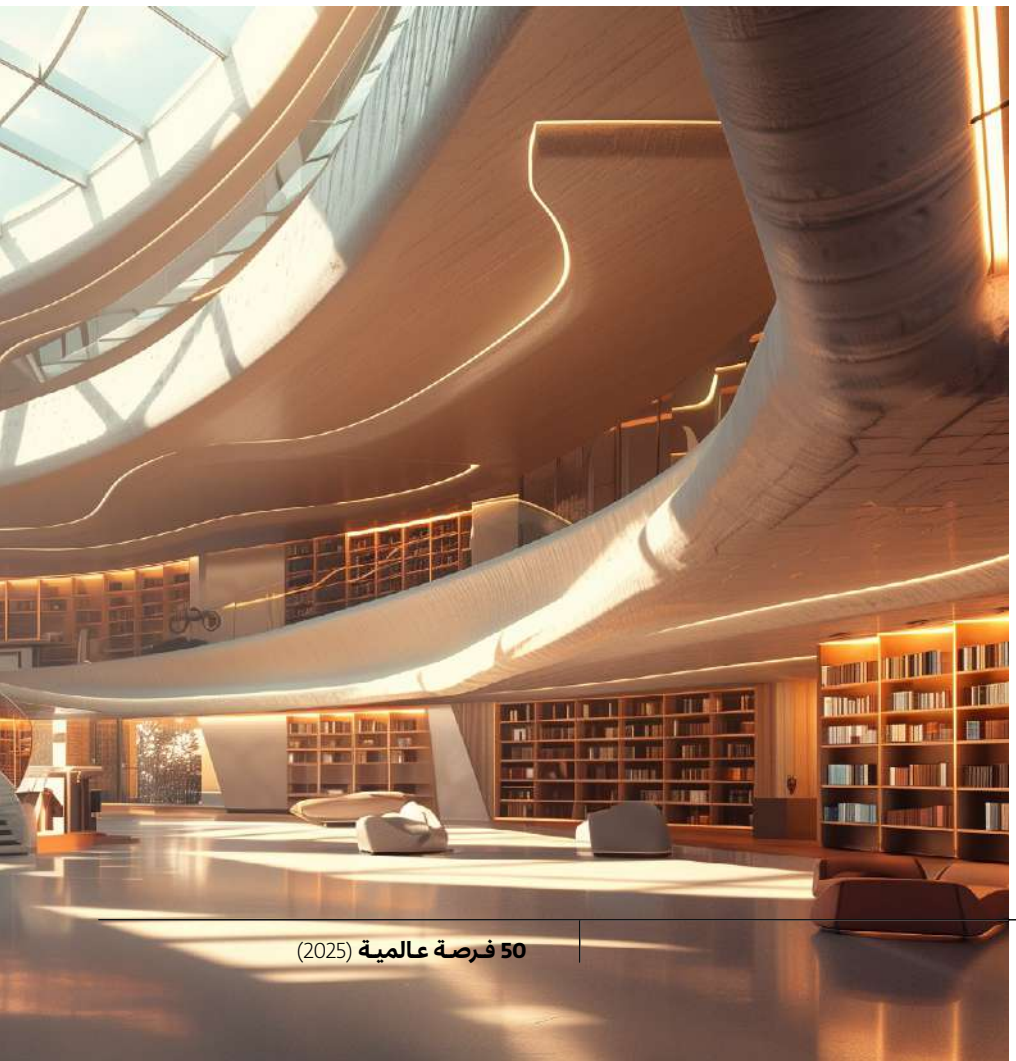
الذكاء الاصطناعي
حماية البيانات والخصوصية

القطاعات المتأثرة

جميع القطاعات

الكلمات الرئيسية

النشر الأكاديمي
عوامل تأثير المنشورات العلمية
إتاحة الوصول عبر مصادر مفتوحة للجميع
الأبحاث
مدونة "مراقبة الأبحاث المسحوبة بعد النشر"



الواقع الحالي

يواصل مفهوم النشر المفتوح انتشاره بين الأوساط المختلفة رغم عدم اتساقه أو التزامه بآلية موحدة.[996] فعلى مستوى العالم، تشير التقديرات إلى أن أكثر من 50% من المقالات العلمية متاحة لدى مصادر مفتوحة للجميع.[997, 998] هذا التقدم مدعوم بمبادرات عالمية من المؤسسات المقدمة للمنح الدراسية، (في دول مثل إندونيسيا[999, 1000] وأمريكا اللاتينية [1001]) والتي تُلزم الباحثين بإتاحة أبحاثهم في مصادر مفتوحة للجميع.[1002] ومن أبرز النماذج المُلهمة في هذا المجال منصة الأبحاث المفتوحة في أوروبا، التي تتيح للجميع الوصول إلى الأبحاث الممولة من قبل المفوضية الأوروبية مجاناً بالكامل.[1003]

يواصل مفهوم النشر المفتوح انتشاره بين الأوساط المختلفة رغم عدم اتساقه أو التزامه بآلية موحدة. فعلى مستوى العالم، تشير التقديرات إلى أن أكثر من

%50

من المقالات العلمية متاحة لدى مصادر مفتوحة للجميع

وقد أدى التركيز على قياس تأثير المنشورات العلمية (أي حساب عدد المرات التي تم الاقتباس فيها من المنشور خلال السنوات الماضية) إلى سلوكيات خطأ من الناشرين وتقديم الكم على الجودة. ورغم غياب الأدلة التي تثبت موثوقية هذا القياس،[1004] إلا أن قياس التأثير بهذه الطريقة يدعم ممارسات مثل استشهاد الباحث بأبحاثه الخاصة،[1005, 1006] كما ترتبط بيانات الاقتباسات غالباً بمعايير لا علاقة لها بجودة الأبحاث.[1007] كما أسهمت ظاهرة الأبحاث المزيفة والتلاعب بالاقتباسات في تشويه منظومة البحث العلمي والنشر الأكاديمي.[1008] وقد كان العام 2024 شاهداً على هذا التراجع في الجودة، حيث سجلت قاعدة بيانات "مراقب الأبحاث المسحوبة بعد النشر" رقماً قياسياً بأكثر من 60,000 حالة سحب للأبحاث بعد نشرها، يرجع أقدمها إلى عام 1927.[1009]

ورغم أن المصادر المفتوحة قد صُممت في الأساس لإتاحة المعرفة للجميع، إلا أن الواقع لا يعكس هذا الهدف نظراً إلى تكاليف النشر المرتفعة. حيث يبلغ متوسط تكلفة النشر (أي ما يتعين على المؤلف دفعه مقابل كل منشور مفتوح المصدر) حوالي 1,626 دولاراً،[1010] إلا أن أكبر منحة يمكن لباحث أن يتلقاها في دولة مثل البرازيل (على سبيل المثال) لا تتعدى 5,055 دولار[ا] على مدار ثلاث سنوات.[1011] كما أن نموذج متوسط تكلفة النشر هذا يستثني أيضاً م يحدد بشكل غير مقصود من يتم نشر أعماله،[1012] وحتى الذين يتحدثون بلغات معينة.[1013, 1014] وقد حققت أكبر خمسة دور للنشر (وهي "إلزيفير" و"ساج" و"سبرينغر نيتشر" و"تايلور آند فرانسيس" و"وايلي") أرباحاً ضخمة تجاوزت 1.06 مليار دولار من رسوم تكلفة النشر في الفترة بين 2015 و2018 فقط،[1015] فيما أعلنت "سبرينغر نيتشر" مؤخراً عن تحقيق هامش ربح تشغيلي يبلغ 28%.[1016]

[ا] بناءً على سعر صرف الريال البرازيلي مقابل الدولار الأمريكي كما في 27 يناير، 2025

على الصعيد العالمي، متوسط رسوم معالجة المقالات (APC) - **الرسوم التي يدفعها المؤلفون مقابل النشر مفتوح المصدر - هي**

1,626 دولار

الفرصة المستقبلية

انتقال قطاع النشر العلمي والأكاديمي من المنصات المختلفة المتخصصة في النشر العلمي إلى منصة مركزية تتيح للجميع الوصول إلى الأبحاث من كل أنحاء العالم. تعمل هذه المنصة غير الهادفة للربح بموجب تراخيص مفتوحة مثل تراخيص المشاع الإبداعي، بهدف تعزيز الابتكار، والحد من السرقة الأدبية، ورفع جودة الأبحاث. بالإضافة إلى ذلك، تضمن تقنية البلوك تشين تحقيق الشفافية، وتوفير مساحات تخزين لا مركزية، وتمكين التعاون بين الأقران، ومكافأة الباحثين على مساهماتهم البحثية القيمة، والحول دون الاستخدام التجاري غير المصرح به للأبحاث المنشورة. وتتطلب التطبيقات التجارية، مثل تدريب نماذج اللغة الكبيرة، إصدار تراخيص منفصلة لضمان الحصول على المقابل المادي المناسب وفقًا لأطر الملكية الفكرية ذات الصلة.

وتحل هذه المنصات محل المجلات العلمية التقليدية، ويتم فيها تصنيف مخرجات الأبحاث وفق محاور البحث باستخدام الذكاء الآلي المتقدم والتحليلات الفورية، التي يمكنها التكيف مع التطورات التي تشهدها التخصصات العلمية وتشجع التعاون بين المجالات المختلفة. كما يتحقق هذا النظام من سلامة البيانات ويضمن استبعاد أي قرصنة أدبية والالتزام بالمعايير الأخلاقية. وتتيح مراجعات الأقران للأبحاث تعزيز جودة المقالات، للحد من المعايير التي تتحكم بعالم نشر الأبحاث حالياً والتي غالباً ما ترتبط بمكانة الباحثين.[1017]

كما تكون هذه المنصات مزوّدة بخيار الترجمة التي يشرف عليها مترجمون مختصون، مما يتيح وصول الأبحاث إلى جميع أنحاء العالم. وتدعم هذه المنصات الأوراق البحثية القائمة على التحليل الشمولي، الذي يجمع بين نتائج دراسات متعددة حول سؤال بحثي معين، من خلال الوصول بسلاسة إلى مجموعات بيانات شاملة، وأدوات مؤتمتة لتجميع هذه البيانات، وتحديثات فورية.

الإيجابيات

المساواة في إتاحة المعرفة، وتسريع وتيرة التقدم البحثي، وتعزيز التعاون الدولي، ودعم الشفافية، وتحسين جودة الأبحاث والأوراق العلمية، مع ضمان وصولها وانتشارها بلغات متعددة لتشمل جمهوراً أوسع.

المخاطر

تحديات ثقافية تتعلق بمقاومة التغيير، إلى جانب مخاوف من انخفاض جودة التقارير رغم الجهود المستمرة لضمان معايير عالية.

ماذا لو استطعنا توفير مكملات غذائية شخصية وذكية لكل فرد على وجه الأرض؟

32 بخاخ غذائي ذكي

قريب المدى | **متوسط المدى** | بعيد المدى

توظيف تكنولوجيا الدعم الغذائي لتلبية الاحتياجات الغذائية الشخصية عبر بخاخات ذكية، بما يوفر حلاً فعّالاً وصديقاً للبيئة لمعالجة نقص المغذيات الدقيقة حول العالم، ويمثل بديلاً للمكملات الغذائية التقليدية.

المتغيّرات الغامضة

الأنظمة، التكنولوجيا

التوجهات العالمية الكبرى

تزايد الاهتمام بالصحة المتقدمة والتغذية

الاتجاهات السائدة

منظومة الغذاء والماء والطاقة
تحفيز الابتكار
المواد الجديدة
الطب الشخصي

التكنولوجيا

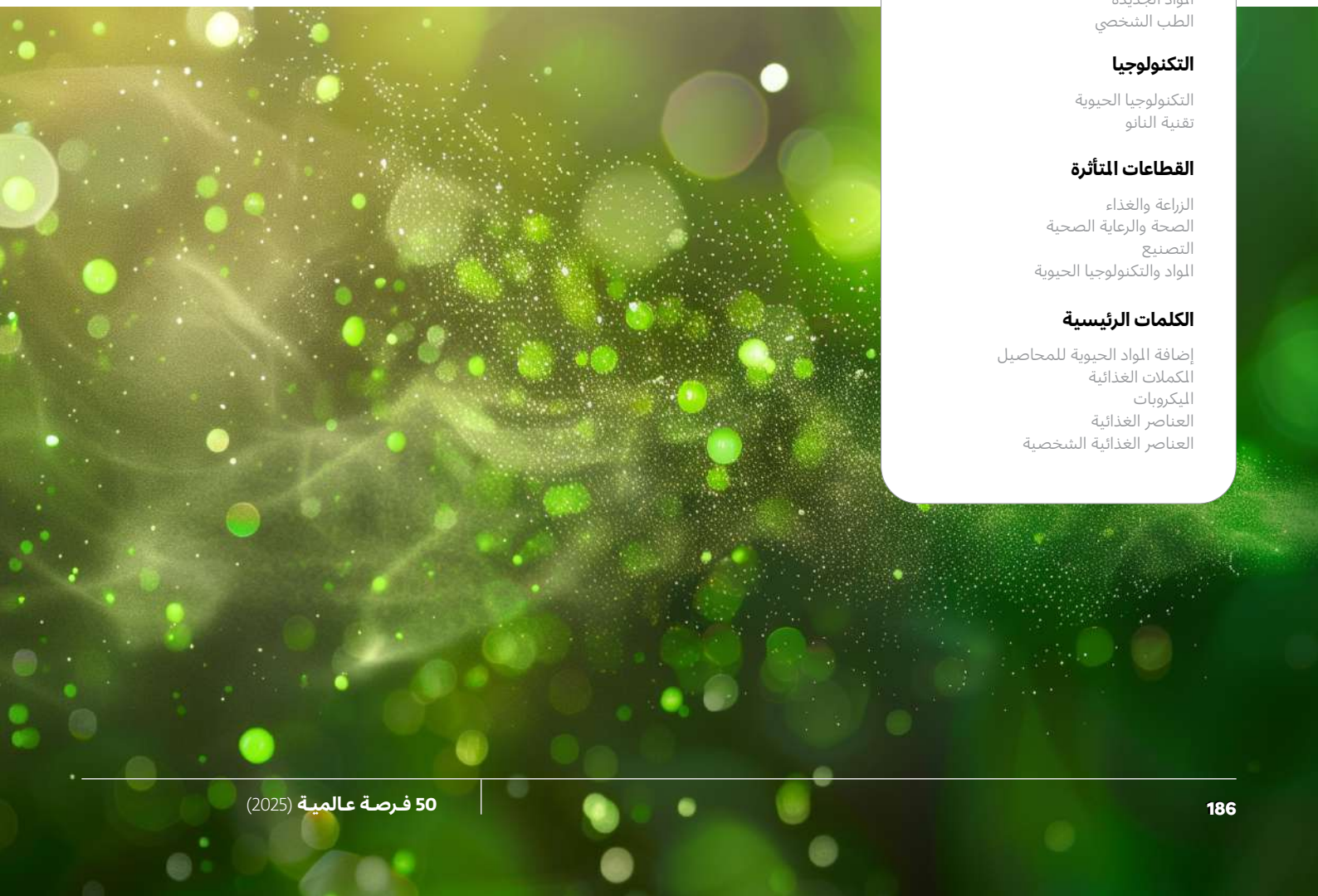
التكنولوجيا الحيوية
تقنية النانو

القطاعات المتأثرة

الزراعة والغذاء
الصحة والرعاية الصحية
التصنيع
المواد والتكنولوجيا الحيوية

الكلمات الرئيسية

إضافة المواد الحيوية للمحاصيل
المكملات الغذائية
الميكروبات
العناصر الغذائية
العناصر الغذائية الشخصية



الواقع الحالي

يعاني الكثيرون حول العالم من نقص في الفيتامينات والمعادن التي يحتاجونها للحفاظ على صحتهم. هذا النقص في المغذيات الدقيقة، والذي يُعرف أيضاً بـ "الجوع الخفي"، يؤثر على 50% من الأطفال بعمر الروضة وثلثي النساء في سن الإنجاب على مستوى العالم،[1018] ويحدث هذا النقص عندما يفتقر الأفراد إلى الفيتامينات والمعادن الأساسية، حتى لو كانوا يتناولون كمية كافية من السعرات الحرارية.[1019] علاوة على ذلك، يعاني أكثر من أكثر من 50% من سكان العالم في المعادن الأساسية مثل اليود (5 مليار) أو الحديد (4 مليار)، وهو ما يؤثر بشكل كبير على صحتهم وإنتاجيتهم.[1020]

وقد أثبتت عملية الدعم الغذائي (أي إضافة المغذيات) فعاليتها في توفير حل فعّال لهذا التحدي، من خلال إضافتها للأطعمة أثناء معالجتها أو عبر إضافة المواد الحيوية للمحاصيل الزراعية.[1021] لكن لا تخلو قصص النجاح في هذا المجال، مثل إضافة عنصر اليود إلى الملح والحديد إلى حبوب الإفطار، لا تخلو من التحديات مثل فرط نشاط الغدة الدرقية، والتكلفة المرتفعة، واستقرارها وقدرة الجسم على امتصاصها.[1022]

من ناحية أخرى، تشهد سوق الفيتامينات والمعادن توسعاً ملحوظاً، حيث قُدّرت قيمة سوق منتجات الصحة وجودة الحياة في عام 2023 بحوالي 1.8 تريليون دولار، بمعدل نمو سنوي يتراوح بين 5% و10%، مع التركيز على المنتجات المخصصة وفق احتياجات كل شخص.[1023] وعلى مدار العقدين الماضيين، ارتفع معدل استخدام المكملات الغذائية بشكل ملحوظ، خاصة مع تزايد الطلب على منتجات تعزيز المناعة خلال جائحة كوفيد-19، حيث شهدت مبيعات هذه المنتجات قفزة هائلة بنسبة 50% بين عامي 2018 و2020، لتصل إلى 220 مليار دولار، ومن المتوقع أن تتجاوز 300 مليار دولار بحلول عام 2028.[1024] ورغم أن الولايات المتحدة الأمريكية وأوروبا واليابان تستحوذ على الحصة الأكبر من هذه السوق، إلا أن الأسواق الناشئة في منطقة الشرق الأوسط تشهد طفرة كبيرة في المبيعات.[1025] لذا، في ظل هذا الطلب المتزايد الذي من المتوقع أن يرتفع بفضل الابتكارات الجديدة في هذا المجال، سيكون من الضروري تطوير تشريعات تنظيمية موحدة وإجراء أبحاث علمية متطورة لضمان سلامة المكملات الغذائية وفعاليتها،[1026]

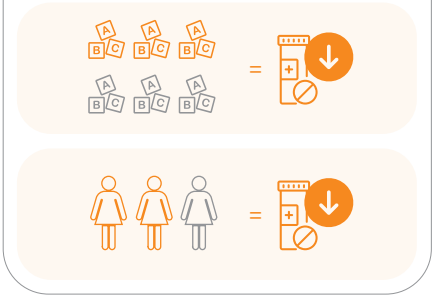
يؤثر النقص في المغذيات الدقيقة، والذي يُعرف أيضاً بـ "الجوع الخفي" على

%50

من الأطفال بعمر الروضة

وثلثي

النساء في سن الإنجاب
على مستوى العالم



قُدّرت قيمة سوق منتجات الصحة وجودة الحياة في عام 2023 بحوالي

$1.8 تريليون

بمعدل نمو سنوي يتراوح بين 5% و10%، مع التركيز على المنتجات المخصصة وفق احتياجات كل شخص

الفرصة المستقبلية

تمثل بخاخات المكملات الغذائية حلاً مبتكراً لمعالجة نقص المغذيات الدقيقة بشكل موجّه، والذي يؤثر بشكل سلبي على الصحة، والنمو الإدراكي والإنتاجية، لاسيما في المناطق التي يعاني سكانها من صعوبة في الوصول إلى الأطعمة الغنية بالفيتامينات والمعادن.[1027] وتعتمد هذه البخاخات المبتكرة – التي يمكن استخدامها مباشرةً عن طريق الفم أو إضافتها للأطعمة أو المشروبات - تكنولوجيا النانو المستخدمة عادةً في توجيه الأدوية داخل جسم الإنسان إلى أهداف محددة،[1028]إلى جانب إضافة الكتلة الحيوية، لتحسين ثبات المغذيات الدقيقة وامتصاصها في الجسم بفعالية.[1029]

ويتم تشكيل المغذيات على هيئة كبسولات نانوية لحمايتها من التحلل، والمساعدة في دقة توجيهها والتحكم بها للوصول إلى الأعضاء المستهدفة في جسم الإنسان.[1030] كما تسهم مصادر الكتلة الحيوية المستدامة، مثل الطحالب الدقيقة (مثل الكلوريلا والسبيرولينا) والمخلفات الزراعية (مثل قشور المانجو والشيتوزان)،[1031]في توفير مغذيات صديقة للبيئة، مما يعزز استدامة النظام الغذائي ويدعم الحلول البيئية المبتكرة.

كما يمكن إنتاج بخاخات شخصية تلبي احتياجات كل فرد، بحيث تكون مدعومة بتقنيات للاستشعار الحيوي تمكّنها من تحليل مستويات المغذيات في الدم وميكروبات الأمعاء. وتكون هذه البخاخات متوفرة في منافذ خاصة بها في العيادات والمدارس والمناطق النائية، مما يعزز مبادرات التغذية الصحية في المجتمعات المحلية، ويمهد الطريق لمزيد من الابتكارات في مجال الأطعمة المُنتجة بتقنيات الطباعة ثلاثية ورباعية الأبعاد.[1032]

الإيجابيات

توفير الدعم الغذائي الشخصي بتكلفة معقولة، وتقليل الاعتماد على إضافة المواد الحيوية للمحاصيل الزراعية، وتزويد أكبر قدر ممكن من أفراد المجتمع بالعناصر الغذائية الأساسية، وتوفير خيارات شخصية تتناسب مع احتياجات الفئات المتنوّعة.

المخاطر

ارتفاع تكاليف الإنتاج، وعدم القدرة على توسيع نطاق استخدامها، إلى جانب التحديات اللوجستية، وعدم تقبل الجمهور للمُنتج، ومخاطر حدوث أضرار غير مقصودة بالصحة مثل التسمم، أو أي آثار جانبية غير مرغوب فيها.

في حين أنه من المتوقع أن ينمو الطلب على المكملات الغذائية، **إلا أن تطوير التشريعات الموحدة وتحفيز البحث العلمي سيكونان من العوامل الحاسمة لضمان سلامتها وفعاليتها**

ماذا لو حددنا مصدر الطاقة المناسب حسب أحوال الطقس وبشكل لحظي؟

33

مصـدر للطـاقة حســـب الحاجة

قريب المدى | **متوسط المدى** | بعيد المدى

ابتكار أنظمة مستقلة موزعة في كل أنحاء المدينة تساعد في تحديد مصادر الطاقة الأنسب للاستخدام بناء على الأحوال المختلفة والاحتياجات وفي الوقت الفعلي، مما يؤدي إلى تحسين عمليات إنتاج الطاقة ونقلها واستهلاكها وإطالة عمر أصولها ومرافقها.

المتغيّرات الغامضة

الأنظمة، التكنولوجـيا

التوجهات العالمية الكبرى

تطوّر تقنيات الطاقة

الاتجاهات السائدة

الشراكة بين القطاعات
الغذاء والماء والطاقة
الرشاقة الحكومية
تلوث الهواء
تحوّل قطاع الطاقة

التكنولوجـيا

الذكاء الاصطناعي
إنترنت الأشياء
التحليلات الفورية

القطاعات المتأثرة

تكنولوجيا الاتصالات وأنظمتها
أمن المعلومات والأمن السيبراني
الطاقة والنفط والغاز والطاقة المتجددة
الخدمات الحكومية
الصحة والرعاية الصحية
البنية التحتية والبناء
المرافق العامة

الكلمات الرئيسية

تحسين كفاءة الطاقة
انبعاثات غازات الدفيئة
مصادر الطاقة المتجددة
الشبكات الذكية
التوسع الحضري

الواقع الحالي

تستهلك المدن كميات هائلة من الطاقة، فهي مسؤولة عن حوالي 75% من الاستهلاك العالمي للطاقة و70% من انبعاثات غازات الدفيئة حول العالم - والتي من المتوقع أن تزيد في المستقبل.[1033] كما يتسبب التوسع الحضري في حوالي 10% من الزيادة في الانبعاثات العالمية منذ عام 2015.[1034] من هذا المنطلق، تبرز حاجة المدن إلى تنويع مصادر الطاقة وتبني حلول الشبكات الذكية وزيادة الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة، حيث يسهم تنويع مصادر الطاقة في تحقيق أمن الطاقة وضمان استمرار الإمدادات، كما تسهم الشبكات الذكية في تقليل مخاطر الإمداد بنسبة تصل إلى 30%.[1035]

ومن المتوقع أن تشهد المدن نمواً كبيراً في عدد السكان، وارتفاعاً ملحوظاً في الطلب على الطاقة؛ إذ يمثل سكان المدن أكثر من نصف عدد سكان الأرض حالياً والذي يبلغ 8 مليارات نسمة، وتشير التوقعات إلى زيادة هذه النسبة خلال السنوات المقبلة،[1036] حيث يُتوقع أن يرتفع عدد سكان المدن من 56% إلى حوالي 70% بين اليوم و2050،[1037] مع العلم أن المدن تولّد ما يزيد عن 80% من الناتج المحلي الإجمالي العالمي، وستستمر في أداء هذا الدور الهام في الاقتصاد العالمي في المستقبل.[1038] من ناحية أخرى، سوف تستهلك مراكز البيانات – وهي أحد الركائز الأساسية لنمو قطاع الذكاء الاصطناعي - طاقة أكثر بمقدار أربعة أضعاف (1,700 تيراوات ساعة) إلى تسعة أضعاف (3,500 تيراوات ساعة) في عام 2050، وثلاثة أضعاف الطاقة في عام 2030 (1,000 تيراوات ساعة) مقارنةً بـ 380 تيراوات ساعة في عام 2023.[1039]

وتُعد أصول الطاقة المتجددة استثماراً رأسمالياً هائلاً، وإدارتها بشكل فعّال عامل حاسم وجوهري لتحقيق أمن الطاقة. ومن المتوقع أن يستمر الانخفاض في تكاليف إنتاج الطاقة الشمسية وتقنيات طاقة الرياح؛ إذ سجّلت الفترة بين عامي 2010 و2023 انخفاضاً في تكاليف إنتاج الطاقة الشمسية الكهروضوئية بنسبة 56% مقارنةً بالبدائل المعتمدة على الوقود الأحفوري والطاقة النووية، لتصل إلى 4 سنتات لكل كيلووات ساعة،[1040] بينما انخفضت تكاليف توربينات الرياح بمتوسط 53%.[1041]

ومن المتوقع أن يستمر الطلب على تقنيات الطاقة الشمسية وطاقة الرياح في الزيادة، مدفوعاً بالسعي لتحقيق الأهداف المتعلقة بتقليل الانبعاثات، وتعزيز أمن الطاقة، وتحقيق الأهداف الاقتصادية الاستراتيجية. ورغم أن الاستثمار في قطاع الطاقة يواجه العديد من التحديات، وعلى رأسها اضطرابات سلسلة التوريد ونقص التمويل اللازم للمشاريع، إلا أنه تجاوز حاجز الـ 3 تريليونات دولار في عام 2024، مع العلم أن ثلثي هذا المبلغ مخصص للاستثمار في الطاقة النظيفة.[1042]

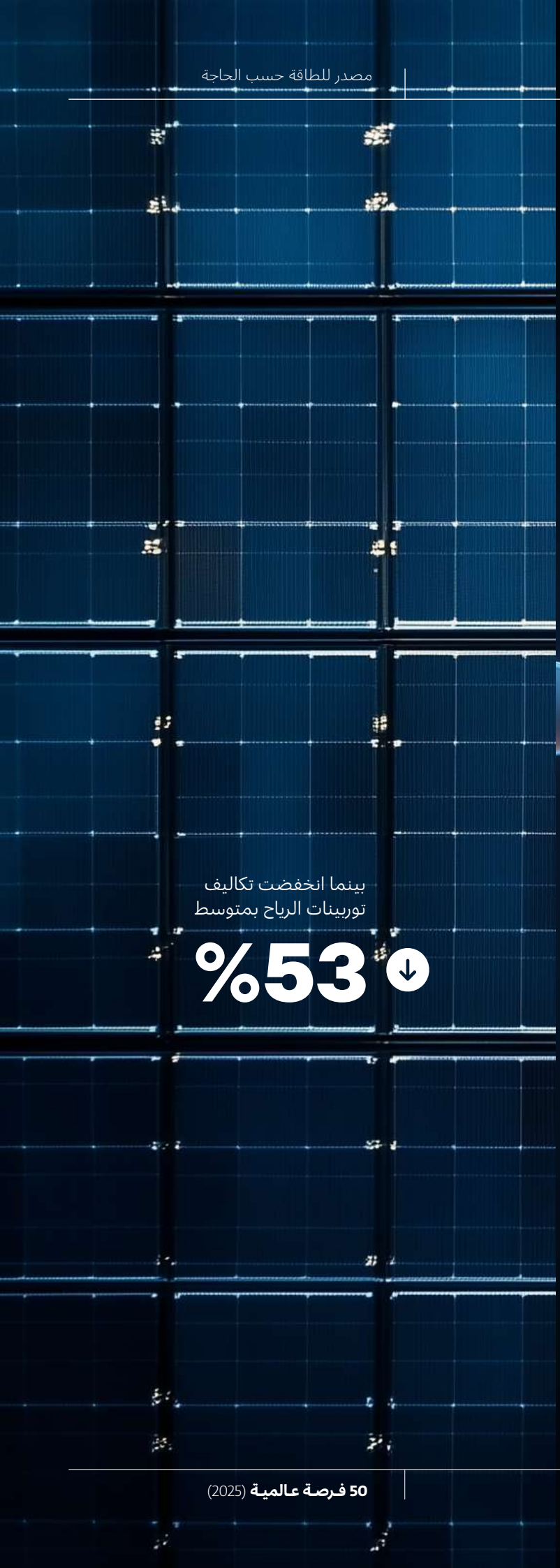
تستهلك المدن كميات هائلة من الطاقة، فهي مسؤولة عن حوالي

%75

من **الاستهلاك العالمي للطاقة**

و%70

من انبعاثات غازات الدفيئة حول العالم



سجّلت الفترة بين عامي 2010 و2023 انخفاضاً في تكاليف إنتاج الطاقة الشمسية الكهروضوئية بنسبة

%56

مقارنةً بالبدائل المعتمدة على الوقود الأحفوري والطاقة النووية، لتصل إلى 4 سنتات لكل كيلووات ساعة

بينما انخفضت تكاليف توربينات الرياح بمتوسط

%53

الفرصة المستقبلية

تصميم أنظمة متكاملة ومستقلة وموزعة في جميع أنحاء المدينة للمساعدة في اختيار مصادر الطاقة الأنسب للاستخدام من بين مزيج الطاقة المتنوع - وذلك حسب الظروف والأحوال وفي الوقت الفعلي، بحيث لا يقتصر التركيز على تعزيز مزيج الطاقة فحسب، بل يشمل أيضاً تعديل كيفية استخدام هذا المزيج وفق الحاجة في الوقت الفعلي، مما يحسن القدرة على الاستغلال الأمثل للموارد وإدارة عمليات إنتاج الطاقة ونقلها بذكاء وفعالية.

وبالاستفادة من إمكانات الذكاء الآلي المتقدم، وإنترنت الأشياء، والحوسبة المتقدمة، تسهم هذه الأنظمة في تقليل تكاليف إنتاج الطاقة وتعزيز الكفاءة وإطالة عمر الأصول والمرافق. وتعمل هذه الأنظمة من منظور يتخطى نموذج الشبكة الذكية المستخدم في تحسين عملية نقل الطاقة، إذ أنها تهدف إلى تعديل استخدام مزيج الطاقة وفق أنماط الطقس المتغيّرة، مما يقلل من الخسائر الناتجة عن تحويل الطاقة ويقلل من الوقت المهدور في إصلاح الأعطال.

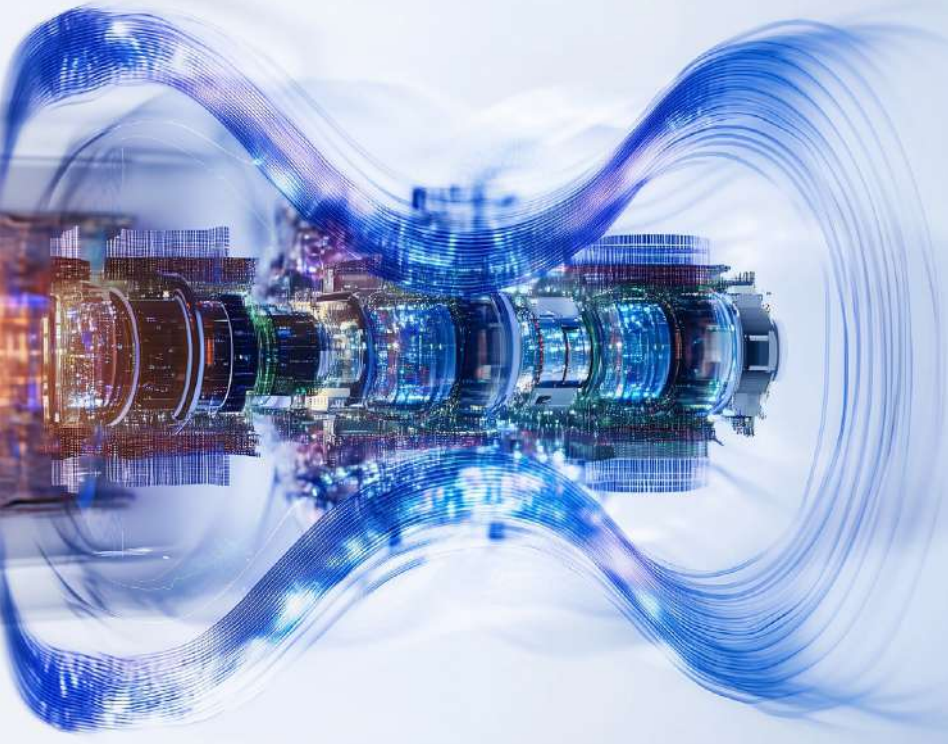
كما تتيح الحوسبة الكمومية تخزين فائض الطاقة المتجددة أو نقلها إلى المناطق ذات الطلب المرتفع، لضمان استدامة إمدادات الطاقة وموثوقيتها وجدواها الاقتصادية.

الإيجابيات

تحسين كفاءة شبكة الطاقة وتخزينها، وإطالة عمر أصولها ومرافقها.

المخاطر

ثغرات في الأمن السيبراني، وزيادة تحديات أنظمة الطاقة، وارتفاع تكاليفها الأولية، والتحديات التكنولوجية الأخرى.



ومع الحوسبة الكمومية، يصبح من الممكن توجيه فائض الطاقة المتجددة إلى مناطق التخزين أو المناطق ذات الطلب المرتفع، **وضمان إمدادات الطاقة المستدامة والموثوقة والفعالة من حيث التكلفة**

ماذا لو ركزت أنظمة براءات الاختراع على تحفيز الابتكارات وتأثيرها الإيجابي في المجتمع؟

34

براءات اختـــراع أكثـــر مرونـــة

قريب المدى | متوسط المدى | **بعيد المدى**

إنشاء نظام ملكية فكرية مرن وقابل للتكيف مع المتطلبات والاحتياجات المتنوعة، بحيث يضمن إتاحة التكنولوجيا للجميع ويحفز الابتكار الذي يركز على التأثير المجتمعي، إلى جانب تعزيز الشفافية ودعم التنمية المستدامة والتطور المجتمعي.

المتغيّرات الغامضة

الأنظمة، التكنولوجيا

التوجهات العالمية الكبرى

نمو اقتصادات الأعمال المستقلة

الاتجاهات السائدة

الشراكة بين القطاعات
توليد الأفكار والملكية الفكرية وريادة الأعمال
التعاون الدولي
تحفيز الابتكار
البيانات المفتوحة

التكنولوجيا

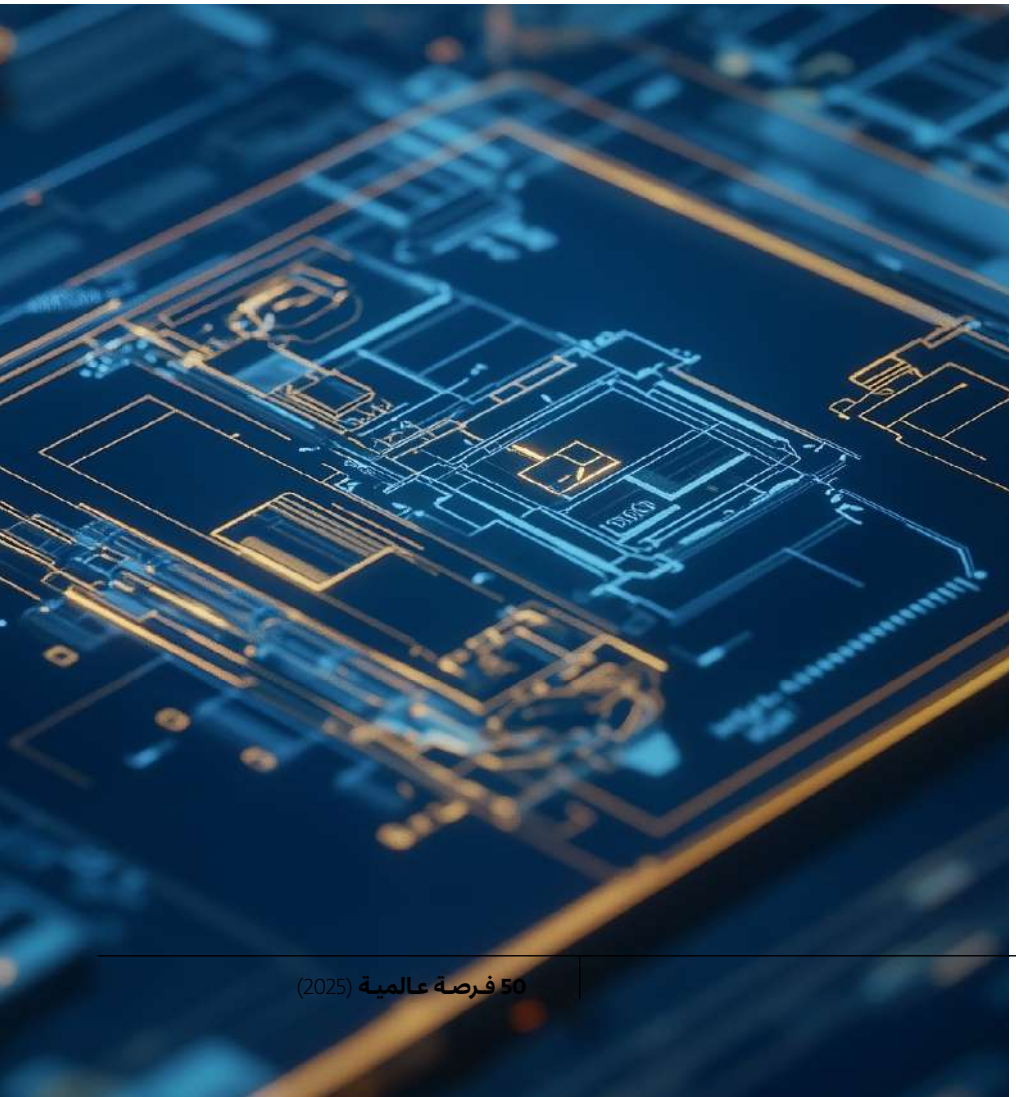
الحوسبة المتقدمة
الذكاء الاصطناعي
تقنية البلوك تشين

القطاعات المتأثرة

جميع القطاعات

الكلمات الرئيسية

تقنية البلوك تشين
البيانات العابرة للحدود
الملكية الفكرية
براءات الاختراع
حقوق الملكية الفكرية



الواقع الحالي

معظم براءات الاختراع لا تتمكن من تحقيق عائدات بعد تسجيلها، فنحو 97% منها لا تسترجع حتى تكاليف تسجيلها، فيما تنتهي صلاحية حوالي 50% منها في وقتٍ قصير بسبب عدم دفع رسوم تجديدها.[1043] كما أن أقل من 20% من مكاتب نقل التكنولوجيا في الجامعات تنجح في استرداد قيمة تعادل استثماراتها،[1044] وغالباً ما يتم التخلي عن براءات الاختراع التي تحقق نجاحاً تجارياً محدوداً رغم التكاليف والجهود المبذولة خلال عملية التسجيل.[1045]

وتسعى الحكومات إلى تسريع إجراءات تسجيل براءات الاختراع. في المملكة المتحدة، تهدف منصة "القناة الخضراء" لدى مكتب الملكية الفكرية، والتي أُطلقت عام 2009، إلى تسريع إجراءات معالجة طلبات براءات الاختراع ذات البعد البيئي.[1046] كما تم إطلاق برامج ومبادرات مماثلة للتكنولوجيا الخضراء في البرازيل[1047] وكندا[1048] واليابان[1049] والولايات المتحدة الأمريكية،[1050] والصين[1051] التي وسّعت نطاق هذه البرامج لتشمل قطاعات أخرى، بما في ذلك التكنولوجيا الحيوية والتصنيع المتقدم.[1052] وتهدف منصة دبي للملكية الفكرية التي أُطلقت في أكتوبر 2024 إلى مساعدة المبدعين والمبتكرين لفهم الإجراءات والخطوات اللازمة لحماية أفكارهم والحصول على الموارد اللازمة لذلك.[1053]

ومع تطور الذكاء الاصطناعي، يزداد التعقيد المرتبط بدوره في تمكين الاختراعات وكونه مصدراً من مصادر الابتكار، وقد يطرح هذا الدور تحديات كبيرة أمام قوانين براءات الاختراع وتشريعاتها الحالية.[1054]فالذكاء الاصطناعي، باعتباره تكنولوجيا تهدف في الأساس إلى تحقيق أهداف عامة، يطرح أسئلة جوهرية حول أنظمة الملكية الفكرية الحالية المصممة لتحفيز الابتكار الفردي أو المؤسسي، وإلى أي مدى يتعين تعديلها لمواكبة الابتكار والإبداع المدفوعين بالإمكانات الهائلة للذكاء الاصطناعي.[1055]

نحو

%97

من براءات الاختراع لا تسترجع حتى تكاليف تسجيلها، فيما **تنتهي صلاحية** حوالي

%50

منها في وقت قصير بسبب عدم دفع رسوم تجديدها

الفرصة المستقبلية

تصميم نظام مرن للملكية الفكرية ليحل محل أنظمة الحماية التقليدية الثابتة بالاستناد إلى إطار عمل ديناميكي قادر على التكيف مع المتطلبات المتغيرة وإجراء تعديلات بناء على معطيات مثل مراحل نضوج التكنولوجيا المبتكرة، والفوائد المجتمعية القابلة للقياس، وأولويات التأثير المجتمعي.[1056] ويمكن من خلال الاستفادة من تقنية البلوك تشين والذكاء الآلي المتقدم والعقود الذكية،[1057] يوفر هذا النظام المرن الجديد نموذج "الملكية الفكرية القابلة للتفسير"، إلى جانب تعزيز الشفافية من خلال تقديم الإرشادات التفاعلية واستخدام اللغة المبسطة وإتاحة المشاركة للجميع.

كما تتطلب المجالات الحيوية، مثل الرعاية الصحية والاستدامة البيئية والمساعدات الإنسانية، مرونة في شروط وأحكام التراخيص بما يتناسب مع مؤشرات التنمية الوطنية، مثل مؤشر التنمية البشرية أو مؤشر التقدم المحرز في أهداف التنمية المستدامة، مما يضمن إتاحة التكنولوجيا الأساسية للجميع.[1058] وسيسهم هذا النظام المرن في منع احتكار براءات الاختراع وتشجيع التطوير المستمر للابتكارات، ومن ثمّ إنشاء منظومة عالمية لبراءات الاختراع تتميز بالمرونة والعدالة والجاهزية للمستقبل.

الإيجابيات

تحفيز الابتكار، وتحسين الأثر الاجتماعي العالمي للابتكارات، وضمان التوزيع العادل لفوائد الملكية الفكرية.

المخاطر

زيادة تعقيد إجراءات إدارة الملكية الفكرية، وزيادة ثغرات الأمن السيبراني، والتحديات المرتبطة بتحديد القيمة العادلة للاختراع، وإحداث تحولات غير مدروسة في الصناعات والقطاعات القائمة.

ومع تطور الذكاء الاصطناعي، يزداد التعقيد المرتبط بدوره في تمكين الاختراعات وكونه مصدراً من مصادر الابتكار، **وقد يطرح هذا الدور تحديات كبيرة أمام قوانين براءات الاختراع وتشريعاتها الحالية**

ماذا لو تحكمت الروبوتات في سلاسل التوريد العالمية؟

35

سلاسل توريد روبوتية عبقرية

قريب المدى | **متوسط المدى** | بعيد المدى

تسهم الروبوتات التعاونية في تصميم مستقبل الصناعات وسلاسل التوريد العالمية من خلال تمكين المشاركة الذكية للمهام، وقدرتها على التعلم الذاتي وحل المشكلات في الوقت الفعلي، وتحسين الأداء العمليات باستمرار وعبر مختلف المجالات.

المتغيرات الغامضة

الأنظمة، التكنولوجيا

التوجهات العالمية الكبرى

الأتمتة والتعايش مع الروبوتات المستقلة

الاتجاهات السائدة

الأتمتة
الشراكة بين القطاعات
مستقبل العمل

التكنولوجيا

الاتصال المتقدم
إنترنت الأشياء
الروبوتات

القطاعات المتأثرة

السيارات والفضاء والطيران
تكنولوجيا الاتصالات وأنظمتها
السلع الاستهلاكية والخدمات والبيع بالتجزئة
علم البيانات والذكاء الاصطناعي وتعلّم الآلة
الخدمات المالية والاستثمار
التصنيع

الكلمات الرئيسية

التعلم الذاتي
الروبوتات التعاونية
التصنيع الخالي من الهدر
التحليلات التنبؤية
سلاسل التوريد

الواقع الحالي

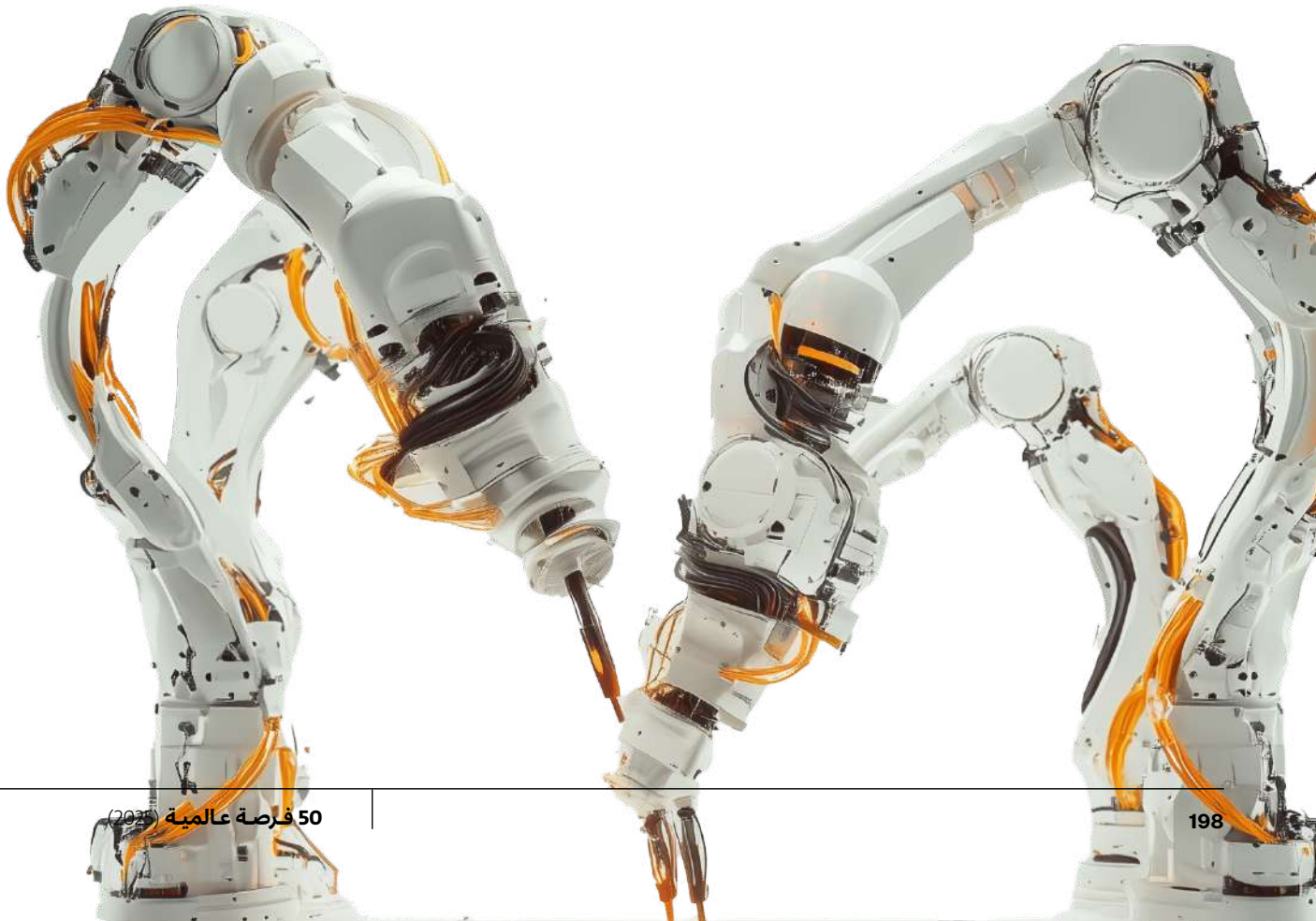
سيحتاج القطاع الصناعي في الولايات المتحدة الأمريكية على سبيل المثال حوالي

3.8 مليون

عامل بين عامي 2024 و2033

يعد نقص العمالة من التحديات التي تواجهها الدول ذات الدخل المرتفع أو المنخفض على حد سواء؛ فالنظرة الثقافية والمجتمعية تعطي الأولوية لتحصيل الشهادات الجامعية على شغل الوظائف المهنية، والنظرة النمطية لوظائف قطاع التصنيع، وعدم التوافق بين المهارات المتاحة واحتياجات القطاع الصناعي،[1059] الذي سيحتاج في الولايات المتحدة الأمريكية على سبيل المثال حوالي 3.8 مليون عامل بين عامي 2024 و2033.[1060] وفي ظل غياب استراتيجيات فعّالة لسد هذه الفجوات بين المهارات والمتقدمين للوظائف، قد تبقى حوالي 1.9 مليون وظيفة شاغرة، مما يشكل تحدياً كبيراً يعيق نمو هذا القطاع ويحد من إنتاجيته.[1061]

وفي هذا السياق، يبرز دور الأتمتة في دعم مرونة سلاسل التوريد. إذ تتيح الأتمتة استغلال الموارد بأفضل شكل وتحسين الكفاءة بما يتواءم مع الهدف التاسع من أهداف التنمية المستدامة للأمم المتحدة، والذي يركّز على إقامة بنى تحتية قادرة على الصمود، وتعزيز التصنيع المستدام، وتشجيع الابتكار.[1062] كما يمكن لإنترنت الأشياء والذكاء الاصطناعي التنبؤ بأعطال المعدات من خلال مراقبة مجموعة محددة من المعايير، مما يسهم في الحد من الوقت المُهدر بسبب أعطال الصيانة ويقلص من تكاليفها بنسبة تصل إلى 15%.[1063] كما يمكن لهذه التكنولوجيا المتطورة أيضًا أن تسهم في الحد من النفايات وتحسين جودة المنتجات، وترشيد استخدام الطاقة بنسبة 20% وخفض التكاليف التشغيلية ودعم التصنيع المستدام.[1064]



الفرصة المستقبلية

في خطوة تعد بدايةً لحقبة جديدة في القطاع الصناعي،[1065] تعمل شبكة من الروبوتات التعاونية على إعادة تشكيل ملامح سلسلة القيمة (وهي مجموع العمليات التي تقوم بها الشركات لتحويل المواد الخام إلى منتج ذو قيمة وفائدة للعملاء) والصناعات المختلفة، مما يسهم في إنشاء سلسلة توريد عالية أكثر ترابطاً والتي تتكامل وظائفها لتكوّن نظاماً بيئياً دائم التفاعل والتحسين الذاتي. ويعمل هذا النظام بسلاسة بالتعاون مع البشر مما يؤدي إلى تحسين الكفاءة والإنتاجية من خلال المشاركة الذكية للمهام.[1066] وتتطور هذه الروبوتات لتصبح أنظمة قادرة على التعلّم والتكيّف والتعاون في مختلف القطاعات.

وبالاستفادة من إمكانات الذكاء الآلي المتقدم والحوسبة الطرفية وخوارزميات الذكاء الاصطناعي العصبية،[1067] يمكن لهذه الروبوتات معالجة مجموعات البيانات المعقدة بشكل فوري، ومشاركة أدائها ومجموعات البيانات المتعلقة بمهاراتها بفعالية وسرعة عالية لتمكين التعلّم الذاتي وحل المشكلات عبر مختلف المجالات. ومن خلال قدرات التحليلات التنبؤية والحوسبة الواعية بالسياق[1068] وقدرات الكشف عن مواطن الخلل بشكل فوري، تعمل الروبوتات التعاونية باستمرار على تحسين قدراتها وتعديل أدائها بسرعة وكفاءة، والتعلّم من التجارب الجماعية، وتحسين العمليات عبر مختلف المجالات.

الإيجابيات

تحسين كفاءة سلاسل التوريد العالمية، والاستخدام الأمثل للموارد، وتعزيز القدرة على حل المشكلات.

المخاطر

فقدان الوظائف، وزيادة التهديدات السيبرانية وفي مواقع العمل، والإفراط في الاعتماد على التكنولوجيا المتقدمة، وزيادة تعقيد الأنظمة وغموضها.

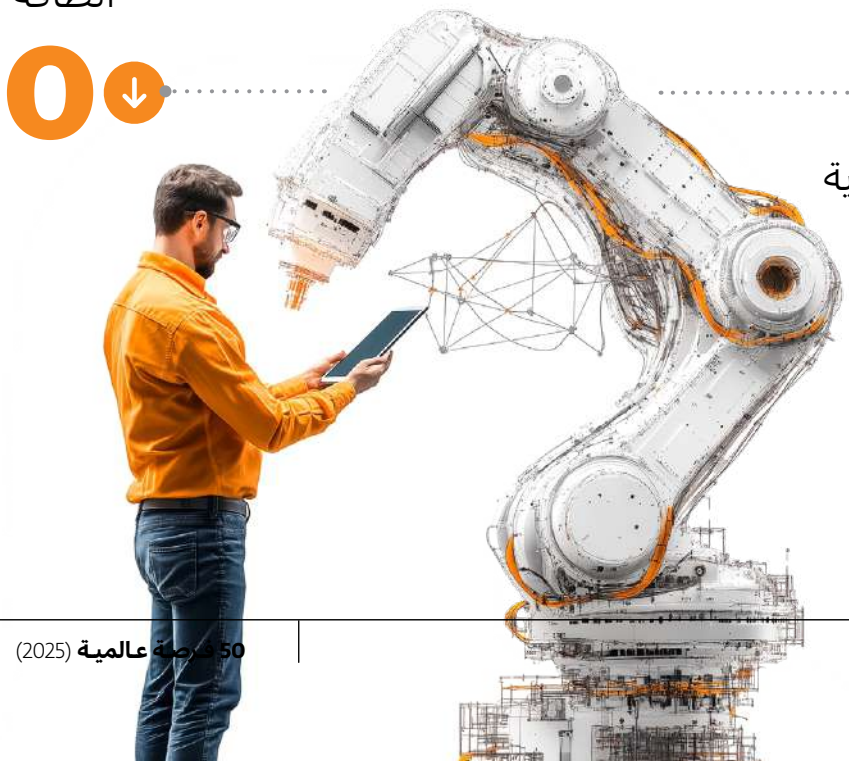
الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء (IoT) يقللان تكاليف التصنيع بنسبة

%15

من خلال الصيانة التنبؤية

مع خفض استخدام الطاقة بنسبة

%20



ماذا لو أنشأنا بيئة تجريبية وتشريعية عالمية تحفز الابتكارات وتسرع دخولها للأسواق؟

36 ساندبوكس دولي

قريب المدى | متوسط المدى | بعيد المدى

إنشاء مختبرات تنظيمية وتشريعية عالمية تتيح اختبار الابتكارات التكنولوجية بشكل فوري ومتزامن في أماكن متعددة بمناطق مختلفة، ومواءمة التشريعات التنظيمية وتطويرها، وتسريع دخول الابتكارات إلى الأسواق، إلى جانب حماية المستهلك عبر جهود التنسيق والإشراف الدولي.

المتغيرات الغامضة

الأنظمة، التكنولوجيا

التوجهات العالمية الكبرى

نمو اقتصادات الأعمال المستقلة

الاتجاهات السائدة

الشراكة بين القطاعات
الرشاقة الحكومية
توليد الأفكار والملكية الفكرية وريادة الأعمال
التعاون الدولي
التحوّل القانوني

التكنولوجيا

الذكاء الاصطناعي
حماية البيانات والخصوصية

القطاعات المتأثرة

الأنظمة وتكنولوجيا الاتصالات
السلع الاستهلاكية والخدمات والبيع بالتجزئة
أمن المعلومات والأمن السيبراني
علم البيانات والذكاء الاصطناعي وتعلم الآلة
الخدمات المالية والاستثمار
الخدمات اللوجستية والشحن والنقل
التصنيع

الكلمات الرئيسية

سلامة المستهلك عبر الحدود
الاقتصاد الرقمي
التجارة الإلكترونية
دخول السوق
مختبرات "ساندبوكس" التنظيمية

الواقع الحالي

في حين وضعت العديد من الدول ذات الدخل المرتفع **قوانين متعلقة بسلامة المنتجات** وأنشأت مؤسسات لإنفاذ هذه القوانين، إلا أن

%60

من الدول الأخرى تفتقر إلى الخبرة في مجال إنفاذ القوانين المعنية بحماية المستهلك عبر الحدود، مما يجعلها عرضة لدخول المنتجات غير الآمنة عبر حدودها

تعتبر سلامة المنتجات الاستهلاكية عاملاً مهماً في صحة المجتمع، وأشار تقرير تم إصداره بالولايات المتحدة في العام 2024 إلى وجود ارتباط بين المنتجات الاستهلاكية بنحو 14.1 مليون زيارة للمستشفيات و3595 حالة وفاة في عام 2023، وتشمل هذه المنتجات الأجهزة الكهربائية والمفروشات المنزلية والأغراض الشخصية ومعدات الرياضة والألعاب وغيرها.[1069] وفي الاتحاد الأوروبي، تكلّف الحوادث الناجمة عن استهلاك تلك المنتجات خسائر (يمكن تفاديها) تُقدّر بحوالي 12.8 مليار دولار سنوياً، فيما تبلغ الخسائر المالية الناجمة عن المشتريات غير الآمنة حوالي 21.6 مليار دولار سنوياً.[1070] ويعمل مؤتمر الأمم المتحدة للتجارة والتنمية وفريق الخبراء الحكومي الدولي المعني بقوانين وسياسات حماية المستهلك على وضع قانون نموذجي لمنع توزيع المنتجات غير الآمنة عبر الحدود بين دولة وأخرى.[1071] وفي حين وضعت العديد من الدول ذات الدخل المرتفع قوانين متعلقة بسلامة المنتجات وأنشأت مؤسسات لإنفاذ هذه القوانين ووضعت آليات لاسترجاع المنتجات، إلا أنّ 60% من الدول الأخرى، خاصة في أفريقيا، تفتقر إلى الخبرة في مجال إنفاذ القوانين المعنية بحماية المستهلك عبر الحدود، مما يجعلها عرضة لدخول المنتجات غير الآمنة عبر حدودها.[1072]

ويفرض الاقتصاد الرقمي فرص وتحديات جديدة في مجال سلامة المستهلكين، وخاصة مع ظهور المزيد من المنتجات التي تعتمد على الذكاء الاصطناعي. ومن المتوقع أن يسهم الاقتصاد الرقمي في تحقيق عائدات جديدة بنسبة 70% في العقد المقبل،[1073] وأن يضيف 100 تريليون دولار إلى الاقتصاد العالمي خلال عام 2025.[1074] كما يُتوقع أن يشهد نمواً أسرع بست مرات من الاقتصاد التقليدي، وأن تمثل حصته من الناتج المحلي الإجمالي العالمي 25% خلال عام 2025.[1075] فقد زاد معدل استخدام الأجهزة المعتمدة على الذكاء الاصطناعي أكثر من أي وقت مضى، إذ ارتفع على سبيل المثال عدد الأجهزة الطبية القائمة على الذكاء الاصطناعي والحاصلة على موافقة إدارة الغذاء والدواء الأمريكية من ستة أجهزة في العام 2015 إلى 950 جهازاً في شهر أغسطس 2024 وحده.[1076] مع ذلك، ما يزال الغموض هو الموقف السائد فيما يخص استخدامات هذه الأجهزة سواء لدى الأطباء والمتخصصين، أو حتى لدى المرضى أنفسهم،[1077] مما يزيد من المخاطر المرتبطة بها.

إن المحاولات التي تبذلها الدول في سبيل تعزيز التعاون عبر الحدود وتحسين كفاءة حماية المستهلك ليست بالجديدة. ففي عام 2020، تم تطوير 73 مشروع "ساندبوكس" معترف به لتطوير التشريعات المتعلقة بالتكنولوجيا المالية في 57 دولة (تنقسم تلك المختبرات من حيث تركيزها على موضوعات عامة أو محددة).[1078، 1079] وفي حين أن مختبرات "ساندبوكس" التشريعية قد تكون غير قابلة للتوسع وربما لا تنجح في بعض الأحيان في تحويل الاختبارات إلى تحسينات فعلية على أرض الواقع، إلا أنها غالباً ما تؤثر بشكل إيجابي على الاستثمار.[1080] ورغم أن الشبكة العالمية للابتكار المالي[1081] ليست مختبراً تشريعياً "ساندبوكس"، إلا أنها تتيح التعاون بين الدول في مجال الابتكار المالي،[1082] وكذلك مبادرة "ميشن إنوفيشن"[1083] التي تتيح التعاون في مجال حلول الطاقة رغم أنها لا تُعد مختبر "ساندبوكس".[1084]

في عام 2020،
تم تطوير

73

مشـروع
"ساندبوكس"

فـي

57

دولـة

الفرصة المستقبلية

مختبرات "ساندبوكس" تقوم على أساس التعاون بين مختلف الأنظمة القانونية والسلطات التنظيمية، وتستند إلى الخبرات المتراكمة في القطاع المالي،[1085، 1086] لتركّز على مجموعة من المنتجات والخدمات والتقنيات المدعومة بمنصة موحدة يمكن من خلالها اختبار الابتكارات في وقت واحد في مختلف المناطق والأسواق، مما يسهم في تقليص الوقت والموارد اللازمة لدخول هذه الابتكارات الأسواق في دول متعددة.

ومع زيادة ترابط العالم بشكل غير مسبوق، تتيح هذه البيئات التجريبية العالمية للجهات التنظيمية والتشريعية التعمق في فهم الآثار المترتبة على استهلاك المنتجات والخدمات والتقنيات الجديدة العابرة للحدود، واختبار المنتجات والخدمات والتقنيات الجديدة في سيناريوهات واقعية تحت إشراف القطاع الحكومي، مما يتيح تطويرها بشكل مستمر، والحصول على التعليقات والملاحظات في الوقت الفعلي، وتعزيز التعاون بين مختلف الأطراف المعنية.[1087]

الإيجابيات

اختبار الابتكارات وتجربتها في مناطق مختلفة في الوقت نفسه، ومواءمة التشريعات والقوانين التنظيمية، وتسريع دخول الابتكارات إلى الأسواق، وتعزيز حماية المستهلك، وتبادل المعرفة بين الدول ذات الدخل المرتفع والدول ذات الدخل المنخفض.

المخاطر

التعقيدات في الإشراف على المنتجات عبر الحدود، وعدم الشفافية في عمليات اتخاذ القرار، وصعوبة الحفاظ على معايير متسقة لحماية المستهلك عبر المناطق المختلفة، والتوزيع غير المتكافئ للموارد.

يركز الساندبوكس الدولي على اختبار مجموعة من المنتجات والخدمات والتقنيات من خلال منصة موحدة، **ونمذجة تأثيرها في بيئات اجتماعية واقتصادية متنوعة**

ماذا سينتج استخدامنا لأصول ومرافق الطاقة المتجددة لفترات أطول وبأساليب مستدامة؟

37

محطات طاقة دائمة التجدد

قريب المدى | متوسط المدى | **بعيد المدى**

تشكيل تحالف عالمي لوضع معايير متطورة تضمن تطبيق مفهوم الاقتصاد الدائري في التعامل مع مرافق وأصول محطات إنتاج الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، بما يشجع على تبني التصاميم المستدامة وتقنيات وسياسات إعادة التدوير لتحقيق أقصى استفادة من الموارد والحد من النفايات الناتجة عنها.

المتغيّرات الغامضة

التعاون، التكنولوجيا

التوجهات العالمية الكبرى

إدارة النُظم البيئية

الاتجاهات السائدة

الشراكة بين القطاعات
التعاون الدولي
المواد الجديدة
الإدارة المستدامة للنفايات
تحوّل قطاع الطاقة

التكنولوجيا

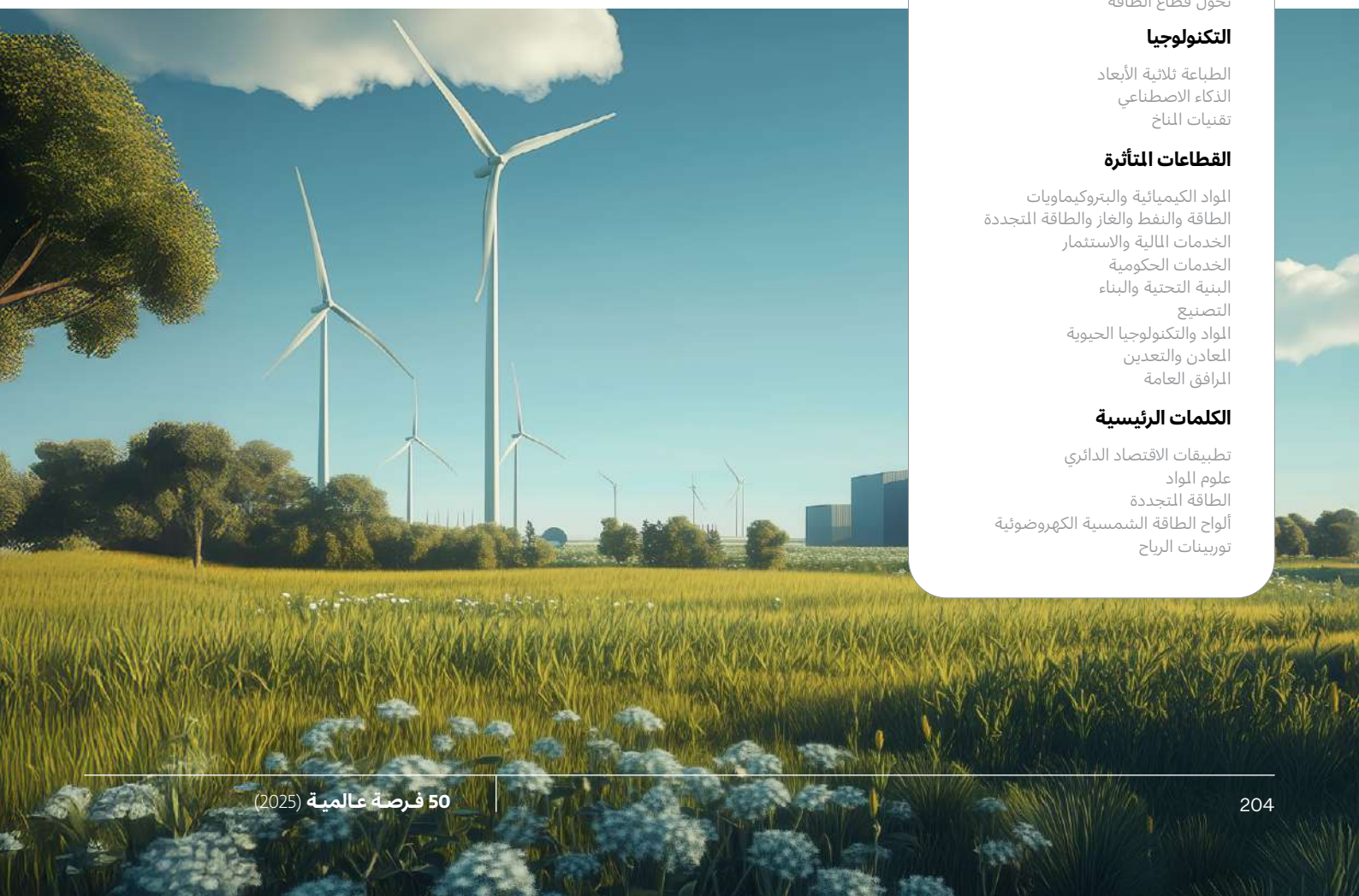
الطباعة ثلاثية الأبعاد
الذكاء الاصطناعي
تقنيات المناخ

القطاعات المتأثرة

المواد الكيميائية والبتروكيماويات
الطاقة والنفط والغاز والطاقة المتجددة
الخدمات المالية والاستثمار
الخدمات الحكومية
البنية التحتية والبناء
التصنيع
المواد والتكنولوجيا الحيوية
المعادن والتعدين
المرافق العامة

الكلمات الرئيسية

تطبيقات الاقتصاد الدائري
علوم المواد
الطاقة المتجددة
ألواح الطاقة الشمسية الكهروضوئية
توربينات الرياح



الواقع الحالي

سوف يؤدي تحول قطاع الطاقة إلى **زيادة الطلب على مصادر الطاقة المتجددة**، وسترتفع قيمة الاستثمارات فيها إلى

150 تريليون

بحلول عام 2050

يشهد قطاع الطاقة تحولاً عالمياً غير مسبوق يؤدي إلى زيادة الطلب على مصادر الطاقة المتجددة، التي تتطلب استثمارات بقيمة 47 تريليون دولار من الاستثمارات العالمية بحلول عام 2030، مع تخصيص 15.7 تريليون دولار لتوليد الطاقة المتجددة والبنية الأساسية للشبكة.[1088] وسترتفع هذه الأرقام إلى 150 تريليون دولار بحلول عام 2050؛ مع تخصيص 61 تريليون دولار منها لتطوير البنية التحتية وتوسيع قدرات توليد الطاقة المتجددة.[1089] ورغم الاستثمارات الكبيرة في مصادر الطاقة المتجددة، مثل طاقة الرياح البحرية والطاقة الحيوية والطاقة الحرارية الجوفية،[1090] إلا أنها ما تزال تعاني من تحديات في التمويل تحد من نموها. ومن المتوقع أن تزيد حصة الطاقة المتجددة من إجمالي القدرة الإنتاجية العالمية للطاقة من 30% في عام 2023 إلى 46% بحلول عام 2030، لاسيما الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، اللتين ستسهمان بشكل بارز في هذا النمو.[1091] وبحلول عام 2029، يُتوقع أن تتصدر ألواح الطاقة الشمسية الكهروضوئية المشهد، لتصبح أكبر مصدر للكهرباء المتجددة عالمياً،[1092] مؤكدة بذلك دورها المحوري في تشكيل مستقبل مستدام لقطاع الطاقة.

لكن هذا النمو في استخدام الطاقة المتجددة سيطرح تحديات جديدة على مستوى الاستدامة، خاصة فيما يتعلق بإدارة النفايات الناتجة عن المعدات التي تقترب من نهاية عمرها الافتراضي. فعلى سبيل المثال، باتت صلاحية العديد من توربينات الرياح التي تم تركيبها في التسعينيات والعقد الأول من الألفية على وشك الانتهاء. ورغم إمكانية إعادة تدوير معظم مكونات التوربينات، إلا أن شفراتها غالباً ما تجد طريقها إلى مكبات النفايات أو ينتهي بها المطاف بالحرق،[1093] مما يطرح تحدياً بيئياً كبيراً. إذ تشير التوقعات إلى أن العالم سيواجه بحلول عام 2050 كمية ضخمة من النفايات الناتجة عن مصادر الطاقة المتجددة، حيث يُتوقع أن يصل حجم نفايات ألواح الطاقة الشمسية الكهروضوئية إلى حوالي 78 مليون طن،[1094] بينما يُتوقع أن يبلغ حجم نفايات شفرات توربينات الرياح نحو 43 مليون طن،[1095] مما يطرح تحدياً حول كيفية إدارة هذه النفايات بشكل مستدام، لضمان استمرارية استفادة العالم من الطاقة المتجددة من دون التأثير بشكل سلبي على البيئة.

تُسهم علوم المواد، إلى جانب تبني أسس ومفاهيم الاقتصاد الدائري، في تقديم حلول فعّالة للتحديات البيئية المرتبطة بالطاقة المتجددة. ففي الوقت الحالي، يمكن إعادة تدوير نسبة كبيرة من مكونات توربينات الرياح تصل من80 إلى 85%،[1096] كما يمكن إعادة تدوير 95% من زجاج الألواح الشمسية.[1097] الذي يمكن استخدامه مثلاً في صناعة النوافذ،[1098] مما يسهم في تقليل النفايات وإعادة توظيف الموارد. من ناحية أخرى، يمكن الاستفادة من شفرات توربينات الرياح كمواد لبناء[1099] الأسوار والجدران في المناطق الريفية،[1100] مما يدعم المجتمعات المحلية. كما يمكن استخدام وحدات محمولة لتكسير المواد لإعادة تدوير الأساسات المستخدمة في توربينات الرياح القديمة وتوظيفها في بناء توربينات جديدة،[1101] مما يحد من الحاجة إلى المواد الخام ويعزز من استدامة النظام البيئي.

يُتوقع أن يصل حجم نفايات ألواح الطاقة الشمسية الكهروضوئية إلى حوالي

78 مليون طن

بينما يُتوقع أن يبلغ حجم نفايات شفرات توربينات الرياح نحو

43 مليون طن،

مما يطرح تحدياً حول كيفية إدارة هذه النفايات بشكل مستدام بحلول عام 2050

الفرصة المستقبلية

تشكيل تحالف عالمي يضم شركات وحكومات والأوساط الأكاديمية لوضع معايير لإعادة التدوير والممارسات المستدامة القائمة على مفاهيم الاقتصاد الدائري للتعامل مع أصول الطاقة المتجددة. حيث يركز هذا التحالف على تطوير علوم المواد واستخدام تصاميم مستدامة تحاكي الطبيعة، مع تعزيز تطبيق تقنيات إعادة التدوير الحديثة، مثل الذكاء الاصطناعي[1102] والطباعة ثلاثية الأبعاد.[1103] كما يعمل التحالف على تبني سياسات تمنع التخلص من النفايات في المكبات، وتفرض إعادة استخدامها، مما يعزز من قدرة البنية التحتية للطاقة الشمسية وطاقة الرياح على الاستمرار في دورة حياة متجددة. وتشمل هذه السياسات أيضاً دعم الشراكات بين القطاعين الحكومي والخاص لضمان تحقيق أهداف الاستدامة على المدى الطويل، بما يجعل دورة حياة البنية التحتية للطاقة الشمسية وطاقة الرياح جزءاً من نظام بيئي مستدام خالٍ من النفايات.

الإيجابيات

توحيد الجهود العالمية، وإتاحة فرص واعدة في الأسواق العالمية، وتوفير وظائف جديدة، إلى جانب تبني تطبيقات جديدة للاقتصاد الدائري، وتعزيز استدامة قطاع الطاقة المتجددة.

المخاطر

صعوبة التنفيذ، وغياب الوعي بأهمية التعامل مع هذه المشكلة بشكل عاجل مما يؤدي إلى المماطلة في التنفيذ، إلى جانب النقص في التكنولوجيا المناسبة.

تشكيل تحالف عالمي يضم شركات وحكومات والأوساط الأكاديمية لوضع معايير لإعادة التدوير **والممارسات المستدامة القائمة على مفاهيم الاقتصاد الدائري للتعامل مع أصول الطاقة المتجددة**

ماذا لو استلهمنا من الطبيعة حلولاً جديدة للأمن السيبراني؟

38 سيبرانيات الطبيعة

قريب المدى | **متوسط المدى** | بعيد المدى

تطوير إطار عمل للأمن السيبراني مستوحى من الطبيعة لتحسين قدرة الأنظمة الرقمية على الكشف عن التهديدات الإلكترونية، والتعامل معها والتكيّف المستمر لمواجهتها.

المتغيّرات الغامضة

الأنظمة، التكنولوجيا

التوجهات العالمية الكبرى

تزايد الثغرات التكنولوجية الأمنية

الاتجاهات السائدة

المحاكاة الحيوية
الأمن السيبراني
الرشاقة الحكومية
التعاون الدولي
تحفيز الابتكار

التكنولوجيا

الذكاء الاصطناعي
إنترنت الأشياء
التحليلات الفورية

القطاعات المتأثرة

تكنولوجيا الاتصالات وأنظمتها
أمن المعلومات والأمن السيبراني
علم البيانات والذكاء الاصطناعي وتعلّم الآلة
الخدمات المالية والاستثمار
الخدمات الحكومية

الكلمات الرئيسية

الأمن السيبراني
الهجمات الموزعة لحجب الخدمة (DDoS)
البرامج الضارة
المعلومات الشخصية التي تتيح تحديد هوية صاحبها (PII)
برامج الفدية الضارة

الواقع الحالي

في عام 2020، زادت هجمات البرامج الضارة بنسبة تتجاوز 350% وبرامج الفدية الضارة بأكثر من 430%. واستمرت المخاطر السيبرانية في الارتفاع، حيث أكد 72% من المشاركين في استطلاع توقعات الأمن السيبراني العالمي (GCO) أن هناك ارتفاعاً في المخاطر السيبرانية.[1104] وزاد استخدام الذكاء الاصطناعي في الهجمات السيبرانية، التي أصبحت أوسع نطاقاً وأسرع وأكثر ذكاءً. فوفقاً لاستطلاع للرأي شمل أكثر من 800 من القادة في مجال تكنولوجيا المعلومات والأمن حول العالم، أقر 95% بأن الهجمات السيبرانية أصبحت أكثر تطوراً، حيث شهد 51% منهم هجمات مدعومة بالذكاء الاصطناعي، و36% هجمات باستخدام تقنيات التزييف العميق وهجمات على سلسلة التوريد، و35% هجمات على السحابة، و34% هجمات على تقنيات إنترنت الاشياء وشبكات الجيل الخامس.[1105]

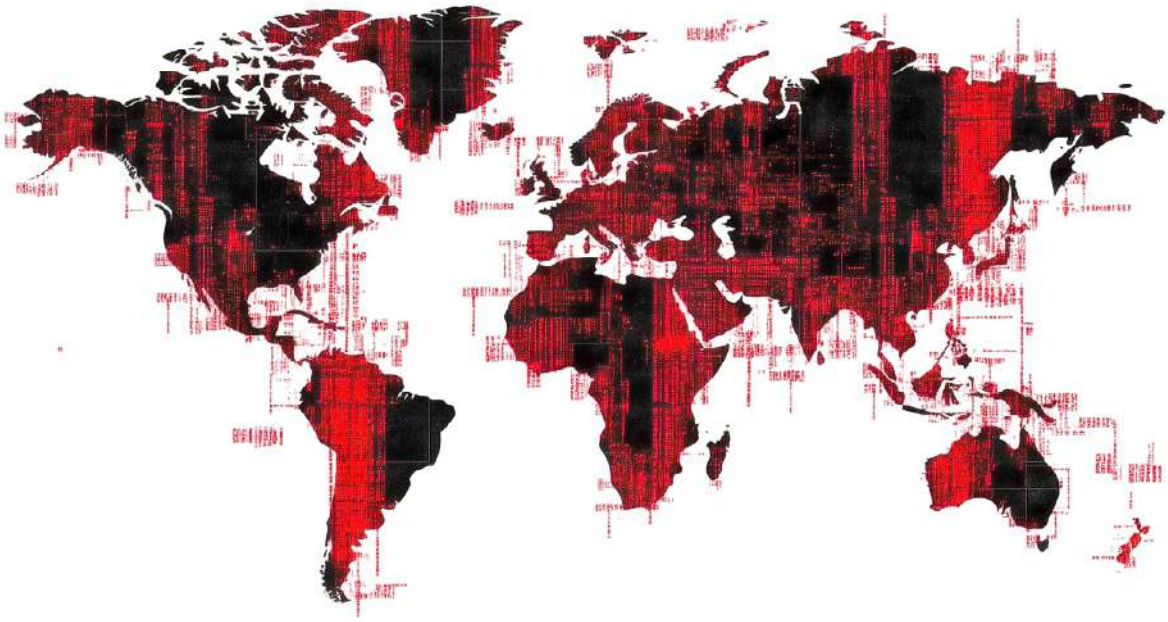
ومع هذا الارتفاع في الهجمات، تتزايد التكاليف المترتبة عن الجرائم الإلكترونية، حيث ارتفعت تكلفة اختراق البيانات في عام 2024 بنسبة 10% لتصل إلى 4.88 مليون دولار.[1106] ويُعد هذا الارتفاع الأكبر منذ جائحة كورونا، وذلك بسبب تأثير تعطل الأعمال والنفقات المترتبة على الاختراقات، حيث تتضمن حوالي 46% من الحالات تسريب معلومات شخصية تتيح تحديد هوية صاحبها.[1107] وقد سجلت الولايات المتحدة الأمريكية أعلى متوسط لتكاليف تلك الاختراقات، بواقع 9.36 مليون دولار، تليها منطقة الشرق الأوسط بقيمة 8.75 مليون دولار.[1108] ويظل قطاع الرعاية الصحية الأكثر تأثراً من بين القطاعات، حيث قد تصل تكاليف الاختراق الواحد إلى 9.77 مليون دولار.[1109] كما أن تأثير الاختراقات الإلكترونية لا تنحصر بالتكاليف المالية والاقتصادية، إذ تؤدي الجرائم الإلكترونية إلى تراجع ثقة المستخدمين، وقد تدمر سمعة الأفراد أو الشركات،[1110] كما قد يتعرض ضحايا هذه الخروقات إلى ضغوطات نفسية، مما قد يؤدي إلى تفكك المجتمعات.[1111]

سجلت **الولايات المتحدة الأمريكية** أعلى متوسط لتكاليف اختراق البيانات، بواقع

9.36 مليون دولار

تليها **منطقة الشرق الأوسط** بقيمة

8.75 مليون دولار



ارتفعت تكلفة اختراق البيانات في
عام 2024 بنسبة 10% لتصل إلى

4.88 مليون دولار

الفرصة المستقبلية

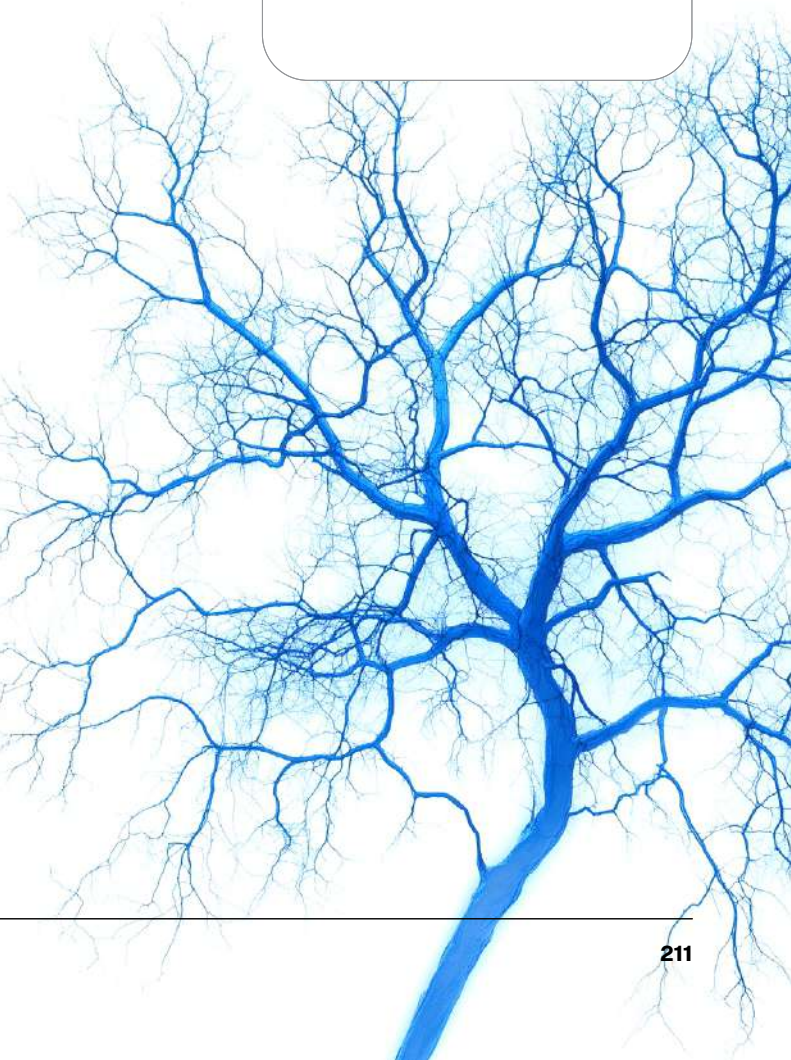
تطوير نظام أمن سيبراني مستوحى من الطبيعة ويُحاكي استراتيجياتها من أجل بناء أنظمة مرنة وقادرة على التطور والتكيّف مع التهديدات السيبرانية والتعامل مع أشكالها الجديدة. ويعزز النظام من قدرات الكشف عن التهديديات والتعامل معها عبر تقنيات متقدمة مثل خوارزميات سرب الجسيمات (PSO) المستوحاة من السلوك الجماعي للأنظمة الطبيعية مثل أسراب الطيور،[1112] وذلك بالاستفادة من مبادئ التنظيم الذاتي، واللامركزية، والتبادل السريع للمعلومات. كما يضع هذا النظام معايير عالمية للأمن السيبراني تضمن الاستجابة السريعة والفعّالة للتهديدات الجديدة،[1113] عبر دمج المعارف من مجالات متعددة، مثل علم الأحياء والعلوم البيئية، ليستبدل الأساليب التقليدية ببروتوكولات قابلة للتطوّر، مما يعزز الكفاءة ويزيد من قدرة النظام على التكيّف مع التهديدات المتزايدة والمتغيّرة باستمرار.

الإيجابيات

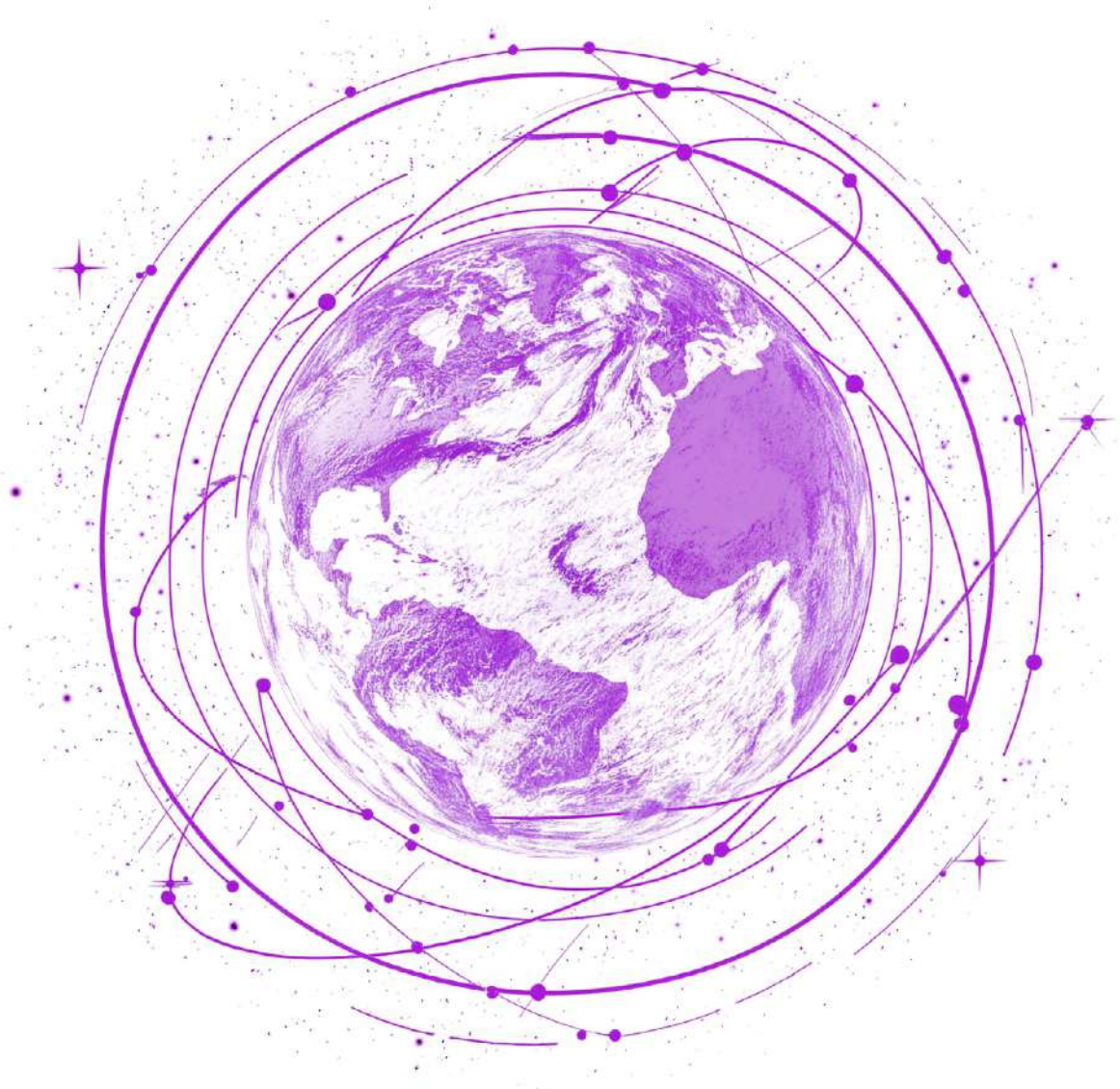
تعزيز الأمن الرقمي، والتحسين الذاتي والتكيّف مع التهديدات المستحدثة، ودمج تطبيقات متعددة التخصصات تسهم في تحسين استراتيجيات الكشف عن الهجمات والاستجابة لها.

المخاطر

الثغرات الأمنية غير المتوقعة، وتجاوز الرقابة البشرية نتيجة التكيف السريع مع التهديدات المتغيرة، إلى جانب زيادة التعقيد والغموض.



تطوير نظام أمن سيبراني مستوحى من الطبيعة ويحاكي استراتيجياتها من أجل بناء أنظمة مرنة وقادرة على التطور و **الكشف عن التهديديات والتعامل معها عبر تقنيات متقدمة مثل خوارزميات سرب الجسيمات**



الابتكارات المستقبلية

نتناول في هذا المحور عدداً من الفرص التي تهدف إلى تسليط الضوء على قدرة البشرية على تغيير أساليب الحياة جذرياً من خلال تغيير النماذج التي تعيش وفقها الدول والمجتمعات والأفراد، ودعم تمكين الأفراد والمجتمعات لتشجيع الابتكار والتحسين، ومن ثم تطوير تلك المجتمعات للعيش في عوالم رقمية وغير رقمية جديدة.

ماذا لو هدفت الاتفاقيات الدولية إلى مواجهة تحديات لم تقع بعد؟

39

اتفاقيات مستشرفة للمستقبل

قريب المدى | **متوسط المدى** | بعيد المدى

يُعيد استشراف المستقبل تشكيل مفهوم الحوكمة العالمية، بما يسهم في وضع أُطر عمل أكثر استعداداً للمستقبل وحلول تعاونية لمواجهة التحديات المستقبلية بطريقة مستدامة واستباقية.

المتغيّرات الغامضة

الأنظمة، التكنولوجيا

التوجهات العالمية الكبرى

إعادة تحديد الأهداف الإنسانية

الاتجاهات السائدة

الشراكة بين القطاعات
مستقبل العمل
الرشاقة الحكومية
التعاون الدولي
البيانات المفتوحة

التكنولوجيا

الذكاء الاصطناعي
التقنيات الكمومية
التحليلات الفورية

القطاعات المتأثرة

جميع القطاعات

الكلمات الرئيسية

التغيّر المناخي
تعقيد العمليات
الاقتصاد العالمي
العلوم الاجتماعية
المتغيّرات الغامضة

الواقع الحالي

%17

من أهداف التنمية المستدامة **تسير في الطريق الصحيح نحو تحقيقها بحلول عام 2030**، ويظهر حوالي نصفها انحرافاً عن المسارات المحددة يتراوح في شدته بين المتوسط والشديد

يتزايد الترابط بين دول العالم أكثر فأكثر، وهو ما يستلزم تضافر الجهود لمواجهة التحديات المشتركة. ففي هذا العالم المترابط، قد تؤدي أي إجراءات تتخذها دولة ما إلى التأثير بشكل أو بآخر على دول أخرى. في هذا السياق، نجد أن مؤشر "دي إتش إل" للتواصل العالمي يقيس مستوى العولمة على مقياس يتراوح من 0% إلى 100%، حيث تشير نسبة 0% إلى عدم تأثير أي قرارات أو إجراءات على أي منطقة خارج حدود الدولة. وقد وصل هذا المؤشر إلى أعلى مستوياته في عام 2022 بنسبة 25%، وتشير البيانات المتاحة حالياً إلى أنه سيحافظ على هذه النسبة في العام 2023، على الرغم من سلسلة الأزمات العالمية التي شهدها هذا العام.[1114]

من ناحية أخرى، تشهد المجتمعات تغيّرات متسارعة أكثر من أي وقت مضى نتيجة تسارع التطوّر التكنولوجي؛ فالذكاء الاصطناعي والتكنولوجيا الحيوية والتقنيات الناشئة الأخرى تشهد تطوراً مستمراً بوتيرة غير مسبوقة، لتحمل معها فرصاً وتحديات على نحوٍ سواء. فوفقاً لتقرير مستقبل الوظائف، تخطط 75% من الشركات من مختلف القطاعات للاعتماد على الذكاء الاصطناعي خلال السنوات الخمس القادمة،[1115] مما يشير إلى تغييرات جذرية في 22% من الوظائف في المرحلة المقبلة. إذ سيدفع هذا التغيير بملايين الأشخاص إلى الانتقال من القطاعات التي تشهد تراجعاً في الوظائف إلى تلك التي تسجل نمواً ملحوظاً.[1116] كما تتوقع الشركات أن 39% من المهارات الأساسية للموظفين ستشهد تحولات كبيرة بحلول عام 2027.[1117]

وفي الوقت ذاته، لا يوجد تقدم ملحوظ في تحقيق الأهداف العالمية الحالية، إذ إن 17% فقط من أهداف التنمية المستدامة تسير في الطريق الصحيح نحو تحقيقها بحلول عام 2030، ويظهر حوالي نصفها انحرافاً عن المسارات المحددة يتراوح في شدته بين المتوسط والشديد.[1118] ورغم عقد شراكات مع المجتمع المدني والحكومات المحلية، إلا أنه من الضروري تعزيز هذه الشراكات وتنظيمها لضمان مراقبة التقدم المُحرز في تحقيق أهداف التنمية المستدامة. [1119]

وصل مؤشر "دي إتش إل" الذي يقيس نسبة التواصل العالمي إلى أعلى مستوياته بنسبة

%25

وتشير البيانات المتاحة حالياً إلى أنه سيحافظ على هذه النسبة في العام 2023

الفرصة المستقبلية

يُعتبر استشراف المستقبل جزءاً لا يتجزأ من الحوكمة العالمية من خلال أُطر عمل مرنة ومتطورة، مما يغيّر طريقة مواجهة الدول والمنظمات للتحديات طويلة الأمد. ومن خلال دمج استشراف المستقبل في الاتفاقيات وأُطر التعاون، ستتحول الجهود من التركيز على الاستجابة إلى الأزمات ومواجهتها فقط عند وقوعها إلى مواجهة تلك الأزمات بشكل استباقي. وتتضمن الاتفاقيات الدولية الرؤى الاستشرافية باعتبارها مكوناً أساسياً من مكوناتها، لتشمل تحليل الاتجاهات المستقبلية والسيناريوهات والاتجاهات المرتبطة بها، والمخاطر والفرص المحتملة، مما يمكنها من تكييف أُطر العمل القائمة أو تطوير حلول مستقبلية. ويمكن من خلال دمج التقنيات الحديثة مثل الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء، تحسين نماذج التنبؤ وعمليات تحليل ومحاكاة السيناريوهات المستقبلية. كما تتبنى الحكومات آليات مستندة إلى استشراف المستقبل وأطر عمل مبتكرة لتبادل البيانات عبر الحدود، مما يعزز التعاون الدولي والانتباه للتحذيرات المبكرة والتكيّف مع التحديات المستقبلية.

الإيجابيات

تحسين القدرة على تحقيق الأهداف المشتركة، وتعزيز التعاون والاستعداد لمواجهة التحديات المستقبلية.

المخاطر

الاختلاف على السيناريوهات المستقبلية المكنة، والتأخر في الاتفاق بشأن تحديات عالمية رئيسية، وسوء فهم السيناريوهات أو الخطأ في استخدامها، وعدم القدرة على التعامل مع الأحداث غير المتوقعة.

يمكن أن يسهم استشراف المستقبل بشكل أكبر في الاتفاقيات وأُطر التعاون، **والتحول من منهجية الاستجابة إلى الأزمات ومواجهتها عند وقوعها إلى منهجية مواجهة تلك الأزمات بشكل استباقي**

ماذا لو أصبح لدينا مصدر لا نهائي من الطاقة النظيفة والآمنة؟

طاقة نظيفة لا تنفد وللجميع 2.0 [m]

بواسطة الذكاء الاصطناعي التوليدي

40

قريب المدى | متوسط المدى | **بعيد المدى**

الابتكارات في مجال الاندماج النووي البارد (الذي يُفترض حدوثه في درجة حرارة الغرفة بعكس الاندماج النووي الذي يتطلب ظروفاً شديدة الحرارة والضغط كما هو الحال في الشمس) تفتح آفاقاً جديدة لإنتاج طاقة غير محدودة ومستدامة، مما يُحدث تحولاً جذرياً في البنى التحتية العالمية، ويعزز من فاعلية الطاقة والاستعداد لمواجهة الأزمات.

[m] تستند هذه الفرصة إلى الفرصة 6 الواردة في نسخة العام 2022 من تقرير 50 فرصة عالمية

المتغيّرات الغامضة

الأنظمة، التكنولوجيا

التوجهات العالمية الكبرى

تطوّر تقنيات الطاقة

الاتجاهات السائدة

الشراكة بين القطاعات
الرشاقة الحكومية
تحفيز الابتكار
المواد الجديدة
تحوّل قطاع الطاقة

التكنولوجيا

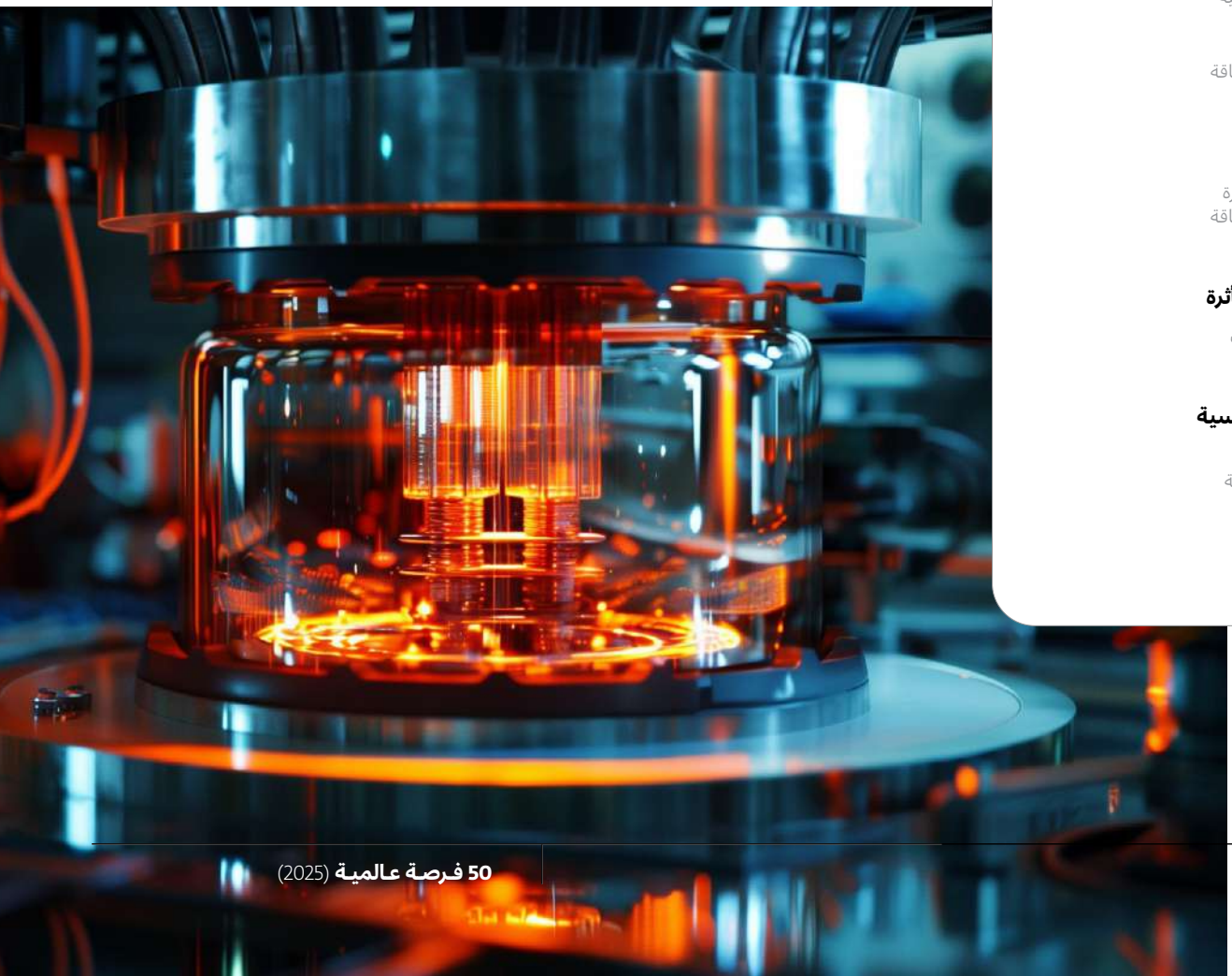
الحوسبة المتطورة
تحوّل قطاع الطاقة

القطاعات المتأثرة

جميع القطاعات

الكلمات الرئيسية

الديوتيريوم
الطلب على طاقة
أمن الطاقة
الاندماج النووي
الطاقة المتجددة



الواقع الحالي

أصبح تأمين الطاقة من مصادر متنوعة أولوية عالمية. فمن المتوقع أن يتضاعف الطلب على الكهرباء بحلول عام 2050 ليصل إلى 50,000 تيراوات ساعة بعد أن كان 26,000 تيراوات ساعة في عام 2023.[1120] وبين عامي 2010 و2023، نما قطاع الطاقة الشمسية الكهروضوئية بمعدل 40 مرة بينما نمت طاقة الرياح بمعدل 6 مرات[1121] في حين زادت الطاقة الإنتاجية للطاقة المتجددة عالمياً بمعدل سنوي بلغ 3% منذ العام 2013.[1122] وتوفر الطاقة النووية حالياً 9% من إجمالي الطاقة العالمية، مع بناء المزيد من المفاعلات النووية، ودراسة بناء مفاعلات نمطية صغيرة،[1123] والتي يُتوقع أن يتم تنفيذ أول مشاريعها خارج الصين وروسيا بحلول عام 2030.[1124]

لا شك أن الافتقار إلى الطاقة يزيد من الهوّة بين المجتمعات على الصعيد العالمي، فرغم التطور الملحوظ في قطاع الطاقة، بقي 750 مليون شخص بلا كهرباء في العام 2023.[1125] والمفاجئ أن أوروبا، رغم غناها، تحتضن ما بين 50 و125 مليون شخص يفتقرون إلى الطاقة، مما يسلط الضوء على عمق هذه الأزمة حتى في المناطق الغنية.[1126]

يعتمد مستقبل قطاع الطاقة بشكل أساسي على التكنولوجيا،[1127] بدايةً من إنترنت الأشياء والبيانات الضخمة وصولاً إلى الذكاء الاصطناعي وأنظمة الطاقة المتجددة المتطورة، تعد التكنولوجيا عاملاً أساسياً لتحسين كفاءة واستدامة البنية التحتية للطاقة،[1128] وفي الوقت نفسه، بينما يمكن للذكاء الاصطناعي (على سبيل المثال) تحسين أساليب التحول المستدام لقطاع الطاقة، فإن القدرة الحاسوبية التي يتطلبها الذكاء الاصطناعي تتضاعف كل 100 يوم، مما قد يؤدي إلى استهلاك طاقة بكمية كبيرة تتجاوز استهلاك دولة مثل آيسلندا (خلال عام 2021) وذلك بحلول العام 2028.[1129]

بقي

750 مليون

مليون شخص بلا كهرباء في العام 2023

من المتوقع أن

يتضاعف الطلب على الكهرباء

بحلول عام 2050

بين عامي 2010 و2023،
نما قطاع الطاقة الشمسية
الكهروضوئية بمعدل

%75

الفرصة المستقبلية

في أكتوبر 2024، أعلنت وكالة ناسا عن احتمال تحقيق الاندماج النووي في درجة حرارة الغرفة،[1130] وهو اكتشاف قد يُحدث تغييراً جذرياً، حيث تعتمد هذه العملية على دمج ذرات الهيدروجين لإنتاج طاقة غير محدودة، لكنها تتطلب درجات حرارة فلكية تفوق 100 مليون درجة مئوية.[1131] لذا فإن تحقيق هذا الإنجاز بدرجة حرارة الغرفة سيشكّل ثورة في عالم الطاقة.

ورغم أن تكنولوجيا الاندماج باستخدام الديوتيريوم (وهو نظير مستقر للهيدروجين يحتوي على نيوترون واحد)[1132] ما تزال في مراحلها الأولى، إلا أن نتائجها المحتملة قد تغيّر مستقبل الطاقة العالمية. فالديوتيريوم يتواجد بكثرة في مياه البحر، ويتم تعبئته بكميات ضخمة في شبكات معدنية معالجة. وعند تعريضه لأشعة جاما، يولّد النيوترونات والبروتونات، مما يحفز التفاعلات النووية[1133] التي تُنتج بدورها طاقة هائلة. ويمكن استخدام الأجهزة المدمجة، التي تكون أشبه بمفاعلات صغيرة، في المنازل نظراً إلى عدم حاجتها إلى كميات كبيرة من الوقود. فعلى سبيل المثال، يمكن لجرام واحد من الوقود المكوّن من الديوتيريوم والتريتيوم أن يولّد طاقة تعادل 2,400 جالون من النفط[1134] (أي 95 جيجاوات من الطاقة،[n,1135] أو ما يعادل إجمالي القدرة النووية الحالية في الولايات المتحدة الأمريكية).[1136]

وتمثل الشبكة الموزعة للطاقة نقلة نوعية في كيفية تزويدنا بالطاقة، حيث تشمل أجهزة تبدأ من مفاعلات نانوية صغيرة جداً وصولاً إلى المفاعلات الصغيرة التي يمكن استخدامها في المنازل، مما يقلل الاعتماد على البنية التحتية الضخمة للطاقة المتجددة، ويوفر مصدراً مستداماً للطاقة في مواجهة الكوارث الطبيعية أو الأزمات، مما يجعلها أكثر كفاءة ومرونة مقارنة بأنظمة الطاقة المركزية التقليدية.

الإيجابيات

الإنتاج اللامركزي للطاقة النظيفة وإتاحتها للجميع، مما يعزز استدامة الإمدادات للمجتمعات غير المتصلة بالشبكة والمناطق النائية والمتضررة من الكوارث، مع إمكانية الإسهام في تعزيز جهود استكشاف الفضاء عبر تلبية احتياجات البعثات المستقبلية من الطاقة.

المخاطر

جدوى الفكرة وثبات التفاعلات من الناحية الهندسية، وتعقيد آليات الأمن والسلامة، وإمكانية تطوير التقنيات من الناحية الاقتصادية، والمخاطر البيئية غير المتوقعة، بالإضافة إلى التفاوت في إتاحتها للمجتمعات حول العالم.

يعتمد الاندماج النووي على دمج ذرات الهيدروجين لإنتاج طاقة غير محدودة، لكنها تتطلب درجات حرارة فلكية تفوق 100 مليون درجة مئوية

[n] برميل واحد من النفط الخام = 42 جالوناً = 5,689,000 وحدة حرارية بريطانية. 1كيلووات من الكهرباء = 3,412 وحدة حرارية بريطانية.1 جيجاواط = 1,000 كيلووات

ماذا لو اتفقت الحكومات والشركات على تحقيق هدف اقتصادي محدد؟

41

اقتصاد الأولويات المحددة

قريب المدى | **متوسط المدى** | بعيد المدى

تسهم الاقتصادات ذات الأهداف والمهام المحددة في مواءمة جهود القطاعين الحكومي والخاص ومؤسسات المجتمع المدني لإحداث تغيير ملموس في مجالات محددة - بدلاً من النماذج الاقتصادية التقليدية التي تركز على النمو الاقتصادي بشكل عام.

المتغيّرات الغامضة

القيم المجتمعية، التعاون

التوجهات العالمية الكبرى

إعادة تحديد الأهداف الإنسانية

الاتجاهات السائدة

الحلول القائمة على المجتمع
الشراكة بين القطاعات
الممارسات البيئية والاجتماعية وحوكمة الشركات
وقياس النمو بما يتجاوز الناتج المحلي الإجمالي
مستقبل العمل
التعاون الدولي

التكنولوجيا

الذكاء الاصطناعي
إنترنت الأشياء
التحليلات الفورية

القطاعات المتأثرة

جميع القطاعات

الكلمات الرئيسية

الأنظمة البيئية
التحديات العالمية
السياسات ذات الأهداف المحددة
الأزمات المتعددة والمتراكبة
الشراكة بين القطاعين الحكومي والخاص

الواقع الحالي

في ظل التغيرات المناخية تبرز الحاجة إلى تصميم اقتصادات جديدة تركز على الاستدامة والشمول، وتتخطى حلول السوق التقليدية

يشهد العالم حالياً العديد من التحديات. وفي ظل التغيرات المناخية التي تتزايد وتيرتها وشدتها، تبرز الحاجة إلى تصميم اقتصادات جديدة تركز على الاستدامة والشمول، وتتخطى حلول السوق التقليدية التي أثبتت محدوديتها.[1137] ومع الأزمات التي تواجه الصحة العامة وبطء التقدم في تحقيق أهداف التنمية المستدامة،[1138] بتنا نعيش في عصر من "الأزمات المتعددة والمتراكبة"، حيث تترابط المخاطر العالمية وتتراكب تأثيراتها، لتكون عواقب الأزمات المتراكمة أكبر بكثير من عواقب كل أزمة على حدة.[1139]

وبالإضافة إلى التحديات الاقتصادية الشائعة مثل التضخم وفقدان الوظائف، تبرز مشكلة مهمة تحتاج إلى حل جذري ألا وهي الثقة، فمستويات الثقة بين الشركات والحكومات تتفاوت بقدر كبير خصوصاً عندما يتعلق الأمر بالتنظيم وسن التشريعات ودور الحكومة في تحفيز الابتكار. فما يقرب من 60% من المشاركين في استطلاع "إديلمان تراست" لعام 2024 لا يعتقدون أن الهيئات التنظيمية تفهم كيفية إدارة التقنيات الناشئة بشكل فعال،[1140] مما يؤكد حاجة الحكومات إلى العمل بشكل وثيق مع الشركات لتعزيز مستويات الثقة بين الجانبين.

ومن هنا، تبرز الحاجة لوضع سياسات قائمة على مهام محددة لترجمة التحديات إلى مخرجات قابلة للإنجاز، وهو ما يعكس تغييراً جوهرياً في جهود تحقيق النمو والتشجيع على الابتكار.[1141] هذه المهام عبارة عن أهداف طموحة وقابلة للقياس ومحددة بفترة زمنية، تهدف إلى معالجة تحديات مجتمعية مهمة، مثل تغيّر المناخ والتفاوت في توفر الرعاية الصحية المناسبة. وتعتمد هذه السياسات على استراتيجيات تركز على إعادة تشكيل الأسواق بما يتماشى مع تلك الأهداف.[1142] فعلى سبيل المثال، استراتيجية ألمانيا للتكنولوجيا الفائقة 2025، التي تم إطلاقها في عام 2018، قد اعتمدت هذا الأسلوب الموجّه نحو أهداف محددة، ومن بينها مكافحة مرض السرطان، وتحقيق الحياد الكربوني، وتعزيز الاقتصاد الدائري، وتحسين جودة المعيشة، وفي الوقت نفسه، تحقيق فوائد اقتصادية من خلال تطوير الأعمال وتوفير فرص العمل الجديدة، والتعاون بين القطاعات المختلفة، ودعم الاستثمار، وإزالة الحواجز أمام المزيد من النمو الاقتصادي.[1143]

نحو 60%
من المشاركين

في استطلاع "إديلمان تراست" لعام 2024 لا يعتقدون أن الهيئات التنظيمية تفهم كيفية إدارة التقنيات الناشئة بشكل فعال، مما يؤكد حاجة الحكومات إلى العمل بشكل وثيق مع الشركات لتعزيز مستويات الثقة بين الجانبين

الفرصة المستقبلية

في حين تهدف الاقتصادات التقليدية إلى تعزيز النمو الاقتصادي عموماً، تسعى الاقتصادات ذات المهام المحددة إلى إعادة تحديد الأولويات الوطنية لمعالجة التحديات المحلية والإقليمية والعالمية.[1144] وفق هذا النموذج المرن، يلتزم القطاع الحكومي والقطاع الخاص ومؤسسات المجتمع المدني بمواءمة رؤاها ومهامها وميزانياتها ونفقاتها من أجل تحقيق أهداف محددة. كما يتم بناء شراكات جديدة عبر آليات تمويل مشروطة، وعقود واتفاقيات مستندة إلى أهداف معينة، حيث تؤدي الحكومات دور الشريك المتعاون بدلاً من اكتفائها بدور الجهة التنظيمية فقط، بما يسهم في إرساء بيئة اقتصادية جديدة مرنة، تحل محل النماذج التقليدية وتولّد قيمة مستدامة، وتحقق إنجازات في أوقات قياسية.[1145] أما هذا الوضوح في الأولويات فسيمكّن جميع الأطراف من عقد اتفاقيات عابرة للحدود وإحداث تأثير طويل المدى على الاقتصاد.

الإيجابيات

توفير حلول عملية تركز على مواجهة التحديات، وتعزيز الصناعات المدفوعة بمهام محددة، وتشجيع التعاون لتحقيق هدف موحّد، وإيجاد أهداف مشتركة للمجتمعات، وتحسين عملية تخصيص الموارد.

المخاطر

عدم ملائمة هذه السياسات لجميع السياقات، واحتمال حدوث أخطاء في تخصيص الموارد، وبطء النمو الاقتصادي، وعدم الأخذ في الحسبان جميع الأطراف المعنية والتحديات المهمة الأخرى.

في حين تهدف الاقتصادات التقليدية إلى تعزيز النمو الاقتصادي عموماً، **تسعى الاقتصادات ذات المهام المحددة إلى إعادة تحديد الأولويات الوطنية لمعالجة التحديات المحلية والإقليمية والعالمية**

هل يبالغ البشر في تقدير احتياجاتهم من المياه؟

42 بصمة رقمية للمياه

قريب المدى | متوسط المدى | **بعيد المدى**

إنشاء نظام متكامل ومؤتمت بالاعتماد على إنترنت الأشياء للقطاع الصناعي (IIoT) وبيانات الأقمار الصناعية لإدارة الموارد المائية، وتقديم رؤى متعمقة حول أنماط الاستهلاك وتدفقات المياه، بما يسهم في فهم احتياجات المجتمعات من المياه بدقة وشفافية، واتخاذ قرارات مبنية على البيانات الدقيقة بشأن سياسات قطاع المياه وجهود الترشيد ذات الصلة.

المتغيّرات الغامضة

التعاون، التكنولوجيا

التوجهات العالمية الكبرى

إتاحة البيانات للجميع بلا حدود وبأبعاد متعددة

الاتجاهات السائدة

الممارسات البيئية والاجتماعية وحوكمة الشركات، وقياس النمو بما يتجاوز الناتج المحلي الإجمالي
منظومة الغذاء والماء والطاقة
التعاون الدولي
البيانات المفتوحة

التكنولوجيا

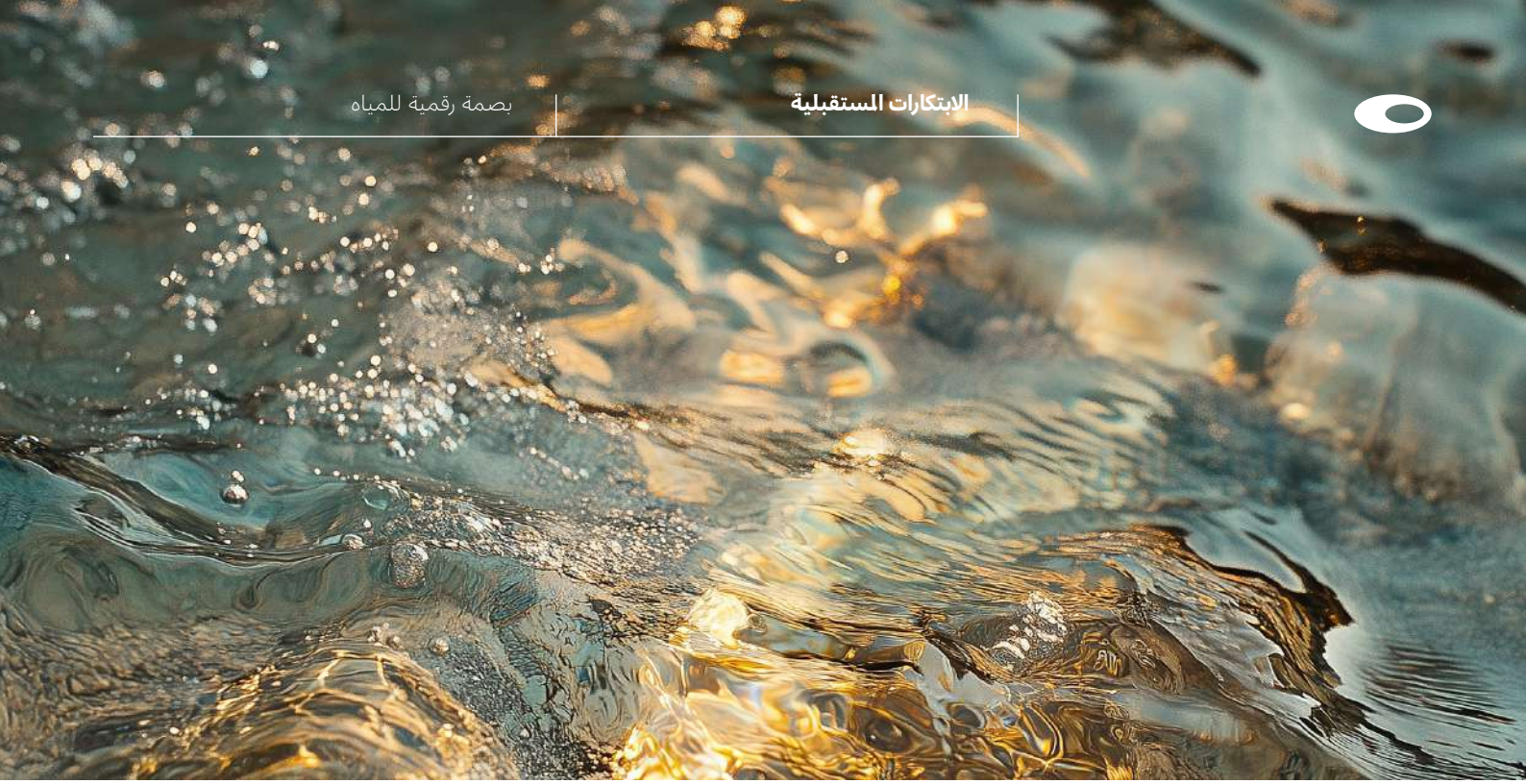
الذكاء الاصطناعي
إنترنت الأشياء
التحليلات الفورية

القطاعات المتأثرة

جميع القطاعات

الكلمات الرئيسية

إنترنت الأشياء للقطاع الصناعي
الصرف الصحي
إدارة الموارد المائية
أزمات المياه
البصمة المائية



الواقع الحالي

يعيش العالم أزمة مياه غير مسبوقة تؤثر بشكل كبير على مليارات البشر، فهناك أكثر من ملياري شخص يفتقرون إلى مياه الشرب الآمنة، فيما يعاني حوالي 3.6 مليار شخص من نقص في خدمات الصرف الصحي الأساسية.[1146] ومن المتوقع أن يتخطى الطلب على المياه حجم الإنتاج الفعلي بنسبة 40% بحلول عام 2030، وهو ما يؤدي إلى انخفاض الناتج المحلي الإجمالي العالمي بنسبة 8% بحلول عام 2050، لتواجه الدول ذات الدخل المنخفض خسائر قد تصل إلى 15% من إجمالي ناتجها المحلي.[1147]وستهدد تداعيات هذه الأزمة الأمن الغذائي أيضاً، حيث يتم إنتاج أكثر من نصف الغذاء العالمي في مناطق تفتقر إلى موارد مائية مستدامة.[1148]

وستخلق أزمات مثل تغيّر المناخ وسوء إدارة المياه أزمة ذات مستويات متعددة لأنظمة المياه العالمية، إذ يظهر ذلك بوضوح في زيادة وتيرة حدوث الجفاف في منطقة الأمازون والفيضانات التي تشهدها آسيا وأوروبا.[1149] أما في المناطق الجبلية، فيؤدي تسارع ذوبان الأنهار الجليدية إلى وقوع العديد من التداعيات المترابطة.[1150] هذا في الوقت الذي يستهلك فيه القطاع الصناعي كميات هائلة من المياه، لاسيما في معالجة الطعام.[1151] فعلى سبيل المثال، يتم استهلاك ما بين 4,700 و7,430 لتر من الماء لإنتاج كيلوغرام واحد من حليب الأطفال.[1152]

من المتوقع أن يتخطى **الطلب على المياه** حجم الإنتاج الفعلي بنسبة

%40

بحلول عام 2030، ما يؤدي إلى **انخفاض الناتج المحلي الإجمالي** العالمي بنسبة

%8

بحلول عام 2050

أكثر من 2 مليار

يفتقرون إلى مياه الشرب الآمنة، فيما يعاني حوالي 3.6 مليار شخص من نقص في خدمات الصرف الصحي الأساسية

الفرصة المستقبلية

إنشاء توأم رقمي للنظام المائي بأكمله على كوكب الأرض يوفر بيانات وتحليلات في الوقت الفعلي، من خلال دمج تقنيات إنترنت الأشياء للقطاع الصناعي (المعتمد على تقنية البلوك تشين[1153]) والمراقبة بالأقمار الصناعية.[1154] وسيوفر نظام إدارة الموارد المائية المؤتمت نظرة شاملة على موارد المياه حول العالم وتدفقاتها،[1155] وسيمكننا من التعمق في فهم احتياجاتنا الفعلية من المياه، ووضع سياسات مائية أكثر شفافية، وتحسين أنماط الاستهلاك وجهود ترشيد الاستهلاك حول العالم.

ويراقب النظام البصمات المائية الثلاث:[1156] البصمة الخضراء (مثل مياه الأمطار ورطوبة التربة)، والزرقاء (مثل الأنهار والبحيرات والمياه الجوفية)، والرمادية (مثل المياه المطلوبة للحد من مجاري النفايات الملوثة)، مع تتبع حركة المياه وتدفقاتها حول العالم. وتُسهم أجهزة الاستشعار في مراقبة مستويات المياه الجوفية، وتتبع تدفقات الأنهار، وتحليل جودة المياه، فضلًا عن دراسة أنماط الاستهلاك، سواء في المواقع الصناعية أو الزراعية، أو عبر أنظمة الموارد الطبيعية المختلفة. كما توفر الأقمار الصناعية بيانات دقيقة حول هطول الأمطار ومستويات رطوبة التربة والمتغيرات الأساسية الأخرى في دورة المياه. وتساعد تقنيات الذكاء الآلي المتقدم في التنبؤ بالجفاف مسبقاً، وتحديد أوجه القصور في استخدام المياه ضمن تجارة الغذاء العالمية، إلى جانب تزويد المجتمعات المحلية بالمعلومات اللازمة لإدارة احتياجاتها واستخدامها للمياه بكفاءة واستدامة.

ومع قدرة الحوسبة الكمومية على معالجة الحسابات المعقدة ضمن منظومة الغذاء والمياه والطاقة، يمكن للنظام تقديم إنذارات مبكرة حول جودة المياه، مما يسهم في الحد من مخاطر الأمراض المنقولة عبر المياه.

الإيجابيات

تحسين إدارة الموارد المائية، والتنبؤ بحالات الجفاف والفيضانات قبل وقوعها، والوصول إلى البيانات الداعمة لحلول إدارة المياه القابلة للتطوير والتوسع، ووضع الأساس لتعزيز التعاون الدولي واتفاقيات مشاركة البيانات.

المخاطر

الحاجة إلى كميات هائلة من الموارد، وإمكانية التشغيل البيني للبيانات والأنظمة، وشبكات أجهزة الاستشعار المعقدة، والأمن السيبراني وحالات إساءة الاستخدام المحتملة، والتنبؤات غير الصحيحة.

مع قدرة الحوسبة الكمومية على معالجة الحسابات المعقدة ضمن منظومة الغذاء والمياه والطاقة، يمكن للنظام تقديم إنذارات مبكرة حول جودة المياه، مما يسهم في الحد من مخاطر الأمراض المنقولة عبر المياه

هل تعلم أن الطاقة الحرارية الجوفية هي أكثر مصدر موثوق للطاقة لكنها الأقل استخداماً حتى الآن؟

43 عصر جديد للطاقة الجوفية

قريب المدى | متوسط المدى | **بعيد المدى**

ابتكار أساليب جديدة لاستخراج الطاقة الحرارية الجوفية بالاعتماد على التطور في الذكاء الآلي المتقدم وعلوم المواد الجديدة، بما يتيح هذا المورد الهام من موارد الطاقة النظيفة والمتجددة للعالم بتكلفة معقولة وبدون عوائق جغرافية.

المتغيّرات الغامضة

الطبيعة، التكنولوجيا

التوجهات العالمية الكبرى

تطوّر تقنيات الطاقة

الاتجاهات السائدة

الشراكة بين القطاعات
صافي الانبعاثات الصفري (الحياد المناخي)
المواد الجديدة
إعادة توظيف الأصول
تحول قطاع الطاقة

التكنولوجيا

الذكاء الاصطناعي
التحليلات الفورية

القطاعات المتأثرة

علم البيانات والذكاء الاصطناعي وتعلّم الآلة
التعليم
الطاقة والنفط والغاز والطاقة المتجددة
الخدمات المالية والاستثمار
الخدمات الحكومية
البنية التحتية والبناء
التصنيع
المواد والتكنولوجيا الحيوية
المرافق العامة

الكلمات الرئيسية

الابتكارات الهندسية
الطاقة الحرارية الجوفية
صافي الانبعاثات الصفري (الحياد المناخي)
الطاقة المتجددة
البراكين

الواقع الحالي

تعد الطاقة الحرارية الجوفية أكثر مصادر الطاقة المتجددة موثوقية، إذ تبلغ نسبة توفرها 60% على مدار العام. ورغم ذلك، فإنها المصدر الأقل استخداماً بين مصادر الطاقة المتجددة الأخرى مثل الرياح والطاقة الشمسية، ويرجع ذلك إلى نقص الاستثمارات وانخفاض حصتها في السوق.[1157] العديد من دول شرق أفريقيا تمتلك احتياطيات ضخمة يمكنها تلبية احتياجاتها من الطاقة،[1158] كما أن 15 إلى 22% من أراضي الهند تتمتع أيضاً بإمكانات كبيرة في مجال إنتاج الطاقة الحرارية الجوفية.[1159] وبحلول عام 2050، من المتوقع أن تسهم الطاقة الحرارية الجوفية في تلبية ما بين 4 إلى 7% من احتياجات الكهرباء في أوروبا. وتشير التقديرات إلى أنه حتى عام 2022،[1160] قامت 32 دولة بتشغيل محطات لاستخراج الطاقة الحرارية الجوفية، بقدرة إجمالية بلغت 16,318 ميغاواط،[1161] أي نحو 0.34% من إنتاج الكهرباء العالمي، و0.87% من إنتاج الطاقة النظيفة.[1162]

تعد الطاقة الحرارية الجوفية أكثر مصادر الطاقة المتجددة موثوقية، إذ تبلغ نسبة توفرها

%60

على مدار العام

ورغم أن الطاقة الحرارية الجوفية التقليدية من مصادر الطاقة الواعدة (خاصة في مجال تحقيق الحياد الكربوني)، إلا أنها لا تخلو من التحديات. فقد أظهرت إحدى الدراسات أن إعادة تهيئة آبار النفط لاستخدامها في استخراج الطاقة الحرارية الجوفية[1163] يمكن أن يؤدي إلى خفض انبعاثات الكربون بنسبة 34% مقارنة بأنظمة الطاقة الحرارية الجوفية التقليدية.[1164] وفي الوقت نفسه، يجب أن ينمو إنتاج الطاقة الحرارية الجوفية بمعدل 13% سنوياً لتحقيق هدف صافي الانبعاثات الصفري بحلول عام 2050.[1165] من ناحية أخرى، يتطلب إنتاج الطاقة الحرارية الجوفية تكاليف رأسمالية مرتفعة (رغم إمكانية تحقيق وفورات في تكاليف التشغيل تتجاوز 90%).[1166]

تعتمد الأنظمة المطبقة لاستخراج الطاقة الحرارية الجوفية على أساليب تقليدية تتطلب الوصول المباشر إلى المياه الجوفية الساخنة أو استخدام التكسير الهيدروليكي للوصول إلى الصخور ذات الحرارة المرتفعة. ومع صعوبة العثور على المياه الجوفية، قد يؤدي التكسير الهيدروليكي إلى استثارة الزلازل،[1167] وهو ما يقصر إمكانية استخدام هذه الأساليب بأماكن محدودة. ومن حيث الطاقة الإنتاجية، تحتل الولايات المتحدة الأمريكية المركز الأول في إنتاج الطاقة الحرارية الجوفية، تليها إندونيسيا والفلبين وتركيا – في حين توفر الطاقة الحرارية الجوفية أكثر من 30% من الكهرباء في آيسلندا، و45% في كينيا.[1168]

يمكن أن تؤدي إعادة تهيئة آبار النفط لاستخدامها في استخراج الطاقة الحرارية الجوفية إلى **خفض انبعاثات الكربون بنسبة**

%34

مقارنة بأنظمة الطاقة الحرارية الجوفية التقليدية

الفرصة المستقبلية

الطاقة الحرارية الجوفية ليست جديدة، ولكن التكنولوجيا المبتكرة وعلوم المواد والذكاء الآلي المتقدم جعلت الوصول إلى هذه الطاقة أسهل وأقل تكلفة ودون قيود جغرافية.[1169، 1170] وتشمل الأمثلة على هذه الحلول استخدام الاندماج النووي لتسهيل الحفر والوصول إلى الطاقة الحرارية على أعماق تصل إلى 20 كيلومتراً،[1171، 1172] واستخدام التوصيل لتحويل المياه الباردة إلى بخار باستخدام الصخور الساخنة بدلاً من الاعتماد على المياه الجوفية أو التكسير الهيدروليكي.[1173،1174] كما تتضمن الحلول إعادة توظيف منصات النفط البرية المتوقفة عن العمل[1175] واستخدام البخار الساخن الناتج عن الصهارة لإنتاج طاقة تزيد بعشرة أضعاف مقارنةً بالآبار الحرارية الجوفية التقليدية.[1176]

المواد المتقدمة، مثل سبائك النيكل والتيتانيوم، قادرة على تحمل درجات الحرارة العالية،[1177] بينما تساهم المواد الصلبة مثل الرمل والسيراميك في معالجة الشقوق الاصطناعية في الأنظمة الحرارية الجوفية المحسّنة.[1178] ويُمكن للذكاء الآلي المتقدم تسريع تطوير الجيل القادم من محطات الطاقة الحرارية الجوفية من خلال تحسين تصميم الأنظمة، بما في ذلك تخزين الطاقة الحرارية الجوفية،[1179] وتحسين الأداء، وتعزيز اكتشاف الأعطال، خاصةً عند التكامل مع البيانات اللحظية. [1180] كما يمكن دمج الطاقة الحرارية الجوفية في شبكات الطاقة وأنظمة التخزين الحراري تحت الأرض، ولها تطبيقات هجينة تُنتج منتجات ثانوية ذات قيمة اقتصادية، مثل حمض البوريك[1181] والهيدروجين.[1182]

الإيجابيات

مصدر طاقة متجددة وقابلة للتوسع، والإسهام في تحقيق أهداف التنمية المستدامة، وإنتاج منتجات ثانوية ذات قيمة اقتصادية مثل حمض البوريك والهيدروجين.

المخاطر

ارتفاع تكاليف التنفيذ، وعدم تحمل المواد المستخدمة للظروف الحرارية العالية، والتسبب غير المقصود في حدوث زلازل.

الطاقة الحرارية الجوفية ليست جديدة، ولكن التكنولوجيا المبتكرة وعلوم المواد والذكاء الآلي المتقدم جعلت الوصول إلى هذه الطاقة أسهل وأقل تكلفة ودون قيود جغرافية

هل يمكننا أن نتحدى تأثير الفضاء على القدرات البدنية للبشر؟

44 رحلات فضائية أطول وأكثر صحة

قريب المدى | **متوسط المدى** | بعيد المدى

ابتكار مكملات غذائية شخصية بالاعتماد على الهندسة الحيوية لمنع فقدان العظام وضمور العضلات في الفضاء، بما يعزز القدرات البدينة للبشر خلال الرحلات الفضائية وتمكينهم من البقاء بين النجوم لفترات أطول، بالإضافة إلى ابتكار حلول جديدة لمواجهة تحديات ضمور الكتلة العضلية للأفراد على الأرض.

المتغيّرات الغامضة

الأنظمة، التكنولوجيا

التوجهات العالمية الكبرى

تزايد الاهتمام بالصحة المتقدمة والتغذية

الاتجاهات السائدة

مستقبل الفضاء
تحفيز الابتكار

التكنولوجيا

التقنية الحيوية
علم الجينوم
طب النانو

القطاعات المتأثرة

السيارات والفضاء والطيران
الصحة والرعاية الصحية
المواد والتكنولوجيا الحيوية

الكلمات الرئيسية

كثافة العظام
ضمور العضلات
تكنولوجيا النانو
مرض ضمور كتلة اللحم والعضلات "الساركوبينيا"
استكشاف الفضاء

تعمل وكالة ناسا حالياً على تتبع أكثر من

6,000

كويكب

يفقد رواد الفضاء خلال مهمة تمتد إلى ستة أشهر في محطة الفضاء الدولية ما يصل إلى حوالي

%20

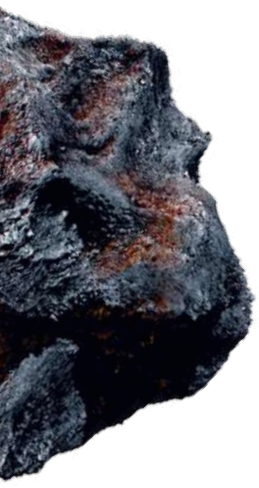
من كتلتهم العضلية

الواقع الحالي

لا حدود لطموحات البشر عندما يتعلق الأمر باستكشاف الفضاء وموارده الهائلة، فبرنامج "أرتميس" الذي تشرف عليه وكالة "ناسا" وغيره من برامج الشركات الخاصة العاملة في مجال الفضاء، يهدفون إلى التركيز بشكل أكبر على استكشاف القمر والمريخ والكواكب الأخرى، لا سيما مع الفرص الهائلة التي يتيحها التعدين الفضائي،[1183] إذ تعمل وكالة ناسا حالياً على تتبع أكثر من 6,000 كويكب،[1184] وتقدر الأرباح التي يمكن تحقيقها بالاستفادة من موارد أبرز عشرة كويكبات فقط نحو 1.5 تريليون دولار، في حين أن كويكب واحد فقط مثل "سايكي 16" قد يحتوي على كميات هائلة من الذهب بما يعادل 700 كوينتيليون دولار – وهو ما يكفي لتحويل ك ل فرد في هذا العالم إلى ملياردير.[1185]

من ناحية أخرى، يواجه مجال استكشاف الفضاء وقضاء فترات مطولة العديد من التحديات. فعلى سبيل المثال، تؤثر الجاذبية الصغرى بشكل سلبي على قوة عضلات الإنسان وكثافة عظامه، مما يحول دون إطلاق مهام طويلة إلى المريخ والكواكب الأخرى؛[1186] إذ يفقد رواد الفضاء خلال مهمة تمتد إلى ستة أشهر في محطة الفضاء الدولية مثلاً حوالي 20% من كتلتهم العضلية.[1187] وبناء عليه، لا بد من ابتكار نهج شامل ومتعدد التخصصات لمواجهة هذه التحديات وغيرها، يجمع بين دراسة نشاطات الفريق، وحل النزاعات، والاعتبارات الأخلاقية في المهام الطويلة،[1188] إضافة إلى التركيز على الظروف البيئية المحيطة والصحة النفسية للأفراد.[1189]

من ناحية أخرى يُعد ضمور الكتلة العضلية الهيكلية من أبرز المشاكل الصحية التي تواجه كبار السن والمرضى في المستشفيات، وتعرف هذه الحالة لدى كبار السن بـ "ساركوبينيا" وتؤثر على 13% تقريباً من الأفراد بعد تجاوز سن الستين، وترتفع إلى 50% بعد تجاوز الثمانين من العمر،[1190] مما يزيد من خطر سقوطهم أثناء المشي ويحد من استقلاليتهم في أنشطتهم اليومية. أما في الحالات المرضية المقيمة في المستشفيات، فإن التدهور يكون أسرع وأكثر حدّة، حيث يمكن أن تنخفض الكتلة العضلية في الركبة بنسبة تصل إلى 12%، وتقل قوة عضلات الفخذ، التي يتم قياسها من خلال القدرة على صعود السلالم، بنسبة تصل إلى 18% في 10 أيام فقط من الإقامة.[1191] مما يزيد من معدلات الوفيات، ويرفع تكاليف الرعاية الصحية بشكل كبير.[1192]



قد يحتوي كويكب واحد مثل
سايكي 16 على كميات هائلة
من الذهب بما يعادل

700 كوينتيليون

ما يكفي لتحويل كل فرد في
هذا العالم إلى ملياردير

الفرصة المستقبلية

ابتكار مكمل غذائي بالاعتماد على الهندسة الحيوية بهدف حماية رواد الفضاء من ضمور العضلات وفقد كثافة العظام خلال المهام الفضائية الطويلة أو التي يتم تمديدها لفترات أطول من المتوقع أو حتى خلال الإقامة في مستوطنات الكواكب الجديدة. وتقدم هذه المكملات الحيوية حلاً مبتكراً لتحديات ضمور العضلات والهيكل العظمي للمرضى على الأرض، إذ يتكوّن هذا المكمل من مزيج فريد من العناصر الغذائية الأساسية، والعوامل المضادة للالتهابات، ومحفزات عملية الأيض، ويتم توصيله عبر جسيمات نانوية قابلة للتحلل الحيوي، مصممة خصيصاً لتعزيز فعالية الدواء والقدرة على الامتصاص بدقة عالية. ويتم تعديل التركيبة وفقاً لحالة الشخص البدنية وإمكانية إصابته بالضمور، لضمان الاستفادة منه إلى أقصى الحدود.

ويركز المكمل الغذائي على استهداف العظام والعضلات الأكثر تأثراً بالجاذبية الصغرى، من خلال تقنيات النانو المتطورة والحوسبة البيولوجية، وتطلق الجزيئات النانوية مكوناتها تدريجياً، مما يضمن تأثيرات مستدامة ويقلل من الآثار الجانبية،[1193] حيث تتغير معدلات إطلاق هذه المكونات مع مرور الوقت، لذا، يسهم هذا المكمل في تقليل الحاجة إلى برامج التمارين الرياضية الشاقة، ويوفر حلاً فعّالاً لحماية العضلات والعظام.

الإيجابيات

إمكانية إطلاق مهمات فضائية أطول، وتحسين صحة سكان المستوطنات الفضائية، إلى جانب تعزيز صحة عضلات سكان الأرض وإطالة عمرها.

المخاطر

تبقى التأثيرات طويلة الأمد غير معروفة، إلى جانب تكاليف البحث والتطوير المرتفعة.

ابتكار مكمل غذائي بالاعتماد على الهندسة الحيوية بهدف حماية رواد الفضاء من ضمور العضلات وفقد كثافة العظام خلال المهام الفضائية

ماذا لو كانت ابتكارات المجتمعات المحلية ذات الموارد المحدودة هي مصدر الإلهام القادم لتغيير العالم؟

45

ابتكارات محلية لتحديات عالمية

المتغيّرات الغامضة

التعـــاون، التكـــنولوجـيا

التوجهات العالمية الكبرى

نمـــو اقتصـــادات الأعمال المستقـــلة

الاتجاهات السائدة

الحلول القائمة على المجتمع
الشراكة بين القطاعات
تحفيز الابتكار

التكـــنولوجـيا

الاتصال المتقدم
حماية البيانات والخصوصية

القطاعات المتأثرة

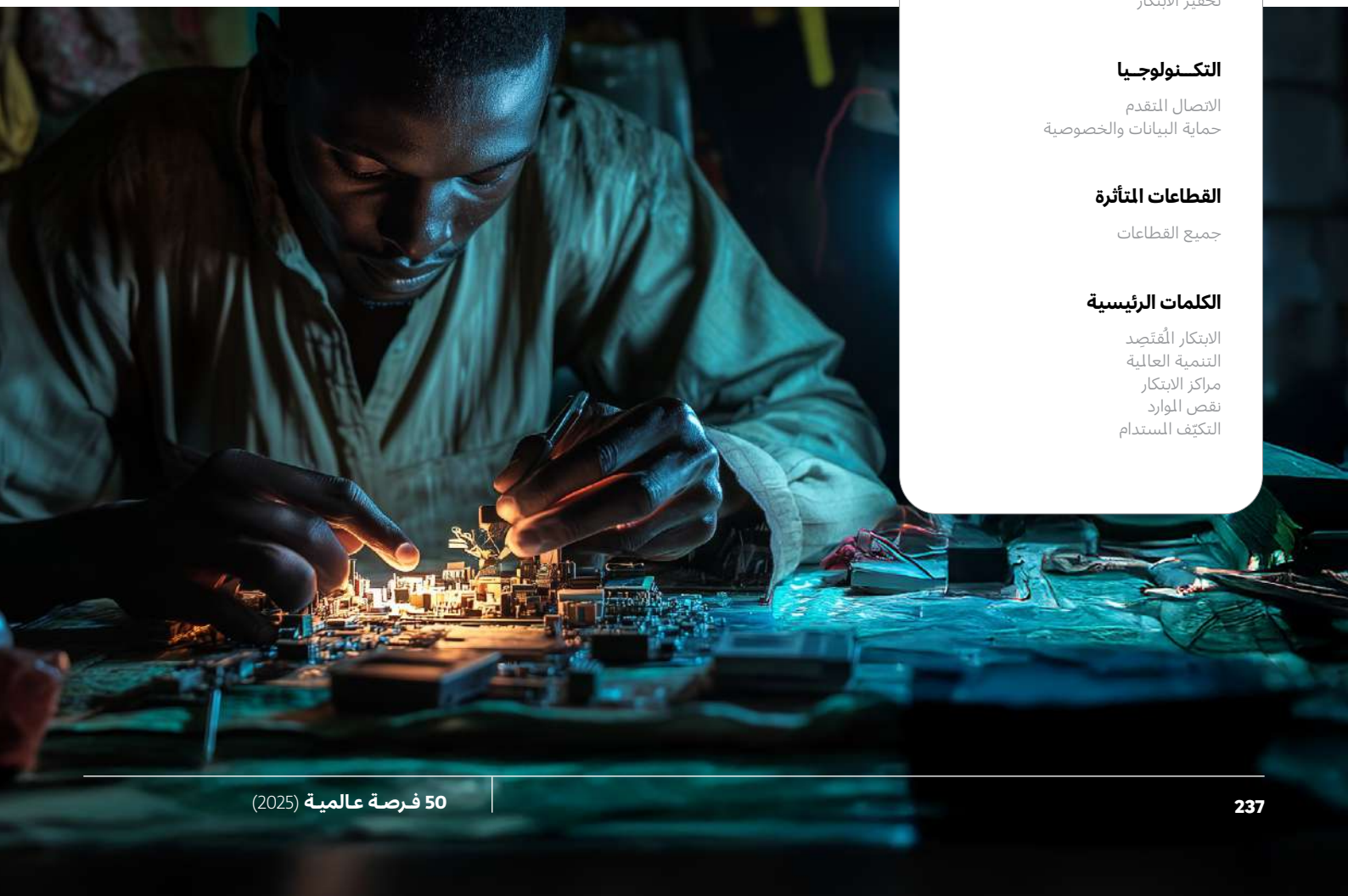
جميع القطاعات

الكلمات الرئيسية

الابتكار المُقتَصِد
التنمية العالمية
مراكز الابتكار
نقص الموارد
التكيّف المستدام

قريب المدى | متوسط المدى | بعيد المدى

مراكز الابتكار المحلية المرتبطة بشبكات عالمية تُسهم في توسيع نطاق الابتكارات القادمة من المجتمعات المهمشة اقتصاديًا على مستوى العالم، مما يتيح للإبداع المحلي أن يلهم التنمية المستدامة العالمية ويعزز من تأثيره في مواجهة التحديات الدولية.



الواقع الحالي

لم يعد النهج التقليدي لتحقيق التنمية المستدامة من خلال الإدارة المركزية فعالا كما كان في السابق. فرغم المساعدات والمساهمات الإنسانية التي حصلت عليها الدول على مدى العقود الماضية، إلا أنّ 49% فقط من مشاريع البنك الدولي هي التي صُنفت على أنها "مُرضية أو أعلى" في تحقيق أهدافها التنموية.[1194] من هذا المنطلق، تتزايد الدعوات لإعادة التفكير في مفاهيم الاقتصاد والتقدم والابتكار من أجل معالجة التحديات العالمية، إلا أنها قد لا تأخذ بعين الاعتبار الشح في الموارد والنقص في البنى التحتية في المجتمعات المهمشة.[1195] لذلك، تبقى العديد من الدول الفقيرة والمجتمعات المهمشة غير قادرة على الاستفادة من هذه الحلول،[1196] مما قد يجعلها عاجزة عن اللحاق بركب الدول المتقدمة.

المجتمعات المهمشة اقتصاديًا تمتلك سجلًا حافلًا بابتكار حلول مستدامة وفعالة في استخدام الموارد. فرغم محدودية الموارد، تنجح هذه المجتمعات في الإبداع ضمن حدود ضيقة، مما يعكس مرونتها وقدرتها العالية على الابتكار.[1197] فقد ابتكرت الهند، على سبيل المثال، ثلاجة من الفخار تعمل بتقنية التبريد بالتبخير يمكنها أن تحافظ على الطعام طازجاً لعدة أيام دون الحاجة إلى الكهرباء.[1198] كما تبتكر الدول منخفضة الدخل الأكثر تأثراً بتداعيات التغيّر المناخي حلولًا محلية تقودها المجتمعات نفسها، مما يعزز قدرتها على صياغة حلول فعالة وتوجيهها نحو التحديات المناخية المتنوعة بشكل دقيق ومؤثر.[1199]

ورغم أن المجتمعات الفقيرة هي التي تتأثر بالتحديات العالمية المعقدة أكثر من غيرها، إلا أن هذه المجتمعات غالباً ما يتم تهميشها خلال عملية استكشاف الحلول لتلك التحديات. إذ تشير النتائج التي توصلت إليها منصة "سينداي فريم وورك مونيتور" التابعة لمكتب الأمم المتحدة للحد من مخاطر الكوارث (UNDRR) والتي شملت 160 دولة إلى تسجيل 26.6% من الوفيات الناجمة عن الكوارث عالمياً في الدول منخفضة الدخل رغم أنها لا تشكل سوى 12.1% من سكان العالم.[1200] ومع ذلك، غالباً ما يتم استبعاد هذه الدول من عمليات صناعة القرارات الكبرى، فقد وجدت إحدى الدراسات أن 22 مشروعاً فقط من أصل 374 مشروعاً حول التكيّف مع التغيّر المناخي تضمنت أساليب مخصصة وفق الإطار المحلي.[1201] إضافة إلى ذلك، فإن زيادة عدد براءات الاختراع في عام 2022 التي تم إيداعها في أثيوبيا (28.1%) والهند (17.2%) وإندونيسيا (5.9%) [1202] يؤكد الإمكانات غير المستغلة لهذه الدول في مجال الاختراع والابتكار.

المجتمعات المهمشة اقتصاديًا **تمتلك سجلًا حافلًا بابتكار حلول مستدامة وفعالة في استخدام الموارد**

الفرصة المستقبلية

إنشاء مراكز محلية للابتكار وربطها بالشبكات العالمية المتخصصة عبر منصات رقمية، مما يتيح للأفراد حول العالم مشاركة أفكارهم والتعلّم من بعضهم البعض والتعاون من أجل تحسين الحلول وتوسيع نطاق انتشارها على مستوى العالم. تعمل هذه المراكز على اكتشاف الابتكارات البسيطة من المجتمعات المهمشة اقتصاديًا، وتقديم حلولها إلى العالم، مما يلهم تطبيقات عالمية تستفيد من هذه الأفكار المبدعة. كما تسهّل تكنولوجيا الاتصال المتقدمة تبادل المعرفة بين الأفراد، في حين يهدف النموذج الفريد لبراءات الاختراع التعاونية إلى توفير مصادر للدخل في المجتمعات المهمشة.

وتوفر الشراكات المبتكرة المبرمة مع الحكومات والمنظمات الدولية غير الحكومية والأوساط الأكاديمية ومؤسسات القطاع الخاص الموارد الأساسية وشبكات الخبراء والمعنيين بدعم هذه الجهود. وتركز المراكز المحلية على التحديات المحلية والإقليمية، وتسهم في الوقت نفسه في تحقيق الأهداف العالمية، مما يحفز مفهوم "الابتكار المُقتَصِد"، الذي يعطي الأولوية لاحتياجات المجتمعات ويحاول تلبيتها من خلال الموارد المحدودة المتوفرة، من أجل دعم التنمية المستدامة وتغيير طريقة مواجهتنا للتحديات الكبرى.

الإيجابيات

تمكين المجتمعات المهمشة، وتوطيد أواصر التعاون العالمي، والحد من التفاوت بين المجتمعات، وزيادة التنوّع في جهود مواجهة التحديات العالمية، وتحفيز الابتكار الهادف، وتعزيز قدرة العالم على الصمود في مواجهة التحديات.

المخاطر

إساءة استغلال المبتكرين المحليين، وزيادة التفاوت في التنمية بين المجتمعات، واتساع الفجوة الرقمية، والنزاعات المحتملة حول الملكية الفكرية للابتكارات.

إنشاء مراكز محلية للابتكار وربطها بالشبكات العالمية المتخصصة عبر منصات رقمية لتسليط الضوء على الابتكارات المحلية في المجتمعات المهمّشة اقتصادياً واستلهام التطبيقات العالمية من تلك الحلول

كيف ستحوّل تطبيقات الاتصال بين الدماغ والحاسوب حياتنا وقدراتنا على مواجهة التحديات؟

46 أدمغة حاسوبية

قريب المدى | متوسط المدى | بعيد المدى

وضع ميثاق وإطار عمل عالمي لحوكمة تطبيقات واجهات الدماغ والحاسوب (وهي طريقة للاتصال المباشر بين دماغ الإنسان والحاسوب تسمح له بإصدار الأوامر باستخدام نشاط الدماغ فقط)، بحيث يضمن هذا الميثاق التنسيق الدولي عبر عدة ركائز تشمل تعزيز الشفافية، والالتزام بمعايير السلامة، وتمكين النشر المسؤول لهذه التطبيقات، بما يسهم في استخدامها بشكل مستدام وشامل على مستوى العالم.

المتغيّرات الغامضة

التعاون، القيم المجتمعية

التوجهات العالمية الكبرى

إعادة تحديد الأهداف الإنسانية

الاتجاهات السائدة

الشراكة بين القطاعات
حماية البيانات والخصوصية
التعاون الدولي
علم الأعصاب
البيانات المفتوحة

التكـنولوجـيا

الاتصال المتقدم بالشبكة
واجهات الدماغ والحاسوب
واجهات الدماغ والآلة

القطاعات المتأثرة

جميع القطاعات

الكلمات الرئيسية

واجهات الدماغ والحاسوب
الفجوة المعرفية
الأمن السيبراني
المواثيق العالمية
خصوصية البيانات العصبية

الواقع الحالي

قد يشهد السوق العالمي لواجهات الدماغ والحاسوب نمواً مطرداً في العائدات من

$1.74 مليار

في عام 2022، إلى

$6.2 مليار

بحلول عام 2030، أي بمعدل نمو سنوي مركب يبلغ 17.5%.

يتزايد الاهتمام العالمي بتطبيقات واجهات الدماغ والحاسوب. ومن المتوقع أن يشهد السوق العالمي لواجهات الدماغ والحاسوب نمواً مطرداً في العائدات من 1.74 مليار دولار عام 2022 إلى 6.2 مليار دولار بحلول عام 2030، أي بمعدل نمو سنوي مركب يبلغ 17.5%.[1203] ويعود هذا النمو إلى الاستخدامات العديدة والمتزايدة لواجهات الدماغ والحاسوب[1204] بما في ذلك في صناعة الألعاب الإلكترونية،[1205] والتطبيقات المتكاملة مع الذكاء الاصطناعي[1206] والميتافيرس،[1207] وعلاج السكتات الدماغية،[1208] وإصابات الحبل الشوكي،[1209] والإصابات الدماغية،[1210] والتصلب الجانبي الضموري.[1211] وتتصدر الولايات المتحدة الأمريكية قائمة الدول التي أحرزت تقدماً في مجال واجهات الدماغ والحاسوب بفضل التمويل الكبير الذي يحظى به قطاع البحث والتطوير، تليها أوروبا وعدد من الاقتصادات الناشئة مثل البرازيل والهند وجنوب أفريقيا.[1212]

مع ذلك، تواجه واجهات الدماغ والحاسوب تحديات كبيرة، بما في ذلك عدم وضوح معايير تصنيفها. ففي حين تتيح واجهات الدماغ والحاسوب فرصاً من شأنها أن تحقق نقلة نوعية في مجال الرعاية الصحية وتحسين القدرات العقلية والجسدية للأفراد، إلا أنها تفرض مخاطر غير مسبوقة تهدد أمن البيانات، مع العلم أن البيانات العصبية تتطلب معايير صارمة فيما يتعلق بخصوصية الأفراد.[1213] ذلك في الوقت الذي يتزايد فيه عدد المؤسسات التي تعاني من النقص في عدد المتخصصين في مجال الأمن السيبراني (42% من المؤسسات في عام 2023 مقابل 53% في العام 2024).[1214]وفيما يتعلق بتصنيف واجهات الدماغ والحاسوب، فإن الواجهات (الخارجية) التي لا تتطلب تدخلاً جراحياً هي الأكثر شيوعاً في الوقت الحاضر، إلا أن واجهات الدماغ القابلة للزرع في جسم الإنسان، تثير الكثير من المخاوف بشأن تأثيراتها النفسية والعصبية والفسيولوجية.[1215]من ناحية أخرى، ظهر تصنيف آخر لهذه التكنولوجيا يقسمها إلى نوعين، الأول يشمل التطبيقات العلاجية، والثاني يتضمن التطبيقات المصممة لتعزيز القدرات البشرية.[1216]

وتشمل مخاطر واجهات الدماغ والحاسوب خلف فجوة معرفية جديدة بين الأشخاص الأثرياء والذين يعانون من الفقر. ففيما يفتقر أكثر من ثلث سكان العالم، أي حوالي 2.85 مليار شخص،[1217] إلى إمكانية الوصول إلى الإنترنت، فإن تطوير تطبيقات متطورة لواجهات الدماغ والحاسوب يهدد بتفاقم الفجوة الرقمية القائمة. وفي الوقت الذي تعد فيه هذه الأجهزة بعلاجات طبية وتحسينات معرفية ثورية، إلا أنها تزيد من خطر حدوث فجوة غير مسبوقة بين الذين يستطيعون الوصول إلى هذه التقنيات ودفع ثمنها وأولئك الذين لا يستطيعون ذلك.[1218]

يفتقر **أكثر من ثلث سكان العالم،** أي حوالي

2.85 مليار

شخص إلى إمكانية الوصول إلى الإنترنت، لذلك فإن تطوير تطبيقات متطورة لواجهات الدماغ والحاسوب يهدد بتفاقم الفجوة الرقمية القائمة

الفرصة المستقبلية

استباقاً للإنجازات الضخمة التي يُتوقع تحقيقها في مجال واجهات الدماغ والحاسوب، تضع الجهات المعنية ميثاقاً وإطار عمل عالمي لمواءمة استخدامات هذه التكنولوجيا وضمان انتشارها بشكل مسؤول في جميع دول العالم. ويتمحور هذا الإطار حول ثلاث ركائز أساسية تتمثل في: فتح المصادر البحثية، ومعايير السلامة، والنشر المسؤول.

وتشمل ركيزة "فتح المصادر البحثية" الالتزام بفتح المصادر وإتاحة الأبحاث والمنشورات العلمية المتعلقة بواجهات الدماغ والحاسوب والتجارب السريرية التابعة لها للجميع، إلى جانب تبادل المعرفة في هذا المجال، وتسجيل الأفراد المزودين بهذه الأجهزة. وتتم مشاركة الخوارزميات، المقرونة ببروتوكولات الخصوصية المُحكمة الخاصة بالبيانات الحساسة، مع الأطراف الموقّعة على الميثاق فقط حرصاً على تزويدهم بتصميمات آمنة لا يمكن التلاعب بها.

أما ركيزة "معايير السلامة" فتركز على اعتماد شهادات صارمة للأجهزة، وضمان أمن البرمجيات، وتطبيق ضمانات أخلاقية متقدمة. كما تُولي أهمية كبيرة لحماية الخصوصية، ومكافحة التمييز، وتأمين الأنظمة ضد الهجمات السيبرانية، بهدف تقليل المخاطر مثل التنصت على الدماغ (الكشف عن بيانات الدماغ السرية)، والتلاعب ببيانات التغذية الراجعة، والهجمات المعادية (مثل التلاعب في نموذج تعلم الآلة المدمج في نظام واجهات الدماغ والحاسوب).[1219]

وتأخذ ركيزة "النشر المسؤول" بعين الاعتبار تنوع السياقات العالمية، من خلال تقديم إرشادات لتقييم المخاطر، والمواءمة مع اللوائح والتشريعات المحلية، ومتابعة التأثيرات المجتمعية. وتتولى هيئة حوكمة عالمية لواجهات الدماغ والحاسوب تنسيق هذه الجهود عبر لجان إقليمية، وهيئات تنظيمية وطنية، ومجلس استشاري تقني يضم خبراء في مجالات علوم الأعصاب، والأخلاقيات، والأمن السيبراني.

الإيجابيات

توجيهات تنظيمية واضحة لنشر واجهات الدماغ والحاسوب؛ ودعم الوصول العادل للجميع، وحماية حقوق الأفراد، وتقليل مخاطر الإضرار بالمجتمع، والحد من خطر الاستغلال، وزيادة الوعي العام.

المخاطر

انتهاكات الخصوصية وتعرض البيانات العصبية الحساسة للاختراق والكشف، وعدم توافق الأطر التنظيمية العالمية، والأضرار غير المقصودة على الأفراد الذين يرفضون استخدام واجهات الدماغ–الحاسوب، والتفاوت في اعتماد التكنولوجيا بين الدول.

تضع الجهات المعنية إطار عمل عالمي لمواءمة استخدامات تكنولوجيا واجهات الدماغ والحاسوب وضمان انتشارها بشكل مسؤول حول العالم.

ويتمحور هذا الإطار حول ثلاث ركائز أساسية تتمثل في:

فتح المصادر البحثية، ومعايير السلامة، والنشر المسؤول

ماذا لو كانت الإمكانيات النظرية للطاقة المظلمة مصدر إلهام لنا لتجاوز حدودنا؟

47

الطاقة المظلمة

بواسطة الذكاء الاصطناعي التوليدي

قريب المدى | متوسط المدى | **بعيد المدى**

الطاقة المظلمة من الألغاز الكونية المحيرة، وهي -حسب علم الكونيات- أحد الأشكال الافتراضية للطاقة التي تملأ الفضاء، فتدفع الفضاء الكوني نفسه للتوسع، ويتسبب ذلك في أن تندفع المجرات مبتعدة. ويعد حل لغز الطاقة المظلمة ثورة في علم الكونيات ويؤذن بعصر جديد من الإنجازات البشرية، بما في ذلك استكشاف الفضاء والوصول إلى المريخ في ساعات معدودة، وتوفير كمية غير محدودة من الطاقة على الأرض.

المتغيّرات الغامضة

الأنظمة، التكنولوجيا

التوجهات العالمية الكبرى

نمو اقتصادات الأعمال المستقلة

الاتجاهات السائدة

مستقبل الفضاء
التعاون الدولي
تحفيز الابتكار

التكـــنولوجـيا

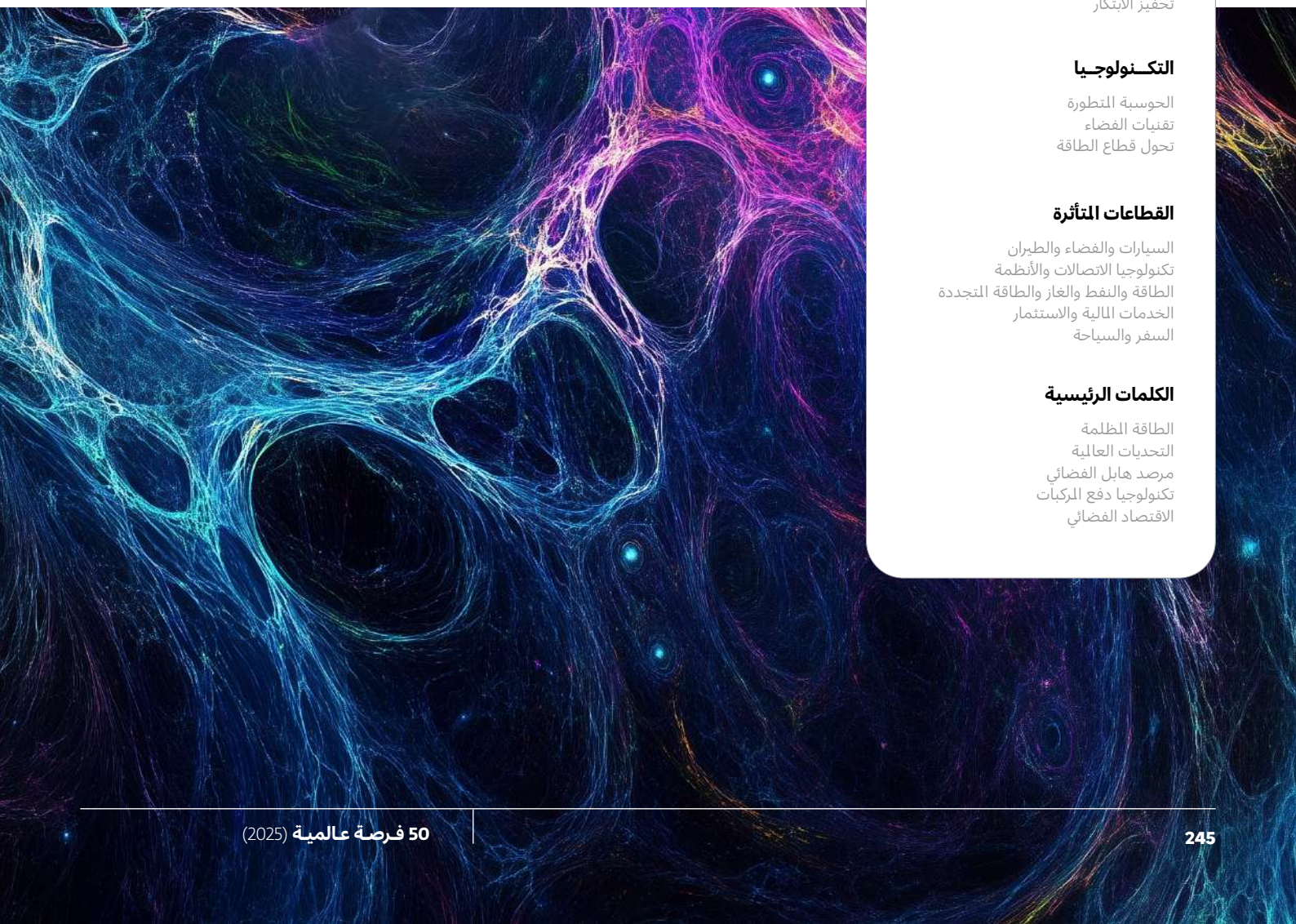
الحوسبة المتطورة
تقنيات الفضاء
تحول قطاع الطاقة

القطاعات المتأثرة

السيارات والفضاء والطيران
تكنولوجيا الاتصالات والأنظمة
الطاقة والنفط والغاز والطاقة المتجددة
الخدمات المالية والاستثمار
السفر والسياحة

الكلمات الرئيسية

الطاقة المظلمة
التحديات العالمية
مرصد هابل الفضائي
تكنولوجيا دفع المركبات
الاقتصاد الفضائي



الواقع الحالي

المتوقع أن **ينمو حجم اقتصاد الفضاء** بحلول عام 2035 إلى

$1.8 مليار دولار

ارتفاعًا من 630 مليار دولار في عام 2023، بمعدل نمو سنوي قدره 9% متجاوزاً بذلك نمو الناتج المحلي الإجمالي العالمي.

يتزايد الاهتمام العالمي باقتصاد الفضاء، حيث تسعى العديد من الدول إلى تحفيز البيئة الاستثمارية وبناء القدرات في قطاع الفضاء. فمن المتوقع أن ينمو حجم اقتصاد الفضاء من 630 مليار دولار في عام 2023 إلى 1.8 تريليون دولار بحلول عام 2035، بمعدل نمو سنوي يبلغ 9%، متجاوزاً بذلك نمو الناتج المحلي الإجمالي العالمي.[1220] وتستعد الوكالة الوطنية للملاحة الجوية والفضاء "ناسا" لإقامة مستوطنات بشرية على القمر عبر برنامج "أرتميس" بحلول ثلاثينيات القرن الحالي،[1221] ومن خلال إقامة الشراكات الراسخة وتعزيز الابتكار وتحديث البنية التحتية الداعمة للعلوم وقطاع الأعمال، تسعى وكالة الإمارات للفضاء إلى ترسيخ مكانة دولة الإمارات كمركز عالمي للشركات الناشئة العاملة في مجال الفضاء وكإحدى الدول الرائدة في مجال اقتصاد الفضاء. [1222] ووفق الاستراتيجية الوطنية للفضاء 2030 في دولة الإمارات، فقد تجاوزت الاستثمارات في الصناعات المرتبطة بالفضاء في الدولة 6 مليارات دولار، مع استمرار التمويل عبر صندوق الفضاء الوطني برأس مال يبلغ 820 مليون دولار.[1223]

إن التحديات الكبرى وحالات الغموض المتزايدة التي نواجهها اليوم، مثل تغيّر المناخ، تتطلب منا حلولاً مبتكرة وجذرية. ولطالما شكّل الفضاء مصدر إلهام للبشر لتطوير المنهجيات والأساليب المتبعة على الأرض.[1224] ومع تفاقم تداعيات التغير المناخي، برزت الحاجة للوصول إلى مصادر طاقة نظيفة وغنية. فبرغم المعدلات القياسية التي وصل إليها انتشار الطاقة النظيفة حول العالم،[1225]فقد زادت انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المرتبطة بإنتاج الطاقة العالمي بنسبة 1.1% في عام 2023، أي بزيادة 410 مليون طن لتصل إلى مستوى غير مسبوق مسجلةً 37.4 مليار طن في عام 2023.[1226] وتشير تقديرات الخبراء إلى وجود احتمالات بنسبة من 10 - 25% بحدوث نتائج كارثية بسبب التغير المناخي بحلول عام 2100،[1227] ومن هذا المنطلق، تبرز أهمية استكشاف الفضاء كمسار واعد للتكيف والصمود والبقاء، مُقدّماً حلولاً مبتكرة تدعم استمرارية البشرية في مواجهة بالتحديات.

لطالما شكّل الفضاء
مصدر إلهام للبشر
لتطوير المنهجيات
والأساليب المتبعة
على الأرض

الفرصة المستقبلية

تُعتبر الطاقة المظلمة من بين أكثر الظواهر غموضاً في الكون، رغم عدم ثبوت نظرياتها بشكل قاطع وشُح المعلومات والنتائج حولها، إذ يُعتقد حالياً أنها تشكل نحو 68% من إجمالي الطاقة في الكون.[1228] ورغم عدم القدرة على قياس هذه الطاقة بشكل مباشر، إلا أن العلماء يفترضون وجودها بسبب التوسع المتسارع للكون.[1229] وبفضل إطلاق مرصد هابل الفضائي،[1230] استطعنا أن نقدر عمر هذا الكون المُعجز، الذي تراوح بين 9.7 إلى 19.5 مليار عام بناء على "ثابت هابل" (وهو الرقم المقدر لمعدل تمدد واتساع الكون).[1231] ومع التقدم الكبير الذي حققه تلسكوب هابل الفضائي، تقلص هامش الخطأ في "ثابت هابل" بمعدل 10% في أوائل العقد الأول من القرن الحادي والعشرين ليصل إلى 2% فقط بحلول عام 2019،[1232] ما أسهم في تحسين دقة تقدير عمر الكون بواقع 13.8 مليار سنة.[1233]

ومن التطبيقات المحتملة للطاقة المظلمة في الفضاء استخدامها - نظرياً – بواسطة سفينة فضائية تستغل توسع الكون في توليد قوة دفع للمركبة. ورغم أن تقديرات سرعة هذه السفينة ما تزال تخمينية، إلا أن المفهوم الأساسي لها يدمج فيه العلماء بين شعاع جسيمات محايد وشعاع ليزر للوصول إلى 7.5% من سرعة الضوء بحمولة وزنها كيلوغراماً واحداً.[1234] هذا المفهوم وهذه التكنولوجيا فقط يمكنهما الإسهام في تقليص المدة اللازمة للوصول إلى المريخ (225 مليون كلم في المتوسط) من ثلاث سنوات[1235] إلى ثلاث ساعات فقط،° أما على الأرض، فقد تحدث الطاقة المظلمة تحولاً كبيراً في قطاع الطاقة، لتوفر ظاهرة التوسع الكوني مصدراً مستداماً للطاقة وخالياً من الانبعاثات.

ورغم أن هذه التقنية ما زالت في إطار النظرية،[1236] إلا أن استكشاف الكون وأسراره المتجددة قد يقودنا إلى ابتكار تقنيات مستقبلية، ويمنحنا فرصاً لا حدود لها، ويكشف لنا المزيد عن جوهر الإنسانية. أما على الأرض، فقد تحدث الطاقة المظلمة تحولاً كبيراً في قطاع الطاقة، لتوفر ظاهرة التوسع الكوني مصدراً مستداماً للطاقة وخالياً من الانبعاثات.

الإيجابيات

توفير طاقة نظيفة غير محدودة، وتقليص زمن الرحلات الفضائية.

المخاطر

عدم القدرة على الانتقال من النظرية إلى التطبيق الفعلي.

يعتقد حالياً أن الطاقة المظلمة تشكل نحو **68% من إجمالي الطاقة في الكون**

° على أساس سرعة الضوء البالغة نحو 300,000,000 متر في الثانية

هل سيأتي اليوم الذي نتغلب فيه على أمراض المناعة الذاتية المزمنة؟

48 مناعة جذعية

قريب المدى | **متوسط المدى** | بعيد المدى

توفر علاجات الخلايا الجذعية المدعومة بالذكاء الآلي المتقدم حلولاً فعالة لمواجهة أمراض المناعة الذاتية المزمنة، بما يسهم في إحداث تحول في علاجها والتعافي الدائم منها.

المتغيّرات الغامضة

الأنظمة، التكنولوجيا

التوجهات العالمية الكبرى

تزايد الاهتمام بالصحة المتقدمة والتغذية

الاتجاهات السائدة

الأمراض المعدية وغير المعدية
إطالة العمر والحيوية
الطب الشخصي

التكنولوجيا

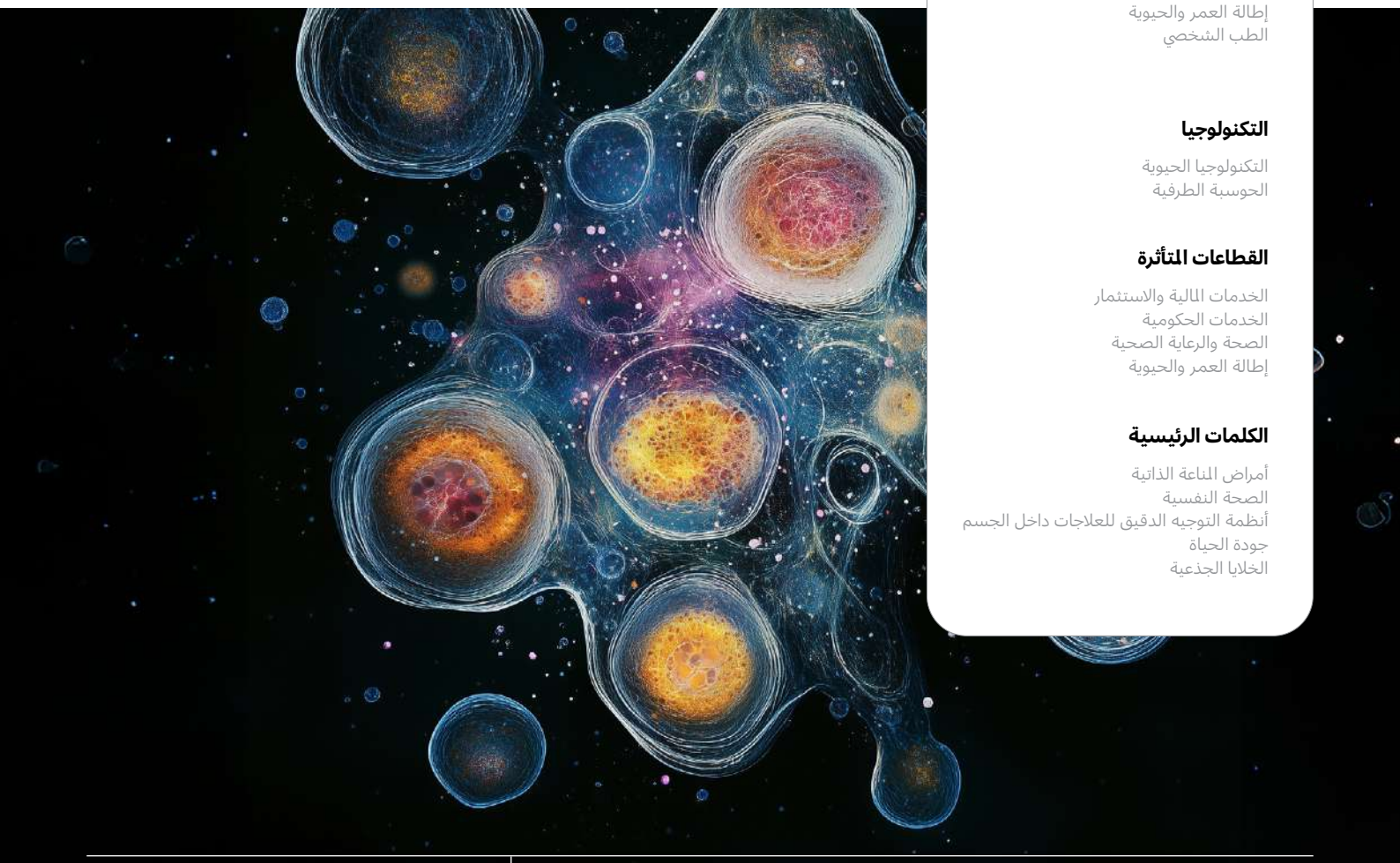
التكنولوجيا الحيوية
الحوسبة الطرفية

القطاعات المتأثرة

الخدمات المالية والاستثمار
الخدمات الحكومية
الصحة والرعاية الصحية
إطالة العمر والحيوية

الكلمات الرئيسية

أمراض المناعة الذاتية
الصحة النفسية
أنظمة التوجيه الدقيق للعلاجات داخل الجسم
جودة الحياة
الخلايا الجذعية

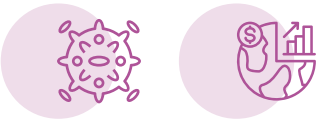


الواقع الحالي

تصيب أمراض المناعة الذاتية شخصاً من كل 10 أفراد حول العالم. فقد أظهرت دراسة أُجريت في المملكة المتحدة وشملت 22 مليون شخص أن نحو مليون شخص منهم قد تم تشخيصهم بواحد على الأقل من أمراض المناعة الذاتية بين عامي 2000 و2019.[1237] ويتوقع أن تزيد حالات أمراض المناعة الذاتية على مستوى العالم بمعدل مقلق يبلغ من 3 إلى 9% سنوياً، لا سيما مع اعتماد العادات الغذائية غير الصحية وغيرها من الأسباب.[1238]

تُعد أمراض المناعة الذاتية من الحالات المزمنة التي غالبًا ما تلازم المرضى طوال حياتهم، وتشمل أمراضاً مثل التهاب المفاصل الصدفي، والتهاب المفاصل الروماتويدي، والتصلب المتعدد، والداء البطني الذي يسببه عدم تحمل الغلوتين، ومرض السكري من النوع الأول، وأمراض الأمعاء الالتهابية. وتؤثر هذه الأمراض على ملايين الأشخاص عالمياً، وتسبب إعاقات جسدية خطيرة نتيجة مهاجمة الجهاز المناعي للأنسجة السليمة.[1239، 1240] وغالباً لا تكون العلاجات التقليدية بالفعالية المطلوبة لتخفيف حدة هذا النوع من المرض، مما يؤدي إلى استمرار الأعراض بشكل مزمن وتدهور تدريجي لوظائف الأعضاء. [1241] وفي ظل عدم وجود علاج جذري لأمراض المناعة الذاتية حتى الآن، تتحمل المجتمعات عبئاً اجتماعياً واقتصادياً هائلاً، ما يستدعي البحث المستمر والابتكار لتخفيف آثارها وتحسين حياة المرضى.[1242، 1243]

تؤثر أمراض المناعة الذاتية بشكل كبير على جودة حياة الأفراد. وقد كشفت دراسة شاملة أجريت في الولايات المتحدة على أشخاص مصابين بالتهاب المفاصل الروماتويدي أن 37% فقط منهم يعملون بدوام كامل. [1244] وأن أغلب هؤلاء الذين يعملون قد واجهوا تحديات في الحياة والعمل مثل الإرهاق المستمر، والألم، والقيود البدنية الأخرى.[1245] كما أفاد المشاركون في الدراسة بأنهم بحاجة إلى مساعدة في الأنشطة اليومية، مثل التنظيف وأداء الأعمال المنزلية، فيما أكد 41% منهم بأن أحد أفراد الأسرة، وغالباً ما يكون الزوج أو الزوجة، يساعد بشكل مباشر في التعامل مع هذا المرض والتأقلم معه.[1246] علاوة على ذلك، أظهرت الدراسات أن أكثر من 50% من مرضى المناعة الذاتية يعانون من حالات صحية نفسية، مثل الاكتئاب أو القلق، مما يضيف أعباءً إضافية على حياتهم اليومية وصحتهم العامة. [1247]



ليس هناك علاج جذري لأمراض المناعة الذاتية حتى الآن، وتتحمل المجتمعات عبئاً اجتماعياً واقتصادياً هائلاً

يتوقع أن تزيد **حالات أمراض المناعة**

%9–3

سنوياً، لا سيما مع تبني العادات الغذائية غير الصحية

تصيب أمراض المناعة الذاتية

1 من 10 أفـــراد

الفرصة المستقبلية

تقدم الخلايا الجذعية حلاً ثورياً بفضل قدرتها الفريدة على تجديد الأنسجة، والأهم من ذلك، تعديل الاستجابات المناعية المفرطة.[1248]وقد أثبتت الدراسات السريرية فعاليتها في علاج حالات مثل مرض القدم السكري،[1249]والقروح الجلدية،[1250] وإصابات الحبل الشوكي،[1251] مع نتائج مبشرة في تهدئة الأمراض المناعة الذاتية. [1252]

تتميز الخلايا الجذعية الميزانشيمية بفعاليتها العالية، حيث تُسهم في تعديل وظائف جهاز المناعة،[1253] وتوفير تأثيرات مضادة للالتهابات،[1254]وتحفيز تجديد الأنسجة،[1255] مما يجعلها خياراً واعداً في معالجة هذه الحالات المعقدة.

ويسهم الذكاء الآلي المتقدم وأجهزة الاستشعار الحيوية في مراقبة استجابة المرضى بشكل لحظي، مما يتيح التدخل السريع عند حدوث أي مضاعفات.[1256] كما تسهم الأتمتة المدعومة بالذكاء الاصطناعي[1257] في تحديد ومعالجة التحديات الرئيسية،[1258] مثل تمايز الخلايا غير المرغوب فيه والمخاطر المرتبطة بالتلوث الفيروسي. [1259]

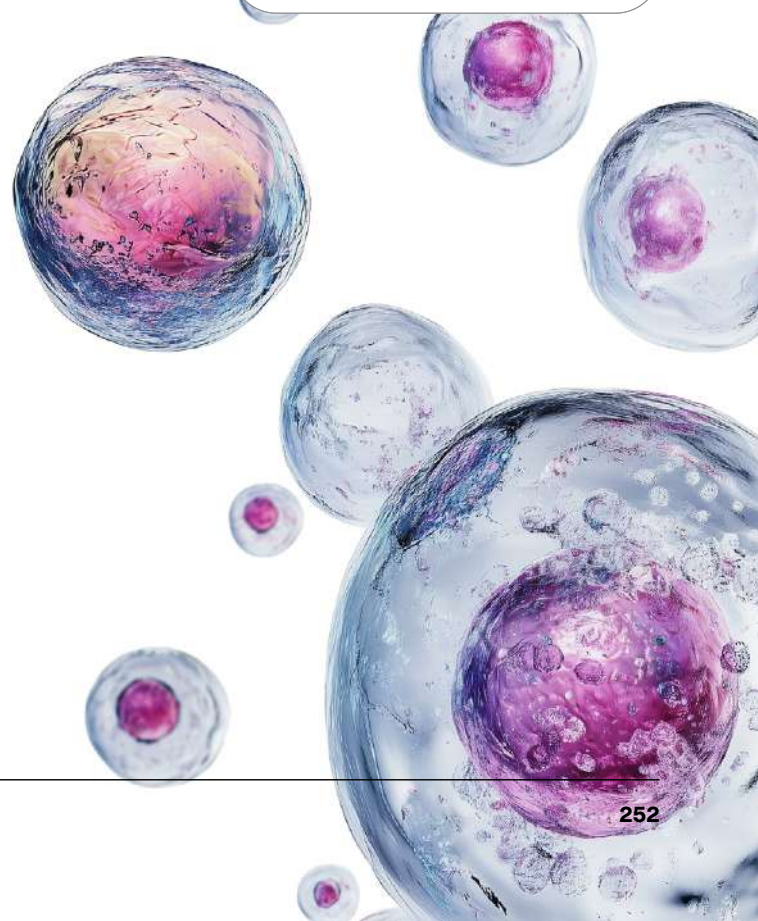
الإيجابيات

تحقيق دقة أعلى في العلاج وتعزيز فعاليته، وزيادة فرص الكشف المبكر عن المضاعفات.

المخاطر

وقوع حالات تسمم، والأخطاء التي قد تنشأ من الأتمتة المدعومة بالذكاء الاصطناعي، وحدوث قمع مفرط للجهاز المناعي نتيجة لاستخدام الخلايا الجذعية، وتطور مقاومة العلاج بمرور الوقت، وتفاوت الوصول إلى العلاج بالخلايا الجذعية، مما يؤدي إلى زيادة التفاوت في توفير الخدمات الصحية حول العالم.

تقدم الخلايا الجذعية حلاً ثورياً بفضل قدرتها الفريدة على تجديد الأنسجة، والأهم من ذلك، **تعديل الاستجابات المناعية المفرطة**



ماذا لو استطاعت المنتجات أن تصنع نفسها بنفسها؟

49

منتجات ذاتية التصنيع

بواسطة الذكاء الاصطناعي التوليدي

قريب المدى | متوسط المدى | **بعيد المدى**

تمثل الجزيئات ذاتية التجميع، المصممة باستخدام تقنيات النانو والتصميم الحاسوبي، الجيل الجديد من التصنيع الذكي، حيث تتمتع بقدرة فريدة على التشكل والتحول ذاتياً عند تحفيزها بمواد كيميائية أو بواسطة الضوء. هذا الابتكار يفتح آفاقًا جديدة للإنتاج الذكي والمستدام، ويُعيد تعريف العمليات الصناعية التقليدية.

المتغيّرات الغامضة

الأنظمة، التكنولوجيا

التوجهات العالمية الكبرى

ثورة المواد

الاتجاهات السائدة

الأتمتة
مستقبل المواد الخام
المواد الجديدة

التكنولوجيا

التصنيع الذكي والمرن
تقنيات النانو

القطاعات المتأثرة

المواد الكيميائية والبتروكيماويات
السلع الاستهلاكية والخدمات والبيع بالتجزئة
علم البيانات والذكاء الاصطناعي وتعلّم الآلة
التصنيع
المواد والتكنولوجيا الحيوية

الكلمات الرئيسية

التصنيع التراكمي
الجزيئات
تقنيات النانو
المواد ذاتية التجميع
المواد الذكية

الواقع الحالي

يشهد النظام العالمي لسلاسل التوريد تحولاً جوهرياً. فعلى مدار العقود الماضية، تم تصميم سلاسل التوريد لتحقق الإنتاج الضخم بتكلفة منخفضة، لكنها افتقرت إلى المرونة[1260] وغفلت عن التأثيرات البيئية والاستدامة.[1261] اليوم، تتجه الشركات نحو شبكات توريد أكثر ذكاءً واستدامة، تركز على الأمان، والتحول إلى الطاقة النظيفة، والمرونة في مواجهة التحديات. [1262]

تشير التقديرات إلى أن قيمة المنتجات المهدرة سنوياً يصل إلى 163 مليار دولار بسبب فائض الإنتاج أو التلف، مما يؤدي إلى آثار بيئية كارثية مثل تلوث الهواء والمياه. [1263] كما ارتفع استهلاك المواد المحلية عالمياً بنسبة 65% خلال العقدين الماضيين،[1264] مما يؤثر سلباً على البيئة إذا أخذنا في الاعتبار أن استخراج المواد يتسبب في 70% من انبعاثات غازات الدفيئة عالمياً،[1265] بينما لا تتجاوز نسبة المواد المُعاد تدويرها 7.2%.[1266]

كما تشير الدراسات إلى أن اعتماد استراتيجيات الاقتصاد الدائري يمكن أن يُخفض انبعاثات غازات الدفيئة بنسبة تصل إلى 40% بحلول عام 2050، من خلال تحسين استخدام المواد في صناعات رئيسية مثل الأسمنت، والصلب، والبلاستيك، والألمنيوم. [1267]

يتزايد الاهتمام بالمواد ذاتية التجميع بفضل النجاحات المبكرة التي حققتها هذه التقنية الواعدة. ومؤخراً، نجح فريق من الباحثين في جامعة نورث وسترن بالولايات المتحدة في تطوير مواد مستدامة وناعمة ذات خصائص إلكترونية نشطة، مصنوعة من أشرطة نانوية تحاكي الأنظمة البيولوجية وقابلة للتحلل الحيوي. تتميز هذه المواد بقدرتها على التجمع الذاتي عند إضافة الماء، مما يتيح تحقيق خصائص كهربائية ثابتة لم يكن من الممكن تحقيقها باستخدام البلاستيك التقليدي. وتشمل الاستخدامات المحتملة لهذه المواد الأقمشة الذكية والغرسات اللاصقة المبتكرة. [1268]

وفي مثال آخر، تم إجراء تحلل للبروتينات الغذائية لإطلاق ببتيدات ذاتية التجميع (والببتيد عبارة عن وحدة في هيكل البروتينات تتكون من اثنين أو أكثر من الأحماض الأمينية، وتعمل الببتيدات كناقلات جزيئية تنقل الإشارات بين الخلايا وتنسق العمليات الحيوية مثل نمو الخلايا والاستجابة المناعية وإصلاح الأنسجة). هذه الببتيدات الناتجة عن التحلل شكلت المكونات الأساسية لمادة تسمى "الهيدروجيل" (هلام البوليمر الذي يتميز بقدرته على امتصاص الماء)، حيث تتميز هذه المادة الهلامية بقدرتها على التجمع الذاتي، مما يجعلها مثالية للاستخدام في حمل المغذيات، وعلاج الجروح، وأجهزة الاستشعار الحيوية. [1269]

تشير التقديرات إلى أن **قيمة المنتجات المهدرة سنوياً تصل إلى**

$163 مليار دولار

بسبب فائض الإنتاج أو التلف، مما يؤدي إلى آثار بيئية كارثية مثل تلوث الهواء والمياه.

اعتماد استراتيجيات الاقتصاد الدائري يمكن أن يُخفض انبعاثات غازات الدفيئة بنسبة تصل إلى

%40

بحلول عام 2050

الفرصة المستقبلية

من خلال تقنيات النانو والتصميم الحاسوبي، يتم تصميم جزيئات تتمتع بقدرة ذاتية على التعرف على بعضها البعض والارتباط فيما بينها، مما يُحاكي عمليات التصنيع الذكية. ويتم تحفيز عملية التجميع باستخدام طاقة مستمدة من الضوء أو بإضافة مواد كيميائية، لتوفير القوة اللازمة لبدء التجميع الذاتي والتحكم فيه بدقة.[1270] وبعد اكتمال عملية التجميع، يمكن إرسال تعليمات إضافية للمواد لتعديل المنتج أو تفكيكه حسب الحاجة، مما يتيح المجال لإعادة تشكيل المنتجات، أو إصلاحها، أو تحويلها بالكامل بطريقة ديناميكية دون الحاجة إلى التدخل الميكانيكي التقليدي.

تعد تقنية التجميع الذاتي الجزيئي مستوحاة من الأنظمة البيولوجية، مثل طي البروتين وتنظيم الخلايا، مما يمنحها قدرة فريدة على تصنيع مجموعة متنوعة من المنتجات، بدءاً من الإلكترونيات المتقدمة إلى الأجهزة الطبية، مما يشكل ثورة جديدة في عالم الابتكار والإنتاج.

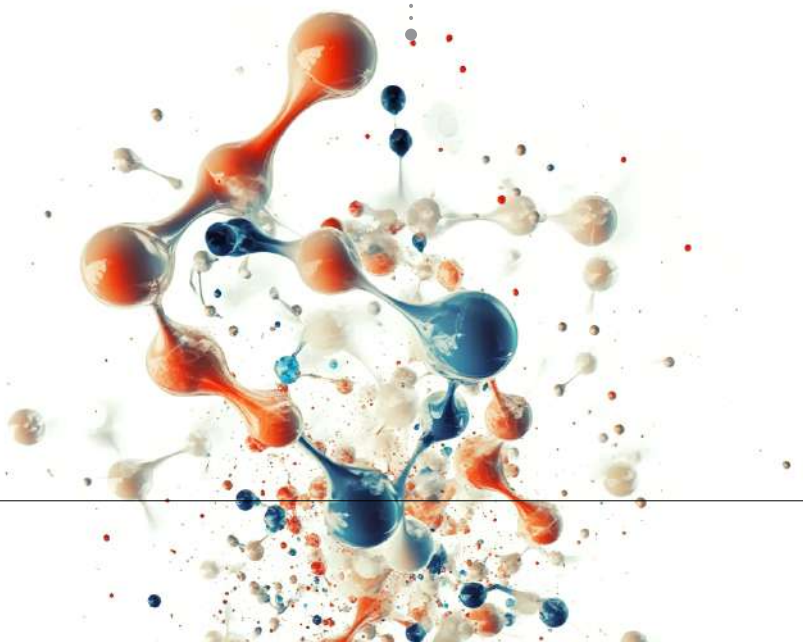
الإيجابيات

دعم التصنيع المستدام وتقليل الهدر والتأثير البيئي، ودعم الاقتصاد الدائري من خلال تبني ممارسات إنتاج مرنة وأكثر كفاءة.

المخاطر

الفقدان المحتمل للوظائف، وحدوث ثغرات أمنية في شبكات التجميع الجزيئي.

من خلال تقنيات النانو والتصميم الحاسوبي، يتم تصميم جزيئات تتمتع بقدرة ذاتية على التعرف **على بعضها البعض والارتباط فيما بينها، مما يُحاكي عمليات التصنيع الذكية.**



ماذا لو أصبحت الكفاءات المكتسبة هي مقياس النجاح في التعليم وليس عدد سنواته؟ [P]

50

مـدارس بلا سنـوات محـددة

قريب المدى | متوسط المدى | **بعيد المدى**

يشهد التعليم العالي تحولاً جذرياً نحو نموذج التعليم الشخصي والعملي الذي يضع التفكير النقدي وحل المشكلات الواقعية في صميم التجربة التعليمية. هذا النهج الجديد يركز على إعداد متعلمين مدى الحياة، ويُقاس النجاح فيه بالكفاءات المكتسبة بدلاً من الاعتماد على فترات زمنية محددة.

المتغيّرات الغامضة

القيم المجتمعية، التعاون

التوجهات العالمية الكبرى

إعادة تحديد الأهداف الإنسانية

الاتجاهات السائدة

الحلول القائمة على المجتمع
الشراكة بين القطاعات
مستقبل العمل
تحفيز الابتكار
تحوّل التعليم

التكنولوجيا

المجتمعات الرقمية
تسارع الانتقال إلى الواقع الرقمي الجديد

القطاعات المتأثرة

جميع القطاعات

الكلمات الرئيسية

التفكير التحليلي
التفكير النقدي
التعلّم
تحديات العالم الواقعي
الجامعات

[P] تمثل هذه الفرصة، إلى جانب الفرص الأخرى المتعلقة بالتعليم في الإصدارات السابقة من تقرير الفرص المستقبلية 50 فرصة عالمية، أحد النماذج العديدة لتحويل التعليم لدعم النمو والازدهار وجودة الحياة في المستقبل.

الواقع الحالي

في عام 2024، وصل عدد الطلاب الملتحقين بالتعليم الجامعي إلى

222 مليون

طالب، وهو أكثر من **ضعف العدد الذي تم تسجيله في عام 2000 والذي بلغ 100 مليون**

منذ ظهورها في القرن الحادي عشر كمراكز للمعرفة والابتكار والتفكير النقدي، تطورت الجامعات لتصبح مؤسسات عالية تسهم في التقدم المجتمعي.[1271] ففي عام 2024، وصل عدد الطلاب الملتحقين بالتعليم الجامعي إلى 222 مليون طالب، وهو أكثر من ضعف العدد الذي تم تسجيله في عام 2000 والذي بلغ 100 مليون. [1272] ورغم هذه الزيادة الكبيرة، خصوصاً في مناطق مثل أمريكا اللاتينية وأفريقيا جنوب الصحراء، ما يزال هناك تحديات كبيرة أمام الحفاظ على جودة التعليم. [1273]

من ناحية أخرى، تزايد اهتمام المؤسسات في الوقت الحاضر بتوظيف أشخاص يمتلكون مهارات التفكير التحليلي والإبداعي. فوفقاً للمنتدى الاقتصادي العالمي، تصدرت المهارات المعرفية قائمة المهارات الأكثر أهمية في تقييم الموظفين في عام 2023. [1274] فالتفكير التحليلي، الذي يُعتبر مهارة جوهرية، يشكل في المتوسط 9.1% من المهارات الأساسية المطلوبة لدى الشركات. [1275] يأتي التفكير الإبداعي في المرتبة الثانية، حيث يُتوقع أن ينمو الطلب عليه بنسبة 73% خلال السنوات الخمس المقبلة، متجاوزاً الطلب على التفكير التحليلي.[1276] وقد أظهرت دراسة شملت 93,743 طالباً وامتدت على مدار خمس سنوات أهمية دمج التعليم العملي والمشاريع الواقعية ضمن المناهج الدراسية في مؤسسات التعليم العالي.[1277]

إلى جانب ذلك، أثرت جائحة كوفيد-19 بشكل كبير على طريقة تعلم الطلاب، حيث بات الطلاب يفضلون أنماط تعلّم متنوعة. فمن بين أربع طرق للتعلّم (التعلّم الحضوري فقط؛ والتعلم المزيج بين الحضور والتعلم الذاتي؛ والتعلم المزيج بين التعلم الذاتي والمباشر عبر الإنترنت؛ والتعلم المباشر عبر الإنترنت)، فضّل 52% من الطلاب التعلّم التقليدي الحضوري، بينما أكد 51% أن التعلم المباشر عبر الإنترنت هو الطريقة الأقل تفضيلاً لديهم.[1278]وقبل الجائحة، كان أقل من 1% من الطلاب يستخدمون أجهزة الحاسوب للدراسة لأكثر من 10 ساعات في الأسبوع.[1279] أما بعد الجائحة، فقد أصبح معظم الطلاب يستخدمون أدوات التعلّم الرقمية من ثلاث إلى أربع ساعات يومياً.[1280]

وفقاً للمنتدى الاقتصادي العالمي،

تصدرت المهارات المعرفية قائمة المهارات الأكثر أهمية في تقييم الموظفين

في عام 2023 .

الفرصة المستقبلية

يتجه التعليم العالي نحو تقديم مسارات تعليمية شخصية ومرنة تعيد تصميم التجربة التعليمية. تبدأ هذه المسارات بسنة تأسيسية عامة[1281] في الفنون المتحررة (المناهج الدراسية التي تمنح المعارف العامة وتطور الفكر العقلاني وتشمل دراسة الأدب، واللغة، والفلسفة، والتاريخ، والرياضيات والعلوم) وغيرها من العلوم الإنسانية التي تُعزز التفكير النقدي والوعي الذاتي والفهم العميق عبر جميع التخصصات. وتُعد هذه السنة التأسيسية قاعدة قوية تتيح للطلاب استكشاف مسارات تعليمية داخل الدرجات الأكاديمية التقليدية بطريقة أكثر مرونة وغير تقليدية. وبذلك، يتمكن الطلاب من الجمع بين مجالات خبرة متنوعة أثناء مواجهة تحديات العالم الواقعي، بغض النظر عن أعمارهم. ويتم قياس النجاح بناءً على الكفاءات المكتسبة، بينما يتم تخصيص التجربة التعليمية وفقاً لاحتياجات الأفراد، بعيداً عن القيود الزمنية الصارمة.

تتحول الجامعات من كونها مؤسسات تقليدية لإنتاج المعرفة إلى مشاركين فاعلين في منظومة متكاملة تجمع بين الصناعة، والحكومة، والمجتمعات المحلية. [1282] إذ يسهم هذا التكامل في سد الفجوة بين التعليم والتنمية المهنية، مما يمكّن الطلاب من مواجهة التحديات الحقيقية أثناء التعلم. [1283]وفي نفس الوقت، يتطور دور المعلمين ليشمل التدريس والتوجيه والإرشاد، إلى جانب تطوير أساليب تقييم مبتكرة. ويتم إنشاء نماذج تمويل جديدة تدعم مرونة البيئة التعليمية واستدامتها وترابطها.

الإيجابيات

توفير مسارات تعليمية مرنة، وتعزيز مهارات التفكير النقدي، وترسيخ مفهوم التعلم مدى الحياة، وتحفيز الابتكار العالمي، ومواءمة قطاع التعليم مع التطورات التكنولوجية.

المخاطر

فقد الأهداف الواضحة للتعلم، وتفاوت المعايير بين المستويات التعليمية، وعدم التوافق العالمي حول المؤهلات الدراسية، والتكاليف التشغيلية المرتفعة، والتضارب مع أهداف الشراكات وأولويات التعاون.

يتجه التعليم العالي نحو تقديم مسارات تعليمية شخصية ومرنة تعيد تصميم التجربة التعليمية

المنهجية المعتمدة

مرحلة التحليل الشامل:

مراجعة التوجهات والسيناريوهات المستقبلية المنشورة

وضع قائمة بالمؤسسات الإقليمية والعالمية المرموقة التي تنشر تقارير حول التوجهات أو السيناريوهات المستقبلية المحتملة، على أن تشمل مجموعة متوازنة من المؤسسات الحكومية الدولية، والأوساط الأكاديمية والمصادر الخاصة.

جمع المنشورات ذات الصلة والصادرة في الفترة بين يونيو 2023 وأغسطس 2024

مراجعة التقارير المنشورة للتأكد من اكتمالها وموثوقيتها ومصداقيتها

تحليل المحتوى واستخلاص الرسائل والبيانات الرئيسية منه استناداً إلى نموذج البحث.

وقد تم إعداد تقرير هذا العام بعد مراجعة مفصلة أجريت على 57 تقريراً من إعداد 43 مؤسسة مرموقة من بين 88 تقريراً أولياً، من ضمنها تقارير من منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا (انظر الفهرس).

وقد أسهم استخدام نماذج ومنصات الذكاء الاصطناعي التوليدية متعددة في دعم جهودنا لإنجاز هذا التقييم واستخراج المعلومات والاقتباسات ذات الصلة من تلك التقارير، بالاعتماد على استبيان تم إعداده بناءً على أوامر محددة. وقد تم التحقق من النتائج التي قدمها وتطويرها بعد ذلك من قبل فريق العمل.

مرحلة المقابلات:

مقابلات الخبراء

تحديد قائمة رئيسية بالخبراء المعنيين بإجراء المقابلات والحوارات للتأكد من شمول التقرير لوجهات نظر متنوعة تغطي مختلف المناطق الجغرافية ومجالات الخبرة والقطاعات قدر الإمكان.

اختيار الخبراء الذين لم يشاركوا في مقابلات وحوارات النسخة السابقة من التقرير.

إجراء مقابلة افتراضية تضم مجموعة من الخبراء وفق قواعد "تشاتام هاوس"، والتركيز على معايير النمو والازدهار وجودة الحياة، شملت هذه المقابلات إجابات على الأسئلة التالية: "بغض النظر عن وضع العالم الحالي، كيف يمكن أن يبدو المستقبل بعد 50 عاماً؟" "ما هي رؤيتكم للمستقبل، وما هي التطلعات التي ترغبون في تحقيقها؟"

إجراء تحليل موضوعي (وهو أحد أساليب تحليل البحث النوعي) للنصوص التي لم تحدد هوية صاحبها لدواعي الخصوصية.

وقد تم إجراء ست مقابلات وحوارات هذا العام بين 8 سبتمبر و10 أكتوبر 2024، شارك فيها 24 خبيراً.

وقد أسهمت نماذج ومنصات الذكاء الاصطناعي التوليدية متعددة في دعم التحليل الموضوعي للنصوص التي لم تحدد هوية صاحبها لدواعي الخصوصية، بالإضافة إلى مساهمته في جمع وتصنيف السيناريوهات التي صممها الخبراء المشاركون في هذه المقابلات.

التحقق من رؤيتنا للمستقبل وتوليد الفرص

استخدام تحليلات نتائج مرحلتي المراجعة الشاملة والمقابلات للتحقق من صحة المتغيّرات الغامضة والفرضيات والتوجهات العالمية الكبرى، بهدف تكوين وجهة نظر شاملة حول المستقبل.

عقد جلسات العصف الذهني الداخلية والاستفادة من تحليلات مرحلتي المراجعة الشاملة والمقابلات لصياغة قائمة منهجية بالفرص والأسئلة المستقبلية. وقد اتبعنا هذا النهج دون التقيد بالاتجاهات الحالية، مع النظر في التأثيرات غير المباشرة بعيدة المدى ودمج المفاهيم المختلفة.

تطبيق عوامل تصفية أولية تتضمن: أ) تقييم التأثيرات السلبية المحتملة للفرصة على النمو والازدهار وجودة الحياة في المستقبل؛ ب) ضمان وضوح الفكرة وسهولة فهمها؛ ج) تحليل الفوائد المحتملة؛ د) التحقق من أن الفكرة لم تُدرج في إصدارات سابقة من تقرير "50 فرصة عالمية".

يتم بعد ذلك مراجعة الفرص مع اللجنة المعنية باختيار الفرص لاتخاذ القرار النهائي بشأنها.

كما نطبق معايير جودة البحث لإجراء التحليل اللازم لكل فرصة، مع الأخذ بعين الاعتبار أن بعض الفرص قد تتطور أو تتغير خلال عملية البحث، لنقوم في النهاية بتحديد النطاق والفئة المناسبة لكل فرصة.

وقد أسهمت عملية العصف الذهني الأولي هذا العام في إنتاج 492 فرصة مستقبلية.

استخدام الذكاء الاصطناعي التوليدي: تم استخدام نماذج ومنصات الذكاء الاصطناعي التوليدية متعددة كجزء من ممارساتنا خلال جلسات العصف الذهني، حيث تم تصميم الأوامر النصية لتتناسب مع أسلوب تقرير "50 فرصة عالمية". وقد استلهمنا من هذه الأدوات أربع فرص من الفرص الواردة في هذا الإصدار. كما تم استخدام نماذج ومنصات الذكاء الاصطناعي التوليدية متعددة للبحث عن بيانات حديثة حول الإشارات والاتجاهات، إلا أن الفريق عاد للاعتماد على البحث اليدوي لضمان دقة وجودة البيانات والمصادر.

أعدّ هذا التقرير فريق عمل أبحاث دبي للمستقبل لدى مؤسسة دبي للمستقبل التي تصدر العديد من الدراسات والتقارير الاستشرافية باستخدام الأساليب التحليلية القائمة على الأدلة والخيال بهدف مساعدة الجهات المعنية على التنبؤ بالمستقبل والاستعداد له بشكل أفضل.

يمكنكم الاطلاع على منشوراتنا السابقة عبر الرابط الإلكتروني:

www.dubaifuture.ae/insights

شكر وتقدير

أشرف على إعداد هذا التقرير كل من الدكتورة هبة شحادة والدكتور باتريك نوك وعبد العزيز الجزيري، ذلك إلى جانب المساهمات القيمة التي قدمها الزملاء في مؤسسة دبي للمستقبل، وهم: عبد الله النعيمي، الود الفلاسي، بلال عماد، إيهاب خطاب، إيمان القاضي، فابيو أراوجو، فيصل كاظم، فرح الحطاب، فاطمة أبو الهول، فراس صبح، إيزابيلا بيرولو، جان نوتزي، ليديا كامله، ماري قداح، مريم يوسف، د محمد قاسم، ندى الطريفي، ناستاسيا ميراشنيتشينكا، راكيش كومار، سارة حسين، شابين بارامباث، شيخة التميمي، شما المريد، تالا أنشاصي، يحيى محمد، إيف فرحات.

كما نود أن نعرب عن تقديرنا للمساهمين والمراجعين والخبراء المشاركين في المقابلات:

أغاثا أتشياردو، مؤسسة شركة "ثينك نكست"

أندرياس شميدت، أستاذ جامعي في الفلسفة الأخلاقية والسياسية، جامعة خرونينغن

بلزان أورازباييفا، مديرة المبادرات الاستراتيجية في "يونيفرسيتي إندستري إينوفايشن نتوورك"

برايان هيد، أستاذ جامعي في السياسات والتقييم في جامعة كوينزلاند

كاثرين بريمروز-ماتيسين، محررة

كريغ ويلز، عضو منتدب في شركة "هاي مام ! سيد داد"

ديفيد ماكنير، المدير التنفيذي لحملة "وان"، حملة "وان"

غراسييلا سيلايمين، مؤسس "توريبا" - والمشارك في مؤتمر الأمم المتحدة الثلاثين بشأن التغير المناخي

هيزل بيرد، محررة

إيزابيل هاو، المديرة التنفيذية لمسرّع ستانفورد للتعلم

عصام ياسين، مصمم مستقل

جان دومينيك كوست، مدير أول في شركة "إيرباص بلو سكاي"

جوناثان ماكيو، عضو منتدب في شركة "سستاينبل سيز"

جوغول ثاتشيري، الرئيس التنفيذي لشركة "إتش أو جي آر"

كيلي ويليس، عضو منتدب في منظمة "لا ملاريا بعد الآن"

كوتشاكورن فوراخوم، الرئيسة التنفيذية لشبكة "بوروس سيتي"، في شركة "لاندبروسيس"

ماريا أورتيز بيريز، عضو منتدب في معهد آسبن

مايكل سيلفرمان، أستاذ موسيقى في جامعة مينيسوتا

مورجان لوريو، طبيب متخصص في جراحة العمود الفقري وجراحة العظام المتقدمة لدى الجمعية الدولية لتطوير جراحة العمود الفقري

نيك ووكر، شريك مؤسس وإداري في شركة "وان بيو"

نجاة أكبر شاه، المديرة التنفيذية لشركة "أدور" للإنتاج السينمائي

ريتشارد جيمس ماكوون، مؤسس مختبر ابتكار المحاكاة الحيوية LIB

رولاند بينيديكتر، شريك رئيس لشركة "يوراك" للأبحاث

سيلفيا دوزي، خبيرة اقتصادية أولى في مجال الطاقة في البنك الدولي

فيكتور أنتون، الرئيس التنفيذي لمنظمة "وايلد لايف. ايه آي"

واين هولمز، أستاذ جامعي في الدراسات النقدية للذكاء الاصطناعي والتعليم في كلية لندن الجامعية

يوانا (بيبر) أوكويسا، المؤسسة والرئيس التنفيذية لمركز "ذا أسامبلي هاب"

كما نود أن نتوجه بالشكر إلى **شركة "ريسيرش كونسلتنج"** في المملكة المتحدة وشركة **"بريزلاب"** وشركة **"تنوين"** في دولة الإمارات العربية المتحدة.

قائمة المصطلحات

جديد **الطباعة ثلاثة الأبعاد**
الطباعة ثلاثة الأبعاد هي تقنية تتم فيها طباعة الهياكل ثلاثية الأبعاد بالتتابع طبقةً بعد طبقة.

جديد **الطباعة رباعية الأبعاد**
هي تقنية تتم فيها طباعة هياكل ثلاثية الأبعاد طبقةً بعد طبقة، مع تصاميم ومواد وخصائص قادرة على التكيّف بمرور الوقت.

الذكاء الآلي المتقدم
هو نتاج الخوارزميات والبيانات وقوة المعالجة، بما فيها الحوسبة الكمومية، التي تتيح للحواسيب التعلّم من البيانات وتحليل مجموعات ضخمة منها ونمذجتها بسرعة، لحل المشاكل بطريقة متقدمة وإنجاز المهام المعقدة.

جديد **المفاعلات الحيوية التي تعتمد على الطحالب**
المفاعلات الحيوية القائمة على الطحالب هي عبارة عن وحدات تحتوي على أنواع من الطحالب القادرة على امتصاص ثاني أكسيد الكربون والملوثات الأخرى من الهواء عند تعرضها للضوء، مما يُسهم في تنقية الهواء.

جديد **الخوارزميات**
تُعرف الخوارزميات على أنها مجموعة متسلسلة من الأكواد المكتوبة بلغة برمجية، تُقدِّم تعليمات لتنفيذ المهام تلقائياً من دون تدخل يدوي.

مقاومة مضادات الميكروبات
تحدث مقاومة مضادات الميكروبات حين لا تستجيب البكتيريا أو الفيروسات أو الفطريات أو الطفيليات للأدوية، مما يصعّب معالجة العدوى ويزيد من خطر انتشار المرض الذي يؤدي إلى الوفاة.

الواقع المعزز
يشمل الواقع المعزز كلاً من الأجهزة التقنية القابلة للارتداء والمخرجات الناتجة عن الجمع بين الواقع الافتراضي أو الوسائط الرقمية، والروائح والأصوات وغيرها من الإمكانيات الحسية في العالم الواقعي.

جديد **قياس ما هو أبعد من الناتج المحلي الإجمالي**
منهج يقيّم النمو من خلال مؤشرات متعددة تتجاوز الناتج المحلي الإجمالي، مع التركيز على العوامل الاجتماعية والبيئية.

جديد **التنوّع الحيوي**
الاختلاف في الأنواع والكائنات الحيّة التي تعيش على كوكب الأرض.

جديد **الكتلة الحيوية**
تشمل الكتلة الحيوية المواد العضوية، مثل النباتات، والشجيرات، والأشجار، والذُّرة، والمنتجات الثانوية المختلفة، والدهون الحيوانية، على سبيل المثال لا الحصر.

جديد **الهندسة الحيوية**
الهندسة الحيوي هي عملية تطبيق مبادئ الهندسة على المكوّنات الحيوية.

المعلوماتية الحيوية
علم يقوم على تحليل البيانات الحيوية المعقدة المستمدة من أنظمة الصحة وعلوم الجينوم والبروتيوم، لاستخلاص رؤى جديدة تدعم الابتكارات والتطبيقات في الطب والعلاجات الحديثة.

جديد **الواسم الحيوي**
يقيس الواسم الحيوي، بغض النظر عن نوعه، ما يحدث في الخلية أو الكائن الحي في وقت معيّن. ويمكن أن تكون الواسمات الحيوية بمثابة أنظمة إنذار صحية مبكرة.

جديد **المواد الحيوية**
تشمل المواد الحيوية أي مادة أو سطح أو تركيبة تتفاعل مع النظم الحيوية. وقد تكون هذه المواد طبيعية أو اصطناعية، وتتضمن مكونات من المعادن أو البوليمر أو السيراميك. وتُصمَّم هذه المواد لتكون لها خصائص محددة بهدف استخدامها في مجالات معينة، منها الطب والرعاية الصحية وإنتاج الأنسجة ومواد البناء وعمليات التغليف.

المحاكاة الحيوية
هي تقليد الأشكال أو الخصائص أو العمليات الحيوية الطبيعية في إطار مناهج الهندسة والتصميم من أجل تحسين جودة المنتجات والعمليات.

جديد **أجهزة الاستشعار الحيوية**
هي أجهزة استشعار تحتوي على مواد حيوية، أو تكون مصنوعة منها، تكشف عن التغيّرات في خصائص الماء أو الهواء أو التربة.

جديد **البلوك تشين**
هي قاعدة بيانات موزعة تمتاز بقدرتها على إدارة قائمة متزايدة باستمرار من السجلات، ويتم إدارة العمليات من خلال العقود الذكية والتشفير.

واجهات الدماغ والحاسوب
واجهات الدماغ والحاسوب أو واجهات الدماغ والآلة هي مسارات اتصال تستخدم أسلاكاً متصلة بالدماغ أو جهازاً خارجياً "لقراءة" الإشارات العصبية (النشاط الإلكتروني) أو لإرسال إشارات إلى الدماغ باستخدام التيارات الكهربائية.

التقاط الكربون وتخزينه
هي عملية إزالة غاز ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي وتخزينه. وقد تحدث هذه العملية عبر عملية صناعية تسمى الالتقاط الجيولوجي، أي تحويل غاز ثاني أكسيد الكربون إلى سائل عبر ضغطه وضخه في الصخور المسامية أو مواقع استخراج النفط السابقة، أو من خلال المصارف الطبيعية للكربون والتي تتمثل في النباتات والتربة والمحيطات.

الاقتصاد الدائري
في الاقتصاد الدائري، يتم استخدام السلع والخدمات لأطول فترة ممكنة ويتم تجنب جميع أشكال الهدر أو إعادتها مرة أخرى إلى سلسلة القيمة الخاصة بإنتاج السلع أو الخدمات.

جديد **الصحة الإدراكية**
هي قدرة الإنسان على استخدام عقله لحفظ المعلومات، واكتساب المهارات والمعرفة، والتخيّل وتحليل أنواع متعددة من المحتوى بطريقة تتوافق مع سرعة ودقة الفئة العمرية المماثلة.

جديد **الاحتياطي الإدراكي**
مفهوم نظري للقدرة على الصحة الإدراكية التي تتراكم من خلال الإبداع، والأنشطة غير التقليدية، وأي أنشطة أخرى تُسهم في الحفاظ على الصحة المعرفية.

معدل النمو السنوي المركب
متوسط معدل النمو السنوي خلال فترة زمنية محددة تمتد لأكثر من عام واحد

الأمن السيبراني الحيوي
الأمن السيبراني الحيوي عبارة عن أنظمة وأساليب متكاملة تهدف لحماية المعلومات الحيوية والعينات الجينومية من التهديدات، بالإضافة إلى استراتيجيات الاستجابة الفعالة لتقليل الأضرار عند حدوث تهديدات.

الأمن السيبراني
الأمن السيبراني عبارة عن أنظمة وأساليب متكاملة تهدف لحماية الأنظمة التكنولوجية والبيانات من التهديدات، بالإضافة إلى استراتيجيات الاستجابة الفعالة لتقليل الأضرار عند حدوث تهديدات.

منظمة مستقلة لا مركزية
المنظمات المستقلة اللامركزية كيانات تعمل من خلال العقود الذكية، ويجري ترميز قواعدها ومعاملاتها المالية على البلوك تشين، التي يتحكّم بها فعلياً أعضاء المنظمة بدلاً من أن تخضع لهيئةٍ حاكمة مركزية.

جديد **التعلّم العميق**
تقنية تعلُّم الآلة تستخدم هياكل خوارزمية محددة تُسمى الشبكات العصبية (انظر الشبكات العصبية) لتعلم الأنماط واستخراج الرؤى والأفكار.

جديد **تحلية المياه**
عملية إزالة الأملاح من المياه المالحة باستخدام الترشيح أو المواد الكيميائية أو أي طرق أخرى، وينتج عنها محلول ملحي في النهاية.

جديد **الخرف الرقمي**
تدهور جزئي أو كامل في القدرات المعرفية نتيجة الاستخدام المفرط للشاشات والتقنيات، خاصة فيما يتعلق بالذاكرة.

محو الأمية الرقمية
القدرة على استخدام التكنولوجيا لاكتساب المعرفة والمشاركة الفعالة في المجتمع، وتقييم المحتوى الرقمي بشكل نقدي وتفسيره، وحماية المعلومات الشخصية من خلال تطبيق ممارسات الأمن السيبراني.

جديد **التوائم الرقمية**
نسخة رقمية للواقع، تضم الأشياء المادية والعمليات والعلاقات، وتعتمد على البيانات لمحاكاة وتحسين الوظائف المرتبطة بها.

جديد **تضليل المعلومات**
نشر معلومات كاذبة أو غير دقيقة عن عمد عبر الإنترنت بهدف التأثير على الحقائق أو التشويش على الجمهور.

تقنيات دفتر الأستاذ الموزع
تقنية دفتر الأستاذ الموزع يتم تكرارها بشكل متزامن عبر شبكة من أجهزة الحاسوب الموجودة في مواقع مختلفة، ومن الأمثلة عن هذه التقنية سلسلة الكتل (البلوك تشين)، التي تسمح للمستخدمين بتسجيل المعلومات واسترجاعها بمرونة وأمان وفعالية. تختلف هذه التقنية عن دفتر الأستاذ المركز بأنها نظام مرن لتسجيل المعلومات. ودفتر الأستاذ الموزع هو قاعدة بيانات لامركزية تقوم بمعالجة المعاملات التي تم الاتفاق عليها من قبل جميع الأطراف المعنية وتسجيلها والتحقق من صحتها، ليتم بعد ذلك ختمها بتوقيع مشفر فريد. ويمكن لجميع المشاركين في دفتر الأستاذ الموزع رؤية جميع السجلات.

جديد **الحوسبة الطرفية**
تقنية معالجة البيانات وتحليلها وتخزينها بالقرب من مصدرها بقدر الإمكان. مما يُسهم في إجراء تحليلات واتخاذ قرارات فورية وتقليل الاعتماد على التخزين السحابي أو حلول التخزين المركزية الأخرى.

جديد **التخطيط الكهربائي للدماغ**
تقنية لقياس وتحليل إشارات الدماغ باستخدام أجهزة لا تتطلب تدخلاً جراحياً.

جديد **علم التخلّق (العلوم فوق الجينية)**
فرع من علم الجينوم يدرس تأثير العوامل الداخلية والخارجية على النمط الظاهري الوراثي من دون أن يحدث تغيير في تسلسل الحمض النووي.

جديد **الممارسات البيئية والاجتماعية وحوكمة الشركات**
مفهوم يجمع بين الجوانب البيئية والاجتماعية والحوكمة كجزء من تقارير الأداء المؤسسي لعرض المسؤولية الاجتماعية للشركات.

الواقع الممتد
مصطلح عام يشير إلى الواقع المعزز والمختلط والافتراضي.

جديد **التكنولوجيا المالية**
مجموعة من التقنيات التي تُسهم في أتمتة العمليات المالية وتسهيل المعاملات المالية وزيادة كفاءتها.

جديد **استشراف المستقبل**
استشراف المستقبل هي طريقة منهجية للاستفادة من الفرص المستقبلية على المدى المتوسط إلى الطويل وتجنب مخاطرها، وذلك باتخاذ قرارات وتدابير في الوقت الحالي.

جديد **خلايا الوقود الفطرية**
خلايا وقود تستخدم الفطريات لتوليد التيار الكهربائي.

جديد **الفطريات**
مجموعة من الكائنات العضوية مثل الفطر والخميرة والعفن وغيرها، التي تفتقر إلى الكلوروفيل وقادرة على النمو في التربة أو المواد الميتة.

جديد **نظرية الألعاب**
نظرية اجتماعية تدرس كيفية تأثير القرارات الفردية على قرارات الآخرين وتفاعل هذه القرارات في تحديد النتائج النهائية.

التعديل الوراثي
ينطوي التعديل الوراثي على إجراء تغييرات عالية الدقة على تسلسل الحمض النووي، باستخدام إنزيمات مصممة لاستهداف تسلسل محدد وإزالته أو استبداله.

الذكاء الاصطناعي التوليدي
الذكاء الاصطناعي التوليدي هو نموذج خاص بتعلم الآلة يمكنه التعلم من كميات كبيرة من البيانات وتقليدها لإنشاء المحتوى (مثل النصوص والصور والموسيقى ومقاطع الفيديو والرموز وغيرها).

جديد **علم الجينوم**
علم يهتم بدراسة الجينوم في الكائنات الحية مثل البشر والحيوانات والنباتات بهدف تطوير المعرفة وتطبيقاتها في مجالي الطب والزراعة.

الطاقة الحرارية الأرضية
الطاقة المتجددة التي يتم توليدها من الحرارة المخزنة في الصخور والسوائل العميقة تحت قشرة الأرض، حيث تصل درجات الحرارة إلى آلاف الدرجات المئوية.

التقنيات اللمسية
تتيح التقنيات اللمسية للمستخدم التفاعل مع البيئة الواقعية أو الافتراضية عبر حاسة اللمس من خلال تطبيق القوى أو الاهتزازات أو الحركات على المستخدم.

التقنيات الغامرة
تقنيات تربط بين العالم الواقعي والعالم الافتراضي من خلال خلق تجربة غامرة في بيئة تحاكي الواقع.

جديد **الثورة الصناعية الرابعة**
هي الثورة الصناعية الحالية التي تتمثل في الذكاء الاصطناعي، والأتمتة، والأنظمة الذكية.

التوافق التشغيلي
هو قدرة الأنظمة أو الأجهزة أو التطبيقات أو المنتجات المختلفة على معالجة البيانات وتبادلها دون التسبب في أي تأخير أو انقطاع أو أعطال أو إزعاج للمستخدم.

إنترنت الأشياء IoT
مفهوم يشير إلى العديد من الأجهزة وأجهزة الاستشعار المتصلة بالإنترنت. ويمكّننا إنترنت الأشياء من جمع البيانات التي يتم التقاطها ومشاركتها وتحليلها لأغراض مختلفة كمراقبة الصحة وتحسينها وتوفير خدمات الرعاية الصحية، وإدارة المدن الذكية ومراقبة التصنيع وتحسينه وإدارة النقل.

جديد **إنترنت الأشياء تحت الماء IoUT**
شبكة من الأجهزة وأجهزة الاستشعار - مشابهة لإنترنت الأشياء (IoT) - تم تصميمها للاستخدام تحت الماء على أعماق وضغوط مختلفة، وقد تتطور هذه التقنية مستقبلاً إلى "إنترنت الأشياء المغمورة IoST" إذا تم استخدام سوائل أخرى غير الماء.

التشغيل البيني
القدرة على معالجة وتبادل البيانات بين الأنظمة والأجهزة والتطبيقات والمنتجات المختلفة دون تأخير أو تعطل أو أخطاء أو أي إزعاج للمستخدم النهائي.

جديد **تقنية المختبر على شريحة (Lab-on-a-chip)**
شريحة دقيقة متكاملة (1 مم) تستخدم تقنية الموائع الدقيقة لتحليل عينات صغيرة من الدم أو عينات حيوية أخرى للكشف عن وجود الميكروبات أو الأمراض.

جديد **النموذج اللغوي الكبير LLM**
النموذج اللغوي الكبير هو عبارة عن خوارزمية للتعلّم العميق يمكنها التعرف على النص وترجمته والتفاعل معه باستخدام النصوص.

جديد **طيف الكتلة**
هو نظام تحليلي مخبري يستخدم الشحنات الكهربائية والكتلة لتحليل العينات الفيزيائية وكشف خصائص المواد وكمياتها.

جديد **التوجهات العالمية الكبرى**
مجموعة مواضيع من الاتجاهات المترابطة ومحركات التغيير والإشارات التي تشكل مستقبل الاقتصاد والمجتمع والعمل والحياة اليومية.

ما وراء الإدراك
حالة الوعي الذاتي بالأفكار وعملية اتخاذ القرار الخاصة بالفرد.

جديد **المواد الفائقة**
عبارة عن مواد يتم تعديل بنيتها الهيكلية، وليس الكيميائية، لتلبية احتياجات تطبيقات مبتكرة.

الميكروبيوم
جديد يشير الميكروبيوم إلى مجموعة من الفطريات والبكتيريا والفيروسات وغيرها من الكائنات الدقيقة الموجودة في الأجسام والكائنات الحية.

المواطن الدقيقة
جديد الموائل أو المواطن الدقيقة عبارة عن نظام بيئي صغير وكامل يدعم التنوع الحيوي الذي يتناسب مع احتياجات المساحة المعينة.

اللدائن الدقيقة
جزيئات بلاستيكية صغيرة لا يتجاوز حجمها 5 ميليمترات، تنتج عن مصادر وعمليات مختلفة، بما في ذلك احتكاك العجلات بالطرق، وتصنيع الملابس والسلع البلاستيكية والنفايات الصناعية. وينتهي الأمر باللدائن الدقيقة في الغلاف الجوي أو في المحيطات والبحار، وهي مصدر قلق صحي للإنسان وللحيوانات التي تتناولها أثناء تفاعلها مع بيئتها إما على الأرض أو في الماء.

جديد **المعلومات الزائفة**
نشر معلومات غير صحيحة بشكل غير متعمد بسبب أخطاء أو أسباب لا يمكن التحكم فيها عبر الإنترنت.

جديد **الغزل الفطري**
يشير الغزل الفطري لهياكل فيزيائية داخل أو حول جذور الفطريات التي يمكنها نقل الشحنة الكهربائية.

جديد **المواد النانوية**
المواد النانوية هي المواد الحيوية المصممة على مقياس النانو (انظر المواد الحيوية).

جديد **تقنية النانو الحيوية**
استخدام التقنيات للتفاعل مع الأنظمة الحيوية والخلايا الحية بهدف تطوير منتجات وخدمات على مستوى النانو.

جديد **طب النانو**
هو تخصص طبي يتعامل مع استخدام المواد النانوية والعمليات المبتكرة لتشخيص الأمراض وعلاجها والوقاية منها.

الروبوتات النانوية
الروبوتات النانوية هي روبوتات مستقلة ذات حجم نانوي.

جديد **الشبكات العصبية**
نموذج يستخدم في تعلّم الآلة يحاكي طريقة الدماغ في معالجة المعلومات بدلاً من استخدام العمليات التحليلية التقليدية.

جديد **الاندماج النووي**
العملية التي تتحد فيها ذرات الهيدروجين لإنتاج كميات ضخمة من الحرارة التي يمكن تحويلها إلى طاقة، ويعتمد على الديوتيريوم من مياه البحر المستخلص بدلاً من اليورانيوم المشع.

زيادة حموضة المحيطات
حالة تحدث في المحيط عندما يُمتص ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي إلى مستوى يؤدي إلى زيادة الحموضة (انخفاض الأُس الهيدروجيني).

البيانات المفتوحة
جديد العملية التي يتم من خلالها جعل البيانات الشخصية أو المتعلقة بالبيئة متاحة للجميع للاستخدام أو المشاركة، سواء كان ذلك بمقابل مادي أو بدون مقابل.

الجسيمات الدقيقة
تتكون الجسيمات الدقيقة PM من جزيئات صغيرة توجد في الهواء، وقد تسبب مخاوف صحية. هذه الجسيمات قد تنشأ من مصادر طبيعية أو صناعية، وتشمل الغبار، والأوساخ، والسخام، والدخان، كما يمكن أن تكون في حالة سائلة. في بعض الأحيان، يتم تصنيف الجسيمات الدقيقة وفقاً لحجمها بوحدات المايكرومتر، مثل الجسيمات الدقيقة 2.5 أو الجسيمات الدقيقة 10.

جديد **الطب الشخصي**
نهج في الطب يقدم علاجات مخصصة للأمراض بناءً على احتياجات كل مريض. ورغم أن الطب الشخصي قد يتقاطع مع الطب الدقيق، إلا أن الاثنين لا يجب أن يكونا بالضرورة متطابقين.

جديد **الخلايا الكهروضوئية (PV)**
خلايا شمسية تستخدم مواد شبه موصلة لتحويل ضوء الشمس إلى تيار كهربائي.

جديد **الطب الدقيق**
نهج في الطب يهدف إلى تحديد الأمراض واستهدافها وعلاجها باستخدام المعلومات الجينية. الطب الدقيق يُعتبر فرعاً من الطب الشخصي.

الطاقة الكهروضوئية
خلايا شمسية تعتمد على مواد شبه موصلة مختلفة لتحويل ضوء الشمس إلى تيار كهربائي.

جديد **البروتيوميات**
الدراسة الشاملة لجميع أصناف وأنواع البروتينات، وهي مجموعة البروتينات في الكائنات الحية بما في ذلك البشر، والتي تعد أساسية لوظائف الخلايا.

الحوسبة الكمومية
تعتمد الحوسبة الكمومية على مبادئ ميكانيكا الكم، وتستغل قدرة الجسيمات دون الذرية على الوجود ضمن حالتين في الوقت ذاته. ويزيد ذلك كمية البيانات التي يمكن تشفيرها (بوحدة البت الكمومي "الكيوبت") بصورة هائلة، ما يعزز القدرات الحاسوبية إلى أبعد الحدود.

جديد **أجهزة الاستشعار الكمومية**
هي أجهزة تستخدم مواد قادرة على تمكين السلوكيات الكمومية لقياس الظواهر بدقة أعلى.

جديد **فيزياء الكم**
نظرية في الفيزياء تتضمن مفاهيم مثل التشابك والأنظمة المتراكبة لوصف الجسيمات على المستوى الذري، حيث يمكن للجسيمات أن توجد في حالات متعددة في نفس الوقت، على عكس الفيزياء التقليدية التي تفترض أن الأجسام لها حالة واحدة فقط في كل مرة.

جديد **البت الكمومي (الكيوبت)**
الوحدة الأساسية في الحوسبة الكمومية، ويشبه البت الثنائي في الحواسيب التقليدية، لكن بدلاً من أن يكون له حالتان فقط (0 أو 1)، يمكن للبت الكمومي (الكيوبت) أن يتواجد في عدة حالات في نفس الوقت على المستوى الذري أو دون الذري.

جديد **استعادة الأنظمة البيئية**
القدرة على إحياء وتجديد الجوانب المفقودة أو المتدهورة في نظام بيئي معين.

جديد **المؤشرات (في علم الاستشراف)**
الأحداث والدعايات والتقنيات الجديدة والمنتجات والخدمات والبيانات والاضطرابات المحلية والإقليمية التي لديها القدرة على النمو لتصبح محركات للتغيير أو اتجاهات سائدة.

العقود الذكية
هي عقود مكتوبة بلغة برمجية ومخزنة على البلوك تشين لحماية الأصول الحقيقية أو الرقمية من السرقة وضمان حقوق الملكية.

اقتصاد الفضاء
يشير اقتصاد الفضاء إلى القطاعات الاقتصادية التي تشمل الأنشطة المتعلقة باستكشاف الفضاء والتطوير نحو العيش على كواكب أخرى.

جديد **التحليلات الرياضية**
مجال يعتمد على التحليل الإحصائي باستخدام البيانات التي تُجمَع عبر التقنيات، والأجهزة القابلة للارتداء، وأجهزة الاستشعار، والكاميرات، لتقديم تحليلات متعلقة بأداء اللاعبين، وتفاعل جمهور اللاعبين، وإدارة الملاعب الرياضية، ودقة التحكيم.

جديد **العملات المستقرة**
عملة رقمية مشفرة مدعومة بأصول لضمان استقرار قيمتها.

جديد **الخلايا الجذعية**
خلايا الدم الحمراء التي تنشأ في نخاع العظم أو المشيمة، وتُعتبر المصدر الرئيسي لتكوين جميع خلايا الدم، وتتميز بنقاء الحمض النووي الخاص بها.

جديد **الاستدامة (جديد)**
مفهوم يصف الجهود المبذولة لتحقيق توازن طويل الأمد بين الأنظمة المالية والبيئية والاجتماعية والتشغيلية لضمان تلبية احتياجات الحاضر والمستقبل.

جديد **مستوى جاهزية التكنولوجيا (جديد)**
مقياس قدمته ناسا يتراوح من 1 إلى 9، يُستخدم لتحديد مدى قرب التكنولوجيا من أن تصبح جاهزة للاعتماد على نطاق واسع والتوسع في استخدامها.

الواقع الافتراضي
بيئات يتم إنشاؤها بواسطة الحاسوب يمكن للمستخدمين المشاركة في تجربتها الغامرة باستخدام أغطية الرأس القابلة للارتداء، أو غيرها من الملحقات التي تمكّنهم من التفاعل مع الآخرين، ومحاكاة تجارب الحياة الواقعية وردود الفعل في بيئات افتراضية.

نبـــــذة عـــــن مؤسسة دبي للمستقبل

تسعى مؤسسة دبي للمستقبل إلى تحقيق رؤية صاحب السمو الشيخ محمد بن راشد آل مكتوم، نائب رئيس الدولة رئيس مجلس الوزراء حاكم دبي، رعاه الله، لجعل دبي رائدة مدن المستقبل ومركزاً عالمياً لتقنياته وتحولاته، بالتعاون مع شركائها من الجهات الحكومية والشركات العالمية والمبتكرين والشركات الناشئة ورواد الأعمال في دولة الإمارات وخارجها.

وتتمثل ركائز استراتيجية المؤسسة في تخيّل المستقبل وتصميمه وتنفيذه، وذلك بدعم وإشراف سمو الشيخ حمدان بن محمد بن راشد آل مكتوم، ولي عهد دبي نائب رئيس مجلس الوزراء وزير الدفاع، رئيس مجلس أمناء مؤسسة دبي للمستقبل. وتطلق المؤسسة برامج ومبادرات محلية وعالمية ومشاريع مبتكرة ونوعية لتحقيق هذا الهدف، كما تتولى إعداد خطط واستراتيجيات مستقبلية وتقارير حول السيناريوهات المستقبلية المحتملة، بما يدعم مكانة دبي كمركز عالمي لتطوير وتبني أحدث الحلول والممارسات المبتكرة لخدمة الإنسانية.

وتركز المؤسسة على تحديد أبرز التحديات التي تواجه المدن والمجتمعات والقطاعات في المستقبل وتحويلها إلى فرص نمو واعدة من خلال جمع البيانات وتحليلها ودراسة التوجهات العالمية ومواكبة التغيرات المتسارعة. كما تحرص على استكشاف القطاعات الجديدة والناشئة وتكاملها مع القطاعات والصناعات القائمة.

وتشرف مؤسسة دبي للمستقبل على عدد كبير من المشاريع والمبادرات الرائدة مثل متحف المستقبل، ومنطقة 2071، ومسرعات دبي للمستقبل، ومختبرات دبي للمستقبل، وأكاديمية دبي للمستقبل، ومختبر دبي للتصميم، ودبي 10X، ومركز الثورة الصناعية الرابعة في الإمارات، وحي دبي للمستقبل، وحلول دبي للمستقبل، ومركز دبي لاستخدامات الذكاء الاصطناعي، ومنتدى دبي للمستقبل، وملتقى دبي للذكاء الاصطناعي، وغيرها. وتسهم المؤسسة، من خلال مبادراتها المعرفية ومراكزها لتصميم المستقبل، في بناء قدرات أصحاب المواهب، وتمكينهم وصقل مهاراتهم، بما يمكّنهم من الإسهام في تحقيق التنمية المستدامة في دبي ودولة الإمارات.

إخلاء مسؤولية

تم إعداد هذا التقرير لأغراض إعلامية وتعليمية وإرشادية. ويتضمن توجهات مستقبلية مبنية على الدراسات والبحوث، وليس الهدف منها بالضرورة تبنيها كما هي أو العمل بها. وبناءً عليه، تخلي مؤسسة دبي للمستقبل مسؤوليتها بالكامل عن كل ما يتعلق بمحتوى التقرير واستخدامه. كما أن النتائج والتفسيرات والاستنتاجات الواردة في هذا التقرير لا تمثل بالضرورة آراء مؤسسة دبي للمستقبل.

المعلومات الواردة في هذا التقرير تستند إلى الدراسات والبحوث والبيانات المتاحة حتى تاريخ النشر. ويهدف التقرير إلى تقديم المعلومات وتحفيز التفكير النقدي واتخاذ القرارات المستنيرة في مجالات استشراف المستقبل. وتخلي مؤسسة دبي للمستقبل مسؤوليتها بالكامل فيما يتعلق بمحتوى واستخدام التقرير (أو أي اعتماد عليه، وخصوصاً، أي تفسير أو قرار أو إجراءات تعتمد على المعلومات الموجودة في هذا التقرير). ولا توصي مؤسسة دبي للمستقبل كما أنها لا تؤيد أي إجراءات أو استراتيجيات أو وجهات نظر تمت مناقشتها في هذا التقرير.

قد تمتلك أطراف أخرى حقوق ملكية في بعض المحتوى الوارد في هذا التقرير. وبأي حال من الأحوال، فإن مؤسسة دبي للمستقبل لا تدّعي أو تضمن امتلاكها أو سيطرتها على جميع الحقوق في المحتوى بأكمله، ولن تكون مؤسسة دبي للمستقبل مسؤولة أمام المستخدمين عن أي مطالبات تقدم ضدهم من قبل أطراف ثالثة فيما يتعلق باستخدامهم لأي محتوى.

© 2025 جميع حقوق الطبع والنشر محفوظة لمؤسسة دبي للمستقبل.

جميع المواد الواردة في هذا التقرير مرخصة بموجب رخصة المشاع الإبداعي - نَسب المصنف 4.0 دولي (رخصة المشاع الإبداعي)، باستثناء المحتوى المقدم من أطراف ثالثة أو الشعارات أو أي مادة محمية بعلامة تجارية أو مشار إليها في هذا التقرير. رخصة المشاع الإبداعي اتفاقية ترخيص نموذجية تتيح نسخ التقرير وتوزيعه ونقله وتكييفه شريطة نسب العمل لصاحبه، وهي متاحة على الرابط:

https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode

يمكن الاطلاع على القائمة الكاملة لمعلومات الأطراف الثالثة المدرجة في هذا التقرير ومواردها ضمن قسم الملاحظات وقائمة المراجع. ويستثني إخلاء المسؤولية بصفة خاصة العلامات التجارية لكلمة مؤسسة دبي للمستقبل وشعارها من نطاق ترخيص المشاع الإبداعي هذا.

تم إعداد هذا التقرير باللغة الإنجليزية، وتمت ترجمته إلى اللغة العربية بهدف إيصال التقرير إلى أكبر شريحة ممكنة من القرّاء. ورغم الجهود المبذولة لضمان الدقة في الترجمة، إلا أنه يجب الرجوع إلى النسخة الإنجليزية في حال وجود أي تناقضات أو اختلافات بين النسختين.

الفهرس

www.dubaifuture.ae/bibliography-global-50-2025

المراجـــع

1 Dubai Future Foundation (2024) ‘The future of progress: A foresight report on the global transition beyond GDP’. www.dubaifuture.ae/wp-content/uploads/2024/09/The-Future-of-Progress-Report-English.pdf

2 van der Merwe, R. and Broadbent, A. (2022) ‘The world is getting exponentially more complex – here’s how we navigate it’. The Conversation. 22 August. https://theconversation.com/the-world-is-getting-exponentially-more-complex-heres-how-we-navigate-it-188554

3 Dubai Future Foundation (2023) ‘Navigating the future for growth, prosperity and well-being: The foundation of The Global 50 report’. www.dubaifuture.ae/wp-content/uploads/2023/02/GPW-Report-Eng.pdf

4 Dubai Future Foundation (2023) ‘Navigating the future for growth, prosperity and well-being: The foundation of The Global 50 report’. www.dubaifuture.ae/wp-content/uploads/2023/02/GPW-Report-Eng.pdf

5 Wichmann, J. (2018) ‘Our world is changing – but not as rapidly as people think’. World Economic Forum, 2 August. www.weforum.org/stories/2018/08/change-is-not-accelerating-and-why-boring-companies-will-win

6 United Nations (2014) ‘The World Population Situation in 2014: A Concise Report’. www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/trends/Concise%20Report%20on%20the%20World%20Population%20Situation%202014/en.pdf

7 DataReportal (2024) ‘Digital around the world’. https://datareportal.com/global-digital-overview (retrieved 14 November 2024)

8 Arthur, C. (2011) ‘What’s a zettabyte? By 2015, the internet will know, says Cisco’. The Guardian, 29 June. www.theguardian.com/technology/blog/2011/jun/29/zettabyte-data-internet-cisco

9 Valkhof, B., Kemene, E. and Stark, J. (2024) ‘Data volume is soaring. Here’s how the ICT sector can sustainably handle the surge’. World Economic Forum, 22 May. www.weforum.org/stories/2024/05/data-growth-drives-ict-energy-innovation

10 Paperflite (2021) ‘The Slack story’. 31 October. www.paperflite.com/blogs/slack-story

11 Porter, J. (2023) ‘ChatGPT continues to be one of the fastest-growing services ever’. The Verge. 6 November. www.theverge.com/2023/11/6/23948386/chatgpt-active-user-count-openai-developer-conference

12 The Atlantic (n.d.) ‘How fast is technology accelerating?’ www.theatlantic.com/sponsored/prudential-great-expectations/how-fast-is-technology-accelerating/360 (retrieved 14 November 2024)

13 United States Patent and Trademark Office (2023) ‘Patent Public Advisory Committee 2023 annual report’. www.uspto.gov/sites/default/files/documents/PPAC-2023-Annual-Report.pdf.

14 United States Patent and Trademark Office (2023) ‘Patent Public Advisory Committee 2023 annual report’. www.uspto.gov/sites/default/files/documents/PPAC-2023-Annual-Report.pdf.

15 Yee, L., Chui, M., Singla, A., Sukharevsky, A. and Hazan, E. (2023) ‘How generative AI could add trillions to the global economy’. World Economic Forum, 14 July. www.weforum.org/stories/2023/07/generative-ai-could-add-trillions-to-global-economy

16 Accenture (2024) ‘Pulse of Change: 2024 Index’. www.accenture.com/content/dam/accenture/final/accenture-com/document-2/Accenture-Pulse-of-Change-2024-Index-Executive-Summary.pdf

17 Jaschke, S. et al. (2023) ‘Myths, applications & impacts of quantum computing: What should businesses do to acomputing

18 World Health Organization (2022) ‘World mental health report: Transforming mental health for all’. https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/356119/9789240049338-eng.pdf

19 Ipsos (2024) ‘Ipsos Health Service Report 2024: Mental Health seen as the biggest Health issue’. 17 September. www.ipsos.com/en/ipsos-health-service-report

20 University College London (2023) ‘Changes in depression, anxiety and stress over two decades’. 12 September. www.ucl.ac.uk/psychiatry/news/2023/sep/changes-depression-anxiety-and-stress-over-two-decades

21 American Psychological Association (2019) ‘Mental health issues increased significantly in young adults over last decade’. 14 March. www.apa.org/news/press/releases/2019/03/mental-health-adults

22 Lee, B. et al. (2023) ‘National, State-Level, and County-Level Prevalence Estimates of Adults Aged 18 Years Self-Reporting a Lifetime Diagnosis of Depression — United States, 2020’. Centers for Disease Control and Prevention Morbidity and Mortality Weekly Report, 72(24). www.cdc.gov/mmwr/volumes/72/wr/pdfs/mm7224a1-H.pdf

23 Economist Impact (2023) ‘Mental health in the Middle East: Measuring progress towards integrated, accessible and equitable mental health’. https://impact.economist.com/perspectives/sites/default/files/janssen-measuring_mental_health_integration_in_the_middle_east-report-a4-v4.pdf

24 Yong, J. (2024) ‘Human culture is changing too fast for evolution to catch up – here’s how it may affect you’. The Conversation, 3 June. https://theconversation.com/human-culture-is-changing-too-fast-for-evolution-to-catch-up-heres-how-it-may-affect-you-227711

25 Dimock, M. (2019) ‘Defining generations: Where Millennials end and Generation Z begins’. Pew Research Center. 17 January. www.pewresearch.org/short-reads/2019/01/17/where-millennials-end-and-generation-z-begins/

26 Charlton, E. (2023) ‘This is what’s worrying Gen Z and millennials in 2023’. World Economic Forum, 19 May. www.weforum.org/stories/2023/05/gen-z-millennials-work-cost-living

27 Dubai Future Foundation (2023) ‘Navigating the future for growth, prosperity and well-being: The foundation of The Global 50 report’. www.dubaifuture.ae/wp-content/uploads/2023/02/GPW-Report-Eng.pdf

28 Cuhls, K. et al. (2024) ‘Foresight: Fifty Years to Think Your Futures’. Systems and Innovation Research in Transition, 73-106. https://doi.org/10.1007/978-3-031-66100-6_4

29 Dubai Future Foundation (2023) ‘Navigating the future for growth, prosperity and well-being: The foundation of The Global 50 report’. www.dubaifuture.ae/wp-content/uploads/2023/02/GPW-Report-Eng.pdf

30 Dubai Future Foundation (2022) ‘Future Opportunities Report: The Global 50’. www.dubaifuture.ae/wp-content/uploads/2022/02/Future-Opportunities-Report-TheGlobal50-English.pdf

31 Dubai Future Foundation (2024) ‘Future Opportunities Report: The Global 50’. www.dubaifuture.ae/wp-content/uploads/2024/03/41-Opportunity-Global-50-2024.pdf

32 Dubai Future Foundation (2023) ‘Navigating the future for growth, prosperity and well-being: The foundation of The Global 50 report’. www.dubaifuture.ae/wp-content/uploads/2023/02/GPW-Report-Eng.pdf

33 United Nations (2024) ‘Global interdependence persists – but is being reshaped’. In Human Development Report 2023/2024, 45–69. https://hdr.undp.org/system/files/documents/global-report-document/hdr2023-24chapter2en.pdf

34 United Nations (2024) ‘Key statistics and Trends in International Trade 2023: Recent trade patterns: slowdown, volatility and heterogeneity’. United Nations Conference on Trade and Development. https://unctad.org/system/files/official-document/ditctab2024d1_en.pdf

35 United Nations Development Programme (2024) ‘Chapter 2: Global interdependence persists—but is being reshaped’. 13 March. https://hdr.undp.org/system/files/documents/global-report-document/hdr2023-24chapter2en.pdf

36 McLaughlin, E. and Peterson, D.M. (2023) ‘A Reshoring Renaissance Is Underway’. MIT Sloan School of Management. 2 November. https://sloanreview.mit.edu/article/a-reshoring-renaissance-is-underway/

37 McLaughlin, E. and Peterson, D.M. (2023) ‘A Reshoring Renaissance Is Underway’. MIT Sloan School of Management. 2 November. https://sloanreview.mit.edu/article/a-reshoring-renaissance-is-underway/

38 United Nations (2024) ‘World population prospects 2024: Summary of Results’. July. https://desapublications.un.org/publications/world-population-prospects-2024-summary-results

39 United Nations (2024) ‘World population prospects 2024: Summary of Results’. July. https://desapublications.un.org/publications/world-population-prospects-2024-summary-results

40 United Nations (2024) ‘World population prospects 2024: Summary of Results’. July. https://desapublications.un.org/publications/world-population-prospects-2024-summary-results

41 United Nations (2022) ‘World population prospects 2022: Summary of results’. www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.development.desa.pd/files/wpp2022_summary_of_results.pdf

42 United Nations (2024) ‘World population prospects 2024: Summary of Results’. July. https://desapublications.un.org/publications/world-population-prospects-2024-summary-results

43 United Nations (2022) ‘World population prospects 2022: Summary of results’. www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.development.desa.pd/files/wpp2022_summary_of_results.pdf

44 UN Population Division (2023) ‘Data portal: Population Division’ (custom data). https://population.un.org/dataportal/data/indicators/71/locations/900/start/2018/end/2050/table/pivotbyindicator

45 United Nations Data Portal Population Division (n.d.) ‘Percentage of total population by broad age group’. https://population.un.org/dataportal/data/indicators/71/locations/900/start/2050/end/2100/table/pivotbyindicator?df=2051dbcf-7d69-454a-a47a-d6036036cc7e (retrieved 24

January 2025)

46 World Health Organization (2022) 'Ageing and health'. 1 October. www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ageing-and-health

47 Santos, J.V. and Cylus, J. (2024) 'The value of healthy ageing: Estimating the economic value of health using time use data'. Social Science & Medicine, 340. https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2023.116451

48 World Meteorological Organization (2024) 'Climate change indicators reached record levels in 2023: WMO'. 19 March. https://wmo.int/news/media-centre/climate-change-indicators-reached-record-levels-2023-wmo

49 World Meteorological Organization (2023) 'Global temperatures set to reach new records in next five years'. 17 May. https://wmo.int/news/media-centre/global-temperatures-set-reach-new-records-next-five-years

50 Earth Day (2020) 'Climate change, water woes, and conflict concerns in the Middle East: A toxic mix'. 8 September. www.earthday.org/climate-change-water-woes-and-conflict-concerns-in-the-middle-east-a-toxic-mix

51 World Meteorological Organization (2024) 'State of the global climate 2023'. 19 March. https://wmo.int/publication-series/state-of-global-climate-2023

52 Guivarch, C., Taconet, N. and Mejean, A. (2021) 'Linking climate and inequality'. International Monetary Fund. September. www.imf.org/en/Publications/fandd/issues/2021/09/climate-change-and-inequality-guivarch-mejean-taconet

53 Jafino, B. et al. (2020) 'Revised estimates of the impact of climate change on extreme poverty by 2030'. World Bank Group. September. https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/a549a5ee-71cd-5ed4-bcf3-3a8cb508b199

54 World Bank (2020) 'Poverty and shared prosperity 2020: Reversals of fortune'. 7 October. www.worldbank.org/en/news/feature/2020/10/07/global-action-urgently-needed-to-halt-historic-threats-to-poverty-reduction

55 Blunden, J. and Arndt, D. D. (2020) 'State of the Climate in 2019'. Bulletin of the American Meteorological Society.101(8). https://doi.org/10.1175/2020BAMSStateoftheClimate.1

56 Lindsey, R. (2024) 'Climate change: Mountain glaciers'. National Oceanic and Atmospheric Administration. 10 May. www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-mountain-glaciers

57 Khalifa University (2024) 'Khalifa University scientists first from UAE to deploy special instrument in Antarctica to conduct research on ice'. 30 September. www.ku.ac.ae/khalifa-university-scientists-first-from-uae-to-deploy-special-instrument-in-antarctica-to-conduct-research-on-ice

58 World Inequality Lab (2022) 'World inequality report 2022'. https://wir2022.wid.world

59 World Inequality Database (n.d.) 'Top 10% national income share'. https://wid.world/world/#sptinc_p90p100_z/WO/last/eu/k/p/yearly/s/false/51.354000000000006/65/curve/false/country (retrieved 25 January 2025)

60 International Energy Agency (n.d.) 'Accelerating progress towards electricity and clean cooking for all'. www.iea.org/topics/access-and-affordability (retrieved 14 November 2024)

61 UN Water (n.d.) 'Progress on level of water stress'. United Nations. https://sdg6data.org/en/indicator/6.4.2 (retrieved 14 November 2024)

62 UN Water (n.d.) 'Progress on level of water stress'. United Nations. https://sdg6data.org/en/indicator/6.4.2 (retrieved 14 November 2024)

63 TOP500 (2024) 'TOP500: November 2024'. November. https://top500.org/lists/top500/2024/11/

64 TOP500 (2024) 'TOP500: November 2024'. November. https://top500.org/lists/top500/2024/11/

65 National Human Genome Research Institute (2023) 'DNA Sequencing Costs: Data'. 16 May. www.genome.gov/about-genomics/fact-sheets/DNA-Sequencing-Costs-Data

66 Langione, M. et al. (2023) 'Quantum computing is becoming business ready'. Boston Consulting Group. 4 May. www.bcg.com/publications/2023/enterprise-grade-quantum-computing-almost-ready

67 Altman, S.A. and Bastian, C.R. (2024) 'DHL global connectedness report 2024'. DHL. www.dhl.com/content/dam/dhl/global/delivered/documents/pdf/dhl-global-connectedness-report-2024-key-highlights.pdf

68 UN Trade and Development (2024) 'Global trade set to reach new high, with opportunities and challenges for developing economies in 2025'. 5 December. https://unctad.org/news/global-trade-set-reach-new-high-opportunities-and-challenges-developing-economies-2025

69 European Commission (2023) ‘European Critical Raw Materials Act’. 16 March. https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/green-deal-industrial-plan/european-critical-raw-materials-act_en

70 Gauß, R. et al. (2021) ‘Rare Earth Magnets and Motors: A European Call for Action. A report by the Rare Earth Magnets and Motors Cluster of the European Raw Materials Alliance’. European Raw Materials Alliance. https://eit.europa.eu/sites/default/files/2021_09-24_ree_cluster_report2.pdf

71 International Energy Agency (2024) ‘Rare earth elements: Outlook for key energy transition minerals’. May. www.iea.org/reports/rare-earth-elements

72 Katser-Buchkovska, N. (2024) ‘The future of critical raw materials: How Ukraine plays a strategic role in global supply chains’. World Economic Forum. 9 July. www.weforum.org/stories/2024/07/the-future-of-critical-raw-materials-how-ukraine-plays-a-strategic-role-in-global-supply-chains

73 Deloitte (2022) ‘Scenario planning reduces uncertainty, increases resilience’. 23 June. https://action.deloitte.com/insight/2230/scenario-planning-reduces-uncertainty-increases-resilience

74 Skea, J. et al. (2021) ‘Outlooks, explorations and normative scenarios: Approaches to global energy futures compared’. Technological Forecasting and Social Change, 168. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120736

75 Skea, J. et al. (2021) ‘Outlooks, explorations and normative scenarios: Approaches to global energy futures compared’. Technological Forecasting and Social Change, 168. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120736

76 Cordova-Pozo, K. and Rouwette, E.A.J.A. (2023) ‘Types of scenario planning and their effectiveness: A review of reviews’. Futures, 149. https://doi.org/10.1016/j.futures.2023.103153

77 Ramirez, R. et al. (2015) ‘Scenarios as a scholarly methodology to produce “interesting research”’. Futures, 71. https://doi.org/10.1016/j.futures.2015.06.006

78 Gourinchas, P-O. (2024) ‘Global Economy Remains Resilient Despite Uneven Growth, Challenges Ahead’. International Monetary Fund Blog. 16 April. www.imf.org/en/Blogs/Articles/2024/04/16/global-economy-remains-resilient-despite-uneven-growth-challenges-ahead

79 Atlantic Council (n.d.) ‘Future of Money’. www.atlanticcouncil.org/programs/geoeconomics-center/future-of-money/#tracker (retrieved 15 January 2025)

80 World Bank Group (2024) ‘Transforming Finance to Meet Today’s Development Needs’. 16 April. www.worldbank.org/en/about/unit/brief/transforming-finance-to-meet-today-s-development-needs

81 Mohieldin, M. and Zadek, S. (2024) ‘Beyond GDP: The shift to new and nature-positive measures of progress is gaining momentum’. World Economic Forum. 23 September. www.weforum.org/stories/2024/09/beyond-gdp-nature-positive-measures-progress-gaining-momentum/

82 Caemmerer, J. et al. (2024) ‘The Future of Growth Report 2024: Insight report’. World Economic Forum. 17 January. www.weforum.org/publications/the-future-of-growth-report/

83 United Nations (n.d.) ‘The Impact of Digital Technologies’. www.un.org/en/un75/impact-digital-technologies (retrieved 15 January 2025)

84 Anderson, J. and Rainie, L. (2023) ‘As AI Spreads, Experts Predict the Best and Worst Changes in Digital Life by 2035’. Pew Research Center’. 21 June. www.pewresearch.org/internet/2023/06/21/as-ai-spreads-experts-predict-the-best-and-worst-changes-in-digital-life-by-2035/

85 Organisation for Economic Co-operation and Development (2024) ‘OECD updates AI Principles to stay abreast of rapid technological developments’. 3 May. www.oecd.org/en/about/news/press-releases/2024/05/oecd-updates-ai-principles-to-stay-abreast-of-rapid-technological-developments.html

86 United Nations (2024) ‘Summit of the Future’. September. www.un.org/en/summit-of-the-future

87 Zavazava, C.L. (2024) ‘Connectivity for everyone is key to Africa’s growth and prosperity’. Africa Renewal United Nations. 18 December. www.un.org/africarenewal/magazine/december-2024/connectivity-everyone-key-africas-growth-and-prosperity

88 Junne, G. (n.d.) ‘Biotechnology: the impact on food and nutrition in developing countries’. www.fao.org/4/u3550t/u3550t0h.htm (retrieved 15 January 2025)

89 Stanton, B. et al. (2023) ‘Biotechnology: From transforming healthcare to transforming our planet’. World Economic Forum. 14 September. www.weforum.org/stories/2023/09/biotechnology-sustainable-development-goals/

90 World Health Organization (n.d.) ‘Social Isolation and Loneliness’. www.who.int/teams/social-determinants-of-health/demographic-change-and-healthy-ageing/social-isolation-and-loneliness (retrieved 15 January 2025)

91 World Health Organization (n.d.) ‘Mental health’. www.who.int/health-topics/mental-health#tab=tab_1 (retrieved 15 January 2025)

92 Torkington, S. (2024) ‘3 ways the world can move from ‘health crisis’ to ‘care for all’’. World Economic Forum. 16 August. www.weforum.org/stories/2024/08/3-ways-the-world-can-

improve-healthcare-for-all/

93 United Nations News (2024) ‘With 783 million people going hungry, a fifth of all food goes to waste’. 27 March. https://news.un.org/en/story/2024/03/1148036

94 United Nations (n.d.) ‘The Paris Agreement’. https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement (retrieved 15 January 2025)

95 United Nations News (2023) ‘Beyond borders: Why new 'high seas' treaty is critical for the world’. 19 June. https://news.un.org/en/story/2023/06/1137857

96 United Nations Office for Outer Space Affairs (2017)‘Space Law Treaties and Principles’. www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/treaties.html

97 World Meteorological Organization (n.d.) ‘Climate’. https://wmo.int/topics/climate (retrieved 15 January 2025)

98 Broom, D. (2021) ‘A third of humanity could be on the move if climate change isn’t curbed, scientists say’. World Economic Forum. 3 November. www.weforum.org/stories/2021/11/climate-change-rising-temperatures-may-force-humans-move/

99 Kilpatrick, J. et al. (2024) ‘Restructuring the supply base: Prioritizing a resilient, yet efficient supply chain’. Deloitte Research Centre for Energy & Industrials. 23 May. www2.deloitte.com/us/en/insights/industry/manufacturing/global-supply-chain-resilience-amid-disruptions.html

100 Khan, M., Haleem, A. and Javaid, M. (2023) ‘Changes and improvements in Industry 5.0: A strategic approach to overcome the challenges of Industry 4.0’. Green Technologies and Sustainability, 1(2). https://doi.org/10.1016/j.grets.2023.100020

101 Broda, E. and Strömbäck, J. (2024) ‘Misinformation, disinformation, and fake news: lessons from an interdisciplinary, systematic literature review’. Annals of the International Communication Association, 48(2): 139-166. https://doi.org/10.1080/23808985.2024.2323736

102 Allgood, K. and Basso, M. (2024) ‘Navigating 2024: 3 pivotal avenues of growth for industries’. World Economic Forum and Forbes. 17 January. www.weforum.org/stories/2024/01/navigating-2024-industries-3-pivotal-avenues-for-growth/

103 Dubai Future Foundation (2022) ‘Future Opportunities Report – The Global 50’. www.dubaifuture.ae/wp-content/uploads/2022/02/Future-Opportunities-Report-TheGlobal50-English.pdf

104 Dubai Future Foundation (2023) ‘Future Opportunities Report – The Global 50’. www.dubaifuture.ae/wp-content/uploads/2023/04/THE-GLOBAL-50-EN.pdf

105 Einhorn, G. (2024) ‘These are the top 3 climate risks we face — and what to do about them’. World Economic Forum. 11 January. www.weforum.org/stories/2024/01/climate-risks-are-finally-front-and-centre-of-the-global-consciousness/

106 United Nations Environment Programme (2024) ‘A Decade of Ecosystem-based Adaptation: Lessons from the United Nations Environment Programme’. March. https://doi.org/10.59117/20.500.11822/45028

107 International Union for Conservation of Nature (IUCN) (2022) ‘Decade on Ecosystem Restoration 2021-2030’. November. https://iucn.org/sites/default/files/2022-11/decade-on-ecosystem-restoration-2021-2030-policy-brief-november-2022.pdf

108 Nichols, L. et al. (2018) ‘Sector Interactions, Multiple Stressors, and Complex Systems’. U.S. Global Change Research Program. https://nca2018.globalchange.gov/chapter/17/

109 The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2021) ‘Climate change widespread, rapid, and intensifying – IPCC’. 9 August. www.ipcc.ch/2021/08/09/ar6-wg1-20210809-pr/

110 National Aeronautics and Space Administration (NASA) (n.d.) ‘The Effects of Climate Change’. https://science.nasa.gov/climate-change/effects/ (retrieved 15 January 2025)

111 Coleman, J. (2023) ‘The Surprising Possibilities of See-Through Wood’. Smithsonian Magazine. 19 December. www.smithsonianmag.com/innovation/the-surprising-possibilities-of-see-through-wood-180983471/

112 City University of Hong Kong (2023) ‘CityU revolutionary cooling ceramic enhances energy efficiency and combats global warming through its application in building construction’. 10 November. www.cityu.edu.hk/media/press-release/2023/11/10/cityu-revolutionary-cooling-ceramic-enhances-energy-efficiency-and-combats-global-warming-through-its-application-building-construction

113 City University of Hong Kong (2023) ‘CityU revolutionary cooling ceramic enhances energy efficiency and combats global warming through its application in building construction’. 10 November. www.cityu.edu.hk/media/press-release/2023/11/10/cityu-revolutionary-cooling-ceramic-enhances-energy-efficiency-and-combats-global-warming-through-its-application-building-construction

114 Liu, G. et al. (2024) ‘Biocatalytic membranes with crosslinked enzyme aggregates for micropollutant removal’. Chemical Engineering Journal, 479. https://doi.org/10.1016/j.cej.2023.147635

115 International Energy Agency (2022) ‘The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions:

Executive summary'. March. www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions/executive-summary

116 Vekasi, K. (2022) 'Wind Power, Politics, and Magnets'. Harvard University. 18 November. https://epicenter.wcfia.harvard.edu/blog/wind-power-politics-and-magnets

117 International Energy Agency (n.d.) 'The role of critical minerals in clean energy transitions: Critical Minerals'.www.iea.org/topics/critical-minerals (retrieved 3 January 2025)

118 International Energy Agency (2024) 'Global Critical Minerals Outlook 2024'. May. https://iea.blob.core.windows.net/assets/ee01701d-1d5c-4ba8-9df6-abeeac9de99a/GlobalCriticalMineralsOutlook2024.pdf

119 Chandler, D. (2021) 'MIT-designed project achieves major advance toward fusion energy'. MIT News. 8 September. https://news.mit.edu/2021/MIT-CFS-major-advance-toward-fusion-energy-0908

120 National Institute of Biomedical Imaging and Bioengineering (n.d.) 'Magnetic Resonance Imaging (MRI)'. www.nibib.nih.gov/science-education/science-topics/magnetic-resonance-imaging-mri (retrieved 3 January 2025)

121 Cleveland Clinic (2022) 'Transcranial Magentic Stimulation (TMS)'. 29 August. https://my.clevelandclinic.org/health/treatments/17827-transcranial-magnetic-stimulation-tms

122 Nayebossadri, S. et al (2024) 'Hydrogen-assisted recycling of Nd-Fe-B magnets from the end-of-life audio products'. Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 603. https://doi.org/10.1016/j.jmmm.2024.172239

123 International Energy Agency (2024) 'Global Critical Minerals Outlook 2024'. May. https://iea.blob.core.windows.net/assets/ee01701d-1d5c-4ba8-9df6-abeeac9de99a/GlobalCriticalMineralsOutlook2024.pdf

124 International Energy Agency (2024) 'Global Critical Minerals Outlook 2024'. May. https://iea.blob.core.windows.net/assets/ee01701d-1d5c-4ba8-9df6-abeeac9de99a/GlobalCriticalMineralsOutlook2024.pdf

125 International Energy Agency (2024) 'Global Critical Minerals Outlook 2024'. May. https://iea.blob.core.windows.net/assets/ee01701d-1d5c-4ba8-9df6-abeeac9de99a/GlobalCriticalMineralsOutlook2024.pdf

126 Rallabandi, V., Ozpineci, B. and Kumar, P. (2024) 'How to Build EV Motors Without Rare Earth Elements Experimental motors use exotic materials and clever configurations'. Institute of Electrical and Electronics Engineers. 2 July. https://spectrum.ieee.org/ev-motor

127 King's College London (2024) 'Scientists create world's strongest iron-based superconducting magnet using AI'.7 June. www.kcl.ac.uk/news/scientists-create-worlds-strongest-iron-based-superconducting-magnet-using-ai

128 Science Direct (n.d.) 'Biomimetic Material'. www.sciencedirect.com/topics/engineering/biomimetic-material (retrieved 3 January 2025)

129 Hwang, J. et al. (2015) 'Biomimetics: forecasting the future of science, engineering, and medicine'. International Journal of Nanomedicine, 10(1): 5701-5713 https://doi.org/10.2147/IJN.S83642

130 Saunders, T. (2023) 'How old is Earth? Our world's surprising age, explained'. BBC Science Focus. 5 July. www.sciencefocus.com/planet-earth/how-old-is-the-earth

131 Hamilton, T. (2008) 'Whale-Inspired Wind Turbines'. MIT Technology Review. 6 March. www.technologyreview.com/2008/03/06/221447/whale-inspired-wind-turbines/

132 Yu, Z. et al. (2020) 'Namib desert beetle inspired special patterned fabric with programmable and gradient wettability for efficient fog harvesting'. Journal of Materials Science & Technology, 61:85-92. https://doi.org/10.1016/j.jmst.2020.05.054

133 Casey, L. (2021) 'Conjuring water from thin Air – A beetle's guide to innovation'. The University of Sydney. 22 January. www.sydney.edu.au/science/news-and-events/2021/01/22/conjuring-water-from-thin-air.html

134 Ye, W., Tee, B.C.K. and Andal, S. (2024) 'Deep Tech Series Vol. 6: How Nature-Inspired Deep Tech is Shaping a Sustainable Future'. United Nations Development Programme. 16 October. www.undp.org/policy-centre/singapore/blog/deep-tech-series-vol-6-how-nature-inspired-deep-tech-shaping-sustainable-future

135 Lebdioui, A. (2022) 'Nature-inspired innovation policy: Biomimicry as a pathway to leverage biodiversity for economic development'. Ecological Economics, 202. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2022.107585

136 Becher, C. et al. (2023) '2023 roadmap for materials for quantum technologies'. Materials for Quantum Technology, 3. https://doi.org/10.1088/2633-4356/aca3f2

137 Becher, C. et al. (2023) '2023 roadmap for materials for quantum technologies'. Materials for Quantum Technology, 3. https://doi.org/10.1088/2633-4356/aca3f2

138 Becher, C. et al. (2023) '2023 roadmap for materials for quantum technologies'. Materials for

Quantum Technology, 3. https://doi.org/10.1088/2633-4356/aca3f2

139 Bogobowicz, M. et al. (2024) 'Steady progress in approaching the quantum advantage'. McKinsey & Company. 24 April.www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/steady-progress-in-approaching-the-quantum-advantage#/

140 Bogobowicz, M. et al. (2024) 'Steady progress in approaching the quantum advantage'. McKinsey & Company. 24 April.www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/steady-progress-in-approaching-the-quantum-advantage#/

141 Bogobowicz, M. et al. (2024) 'Steady progress in approaching the quantum advantage'. McKinsey & Company. 24 April.www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/steady-progress-in-approaching-the-quantum-advantage#/

142 Bogobowicz, M. et al. (2024) 'Steady progress in approaching the quantum advantage'. McKinsey & Company. 24 April.www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/steady-progress-in-approaching-the-quantum-advantage#/

143 DataReportal (2024) 'Digital around the world'. https://datareportal.com/global-digital-overview (retrieved 15 January 2025)

144 Johnson, H. (2024) 'About 2.5 billion people lack internet access: How connectivity can unlock their potential'. World Economic Forum. 25 September. www.weforum.org/stories/2024/09/2-5-billion-people-lack-internet-access-how-connectivity-can-unlock-their-potential/

145 GSMA (2024) 'New GSMA report shows mobile internet connectivity continues to grow globally but barriers for 3.45 billion unconnected people remain'. 23 October. www.gsma.com/newsroom/press-release/new-gsma-report-shows-mobile-internet-connectivity-continues-to-grow-globally-but-barriers-for-3-45-billion-unconnected-people-remain/

146 Flinders, M. and Smalley, I. (2024) 'What is data sovereignty?'. IBM. 3 June.www.ibm.com/think/topics/data-sovereignty

147 Chen, M. (2024) 'What is Data Sovereignty?'. Oracle Cloud Infrastructure (OCI). 2 May. www.oracle.com/ae/cloud/sovereign-cloud/data-sovereignty/

148 Afzal, S. et al. (2024) 'A Survey on Energy Consumption and Environmental Impact of Video Streaming'. Journal of the Association for Computing Machinery, 1(1). https://arxiv.org/pdf/2401.09854

149 Netflix (2023) 'Environmental Social Governance Report 2023'. https://s22.q4cdn.com/959853165/files/doc_downloads/2024/6/2023-Netflix-Environmental-Social-Governance-Report.pdf

150 Organization for Economic Co-operation and Development (2024) 'OECD Digital Economy Outlook 2024 (Volume 1): Embracing the Technology Frontier'. OECD Publishing. 14 May. https://doi.org/10.1787/45ba765d-en

151 Semaan, E. et al. (2024) '6G spectrum – enabling future mobile life beyond 2030'. Ericsson. May. www.ericsson.com/49ac9c/assets/local/reports-papers/white-papers/2024/6g-spectrum.pdf

152 Semaan, E. et al. (2024), '6G spectrum – enabling future mobile life beyond 2030', Ericsson. Online. 8 Oct. www.ericsson.com/49ac9c/assets/local/reports-papers/white-papers/2024/6g-spectrum.pdf

153 Chafii, M. et al. (2023) 'Twelve Scientific Challenges for 6G: Rethinking the Foundations of Communications Theory'. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 25(2): 868-904. https://doi.org/10.1109/COMST.2023.3243918

154 Semaan, E. et al. (2024) '6G spectrum – enabling future mobile life beyond 2030'. Ericsson. May. www.ericsson.com/49ac9c/assets/local/reports-papers/white-papers/2024/6g-spectrum.pdf

155 Cisco (n.d.) 'What Are 5G Speeds?'. www.cisco.com/c/en/us/solutions/what-is-5g/what-are-5g-speeds.html (retrieved 3 January 2025)

156 De Luca, S. (2024) 'The path to 6G'. European Parliament. January. www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2024/757633/EPRS_BRI(2024)757633_EN.pdf

157 De Luca, S. (2024) 'The path to 6G'. European Parliament. January. www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2024/757633/EPRS_BRI(2024)757633_EN.pdf

158 De Luca, S. (2024) 'The path to 6G'. European Parliament. January. www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2024/757633/EPRS_BRI(2024)757633_EN.pdf

159 Chafii, M. et al. (2023) 'Twelve Scientific Challenges for 6G: Rethinking the Foundations of Communications Theory'. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 25(2): 868-904. https://doi.org/10.1109/COMST.2023.3243918

160 Chafii, M. et al. (2023) 'Twelve Scientific Challenges for 6G: Rethinking the Foundations of Communications Theory'. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 25(2): 868-904. https://doi.org/10.1109/COMST.2023.3243918

161 Radivon, A. et al. (2024) 'Expanding THz Vortex Generation Functionality with Advanced Spiral Zone Plates Based on Single-Walled Carbon Nanotube Films'. Advanced Optical Materials, 12(17). https://doi.org/10.1002/adom.202303282

162 Rhode and Schwarz (n.d.) 'Reconfigurable intelligent surfaces (RIS)'. www.rohde-schwarz.com/se/solutions/wireless-communications-testing/wireless-standards/6g/reconfigurable-intelligent-surfaces-ris/reconfigurable-intelligent-surfaces-ris_257043.html (retrieved 3 January 2025)

163 Pahud de Mortanges, A. et al. (2024) 'Orchestrating explainable artificial intelligence for multimodal and longitudinal data in medical imaging'. npj Digital Medicine, 7. https://doi.org/10.1038/s41746-024-01190-w

164 Keskin, Ç. and Çiftçi, E. (2024) 'Multimodal AI'. PwC. 26 April. www.pwc.com.tr/en/multimodal-ai

165 McKinsey & Company (2023) 'What's the future of generative AI? An early view in 15 charts'. 25 August. www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/whats-the-future-of-generative-ai-an-early-view-in-15-charts

166 Rodis, N. et al. (2024) 'Multimodal Explainable Artificial Intelligence: A Comprehensive Review of Methodological Advances and Future Research Directions'. IEEE Access, 12: 159794-159820. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3467062

167 Ali, S. et al. (2023) 'Explainable Artificial Intelligence (XAI): What we know and what is left to attain Trustworthy Artificial Intelligence'. Information Fusion, 99. https://doi.org/10.1016/j.inffus.2023.101805

168 Keskin, Ç. and Çiftçi, E. (2024) 'Multimodal AI'. PwC. 26 April. www.pwc.com.tr/en/multimodal-ai

169 OpenAI (2023) 'ChatGPT can now see, hear and speak'. 25 September. https://openai.com/index/chatgpt-can-now-see-hear-and-speak/

170 Gartner (2024) 'Gartner Predicts 40% of Generative AI Solutions Will Be Multimodal By 2027'. 9 September. www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2024-09-09-gartner-predicts-40-percent-of-generative-ai-solutions-will-be-multimodal-by-2027.

171 Johnson & Wales University (JWU) (2024) 'How Sports Analytics Enhances Performance and Efficiency'. 4 May. https://online.jwu.edu/blog/how-sports-analytics-enhances-efficiency-and-performance/

172 Catapult (n.d.) 'Our solutions'. www.catapult.com (retrieved 3 January 2025)

173 Stats Perform (n.d.) 'Optical Player Tracking'. www.statsperform.com/team-performance/basketball/optical-tracking/ (retrieved 3 January 2025)

174 PwC (n.d.) 'Sports Industry Outlook 2024: What's Next In Sports: 2025 outlook launching in January'. www.pwc.com/us/en/industries/tmt/library/sports-outlook-north-america.html (retrieved 3 January 2025)

175 PwC (n.d.) 'Artificial intelligence – The MVP for personalizing sports'. www.pwc.com/us/en/industries/tmt/library/artificial-intelligence-in-sports.html (retrieved 3 January 2025)

176 International Olympics Committee (2024) 'AI and tech innovations at Paris 2024: A game changer in sport'. 20 July.https://olympics.com/ioc/news/ai-and-tech-innovations-at-paris-2024-a-game-changer-in-sport

177 Allied Analytics LLP (2024) 'AI in Sports Market to Reach $29.7 Billion by 2032 at 30.1% CAGR: Allied Market Research'. Globe Newswire. 14 February. www.globenewswire.com/news-release/2024/02/14/2829174/0/en/AI-in-Sports-Market-to-Reach-29-7-Billion-by-2032-at-30-1-CAGR-Allied-Market-Research.html

178 Kreacic, A. et al. (2024) 'The New Growth Agenda'. Oliver Wyman Forum and New York Stock Exchange. www.oliverwymanforum.com/content/dam/oliver-wyman/ow-forum/Permacrisis/The_New_Growth_Agenda.pdf

179 Swiss Re Institute (2024) 'SONAR 2024: New emerging risk insights'. 12 June. www.swissre.com/institute/research/sonar/sonar2024.html

180 IBM (2024) 'Cost of a Data Breach Report 2024'. www.ibm.com/reports/data-breach

181 Igarape Institute (2023) 'Global Futures Bulletin: The global threat of disinformation and misinformation in Latin America and how to fight back'. November. https://igarape.org.br/wp-content/uploads/2023/11/Global-Futures-Bulletin-Disinformation.pdf

182 American Psychological Association (APA) (n.d.) 'Misinformation and disinformation'. www.apa.org/topics/journalism-facts/misinformation-disinformation (retrieved 3 January 2025)

183 Cavaciuti-Wishart, E. et al. (2024) 'Global Risks Report 2024: 19th Edition Insight Report'. World Economic Forum. January. www3.weforum.org/docs/WEF_The_Global_Risks_Report_2024.pdf

184 Cavaciuti-Wishart, E. et al. (2024) 'Global Risks Report 2024: 19th Edition Insight Report'. World Economic Forum. January. www3.weforum.org/docs/WEF_The_Global_Risks_Report_2024.pdf

185 Watt, N., Riedlinger, M. and Montaña-Niño, S. (2025) 'Meta is abandoning fact checking – this doesn't bode well for the fight against misinformation'. The Conversation. 8 January. https://theconversation.com/meta-is-abandoning-fact-checking-this-doesnt-bode-well-for-the-fight-against-misinformation-246878

186 Deloitte (2023) 'Consumer privacy: A business imperative in the digital age'. 3 December. www.deloitte.com/middle-east/en/our-thinking/mepov-magazine/securing-the-future/consumer-

privacy.html

187 Sherman, J. (2024) 'Finding security in digital public infrastructure'. Atlantic Council. 21 October. www.atlanticcouncil.org/in-depth-research-reports/issue-brief/finding-security-in-digital-public-infrastructure/

188 Senbet, L. et al. (2024) 'Foresight Africa: Top priorities for the continent in 2024'. Brookings Institution. 26 January.www.brookings.edu/wp-content/uploads/2024/01/ForesightAfrica2024.pdf

189 Webb, A. et al (2024) '2024 Tech Trends Report'. Future Today Institute. https://futuretodayinstitute.com/wp-content/uploads/2024/03/TR2024_Full-Report_FINAL_LINKED.pdf

190 Sherman, J. (2024) 'Finding security in digital public infrastructure'. Atlantic Council. 21 October. www.atlanticcouncil.org/in-depth-research-reports/issue-brief/finding-security-in-digital-public-infrastructure/

191 Gille, F., Smith, S. and Mays, N. (2022) 'Evidence-based guiding principles to build public trust in personal data use in health systems'. Digital health, 2022(8). https://doi.org/10.1177/20552076221111947

192 Cheng, J. (2022) 'The Social and Psychological Consequences of Ransomware Attacks'. ISACA. 7 October. www.isaca.org/resources/news-and-trends/isaca-now-blog/2022/the-social-and-psychological-consequences-of-ransomware-attacks

193 Bada, M. and Nurse, J.R.C. (2020) 'The social and psychological impact of cyberattacks'. Emerging Cyber Threats and Cognitive Vulnerabilities: 73-92. www.researchgate.net/publication/338313135_The_social_and_psychological_impact_of_cyberattacks/link/5e86f53d4585150839b96a08/download

194 Shaw, V. (2024) 'Research reveals mental and physical impact of fraud on victims' wellbeing'. The Independent. 21 March. www.independent.co.uk/money/research-reveals-mental-and-physical-impact-of-fraud-on-victims-wellbeing-b2516069.html

195 St. John, M. (2024) 'Cybersecurity Stats: Facts And Figures You Should Know'. Forbes. 28 August. www.forbes.com/advisor/education/it-and-tech/cybersecurity-statistics/

196 Sarkar, G. and Shukla, S. (2023) 'Behavioural analysis of cybercrime: Paving the way for effective policing strategies'. Journal of Economic Criminology, 2. https://doi.org/10.1016/j.jeconc.2023.100034

197 Byrnes, F. (2020) 'The value of psychology and cognitive science in Cybersecurity'. IBM. 9 March. www.ibm.com/blogs/ibm-anz/psychology-and-cybersecurity/

198 Haney, J., Cunningham, C. and Furman, S.M. (2024) 'Towards Integrating Human-Centered Cybersecurity Research Into Practice: A Practitioner Survey'. Workshop on Usable Security and Privacy (USEC). 30 January. www.nist.gov/publications/towards-integrating-human-centered-cybersecurity-research-practice-practitioner-survey

199 Fouad, N.S. (2024) 'Cyberbiosecurity in the new normal: Cyberbio risks, pre-emptive security, and the global governance of bioinformation'. European Journal of International Security, 9(4):553-573. https://doi.org/10.1017/eis.2024.19

200 Annaratone, L. et al. (2021) 'Basic principles of biobanking: from biological samples to precision medicine for patients'. Virchows Archiv: an international journal of pathology, 479(2):233–246. https://doi.org/10.1007/s00428-021-03151-0

201 Fouad, N.S. (2024) 'Cyberbiosecurity in the new normal: Cyberbio risks, pre-emptive security, and the global governance of bioinformation'. European Journal of International Security, 9(4):553-573. https://doi.org/10.1017/eis.2024.19

202 Jeselyn and Trajano, J.C.I. (2024) 'CO24156 | Cyberbiosecurity: Adapting to Emerging Threats in the Biosecurity Landscape'. S. Rajaratnam School of International Studies (RSIS). 17 October. www.rsis.edu.sg/rsis-publication/rsis/cyberbiosecurity-adapting-to-emerging-threats-in-the-biosecurity-landscape/

203 Fouad, N.S. (2024) 'Cyberbiosecurity in the new normal: Cyberbio risks, pre-emptive security, and the global governance of bioinformation'. European Journal of International Security, 2024;9(4):553-573. https://doi.org/10.1017/eis.2024.19

204 London Metropolitan University (n.d.) 'Biological Security Research Centre'. www.londonmet.ac.uk/research/centres-groups-and-units/biological-security-research-centre/ (retrieved 3 January 2025)

205 London Metropolitan University (n.d.) 'International Biological Security Education Network'. https://ibsen.org.uk/ (retrieved 3 January 2025)

206 Altman, S.A. and Bastian, C.R. (2024) 'DHL Global connectedness report 2024: An in-depth analysis of the state of globalization'. DHL Group. February. www.doi.org/10.58153/7jt4h-p0738

207 IBM (2024) 'Cost of a Data Breach Report 2024'.www.ibm.com/reports/data-breach

208 Castellvi, S. (2024) 'Advancing global interoperability: The role of standardization in data spaces'.

International Data Spaces Association. 5 April. https://internationaldataspaces.org/advancing-global-interoperability-the-role-of-standardization-in-data-spaces/

209 Hardy, A. (2024) 'Estonia's digital diplomacy: Nordic interoperability and the challenges of cross-border e-governance'. Internet Policy Review, 13(3): 1-31. https://doi.org/10.14763/2024.3.1785%0A

210 Smil, V. (2004) 'World History and Energy'. Encylopedia of Energy, 6. https://vaclavsmil.com/wp-content/uploads/2024/10/smil-article-2004world-history-energy.pdf

211 Insead Knowledge (2022) 'Bob Ayres at 90: Key Insights on Energy in the Economy'. 26 July. https://knowledge.insead.edu/responsibility/bob-ayres-90-key-insights-energy-economy

212 The Global Goals (n.d.) '7 Affordable and Clean Energy: Ensure access to affordable, reliable, sustainable and modern energy for all'.www.globalgoals.org/goals/7-affordable-and-clean-energy/ (retrieved 3 January 2025)

213 World Bank Group (2024) 'New Partnership Aims to Connect 300 Million to Electricity by 2030'. 17 April.www.worldbank.org/en/news/press-release/2024/04/17/new-partnership-aims-to-connect-300-million-to-electricity-by-2030

214 EY (2024) 'Tech Trends Series: EY India'. July. www.ey.com/content/dam/ey-unified-site/ey-com/en-in/services/technology/tech-trends-series/ey-india-tech-trends-series-july-2024-v1.pdf

215 Six Flags (2023) 'Six Flags Magic Mountain Breaks Ground on California's Largest Solar Energy Project'. 1 November.www.sixflags.com/six-flags-magic-mountain-breaks-ground-on-californias-largest-solar-energy-project

216 China Nuclear National Corporation (2024) 'Hainan Nuclear Power, IAEA sign a capacity-building execution deal over SMRs construction'. 8 November. https://en.cnnc.com.cn/2024-11/08/c_1043524.htm

217 Amazon (2024) 'Amazon signs agreements for innovative nuclear energy projects to address growing energy demands: New Small Modular Reactor agreements are part of Amazon's plan to transition to carbon-free energy'. 16 October. www.aboutamazon.com/news/sustainability/amazon-nuclear-small-modular-reactor-net-carbon-zero

218 Calma, J. (2024) 'Google inks nuclear deal for next-generation reactors'. The Verge. 15 October. www.theverge.com/2024/10/15/24270645/google-nuclear-energy-deal-small-modular-reactor-kairos

219 Krutnik, M. et al. (2024) 'Global Energy Perspective 2023: Sustainable fuels outlook'. McKinsey & Company. 10 January. www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/global-energy-perspective-2023-sustainable-fuels-outlook

220 Jeswani, H.K, Chilvers, A. and Azapagic, A. (2020) 'Environmental sustainability of biofuels: a review'. Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 476(2243). https://doi.org/10.1098/rspa.2020.0351

221 Jeswani, H.K, Chilvers, A. and Azapagic, A. (2020) 'Environmental sustainability of biofuels: a review'. Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 476(2243). https://doi.org/10.1098/rspa.2020.0351

222 Suzan, S. (2024) 'The advanced and waste biofuels paradox: Availability and sustainability of advanced and waste biofuels'. Transport and Environment. July. www.transportenvironment.org/uploads/files/202407_TE_advanced_biofuels_report-2.pdf

223 Krishnan, M. et al. (2022) 'The Net-zero transition: What it would cost, what it could bring'. McKinsey & Company. January.www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/business%20functions/sustainability/our%20insights/the%20net%20zero%20transition%20what%20it%20would%20cost%20what%20it%20could%20bring/the-net-zero-transition-what-it-would-cost-and-what-it-could-bring-final.pdf

224 The American Experience Trust (n.d.) 'Game Theory Explained'. PBS. www.pbs.org/wgbh/americanexperience/features/nash-game/ (retrieved 3 January 2025)

225 Yarar, N. et al. (2024) 'A Comprehensive Review Based on the Game Theory with Energy Management and Trading'. Energies, 17(15). https://doi.org/10.3390/en17153749

226 Aviso, K.B. (2024) 'Use game theory for climate models that really help reach net zero goals'. Nature, 628(502). https://doi.org/10.1038/d41586-024-01083-8

227 Jain, H. (2024) 'From pollution to progress: Groundbreaking advances in clean technology unveiled'. Innovation and green development, 3(2). https://doi.org/10.1016/j.igd.2024.100143

228 International Energy Agency (2023) 'The State of Clean Technology Manufacturing: An Energy Technology Perspectives Special Briefing'. May. www.iea.org/reports/the-state-of-clean-technology-manufacturing/analysis

229 International Energy Agency (2023) 'The world is entering a new age of clean technology manufacturing, and countries' industrial strategies will be key to success'. 12 January.www.iea.org/news/the-world-is-entering-a-new-age-of-clean-technology-manufacturing-and-countries-

industrial-strategies-will-be-key-to-success

230 International Energy Agency (2023) 'The world is entering a new age of clean technology manufacturing, and countries' industrial strategies will be key to success'. 12 January. www.iea.org/news/the-world-is-entering-a-new-age-of-clean-technology-manufacturing-and-countries-industrial-strategies-will-be-key-to-success

231 International Energy Agency (2023) 'The world is entering a new age of clean technology manufacturing, and countries' industrial strategies will be key to success'. 12 January. www.iea.org/news/the-world-is-entering-a-new-age-of-clean-technology-manufacturing-and-countries-industrial-strategies-will-be-key-to-success

232 International Energy Agency (2023) 'The world is entering a new age of clean technology manufacturing, and countries' industrial strategies will be key to success'. 12 January. www.iea.org/news/the-world-is-entering-a-new-age-of-clean-technology-manufacturing-and-countries-industrial-strategies-will-be-key-to-success

233 International Energy Agency (2024) 'Global Hydrogen Review 2024'. October. https://iea.blob.core.windows.net/assets/89c1e382-dc59-46ca-aa47-9f7d41531ab5/GlobalHydrogenReview2024.pdf

234 International Energy Agency (2024) 'Global Hydrogen Review 2024'. October. https://iea.blob.core.windows.net/assets/89c1e382-dc59-46ca-aa47-9f7d41531ab5/GlobalHydrogenReview2024.pdf

235 Gulli, C. et al. (2024) 'Global Energy Perspective 2023: Hydrogen outlook'. McKinsey & Company. 10 January. www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/global-energy-perspective-2023-hydrogen-outlook

236 International Energy Agency (2024) 'Global Hydrogen Review 2024'. October. https://iea.blob.core.windows.net/assets/89c1e382-dc59-46ca-aa47-9f7d41531ab5/GlobalHydrogenReview2024.pdf

237 International Energy Forum (2023) 'Energy transition to trigger huge growth in platinum for hydrogen'. 4 September. www.ief.org/news/energy-transition-to-trigger-huge-growth-in-platinum-for-hydrogen

238 International Energy Forum (2023) 'Energy transition to trigger huge growth in platinum for hydrogen'. 4 September. www.ief.org/news/energy-transition-to-trigger-huge-growth-in-platinum-for-hydrogen

239 International Energy Forum (2023) 'Energy transition to trigger huge growth in platinum for hydrogen'. 4 September. www.ief.org/news/energy-transition-to-trigger-huge-growth-in-platinum-for-hydrogen

240 Kepenienė, V. and Tamašauskaitė-Tamašiūnaitė, L. (2024) 'Advanced Catalytic Materials for Renewable Energy Sources'. Catalysts, 14(8). https://doi.org/10.3390/catal14080497

241 Gartner (2023) 'Top 10 Strategic Technology Trends 2024'. 16 October. https://emt.gartnerweb.com/ngw/globalassets/en/publications/documents/2024-gartner-top-strategic-technology-trends-ebook.pdf

242 Crawford, K. (2024) 'Generative AI's environmental costs are soaring – and mostly secret'. Nature, 626. https://doi.org/10.1038/d41586-024-00478-x

243 Crawford, K. (2024) 'Generative AI's environmental costs are soaring – and mostly secret'. Nature, 626. https://doi.org/10.1038/d41586-024-00478-x

244 United Nations Development Programme (2024) 'The Peoples' Climate Vote 2024'. 20 June. www.undp.org/publications/peoples-climate-vote-2024

245 United Nations Development Programme (2024) 'The Peoples' Climate Vote 2024'. 20 June. www.undp.org/publications/peoples-climate-vote-2024

246 Sextus, C.P., Hytten, K.F. and Perry, P. (2024) 'A Systematic Review of Environmental Volunteer Motivations'. Society and Natural Resources, 37(11): 1591-1608. https://doi.org/10.1080/08941920.2024.2381202

247 Senbet, L. et al. (2024) 'Foresight Africa – Top priorities for the continent in 2024'. Brookings Institution. www.brookings.edu/wp-content/uploads/2024/01/ForesightAfrica2024.pdf

248 Mureithi, C. (2024) 'More money is going to African climate startups, but a huge funding gap remains'. Associated Press News. 2 May. https://apnews.com/article/africa-climate-tech-startup-funding-462006ed8e3e28fe4eb9221dde174a11

249 African Development Bank Group (n.d.) 'Action plan on climate change'.www.afdb.org/en/topics-and-sectors/sectors/climate-change/action-plan-climate-change (retrieved 3 January 2025)

250 Dhanani, R. (2023) 'The History of Regenerative Sustainability'. The sustainable agency. 17 November.https://thesustainableagency.com/blog/the-history-of-regeneration-and-regenerative-sustainability/

251 Radjou, N. (2024) 'Regeneration: Why businesses are moving beyond sustainability and

thinking about regrowth'. World Economic Forum. 6 June. www.weforum.org/stories/2024/06/businesses-are-moving-beyond-sustainability-welcome-to-the-age-of-regeneration/

252 Radjou, N. (2024) 'Regeneration: Why businesses are moving beyond sustainability and thinking about regrowth'. World Economic Forum. 6 June. www.weforum.org/agenda/2024/06/businesses-are-moving-beyond-sustainability-welcome-to-the-age-of-regeneration/

253 Radjou, N. (2024) 'Regeneration: Why businesses are moving beyond sustainability and thinking about regrowth'. World Economic Forum. 6 June. www.weforum.org/agenda/2024/06/businesses-are-moving-beyond-sustainability-welcome-to-the-age-of-regeneration/

254 Regenerative Living (n.d.) 'Practical skills to live on the planet as if we intend to stay'. www.regenerativeliving.online (retrieved 3 January 2025)

255 Mayo Clinic (n.d.) 'About regenerative medicine'. www.mayo.edu/research/centers-programs/center-regenerative-biotherapeutics/about/about-regenerative-medicine (retrieved 3 January 2025)

256 Regenerative Organic Alliance (n.d.) 'Why Regenerative Organic?'. https://regenorganic.org/why-regenerative-organic/ (retrieved 3 January 2025)

257 Regenerative Living (n.d.) 'Practical skills to live on the planet as if we intend to stay'. www.regenerativeliving.online (retrieved 3 January 2025)

258 Inversini, A. (2023) 'The rise of regenerative hospitality'. Journal of Tourism Futures, 10(1): 6-20. https://doi.org/10.1108/JTF-04-2023-0107

259 Whittaker, G.R., Peters, K. and van Opzeeland, I. (2024) 'Oceans sing, are you listening? Sounding out potentials for artistic audio engagements with science through the Polar Sounds project'. Marine Policy, 169. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2024.106347

260 Starowicz, A. and Zielinski, M. (2024) 'Sustainable acoustics: The impact of AI on acoustics design and noise management'. Technical Sciences, 27: 193-209. https://doi.org/10.31648/ts.10297

261 Sharma, S., Sato, K. and Gautam, B.P. (2023) 'A Methodological Literature Review of Acoustic Wildlife Monitoring Using Artificial Intelligence Tools and Techniques'. Sustainability, 15(9). https://doi.org/10.3390/su15097128

262 Sharma, S., Sato, K. and Gautam, B.P. (2023) 'A Methodological Literature Review of Acoustic Wildlife Monitoring Using Artificial Intelligence Tools and Techniques'. Sustainability, 15(9). https://doi.org/10.3390/su15097128

263 Starowicz, A. and Zielinski, M. (2024) 'Sustainable acoustics: The impact of AI on acoustics design and noise management'. Technical Sciences, 27: 193-209. https://doi.org/10.31648/ts.10297

264 Starowicz, A. and Zielinski, M. (2024) 'Sustainable acoustics: The impact of AI on acoustics design and noise management'. Technical Sciences, 27: 193-209. https://doi.org/10.31648/ts.10297

265 Chui, M., Collins, M. and Patel, M. (2021) 'IoT value set to accelerate through 2030: Where and how to capture it'. McKinsey & Company. 9 November. www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/iot-value-set-to-accelerate-through-2030-where-and-how-to-capture-it

266 McKinsey & Company (2024) 'What is the Internet of Things (IoT)?'. 28 May. www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/what-is-the-internet-of-things

267 World Ocean Initative (n.d.) 'Ocean Health'. https://impact.economist.com/ocean/ocean-health

268 UNESCO (n.d.) 'United Nations Decade of Ocean Science for Sustainable Development (2021-2030): The science we need for the ocean we want'. www.unesco.org/en/decades/ocean-decade (retrieved 3 January 2025)3 January 2025)

269 UNESCO (n.d.) 'United Nations Decade of Ocean Science for Sustainable Development (2021-2030): The science we need for the ocean we want'. www.unesco.org/en/decades/ocean-decade (retrieved 3 January 2025)

270 National Oceanography Centre (n.d.) 'Technology development'. https://noc.ac.uk/technology/technology-development (retrieved 3 January 2025).

271 Adam, N. et al. (2024) 'State-of-the-Art Security Schemes for the Internet of Underwater Things: A Holistic Survey'. IEEE Open Journal of the Communications Society, 5: 6561-6592. https://doi.org/10.1109/OJCOMS.2024.3474290

272 Adam, N. et al. (2024) 'State-of-the-Art Security Schemes for the Internet of Underwater Things: A Holistic Survey'. IEEE Open Journal of the Communications Society, 5: 6561-6592. https://doi.org/10.1109/OJCOMS.2024.3474290

273 International Data Cooperation (IDC) (2024) 'Worldwide Spending on Artificial Intelligence Forecast to Reach $632 Billion in 2028, According to a New IDC Spending Guide'. 19 August. www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS52530724

274 Tong, A., Wang, E. and Coulter, M. (2024) 'Exclusive: Reddit in AI content licensing deal with Google'. Reuters. 22 February. www.reuters.com/technology/reddit-ai-content-licensing-deal-with-google-sources-say-2024-02-22/

275 Duffy, C. (2024) 'Social media platforms are using what you create for artificial intelligence. Here's

how to opt out'. CNN. 23 September. https://edition.cnn.com/2024/09/23/tech/social-media-ai-data-opt-out/index.html

276 Tong, A., Wang, E. and Coulter, M. (2024) 'Exclusive: Reddit in AI content licensing deal with Google'. Reuters. 22 February. www.reuters.com/technology/reddit-ai-content-licensing-deal-with-google-sources-say-2024-02-22/

277 Davis, W. (2024) 'LinkedIn is training AI models on your data'. The verge. 19 September. www.theverge.com/2024/9/18/24248471/linkedin-ai-training-user-accounts-data-opt-in

278 Ng, T. (2024) 'Adobe Says It Won't Train AI Using Artists' Work. Creatives Aren't Convinced'. Wired. 19 June. www.wired.com/story/adobe-says-it-wont-train-ai-using-artists-work-creatives-arent-convinced/

279 Bank for International Settlements (2024) 'Annual Economic Report'. 30 June. www.bis.org/publ/arpdf/ar2024e.pdf

280 Organisation for Economic Co-operation and Development (n.d.) 'Philanthropy'. www.oecd.org/en/topics/sub-issues/philanthropy.html (retrieved 15 January 2025)

281 Osili, U. et al. (2023) 'Global Philanthropy Tracker 2023'. The Indiana University Lilly Family School of Philanthropy.https://scholarworks.indianapolis.iu.edu/bitstreams/48715811-4c8a-4081-9baf-1ce66b21c9be/download

282 Organisation for Economic Co-operation and Development (n.d.) 'Philanthropy'. www.oecd.org/en/topics/sub-issues/philanthropy.html(retrieved 15 January 2025)

283 Osili, U. et al. (2023) 'Global Philanthropy Tracker 2023'. The Indiana University Lilly Family School of Philanthropy. https://scholarworks.indianapolis.iu.edu/bitstreams/48715811-4c8a-4081-9baf-1ce66b21c9be/download

284 Philanthropy Europe Association (2024) 'Obstacles to cross-border philanthropy are real and the time to remove them is now'. 23 May. https://philea.eu/obstacles-to-cross-border-philanthropy-are-real-and-the-time-to-remove-them-is-now/

285 World Intellectual Property Organization (WIPO) (n.d.) 'Artificial Intelligence and Intellectual Property'. www.wipo.int/about-ip/en/frontier_technologies/ai_and_ip.html (retrieved 6 January 2025)

286 World Intellectual Property Organization (WIPO) (n.d.) 'Artificial Intelligence and Intellectual Property'. www.wipo.int/about-ip/en/frontier_technologies/ai_and_ip.html (retrieved 6 January 2025)

287 UAE Centre for the Fourth Industrial Revolution (2024) 'Artificial Intelligence in Creative Industries: Guidelines for the Development, Regulation, and Use'. Dubai Future Foundation. October. www.dubaifuture.ae/wp-content/uploads/2024/10/AI-in-creative-industries-English.pdf

288 Banerjee, A. et al. (2024) 'From ripples to waves: The transformational power of tokenizing assets'. McKinsey & Company. 20 June. www.mckinsey.com/industries/financial-services/our-insights/from-ripples-to-waves-the-transformational-power-of-tokenizing-assets

289 Soukupová, J. (2024) 'Virtual Property, Digital Assets, Data, Digital Content and Others – an Analysis of the Fragmented Terminology'.Charles University in Prague Faculty of Law Research Paper No. 2024/I/2. http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4796480

290 Dej, S. and Waliczek, S. (2024) 'Digital Assets Regulation: Insights from Jurisdictional Approaches'. World Economic Forum. October.www3.weforum.org/docs/WEF_Digital_Assets_Regulation_2024.pdf

291 Financial Stability Board and the International Monetary Fund (2024) 'G20 Crypto-asset Policy Implementation Roadmap: Status report'. 22 October. www.fsb.org/uploads/P221024-3.pdf

292 The International Organization of Securities Commissions (2023) 'Policy Recommendations for Crypto and Digital Asset Markets: Final Report'. 16 November. www.iosco.org/library/pubdocs/pdf/IOSCOPD747.pdf

293 Lee, L. (2024) 'Examining the Legal Status of Digital Assets as Property: A Comparative Analysis of Jurisdictional Approaches'. Social Science Research Network. https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4807135

294 UNIDROIT (2023) 'UNIDROIT Principles On Digital Assets And Private Law'. www.unidroit.org/wp-content/uploads/2024/01/Principles-on-Digital-Assets-and-Private-Law-linked-1.pdf

295 Virtual Assets Regulatory Authority (VARA) (n.d.) 'Regulatory Framework'. https://rulebooks.vara.ae/ (retrieved 6 January 2025)

296 Abu Dhabi Global Market (ADGM) (n.d.) 'Digital Assets'. www.adgm.com/setting-up/digital-assets/overview (retrieved 6 January 2025)

297 Dubai International Financial Centre (DIFC) (2024) 'DIFC Announces Enactment of New Digital Assets Law, New Law of Security and Related Amendments to Select Legislation'. 13 March. www.difc.ae/whats-on/news/difc-announces-enactment-of-new-digital-assets-law---new-law-of-security-and-related-amendments

298 Sullivan, A. et al. (2024) 'Going Digital in the UK, US, and UAE: The Latest Digital Asset

Developments'. Morgan Lewis. 12 September.www.morganlewis.com/pubs/2024/09/going-digital-in-the-uk-us-and-uae-the-latest-digital-asset-developments

299 Rao, A. and Verweiji, G. (2017) 'Sizing the prize: What's the real value of AI for your business and how can you capitalise?'. PwC. www.pwc.com/gx/en/issues/analytics/assets/pwc-ai-analysis-sizing-the-prize-report.pdf

300 Kahui, V. (2024) 'Granting legal 'personhood' to nature is a growing movement – can it stem biodiversity loss?'. The Conversation. 25 April. https://theconversation.com/granting-legal-personhood-to-nature-is-a-growing-movement-can-it-stem-biodiversity-loss-227336

301 Zaidan, E. and Ibrahim, I.A. (2024) 'AI Governance in a Complex and Rapidly Changing Regulatory Landscape: A Global Perspective'. Humanities and Social Sciences Communications, 11. https://doi.org/10.1057/s41599-024-03560-x

302 Kurki, V.A.J. (2019) '6 The Legal Personhood of Artificial Intelligences'. A theory of legal personhood, 175-190. https://doi.org/10.1093/oso/9780198844037.003.0007

303 Han, C. (2024) 'AI and Personhood: Where Do We Draw The Line?'. Duke Research blog. 5 November. https://researchblog.duke.edu/2024/11/05/ai-and-personhood-where-do-we-draw-the-line/

304 Zaidan, E. and Ibrahim, I.A. (2024) 'AI Governance in a Complex and Rapidly Changing Regulatory Landscape: A Global Perspective'. Humanities and Social Sciences Communications, 11. https://doi.org/10.1057/s41599-024-03560-x

305 Cavaciuti-Wishart, E. et al. (2024) 'Global Risks Report 2024: 19th Edition Insight Report'. World Economic Forum. January. www3.weforum.org/docs/WEF_The_Global_Risks_Report_2024.pdf

306 National Intelligence Council (2012) 'Global Trends 2030: Alternative worlds'. www.dni.gov/files/documents/GlobalTrends_2030.pdf

307 National Intelligence Council (2021) 'Global Trends 2040: A more contested world'. www.dni.gov/files/ODNI/documents/assessments/GlobalTrends_2040.pdf

308 McKinsey & Company (2020) 'McKinsey on Climate Change'. September. www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/Business%20Functions/Sustainability/Our%20Insights/McKinsey%20on%20Climate%20Change/McKinsey-on-Climate%20Change-Report.pdf

309 Cavaciuti-Wishart, E. et al. (2024) 'Global Risks Report 2024: 19th Edition Insight Report'. World Economic Forum. January. www3.weforum.org/docs/WEF_The_Global_Risks_Report_2024.pdf

310 University of Twente (n.d.) 'Our courses'. www.utwente.nl/en/education/master/programmes/transdisciplinary-master-insert/courses/ (retrieved 6 January 2025)

311 Marr, B. (2023) 'A Short History Of The Metaverse'. Forbes. 9 December. www.forbes.com/sites/bernardmarr/2022/03/21/a-short-history-of-the-metaverse/

312 Vanian, J. and Levy, A (2023) 'Meta lost $13.7 billion on Reality Labs in 2022 as Zuckerberg's metaverse bet gets pricier'. CNBC. 1 February. www.cnbc.com/2023/02/01/meta-lost-13point7-billion-on-reality-labs-in-2022-after-metaverse-pivot.html

313 McArthur, V. and Teather, R.J. (2024) 'Why the metaverse isn't ready to be the future of work just yet'. The Conversation. 12 November. https://theconversation.com/why-the-metaverse-isnt-ready-to-be-the-future-of-work-just-yet-241882

314 Kumar, A. et al. (2024) 'Unveiling the dark and scary side of metaverse: an in-depth qualitative investigation'. Journal of Enterprise Information Management. https://doi.org/10.1108/JEIM-04-2024-0195

315 Ball, M. and Alaghband, M. (2022) 'The promise and peril of the metaverse'. McKinsey & Company. 29 March. www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/the-promise-and-peril-of-the-metaverse

316 Emirates News Agency-WAM (2022) 'Hamdan bin Mohammed launches Dubai Metaverse Strategy'. 18 July. www.wam.ae/en/details/1395303067141

317 Keane, J. (2022) 'South Korea is betting on the metaverse – and it could provide a blueprint for others'. CNBC. 30 May. www.cnbc.com/2022/05/30/south-koreas-investment-in-the-metaverse-could-provide-a-blueprint.html

318 World Economic Forum (n.d.) 'Defining and Building the Metaverse'. https://initiatives.weforum.org/defining-and-building-the-metaverse/home (retrieved 6 January 2025

319 Mohamed Bin Zayed University of Artificial Intelligence (2023) 'The metaverse where reality is not only immersive but inferred'. 17 November. https://mbzuai.ac.ae/news/the-metaverse-where-reality-is-not-only-immersive-but-inferred/

320 Caglar, B. and Yao, H. (2024) 'Glasses half full? Three key trends shaping Augmented reality experiences in the US'. Ericsson. 5 September. www.ericsson.com/en/blog/2024/8/3-augmented-reality-trends-shaping-future-ar-us

321 Caglar, B. and Yao, H. (2024) 'Glasses half full? Three key trends shaping Augmented reality experiences in the US'. Ericsson. 5 September. www.ericsson.com/en/blog/2024/8/3-augmented-reality-trends-shaping-future-ar-us

322 Caglar, B. and Yao, H. (2024) 'Glasses half full? Three key trends shaping Augmented reality experiences in the US'. Ericsson. 5 September. www.ericsson.com/en/blog/2024/8/3-augmented-reality-trends-shaping-future-ar-us

323 Apple (2024) 'visionOS 2 brings new spatial computing experiences to Apple Vision Pro'. 10 June. www.apple.com/ae/newsroom/2024/06/visionos-2-brings-new-spatial-computing-experiences-to-apple-vision-pro/

324 Jansson, A. (2019) 'The mutual shaping of geomedia and gentrification: The case of alternative tourism apps'. Communication and the Public, 4(2). https://doi.org/10.1177/2057047319850197

325 Caglar, B. and Yao, H. (2024) 'Glasses half full? Three key trends shaping Augmented reality experiences in the US'. Ericsson. 5 September. www.ericsson.com/en/blog/2024/8/3-augmented-reality-trends-shaping-future-ar-us

326 International Data Corporation (IDC) (2024) 'IDC: Artificial Intelligence Will Contribute $19.9 Trillion to the Global Economy through 2030 and Drive 3.5% of Global GDP in 2030'. 17 September. www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS52600524

327 Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) (n.d.) 'The Role of Artificial Intelligence (AI) in the Metaverse'. https://metaversereality.ieee.org/publications/articles/the-role-of-artificial-intelligence-in-the-metaverse (retrieved 6 January 2025)

328 Ivey, R. (2024) 'Is XR the unsung hero of the digital revolution?' World Economic Forum. 22 August. www.weforum.org/stories/2024/08/why-xr-is-key-to-unlocking-the-next-digital-revolution/

329 Grand View Research (n.d.) 'Movies And Entertainment Market Size, Share & Trends Analysis Report By Product (Movies, Music & Videos), By Region, And Segment Forecasts, 2024 – 2030'. www.grandviewresearch.com/industry-analysis/movies-entertainment-market (retrieved 6 January 2025)

330 Yuhui, T., Dawam, Z.A.M. and Zainal, S. (2024) 'Immersive Theatre: A Comprehensive Review and Future Direction'. Pakistan Journal of Life and Social Sciences, 22(2): 3767-3775. www.pjlss.edu.pk/pdf_files/2024_2/3767-3775.pdf

331 Mitsopoulou, E., Kyprianos, K. and Brattis, P. (2024) 'Documenting the ephemeral: An ontology for the performing arts'. Journal of Information Science. https://doi.org/10.1177/01655515241271052

332 Morgan, D. (2020) 'Performing arts online: Bringing theater to socially-distancing audiences'. CBS News. 30 March. www.cbsnews.com/news/coronavirus-performing-arts-online-bringing-theater-to-socially-distancing-audiences/

333 National Theatre at home (n.d.) 'National Theatre at home'. www.ntathome.com (retrieved 6 January 2024)

334 Thomas, S. (2020) 'National Theatre launch new global streaming service of shows'. London Theatre. 30 November. www.londontheatre.co.uk/theatre-news/news/national-theatre-launch-new-global-streaming-service-of-shows

335 Mannino, T. (2024) 'Performing arts sector faces change four years after pandemic start'. All Arts. 26 April. www.allarts.org/2024/04/new-york-city-performing-arts-pandemic/

336 Tripathi, R.L. (2024) 'Fragmented Selves: Identity, Consciousness and Reality in the Digital Age'. Open Access Journal of Data Science and Artificial Intelligence, 2(1). https://doi.org/10.23880/oajda-16000148

337 Treat, D. and Wallace, M. (2023) '3 urgent questions to ask as we navigate a new digital identity'. World Economic Forum. 28 September. www.weforum.org/stories/2023/09/3-urgent-questions-digital-identity/

338 Georgieva, I. (2011) 'The similarity between the virtual and the real self - how the virtual self can help the real self'. Studies in Health Technology and Informatics, 167(1): 20-5. www.researchgate.net/publication/51231098_The_similarity_between_the_virtual_and_the_real_self_-_how_the_virtual_self_can_help_the_real_self

339 Davis, T. (n.d.) 'Self-Concept: Definition, Examples, & Psychology Theories'. Berkeley Well-being Institute. www.berkeleywellbeing.com/self-concept.html (retrieved 6 January 2025)

340 Yang, S. et al. (2024) 'The Double-Edged Influence of Self-Expansion in the Metaverse: A Two-Wave Panel Assessment of Identity Perception, Self-Esteem, and Life Satisfaction'. Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking, 27(1). https://doi.org/10.1089/cyber.2022.0400

341 Yang, S. et al. (2024) 'The Double-Edged Influence of Self-Expansion in the Metaverse: A Two-Wave Panel Assessment of Identity Perception, Self-Esteem, and Life Satisfaction'. Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking, 27(1). https://doi.org/10.1089/cyber.2022.0400

342 Skandalis, A. (2020) 'Virtual reality has been boosted by coronavirus – here's how to avoid it leading us to dystopia'. The conversation. 23 June. https://theconversation.com/virtual-reality-has-been-boosted-by-coronavirus-heres-how-to-avoid-it-leading-us-to-dystopia-141073

343 Yee, L. et al. (2024) 'McKinsey Technology trends Outlook 2024'. McKinsey & Company. 16 July.

www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/the-top-trends-in-tech#/

344 International Data Corporation (IDC) (2024) 'AR & VR Headsets Market Insights'. 18 December. www.idc.com/promo/arvr

345 Shakir, U. (2024) 'Apple reportedly cuts Vision Pro production due to low demand'. The verge. 23 April. www.theverge.com/2024/4/23/24138487/apple-vision-pro-cut-shipment-forecast-kuo-rumor

346 Yee, L. et al. (2024) 'McKinsey Technology trends Outlook 2024'. McKinsey & Company. 16 July. www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/the-top-trends-in-tech#/

347 Wen, X., Sotiriadis, M. and Shen, S. (2023) 'Determining the Key Drivers for the Acceptance and Usage of AR and VR in Cultural Heritage Monuments'. Sustainability, 15(5). https://doi.org/10.3390/su15054146

348 Fraser, S. and Böhm, S. (2024) 'A Systematic Literature Review on Technology Acceptance Research on Augmented Reality in the Field of Training and Education'. The Fifteenth International Conference on Advances in Human-oriented and Personalized Mechanisms, Technologies, and Services CENTRIC 2022. https://doi.org/10.48550/arXiv.2411.13946

349 Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) (n.d.) 'What is a robot?'. www.ieee-ras.org/images/Standards/meeting_june_2021/9-Robot-Term-Discussion.pdf (retrieved 6 January 2025)

350 International Federation of Robotics (IFR) (2024) 'World Robotics 2024'. September. https://ifr.org/img/worldrobotics/Press_Conference_2024.pdf

351 International Federation of Robotics (IFR) (2024) 'World Robotics 2024'. September. https://ifr.org/img/worldrobotics/Press_Conference_2024.pdf

352 Fortune Business Insights (2024) 'Humanoid Robot Market Size, Share & Industry Analysis, By Motion Type (Biped and Wheel Drive), By Component (Hardware and Software), By Application (Industrial, Household, and Services), and Regional Forecast, 2024-2032'. 16 December. www.fortunebusinessinsights.com/humanoid-robots-market-110188

353 Berruti, F., Lewandowski, D. and Tilley, J. (2024) 'The robot renaissance: How human-like machines are reshaping business'. McKinsey & Company. 22 March. www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/the-robot-renaissance-how-human-like-machines-are-reshaping-business#/

354 Agility Robotics (2023) 'Opening RoboFab: World's First Factory for Humanoid Robots'. 18 September.https://agilityrobotics.com/content/opening-robofab-worlds-first-factory-for-humanoid-robots

355 Knospler, J., Xue, W. and Trkov, M. (2024) 'Reconfigurable modular soft robots with modulating stiffness and versatile task capabilities'. Smart Materials and Structures, 33. https://doi.org/10.1088/1361-665X/ad4d35

356 Miao, W. and Bai, H. (2024) 'The new material science towards sustainable robotics'. Journal of Materials Chemistry C, 12(33). https://doi.org/10.1039/D4TC01868K

357 Berruti, F., Lewandowski, D. and Tilley, J. (2024) 'The robot renaissance: How human-like machines are reshaping business'. McKinsey & Company. 22 March. www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/the-robot-renaissance-how-human-like-machines-are-reshaping-business#/

358 DeepMind Robotics Team (2024) 'Our latest advances in robot dexterity'. Google DeepMind. 12 September. https://deepmind.google/discover/blog/advances-in-robot-dexterity/

359 Strategy& (2023) 'Above and below water drones market'. PwC. www.strategyand.pwc.com/it/en/assets/pdf/sea-drones-report.pdf

360 Ernest, N.S., González, J. and Arbery, M. (2022) 'Advanced air mobility: a disruptive force for incumbent transportation players'. Kearney. 1 July. www.kearney.com/industry/aerospace-defense/article/-/insights/advanced-air-mobility-a-disruptive-force-for-incumbent-transportation-players

361 EHang (2024) 'EH216-S Completes UAE's First Passenger-Carrying Demo Flight, Accompanied by Successful Demo Flights of EH216-L and EH216-F Pilotless eVTOLs in Abu Dhabi'. www.ehang.com/news/1083.html

362 Evans, T. (2024) 'Work starts on Dubai's first flying taxi station'. The National news. 12 November. www.thenationalnews.com/news/uae/2024/11/12/dubai-flying-taxis-vertiport/

363 Li, X. et al. (2024) 'Bionic Multi-Legged Robots with Flexible Bodies: Design, Motion, and Control'. Biomimetics, 9(10). https://doi.org/10.3390/biomimetics9100628

364 Yu, Z. et al. (2024) 'A Gecko-Inspired Robot Using Novel Variable-Stiffness Adhesive Paw Can Climb on Rough/Smooth Surfaces in Microgravity'. Advanced intelligent systems, 6(10). https://doi.org/10.1002/aisy.202400043

365 Zamanian, A.H. and Voltzow, J. (2024) 'Soft robots and soft bodies: biological insights into the

structure and function of fluidic soft robots'. Bioinspiration and Biomimetics, 20. https://doi.org/10.1088/1748-3190/ad8b8d

366 Harvard Biodesign Lab (n.d.) 'Soft Robotics'. https://biodesign.seas.harvard.edu/soft-robotics (retrieved 6 January 2025)

367 Yee, L. et al. (2024) 'McKinsey Technology trends Outlook 2024'. McKinsey & Company. 16 July. www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/the-top-trends-in-tech

368 Yee, L. et al. (2024) 'McKinsey Technology trends Outlook 2024'. McKinsey & Company. 16 July. www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/the-top-trends-in-tech

369 Schäfer, A., Esterbauer, R. and Kubicek, B. (2024) 'Trusting robots: a relational trust definition based on human intentionality'. Humanities and Social Sciences Communications, 11. https://doi.org/10.1057/s41599-024-03897-3

370 Schäfer, A., Esterbauer, R. and Kubicek, B. (2024) 'Trusting robots: a relational trust definition based on human intentionality'. Humanities and Social Sciences Communications, 11. https://doi.org/10.1057/s41599-024-03897-3

371 Schäfer, A., Esterbauer, R. and Kubicek, B. (2024) 'Trusting robots: a relational trust definition based on human intentionality'. Humanities and Social Sciences Communications, 11. https://doi.org/10.1057/s41599-024-03897-3

372 Urhal, P. et al. (2019) 'Robot assisted additive manufacturing: A review'. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 59: 335-345. https://doi.org/10.1016/j.rcim.2019.05.005

373 Linke, R. (2017) 'Additive manufacturing, explained'. MIT Sloan School of Management. 7 December. https://mitsloan.mit.edu/ideas-made-to-matter/additive-manufacturing-explained

374 Urhal, P. et al. (2019) 'Robot assisted additive manufacturing: A review'. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 59: 335-345. https://doi.org/10.1016/j.rcim.2019.05.005

375 Zhou, K., Zhao, R.R. and Qi, H.J. (2024) 'Special Issue Editorial: Advanced Materials for Additive Manufacturing'. Advanced Materials, 36(34). https://doi.org/10.1002/adma.202410446

376 Additive Manufacturing (n.d.) 'What is additive manufacturing?'. www.additivemanufacturing.media/kc/what-is-additive-manufacturing/am-materials (retrieved 6 January 2025)

377 Alhijaily, A., Kilic, Z.M. and Bartolo, A.N.P. (2023) 'Teams of robots in additive manufacturing: a review'. Virtual and Physical Prototyping, 18(1). https://doi.org/10.1080/17452759.2022.2162929

378 Kharmanda, G. (2024) 'Identification of Uncertainty Cases in Robots with Focus on Additive Manufacturing Technology: A Mini Review'. Journal of Modern Industry and Manufacturing, 3(11). http://dx.doi.org/10.53964/jmim.2024011

379 Alhijaily, A., Kilic, Z.M. and Bartolo, A.N.P. (2022) 'Teams of robots in additive manufacturing: a review'. Virtual and Physical Prototyping, 18(1). https://doi.org/10.1080/17452759.2022.2162929

380 Alhijaily, A., Kilic, Z.M. and Bartolo, A.N.P. (2022) 'Teams of robots in additive manufacturing: a review'. Virtual and Physical Prototyping, 18(1). https://doi.org/10.1080/17452759.2022.2162929

381 Shukla, A. (2024) 'Performance Metrics for Collaborative Robots: A Literature Review'. engrXiv Engineering Archive. https://doi.org/10.31224/3964

382 UNESCO (2024) 'UNESCO Women for Ethical AI: outlook study on artificial intelligence and gender'. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000391719

383 World Economic Forum (2024) 'Global gender gap report: Insight report'. June. www.weforum.org/publications/global-gender-gap-report-2024/

384 Bandura, R. and McLean, M. (2024) 'Leveraging Digital Technologies to Advance Women's Economic Empowerment'. Center for Strategic and International Studies. 27 August. www.csis.org/analysis/leveraging-digital-technologies-advance-womens-economic-empowerment

385 Women in AI (n.d.) 'Changing the role of women in AI'. https://womeninai.nl (retrieved 6 January 2025)

386 Abdulla Al Ghurair Foundation (n.d.) 'Nomu Al Ghurair: Women in AI'. www.alghurairfoundation.org/program/women-in-ai/ (retrieved 6 January 2025)

387 Gartner (2024) 'Gartner Survey Reveals 85% of Customer Service Leaders Will Explore or Pilot Customer-Facing Conversational GenAI in 2025'. 9 December. www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2024-12-09-gartner-survey-reveals-85-percent-of-customer-service-leaders-will-explore-or-pilot-customer-facing-conversational-genai-in-2025

388 Forrester (2024) 'Forrester's 2024 US Customer Experience Index: Brands' CX Quality Is At An All-Time Low'. 17 June. www.forrester.com/press-newsroom/forrester-2024-us-customer-experience-index/

389 Hyken, S. (2020) 'Ninety-Six Percent Of Customers Will Leave You For Bad Customer Service'. Forbes. 12 July. www.forbes.com/sites/shephyken/2020/07/12/ninety-six-percent-of-customers-will-leave-you-for-bad-customer-service/?sh=108a6d4a30f8

390 Forrester (n.d.) 'Forrester Decisions for Customer Experience'. www.forrester.com/research/customer-experience/ (retrieved 6 January 2025)

391 Curtis, M. et al. (2023) 'Accenture Life Trends 2024'. Accenture. www.accenture.com/content/

dam/accenture/final/accenture-com/document-2/Accenture-Life-Trends-2024-Report.pdf

392 Leachman, L. and Scheibenreif, D. (2023) 'Using Technology to Create a Better Customer Experience'. Harvard Business Review. 17 March. https://hbr.org/2023/03/using-technology-to-create-a-better-customer-experience

393 United Nations (2024) 'Governing AI for Humanity: Final Report'. September. www.un.org/sites/un2.un.org/files/governing_ai_for_humanity_final_report_en.pdf

394 United Nations (2024) 'Governing AI for Humanity: Final Report'. September. www.un.org/sites/un2.un.org/files/governing_ai_for_humanity_final_report_en.pdf

395 Larsen, B. and Dignum, V. (2024) 'AI value alignment: How we can align artificial intelligence with human values'. World Economic Forum. 17 October. www.weforum.org/stories/2024/10/ai-value-alignment-how-we-can-align-artificial-intelligence-with-human-values/

396 United Nations (2024) 'Creative Economy Outlook 2024'. July. https://unctad.org/system/files/official-document/ditctsce2024d2_en.pdf

397 United Nations (2024) 'How digitalization is transforming the creative economy'. 11 July. https://unctad.org/news/how-digitalization-transforming-creative-economy

398 International Finance Corporation (IFC) (n.d.) 'Creative Industries'. www.ifc.org/en/what-we-do/sector-expertise/creative-industries (retrieved 6 January 2025)

399 International Finance Corporation (IFC) (n.d.) 'Creative Industries'. www.ifc.org/en/what-we-do/sector-expertise/creative-industries (retrieved 6 January 2025)

400 Global Leaders Institute for Arts Innovation (2024) 'Impact Investing for the Creative Economy: Purpose with profit'. www.globalleadersinstitute.org/blog-post/impact-investing-for-the-creative-economy-placing-purpose-alongside-profit/ (retrieved 6 January 2025)

401 Holley, T. (2024) 'By prioritising STEM over SHAPE in schools we poorly prepare students for a complex future'. LSE. 5 February. https://blogs.lse.ac.uk/impactofsocialsciences/2024/02/05/by-prioritising-stem-over-shape-in-schools-we-poorly-prepare-students-for-a-complex-future/

402 Shotwell, M. (2023) 'How Art Makes Us More Human: Why Being Creative is So Important in Life'. Cultivate Arts and Education. 6 March. www.cultivategrandrapids.org/post/how-art-makes-us-more-human-why-being-creative-is-so-important-in-life

403 Carr, D. (2024) 'Art and Life'. The journal of Aesthetic Education, 58(3): 1-19. https://muse.jhu.edu/article/935891

404 Kaimal, G. (2020) 'Nonverbal therapy helps people work through trauma and build resilience'. American Scientist, 108(4). www.americanscientist.org/article/how-art-can-heal

405 World Justice Project (2019) 'Global Insights on Access to Justice: Findings from the World Justice Project General Population Poll in 101 Countries'. https://worldjusticeproject.org/sites/default/files/documents/WJP-A2J-2019.pdf

406 Legal Services Corporation (2022) 'The Justice Gap: The Unmet Civil Legal Needs of Low-income Americans'. https://justicegap.lsc.gov/the-report/

407 Tan, J. et al. (2024) 'Robots in the Middle: Evaluating LLMs in Dispute Resolution'. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2410.07053

408 Tan, J. et al. (2024) 'Robots in the Middle: Evaluating LLMs in Dispute Resolution'. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2410.07053

409 Hörnle, J. (2009) 'Cross-border Internet Dispute Resolution'. https://assets.cambridge.org/97805218/96207/frontmatter/9780521896207_frontmatter.pdf

410 Suffolk University (2024) 'American Arbitration Association and Suffolk Law Launch Online Dispute Resolution Innovation Clinic'. 17 July. www.suffolk.edu/news-features/news/2024/07/18/22/06/aaa-suffolk-law-online-dispute-resolution-clinic

411 Civil Resolution Tribunal (n.d.) 'Civil Resolution Tribunal'. https://civilresolutionbc.ca (retrieved 6 January 2025)

412 Conflict Analytics (n.d.) 'All Rise, the AI Court is Now In Session: A new lab uses artificial intelligence to help individuals and businesses resolve their legal disputes'. Queen's University. https://conflictanalytics.queenslaw.ca/news/all-rise-the-ai-court-is-now-in-session

413 Basher, F. et al.(2024) 'Impact of job meaningfulness on employee retention: Antecedent and outcome of person-organization fit and person job fit'. Journal of Infrastructure, Policy and Development, 8(11). https://doi.org/10.24294/jipd.v8i11.7326

414 Oliver Wyman Forum (n.d.), 'What Business Needs To Know About The Generation Changing Everything'. Online. 6 Nov. www.oliverwymanforum.com/global-consumer-sentiment/a-gen-z.html

415 Ayoobzadeh, M. et al. (2024) 'A tale of two generations: a time-lag study of career expectations'. Personnel Review, 53(7): 1649-1665. https://doi.org/10.1108/PR-02-2022-0101

416 Holum, M. et al. (2024) 'Career preferences of business students in Norway and Poland: Factors explaining the choice between public and private sector'. The International Journal of Management Education, 22(3). https://doi.org/10.1016/j.ijme.2024.100997

417 Hale, J. (2024) 'When an Employee Thinks They're Awesome, but You Don't'. Crucial Learning. 8 May. https://cruciallearning.com/blog/when-an-employee-thinks-theyre-awesome-but-you-dont/

418 Sepah, C. (2017) 'Your Company Culture is Who You Hire, Fire, and Promote: Use the Performance-Values Matrix to build an Outstanding Culture'. Medium. 3 March. https://medium.com/s/company-culture/your-companys-culture-is-who-you-hire-fire-and-promote-c69f84902983

419 Giddis, C. (2024) 'Company culture is who you hire, fire, and promote'. Medium. 23 January. https://medium.com/the-daily-bugle/company-culture-is-who-you-hire-fire-and-promote-837d8e15cab1

420 Hong, D.J. (2024) 'Are We Attractive to You? A Study on Metaverse Recruitment and Organisational Attractiveness'. HAL open archive server. https://ideas.repec.org/p/hal/journl/hal-04589098.html

421 Tholen, G. (2023) 'Matching Candidates to Culture: How Assessments of Organisational Fit Shape the Hiring Process'. Work, Employment and Society, 38(3): 705-722. https://doi.org/10.1177/09500170231155294

422 Tholen, G. (2023) 'Matching Candidates to Culture: How Assessments of Organisational Fit Shape the Hiring Process'. Work, Employment and Society, 38(3): 705-722. https://doi.org/10.1177/09500170231155294

423 World Bank (2024) 'Health and Climate Change'. 16 November. www.worldbank.org/en/topic/health/brief/health-and-climate-change

424 Romanello, M. et al. (2024) 'The 2024 report of the Lancet Countdown on health and climate change: facing record-breaking threats from delayed action'. The Lancet, 404(10465): 1847-1896. www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(24)01822-1/abstract?rss=yes.

425 University College London (2024) 'Health threats of climate change reach record-breaking levels'. 30 October. www.ucl.ac.uk/news/2024/oct/health-threats-climate-change-reach-record-breaking-levels

426 Hameed, W. et al. (2022) 'Health system bottlenecks hindering provision of supportive and dignified maternity care in public health facilities'. PLOS global public health, 2(7). https://doi.org/10.1371/journal.pgph.0000550

427 Wager, E. and Cox, C. (2024) 'International Comparison of Health Systems'. KFF. 30 October. www.kff.org/health-policy-101-international-comparison-of-health-systems/

428 Linder, G. and Woitok, B.K. (2020) 'Emergency department overcrowding: Analysis and strategies to manage an international phenomenon'. Wiener klinische Wochenschrift, 133: 229-233. https://doi.org/10.1007/s00508-019-01596-7

429 Organisation for Economic Co-operation and Development (2020) 'Waiting Times for Health Services: Next in line'. OECD Health Policy Studies. 28 May. www.oecd.org/en/publications/waiting-times-for-health-services_242e3c8c-en/full-report/component-2.html#execsumm-d1e61

430 Linder, G. and Woitok, B.K. (2020) 'Emergency department overcrowding: Analysis and strategies to manage an international phenomenon'. Wiener klinische Wochenschrift, 133: 229-233. https://doi.org/10.1007/s00508-019-01596-7

431 Cosio, D. and Deyman, A. (2024) 'Is Your Practice Suffering from Mental Health Care Gridlock?'. MedCentral. 10 June. www.medcentral.com/behavioral-mental/is-your-practice-suffering-from-mental-health-care-gridlock

432 Organisation for Economic Co-operation and Development and Food and Agricultural Organization of the United Nations (2024) 'OECD-FAO Agricultural Outlook 2024-2033'. 2 July. www.google.com/search?client=safari&rls=en&q=opECD-FAO+Agricultural+Outlook+2024-2033&ie=UTF-8&oe=UTF-8

433 Organisation for Economic Co-operation and Development and Food and Agricultural Organization of the United Nations (2024) 'OECD-FAO Agricultural Outlook 2024-2033'. 2 July. https://doi.org/10.1787/4c5d2cfb-en

434 Brown, A. (2024) 'Move to protect Australian beef industry from EU land clearing laws criticised by scientists'. The Guardian. 10 May. www.theguardian.com/australia-news/article/2024/may/10/move-to-protect-australian-beef-industry-from-eu-land-clearing-laws-criticised-by-scientists

435 Devitt, J. (2024) 'Small Reductions to Meat Production in Wealthier Countries May Help Fight Climate Change, New Analysis Concludes'. New York University. 4 November. www.nyu.edu/about/news-publications/news/2024/november/small-reductions-to-meat-production-in-wealthier-countries-may-h.html

436 Organisation for Economic Co-operation and Development and Food and Agricultural Organization of the United Nations (2021) 'OECD-FAO Agricultural Outlook 2021-2030'. https://doi.

org/10.1787/19428846-en

437 Klibaner-Schiff, E. et al. (2024) 'Environmental exposures influence multigenerational epigenetic transmission'. Clinical Epigenetics, 16. https://doi.org/10.1186/s13148-024-01762-3 3

438 Gavito-Covarrubias, D. et al. (2024) 'Epigenetic mechanisms of particulate matter exposure: air pollution and hazards on human health'. Frontiers in Genetics, 14. https://doi.org/10.3389/fgene.2023.1306600

439 Grand View Research (n.d.) 'Epigenetics Market Size, Share & Trends Analysis Report By Product (Reagents, Kits, Instruments), By Technology (DNA Methylation), By Application (Oncology), By End-use, By Region, And Segment Forecasts, 2024 – 2030'. www.grandviewresearch.com/industry-analysis/epigenetics-market# (retrieved 7 January 2025)

440 Feehley, T. et al. (2023) 'Drugging the epigenome in the age of precision medicine'. Clinical Epigenetics, 15. https://doi.org/10.1186/s13148-022-01419-z

441 Muharremi, G., Meçani, R. and Muka, T. (2023) 'The Buzz Surrounding Precision Medicine: The Imperative of Incorporating It into Evidence-Based Medical Practice'. Journal of Personalized Medicine, 14(1). https://doi.org/10.3390/jpm14010053

442 Personalized Medicine Coalition (2024) 'Personalized medicine at FDA: The scope & significance of progress in 2023'. www.personalizedmedicinecoalition.org/wp-content/uploads/2024/02/report-3.pdf

443 Horber, V. et al. (2021) 'The Role of Neuroimaging and Genetic Analysis in the Diagnosis of Children With Cerebral Palsy'. Frontiers in Neurology, 11. https://doi.org/10.3389/fneur.2020.628075

444 Nisar, S. and Haris, M. (2023) 'Neuroimaging genetics approaches to identify new biomarkers for the early diagnosis of autism spectrum disorder'. Molecular Psychiatry, 28: 4995-5008. https://doi.org/10.1038/s41380-023-02060-9

445 Peebles, I.S., Kinney, D.B. and Foster-Hanson, E. (2024) 'Systematic decision frameworks for the socially responsible use of precision medicine'. npj genomic medicine, 9. https://doi.org/10.1038/s41525-024-00433-9

446 World Health Organization (2024) 'Epilepsy'. 7 February. www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/epilepsy

447 World Health Organization (2024) 'Epilepsy'. 7 February. www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/epilepsy

448 Genome Wide Association Studies (GWAS) Diversity Monitor (2025) 'Total GWAS participants diversity'. 7 January. www.gwasdiversitymonitor.com

449 Gordon, T.M. (2024) 'Precision Medicine Has a Data Equity Problem'. Nonprofit Quarterly. 21 January. https://nonprofitquarterly.org/precision-medicine-has-a-data-equity-problem/

450 Columbia University Department of Psychiatry (2022) 'Cultural Barriers to Genetic Testing: To make tests clinically useful for non-European groups, we must focus on efforts to take their concerns into account'. 7 June. www.columbiapsychiatry.org/news/cultural-barriers-genetic-testing

451 Baynam, G., Gomez, R. and Jain, R. (2024) 'Stigma associated with genetic testing for rare diseases—causes and recommendations'. Frontiers in Genetics, 15. https://doi.org/10.3389/fgene.2024.1335768

452 Munung, N.S. et al. (2024) 'Perceptions and preferences for genetic testing for sickle cell disease or trait: a qualitative study in Cameroon, Ghana and Tanzania'. European Journal of Human Genetics, 32: 1307-1313. https://doi.org/10.1038/s41431-024-01553-7

453 Energy Information Administration (EIA) (2024) 'Biomass explained'. 30 July. www.eia.gov/energyexplained/biomass/

454 International Energy Agency (n.d.) 'Bioenergy'. www.iea.org/energy-system/renewables/bioenergy(retrieved 7 January 2025)

455 Rousseau, N. (2024) 'The Remarkable Growth of the Global Biochar Market: A Beacon of Environmental Progress'. Earth.Org. 4 April. https://earth.org/the-remarkable-growth-of-the-global-biochar-market/

456 Sanchez-Monedero, M.A. et al. (2018) 'Role of biochar as an additive in organic waste composting'. Bioresources Technology, 247: 1155-1164. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.09.193

457 Li, R. et al. (2023) 'Porous Biochar Materials for Sustainable Water Treatment: Synthesis, Modification, and Application'. Water, 15(3). https://doi.org/10.3390/w150303955

458 Moya, B. (2023) 'Biochar is carbon removal's jack of all trades. Here's why'. World Economic Forum. 23 November. www.weforum.org/stories/2023/11/biochar-carbon-removals-jack-of-all-trades-for-immediate-climate-action/

459 Pandian, K. et al. (2024) 'Biochar – a sustainable soil conditioner for improving soil health, crop production and environment under changing climate: a review'. Frontiers in Soil Science, 4. https://doi.org/10.3389/fsoil.2024.1376159

460 Patro, A. et al. (2024) 'Recent approaches and advancement in biochar-based environmental sustainability: Is biochar fulfilling the sustainable development goals?'. iScience, 27(9). https://doi.org/10.1016/j.isci.2024.110812

461 Pandian, K. et al. (2024) 'Biochar – a sustainable soil conditioner for improving soil health, crop production and environment under changing climate: a review'. Frontiers in Soil Science, 4. https://doi.org/10.3389/fsoil.2024.1376159

462 Yadav, S.P.S. et al. (2023) 'Biochar application: A sustainable approach to improve soil health'. Journal of Agriculture and food Research, 11. https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100498

463 Frambach, J.M., van der Vleuten, C.P.M. and Durning, S.J. (2023) 'AM Last Page: Quality Criteria in Qualitative and Quantitative Research'. Academic Medicine, 88(4).www.hopkinsmedicine.org/-/media/institute-excellence-education/documents/quality_criteria_in_research.pdf

464 Timonen, V., Foley, G. and Conlon, C. (2024) 'Quality in qualitative research: a relational process'. Qualitative Research Journal. https://doi.org/10.1108/QRJ-07-2024-0153

465 Hirose, M. and Creswell, J.W. (2023) 'Applying Core Quality Criteria of Mixed Methods Research to an Empirical Study'. Journal of Mixed Methods Research, 17(1): 12-28. https://doi.org/10.1177/15586898221086346

466 Lindgreen, A., Di Benedetto, C.A. and Brodie, R.J. (2021) 'Research quality: What it is, and how to achieve it'. Industrial Marketing Management, 99: A13-A19. https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2021.10.009

467 Pontika, N. et al. (2022) 'Indicators of research quality, quantity, openness, and responsibility in institutional review, promotion, and tenure policies across seven countries'. Quantitative Science Studies, 3(4): 888-911. https://doi.org/10.1162/qss_a_00224

468 Lindgreen, A., Di Benedetto, C.A. and Brodie, R.J. (2021) 'Research quality: What it is, and how to achieve it'. Industrial Marketing Management, 99: A13-A19. https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2021.10.009

469 Mizsei, B. (2023) 'Foresight is a messy methodology but a marvellous mindset'. CEPS. 6 March. www.ceps.eu/foresight-is-a-messy-methodology-but-a-marvellous-mindset/

470 Observatory of Public Sector Innovation (OPSI) (n.d.) 'Futures & Foresight'. https://oecd-opsi.org/guide/futures-and-foresight/ (retrieved 15 January 2025)

471 Guba, E.G. (2012) 'ERIC/ECTJ Annual Review Paper: Criteria for Assessing the Trustworthiness of Naturalistic Inquiries'. Educational Communication and Technology, 29(2): 75-91. https://cecas.clemson.edu/cedar/wp-content/uploads/2016/07/3-Guba1981-30219811.pdf

472 Krishnan, A. et al. (2022) 'UNDP Regional Bureau for Asia and the Pacific Foresight Playbook: Overview of Foresight Tools'. United Nations Development Programme. www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2022-07/UNDP-RBAP-Foresight-Playbook-Appendix-2022_0.pdf

473 Anghel, S.E. (2024) 'The use of strategic foresight in Commission impact assessments: Existing practices and the way forward'. European Parliamentary Research Service. February. www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2024/757801/EPRS_BRI(2024)757801_EN.pdf

474 Dubai Future Foundation (2023) 'Navigating the Future for Growth, Prosperity and Well-being: The Foundation of the Global 50 Report'. February. www.dubaifuture.ae/wp-content/uploads/2023/02/GPW-Report-Eng.pdf

475 Dubai Future Foundation (2023) 'Navigating the Future for Growth, Prosperity and Well-being: The Foundation of the Global 50 Report'. February. www.dubaifuture.ae/wp-content/uploads/2023/02/GPW-Report-Eng.pdf

476 Dubai Future Foundation (2023) 'Future Opportunities Report – The Global 50'. www.dubaifuture.ae/wp-content/uploads/2023/04/THE-GLOBAL-50-EN.pdf

477 Horne, R. (2024) 'Employment and social trends by region'. World Employment and Social Outlook 2024(1): 37–60. https://doi.org/10.1002/wow3.204

478 Organisation for Economic Co-operation and Development (2023) 'How to Make Societies Thrive? Coordinating Approaches to Promote Well-Being and Mental Health'. 17 October. https://doi.org/10.1787/fc6b9844-en

479 Gallup (2024) 'State of the Global Workplace'. www.gallup.com/file/workplace/645608/state-of-the-global-workplace-2024-download.pdf

480 World Health Organization (2024) 'Mental health of adolescents'. 10 October. www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/adolescent-mental-health

481 Institute for Health Metrics and Evaluation (n.d.) 'GBD results tool'. https://vizhub.healthdata.org/gbd-results/?params=gbd-api-2019-permalink/380dfa3f26639cb711d908d9a119ded2 (retrieved 26 January 2025)

482 Gallup (2024) 'State of the Global Workplace'. www.gallup.com/file/workplace/645608/state-of-the-global-workplace-2024-download.pdf

483 Horne, R. (2024) 'Employment and social trends by region'. World Employment and Social

Outlook, 2024(1): 37–60. https://doi.org/10.1002/wow3.204

484 World Health Organisation (n.d.) 'Mental health: Impact' www.who.int/health-topics/mental-health#tab=tab_2 (retrieved 13 December 2024)

485 McGrath, J.J. et al (2023) 'Age of onset and cumulative risk of mental disorders: a cross-national analysis of population surveys from 29 countries'. The Lancet Psychiatry, 10(9): 668-681. https://doi.org/10.1016/S2215-0366(23)00193-1

486 McGrath, J.J. et al (2023) 'Age of onset and cumulative risk of mental disorders: a cross-national analysis of population surveys from 29 countries'. The Lancet Psychiatry, 10(9): 668-681. https://doi.org/10.1016/S2215-0366(23)00193-1

487 World Health Organization (2023) 'Mental health of older adults'. 20 October. www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/mental-health-of-older-adults

488 World Health Organization (2023) 'Mental health of older adults'. 20 October. www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/mental-health-of-older-adults

489 Byun, K. et al. (2022) 'Investigating How Auditory and Visual Stimuli Promote Recovery After Stress With Potential Applications for Workplace Stress and Burnout: Protocol for a Randomized Trial'. Frontiers in Psychology, 13. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.897241

490 Sakurai, N. et al. (2023) 'Brain function effects of autonomous sensory meridian response (ASMR) video viewing'. Frontiers in Neuroscience, 17. https://doi.org/10.3389/fnins.2023.1025745

491 GBD 2021 Antimicrobial Resistance Collaborators (2024) 'Global burden of bacterial antimicrobial resistance 1990–2021: a systematic analysis with forecasts to 2050'. The Lancet, 404(10459): 1199-1226 www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(24)01867-1/fulltext

492 Bizuayehu, H.M. et al (2024) 'Global Disparities of Cancer and Its Projected Burden in 2050'. JAMA Network Open 7(11). https://jamanetwork.com/journals/jamanetworkopen/fullarticle/2825637

493 World Health Organisation (2023) 'Antimicrobial resistance'. 21 November. www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/antimicrobial-resistance

494 Okeke, I.N. et al. (2024) 'The scope of the antimicrobial resistance challenge'. The Lancet, 403(10442): 2426-2438. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(24)00876-6

495 Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2024) 'Reduce the Need for Antimicrobials for Sustainable Agrifood System Transformation (RENOFARM)' https://doi.org/10.4060/cd1715en

496 Adamie, B.A. et al. (2024) 'Forecasting the Fallout from AMR: Economic Impacts of Antimicrobial Resistance in Food-Producing Animals. A report from the EcoAMR series'. World Organisation for Animal Health and World Bank. September. https://doi.org/10.20506/ecoAMR.3541

497 Adamie, B.A. et al. (2024) 'Forecasting the Fallout from AMR: Economic Impacts of Antimicrobial Resistance in Food-Producing Animals. A report from the EcoAMR series'. World Organisation for Animal Health and World Bank. September. https://doi.org/10.20506/ecoAMR.3541

498 Kornienko, M. et al. (2023) 'Transcriptional Landscapes of Herelleviridae Bacteriophages and Staphylococcus aureus during Phage Infection: An Overview'. Viruses, 15(7). https://doi.org/10.3390/v15071427

499 Sulakvelidze, A., Alavidze, Z. and Morris, J.G., Jr (2001) 'Bacteriophage therapy'. Antimicrobial agents and chemotherapy, 45(3): 649–659. https://doi.org/10.1128/AAC.45.3.649-659.2001

500 Cui, L. et al. (2023) 'Bacteriophage Bioengineering: A Transformative Approach for Targeted Drug Discovery and Beyond'. Pathogens, 12(9). https://doi.org/10.3390/pathogens12091179

501 Cui, L. et al. (2023) 'Bacteriophage Bioengineering: A Transformative Approach for Targeted Drug Discovery and Beyond'. Pathogens, 12(9). https://doi.org/10.3390/pathogens12091179

502 Eliava Institute (n.d.) 'Home'. https://eliava-institute.org/?lang=en (retrieved 7 January 2025)

503 Hirszfeld Institute of Immunology and Experimental Therapy (n.d.) 'Phage Therapy Unit'. https://hirszfeld.pl/en/structure/iitd-pan-medical-center/phage-therapy-unit/ (retrieved 7 January 2025)

504 Cui, L. et al. (2023) 'Bacteriophage Bioengineering: A Transformative Approach for Targeted Drug Discovery and Beyond'. Pathogens, 12(9). https://doi.org/10.3390/pathogens12091179

505 Cui, L. et al. (2023) 'Bacteriophage Bioengineering: A Transformative Approach for Targeted Drug Discovery and Beyond'. Pathogens, 12(9). https://doi.org/10.3390/pathogens12091179

506 Parthasarathi, K.T.S. et al. (2024) 'A machine learning-based strategy to elucidate the identification of antibiotic resistance in bacteria'. Frontiers in Antibiotics, 3. https://doi.org/10.3389/frabi.2024.1405296

507 Cui, L. et al. (2023) 'Bacteriophage Bioengineering: A Transformative Approach for Targeted Drug Discovery and Beyond'. Pathogens, 12(9). https://doi.org/10.3390/pathogens12091179

508 Ranveer, S.A. et al. (2024) 'Positive and negative aspects of bacteriophages and their immense

role in the food chain'. npj Science of Food, 8. https://doi.org/10.1038/s41538-023-00245-8

509 Bianchessi, L. et al. (2024). 'Bacteriophage Therapy in Companion and Farm Animals'. Antibiotics, 13(4). https://doi.org/10.3390/antibiotics13040294

510 United Nations (2018) '68% of the world population projected to live in urban areas by 2050, says UN'. www.un.org/uk/desa/68-world-population-projected-live-urban-areas-2050-says-un (retrieved 7 January 2025)

511 World Bank Group (n.d.) 'Rural population (% of total population) - Middle East & North Africa (excluding high income)'. https://data.worldbank.org/indicator/SP.RUR.TOTL.ZS?locations=XQ (retrieved 7 January 2025)

512 Su, B. et al. (2023) 'Chronic Disease in China: Geographic and Socioeconomic Determinants Among Persons Aged 60 and Older'. Journal of the American Medical Directors Association, 24(2): 206-212. https://doi.org/10.1016/j.jamda.2022.10.002

513 USDA Economic Research Centre (2025) 'Rural Classifications - What is Rural?'. 8 January. www.ers.usda.gov/topics/rural-economy-population/rural-classifications/what-is-rural

514 U.S. Centers for Disease Control and Prevention (CDC) (2024) 'Preventing Chronic Diseases and Promoting Health in Rural Communities'. 14 August. www.cdc.gov/health-equity-chronic-disease/health-equity-rural-communities/index.html

515 Herbert, J. et al. (2023) 'Delivery of telehealth nutrition and physical activity interventions to adults living in rural areas: a scoping review'. International Journal of Behavioural Nutrition and Physical Activity, 20(1). https://doi.org/10.1186/s12966-023-01505-2

516 Agali, K., Masrom, M. and Abdul Rahim, F. (2023) 'IoT Communication Technologies in Remote Patient Monitoring: Requirements, Analysis, and Ideal Scenarios'. Journal of Computer Science & Computational Mathematics, 13(4): 107–115. www.jcscm.net/fp/222.pdf

517 ITU (2024) 'Measuring digital development: Facts and figures 2024'. United Nations. www.itu.int/itu-d/reports/statistics/facts-figures-2024/

518 Umar, A., Smółka, Ł. and Gancarz, M. (2023) 'The Role of Fungal Fuel Cells in Energy Production and the Removal of Pollutants from Wastewater'. Catalysts, 13(4). https://doi.org/10.3390/catal13040687

519 Oliveira, V.B. (2023) 'Microbial Fuel Cells as a Promising Power Supply for Implantable Medical Devices'. Energies, 16(6). https://doi.org/10.3390/en16062647

520 Umar, A., Smółka, Ł. and Gancarz, M. (2023) 'The Role of Fungal Fuel Cells in Energy Production and the Removal of Pollutants from Wastewater'. Catalysts, 13(4). https://doi.org/10.3390/catal13040687

521 Umar, A. et al. (2024) 'Harnessing fungal bio-electricity: a promising path to a cleaner environment'. Frontiers. in Microbiology,. 14. https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1291904

522 Umar, A. et al. (2024) 'Harnessing fungal bio-electricity: a promising path to a cleaner environment'. Frontiers. in Microbiology,. 14. https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1291904

523 United Nations (n.d.) 'World Population Prospects-Population Division'. https://population.un.org/wpp/Graphs/DemographicProfiles/Line/900 (retrieved 4 November 2024)

524 Morganti, F. (2024) 'Longevity as a Responsibility: Constructing Healthy Aging by Enacting within Contexts over the Entire Lifespan'. Geriatrics, 9(4). https://doi.org/10.3390/geriatrics9040093

525 Reis, O. et al. (2023) 'Impact of COVID-19 on Influenza Virus Vaccination Coverage'. Medical Sciences Forum, 26(1). https://doi.org/10.3390/IECV2023-16529

526 Daglis, T. and Tsagarakis, K.P. (2024) 'A LinkedIn-based analysis of the U.S. dynamic adaptations in healthcare during the COVID-19 pandemic'. Healthcare Analytics, 5. https://doi.org/10.1016/j.health.2023.100291

527 Broom, D. (2022) '6 trends that define the future of health and wellness'. World Economic Forum. 15 February. www.weforum.org/stories/2022/02/megatrends-future-health-wellness-covid19/

528 IPSOS (2022) 'What the a: Wellness'. www.ipsos.com/sites/default/files/What-The-Future-Wellness.pdf

529 IPSOS (2024) 'What the future: Wellness'. https://www.ipsos.com/sites/default/files/What-The-Future-Wellness.pdf

530 Zhao, R. et al. (2024) 'Plasma proteomics-based organ-specific aging for all-cause mortality and cause-specific mortality: a prospective cohort study'. GeroScience. https://doi.org/10.1007/s11357-024-01411-w

531 Goeminne, L.J.E. et al. (2024) 'Plasma protein-based organ-specific aging and mortality models unveil diseases as accelerated aging of organismal systems'. Cell Metabolism, 37(1): 205-222. https://doi.org/10.1016/j.cmet.2024.10.005

532 Zhao, R. et al. (2024) 'Plasma proteomics-based organ-specific aging for all-cause mortality and cause-specific mortality: a prospective cohort study'. GeroScience. https://doi.org/10.1007/s11357-024-01411-w

533 Goeminne, L.J.E. et al. (2024) 'Plasma protein-based organ-specific aging and mortality models unveil diseases as accelerated aging of organismal systems'. Cell Metabolism, 37(1): 205-222. https://doi.org/10.1016/j.cmet.2024.10.005

534 Zhao, R. et al. (2024) 'Plasma proteomics-based organ-specific aging for all-cause mortality and cause-specific mortality: a prospective cohort study'. GeroScience. https://doi.org/10.1007/s11357-024-01411-w

535 National Institutes of Health (2024) 'Tracking organ aging and disease'. 9 January. www.nih.gov/news-events/nih-research-matters/tracking-organ-aging-disease

536 National Institutes of Health (2024) 'Tracking organ aging and disease'. 9 January. www.nih.gov/news-events/nih-research-matters/tracking-organ-aging-disease

537 National Human Genome Research Institute (2025) 'Genetic Screening'. 7 January. www.genome.gov/genetics-glossary/Genetic-Screening

538 Carrasco-Zanini, J. et al. (2024) 'Mapping biological influences on the human plasma proteome beyond the genome'. Nature metabolism, 6. https://doi.org/10.1038/s42255-024-01133-5

539 Carrasco-Zanini, J. et al. (2024) 'Mapping biological influences on the human plasma proteome beyond the genome'. Nature metabolism, 6. https://doi.org/10.1038/s42255-024-01133-5

540 World Health Organization (2024) 'Over 1 in 3 people affected by neurological conditions, the leading cause of illness and disability worldwide'. 14 March. www.who.int/news/item/14-03-2024-over-1-in-3-people-affected-by-neurological-conditions--the-leading-cause-of-illness-and-disability-worldwide

541 Centre for Aging Better (2024) 'Our Aging Population: The State of Aging 2023-24'. https://aging-better.org.uk/our-aging-population-state-aging-2023-4

542 Chen, S. et al. (2024) 'The global macroeconomic burden of Alzheimer's disease and other dementias: Estimates and projections for 152 countries or territories'. The Lancet Global Health, 12(9): e1534–e1543. https://doi.org/10.1016/S2214-109X(24)00264-X

543 National Institute on Aging (2023) 'Alzheimer's Disease Genetic Fact Sheet'. 1 March. www.nia.nih.gov/health/alzheimers-causes-and-risk-factors/alzheimers-disease-genetics-fact-sheet

544 National Institutes of Health (2024) 'Tracking organ aging and disease'. 9 January. www.nih.gov/news-events/nih-research-matters/tracking-organ-aging-disease

545 Liu, Y. et al. (2024) 'Cognitive reserve over the life course and risk of dementia: a systematic review and meta-analysis'. Frontiers in Aging Neuroscience, 16. https://doi.org/10.3389/fnagi.2024.1358992

546 Oosterhuis, E.J. et al. (2023) 'Toward an Understanding of Healthy Cognitive Aging: The Importance of Lifestyle in Cognitive Reserve and the Scaffolding Theory of Aging and Cognition'. The Journals of Gerontology: Series B, 78(5): 777-788. https://doi.org/10.1093/geronb/gbac197

547 Liu, Y. et al. (2024) 'Cognitive reserve over the life course and risk of dementia: a systematic review and meta-analysis'. Frontiers in Aging Neuroscience, 16. https://doi.org/10.3389/fnagi.2024.1358992

548 Liu, Y. et al. (2024) 'Cognitive reserve over the life course and risk of dementia: a systematic review and meta-analysis'. Frontiers in Aging Neuroscience, 16. https://doi.org/10.3389/fnagi.2024.1358992

549 Liu, Y. et al. (2024) 'Cognitive reserve over the life course and risk of dementia: a systematic review and meta-analysis'. Frontiers in Aging Neuroscience, 16. https://doi.org/10.3389/fnagi.2024.1358992

550 Liu, Y. et al. (2024) 'Cognitive reserve over the life course and risk of dementia: a systematic review and meta-analysis'. Frontiers in Aging Neuroscience, 16. https://doi.org/10.3389/fnagi.2024.1358992

551 Georgieva, K. (2024) 'AI Will Transform the Global Economy. Let's Make Sure It Benefits Humanity'. IMF Blog. 14 January.www.imf.org/en/Blogs/Articles/2024/01/14/ai-will-transform-the-global-economy-lets-make-sure-it-benefits-humanity

552 Perri, E.F. (2024) 'GenAI and creative-cognitive depletion: an ethical issue. Use and abuse of generative AI in the field of culture and education'. 1 January. https://hdl.handle.net/11568/1228688

553 Sidra, S. and Mason, C. (2024) 'Reconceptualizing AI Literacy: The Importance of Metacognitive Thinking in an Artificial Intelligence (AI)-Enabled Workforce'. 2024 IEEE Conference on Artificial Intelligence (CAI). https://ieeecai.org/2024/wp-content/pdfs/540900b178/540900b178.pdf

554 Dergaa, I. et al. (2024) 'From tools to threats: a reflection on the impact of artificial-intelligence chatbots on cognitive health'. Frontiers in Psychology, 2(15). https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1259845/

555 Shanmugasundaram, M. and Tamilarasu, A. (2023) 'The impact of digital technology, social media, and artificial intelligence on cognitive functions: a review'. Frontiers in Cognition, 2. https://

doi.org/10.3389/fcogn.2023.1203077

556 Sidra, S. and Mason, C. (2024) 'Reconceptualizing AI Literacy: The Importance of Metacognitive Thinking in an Artificial Intelligence (AI)-Enabled Workforce'. 2024 IEEE Conference on Artificial Intelligence (CAI). https://ieeecai.org/2024/wp-content/pdfs/540900b178/540900b178.pdf

557 LeWine, H.E. (2024) 'Foods linked to better brainpower'. Harvard Health Publishing. 3 April. www.health.harvard.edu/healthbeat/foods-linked-to-better-brainpower

558 Neurology Center for Epilepsy and Seizures (2023) 'Digital Dementia: How Screens and Digital Devices Impact Memory'. 13 December.www.neurocenternj.com/blog/digital-dementia-how-screens-and-digital-devices-impact-memory/

559 Casavi, V. et al. (2022) 'Relationship of quality of sleep with cognitive performance and emotional maturity among adolescents'. Clinical Epidemiology and Global Health, 13. https://doi.org/10.1016/j.cegh.2021.100958

560 Miskowiak, K. et al. (2021) 'Cognitive impairments four months after COVID-19 hospital discharge: pattern, severity and association with illness variables'. European Neuropsychopharmacology. 46. https://doi.org/10.1016/j.euroneuro.2021.03.019

561 National Institutes of Health (2024) 'Tracking organ aging and disease'. 9 January. www.nih.gov/news-events/nih-research-matters/tracking-organ-aging-disease

562 Stevens, M. et al. (2023) 'The link between cognitive health and neighbourhood: perceptions of the public, and of policy-makers, about problems and solutions'. BMC Public Health, 23. https://doi.org/10.1186/s12889-023-16592-w

563 Liu, Y. et al. (2024) 'Cognitive reserve over the life course and risk of dementia: a systematic review and meta-analysis'. Frontiers in Aging Neuroscience, 16. https://doi.org/10.3389/fnagi.2024.1358992

564 Liu, Y. et al. (2024) 'Cognitive reserve over the life course and risk of dementia: a systematic review and meta-analysis'. Frontiers in Aging Neuroscience, 16. https://doi.org/10.3389/fnagi.2024.1358992

565 Liu, Y. et al. (2024) 'Cognitive reserve over the life course and risk of dementia: a systematic review and meta-analysis'. Frontiers in Aging Neuroscience, 16. https://doi.org/10.3389/fnagi.2024.1358992

566 Conway-Smith, B. (2021) 'How metacognition — thinking about thinking — can improve the mental-health crisis'. Carleton Newsroom. 11 November. https://newsroom.carleton.ca/story/metacognition-mental-health-crisis/

567 Smith-Ferguson, J. (2020) 'Metacognition: a key to unlocking learning'. State of New South Wales (Department of Education). https://education.nsw.gov.au/content/dam/main-education/teaching-and-learning/education-for-a-changing-world/media/documents/Metacognition_Full_Report_FINAL.pdf

568 Lewis, A., Jenkins, D. and Whitty, C. (2023) 'Hidden harms of indoor air pollution — five steps to expose them [comment]'. Nature. 8 February. www.nature.com/articles/d41586-023-00287-8#ref-CR5

569 Grayston, M. (2020) 'The intrinsic link between air quality and health in built environments'. Open Access Government. 16 December. www.openaccessgovernment.org/the-intrinsic-link-between-air-quality-and-health-in-built-environments/100379

570 Seidel, D. et al. (2024) 'Impact of climate change and natural disasters on fungal infections'. The Lancet Microbe, 5(6): e594-e605. https://doi.org/10.1016/S2666-5247(24)00039-9

571 Sedighi, M., Pourmoghaddam Qhazvini, P. and Amidpour, M. (2023) 'Algae-Powered Buildings: A Review of an Innovative, Sustainable Approach in the Built Environment'. Sustainability, 15(4). https://doi.org/10.3390/su15043729

572 Kozielska, B. et al. (2024) 'Editorial: Indoor environmental air quality in urban areas'. Frontiers in environmental science, 12. https://doi.org/10.3389/fenvs.2024.1393997

573 United States Environmental Protection Agency (2024) 'Indoor air quality'. 8 July. www.epa.gov/report-environment/indoor-air-quality#health

574 World Health Organization (2024) 'Household air pollution'. 16 October. www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/household-air-pollution-and-health.

575 Wargocki, P. et al. (2020) 'The relationships between classroom air quality and children's performance in school'. Building and Environment, 173. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.106749

576 Quesada-Molina, F. and Astudillo-Cordero, S. (2023) 'Indoor Environmental Quality Assessment Model (IEQ) for Houses'. Sustainability, 15(2). https://doi.org/10.3390/su15021276

577 World Health Organization (2021) 'WHO global air quality guidelines: Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide'. https://iris.who.int/

bitstream/handle/10665/345329/9789240034228-eng.pdf?sequence=1

578 World Health Organization (n.d.) 'Air quality, energy and health: Sustainable development goals & air pollution'.www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/air-quality-energy-and-health/policy-progress/sustainable-development-goals-air-pollution (retrieved 7 January 2025)

579 American Lung Association (2024) 'Healthy and Efficient Homes'. 11 September. www.lung.org/policy-advocacy/healthy-air-campaign/healthy-efficient-homes

580 United Arab Emirates Ministry of Climate Change and Environment (2022) 'The National Air Quality Agenda 2031'. https://u.ae/en/about-the-uae/strategies-initiatives-and-awards/strategies-plans-and-visions/environment-and-energy/the-national-air-quality-agenda-2031

581 Sedighi, M., Pourmoghaddam Qhazvini, P. and Amidpour, M. (2023) 'Algae-Powered Buildings: A Review of an Innovative, Sustainable Approach in the Built Environment'. Sustainability, 15(4). https://doi.org/10.3390/su15043729

582 Sedighi, M., Pourmoghaddam Qhazvini, P. and Amidpour, M. (2023) 'Algae-Powered Buildings: A Review of an Innovative, Sustainable Approach in the Built Environment'. Sustainability, 15(4). https://doi.org/10.3390/su15043729

583 Sedighi, M., Pourmoghaddam Qhazvini, P. and Amidpour, M. (2023) 'Algae-Powered Buildings: A Review of an Innovative, Sustainable Approach in the Built Environment'. Sustainability, 15(4). https://doi.org/10.3390/su15043729

584 Sedighi, M., Pourmoghaddam Qhazvini, P. and Amidpour, M. (2023) 'Algae-Powered Buildings: A Review of an Innovative, Sustainable Approach in the Built Environment'. Sustainability, 15(4). https://doi.org/10.3390/su15043729

585 Sedighi, M., Pourmoghaddam Qhazvini, P. and Amidpour, M. (2023) 'Algae-Powered Buildings: A Review of an Innovative, Sustainable Approach in the Built Environment'. Sustainability, 15(4). https://doi.org/10.3390/su15043729

586 Karacaoğlu, B., İnan, B. and Balkanlı Özçimen, D. (2023) 'Microfluidic systems as a novel approach for microalgal bioprocess'. Biochemical. Engineering Journal, 197. http://dx.doi.org/10.1016/j.bej.2023.108959

587 Heins, A., Hoang, M. D., and Weuster Botz, D. (2021) 'Advances in automated real time flow cytometry for monitoring of bioreactor processes.' Engineering in Life Sciences, 22(3–4): 260–278. https://doi.org/10.1002/elsc.202100082

588 Delgado, C.F., Ferretti, M.T. and Carnevale, A. (2024) 'Chapter 9 - Beyond one-size-fits-all: Precision medicine and novel technologies for sex- and gender-inclusive COVID-19 pandemic management'. Innovating Health Against Future Pandemics, 2024: 133–156. https://doi.org/10.1016/B978-0-443-13681-8.00012-6

589 Su, J. et al. (2024) 'Personalized Drug Therapy: Innovative Concept Guided With Proteoformics'. Molecular and Cellular Proteomics MCP, 23(3). https://doi.org/10.1016/j.mcpro.2024.100737

590 The Health Foundation (2023) 'NHS figures show health service under considerable strain'. 13 April. www.health.org.uk/news-and-comment/news/nhs-figures-show-health-service-under-considerable-strain

591 Malik, S., Muhammad, K. and Waheed, Y. (2023) 'Emerging Applications of Nanotechnology in Healthcare and Medicine'. Molecules, 28(18). https://doi.org/10.3390/molecules28186624

592 Siegal, S. (2023) '2024 Global Health Care Sector Outlook: Navigating transformation'. Deloitte. www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/il/Documents/tax/global-health-care-sector-outlook-2024.pdf

593 Malik, S., Muhammad, K. and Waheed, Y. (2023) 'Emerging Applications of Nanotechnology in Healthcare and Medicine'. Molecules, 28(18). https://doi.org/10.3390/molecules28186624

594 Babuska, V. et al. (2022) 'Nanomaterials in Bone Regeneration'. Applied sciences, 12(13). https://doi.org/10.3390/app12136793

595 Yang, F. et al. (2023) 'The potential role of nanomedicine in the treatment of breast cancer to overcome the obstacles of current therapies'. Frontiers in Pharmacology, 14. https://doi.org/10.3389/fphar.2023.1143102

596 Aljabali, A.A.A., El-Tanani, M. and Tambuwala, M.M. (2024) 'Principles of CRISPR-Cas9 technology: Advancements in genome editing and emerging trends in drug delivery'. Journal of Drug Delivery Science and Technology, 92. https://doi.org/10.1016/j.jddst.2024.105338

597 Salthouse, D. et al. (2023) 'Interplay between biomaterials and the immune system: Challenges and opportunities in regenerative medicine'. Acta Biomaterialia, 155: 1-18. https://doi.org/10.1016/j.actbio.2022.11.003

598 Huang, Y. et al. (2024) 'Nanotechnology's frontier in combatting infectious and inflammatory diseases: prevention and treatment'. Signal Transduction and Targeted Therapy, 9.https://doi.org/10.1038/s41392-024-01745-z

599 Tang, W. et al. (2024) 'Computational Nanotoxicology Models for Environmental Risk Assessment

of Engineered Nanomaterials'. Nanomaterials, 14(2). https://doi.org/10.3390/nano14020155

600 Smolkova, B., Dusinska, M. and Gabelova, A. (2017) 'Nanomedicine and epigenome. Possible health risks'. Food and Chemical Toxicology, 109(1): 780-796. https://doi.org/10.1016/j.fct.2017.07.020

601 Đorđević, S. et al. (2021) 'Current hurdles to the translation of nanomedicines from bench to the clinic'. Drug delivery and translational research, 12(3): 500-525. https://doi.org/10.1007/s13346-021-01024-2

602 Thu, H.E. et al. (2023) 'Nanotoxicity induced by nanomaterials: A review of factors affecting nanotoxicity and possible adaptations'. OpenNano, 14. https://doi.org/10.1016/j.onano.2023.100190

603 Akçan, R. et al. (2020) 'Nanotoxicity: a challenge for future medicine'. Turkish Journal of Medical Sciences, 50(4): 1180-1196. https://doi.org/10.3906/sag-1912-209

604 Thu, H.E. et al. (2023) 'Nanotoxicity induced by nanomaterials: A review of factors affecting nanotoxicity and possible adaptations'. OpenNano, 14. https://doi.org/10.1016/j.onano.2023.100190

605 Vollset, S.E. et al. (2024) 'Burden of disease scenarios for 204 countries and territories, 2022–2050: A forecasting analysis for the Global Burden of Disease Study 2021'. The Lancet, 403(10440): 2204–2256. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(24)00685-8

606 Ferrari, A.J. et al. (2024) 'Global incidence, prevalence, years lived with disability (YLDs), disability-adjusted life-years (DALYs), and healthy life expectancy (HALE) for 371 diseases and injuries in 204 countries and territories and 811 subnational locations, 1990–2021: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021'. The Lancet, 403(10440): 2133–2161. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(24)00757-8

607 Ferrari, A.J. et al. (2024) 'Global incidence, prevalence, years lived with disability (YLDs), disability-adjusted life-years (DALYs), and healthy life expectancy (HALE) for 371 diseases and injuries in 204 countries and territories and 811 subnational locations, 1990–2021: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021'. The Lancet, 403(10440): 2133–2161. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(24)00757-8

608 World Health Organization (n.d.) 'Health workforce'. www.who.int/health-topics/health-workforce (retrieved 7 January 2025)

609 World Health Organization (2024) 'Noncommunicable diseases global profile'. WHO NCD Portal. https://ncdportal.org/CountryProfile/GHE110/Global (retrieved 12 March 2025)

610 World Health Organization (2024) 'Noncommunicable diseases'. 23 December. www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases

611 Sustainable Development Solutions Network (SDSN) (n.d.) '3.4 by 2030 reduce by one-third premature mortality from non-communicable diseases (NCDs) through prevention and treatment, and promote mental health and wellbeing' Indicators and a Monitoring Framework.https://indicators.report/targets/3-4/ (retrieved 7 January 2025)

612 Tuyls, K. et al. (2021) 'Advancing sports analytics through AI research'. Google DeepMind. 7 May. https://deepmind.google/discover/blog/advancing-sports-analytics-through-ai-research/

613 Dergaa, I. and Chamari, K. (2024) 'Big Data in Sports Medicine and Exercise Science: Integrating Theory and Practice for Future Innovations'. Tunisian Journal of Sports Science and Medicine, 2(1): 1–13. https://doi.org/10.61838/kman.tjssm.2.1.1

614 Dergaa, I. and Chamari, K. (2024) 'Big Data in Sports Medicine and Exercise Science: Integrating Theory and Practice for Future Innovations'. Tunisian Journal of Sports Science and Medicine, 2(1): 1–13. https://doi.org/10.61838/kman.tjssm.2.1.1

615 The Podium Institute (2024) 'University of Oxford celebrates the launch and opening of The Podium Institute for Sports Medicine and Technology'. 11 January. https://thepodiuminstitute.ox.ac.uk/2024/01/11/university-of-oxford-celebrates-the-launch-and-opening-of-the-podium-institute-for-sports-medicine-and-technology/

616 Fortune Business Insights (2024) 'Sports Analytics Market Size, Share & Industry Analysis, By Deployment (Cloud and On-premise), By Type (On-field and Off-field), By Solution (Video Analytics, Bio Analytics, Smart Wearable Technology, and Others), By Technology (AI, Big Data, and Others), By End-user (Team and Individual), and Regional Forecast, 2024-2032'. 23 December. www.fortunebusinessinsights.com/sports-analytics-market-102217)

617 Moore, J. and Rabinowitz, D. (2024) 'How to close global healthcare gaps using place-based change and collaborative action'. World Economic Forum. 26 September. www.weforum.org/stories/2024/09/how-to-close-healthcare-gaps-using-place-based-change-and-collaborative-action/

618 Farley, T. and Whitley, J. (2020) 'Health of the City 2020'. Department of Public Health City of Philadelphia. www.phila.gov/media/20201230141933/HealthOfTheCity-2020.pdf

619 Johns Hopkins Medicine (2023) 'Report Highlights Public Health Impact of Serious Harms

From Diagnostic Error in U.S'. 17 July. www.hopkinsmedicine.org/news/newsroom/news-releases/2023/07/report-highlights-public-health-impact-of-serious-harms-from-diagnostic-error-in-us.

620 Heng, W. et al. (2024) 'Exhaled Breath Analysis: From Laboratory Test to Wearable Sensing'. IEEE Reviews in Biomedical Engineering, 1–25. https://doi.org/10.1109/RBME.2024.3481360

621 Goh, E. et al. (2024) 'Large Language Model Influence on Diagnostic Reasoning: A Randomized Clinical Trial'. JAMA Network Open, 7(10).https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2024.40969

622 Goh, E. et al. (2024) 'Large Language Model Influence on Diagnostic Reasoning: A Randomized Clinical Trial'. JAMA Network Open, 7(10).https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2024.40969

623 Chen, D. et al. (2022) 'Non-volatile organic compounds in exhaled breath particles correspond to active tuberculosis'. Scientific reports, 12. https://doi.org/10.1038/s41598-022-12018-6

624 Banga, I. et al. (2024) 'E.Co.Tech Breathalyzer: A Pilot Study of a Non-invasive COVID-19 Diagnostic Tool for Light and Non-smokers'. ACS Measurement Science AU, 4(5): 496-503. https://doi.org/10.1021/acsmeasuresciau.4c00020

625 Miller, B. (2023) 'Team to develop breathalyzer test for COVID, RSV, influenza A'. WashU Magazine. 11 December. https://source.washu.edu/2023/12/team-to-develop-breathalyzer-test-for-covid-rsv-influenza-a/

626 Sharma, A., Kumar, R. and Varadwaj, P. (2023) 'Smelling the Disease: Diagnostic Potential of Breath Analysis'. Molecular Diagnosis and Therapy, 27: 321-347. https://doi.org/10.1007/s40291-023-00640-7

627 Berna, A.Z. et al. (2024) 'Breath Biomarkers of Pediatric Malaria: Reproducibility and Response to Antimalarial Therapy'. The Journal of Infectious Diseases, 230(4): 1013-1022. https://doi.org/10.1093/infdis/jiae323

628 Sharma, A., Kumar, R. and Varadwaj, P. (2023) 'Smelling the Disease: Diagnostic Potential of Breath Analysis'. Molecular Diagnosis and Therapy, 27: 321-347. https://doi.org/10.1007/s40291-023-00640-7

629 Said, Z.N.A. and El-Nasser, A.M. (2024) 'Evaluation of urea breath test as a diagnostic tool for Helicobacter pylori infection in adult dyspeptic patients'. World Journal of Gastroenterology, 30(17). https://doi.org/10.3748/wjg.v30.i17.2302

630 Sharma, A., Kumar, R. and Varadwaj, P. (2023) 'Smelling the Disease: Diagnostic Potential of Breath Analysis'. Molecular Diagnosis and Therapy, 27: 321-347. https://doi.org/10.1007/s40291-023-00640-7

631 Sun, T. and Tsang, W.M. (2018) '4-Nanowires for biomedical applications'. Nanobiomaterials, 95–111. https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100716-7.00004-0

632 Heng, W. et al. (2024) 'Exhaled Breath Analysis: From Laboratory Test to Wearable Sensing'. IEEE Reviews in Biomedical Engineering, 1–25. https://doi.org/10.1109/RBME.2024.3481360

633 Penn Medicine News (2021) 'Smartphone breath alcohol testing devices vary widely in accuracy'. 19 May. https://penntoday.upenn.edu/news/smartphone-breath-alcohol-testing-devices-vary-widely-accuracy

634 Heng, W. et al. (2024) 'Exhaled Breath Analysis: From Laboratory Test to Wearable Sensing'. IEEE Reviews in Biomedical Engineering: 1-25. https://doi.org/10.1109/RBME.2024.3481360

635 Tezsezen, E. et al. (2024) 'AI-Based Metamaterial Design'. ACS Applied Materials and Interfaces, 16(23): 29547–29569. https://doi.org/10.1021/acsami.4c04486

636 Tezsezen, E. et al. (2024) 'AI-Based Metamaterial Design'. ACS Applied Materials and Interfaces, 16(23): 29547–29569. https://doi.org/10.1021/acsami.4c04486

637 Heng, W. et al. (2024) 'Exhaled Breath Analysis: From Laboratory Test to Wearable Sensing'. IEEE Reviews in Biomedical Engineering: 1-25. https://doi.org/10.1109/RBME.2024.3481360

638 Ghosh, C. et al. (2021) 'Breath-based Diagnosis of Infectious Diseases: A Review of the Current Landscape'. Clinics in Laboratory Medicine, 41(2): 185–202. https://doi.org/10.1016/j.cll.2021.03.002

639 Heng, W. et al. (2024) 'Exhaled Breath Analysis: From Laboratory Test to Wearable Sensing'. IEEE Reviews in Biomedical Engineering: 1-25. https://doi.org/10.1109/RBME.2024.3481360

640 Tezsezen, E. et al. (2024) 'AI-Based Metamaterial Design'. ACS Applied Materials and Interfaces, 16(23): 29547–29569. https://doi.org/10.1021/acsami.4c04486

641 Heng, W. et al. (2024) 'Exhaled Breath Analysis: From Laboratory Test to Wearable Sensing'. IEEE Reviews in Biomedical Engineering: 1-25. https://doi.org/10.1109/RBME.2024.3481360

642 Kronenberg, J. et al. (2024) 'Cities, planetary boundaries, and degrowth'. The Lancet Planetary Health, 8(4): e234–e241. https://doi.org/10.1016/S2542-5196(24)00025-1

643 Lewis, A., Jenkins, D. and Whitty, C. (2023) 'Hidden harms of indoor air pollution — five steps to

expose them [comment]'. Nature. 8 February. www.nature.com/articles/d41586-023-00287-8#ref-CR5

644 Rewilding Britain (n.d.) 'Reconnecting with nature'. www.rewildingbritain.org.uk/why-rewild/benefits-of-rewilding/reconnecting-with-nature (retrieved 8 January 2025

645 Varaden, D., Leidland, E. and Barratt, B. (2019) 'The Breathe London Wearables Study: Engaging primary school children to monitor air pollution in London'. King's College London Environmental Research Group. 22 October. www.london.gov.uk/programmes-and-strategies/environment-and-climate-change/environment-publications/breathe-london-wearables-study

646 Dyson (n.d.) 'Breathe London Wearables'. www.dyson.co.uk/inside-dyson/Breathe_London (retrieved 8 January 2025)

647 Hoshi, T. (2024) 'Touching with ultrasound, touched by ultrasound'. JSAP Review, 2024. https://doi.org/10.11470/jsaprev.240304

648 Hoshi, T. (2024) 'Touching with ultrasound, touched by ultrasound'. JSAP Review, 2024. https://doi.org/10.11470/jsaprev.240304

649 Montano-Murillo, R. et al. (2023) 'It sounds cool: Exploring sonification of mid-air haptic textures exploration on texture judgments, body perception, and motor behaviour'. IEEE Transactions on Haptics, 17(2). https://doi.org/10.1109/TOH.2023.3320492

650 Hoshi, T. (2024) 'Touching with ultrasound, touched by ultrasound'. JSAP Review, 2024. https://doi.org/10.11470/jsaprev.240304

651 Howard, T., Marchal, M. and Pacchierotti, C. (2022) 'Ultrasound mid-air tactile feedback for immersive virtual reality interaction'. Ultrasound Mid-Air Haptics for Touchless Interfaces: 147–183. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-04043-6_6

652 Howard, T., Marchal, M. and Pacchierotti, C. (2022) 'Ultrasound mid-air tactile feedback for immersive virtual reality interaction'. Ultrasound Mid-Air Haptics for Touchless Interfaces: 147–183. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-04043-6_6

653 Wojna, K. et al. (2023) 'Does It Par-Tickle?: Investigating the Relationship Between Mid-Air Haptics and Visual Representations of Surface Textures'. IEEE Transactions on Haptics, 16(4): 561–566. https://doi.org/10.1109/TOH.2023.3272951

654 Bharti, A., Jain, U. and Chauhan, N. (2024) 'From lab to field: Nano-biosensors for real-time plant nutrient tracking'. Plant Nano Biology, 9. https://doi.org/10.1016/j.plana.2024.100079

655 Diaz, S. et al. (2019) 'The global assessment report on biodiversity and ecosystem services: Summary for Policymakers'. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES). 25 November. www.ipbes.net/global-assessment

656 World Wildlife Fund (2024) '2024 Living Planet Report'. 10 October. https://files.worldwildlife.org/wwfcmsprod/files/Publication/file/5gc2qerb1v_2024_living_planet_report_a_system_in_peril.pdf

657 World Economic Forum (2025) 'Global Risks Report 2025'. 10 January. https://reports.weforum.org/docs/WEF_Global_Risks_Report_2025.pdf

658 World Bank Group (2023) 'Urban Development: Overview'. 3 April. www.worldbank.org/en/topic/urbandevelopment/overview

659 McDonald, R.I. et al. (2023) 'Denser and greener cities: Green interventions to achieve both urban density and nature'. People and Nature, 5(1): 84–102. https://doi.org/10.1002/pan3.10423

660 United Nations (n.d.) 'Biodiversity—Our strongest natural defense against climate change'. www.un.org/en/climatechange/science/climate-issues/biodiversity (retrieved 7 November 2024)

661 Sajjad, R. et al. (2024) 'A review of 4D printing – Technologies, shape shifting, smart polymer based materials, and biomedical applications'. Advanced Industrial and Engineering Polymer Research, 7(1): 20-36. https://doi.org/10.1016/j.aiepr.2023.08.002

662 Ahmed, A. et al. (2021) '4D printing: Funadmentals, materials, applications and challenges'. Polymer, 228. https://doi.org/10.1016/j.polymer.2021.123926

663 PwC (2024) 'Tech Translated: 4D printing'. 4 June. www.pwc.com/gx/en/issues/technology/4d-printing.html

664 Grand View Research (n.d.) 'Additive Manufacturing Market Size, Share & Trends Analysis Report By Component, By Printer Type, By Technology, By Software, By Application, By Vertical, By Material, By Region, And Segment Forecasts, 2024 - 2030'. www.grandviewresearch.com/industry-analysis/additive-manufacturing-market (retrieved 8 January 2025)

665 Szechyńska-Hebda, M. et al. (2024) 'Let's Print an Ecology in 3D (and 4D)'. Materials, 17(10). https://doi.org/10.3390/ma17102194

666 Szechyńska-Hebda, M. et al. (2024) 'Let's Print an Ecology in 3D (and 4D)'. Materials, 17(10). https://doi.org/10.3390/ma17102194

667 Szechyńska-Hebda, M. et al. (2024) 'Let's Print an Ecology in 3D (and 4D)'. Materials, 17(10). https://doi.org/10.3390/ma17102194

668 Mahmood, A. et al. (2023) 'Revolutionizing manufacturing: A review of 4D printing materials,

stimuli, and cutting-edge applications'. Composites Part B: Engineering, 266. https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2023.110952

669 Sajjad, R. et al. (2024) 'A review of 4D printing – Technologies, shape shifting, smart polymer based materials, and biomedical applications'. Advanced Industrial and Engineering Polymer Research, 7(1): 20-36. https://doi.org/10.1016/j.aiepr.2023.08.002)

670 Mahmood, A. et al. (2023) 'Revolutionizing manufacturing: A review of 4D printing materials, stimuli, and cutting-edge applications'. Composites Part B: Engineering, 266. https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2023.110952

671 Jivrakh, K.B. et al.(2024) 'A critical review on 3D-printed adsorbents, membranes, and catalysts for carbon dioxide capture, separation, and conversion'. Journal of Cleaner Production, 472. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.143522

672 Szechyńska-Hebda, M. et al. (2024) 'Let's Print an Ecology in 3D (and 4D)'. Materials, 17(10). https://doi.org/10.3390/ma17102194

673 Du Plessis, A. (2022) 'Persistent degradation: Global water quality challenges and required actions'. One Earth, 5(2): 129–131. https://doi.org/10.1016/j.oneear.2022.01.005

674 UNESCO World Water Assessment Programme (2017) The United Nations world water development report, 2017: Wastewater: the untapped resource: Wastewater: The untapped resource'. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247153?1=null&queryId=af4727d7-c9aa-4f55-8d94-94bee4dad76d

675 United Nations Environment Programme (2016) 'A Snapshot of the World's Water Quality: Towards a global assessment'. https://wesr.unep.org/media/docs/assessments/unep_wwqa_report_web.pdf

676 Environmental Health Matters Initiative, Division on Earth and Life Studies and National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2021) 'Reducing the Health Impacts of the Nitrogen Problem: Proceedings of a Workshop-in Brief'. National Academies Press. https://doi.org/10.17226/26328

677 Ward, M. et al.(2018) 'Drinking Water Nitrate and Human Health: An Updated Review'. International Journal of Environmental Research and Public Health, 15(7). https://doi.org/10.3390/ijerph15071557

678 National Caucus of Environmental Legislators (2020) 'Nutrient Pollution: How Excess Nitrogen and Phosphorus are Shaping Health Outcomes'. 19 February. www.ncelenviro.org/articles/nutrient-pollution-how-excess-nitrogen-and-phosphorus-are-shaping-health-outcomes/

679 National Caucus of Environmental Legislators (2020) 'Nutrient Pollution: How Excess Nitrogen and Phosphorus are Shaping Health Outcomes'. 19 February. www.ncelenviro.org/articles/nutrient-pollution-how-excess-nitrogen-and-phosphorus-are-shaping-health-outcomes/

680 United States Environmental Protection Agency (2024) 'The Effects: Environment'. 18 November. www.epa.gov/nutrientpollution/effects-environment

681 Atangana Njock, P.G. et al. (2023) 'Integrated risk assessment approach for eutrophication in coastal waters: Case of Baltic Sea'. Journal of Cleaner Production, 387. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135673

682 Escamilla, C., Scaroni, A.E. and White, S.A. (2024) 'An Introduction to Floating Wetlands for Stormwater Ponds'. Land-Grant Press | Clemson University, South Carolina, 1185. https://lgpress.clemson.edu/publication/an-introduction-to-floating-wetlands-for-stormwater-ponds/

683 Gupta, V. et al. (2020) 'Shallow floating treatment wetland capable of sulfate reduction in acid mine drainage impacted waters in a northern climate'. Journal of Environmental Management, 263. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110351

684 Xavier, M.L.M., Janzen, J.G. and Nepf, H. (2023) 'Modeling mass removal and sediment deposition in stormwater ponds using floating treatment islands: A computational approach'. Environmental Science and Pollution Research, 30(52): 112173–112183. https://doi.org/10.1007/s11356-023-30218-z

685 Qin, S. et al. (2023) 'Roles of Floating Islands in Aqueous Environment Remediation: Water Purification and Urban Aesthetics'. Water, 15(6). https://doi.org/10.3390/w15061134

686 Redland City Council (n.d.) 'How to make a floating wetland'. www.redland.qld.gov.au/info/20284/trees_plants_and_gardening/1120/how_to_make_a_floating_wetland(retrieved 8 January 2025)

687 Chen, Z. and Costa, O.S. (2023) 'Nutrient Sequestration by Two Aquatic Macrophytes on Artificial Floating Islands in a Constructed Wetland'. Sustainability, 15(8). https://doi.org/10.3390/su15086553

688 Qin, S. et al. (2023) 'Roles of Floating Islands in Aqueous Environment Remediation: Water Purification and Urban Aesthetics'. Water, 15(6). https://doi.org/10.3390/w15061134

689 Fava, M. (2022) 'Ocean plastic pollution an overview: data and statistics'. Ocean Literacy Portal. 9 May. https://oceanliteracy.unesco.org/plastic-pollution-ocean/

690 Fava, M. (2022) 'Ocean plastic pollution an overview: data and statistics'. Ocean Literacy Portal. 9 May. https://oceanliteracy.unesco.org/plastic-pollution-ocean/

691 European Parliament (2018) 'Microplastics: sources, effects and solutions'. 22 November. www.europarl.europa.eu/topics/en/article/20181116STO19217/microplastics-sources-effects-and-solutions

692 Raubenheimer, K. (2024) 'Scientists reviewed 7,000 studies on microplastics'. University of Wollongong. 20 September. www.uow.edu.au/media/2024/scientists-reviewed-7000-studies-on-microplastics.php

693 Raubenheimer, K. (2024) 'Scientists reviewed 7,000 studies on microplastics'. University of Wollongong. 20 September. www.uow.edu.au/media/2024/scientists-reviewed-7000-studies-on-microplastics.php

694 Li, Y. et al. (2024) 'Leaching of chemicals from microplastics: A review of chemical types, leaching mechanisms and influencing factors'. Science of The Total Environment, 906. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167666

695 Liu, Q. et al. (2022) 'Adsorption mechanism of trace heavy metals on microplastics and simulating their effect on microalgae in river'. Environmental Research, 214. https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113777

696 Li, Y. et al. (2024) 'Leaching of chemicals from microplastics: A review of chemical types, leaching mechanisms and influencing factors'. Science of The Total Environment, 906. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167666

697 Pothiraj, C. et al. (2023) 'Vulnerability of microplastics on marine environment: A review'. Ecological Indicators, 155. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.111058

698 Derraik, J. (2002) 'The pollution of the marine environment by plastic debris: a review'. Marine Pollution Bulletin. 44(9). www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X02002205#BIB89

699 Ziani, K. et al. (2023) 'Microplastics: A Real Global Threat for Environment and Food Safety: A State of the Art Review'. Nutrients, 15(3). https://doi.org/10.3390/nu15030617

700 Myers, J. and North, M. (2024) 'Microplastics: Are we facing a new health crisis – and what can be done about it?'. World Economic Forum. 3 September. www.weforum.org/stories/2024/09/how-microplastics-get-into-the-food-chain/

701 Li, Y. et al. (2024) 'Leaching of chemicals from microplastics: A review of chemical types, leaching mechanisms and influencing factors'. Science of The Total Environment, 906. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167666

702 Ghosh, S. et al. (2023) 'Microplastics as an Emerging Threat to the Global Environment and Human Health'. Sustainability, 15(14). https://doi.org/10.3390/su151410821

703 Richter, S. et al. (2023) 'A reference methodology for microplastic particle size distribution analysis: Sampling, filtration, and detection by optical microscopy and image processing'. Applied Research, 2(4). https://doi.org/10.1002/appl.202200055

704 Mesquita, P. et al. (2024) 'Separation of Microplastics from Blood Samples Using Traveling Surface Acoustic Waves'. Microplastics, 3(3). https://doi.org/10.3390/microplastics3030028

705 Reddy, A.S. and Nair, A.T. (2022) 'The fate of microplastics in wastewater treatment plants: An overview of source and remediation technologies'. Environmental Technology & Innovation, 28. https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102815

706 Mohammadimehr, A. et al. (2024) 'Review: Impact of microfluidic cell and particle separation techniques on microplastic removal strategies'. Journal of Agriculture and Food Research, 16. https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101124

707 Mohammadimehr, A. et al. (2024) 'Review: Impact of microfluidic cell and particle separation techniques on microplastic removal strategies'. Journal of Agriculture and Food Research, 16. https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101124

708 Perera, L.N. and Piyasena, M.E. (2022) 'Acoustic focusing of microplastics in microfabricated and steel tube devices: An experimental study on the effects from particle size and medium density'. Separation and Purification Technology, 288. https://doi.org/10.1016/j.seppur.2022.120649

709 Perera, L.N. and Piyasena, M.E. (2022) 'Acoustic focusing of microplastics in microfabricated and steel tube devices: An experimental study on the effects from particle size and medium density'. Separation and Purification Technology, 288. https://doi.org/10.1016/j.seppur.2022.120649

710 Yuryeva, O., Kovaleva, N. and Shukhova, O. (2023) 'Increasing economic losses from natural disasters as a last decade trend'. E3S Web of Conferences, 458. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202345805005

711 Huang, H., Ali, S. and Solangi, Y.A. (2023) 'Analysis of the impact of economic policy uncertainty on environmental sustainability in developed and developing economies'. Sustainability, 15(7). https://doi.org/10.3390/su15075860

712 Huang, H., Ali, S. and Solangi, Y.A. (2023) 'Analysis of the impact of economic policy uncertainty on environmental sustainability in developed and developing economies'. Sustainability, 15(7). https://doi.org/10.3390/su15075860

713 United Nations Development Programme (2024) 'The Peoples' Climate Vote 2024'. 20 June. www.undp.org/publications/peoples-climate-vote-2024

714 Tayebi, S. (2024) 'Diplomacy and environment; conflict of interest or need for a legal regime?'. International Social Science Practice and Research, 1(1). https://doi.org/10.5281/zenodo.4294692

715 Bogobowicz, M. et al. (2024) 'Steady progress in approaching the quantum advantage'. McKinsey & Company. 24 April. www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/steady-progress-in-approaching-the-quantum-advantage#

716 Bogobowicz, M. et al. (2024) 'Steady progress in approaching the quantum advantage'. McKinsey & Company. 24 April. www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/steady-progress-in-approaching-the-quantum-advantage#

717 Esat, T. et al. (2024) 'A quantum sensor for atomic-scale electric and magnetic fields'. Nature Nanotechnology, 19(10): 1466–1471. https://doi.org/10.1038/s41565-024-01724-z

718 Bürgler, B. et al. (2023) 'All-optical nuclear quantum sensing using nitrogen-vacancy centers in diamond'. npj Quantum Information, 9. https://doi.org/10.1038/s41534-023-00724-6

719 Debuisschert, T. (2021) 'Quantum sensing with nitrogen-vacancy colour centers in diamond'. Photoniques, 107: 50-54. https://doi.org/10.1051/photon/202110750

720 Batra, G. et al. (2021) 'Shaping the long race in quantum communication and quantum sensing'. McKinsey & Company. 21 December. www.mckinsey.com/industries/industrials-and-electronics/our-insights/shaping-the-long-race-in-quantum-communication-and-quantum-sensing

721 Ustin, S.L. and Middleton, E.M. (2024) 'Current and Near-Term Earth-Observing Environmental Satellites, Their Missions, Characteristics, Instruments, and Applications'. Sensors, 24(11). https://doi.org/10.3390/s24113488

722 Gabarró, C. et al. (2023) 'Improving satellite-based monitoring of the polar regions: Identification of research and capacity gaps'. Frontiers in Remote Sensing https://doi.org/10.3389/frsen.2023.952091

723 Nandasena, W., Brabyn, L. and Serrao-Neumann, S. (2023) 'Using remote sensing for sustainable forest management in developing countries'. The Palgrave Handbook of Global Sustainability, 487–508. https://doi.org/10.1007/978-3-031-01949-4_35

724 Bibri, S.E. et al. (2023) 'Environmentally sustainable smart cities and their converging AI, IoT, and big data technologies and solutions: An integrated approach to an extensive literature review'. Energy Informatics, 6(1). https://doi.org/10.1186/s42162-023-00259-2

725 Aguzzi, J. et al. (2024) 'New technologies for monitoring and upscaling marine ecosystem restoration in deep-sea environments'. Engineering, 34: 195-211. https://doi.org/10.1016/j.eng.2023.10.012

726 Schwing, F.B. (2023) 'Modern technologies and integrated observing systems are "instrumental" to fisheries oceanography: A brief history of ocean data collection'. Fisheries Oceanography, 32(1): 28–69. https://doi.org/10.1111/fog.12619

727 Ripple, W.J. et al. (2023) 'The 2023 state of the climate report: Entering uncharted territory'. BioScience, 73(12): 841–850. https://doi.org/10.1093/biosci/biad080

728 Zhang, J. and Fan, B. (2024) 'Edge Computing in Information Technology: Enhancing Real-Time Data Processing for IoT Applications'. Insights in Computer, Signals and Systems, 1(1): 1–19. https://doi.org/10.70088/3852aq53

729 Castellanos, G., Roesch, R. and Sloan, A. (2021) 'A pathway to decarbonise the shipping sector by 2050'. International Renewable Energy Agency. 19 October. www.irena.org/Publications/2021/Oct/A-Pathway-to-Decarbonise-the-Shipping-Sector-by-2050

730 Castellanos, G., Roesch, R. and Sloan, A. (2021) 'A pathway to decarbonise the shipping sector by 2050'. International Renewable Energy Agency. 19 October. www.irena.org/Publications/2021/Oct/A-Pathway-to-Decarbonise-the-Shipping-Sector-by-2050

731 Castellanos, G., Roesch, R. and Sloan, A. (2021) 'A pathway to decarbonise the shipping sector by 2050'. International Renewable Energy Agency. 19 October. www.irena.org/Publications/2021/Oct/A-Pathway-to-Decarbonise-the-Shipping-Sector-by-2050

732 Regional Marine Pollution Emergency Response Centre for the Mediterranean Sea (REMPEC) (2022) 'New study | Trends and outlook of marine pollution'. 23 August.www.rempec.org/en/news-media/rempec-news/study-trends-and-outlook-of-marine-pollution

733 Mueller, N., Westerby, M. and Nieuwenhuijsen, M. (2023) 'Health impact assessments of shipping and port-sourced air pollution on a global scale: A scoping literature review'. Environmental Research, 216. https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.114460

734 National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) Fisheries (n.d.) ' Understanding Ocean Acidification'. www.fisheries.noaa.gov/insight/understanding-ocean-acidification (retrieved 8

January 2025)

735 Mueller, N., Westerby, M. and Nieuwenhuijsen, M. (2023) 'Health impact assessments of shipping and port-sourced air pollution on a global scale: A scoping literature review'. Environmental Research, 216. https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.114460

736 Castellanos, G., Roesch, R. and Sloan, A. (2021) 'A pathway to decarbonise the shipping sector by 2050'. International Renewable Energy Agency. 19 October. www.irena.org/Publications/2021/Oct/A-Pathway-to-Decarbonise-the-Shipping-Sector-by-2050

737 Physical Oceanography Distributed Active Archive Center (n.d.) 'Ocean Temperature'. https://podaac.jpl.nasa.gov/SeaSurfaceTemperature (retrieved 18 December 2024)

738 Nkenyereye, L., Nkenyereye, L. and Ndibanje, B. (2024) 'Internet of Underwater Things: A Survey on Simulation Tools and 5G-Based Underwater Networks'. Electronics, 13(3). https://doi.org/10.3390/electronics13030474

739 Guizzi, G.L. et al.(2015) 'Thermodynamic analysis of a liquid air energy storage system'. Energy, 93(2): 1639–1647. https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.10.030

740 U.S. Energy Information Administration (2023) 'Hydropower explained: Ocean thermal energy conversion'. 18 September. www.eia.gov/energyexplained/hydropower/ocean-thermal-energy-conversion.php

741 Nithesh, K.G. et al. (2016) 'Design and performance analysis of radial-inflow turboexpander for OTEC application'. Renewable Energy, 85: 834–843. https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.07.018

742 Nithesh, K.G. et al. (2016) 'Design and performance analysis of radial-inflow turboexpander for OTEC application'. Renewable Energy, 85: 834–843. https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.07.018

743 Yokoi, R. et al. (2024) 'Potentials and hotspots of post-lithium-ion batteries: Environmental impacts and supply risks for sodium- and potassium-ion batteries'. Resources, Conservation and Recycling, 204. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2024.107526

744 Celadon, A. et al. (2024) 'Batteries for electric vehicles: Technical advancements, environmental challenges, and market perspectives'. SusMat, 4(5). https://doi.org/10.1002/sus2.234

745 Shine, I. (2022) 'The world needs 2 billion electric vehicles to get to net zero. But is there enough lithium to make all the batteries?'. World Economic Forum. 20 July. www.weforum.org/stories/2022/07/electric-vehicles-world-enough-lithium-resources/

746 Vedhanarayanan, B. and Seetha Lakshmi, K.C. (2024) 'Beyond lithium-ion: Emerging frontiers in next-generation battery technologies'. Frontiers in Batteries and Electrochemistry, 3. https://doi.org/10.3389/fbael.2024.1377192

747 International Energy Agency (2024) 'Global Critical Minerals Outlook 2024'. May. https://iea.blob.core.windows.net/assets/ee01701d-1d5c-4ba8-9df6-abeeac9de99a/GlobalCriticalMineralsOutlook2024.pdf

748 Ralls, A.M. et al. (2023) 'The Role of Lithium-Ion Batteries in the Growing Trend of Electric Vehicles'. Materials, 16(17). https://doi.org/10.3390/ma16176063

749 International Energy Agency (2024) 'Global Critical Minerals Outlook 2024'. May. https://iea.blob.core.windows.net/assets/ee01701d-1d5c-4ba8-9df6-abeeac9de99a/GlobalCriticalMineralsOutlook2024.pdf

750 Brown, C.W. et al. (2024) 'Occupational, environmental, and toxicological health risks of mining metals for lithium-ion batteries: A narrative review of the Pubmed database'. Journal of Occupational Medicine and Toxicology, 19(1). https://doi.org/10.1186/s12995-024-00433-6

751 Institute for Energy Research (2023) 'Environmental Impacts of Lithium-Ion Batteries'. 11 May. www.instituteforenergyresearch.org/renewable/environmental-impacts-of-lithium-ion-batteries/

752 Humby, M. (2024) 'Lithium-ion batteries: A growing fire risk'. British Safety Council. 28 June. www.britsafe.org/safety-management/2024/lithium-ion-batteries-a-growing-fire-risk

753 Davies, S.H. et al. (2024) 'Raw Materials and Recycling of Lithium-Ion Batteries'. Emerging Battery Technologies to Boost the Clean Energy Transition, 143–169. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-48359-2_9

754 Kim, H. and Kim, J.C. (2024) 'Opportunities and challenges in cathode development for non-lithium-ion batteries'. eScience, 4(4). https://doi.org/10.1016/j.esci.2024.100232

755 Kim, H. and Kim, J.C. (2024) 'Opportunities and challenges in cathode development for non-lithium-ion batteries'. eScience, 4(4). https://doi.org/10.1016/j.esci.2024.100232

756 Taghavi-Kahagh, A., Roghani-Mamaqani, H. and Salami-Kalajahi, M. (2024) 'Powering the future: A comprehensive review on calcium-ion batteries'. Journal of Energy Chemistry, 90: 77–97. https://doi.org/10.1016/j.jechem.2023.10.043

757 Patel, P. (2024) 'Why some researchers think calcium is the future of batteries'. Chemical and Engineering News. 16 April. https://cen.acs.org/energy/energy-storage-/researchers-think-

calcium-future-batteries/102/i12

758 Atkinson, V. (2024) 'Clever cathode design opens doors to first rechargeable calcium battery'. Royal Society of Chemistry News. 7 February. www.chemistryworld.com/news/clever-cathode-design-opens-doors-to-first-rechargeable-calcium-battery/4018916.article

759 Taghavi-Kahagh, A., Roghani-Mamaqani, H. and Salami-Kalajahi, M. (2024) 'Powering the future: A comprehensive review on calcium-ion batteries'. Journal of Energy Chemistry, 90: 77–97. https://doi.org/10.1016/j.jechem.2023.10.043

760 Elbinger, L. et al. (2024) 'Beyond lithium-ion batteries: Recent developments in polymer-based electrolytes for alternative metal-ion-batteries'. Energy Storage Materials, 65. https://doi.org/10.1016/j.ensm.2023.103063

761 Patel, P (2024) 'Why some researchers think calcium is the future of batteries'. Chemical and Engineering News. 16 April. https://cen.acs.org/energy/energy-storage-/researchers-think-calcium-future-batteries/102/i12

762 International Energy Agency (2024) 'Renewables 2023: Analysis and forecasts to 2028'. www.iea.org/reports/renewables-2023

763 International Energy Agency (2023) 'Wind'. 11 July. www.iea.org/energy-system/renewables/wind#tracking (retrieved 8 January 2025)

764 International Energy Agency (2023) 'Wind'. 11 July. www.iea.org/energy-system/renewables/wind#tracking (retrieved 8 January 2025)

765 International Energy Agency (2023) 'Wind'. 11 July. www.iea.org/energy-system/renewables/wind#tracking (retrieved 8 January 2025)

766 Martinez, A. and Iglesias, G. (2024) 'Global wind energy resources decline under climate change'. Energy, 288. https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.129765

767 Laurie, C. (2023) 'Technology Advancements Could Unlock 80% More Wind Energy Potential During This Decade'. 22 September. www.nrel.gov/news/program/2023/technology-advancements-could-unlock-80-more-wind-energy-potential-during-this-decade.html

768 Laurie, C. (2023) 'Technology Advancements Could Unlock 80% More Wind Energy Potential During This Decade'. 22 September. www.nrel.gov/news/program/2023/technology-advancements-could-unlock-80-more-wind-energy-potential-during-this-decade.html

769 Roberts, O. et al. (2023) 'Exploring the Impact of Near-Term Innovations on the Technical Potential of Land-Based Wind Energy'. National Renewable Energy Laboratory (NREL). March. https://doi.org/10.2172/1963405

770 World Bank Group (2023) 'Urban Development: Overview'. 3 April.www.worldbank.org/en/topic/urbandevelopment/overview

771 Stokes, L.C. et al. (2023) 'Prevalence and predictors of wind energy opposition in North America'. Proceedings of the National Academy of Sciences, 120(40). https://doi.org/10.1073/pnas.2302313120

772 Tasneem, Z. et al.(2020) 'An analytical review on the evaluation of wind resource and wind turbine for urban application: Prospect and challenges'. Developments in the Built Environment, 4. https://doi.org/10.1016/j.dibe.2020.100033

773 BUILD ME (n.d.) 'Bahrain World Trade Center (BWTC)'. www.buildings-mena.com/project/manama-bahrain-world-trade-center-bwtc (retrieved 18 December 2024)

774 OTIS (n.d.) 'Bahrain World Trade Center'. www.otis.com/en/us/our-company/global-projects/project-showcase/bahrain-world-trade-center (retrieved 18 December 2024)

775 ScienceDirect (n.d.) 'Airborne Wind Energy'. www.sciencedirect.com/topics/engineering/airborne-wind-energy (retrieved 18 December 2024)

776 United Nations Climate Change (n.d.) 'Airborne wind energy systems'. https://unfccc.int/technology/airborne-wind-energy-systems (retrieved 18 December 2024)

777 Mearns, E. (2016) 'High Altitude Wind Power Reviewed'. Energy Matters. 4 July. https://euanmearns.com/high-altitude-wind-power-reviewed/

778 ScienceDirect (n.d.) 'Airborne Wind Energy'. www.sciencedirect.com/topics/engineering/airborne-wind-energy (retrieved 18 December 2024)

779 Omidvarnia, F. and Sarhadi, A. (2024). Nature-Inspired Designs in Wind Energy: A Review. Biomimetics, 9(2). https://doi.org/10.3390/biomimetics9020090

780 Watson, S. et al. (2019) 'Future emerging technologies in the wind power sector: A European perspective'. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 113. https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109270

781 Burj Khalifa (n.d.) 'Home'. www.burjkhalifa.ae/the-tower/ (retrieved 18 December 2024)

782 Merdeka Tower (n.d.) 'Home'. https://merdeka-tower.com (retrieved 18 December 2024)

783 World Trade Centre (n.d.) 'Office Buildings – Skyscrapers'. www.wtc.com/about/buildings/1-world-trade-center (retrieved 18 December 2024)

784 Arthur, C. (2021) ‘New research shows food system is responsible for a third of global anthropogenic emissions’. United Nations Industrial Development Organization. 16 June. www.unido.org/stories/new-research-shows-food-system-responsible-third-global-anthropogenic-emissions

785 Food and Agriculture organization of the United Nations (2022) ‘Sustainable and circular bioeconomy in the climate agenda: Opportunities to transform agrifood systems’. https://doi.org/10.4060/cc2668en

786 World Economic Forum (2024) ‘Investigating Global Aquatic Food Loss and Waste’. 10 April. www3.weforum.org/docs/WEF_Investigating_Global_Aquatic_Food_Loss_and_Waste_2024.pdf

787 World Economic Forum (2024) ‘Investigating Global Aquatic Food Loss and Waste’. 10 April. www3.weforum.org/docs/WEF_Investigating_Global_Aquatic_Food_Loss_and_Waste_2024.pdf)

788 World Economic Forum (2024) ‘Investigating Global Aquatic Food Loss and Waste’. 10 April. www3.weforum.org/docs/WEF_Investigating_Global_Aquatic_Food_Loss_and_Waste_2024.pdf

789 Food and Agriculture organization of the United Nations (2022) ‘The State of World Fisheries and Aquaculture: Towards blue transformation’. https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/a2090042-8cda-4f35-9881-16f6302ce757/content

790 World Business Council for Sustainable Development (2020) ‘Circular bioeconomy: The business opportunity contributing to a sustainable world’. 23 November. www.wbcsd.org/wp-content/uploads/2023/10/The-circular-bioeconomy-A-business-opportunity-contributing-to-a-sustainable-world.pdf

791 World Business Council for Sustainable Development (2020) ‘Circular bioeconomy: The business opportunity contributing to a sustainable world’. 23 November. www.wbcsd.org/wp-content/uploads/2023/10/The-circular-bioeconomy-A-business-opportunity-contributing-to-a-sustainable-world.pdf

792 World Business Council for Sustainable Development (2020) ‘Circular bioeconomy: The business opportunity contributing to a sustainable world’. 23 November. www.wbcsd.org/wp-content/uploads/2023/10/The-circular-bioeconomy-A-business-opportunity-contributing-to-a-sustainable-world.pdf

793 Food and Agriculture organization of the United Nations (2022) ‘The State of World Fisheries and Aquaculture: Towards blue transformation’. https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/a2090042-8cda-4f35-9881-16f6302ce757/content

794 Food and Agriculture organization of the United Nations (2022) ‘The State of World Fisheries and Aquaculture: Towards blue transformation’. https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/a2090042-8cda-4f35-9881-16f6302ce757/content

795 Zhang, J., Akyol, C. and Meers, E. (2023) ‘Nutrient recovery and recycling from fishery waste and by-products’. Journal of Environmental Management, 348. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119266

796 Alvarado-Ramírez, L. et al. (2022) ‘Sustainable production of biofuels and bioderivatives from aquaculture and marine waste’. Frontiers in Chemical Engineering, 4. https://doi.org/10.3389/fceng.2022.1072761

797 Cao, H. et al. (2025) ‘Waste-to-resource: Extraction and transformation of aquatic biomaterials for regenerative medicine’. Biomaterials Advances, 266. https://doi.org/10.1016/j.bioadv.2024.214023

798 Ganjeh, A.M. et al. (2023) ‘Emergent technologies to improve protein extraction from fish and seafood by-products: An overview’. Applied Food Research, 3(2). https://doi.org/10.1016/j.afres.2023.100339

799 Dadkhodazadeh, V., Hamidi-Esfahani, Z. and Khan-Ahmadi, M. (2024) ‘Improvement of the valuable compounds of fish waste through solid-state fermentation with probiotics’. Applied Food Research, 4(2). https://doi.org/10.1016/j.afres.2024.100534

800 International Federation of Robotics (2024) ‘World Robotics 2024’. September. https://ifr.org/img/worldrobotics/Press_Conference_2024.pdf

801 International Federation of Robotics (2024) ‘World Robotics 2024’. September. https://ifr.org/img/worldrobotics/Press_Conference_2024.pdf

802 International Federation of Robotics (2024) ‘World Robotics 2024’. September. https://ifr.org/img/worldrobotics/Press_Conference_2024.pdf

803 Molfino, R. et al. (2024) ‘Robot trends and megatrends: artificial intelligence and the society’. Industrial Robot: the international journal of robotics research and application, 51(1): 117-124. https://doi.org/10.1108/IR-05-2023-0095

804 KPMG (2023) ‘Trust in artificial intelligence’. https://kpmg.com/xx/en/our-insights/ai-and-technology/trust-in-artificial-intelligence.html

805 Edelman, M. (2024) ‘Technology’s tipping point: It is time to earn trust in AI’. World Economic

Forum. 21 March. www.weforum.org/stories/2024/03/technology-tipping-point-earn-trust-ai/

806 Marr, B. (2024) 'Hype Or Reality: Will AI Really Take Over Your Job?'. Forbes. 15 May. www.forbes.com/sites/bernardmarr/2024/05/15/hype-or-reality-will-ai-really-take-over-your-job/

807 Gao, Y. et al. (2025) 'Consumer acceptance of social robots in domestic settings: A human-robot interaction perspective'. Journal of Retailing and Consumer Services, 82. https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2024.104075

808 Yang, W. and Xie, Y. (2024) 'Can robots elicit empathy? The effects of social robots' appearance on emotional contagion'. Humans, 2(1). https://doi.org/10.1016/j.chbah.2024.100049

809 Organisation for Economic Co-operation and Development (2024) 'Growth of digital economy outperforms overall growth across OECD'. 14 May. www.oecd.org/en/about/news/press-releases/2024/05/growth-of-digital-economy-outperforms-overall-growth-across-oecd.html

810 World Economic Forum (2024) 'Global Risks Report 2024'. 10 January. www3.weforum.org/docs/WEF_The_Global_Risks_Report_2024.pdf

811 Organisation for Economic Co-operation and Development (2024) 'Growth of digital economy outperforms overall growth across OECD'. 14 May. www.oecd.org/en/about/news/press-releases/2024/05/growth-of-digital-economy-outperforms-overall-growth-across-oecd.html

812 Organisation for Economic Co-operation and Development (2024) 'Growth of digital economy outperforms overall growth across OECD'. 14 May. www.oecd.org/en/about/news/press-releases/2024/05/growth-of-digital-economy-outperforms-overall-growth-across-oecd.html

813 Georgieva, K. (2024) 'AI Will Transform the Global Economy. Let's Make Sure It Benefits Humanity'. International Monetary Fund. 14 January. www.imf.org/en/Blogs/Articles/2024/01/14/ai-will-transform-the-global-economy-lets-make-sure-it-benefits-humanity

814 Georgieva, K. (2024) 'AI Will Transform the Global Economy. Let's Make Sure It Benefits Humanity'. International Monetary Fund. 14 January. www.imf.org/en/Blogs/Articles/2024/01/14/ai-will-transform-the-global-economy-lets-make-sure-it-benefits-humanity

815 United Nations (2024) '1 in 7 children and teens impacted by mental health conditions'. 9 October. https://news.un.org/en/story/2024/10/1155536

816 Ipsos (2024) 'Global Happiness 2024: A 30-country Global Advisor survey'. March. www.ipsos.com/sites/default/files/ct/news/documents/2024-03/Ipsos-happinessindex2024.pdf

817 Pfenning-Butterworth, A. et al. (2024) 'Interconnecting global threats: climate change, biodiversity loss, and infectious diseases'. The Lancet Planetary Health, 8(4): e270–e283. https://doi.org/10.1016/s2542-5196(24)00021-4

818 Pfenning-Butterworth, A. et al. (2024) 'Interconnecting global threats: climate change, biodiversity loss, and infectious diseases'. The Lancet Planetary Health, 8(4): e270–e283. https://doi.org/10.1016/s2542-5196(24)00021-4

819 Pfenning-Butterworth, A. et al. (2024) 'Interconnecting global threats: climate change, biodiversity loss, and infectious diseases'. The Lancet Planetary Health, 8(4): e270–e283. https://doi.org/10.1016/s2542-5196(24)00021-4

820 Pfenning-Butterworth, A. et al. (2024) 'Interconnecting global threats: climate change, biodiversity loss, and infectious diseases'. The Lancet Planetary Health, 8(4): e270–e283. https://doi.org/10.1016/s2542-5196(24)00021-4

821 Sutter, P. (2021) 'What is Quantum Entanglement?'. Livescience. 26 May. www.livescience.com/what-is-quantum-entanglement.html

822 Pothos, E.M. and Busemeyer, J.R. (2022) 'Quantum Cognition'. Annual Review of Psychology, 73: 749-778. https://doi.org/10.1146/annurev-psych-033020-123501

823 Omnes, R. (2002) 'Quantum Philosophy: Understanding and Interpreting Contemporary Science'. 17 March.https://press.princeton.edu/books/paperback/9780691095516/quantum-philosophy

824 Der Derian, J. and Wendt, A. (2020) 'Quantizing international relations: The case for quantum approaches to international theory and security practice'. Security Dialogue, 51(5): 399–413. https://doi.org/10.1177/0967010620901905

825 Pothos, E.M. and Busemeyer, J.R. (2022) 'Quantum Cognition'. Annual Review of Psychology, 73: 749-778. https://doi.org/10.1146/annurev-psych-033020-123501

826 Stefano, B. (2024) 'Quantum Computing and the Future of Neurodegeneration and Mental Health Research'. Brain Sci, 14(1). https://doi.org/10.3390/brainsci14010093

827 Jawad, A. and Hamid, B. (2024) 'Exploring the Intersection of Quantum Mechanics and Human Psychology'. Swiss Scientific Society for Developing Countries Open Repository & Archive. https://swisssdc.ch/wp-content/uploads/2024/09/SWISSSDC_PDR_2024_7_1-6.pdf

828 Berger, C. et al. (2021) 'Quantum technologies for climate change: preliminary assessment'. arXiv. https://arxiv.org/pdf/2107.05362

829 Barker Scott, B.A. and Manning, M.R. (2022) 'Designing the Collaborative Organization: A Framework for how Collaborative Work, Relationships, and Behaviors Generate

Collaborative Capacity'. The Journal of Applied Behavioral Science, 6(1): 149-193. https://doi.org/10.1177/00218863221106245

830 Heading, S. (2024) 'These are the biggest global risks we face in 2024 and beyond'. World Economic Forum. 10 January. www.weforum.org/stories/2024/01/global-risks-report-2024/

831 Cousens, E. and de Carvalho, I.S. (2020) 'Why we need international cooperation now more than ever'. World Economic Forum. 22 September. www.weforum.org/stories/2020/09/global-cooperation-international-united-nations-covid-19-climate-change/

832 Kotz, M., Levermann, A. and Wenz, L. (2024) 'The economic commitment of climate change'. Nature, 628(8008): 551–557. https://doi.org/10.1038/s41586-024-07219-0

833 Kotz, M., Levermann, A. and Wenz, L. (2024) 'The economic commitment of climate change'. Nature, 628(8008): 551–557. https://doi.org/10.1038/s41586-024-07219-0

834 Garthwaite, J. (2019) 'Climate change has worsened global economic inequality'. Stanford Doerr School of Sustainability. 22 April. https://sustainability.stanford.edu/news/climate-change-has-worsened-global-economic-inequality

835 Charlton, E. (2024) 'Our resources are running out. These charts show how urgently action is needed'. World Economic Forum. 4 March. www.weforum.org/stories/2024/03/sustainable-resource-consumption-urgent-un/

836 Kroese, B. (2024) 'GDP in the future'. International Monetary Fund. December. www.imf.org/en/Publications/fandd/issues/2024/12/gdp-in-the-future-bert-kroese

837 Organisation for Economic Co-operation and Development (n.d.) 'Well-being and beyond GDP'. www.oecd.org/en/topics/policy-issues/well-being-and-beyond-gdp.html (retrieved 18 December 2024)

838 United Nations (2024) 'Pact for the Future, Global Digital Compact and Declaration on Future Generations'. Summit of the future Outcome documents. September. www.un.org/sites/un2.un.org/files/sotf-pact_for_the_future_adopted.pdf

839 Wellbeing Economy Alliance (2024) 'Beyond GDP – Rethinking Economic Success for a Sustainable Future'. 23 September. https://weall.org/towards-a-sustainable-future-calls-for-wellbeing-metrics-to-address-climate-impacts

840 Ipsos (2024) 'Global Happiness 2024: A 30-country Global Advisor survey'. March. www.ipsos.com/sites/default/files/ct/news/documents/2024-03/Ipsos-happinessindex2024.pdf

841 Ipsos (2024) 'Global Happiness 2024: A 30-country Global Advisor survey'. March. www.ipsos.com/sites/default/files/ct/news/documents/2024-03/Ipsos-happinessindex2024.pdf

842 Gallup (2024) 'World Happiness Report 2024'. www.gallup.com/analytics/349487/world-happiness-report.aspx

843 Gallup (2024) 'World Happiness Report 2024'. www.gallup.com/analytics/349487/world-happiness-report.aspx

844 Dimock, M. (2019) 'Defining generations: Where Millennials end and Generation Z begins'. Pew Research Center. 17 January. www.pewresearch.org/short-reads/2019/01/17/where-millennials-end-and-generation-z-begins/

845 Barker, T. (2024) 'Gen-Z In The Modern Workplace: Mental Health And Well-Being Matters'. Forbes. 20 March. www.forbes.com/councils/forbesbusinesscouncil/2024/03/20/gen-z-in-the-modern-workplace-mental-health-and-well-being-matters/

846 Rotman, D. (2024) 'People are worried that AI will take everyone's jobs. We've been here before'. MIT Technology Review. 27 January. www.technologyreview.com/2024/01/27/1087041/technological-unemployment-elon-musk-jobs-ai/

847 Forbes (2022) '4 Reasons Life Expectancy Has Increased In The Past 200 Years'. 15 September. www.forbes.com/sites/quora/2022/09/15/4-reasons-life-expectancy-has-increased-in-the-past-200-years/

848 Clark, J. (2019) 'What Makes Technology Good or Bad for Us?'. Greater Good Magazine. 2 May. https://greatergood.berkeley.edu/article/item/what_makes_technology_good_or_bad_for_us

849 Data Reportal (2024) 'Digital Around the World'. https://datareportal.com/global-digital-overview

850 Hillyer, M. (2020) 'How has technology changed - and changed us - in the past 20 years?'. World Economic Forum. 18 November. www.weforum.org/stories/2020/11/heres-how-technology-has-changed-and-changed-us-over-the-past-20-years/

851 Niemiec, C.P. (2014) 'Eudaimonic Well-Being'. Encyclopedia of Quality of Life and Well-Being Research: 2004–2005. https://doi.org/10.1007/978-94-007-0753-5_929

852 Salavera, C. and Usán, P. (2022) 'The relationship between eudaimonic wellbeing, emotional intelligence and affect in early adolescents'. Current Psychology, 41(10): 6945–6953. https://doi.org/10.1007/s12144-020-01208-y

853 Aakjaer, M. and Wegener, C. (2023) 'Theorizing learning circles – a Nordic tradition revitalized in

times of social innovation imperatives'. Journal of Education and Work, 36(6): 462–475. https://doi.org/10.1080/13639080.2023.2231351

854 Domingo, A. et al. (2024) 'Scale up of the learning circles: A participatory action approach to support local food systems in four diverse First Nations school communities within Canada'. BMC Public Health, 24(1). https://doi.org/10.1186/s12889-024-19391-z

855 Shenk, L., Eells, J. and Almitra, W. (2023) 'Women taking action: Multisession learning circles, storytelling, and an ecosystem of relationships for conservation'. Journal of Soil and Water Conservation, 78(3): 245–259. https://doi.org/10.2489/jswc.2023.00129

856 Kokhar, T. (2013) '7 Things You May Not Know About Water'. World Bank Blogs. 6 September. https://blogs.worldbank.org/en/opendata/7-things-you-may-not-know-about-water

857 Ellerbeck, S. (2022) 'Explainer: What exactly is freshwater and is there enough of it?'. World Economic Forum. 12 October. www.weforum.org/stories/2022/10/water-freshwater-scarcity-uplink/

858 Magni, M. et al. (2024) 'Global energy consumption for desalination and wastewater treatment'. EGU General Assembly 2024, Vienna, Austria. https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-2128

859 Kocher, J.D. and Menon, A.K. (2023) 'Addressing global water stress using desalination and atmospheric water harvesting: A thermodynamic and technoeconomic perspective'. Energy & Environmental Science, 16(11): 4983–4993. https://doi.org/10.1039/D3EE02916F

860 AlMallahi, M.N. et al. (2024) 'Research progress and state-of-the-art on solar membrane desalination'. Case Studies in Chemical and Environmental Engineering, 10. https://doi.org/10.1016/j.cscee.2024.100825

861 United Nations (n.d.) 'Water – at the center of the climate crisis'. www.un.org/en/climatechange/science/climate-issues/water (retrieved 18 December 2024)

862 World Health Organization (2023) 'Drinking-water'. 13 September. www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water

863 Khondoker, M. et al. (2023) 'Freshwater Shortage, Salinity Increase, and Global Food Production: A Need for Sustainable Irrigation Water Desalination – A Scoping Review'. Earth, 4(2): 223–240. https://doi.org/10.3390/earth4020012

864 Queensland Government (2024) 'Impacts of salinity'. 19 June. www.qld.gov.au/environment/land/management/soil/salinity/impacts

865 Russ, J. (2020) 'Salt of the Earth: Quantifying the Impact of Water Salinity on Global Agricultural Productivity'. World Bank Group. February. https://documents1.worldbank.org/curated/zh/284971581348972217/pdf/Salt-of-the-Earth-Quantifying-the-Impact-of-Water-Salinity-on-Global-Agricultural-Productivity.pdf

866 European Commission (n.d.) 'Desalination'. https://blue-economy-observatory.ec.europa.eu/eu-blue-economy-sectors/desalination_en (retrieved 18 December 2024)

867 European Commission (n.d.) 'Desalination'. https://blue-economy-observatory.ec.europa.eu/eu-blue-economy-sectors/desalination_en (retrieved 18 December 2024)

868 Almasoudi, S., & Jamoussi, B. (2024). Desalination technologies and their environmental impacts: A review. Sustainable Chemistry One World, 1, 100002. https://doi.org/10.1016/j.scowo.2024.100002

869 European Commission (n.d.) 'Desalination'. https://blue-economy-observatory.ec.europa.eu/eu-blue-economy-sectors/desalination_en (retrieved 18 December 2024)

870 Goosen, M. et al. (2023) 'Solar desalination: A review of recent developments in environmental, regulatory and economic issues'. Solar Compass, 5. https://doi.org/10.1016/j.solcom.2023.100034

871 Goosen, M. et al. (2023) 'Solar desalination: A review of recent developments in environmental, regulatory and economic issues'. Solar Compass, 5. https://doi.org/10.1016/j.solcom.2023.100034

872 Goosen, M. et al. (2023) 'Solar desalination: A review of recent developments in environmental, regulatory and economic issues'. Solar Compass, 5. https://doi.org/10.1016/j.solcom.2023.100034

873 WHO (2011) 'Safe drinking-water from desalination'. www.who.int/publications/i/item/WHOHSE-WSH-11.03

874 Chu, J. (2024) 'Solar-powered desalination system requires no extra batteries'. MIT News. 8 October. https://news.mit.edu/2024/solar-powered-desalination-system-requires-no-extra-batteries-1008

875 Wood, J. (2024) 'Desalination: what is it and how can it help tackle water scarcity?'. World Economic Forum. 15 April. www.weforum.org/stories/2024/04/desalination-drinking-water-water-scarcity/

876 Huang, J., Zheng, H. and Kong, H. (2024) 'Key pathways for efficient solar thermal desalination'. Energy Conversion and Management, 299. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2023.117806

877 Mohammed, M.N. et al. (2024) 'Nanocomposite-based solar desalination: Recent developments

and future prospects'. Journal of Water Process Engineering, 64. https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2024.105733

878 Raza, S. et al. (2023) 'Two dimensional (2D) materials and biomaterials for water desalination; structure, properties, and recent advances'. Environmental Research, 219. https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.114998

879 Hou, Y. et al. (2024) '3D printing of bio-inspired porous polymeric solar steam generators for efficient and sustainable desalination'. Applied Physics Reviews, 11(3). https://doi.org/10.1063/5.0200505

880 Hou, Y. et al. (2024) '3D printing of bio-inspired porous polymeric solar steam generators for efficient and sustainable desalination'. Applied Physics Reviews, 11(3). https://doi.org/10.1063/5.0200505

881 Nicolás, A.P. et al. (2023) 'Desalination, minimal and zero liquid discharge powered by renewable energy sources: current status and future perspectives'. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 187. https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113733

882 Khalifa University (2024) 'Nature-inspired Solar Desalination'. 27 May. www.ku.ac.ae/nature-inspired-solar-desalination

883 Gen Digital (2023) '2023 Norton Cyber Safety Insights Report: Special Release – Holiday'. November.https://newsroom.gendigital.com/norton-cyber-safety-report-2023

884 Cisco (2024) 'Cisco Data Privacy Benchmark Study'. www.cisco.com/c/en/us/about/trust-center/data-privacy-benchmark-study.html

885 Voorveld, H.A.M., Meppelink, C.S. and Boerman, S.C. (2024) 'Consumers' persuasion knowledge of algorithms in social media advertising: Identifying consumer groups based on awareness, appropriateness, and coping ability'. International Journal of Advertising, 43(6): 960–986. https://doi.org/10.1080/02650487.2023.2264045

886 Voorveld, H.A.M., Meppelink, C.S. and Boerman, S.C. (2024) 'Consumers' persuasion knowledge of algorithms in social media advertising: Identifying consumer groups based on awareness, appropriateness, and coping ability'. International Journal of Advertising, 43(6): 960–986. https://doi.org/10.1080/02650487.2023.2264045

887 Voorveld, H.A.M., Meppelink, C.S. and Boerman, S.C. (2024) 'Consumers' persuasion knowledge of algorithms in social media advertising: Identifying consumer groups based on awareness, appropriateness, and coping ability'. International Journal of Advertising, 43(6): 960–986. https://doi.org/10.1080/02650487.2023.2264045

888 Oeldorf-Hirsch, A. and Neubaum, G. (2023) 'Attitudinal and behavioral correlates of algorithmic awareness among German and U.S. social media users'. Journal of Computer-Mediated Communication, 28(5). https://doi.org/10.1093/jcmc/zmad035

889 Wunderkind (2024) 'Consumer Insights Report for Digital Commerce'. https://convert.wunderkind.co/rs/445-FJV-353/images/Wunderkind%20Consumer%20Insights%20Report%20for%20Digital%20Commerce.pdf

890 Dimock, M. (2019) 'Defining generations: Where Millennials end and Generation Z beings'. Pew Research Center. January. www.pewresearch.org/short-reads/2019/01/17/where-millennials-end-and-generation-z-begins/

891 Selig, A. (2024) 'Generation Influence: Reaching Gen Z in the New Digital Paradigm'. WP Engine. 29 September. https://wpengine.com/resources/gen-z-2020-full-report/

892 Selig, A. (2024) 'Generation Influence: Reaching Gen Z in the New Digital Paradigm'. WP Engine. 29 September. https://wpengine.com/resources/gen-z-2020-full-report/

893 Selig, A. (2024) 'Generation Influence: Reaching Gen Z in the New Digital Paradigm'. WP Engine. 29 September. https://wpengine.com/resources/gen-z-2020-full-report/

894 IBM Security (2024) 'Cost of a Data Breach Report 2024'. www.ibm.com/reports/data-breach

895 IBM Security (2024) 'Cost of a Data Breach Report 2024'. www.ibm.com/reports/data-breach

896 Wright, D. and Kumar, R. (2023) 'Assessing the socio-economic impacts of cybercrime'. Societal Impacts, 1(1–2). https://doi.org/10.1016/j.socimp.2023.100013

897 e-Estonia (2014) 'The new frontier: X-Road launching towards data space'. 13 March. https://e-estonia.com/the-new-frontier-x-road-launching-towards-data-space/

898 Robinson, C. (2024) 'Women in Tech Stats: How The Industry Can Provide Equal Opportunities'. Forbes. 18 June. www.forbes.com/sites/cherylrobinson/2024/06/18/women-in-tech-stats-how-the-industry-can-provide-equal-opportunities/

899 Robinson, C. (2024) 'Women in Tech Stats: How The Industry Can Provide Equal Opportunities'. Forbes. 18 June. www.forbes.com/sites/cherylrobinson/2024/06/18/women-in-tech-stats-how-the-industry-can-provide-equal-opportunities/

900 Robinson, C. (2024) 'Women in Tech Stats: How The Industry Can Provide Equal Opportunities'.

Forbes. 18 June. www.forbes.com/sites/cherylrobinson/2024/06/18/women-in-tech-stats-how-the-industry-can-provide-equal-opportunities/

901 Qiu, B. et al. (2023) 'Social Trust and Female Board Representation: Evidence from China'. Journal of Business Ethics, 188(1): 187–204. https://doi.org/10.1007/s10551-022-05298-5

902 e Liu, S., Wang, K.T. and Walpola, S. (2023) 'Female board representation and the adoption of corporate social responsibility criteria in executive compensation contracts: International evidence'. Journal of International Financial Markets, Institutions and Money, 82. https://doi.org/10.1016/j.intfin.2022.101685

903 Issa, A. and Hanaysha, J.R. (2023) 'Breaking the glass ceiling for a sustainable future: The power of women on corporate boards in reducing ESG controversies'. International Journal of Accounting & Information Management, 31(4): 623–646. https://doi.org/10.1108/IJAIM-03-2023-0053

904 Hutchinson, K. (2023) 'What is International Girls in ICT Day all about?'. The Skills Network. 26 April. https://theskillsnetwork.com/insights-resources/blog/what-is-international-girls-in-ict-day-about

905 Rikala, P. et al. (2024) 'Understanding and measuring skill gaps in Industry 4.0 – A review'. Technological Forecasting and Social Change, 201. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2024.123206

906 American Association of University Women (n.d.) 'The STEM Gap: Women and Girls in Science, Technology, Engineering and Mathematics'. www.aauw.org/resources/research/the-stem-gap/ (retrieved 18 December 2024)

907 Institute of Engineering and Technology (2024) 'Over one million women now in STEM occupations but still account for 29% of STEM workforce'. 8 March. www.theiet.org/media/press-releases/press-releases-2024/press-releases-2024-january-march/8-march-2024-over-one-million-women-now-in-stem-occupations-but-still-account-for-29-of-stem-workforce

908 La Malfa, G. and Jorgensen, M. (2024) 'Women in STEM: Bridging the gender gap' King's College London. 3 July. www.kcl.ac.uk/women-in-stem-bridging-the-gender-gap

909 Montoya, S. (2024) 'New UIS data show that the share of women in STEM graduates stagnant for 10 years'. UNESCO. 25 April. https://world-education-blog.org/2024/04/25/new-uis-data-show-that-the-share-of-women-in-stem-graduates-stagnant-for-10-years/

910 Blanchflower, D.G. and Bryson, A. (2024) 'The female happiness paradox'. Journal of Population Economics, 37. https://doi.org/10.1007/s00148-024-00981-5

911 Human Development Reports (n.d.) 'Gender inequality index (GII)'. https://hdr.undp.org/data-center/thematic-composite-indices/gender-inequality-index#/indicies/GII (retrieved 18 December 2024)

912 Goryunova, E. and Madsen, S.R. (2024) 'The current status of women leaders worldwide'. Handbook of Research on Gender and Leadership: 2-22. https://doi.org/10.4337/9781035306893.00010

913 Goryunova, E. and Madsen, S.R. (2024) 'The current status of women leaders worldwide'. Handbook of Research on Gender and Leadership: 2-22. https://doi.org/10.4337/9781035306893.00010

914 World Economic Forum (2024) 'Global Gender Gap Report 2024: Insight Report'. June. www.weforum.org/publications/global-gender-gap-report-2024/

915 Blanchflower, D. and Bryson, A. (2014) 'The Gender Well-Being Gap'. Social Indicators Research, 173: 1-45. https://doi.org/10.1007/s11205-024-03334-7

916 Blanchflower, D. and Bryson, A. (2014) 'The Gender Well-Being Gap'. Social Indicators Research, 173: 1-45. https://doi.org/10.1007/s11205-024-03334-7

917 Whiting, K. (2024) 'Women's health gap: 6 conditions that highlight gender inequality in healthcare'. World Economic Forum. 14 October. www.weforum.org/stories/2024/10/women-health-gap-healthcare-gender/

918 United Nations Sustainable Development Goals (n.d.) 'Goal 5: Achieve gender equality and empower all women and girls' www.un.org/sustainabledevelopment/gender-equality/ (retrieved 18 December 2024)

919 Matud, M.P., López-Curbelo, M. and Fortes, D. (2019) 'Gender and Psychological Well-Being'. International Journal of Environmental Research and Public Health, 16(19). https://doi.org/10.3390/ijerph16193531

920 Christofferson, A. et al. (2024) 'Gamer Survey: Young Players Reshape the Industry'. Bain & Company. August. www.bain.com/insights/gamer-survey-young-players-reshape-the-industry-gaming-report-2024/

921 Office of Communications (2024) 'Children and parents: Media use and attitudes report 2024'. 19 April. www.ofcom.org.uk/media-use-and-attitudes/media-habits-children/children-and-parents-media-use-and-attitudes-report-2024/

922 Office of Communications (2024) 'Children and parents: Media use and attitudes report 2024'. 19

April. www.ofcom.org.uk/media-use-and-attitudes/media-habits-children/children-and-parents-media-use-and-attitudes-report-2024/

923 Moitra, M. et al. (2023) 'Global Mental Health: Where We Are and Where We Are Going'. Current Psychiatry Reports, 25(7): 301–311. https://doi.org/10.1007/s11920-023-01426-8

924 Moitra, M. et al. (2023) 'Global Mental Health: Where We Are and Where We Are Going'. Current Psychiatry Reports, 25(7): 301–311. https://doi.org/10.1007/s11920-023-01426-8

925 Moitra, M. et al. (2023) 'Global Mental Health: Where We Are and Where We Are Going'. Current Psychiatry Reports, 25(7): 301–311. https://doi.org/10.1007/s11920-023-01426-8

926 Office of Communications (2024) 'Children and parents: Media use and attitudes report 2024'. 19 April. www.ofcom.org.uk/media-use-and-attitudes/media-habits-children/children-and-parents-media-use-and-attitudes-report-2024/

927 Zhan, J. et al. (2024) 'Effects of game-based digital interventions for mental disorders: A meta-analysis'. Journal of Affective Disorders, 362: 731–741. https://doi.org/10.1016/j.jad.2024.07.095

928 United Nations (2023) 'Video Games and Mental Health: A Surprising Ally'. United Nations Western Europe. 31 October. https://unric.org/en/video-games-and-mental-health-a-surprising-ally/

929 United Nations (2023) 'Video Games and Mental Health: A Surprising Ally'. United Nations Western Europe. 31 October. https://unric.org/en/video-games-and-mental-health-a-surprising-ally/

930 World Health Organization (n.d.) 'Physical activity: Impact'. www.who.int/health-topics/physical-activity#tab=tab_2 (retrieved 18 December 2024)

931 World Health Organization (n.d.) 'Physical activity: Impact'. www.who.int/health-topics/physical-activity#tab=tab_2 (retrieved 18 December 2024)

932 World Health Organization (n.d.) 'Physical activity: Impact'. www.who.int/health-topics/physical-activity#tab=tab_2 (retrieved 18 December 2024)

933 The Atlantic Council of the United States (2023) 'Deconstructing the gaming ecosystem'. June. www.atlanticcouncil.org/wp-content/uploads/2023/06/scaling-trust-on-the-web_annex4.pdf

934 Damaševičius, R., Maskeliūnas, R. and Blažauskas, T. (2023) 'Serious Games and Gamification in Healthcare: A Meta-Review'. Information, 14(2). https://doi.org/10.3390/info14020105

935 Giovanelli, A. et al. (2023) 'Supporting Adolescent Engagement with Artificial Intelligence–Driven Digital Health Behavior Change Interventions'. Journal of Medical Internet Research, 25(1). https://doi.org/10.2196/40306

936 Damaševičius, R., Maskeliūnas, R. and Blažauskas, T. (2023) 'Serious Games and Gamification in Healthcare: A Meta-Review'. Information, 14(2). https://doi.org/10.3390/info14020105

937 Tolks, D., Schmidt, J.J. and Kuhn, S. (2024) 'The Role of AI in Serious Games and Gamification for Health: Scoping Review'. JMIR Serious Games, 12(1). https://doi.org/10.2196/48258

938 Arif, Y.M. et al. (2024) 'A Systematic Review of Serious Games for Health Education: Technology, Challenges, and Future Directions'. Transformative Approaches to Patient Literacy and Healthcare Innovation: 20–45. https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3661-8.ch002

939 Bellizzi, S. et al. (2023) 'Global health, climate change and migration: The need for recognition of "climate refugees"'. Journal of Global Health, 13. https://doi.org/10.7189/jogh.13.03011

940 World Bank Group (2024) 'Country Climate and Development Reports – From Climate Crisis to a New Development Agenda'. 18 January. https://projects.worldbank.org/en/results/2024/01/18/country-climate-and-development-reports-from-climate-crisis-to-a-new-development-agenda

941 Bellizzi, S. et al. (2023) 'Global health, climate change and migration: The need for recognition of "climate refugees"'. Journal of Global Health, 13. https://doi.org/10.7189/jogh.13.03011

942 IPCC (2020) 'Global warming of 1.5°C'. Special Report. www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2022/06/SR15_Full_Report_LR.pdfl

943 World Health Organisation (2023) 'Climate change'. 12 October. www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health

944 UK Health Security Agency (2023) 'How does climate change threaten our health? From flooding to wildfires'. 11 December. https://ukhsa.blog.gov.uk/2023/12/11/11-things-to-know-about-the-health-effects-of-climate-change-report/

945 Environmental and Occupational Health Sciences (2023) 'The Mental Health Effects of Natural Hazards'. July. https://deohs.washington.edu/edge/sites/deohs.washington.edu.edge/files/2023-09/Mental%20Health%20Fact%20Sheet%20JH%20VB%20EDITS.pdf

946 US Chamber of Commerce, Allstate and US Chamber of Commerce Foundation (2024) 'The Preparedness Payoff: The Economic Benefits of Investing in Climate Resilience'. 25 June. www.uschamber.com/security/the-preparedness-payoff-the-economic-benefits-of-investing-in-climate-resilience

947 US Chamber of Commerce, Allstate and US Chamber of Commerce Foundation (2024) 'The

Preparedness Payoff: The Economic Benefits of Investing in Climate Resilience'. 25 June. www.uschamber.com/security/the-preparedness-payoff-the-economic-benefits-of-investing-in-climate-resilience

948 One data and analysis (n.d.) 'The Trillions Tracker'. https://data.one.org/trillionstracker/ (retrieved 18 December 2024)

949 Keller, C. and O'Neal, M. (2023) 'Costing the earth: What will it take to make the green transition work?'. World Economic Forum. 29 September. www.weforum.org/stories/2023/09/costing-the-earth-how-to-make-green-transition-work/

950 One data and analysis (n.d.) 'The Trillions Tracker'. https://data.one.org/trillionstracker/ (retrieved 18 December 2024

951 World Bank Group (2024) 'Poverty'. 15 October. www.worldbank.org/en/topic/poverty/overview

952 World Bank Group (2024) 'Developing Countries Paid Record $1.4 Trillion on Foreign Debt in 2023'. Press Release. 3 December. www.worldbank.org/en/news/press-release/2024/12/03/developing-countries-paid-record-1-4-trillion-on-foreign-debt-in-2023

953 United Nations Climate Change (n.d.) 'The Paris Agreement'. https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement (retrieved 9 January 2025)

954 United Nations (n.d.) 'The 17 Goals'. https://sdgs.un.org/goals (retrieved 9 January 2025)

955 United Nations (2024) 'Pact for the Future, Global Digital Compact and Declaration on Future Generations'. September. www.un.org/sites/un2.un.org/files/sotf-pact_for_the_future_adopted.pdf)

956 Stanford Encyclopedia of Philosophy (2021) 'Public Goods'. 21 July. https://plato.stanford.edu/entries/public-goods/#EconPublGoodPublGoodProb/

957 Chin, M. (2021) 'What are Global Public Goods?'. International Monetary Fund. December. www.imf.org/en/Publications/fandd/issues/2021/12/Global-Public-Goods-Chin-basics

958 Harstad, B. (2024) 'The politics of global public goods'. National Bureau of Economic Research Working Paper Series. November. www.nber.org/system/files/working_papers/w33162/w33162.pdf

959 Chin, M. (2021) 'What are Global Public Goods?'. International Monetary Fund. December. www.imf.org/en/Publications/fandd/issues/2021/12/Global-Public-Goods-Chin-basics

960 Gethin, A. (2023) 'Revisiting global poverty reduction: Public goods and the world distribution of income, 1980-2022'. 18 September. https://wid.world/www-site/uploads/2023/11/WorldInequalityLab_WP2023_24_Revisiting-Global-Poverty-Reduction_Final.pdf

961 Digital Public Goods Alliance (n.d.) 'DPG Registry'. www.digitalpublicgoods.net/registry (retrieved 19 December 2024)

962 Stanford Encyclopedia of Philosophy (2021) 'Public Goods'. 21 July. https://plato.stanford.edu/entries/public-goods/#EconPublGoodPublGoodProb/

963 Chin, M. (2021) 'What are Global Public Goods?'. International Monetary Fund. December. www.imf.org/en/Publications/fandd/issues/2021/12/Global-Public-Goods-Chin-basics

964 Lee, N. and Matthews, S. (2024) 'How Multilateral Development Banks Measure their Institutional Success'. Centre for Global Development. 1 February. www.cgdev.org/blog/how-multilateral-development-banks-measure-their-institutional-success

965 Center for Global Development (n.d.) 'MDBs for a Global Future'. www.cgdev.org/project/mdbs-global-future (retrieved 19 December 2024)

966 UNICEF (n.d.) 'The cooling dilemma amid climate change'. www.unicef.org/innocenti/cooling-dilemma-amid-climate-change (retrieved 19 December 2024)

967 Davis, L. et al. (2021) 'Air conditioning and global inequality'. Global Environmental Change, 69. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2021.102299

968 International Energy Agency and Organisation for Economic Co-operation and Development (2018) 'The Future of Cooling: Opportunities for energy efficient air conditioning'. https://iea.blob.core.windows.net/assets/0bb45525-277f-4c9c-8d0c-9c0cb5e7d525/The_Future_of_Cooling.pdf

969 International Energy Agency and Organisation for Economic Co-operation and Development (2018) 'The Future of Cooling: Opportunities for energy efficient air conditioning'. https://iea.blob.core.windows.net/assets/0bb45525-277f-4c9c-8d0c-9c0cb5e7d525/The_Future_of_Cooling.pdf

970 UNICEF (n.d.) 'The cooling dilemma amid climate change'. www.unicef.org/innocenti/cooling-dilemma-amid-climate-change (retrieved 19 December 2024)

971 Crawley, J. et al. (2020) 'IVUGER Report: Domestic Air Conditioning in 2050'. UK Energy Research Centre. October. https://d2e1qxpsswcpgz.cloudfront.net/uploads/2020/10/WSNF_IVUGER-Report_Oct-2020.pdf

972 Gao, K. et al. (2024) 'The use of green infrastructure and irrigation in the mitigation of urban heat

in a desert city'. Building Simulation, 17: 679-694. https://doi.org/10.1007/s12273-024-1110-0

973 Zeng, W. and Yu, M. (2024) 'Green Oases in the Concrete Desert: Combatting Beijing's Heat with Urban Greenery'. Studies in Social Science & Humanities, 3(3): 19-24. www.paradigmpress.org/SSSH/article/view/1051/920

974 Li, B. and Zeng, S. (2024) 'Bilateral passive thermal management for dynamical temperature regulation'. Scientific Reports, 14(1). https://doi.org/10.1038/s41598-024-53433-1

975 UNICEF (n.d.) 'The cooling dilemma amid climate change'. www.unicef.org/innocenti/cooling-dilemma-amid-climate-change (retrieved 19 December 2024)

976 Naber, H., Junchaya, T. and Gibson, J. (2019) 'Climate-smart air conditioning has the potential to keep Saudi Arabia cool without heating the planet'. World Bank Blogs. 11 June. https://blogs.worldbank.org/en/climatechange/climate-smart-air-conditioning-has-potential-keep-saudi-arabia-cool-without-heating

977 International Energy Agency (n.d.) 'Space Cooling'. www.iea.org/energy-system/buildings/space-cooling (retrieved 19 December 2024)

978 UNICEF (n.d.) 'The cooling dilemma amid climate change'. www.unicef.org/innocenti/cooling-dilemma-amid-climate-change (retrieved 19 December 2024)

979 UNICEF (n.d.) 'The cooling dilemma amid climate change'. www.unicef.org/innocenti/cooling-dilemma-amid-climate-change (retrieved 19 December 2024)

980 Ma, Q. et al. (2024) 'Performance of Windcatchers in Improving Indoor Air Quality, Thermal Comfort, and Energy Efficiency: A Review'. Sustainability, 16(20). https://doi.org/10.3390/su16209039

981 Gu, J. et al. (2024) 'A comprehensive review of high-transmittance low-conductivity material-assisted radiant cooling air conditioning: Materials, mechanisms, and application perspectives'. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 189(A). https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113972

982 Jia, S. et al. (2024) 'Building energy savings by green roofs and cool roofs in current and future climates'. npj urban sustainability, 4. https://doi.org/10.1038/s42949-024-00159-8

983 International Energy Agency and Organisation for Economic Co-operation and Development (2018) 'The Future of Cooling: Opportunities for energy efficient air conditioning'. https://iea.blob.core.windows.net/assets/0bb45525-277f-4c9c-8d0c-9c0cb5e7d525/The_Future_of_Cooling.pdf

984 Li, B. and Zeng, S. (2024) 'Bilateral passive thermal management for dynamical temperature regulation'. Scientific Reports, 14(1). https://doi.org/10.1038/s41598-024-53433-1

985 Varadharajan, S., Vasanthan, K.S. and Verma, S. (2023) 'Recent development in nano-phase change materials and their applications in enhancing thermal capacity of intelligent buildings: A state-of-the art review'. Journal of Materials Research, 38(6): 1463–1487. https://doi.org/10.1557/s43578-023-00907-z

986 Kumar, P. (2018) 'GDP is no longer an accurate measure of economic progress. Here's why'. World Economic Forum. 13 November. www.weforum.org/stories/2018/11/forget-gdp-for-the-21st-century-we-need-a-modern-economic-measure/

987 Kumar, P. (2018) 'GDP is no longer an accurate measure of economic progress. Here's why'. World Economic Forum. 13 November. www.weforum.org/stories/2018/11/forget-gdp-for-the-21st-century-we-need-a-modern-economic-measure/

988 Andaish, Q. and Assadi, S. (2024) 'A study on the effectiveness of foreign aid on human development of Afghanistan'. Sustainable Technology and Entrepreneurship, 3(1). https://doi.org/10.1016/j.stae.2023.100056

989 Barros Leal Farias, D. (2023) 'Unpacking the 'developing' country classification: origins and hierarchies'. Review of International Political Economy, 31(2). https://doi.org/10.1080/09692290.2023.2246975

990 Barros Leal Farias, D. (2023) 'Unpacking the 'developing' country classification: origins and hierarchies'. Review of International Political Economy, 31(2). https://doi.org/10.1080/09692290.2023.2246975

991 Nielsen, L. (2011) 'Classifications of Countries Based on Their Level of Development: How it is Done and How it Could be Done'. International Monetary Fund Working Paper. February. www.imf.org/external/pubs/ft/wp/2011/wp1131.pdf

992 Barros Leal Farias, D. (2023) 'Unpacking the 'developing' country classification: origins and hierarchies'. Review of International Political Economy, 31(2). https://doi.org/10.1080/09692290.2023.2246975

993 US Department of State (2022) 'Literature review about the relationship between Foreign aid and economic growth'. October. www.state.gov/wp-content/uploads/2024/05/Learning-Brief-Literature-Review-about-the-Relationship-between-Foreign-Aid-and-Economic-Growth.pdf

994 Kinne, B.J. (2024) 'Network Context and the Effectiveness of International Agreements'. International Studies Quarterly, 68(3). https://doi.org/10.1093/isq/sqae099

995 World Economic Forum (2024) 'Global Risks Report 2024: Global risks 2034: Over the limit'. January. www.weforum.org/publications/global-risks-report-2024/in-full/global-risks-2034-over-the-limit/

996 Frank, J., Foster, R. and Pagliari, C. (2023) 'Open access publishing – noble intention, flawed reality'. Social Science & Medicine, 317. https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2022.115592

997 Kiley, R. (2023) 'Supporting Open Access for 20 years: Five issues that have slowed the transition to full and immediate OA'. Plan S. 27 September. www.coalition-s.org/blog/supporting-open-access-for-20-years-five-issues-that-have-slowed-the-transition-to-full-and-immediate-oa/

998 Hook, D. (2021) 'Open Access surpasses subscription publication globally for the first time'. Dimensions. 24 February. www.dimensions.ai/blog/open-access-surpasses-subscription-publication-globally-for-the-first-time/

999 Irawan, D.E. et al. (2020) 'Indonesia publishes the most open-access journals in the world: What it means for local research'. The Conversation. 7 October. http://theconversation.com/indonesia-publishes-the-most-open-access-journals-in-the-world-what-it-means-for-local-research-147421

1000 Indonesia Media Law Review (n.d.) 'Open Access Policy'. https://journal.unnes.ac.id/sju/imrev/OA-Policy (retrieved 18 November 2024)

1001 Rico-Castro, P. and Bonora, L. (2023) 'Open access policies in Latin America, the Caribbean and the European Union: Progress towards a political dialogue.' Directorate-General for Research and Innovation (European Commission). https://data.europa.eu/doi/10.2777/90667

1002 Sage (n.d.) 'Funding your Open Access Research'. https://us.sagepub.com/en-us/nam/funding-your-open-access-research (retrieved 19 December 2024)

1003 European Commission (n.d.) 'Open Research Europe'. https://open-research-europe.ec.europa.eu/ (retrieved 18 November 2024)

1004 Severin, A. et al. (2023) 'Relationship between journal impact factor and the thoroughness and helpfulness of peer reviews'. PLOS Biology, 21(8). https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3002238

1005 Severin, A. et al. (2023) 'Relationship between journal impact factor and the thoroughness and helpfulness of peer reviews'. PLOS Biology, 21(8). https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3002238

1006 Davison, R.M. and Lowry, P.B. (2023) 'ISJ editorial: Addressing the implications of recent developments in journal impact factors'. Information Systems Journal, 33(3): 419–436. https://doi.org/10.1111/isj.12426

1007 Langley Evans, S.C. (2023) 'Journal impact factor: A redundant metric for a bygone era'. Journal of Human Nutrition and Dietetics, 36(1): 5–11. https://doi.org/10.1111/jhn.13102

1008 Bricker-Anthony, C. and Herzog, R.W. (2023) 'Distortion of journal impact factors in the era of paper mills'. Molecular Therapy, 31(6): 1503–1504. https://doi.org/10.1016/j.ymthe.2023.05.008

1009 Gitlab (2024) 'retraction-watch-data'. Crossref GitLab. 2 September. https://gitlab.com/crossref/retraction-watch-data (retrieved 27 Januaary 2025)

1010 LeMaster, N., Huntt, M. and Neumann, C. (2024) 'Weighing the Cost: Open Access Article Publishing Charges, Waivers, and Society Membership'. Science Editor, 47(1): 14–16. https://doi.org/10.36591/SE-4701-03

1011 Lourenco, M.V. (2023) 'Promoting diversity and overcoming publication barriers in Latin American neuroscience and Alzheimer's disease research: A call to action'. Alzheimer's & Dementia: Translational Research & Clinical Interventions, 9(1). https://doi.org/10.1002/trc2.12378

1012 Kiley, R. (2023) 'Supporting Open Access for 20 years: Five issues that have slowed the transition to full and immediate OA'. Plan S. 27 September. www.coalition-s.org/blog/supporting-open-access-for-20-years-five-issues-that-have-slowed-the-transition-to-full-and-immediate-oa/

1013 Bahji, A. et al. (2022) 'Exclusion of the non-English-speaking world from the scientific literature: Recommendations for change for addiction journals and publishers'. Nordic Studies on Alcohol and Drugs, 40(1). https://doi.org/10.1177/14550725221102227

1014 Arenas-Castro, H. (2024) 'Prestigious journals make it hard for scientists who don't speak English to get published. And we all lose out'. The Conversation. 21 March. https://theconversation.com/prestigious-journals-make-it-hard-for-scientists-who-dont-speak-english-to-get-published-and-we-all-lose-out-226225

1015 Butler, L.A. et al. (2023) 'The oligopoly's shift to open access: How the big five academic publishers profit from article processing charges'. Quantitative Science Studies, 4(4): 778–799. https://doi.org/10.1162/qss_a_00272

1016 Nicholson, C. (2024) 'Springer Nature reports adjusted operating profit margin of 28%'. Research Professional News. 19 November. www.researchprofessionalnews.com/rr-news-world-2024-11-springer-nature-reports-adjusted-operating-profit-margin-of-28/

1017 Gogotsi, Y. (2023) 'Pay to publish? Open access publishing from the viewpoint of a scientist and

editor'. Graphene and 2D Materials, 8: 1–3. https://doi.org/10.1007/s41127-023-00057-3

1018 Stevens, G. et al. (2022) 'Micronutrient deficiencies among preschool-aged children and women of reproductive age worldwide: a pooled analysis of individual-level data from population-representative surveys'. The Lancet Global Health. 10(11). www.thelancet.com/journals/langlo/article/PIIS2214-109X(22)00367-9/fulltext

1019 Lowe, N.M. (2024) 'Fortification or biofortification: Complimentary strategies or duplication of effort?'. Proceedings of the Nutrition Society, 1–10. https://doi.org/10.1017/S0029665124000041https://doi.org/10.1177/14550725221102227

1020 Passarelli, S. et al. (2024) 'Global estimation of dietary micronutrient inadequacies: a modelling analysis'. Lancet Global Health, 12. www.thelancet.com/action/showPdf?pii=S2214-109X%2824%2900276-6

1021 Lowe, N.M. (2024) 'Fortification or biofortification: complimentary strategies or duplication of effort?'. Proceedings of the Nutrition Society, 1-10. https://doi.org/10.1017/S0029665124000041

1022 Food and Agriculture Organization of the United Nations (1996) 'Food Fortification Technology'. Food and Agriculture Organization technical meeting. www.fao.org/4/w2840e/w2840e03.htm

1023 Callaghan, S. et al. (2024) 'The trends defining the $1.8 trillion global wellness market in 2024'. McKinsey & Company. 16 January. www.mckinsey.com/industries/consumer-packaged-goods/our-insights/the-trends-defining-the-1-point-8-trillion-dollar-global-wellness-market-in-2024

1024 Djaoudene, O. et al. (2023) 'A Global Overview of Dietary Supplements: Regulation, Market Trends, Usage during the COVID-19 Pandemic, and Health Effects'. Nutrients, 15(15). https://doi.org/10.3390/nu15153320

1025 Djaoudene, O. et al. (2023) 'A Global Overview of Dietary Supplements: Regulation, Market Trends, Usage during the COVID-19 Pandemic, and Health Effects'. Nutrients, 15(15). https://doi.org/10.3390/nu15153320

1026 Djaoudene, O. et al. (2023) 'A Global Overview of Dietary Supplements: Regulation, Market Trends, Usage during the COVID-19 Pandemic, and Health Effects'. Nutrients, 15(15). https://doi.org/10.3390/nu15153320

1027 Lopes, S.O. (2023) 'Food Insecurity and Micronutrient Deficiency in Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis'. Nutrients, 15(5). https://doi.org/10.3390/nu15051074

1028 Bhandari, M. et al. (2022) 'The Therapeutic Benefits of Nanoencapsulation in Drug Delivery to the Anterior Segment of the Eye: A Systematic Review'. Frontiers in Pharmacology, 13. https://doi.org/10.3389/fphar.2022.903519

1029 Hasan, M. et al. (2024) 'Fortification of bread with mango peel and pulp as a source of bioactive compounds: A comparison with plain bread'. Food Chemistry Advances, 5. https://doi.org/10.1016/j.focha.2024.100783

1030 Ben-Fadhel, Y. et al. (2024) 'Encapsulation, protection, and delivery of natural antimicrobials: Comparison of nanoemulsion, gelled emulsion, and nanoliposomes for food application'. Food Bioscience, 58. https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.103720

1031 Hasan, M. et al. (2024) 'Fortification of bread with mango peel and pulp as a source of bioactive compounds: A comparison with plain bread'. Food Chemistry Advances, 5. https://doi.org/10.1016/j.focha.2024.100783

1032 Kokane, S.B. et al. (2024) 'Current trends in additive manufacturing based 4D food printing technology: A review'. Future Foods, 10. https://doi.org/10.1016/j.fufo.2024.100450

1033 International Energy Agency (2024) 'Empowering Urban Energy Transitions'. May. www.iea.org/reports/empowering-urban-energy-transitions

1034 International Energy Agency (2024) 'Empowering Urban Energy Transitions'. May. www.iea.org/reports/empowering-urban-energy-transitions

1035 International Renewable Energy Agency and State Grid Corporation of China (2022) 'Smart Electrification with Renewables: Driving the Transformation of Energy Services'. February.www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2022/Feb/IRENA_Smart-Electrification_Renewables_2022.pdf

1036 International Energy Agency (2024) 'Empowering Urban Energy Transitions'. May. www.iea.org/reports/empowering-urban-energy-transitions

1037 World Bank Group (2023) 'Urban Development: Overview'. 3 April. www.worldbank.org/en/topic/urbandevelopment/overview (retrieved 19 December 2024)

1038 World Bank Group (2023) 'Urban Development: Overview'. 3 April. www.worldbank.org/en/topic/urbandevelopment/overview (retrieved 19 December 2024)

1039 Lorentz, B. et al. (2024) 'Powering artificial intelligence: a study of AI's environmental footprint-today and tomorrow'. Deloitte. November. www.deloitte.com/global/en/issues/climate/powering-ai.html

1040 International Renewable Energy Agency (2024) 'Record Growth Drives Cost Advantage of Renewable Power'. 25 September. www.irena.org/News/pressreleases/2024/Sep/Record-Growth-Drives-Cost-Advantage-of-Renewable-Power

1041 International Renewable Energy Agency (2024) 'Renewable Power Generation Costs in 2023'. www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2024/Sep/IRENA_Renewable_power_generation_costs_in_2023.pdf

1042 International Energy Agency (2024) 'World Energy Investment: Overview and key findings'. June. www.iea.org/reports/world-energy-investment-2024/overview-and-key-findings

1043 Key, S. (2017) 'In Today's Market, Do Patents Even Matter?'. Forbes. 13 November. www.forbes.com/sites/stephenkey/2017/11/13/in-todays-market-do-patents-even-matter/

1044 Key, S. (2017) 'In Today's Market, Do Patents Even Matter?'. Forbes. 13 November. www.forbes.com/sites/stephenkey/2017/11/13/in-todays-market-do-patents-even-matter/

1045 Gruner, R. (2021) 'Does anybody see what I see?: Abandoned patents and their impacts on technology development'. NYU Journal of Intellectual Property and Enterntainment Law, 11(2). https://jipel.law.nyu.edu/wp-content/uploads/2022/02/JIPEL-Gruner-Fall-2021.pdf

1046 Intellectual Property Office (2024) 'Facts and figures: Patents, trade marks, designs and hearings: 2023'. GOV.UK. 20 June. www.gov.uk/government/statistics/facts-and-figures-patents-trade-marks-designs-and-hearings-2023/facts-and-figures-patents-trade-marks-designs-and-hearings-2023

1047 Ministry of Development, Industry, Trade and Services (2020) 'Green Patents'. Government of Brazil. 16 November. www.gov.br/inpi/en/services/patents/prioritized-examination/pilot-projects/green-patents

1048 Intellectual Property Office (2024) 'Advanced examination for green technologies'. Government of Canada. 1 October. https://ised-isde.canada.ca/site/canadian-intellectual-property-office/en/patents/patent-applications-examination-and-patents/advanced-examination-green-technologies

1049 Shen, C. (2017) 'Administrative Measures for Prioritized Patent Examination'. Linda Liu & Partners. 27 June. www.lindapatent.com/en/law_patent/674.html

1050 Japan Patent Office (n.d.) 'Outline of Accelerated Examination and Accelerated Appeal Examination'. www.jpo.go.jp/e/system/patent/shinsa/jp-soki/index.html (retrieved 19 November 2024)

1051 United States Patent and Trademark Office (2022) 'USPTO announces launch of Climate Change Mitigation Pilot Program'. 3 June. www.uspto.gov/about-us/news-updates/uspto-announces-launch-climate-change-mitigation-pilot-program

1052 Shen, C. (2017) 'Administrative Measures for Prioritized Patent Examination'. Linda Liu & Partners. 27 June. www.lindapatent.com/en/law_patent/674.html

1053 Government of Dubai (2024) 'Dubai launches new IP Hub to empower innovators, entrepreneurs and enhance business landscape'. 1 October. https://prod.mediaoffice.ae/en/news/2024/october/01-10/dubai-launches-new-ip-hub-to-empower-innovators

1054 Iancu, A. and Elluru, R. (2024) 'When AI Helps Generate Inventions, Who Is the Inventor?'. Center for Strategic and International Studies. 22 February. www.csis.org/analysis/when-ai-helps-generate-inventions-who-inventor

1055 World Intellectual Property Organization (n.d.) 'Artificial Intelligence and Intellectual Property Policy'. www.wipo.int/about-ip/en/artificial_intelligence/policy.html (retrieved 19 December 2024

1056 Denter, N.M., Seeger, F. andMoehrle, M.G. (2023) 'How can Blockchain technology support patent management? A systematic literature review'. International Journal of Information Management, 68. https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2022.102506

1057 Morin, S. et al. (2023) 'Expanding access to biotherapeutics in low-income and middle-income countries through public health non-exclusive voluntary intellectual property licensing: Considerations, requirements, and opportunities'. The Lancet Global Health, 11(1): e145–e154. https://doi.org/10.1016/S2214-109X(22)00460-0

1058 Correa, C. and Matthes, D. (2011) 'Discussion Paper: The Doha Declaration Ten Years on and Its Impact on Access to Medicines and the Right to Health'. United Nations Development Programme. 20 December. www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/publications/Discussion_Paper_Doha_Declaration_Public_Health.pdf

1059 Moret, B. (2023) 'Can automation pull us through the global labour shortage?'. World Economic Forum. 5 January. www.weforum.org/stories/2023/01/how-automation-will-pull-us-through-the-labour-shortage-davos23/

1060 Coykendall, J. et al. (2024) 'Taking charge: Manufacturers support growth with active workforce strategies.' Deloitte Insights. 3 April. www2.deloitte.com/us/en/insights/industry/manufacturing/supporting-us-manufacturing-growth-amid-workforce-challenges.html

1061 Coykendall, J. et al. (2024) 'Taking charge: Manufacturers support growth with active workforce strategies.' Deloitte Insights. 3 April. www2.deloitte.com/us/en/insights/industry/manufacturing/supporting-us-manufacturing-growth-amid-workforce-challenges.html

1062 Costa, E. (2024) 'Industry 5.0 and SDG 9: A symbiotic dance towards sustainable transformation'. Sustainable Earth Reviews, 7(1). https://doi.org/10.1186/s42055-024-00073-y

1063 Anozie, U.C. et al. (2024) 'Integration of IoT technology in lean manufacturing for real-time supply chain Optimization'. International Journal of Science and Research Archive, 12(02): 1948-1957. https://doi.org/10.30574/ijsra.2024.12.2.1498

1064 Anozie, U.C. et al. (2024) 'Integration of IoT technology in lean manufacturing for real-time supply chain Optimization'. International Journal of Science and Research Archive, 12(02): 1948-1957. https://doi.org/10.30574/ijsra.2024.12.2.1498

1065 Zafar, M.H., Langas, E.F. and Sanfilippo, F. (2024) 'Exploring the synergies between collaborative robotics, digital twins, augmentation, and industry 5.0 for smart manufacturing: A state-of-the-art review'. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 89. https://doi.org/10.1016/j.rcim.2024.102769

1066 A3 Robotics Collaborative Robots (n.d.) 'What Are Collaborative Robots'. www.automate.org/robotics/cobots/what-are-collaborative-robots(retrieved 20 November 2024)

1067 Rudroff, T., Rainio, O. and Klén, R. (2024) 'Neuroplasticity Meets Artificial Intelligence: A Hippocampus-Inspired Approach to the Stability–Plasticity Dilemma'. Brain Sciences, 14(11). https://doi.org/10.3390/brainsci14111111

1068 Perumalsamy, K.K. et al. (2024) 'Advancing Intelligent Systems: Exploring the Ecosystem of Context-Aware Computing'. International Refereed Journal of Engineering and Science, 13(2): 67-76. www.irjes.com/Papers/vol13-issue2/I13026776.pdf

1069 United States Consumer Product Safety Commission (2025) '2024 Report to the President and Congress'. 22 January. www.cpsc.gov/content/2024-Annual-Report-to-the-President-and-Congress

1070 United Nations Trade and Development Board (2022) 'Modalities for the implementation of the recommendation on preventing the cross-border distribution of known unsafe consumer products'. United Nations Conference on Trade and Development. 6 May. https://unctad.org/system/files/official-document/cicplpd28_en.pdf

1071 United Nations Trade and Development (2024) 'The Report of the Working Group on Consumer Product Safety to the eighth session of the Intergovernmental Group of Experts on Consumer Protection Law and Policy'. June. https://unctad.org/system/files/information-document/ccpb_IGECON2024_Report_WG_Consumer_Product_Safety_en_0.pdf

1072 United Nations Trade and Development (2022) 'Unsafe products exact a high price on consumers globally'. 19 July. https://unctad.org/news/unsafe-products-exact-high-price-consumers-globally

1073 World Economic Forum (n.d.) 'The Digital Economy'. https://intelligence.weforum.org/topics/a1Gb0000001SH21EAG (retrieved 19 December 2024)

1074 World Economic Forum (n.d.) 'Accelerating Digital Transformation for Long Term Growth'. https://initiatives.weforum.org/digital-transformation/home (retrieved 19 December 2024)

1075 Abdel Samad, W. et al. (2022) 'Becoming a digital disruptor: How national tech champions can ignite economic growth'. Strategy &. www.strategyand.pwc.com/m1/en/strategic-foresight/sector-strategies/technology/becoming-a-digital-disruptor/national-tech-champions.pdf

1076 Reuter, E. and Han, J.Y. (2024) 'The number of AI medical devices has spiked in the past decade'. MedTech Dive. 9 October. www.medtechdive.com/news/fda-ai-medical-devices-growth/728975/

1077 Blouin, L. (2023) 'AI's mysterious 'black box' problem, explained'. University of Michigan-Dearborn. 6 March. https://umdearborn.edu/news/ais-mysterious-black-box-problem-explained

1078 The Global Financial Innovation Network (GFIN) (n.d.) 'Welcome to GFIN'. www.thegfin.com (retrieved 7 January 2025)

1079 The Global Financial Innovation Network (GFIN) (n.d.) 'Cross-Border Testing'. www.thegfin.com/cross-border-testing (retrieved 7 January 2025)

1080 Mission Innovation (n.d.) 'Catalysing Clean Energy for All'. https://mission-innovation.net (retrieved 7 January 2025)

1081 Mission Innovation (n.d.) 'United Arab Emirates'. www.mission-innovation.net/our-members/united-arab-emirates/collaboration/ (retrieved 19 December 2024)

1082 World Bank Group (2020) 'Global Experiences from Regulatory Sandboxes: Finance, competitiveness & innovation global practice'. https://documents1.worldbank.org/curated/en/912001605241080935/pdf/Global-Experiences-from-Regulatory-Sandboxes.pdf

1083 World Bank Group (2020) 'Key data from regulatory sandboxes across the Globe'. 1 November.

www.worldbank.org/en/topic/fintech/brief/key-data-from-regulatory-sandboxes-across-the-globe

1084 Yordanova, K. and Bertels, N. (2024) 'Regulating AI: Challenges and the Way Forward Through Regulatory Sandboxes'. Multidisciplinary perspectives on artificial intelligence and the law. Law, Governance and Technology Series, 58: 441-456. https://library.oapen.org/bitstream/handle/20.500.12657/86900/1/978-3-031-41264-6.pdf#page=442

1085 The Global Financial Innovation Network. (n.d.) 'Welcome to GFIN' www.thegfin.com (retrieved 19 December 2024)

1086 Baker McKenzie (2020) 'A guide to regulatory fintech sandboxes internationally'. www.bakermckenzie.com/-/media/files/insight/publications/2020/05/a_guide_to_regulatory_fintech_sandboxes_internationally_8734.pdf

1087 Porciuncula, L. (2024) 'From catching up to leading: How sandboxes can shape the future of technology for people and planet'. The Datasphere Initiative. 11 September. www.thedatasphere.org/news/from-catching-up-to-leading-how-sandboxes-can-shape-the-future-of-technology-for-people-and-planet/

1088 International Renewable Energy Agency (2024) 'World Energy Transitions Outlook 2024: 1.5° C Pathway'. www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2024/Nov/IRENA_World_energy_transitions_outlook_2024.pdf

1089 International Renewable Energy Agency (2023) 'World Energy Transitions Outlook 2023: 1.5° C Pathway'. www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2023/Jun/IRENA_World_energy_transitions_outlook_2023.pdf

1090 International Renewable Energy Agency (2023) 'World Energy Transitions Outlook 2023: 1.5° C Pathway'. www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2023/Jun/IRENA_World_energy_transitions_outlook_2023.pdf

1091 International Energy Agency (2024) 'Renewables 2024: Global Overview'. October. www.iea.org/reports/renewables-2024/global-overview

1092 International Energy Agency (2024) 'Renewables 2024: Global Overview'. October. www.iea.org/reports/renewables-2024/global-overview

1093 Khalid, M.Y. et al. (2023) 'Recycling of wind turbine blades through modern recycling technologies: A road to zero waste'. Renewable Energy Focus, 44: 373–389. https://doi.org/10.1016/j.ref.2023.02.001

1094 Vinayagamoorthi, R. et al. (2024) 'Recycling of end of life photovoltaic solar panels and recovery of valuable components: A comprehensive review and experimental validation'. Journal of Environmental Chemical Engineering, 12(1). https://doi.org/10.1016/j.jece.2023.111715

1095 Liu, P., Meng, F. andBarlow, C.Y. (2022) 'Wind turbine blade end-of-life options: An economic comparison'. Resources, Conservation and Recycling, 180. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106202

1096 Khalid, M.Y. et al. (2023) 'Recycling of wind turbine blades through modern recycling technologies: A road to zero waste'. Renewable Energy Focus, 44: 373–389. https://doi.org/10.1016/j.ref.2023.02.001

1097 Goh, K.C. et al. (2024) 'Harvesting valuable elements from solar panels as alternative construction materials: A new approach of waste valorization and recycling in circular economy for building climate resilience'. Sustainable Materials and Technologies, 41. https://doi.org/10.1016/j.susmat.2024.e01030

1098 Goh, K.C. et al. (2024) 'Harvesting valuable elements from solar panels as alternative construction materials: A new approach of waste valorization and recycling in circular economy for building climate resilience'. Sustainable Materials and Technologies, 41. https://doi.org/10.1016/j.susmat.2024.e01030

1099 Zhang, W. et al.(2023) 'Sustainable transformation of end-of-life wind turbine blades: Advancing clean energy solutions in civil engineering through recycling and upcycling'. Journal of Cleaner Production, 426. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139184

1100 Martini, R. and Xydis, G. (2023) 'Repurposing and recycling wind turbine blades in the United States'. Environmental Progress & Sustainable Energy, 42(1). https://doi.org/10.1002/ep.13932

1101 Martini, R. and Xydis, G. (2023) 'Repurposing and recycling wind turbine blades in the United States'. Environmental Progress & Sustainable Energy, 42(1). https://doi.org/10.1002/ep.13932

1102 Vijayakumar, G. et al. (2022) 'Enabling Innovation in Wind Turbine Design Using Artificial Intelligence'. National Renewable Energy Laboratory. https://research-hub.nrel.gov/en/publications/enabling-innovation-in-wind-turbine-design-using-artificial-intel

1103 Monzamodeth, R.-S.A. et al. (2022) 'Development of a wind turbine using 3D printing: A prospection of electric power generation from daily commute by car'. Wind Engineering, 46(2): 376–391. https://doi.org/10.1177/0309524X211029563

1104 World Economic Forum (2025) 'Global Cybersecurity Outlook 2025: Insight report'. https://reports.weforum.org/docs/WEF_Global_Cybersecurity_Outlook_2025.pdf

1105 Keeper Security (2024) 'Cyber Attacks Are More Sophisticated Than Ever, With AI-Powered Attacks Posing the Greatest Risk'. 26 March. www.prnewswire.com/news-releases/cyber-attacks-are-more-sophisticated-than-ever-with-ai-powered-attacks-posing-the-greatest-risk-302098797.html

1106 IBM (2024) 'Cost of a Data Breach Report 2024'. 30 July. www.ibm.com/reports/data-breach

1107 IBM (2024) 'Cost of a Data Breach Report 2024'. 30 July. www.ibm.com/reports/data-breach

1108 IBM (2024) 'Cost of a Data Breach Report 2024'. 30 July. www.ibm.com/reports/data-breach

1109 IBM (2024) 'Cost of a Data Breach Report 2024'. 30 July. www.ibm.com/reports/data-breach

1110 Muggah, R. and Marglois, M. (2023) 'Why we need global rules to crack down on cybercrime'. World Economic Forum. 2 January. www.weforum.org/stories/2023/01/global-rules-crack-down-cybercrime/

1111 Wright, D. and Kumar, R. (2023) 'Assessing the socio-economic impacts of cybercrime'. Societal Impacts, 1(1–2). https://doi.org/10.1016/j.socimp.2023.100013

1112 Olivares, R. et al. (2024) 'Enhancing the Efficiency of a Cybersecurity Operations Center Using Biomimetic Algorithms Empowered by Deep Q-Learning'. Biomimetics, 9(6). https://doi.org/10.3390/biomimetics9060307

1113 Jackson, M. (2024) 'Application of Nature-Inspired Techniques in Cybersecurity: Novel Approaches for Domain Detection'. ResearchGate.https://doi.org/10.13140/RG.2.2.27733.44006

1114 Altman, S.A. and Bastian, C.R. (2024) 'DHL Global Connectedness Tracker'. DHL Group. November. www.dhl.com/global-en/delivered/global-trade/global-connectedness-report.html

1115 Willige, A. and Markovitz, G. (2023) 'The future of jobs: 2 experts explain how technology is transforming 'almost every task''. World Economic Forum. 1 May. www.weforum.org/stories/2023/05/future-of-jobs-technology-skills-workplace/

1116 World Economic Forum (2025) 'Future of Jobs Report 2025'.https://reports.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_Report_2025.pdf

1117 World Economic Forum (2025) 'Future of Jobs Report 2025'.https://reports.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_Report_2025.pdf

1118 United Nations (2024) 'The Sustainable Development Goals Report 2024'. https://unstats.un.org/sdgs/report/2024/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2024.pdf

1119 United Nations (2024) 'The Sustainable Development Goals Report 2024'. https://unstats.un.org/sdgs/report/2024/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2024.pdf

1120 International Energy Agency (2024) 'World Energy Outlook 2024'. October. https://iea.blob.core.windows.net/assets/02b65de2-1939-47ee-8e8a-4f62c38c44b0/WorldEnergyOutlook2024.pdf

1121 International Energy Agency (2024) 'World Energy Outlook 2024'. October. https://iea.blob.core.windows.net/assets/02b65de2-1939-47ee-8e8a-4f62c38c44b0/WorldEnergyOutlook2024.pdf

1122 International Energy Agency (2024) 'World Energy Outlook 2024'. October. https://iea.blob.core.windows.net/assets/02b65de2-1939-47ee-8e8a-4f62c38c44b0/WorldEnergyOutlook2024.pdf

1123 International Energy Agency (2024) 'World Energy Outlook 2024'. October. https://iea.blob.core.windows.net/assets/02b65de2-1939-47ee-8e8a-4f62c38c44b0/WorldEnergyOutlook2024.pdf

1124 International Energy Agency (2024) 'World Energy Outlook 2024'. October. https://iea.blob.core.windows.net/assets/02b65de2-1939-47ee-8e8a-4f62c38c44b0/WorldEnergyOutlook2024.pdf

1125 International Energy Agency (2024) 'SDG7: Data and Projections: Access to electricity'. November. www.iea.org/reports/sdg7-data-and-projections/access-to-electricity

1126 Taušová, M. et al. (2024) 'Development of Energy Poverty and Its Solutions through the Use of Renewables: The EU Case with a Focus on Slovakia'. Energies, 17(15). https://doi.org/10.3390/en17153762

1127 Shell (n.d.) 'Technology for a net-Zero energy future'. www.shell.com/what-we-do/technology-and-innovation/technology-for-a-sustainable-energy-industry.html (retrieved 20 December 2024)

1128 Shabalov, M.Y et al. (2021) 'The influence of technological changes in energy efficiency on the infrastructure deterioration in the energy sector'. Energy Reports, 7: 2664-2680. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.05.001

1129 Ammanath, B. (2024) 'How to manage AI's energy demand — today, tomorrow and in the future'. World Economic Forum. 25 April. www.weforum.org/stories/2024/04/how-to-manage-ais-energy-demand-today-tomorrow-and-in-the-future/

1130 National Aeronautics and Space Administration (NASA) (n.d.) 'Lattice Confinement Fusion'. www1.grc.nasa.gov/space/science/lattice-confinement-fusion/ (retrieved 20 December)

1131 Blondel, S. (2024) ‘Nuclear fusion energy requires heat- and radiation-resilient materials to be reliable, says nuclear engineer’. The Conversation. 21 October. https://phys.org/news/2024-10-nuclear-fusion-energy-requires-resilient.html

1132 National Aeronautics and Space Administration (NASA) (n.d.) ‘Lattice Confinement Fusion’. www1.grc.nasa.gov/space/science/lattice-confinement-fusion/ (retrieved 20 December)

1133 US Department of Energy (n.d.) ‘DOE Explains...Deuterium-Tritium Fusion Fuel’.www.energy.gov/science/doe-explainsdeuterium-tritium-fusion-fuel (retrieved 19 November 2024)

1134 US Department of Energy (n.d.) ‘DOE Explains...Deuterium-Tritium Fusion Fuel’.www.energy.gov/science/doe-explainsdeuterium-tritium-fusion-fuel (retrieved 19 November 2024)

1135 US Energy Information Administration (2024) ‘Units and calculators explained’. 28 October. www.eia.gov/energyexplained/units-and-calculators/

1136 Office of Energy Efficiency & Renewable Energy (2024) 'Wind turbines: The bigger, the better’. 21 August. U.S. Department of Energy. www.energy.gov/eere/articles/wind-turbines-bigger-better

1137 Mazzucato, M. (2024) ‘Policy with a Purpose’. International Monetary Fund. September. www.imf.org/en/Publications/fandd/issues/2024/09/policy-with-a-purpose-mazzucato

1138 United Nations (2023) ‘Global Sustainable Development Report 2023’. 12 September. https://sdgs.un.org/gsdr

1139 Torkington, S. (2023) ‘We’re on the brink of a ‘polycrisis’ – how worried should we be?’.World Economic Forum. 13 January. www.weforum.org/stories/2023/01/polycrisis-global-risks-report-cost-of-living/

1140 Edelman Trust Institute (2024) ‘2024 Edelman Trust Barometer: Global Report’. www.edelman.com/sites/g/files/aatuss191/files/2024-02/2024%20Edelman%20Trust%20Barometer%20Global%20Report_FINAL.pdf

1141 Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) (n.d.) ‘Mission-oriented innovation’. www.oecd.org/en/topics/sub-issues/mission-oriented-innovation.html (retrieved 20 December 2024)

1142 Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) (n.d.) ‘Mission-oriented innovation’. www.oecd.org/en/topics/sub-issues/mission-oriented-innovation.html (retrieved 20 December 2024)

1143 Priebe, M. and Herberg, J. (2024) ‘Regioning mission-oriented innovation policy: The articulation of directionality between federal and regional arenas in the German High-Tech Strategy’. Environmental Innovation and Societal Transitions, 52. https://doi.org/10.1016/j.eist.2024.100899

1144 Mazzucato, M. (2021) ‘Mission Economy: A moonshot guide to changing capitalism’. Penguin. www.penguin.co.uk/books/315191/mission-economy-by-mazzucato-mariana/9780141991689

1145 Gurumurthy, R. et al. (2024) ‘What does a ‘mission-driven’ approach to government mean and how can it be delivered?’ Institute for Government. 15 July. www.instituteforgovernment.org.uk/publication/mission-driven-approach-government)

1146 Global Commission on the Economics of Water (2024) ‘The Economics of Water: Valuing the Hydrological Cycle as a Global Common Good’. October. https://economicsofwater.watercommission.org/

1147 Global Commission on the Economics of Water (2024) ‘The Economics of Water: Valuing the Hydrological Cycle as a Global Common Good’. October. https://economicsofwater.watercommission.org/

1148 Harvey, F. (2024) ‘Global water crisis leaves half of world food production at risk in next 25 years’. The Guardian. 16 October. www.theguardian.com/environment/2024/oct/16/global-water-crisis-food-production-at-risk

1149 Caretta, M.A. et al. (2022) ‘IPCC Sixth Assessment Report: Chapter 4: Water’. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 28 February. www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/chapter/chapter-4/

1150 Caretta, M.A. et al. (2022) ‘IPCC Sixth Assessment Report: Chapter 4: Water’. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 28 February. www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/chapter/chapter-4/

1151 Harvey, F. (2024) ‘Global water crisis leaves half of world food production at risk in next 25 years’. The Guardian. 16 October. www.theguardian.com/environment/2024/oct/16/global-water-crisis-food-production-at-risk

1152 Smith, J.P. et al. (2024) ‘Estimating carbon and water footprints associated with commercial milk formula production and use: development and implications of the Green Feeding Climate Action Tool’. Frontiers in Nutrition, 11. https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1371036

1153 Mohammed, M.A. et al. (2024) ‘Industrial Internet of Water Things architecture for data standarization based on blockchain and digital twin technology’. Journal of Advanced Research, 66: 1-14. https://doi.org/10.1016/j.jare.2023.10.005

1154 Global Commission on the Economics of Water (2024) ‘The Economics of Water: Valuing the Hydrological Cycle as Global Common Good’. October. https://watercommission.org

1155 Hinsby, K. et al. (2024) ‘Mapping and Understanding Earth: Open access to digital geoscience data and knowledge supports societal needs and UN sustainable development goals’. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 130. https://doi.org/10.1016/j.jag.2024.103835

1156 Water Footprint Network (n.d.) ‘Everything we use, wear, buy, sell and eat takes water to make’. www.waterfootprint.org/water-footprint-2/what-is-a-water-footprint/ (retrieved 16 January 2025)

1157 Rybach, L. (2022) ‘Global Status, Development and Prospects of Shallow and Deep Geothermal Energy’. International Journal of Terrestrial Heat Flow and Applied Geothermics, 5(1): 20–25. https://doi.org/10.31214/ijthfa.v5i1.79

1158 Bamisile, O. et al. (2023) ‘Geothermal energy prospect for decarbonization, EWF nexus and energy poverty mitigation in East Africa; the role of hydrogen production’. Energy Strategy Reviews, 49. https://doi.org/10.1016/j.esr.2023.101157

1159 Goswami, S. and Rai, A.K. (2024) ‘An assessment of prospects of geothermal energy in India for energy sustainability’. Renewable Energy, 233. https://doi.org/10.1016/j.renene.2024.121118

1160 Dalla Longa, F. et al. (2020) ‘Scenarios for geothermal energy deployment in Europe’. Energy, 206. https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118060

1161 Gutiérrez-Negrín, L.C.A. (2024) ‘Evolution of worldwide geothermal power 2020–2023’. Geothermal Energy, 12. https://doi.org/10.1186/s40517-024-00290-w

1162 Gutiérrez-Negrín, L.C.A. (2024) ‘Evolution of worldwide geothermal power 2020–2023’. Geothermal Energy, 12. https://doi.org/10.1186/s40517-024-00290-w

1163 Li, J. et al. (2024) ‘Life cycle assessment of repurposing abandoned onshore oil and gas wells for geothermal power generation’. Science of The Total Environment, 907. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167843

1164 Li, J. et al. (2024) ‘Life cycle assessment of repurposing abandoned onshore oil and gas wells for geothermal power generation’. Science of The Total Environment, 907. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167843

1165 Li, J. et al. (2024) ‘Life cycle assessment of repurposing abandoned onshore oil and gas wells for geothermal power generation’. Science of The Total Environment, 907. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167843

1166 Center for Sustainable Systems, University of Michigan (2024) ‘Geothermal Energy Factsheet’. https://css.umich.edu/publications/factsheets/energy/geothermal-energy-factsheet

1167 Sanderson, C. (2023) ‘US Air Force pilots 'Holy Grail' tech targeting limitless energy from Earth's core’. Recharge. 3 October. www.rechargenews.com/energy-transition/us-air-force-pilots-holy-grail-tech-targeting-limitless-energy-from-earths-core/2-1-1528774?zephr_sso_ott=Hp8cKf

1168 Gutiérrez-Negrín, L.C.A. (2024) ‘Evolution of worldwide geothermal power 2020–2023’. Geothermal Energy, 12. https://doi.org/10.1186/s40517-024-00290-w

1169 Aspiras, A. et al. (2023) ‘Machine Learning Opportunities for Geothermal Drilling Operations: An Overview’. ResearchGate. www.researchgate.net/profile/Sadiq-Zarrouk-2/publication/375696461_Machine_Learning_Opportunities_for_Geothermal_Drilling_Operations_An_Overview/links/65570256b1398a779d9469ba/Machine-Learning-Opportunities-for-Geothermal-Drilling-Operations-An-Overview.pdf

1170 Baymatov, Sh.H. et al. (2023) ‘Employing Geothermal Energy: The Earth’s Thermal Gradient as a Viable Energy Source’. E3S Web of Conferences, 449. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202344906008

1171 Quaise Energy (n.d.) ‘Unlocking the true power of clean geothermal energy’. www.quaise.energy (retrieved 20 December 2024)

1172 Sanderson, C. (2024) ‘Could the deepest hole ever drilled unlock limitless energy from Earth's core? Mitsubishi backs fusion-fired plan’. Recharge. 14 March. www.rechargenews.com/energy-transition/could-the-deepest-hole-ever-drilled-unlock-limitless-energy-from-earths-core-mitsubishi-backs-fusion-fired-plan/2-1-1612589

1173 Sanderson, C. (2023) ‘US Air Force pilots 'Holy Grail' tech targeting limitless energy from Earth's core’. Recharge. 3 October. www.rechargenews.com/energy-transition/us-air-force-pilots-holy-grail-tech-targeting-limitless-energy-from-earths-core/2-1-1528774?zephr_sso_ott=Hp8cKf

1174 Eavor Technologies Inc. (n.d.) ‘Closed-Loop Geothermal Technology for a 24/7 Carbon-free and Secure Energy Future’. www.eavor.com/technology/ (retrieved 20 December 2024)

1175 Busch, A. (2024) ‘Repurposing oil and gas infrastructure, a geothermal revolution in the North Sea?’. Heriot-Watt University. 7 October. www.hw.ac.uk/news/2024/repurposing-oil-and-gas-infrastructure-a-geothermal-revolution-in-the-north-sea-1

1176 Murray, A. (2024) ‘'It's our moonshot': Why scientists are drilling into volcanos’. BBC. 18 October. www.bbc.com/news/articles/c1e8q4j1yygo

1177 Murray, A. (2024) ‘'It's our moonshot': Why scientists are drilling into volcanos’. BBC. 18 October. www.bbc.com/news/articles/c1e8q4j1yygo)

1178 Ciucci, M. (2023) 'Innovative technologies in the development of geothermal energy in Europe'. European Parliament. December. www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2023/754200/IPOL_BRI(2023)754200_EN.pdf

1179 Shah, M. et al. (2024) 'A comprehensive review of geothermal energy storage: Methods and applications'. Journal of Energy Storage, 98(A). https://doi.org/10.1016/j.est.2024.113019

1180 Abrasaldo, P.M.B., Zarrouk, S.J. and Kempa-Liehr, A.W. (2024) 'A systematic review of data analytics applications in above-ground geothermal energy operations'. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 189(B). https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113998

1181 Baymatov, Sh.H. et al. (2023) 'Employing Geothermal Energy: The Earth's Thermal Gradient as a Viable Energy Source'. E3S Web of Conferences, 449. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202344906008

1182 Hamlehdar, M., Beardsmore, G. and Narsilio, G.A. (2024) 'Hydrogen production from low-temperature geothermal energy – A review of opportunities, challenges, and mitigating solutions'. International Journal of Hydrogen Energy, 77: 742-768. https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2024.06.104

1183 Yarlagadda, S. (2022) 'Economics of the Stars: The Future of Asteroid Mining and the Global Economy'. Harvard International Review. 8 April. https://hir.harvard.edu/economics-of-the-stars/

1184 Yarlagadda, S. (2022) 'Economics of the Stars: The Future of Asteroid Mining and the Global Economy'. Harvard International Review. 8 April. https://hir.harvard.edu/economics-of-the-stars/

1185 Yarlagadda, S. (2022) 'Economics of the Stars: The Future of Asteroid Mining and the Global Economy'. Harvard International Review. 8 April. https://hir.harvard.edu/economics-of-the-stars/

1186 European Space Agency (n.d.) 'Musculo-skeletal system: Bone and Muscle loss'.www.esa.int/Enabling_Support/Preparing_for_the_Future/Space_for_Earth/Space_for_health/Musculo-skeletal_system_Bone_and_Muscle_loss (retrieved 20 December 2024)

1187 European Space Agency (n.d.) 'Musculo-skeletal system: Bone and Muscle loss'.www.esa.int/Enabling_Support/Preparing_for_the_Future/Space_for_Earth/Space_for_health/Musculo-skeletal_system_Bone_and_Muscle_loss (retrieved 20 December 2024)

1188 Tucker, B.P. and Alewine, H.C. (2024) 'Solutions Looking for Problems? How Humanities, Arts, and Social Sciences can Inform the Space Sector'. Space Policy, 67. https://doi.org/10.1016/j.spacepol.2023.101595

1189 Smith, L. (2024) 'Space station and spacecraft environmental conditions and human mental health: Specific recommendations and guidelines'. Life Sciences in Space Research, 40: 126-134. https://doi.org/10.1016/j.lssr.2023.10.001

1190 von Haehling, S., Morley, J. and Anker, S. (2010) 'An overview of sarcopenia: facts and numbers on prevalence and clinical impact'. Journal of Cachexia Sarcopenia Muscle. 1(2): 129-133. https://doi.org/10.1007/s13539-010-0014-2

1191 English, K. and Paddon-Jones, D. (2012) 'Protecting muscle mass and function in older adults during bed rest'. Current Opinion Clinical Nutrition and Metabolic Care. 2010 January, 13(1). https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19898232/

1192 Morisco, C.T., Tenkes, L.-M. and Alauzet, F. (2023) 'Extension of the Vertex-Centered Mixed-Element-Volume MUSCL scheme to mixed-element meshes'. AIAA SCITECH 2023 Forum. American Institute of Aeronautics and Astronautics. https://doi.org/10.2514/6.2023-0832

1193 Abdelkawi, A. et al. (2023) 'Surface Modification of Metallic Nanoparticles for Targeting Drugs'. Coatings, 13(9). https://doi.org/10.3390/coatings13091660

1194 Independent Evaluation Group (IEG) (2023) 'Results and Performance of the World Bank Group 2023'. World Bank Group. 7 December. https://ieg.worldbankgroup.org/evaluations/results-and-performance-world-bank-group-2023/chapter-2-world-bank-results-and

1195 International Monetary Fund. Communications Department (2024) 'Rethinking Economics: How Economics Must Change'. 4 March. www.elibrary.imf.org/view/journals/022/0061/001/article-A006-en.xml

1196 International Monetary Fund. Communications Department (2024) 'Rethinking Economics: How Economics Must Change'. 4 March. www.elibrary.imf.org/view/journals/022/0061/001/article-A006-en.xml

1197 Tye, S. and Suarez, I. (2021) 'Locally Led Climate Adaptation: What Is Needed to Accelerate Action and Support?'. World Resources Institute. https://publications.wri.org/r3284134a

1198 Radjou, N. (2024) 'Frugal innovation: 3 principles to help improve food production'. World Economic Forum. 29 May. www.weforum.org/stories/2024/05/frugal-innovation-3-principles-to-help-improve-food-production/

1199 Kammila, S. (2024) 'The Global South have mastered locally led climate adaptation solutions. It's time to scale them up.'. United Nations Development Programme. 30 October. https://

climatepromise.undp.org/news-and-stories/global-south-have-mastered-locally-led-climate-adaptation-solutions-its-time-scale

1200 United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR) (2024) 'UNDRR Sendai Framework Monitor: Decrease in global disaster mortality, rise in affected populations'. 10 July. www.undrr.org/news/undrr-sendai-framework-monitor-decrease-global-disaster-mortality-rise-affected-populations

1201 Tye, S. and Suarez, I. (2021) 'Locally Led Climate Adaptation: What Is Needed to Accelerate Action and Support?'. World Resources Institute. https://publications.wri.org/r3284134a

1202 World Intellectual Property Organization (2024) 'World Intellectual Property Indicators 2024'. www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo-pub-941-2024-en-world-intellectual-property-indicators-2024.pdf

1203 Alohaly, M. (2024) 'The brain computer interface market is growing – but what are the risks?'. World Economic Forum. 14 June. www.weforum.org/stories/2024/06/the-brain-computer-interface-market-is-growing-but-what-are-the-risks/

1204 Alohaly, M. (2024) 'The brain computer interface market is growing – but what are the risks?'. World Economic Forum. 14 June. www.weforum.org/stories/2024/06/the-brain-computer-interface-market-is-growing-but-what-are-the-risks/

1205 Nihel, A., Hirano, R. and Watanabe, K. (2024) 'Intuitive Brain-Computer Interface Control Using Onomatopoeia for an Enhanced Gaming Experience'. Companion Proceedings of the 2024 Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play, 208-214. https://doi.org/10.1145/3665463.3678789

1206 Zhang, X. et al. (2020) 'The combination of brain-computer interfaces and artificial intelligence: applications and challenges'. Annals of Translational Medicine, 8(11). https://doi.org/10.21037/atm.2019.11.109

1207 Zhu, H.Y. et al. (2024) 'A Human-Centric Metaverse Enabled by Brain-Computer Interface: A Survey'. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 26(3): 2120-2145. https://doi.org/10.1109/COMST.2024.3387124

1208 Brannigan, J.F.M. et al. (2023) 'Endovascular Brain-Computer Interfaces in Poststroke Paralysis'. Stroke, 55(2): 474-483. https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.123.037719

1209 Levett, J.J. (2024) 'Invasive Brain Computer Interface for Motor Restoration in Spinal Cord Injury: A Systematic Review'. Neuromodulation: Technology at the Neural Interface, 27(4): 597-603. https://doi.org/10.1016/j.neurom.2023.10.006

1210 Hu, N. et al. (2024) 'Constructing organoid-brain-computer interfaces for neurofunctional repair after brain injury'. Nature Communications, 15. https://doi.org/10.1038/s41467-024-53858-2

1211 Angrick, M. et al. (2024) 'Online speech synthesis using a chronically implanted brain–computer interface in an individual with ALS'. Scientific Reports, 14. https://doi.org/10.1038/s41598-024-60277-2

1212 Alohaly, M. (2024) 'The brain computer interface market is growing – but what are the risks?'. World Economic Forum. 14 June. www.weforum.org/stories/2024/06/the-brain-computer-interface-market-is-growing-but-what-are-the-risks/

1213 Livanis, E. et al. (2024) 'Understanding the Ethical Issues of Brain-Computer Interfaces (BCIs): A Blessing or the Beginning of a Dystopian Future?' Cureus, 16(4). https://doi.org/10.7759/cureus.58243

1214 IBM (2024) 'Cost of a Data Breach Report 2024'. 30 July. www.ibm.com/reports/data-breach

1215 Brocal, F. (2023) 'Brain-computer interfaces in safety and security fields: Risks and applications'. Safety Science, 160. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2022.106051

1216 The Artificial Intelligence Ethics Subcommittee of the National Science and Technology Ethics Commission (2024) 'Ethics Guidelines for Brain-Computer Interface Research'. 11 March. https://cset.georgetown.edu/publication/china-bci-ethics/

1217 Kemp, S. (2024) 'Internet use in 2024'. DataReportal. 31 January. https://datareportal.com/reports/digital-2024-deep-dive-the-state-of-internet-adoption

1218 Sun, X.-y. and Ye, B. (2023) 'The functional differentiation of brain–computer interfaces (BCIs) and its ethical implications'. Humanities and Social Sciences Communications, 10. https://doi.org/10.1057/s41599-023-02419-x

1219 Alohaly, M. (2024) 'The brain computer interface market is growing – but what are the risks?'. World Economic Forum. 14 June. www.weforum.org/stories/2024/06/the-brain-computer-interface-market-is-growing-but-what-are-the-risks/

1220 National Aeronautics and Space Administration (NASA) (2024) 'NASA's Plan for Sustained Lunar Exploration and Development'. 2 April. www.nasa.gov/wp-content/uploads/2020/08/a_

sustained_lunar_presence_nspc_report4220final.pdf

1221 Khlystov, N. and Markovitz, G. (2024) 'Space is booming. Here's how to embrace the $1.8 trillion opportunity'. World Economic Forum. 8 April. www.weforum.org/stories/2024/04/space-economy-technology-invest-rocket-opportunity/

1222 United Arab Emirates (UAE) Space Agency (2024) 'Space Economic Zone Program'. 14 December. https://space.gov.ae/en/initiatives-and-projects/space-economic-zone-program

1223 Scataglini , M., Ventresca, M. andAl Hajri, F. (2024) 'Pathways to Space: A case study of the UAE'. University of Oxford. 13 May. www.sbs.ox.ac.uk/oxford-answers/pathways-space-case-study-uae

1224 Pomeroy, R. (2022) 'NASA's former chief scientist on why space exploration is vital to humanity'. World Economic Forum. 28 October. www.weforum.org/stories/2022/10/space-exploration-mars-moon-nasa-smithsonian/

1225 International Energy Agency (n.d.) 'Global Energy Transitions Stocktake'. www.iea.org/topics/global-energy-transitions-stocktake (retrieved 19 November 2024)

1226 International Energy Agency (2024) 'CO2 Emissions in 2023 – Executive Summary'. March. www.iea.org/reports/co2-emissions-in-2023/executive-summary

1227 Hamilton, C. (2022) 'Space and Existential Risk: The Need for Global Coordination and Caution in Space Development'. Duke Law & Technology Review, 21(1): 1–60. https://scholarship.law.duke.edu/dltr/vol21/iss1/1

1228 Klimchitskaya, G.L. and Mostepanenko, V.M. (2024) 'The Nature of Dark Energy and Constraints on Its Hypothetical Constituents from Force Measurements'. Universe, 10(3). https://doi.org/10.3390/universe10030119

1229 Space Telescope Science Institute (n.d.) 'One of Hubble's Key Projects Nails Down Nearly a Century of Uncertainty'. https://hubblesite.org/mission-and-telescope/hubble-30th-anniversary/hubbles-exciting-universe/measuring-the-universes-expansion-rate# (retrieved 20 December 2024)

1230 National Aeronautics and Space Administration (NASA) (n.d.) 'Hubble Space Telescope'. https://science.nasa.gov/mission/hubble/ (retrieved 20 December 2024)

1231 Space Telescope Science Institute (n.d.) 'One of Hubble's Key Projects Nails Down Nearly a Century of Uncertainty'. https://hubblesite.org/mission-and-telescope/hubble-30th-anniversary/hubbles-exciting-universe/measuring-the-universes-expansion-rate (retrieved 20 December 2024)

1232 Space Telescope Science Institute (n.d.) 'One of Hubble's Key Projects Nails Down Nearly a Century of Uncertainty'. https://hubblesite.org/mission-and-telescope/hubble-30th-anniversary/hubbles-exciting-unverse/measuring-the-universes-expansion-rate (retrieved 20 December 2024)

1233 Gohd, C. (2024) 'What is Dark Energy? Inside our accelerating, expanding Universe'. National Aeronautics and Space Administration (NASA). 5 February. https://science.nasa.gov/universe/the-universe-is-expanding-faster-these-days-and-dark-energy-is-responsible-so-what-is-dark-energy/

1234 Limbach, C. (2019) 'Self-Guided Beamed Propulsion for Breakthrough Interstellar Missions'. National Aeronautics and Space Administration (NASA). 10 April. www.nasa.gov/general/self-guided-beamed-propulsion-for-breakthrough-interstellar-missions/

1235 National Aeronautics and Space Administration (NASA) (2024) 'Hazard: Distance From Earth'. 1 August. www.nasa.gov/hrp/hazard-distance-from-earth/

1236 Jet Propulsion Lab (2023) 'NASA's Roman and ESA's Euclid Will Team Up to Investigate Dark Energy'. NASA. 27 June. www.jpl.nasa.gov/news/nasas-roman-and-esas-euclid-will-team-up-to-investigate-dark-energy

1237 Conrad, N. et al. (2023) 'Incidence, prevalence, and co-occurrence of autoimmune disorders over time and by age, sex, and socioeconomic status: a population-based cohort study of 22 million individuals in the UK'. The Lancet, 401(10391): 1878–1890. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(23)00457-9

1238 McKie, R. (2022) 'Global spread of autoimmune disease blamed on western diet'. The Guardian. 9 January. www.theguardian.com/science/2022/jan/08/global-spread-of-autoimmune-disease-blamed-on-western-diet

1239 University of Oxford (2023) 'Autoimmune disorders found to affect around one in ten people'. 6 May. www.ox.ac.uk/news/2023-05-06-autoimmune-disorders-found-affect-around-one-ten-people

1240 Cleveland Clinic (2024) 'Autoimmune Diseases'. 22 October. https://my.clevelandclinic.org/health/diseases/21624-autoimmune-diseases

1241 Fugger, L., Jensen, L.T. and Rossjohn, J. (2020) 'Challenges, Progress, and Prospects of Developing Therapies to Treat Autoimmune Diseases'. Cell, 181(1): 63–80. https://doi.

org/10.1016/j.cell.2020.03.007

1242 Cleveland Clinic (2024) 'Autoimmune Diseases'. 22 October. https://my.clevelandclinic.org/health/diseases/21624-autoimmune-diseases

1243 Miller, F.W. (2023) 'The increasing prevalence of autoimmunity and autoimmune diseases: an urgent call to action for improved understanding, diagnosis, treatment, and prevention'. Current Opinion in Immunology, 80. https://doi.org/10.1016/j.coi.2022.102266

1244 Healthline Media (n.d.) 'National study finds autoimmune disease severely impacts quality of life and employment'. www.medicalnewstoday.com/releases/294416 (retrieved 28 November 2024)

1245 Healthline Media (n.d.) 'National study finds autoimmune disease severely impacts quality of life and employment'. www.medicalnewstoday.com/releases/294416 (retrieved 28 November 2024)

1246 Healthline Media (n.d.) 'National study finds autoimmune disease severely impacts quality of life and employment'. www.medicalnewstoday.com/releases/294416 (retrieved 28 November 2024)

1247 Sloan, M. et al. (2024) 'Prevalence and identification of neuropsychiatric symptoms in systemic autoimmune rheumatic diseases: an international mixed methods study'. Rheumatology, 63(5): 1259–1272. https://doi.org/10.1093/rheumatology/kead369

1248 Morrison, S.J. and Spradling, A.C. (2008) 'Stem Cells and Niches: Mechanisms That Promote Stem Cell Maintenance throughout Life'. Cell, 132(4): 598–611. https://doi.org/10.1016/j.cell.2008.01.038

1249 Kirana, S. et al. (2012) 'Autologous stem cell therapy in the treatment of limb ischaemia induced chronic tissue ulcers of diabetic foot patients'. International Journal of Clinical Practice, 66(4): 384–393. https://doi.org/10.1111/j.1742-1241.2011.02886.x

1250 Li, Y. et al. (2022) 'Umbilical cord derived mesenchymal stem cell-GelMA microspheres for accelerated wound healing'. Biomedical Materials, 18(1). https://doi.org/10.1088/1748-605X/aca947

1251 Sarasúa, J.G. et al. (2011) 'Treatment of pressure ulcers with autologous bone marrow nuclear cells in patients with spinal cord injury'. The Journal of Spinal Cord Medicine, 34(3): 301–307. https://doi.org/10.1179/2045772311Y.0000000010

1252 Mallapaty, S. (2024) 'World-first therapy using donor cells sends autoimmune diseases into remission'. Nature, 634: 519–520. https://doi.org/10.1038/d41586-024-03209-4

1253 Shandil, R.K., Dhup, S. and Narayanan, S. (2022). Evaluation of the Therapeutic Potential of Mesenchymal Stem Cells (MSCs) in Preclinical Models of Autoimmune Diseases. Stem Cells International, 2022(1). https://doi.org/10.1155/2022/6379161

1254 Shandil, R.K., Dhup, S. and Narayanan, S. (2022). Evaluation of the Therapeutic Potential of Mesenchymal Stem Cells (MSCs) in Preclinical Models of Autoimmune Diseases. Stem Cells International, 2022(1). https://doi.org/10.1155/2022/6379161

1255 Zaripova, L.N. et al. (2023) 'Mesenchymal Stem Cells in the Pathogenesis and Therapy of Autoimmune and Autoinflammatory Diseases'. International Journal of Molecular Sciences, 24(22). https://doi.org/10.3390/ijms242216040

1256 American Cancer Society (n.d.) 'Stem Cell or Bone Marrow Transplant Side Effects'. www.cancer.org/cancer/managing-cancer/treatment-types/stem-cell-transplant/transplant-side-effects.html (retrieved 29 November 2024)

1257 Dhamija, S. (2023) 'The Benefits of AI and Automation in the Cell Culture Process'. Lab Manager. 29 December. www.labmanager.com/the-benefits-of-ai-and-automation-in-the-cell-culture-process-31566

1258 Yang, Y. et al. (2024) 'Artificial intelligence for predicting treatment responses in autoimmune rheumatic diseases: advancements, challenges, and future perspectives'. Frontiers in Immunology. 15. www.frontiersin.org/journals/immunology/articles/10.3389/fimmu.2024.1477130/

1259 BBC (n.d.) 'Cell division and its role in growth and repair: Benefits and risks of using stem cells in medicine'. www.bbc.co.uk/bitesize/guides/z6gr92p/revision/6 (retrieved 20 December 2024)

1260 Burton, M. and Vreeswijk, J. (2023) 'How the great supply chain reset is unfolding'. EY. 22 February www.ey.com/en_gl/insights/consulting/how-the-great-supply-chain-reset-is-unfolding

1261 Burton, M. and Vreeswijk, J. (2023) 'How the great supply chain reset is unfolding'. EY. 22 February www.ey.com/en_gl/insights/consulting/how-the-great-supply-chain-reset-is-unfolding

1262 Burton, M. and Vreeswijk, J. (2023) 'How the great supply chain reset is unfolding'. EY. 22 February www.ey.com/en_gl/insights/consulting/how-the-great-supply-chain-reset-is-unfolding

1263 Vargas, S. (2024) 'This is how automation can enhance supply chain sustainability for businesses'. Lean Solutions Group. 30 May. www.leangroup.com/blog/this-is-how-automation-can-enhance-supply-chain-sustainability-for-businesses

1264 United Nations (UN) (2022) 'The Sustainable Development Goals Report 2022: 12: Responsible consumption and production)'. 7 July. https://unstats.un.org/sdgs/report/2022/goal-12/

1265 Circle Economy (2024) 'The Circularity Gap Report 2024'. www.circularity-gap.

world/2024#download

1266 Circle Economy (2024) 'The Circularity Gap Report 2024'. www.circularity-gap.world/2024#download

1267 Ellen MacArthur Foundation (2019) 'Completing the picture: How the circular economy tackles climate change'. 26 May. www.ellenmacarthurfoundation.org/completing-the-picture

1268 Morris, A. (2024) 'Nature and plastics inspire breakthrough in soft sustainable materials'. Northwestern University. 9 October. https://news.northwestern.edu/stories/2024/10/nature-and-plastics-inspire-breakthrough-in-soft-sustainable-materials/

1269 Zhu, C. et al. (2024) 'Towards food-derived self-assembling peptide-based hydrogels: Insights into preparation, characterization and mechanism'. Food Chemistry, 459. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.140397

1270 Weißenfels, M., Gemen, J. and Klajn, R. (2021) 'Dissipative Self-Assembly: Fueling with Chemicals versus Light'. Chem, 7(1): 23–37. https://doi.org/10.1016/j.chempr.2020.11.025

1271 University of Texas at Austin College of Liberal Arts (n.d.) 'The Origin of Universities'.www.la.utexas.edu/users/bump/OriginUniversities.html (retrieved 8 January 2025)

1272 World Bank Group (2024) 'Tertiary Education'. 9 April. www.worldbank.org/en/topic/tertiaryeducation

1273 World Bank Group (2024) 'Tertiary Education'. 9 April. www.worldbank.org/en/topic/tertiaryeducation

1274 Masterson, V. (2023) 'Future of jobs 2023: These are the most in-demand skills now - and beyond'. World Economic Forum. 1 May. www.weforum.org/stories/2023/05/future-of-jobs-2023-skills/

1275 Masterson, V. (2023) 'Future of jobs 2023: These are the most in-demand skills now - and beyond'. World Economic Forum. 1 May. www.weforum.org/stories/2023/05/future-of-jobs-2023-skills/

1276 Masterson, V. (2023) 'Future of jobs 2023: These are the most in-demand skills now - and beyond'. World Economic Forum. 1 May. www.weforum.org/stories/2023/05/future-of-jobs-2023-skills/

1277 O'Neill, G. and Short, A. (2023) 'Relevant, practical and connected to the real world: what higher education students say engages them in the curriculum'. Irish Educational Studies, 1–18. https://doi.org/10.1080/03323315.2023.2221663

1278 Mehta, K.J., Aula-Blasco, J. and Mantaj, J. (2024) 'University students' preferences of learning modes post COVID-19-associated lockdowns: In-person, online, and blended'. PLOS ONE, 19(7). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0296670

1279 Gopika, J.S. and Rekha, R.V. (2023) 'Awareness and Use of Digital Learning Before and During COVID-19'. International Journal of Educational Reform. https://doi.org/10.1177/10567879231173389

1280 Gopika, J.S. and Rekha, R.V. (2023) 'Awareness and Use of Digital Learning Before and During COVID-19'. International Journal of Educational Reform. https://doi.org/10.1177/10567879231173389

1281 Ehlers, U.-D. et al. (2023) 'Creating the University of the Future: A Global View on Future Skills and Future Higher Education'. https://library.oapen.org/bitstream/handle/20.500.12657/89902/1/978-3-658-42948-5.pdf#page=57

1282 Ehlers, U.-D. et al. (2023) 'Creating the University of the Future: A Global View on Future Skills and Future Higher Education'. https://library.oapen.org/bitstream/handle/20.500.12657/89902/1/978-3-658-42948-5.pdf#page=57

1283 Ehlers, U.-D. et al. (2023) 'Creating the University of the Future: A Global View on Future Skills and Future Higher Education'. https://library.oapen.org/bitstream/handle/20.500.12657/89902/1/978-3-658-42948-5.pdf#page=57

مؤسسة دبي للمستقبل

DUBAI FUTURE FOUNDATION

2025