مؤسسة دبي للمستقبل
DUBAI FUTURE FOUNDATION

تقرير
التوجهات العالمية الكبرى

تقرير الفرص المستقبلية

50 فرصة عالمية

2026

نظـام تصنيـف التعاون بين الإنسـان والآلـة (HMC)
https://www.dubaifuture.ae/hmc

يُرجى ذكر التالي عند الاقتباس: **تقرير الفرص المستقبلية: 50 فرصة عالية 2026، النسخة الخامسة، مؤسسة دبي للمستقبل**
https://www.dubaifuture.ae/the-global-50

الفهـــــرس

مقدمـــة 4

التوجهات العالمية الكبرى 6

ثورة المواد 6

إتاحة البيانات للجميع بلا حدود وبأبعاد متعددة 8

تزايد الثغرات التكنولوجية الأمنية 10

إعادة تعريف التمويل والأنظمة النقدية في عصر التحوّل الرقمي 12

تطوّر المنظومات البيئية 14

نمو اقتصادات الأعمال المستقلة 16

تسارع الانتقال إلى الواقع الرقمي الجديد 18

الأتمتة والتعايش مع الروبوتات المستقلة 20

إعادة تحديد الأهداف الإنسانية 22

تزايد الاهتمام بالصحة المتقدمة والتغذية 24

نبذة عن مؤسسة دبي للمستقبل 26

إخلاء مسؤولية 27

المراجع 28

مقدمـــــة

تواصل النسخة الخامسة من تقرير "الفرص المستقبلية: 50 فرصة عالمية" استشراف المستقبل من منظور النمو والازدهار وتحسين جودة الحياة. وتنطلق رؤيتنا للمستقبل من مجموعة من الفرضيات والتغيرات الغامضة التي تمتد آثارها لعقود، مروراً بالتوجهات العالمية الكبرى التي تتشكل على مدى عقد أو أكثر، وصولاً إلى الفرص المستقبلية التي تتيح الانتقال من الاستشراف إلى العمل وتحويل الأفكار إلى واقع ملموس. ويركز هذا الإصدار على التوجهات العالمية الكبرى الواردة في تقرير "الفرص المستقبلية: 50 فرصة عالمية 2026".

استشراف التوجهات العالمية الكبرى

تمثل التوجهات العالمية الكبرى مسارات استراتيجية قائمة على البحث والتحليل، تتشكل وتتطور على مدى عقد أو أكثر، وترتبط فيما بينها، كما تتفاعل باستمرار مع الإشارات والمتغيرات الناشئة في مختلف جوانب العمل والحياة.

ويتشكل كل توجه عالمي كبير نتيجة تفاعلات معقدة بين الاتجاهات العالمية والتطورات التكنولوجية وغيرها من العوامل التي تؤثر في مسارات النمو والازدهار وجودة الحياة حول العالم. وتشكل القدرة على رصد هذه التوجهات وفهمها والتكيف معها والاستجابة لتداعياتها ركيزة أساسية لتعزيز الجاهزية للمستقبل ووضع أسس النجاح المستدام على المدى الطويل.

وفي نسخة عام 2026 من تقرير "الفرص المستقبلية: 50 فرصة عالمية"، رصدنا تطور التوجه الرابع، "تطور تقنيات الطاقة". ورغم استمرار أهمية الطاقة ودورها المحوري، فإن هذا التوجه أصبح يندرج ضمن فرضية استمرار التقدم التكنولوجي. ويمكن الاطلاع على مزيد من التفاصيل في التقرير الكامل لعام 2026.

وحل محل هذا التوجه **"إعادة تعريف التمويل والأنظمة النقدية في عصر التحول الرقمي"**، في ظل مجموعة من المحركات والتطورات المتسارعة، من بينها الترميز الرقمي للأصول، والعملات الرقمية للبنوك المركزية، والذكاء الاصطناعي، وأنظمة الدفع، والتوجهات التنظيمية، وهياكل البيانات، والتوريق، وتطور فئات الأصول، وغيرها.[1] وتعيد هذه التحولات تشكيل نظرتنا إلى المال والثروة، وطرق تقييمهما واستخدامهما، بما يُتوقع أن يحدث تأثيرات واسعة في مختلف القطاعات والمؤسسات وجوانب العمل والحياة اليومية.

ومن المهم الإشارة إلى أن التوجهات العالمية الكبرى العشرة التي نستعرضها سنوياً لا تمثل قائمة حصرية أو شاملة لكافة التوجهات المؤثرة في المستقبل، كما ستظل الطاقة، على المدى البعيد، في صميم مسارات التقدم والتطور.[2]

للاطلاع على التقرير الكامل وغيره من الأبحاث الاستشرافية الصادرة عن مؤسسة دبي للمستقبل، يرجى زيارة الموقع الإلكتروني للمؤسسة:

www.dubaifuture.ae/research/

شكل

ونستعرض ضمن كل توجه عالمي كبير مزيجاً من الحقائق الراهنة والتوقعات المستقبلية، إلى جانب ثلاثة مجالات محتملة للفرص قد تحظى باهتمام صنّاع القرار والأفراد على حد سواء.

وباعتبار تقرير "الفرص المستقبلية: 50 فرصة عالمية" تقريراً متخصصاً في استشراف المستقبل، فإن العديد من مجالات الفرص التي تناولتها نسخه السابقة لم تتحقق بعد.

التوجـــه 1

ثورة المـــواد

المواد هي المكون الأساسي لجميع المنتجات التي نستخدمها ونستهلكها في حياتنا اليومية، وهناك فرص جديدة لاستخدام مواد مبتكرة في أغلب القطاعات الصناعية والتقنية والاستهلاكية، بفضل التطوّر الهائل في مجال الذكاء الآلي المتقدم وتقنيات النانو، وزيادة الأبحاث والتمويل في مجال علوم المواد.

مجالات الفرص المستقبلية (الإصدارات السابقة)

علوم الأحياء التركيبية (2023)
مواد مبتكرة للحد من آثار تغير المناخ (2023)
أشباه الموصلات (2023)
هندسة الأنسجة (2024)
دور تطوّر المواد في قطاع الهندسة (2024)
دور المواد النانوية في تطوير طبّ الأسنان (2024)
المغناطيسات الدائمة (2025)
مواد المحاكاة الحيوية (2025)
المواد الكمومية (2025)

الكلمات الرئيسية

مواد الفضاء
تقنيات طلاء الأنسجة المعتمدة على الطحالب
التعبئة الغذائية القابلة للتحليل الحيوي
البوليمرات الحيوية
التقاط الكربون
الاقتصاد الدائري
الأطر العضوية التساهمية (COFs)
أنظمة تعريف المواد
طلاءات بتقنية النانو
المواد الذكية

أبرز الاتجاهات على المدى القصير

المادة COF-999 لتعزيز كفاءة التقاط الكربون واستخدامه وتخزينه

هي مادة مبتكرة من فئة الأطر العضوية التساهمية (COFs)، تتميز بتركيبة من الروابط المزدوجة والقوية جدا بين جزيئاتها، مما يجعلها مقاومةً للملوثات، وفعالة جداً في التقاط الكربون بسرعة أكبر وفي درجات حرارة أقل مقارنةً بالمواد المتوفرة حالياً. كما أنها تحتفظ بكفاءتها لفترة أطول مع تكرار الاستخدام.[3] ويمتلك هذا الابتكار إمكانات كبيرة تتيح خفض التكاليف التشغيلية لعمليات التقاط الكربون واستخدامه وتخزينه.[4]

تقنيات طلاء الأنسجة المعتمدة على الطحالب

توفّر تقنيات طلاء الأنسجة المعتمدة على الطحالب بديلاً مستداماً وآمناً للأصباغ الصناعية الضارة،[5] إذ تتيح إنتاج أقمشة حيوية ملوّنة طبيعياً، لا تتغيّر ألوانها وتتمتع بمتانة لا تتأثّر بمرور الوقت. ويُعدّ هذا الابتكار خطوة واعدة في الحد من الأثر البيئي لصناعة الأنسجة التي تخلّف سنوياً نحو 180,000 طن من مياه الصرف السامة، وهو ما يؤدي إلى تلوّث المياه العذبة ويهدّد الحياة البحرية ويضرّ بالأنظمة البيئية على نطاق واسع.[6]

تحويل النفايات إلى مواد تعبئة غذائية مستدامة

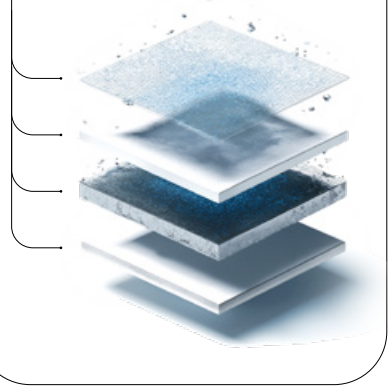
تقدّم قشور الفواكه ومخلّفات الطعام فرصة واعدة لاستخلاص بوليمرات حيوية، مثل الكيتوزان والبكتين والنشا، لاستخدامها في تصنيع مواد تعبئة غذائية قابلة للتحلّل الحيوي وذات خصائص مضادة للميكروبات،[7] ممّا يجعلها آمنة وصديقة للبيئة. وقد أثبتت التجارب العملية أن هذه التقنية ساهمت في إطالة فترة حفظ الفاكهة بشكل ملحوظ. فعلى سبيل المثال، بقيت الجوافة طازجة لمدة تصل إلى ثلاثة أضعاف المدة المعتادة في حالات التخزين التقليدية، وزادت مدة حفظ الكمثرى إلى الضعف، بينما ظلت المانجو صالحة للاستهلاك حتى 25 يوماً دون أن تتأثر حالتها أو يتغير مذاقها.[8] ولا تقتصر أهمية هذه الابتكارات على حماية الأغذية فحسب، بل يمكن أن تؤدي دوراً مهماً في الحد من الهدر الغذائي العالمي الذي يُقدّر بنحو 1.2 مليار طن سنوياً، والذي تمثّل الفواكه 35% منه. كذلك، توفر هذه الابتكارات بدائل أكثر استدامة لمواد التعبئة التقليدية.[9]

مجالات الفرص المستقبلية

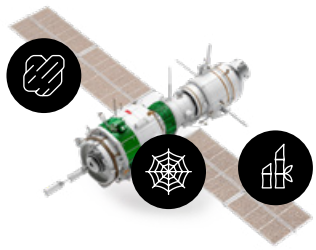
جوازات المواد الخام المصممة بالذكاء الاصطناعي

جوازات المواد الخام (Material Passports) هي وثيقة رقمية شاملة توثق كل ما يتعلق بمكونات المنتج ويتتبع رحلة المادة طوال دورة حياتها. وما زالت تُستخدم جوازات المواد الخام بشكلٍ اختياري في معظم الدول، إلا أن الاهتمام بها يتزايد نظراً لدورها في دعم الاستدامة وتعزيز الاقتصاد الدائري. وقد جعل الاتحاد الأوروبي جوازات المواد إلزامية، ووضع خططاً لتطبيقها على مجموعة من المنتجات بين عامي 2026 و2030، ضمن لائحة التصميم البيئي للمنتجات المستدامة.[10] وحالياً، يُستخدم مفهوم جوازات المواد الخام في قطاع البناء والتشييد، إلا أنه ما زال يعتمد على إدخال البيانات يدوياً، ما يحدّ من دقته ويقيّد تحديثه بشكل فوري.[11] وفي ظل غياب إطار عالمي موحّد لتصنيف المواد وتحديث بياناتها، ما تزال عمليات تتبّع المواد عبر الحدود، وربط أنظمة التتبّع عبر مختلف مراحل سلاسل الإمداد محدودة ومرهونة بتكامل جزئي بين الأنظمة.[12] ورغم وجود أطر تنظيمية دولية، مثل معايير المنظمة الدولية للمعايير (ISO)، واللجنة الأوروبية للمعايير (CEN)، وأطر تبادل بيانات أعمال البناء والتشييد (IFC)، فإن غياب المعايير الموحّدة ما زال عائقاً أمام الانتشار الواسع لجوازات المواد.[13] وفي الولايات المتحدة، تُختبر حالياً تطبيقات المعرّف العالمي الموحّد للشركات لقياس قدرته على التعامل مع أنظمة تعريف متعددة، وهو ما يمهّد الطريق لتطوير منظومات أكثر مرونة قادرة على التوافق مع أنظمة تعريف متعددة.[14] ومع التوسّع في استخدام الذكاء الاصطناعي لتطوير مواد جديدة—سواء كانت مركّبة أو مُهندسة حيوياً—من المتوقّع أن تتّسع الفجوة بين هذه الابتكارات وطرق التصنيف التقليدية، بما يستدعي إعادة النظر في مفهوم "المادة"، وكيفية ابتكارها باستخدام الذكاء الاصطناعي وتوثيق خصائصها والإفصاح عن مكوناتها، خاصةً في القطاعات الحساسة مثل الصناعات الغذائية والدوائية والتصنيع المتقدم.

حالياً، يُستخدم مفهوم جوازات المواد الخام بشكلٍ أساسي في قطاع البناء والتشييد



تبرز **المواد الحيوية** كحلٍ واعدٍ وأكثر **استدامة** لمواجهة تحديات الحطام الفضائي



مركّبات حيوية للاستخدام في الفضاء

تتطلّب البيئات الفضائية مواد قادرة على تحمّل ظروف شديدة القسوة مثل التقلبات الحرارية الحادة، ومستويات الإشعاع المرتفعة، والتعرّض المستمر للأضرار الفيزيائية الناتجة عن النيازك الدقيقة. ورغم أن المواد المستخدمة حالياً تتمتع بدرجة عالية من الصلابة والمتانة، فإنها تفتقر غالباً إلى المرونة والقدرة على التكيّف مع ديناميكية البيئة الفضائية المتغيرة.[15] وتشير التقديرات إلى أن نحو 83% من الحطام الفضائي يتركّز في المدار الأرضي المنخفض، ويأتي نحو 73% منه من أقمار صناعية معطّلة وأجزاء صواريخ. ولتوضيح حجم المخاطر، فإن اصطدام جسم لا يتجاوز قطره 10 سنتمترات ويتحرك بسرعة مدارية يعادل اصطدام جسم يزن 250 كيلوغراماً بسرعة القيادة على الطريق السريع،[16] وهو ما يكفي لإلحاق ضرر كبير بأي هيكل فضائي. لذا، تبرز المواد الحيوية كحلٍ واعدٍ وأكثر استدامة لمواجهة هذه التحديات، مع الحفاظ على المتطلبات الصارمة للمتانة والاعتمادية في المهام المدارية. فمن خلال دمج ألياف الخيزران التي تفوق قوة الفولاذ نسبةً إلى وزنها بست مرات، وألياف البازلت القادرة على تحمّل حرارة تصل إلى 1,600 درجة مئوية، إلى جانب حرير العنكبوت المعروف بمرونته العالية، يمكن تطوير مركّبات مخصّصة للاستخدام الفضائي بالاعتماد على الهندسة الوراثية والتصنيع الإضافي.[17] وعند تزويد هذه المواد بحساسات ذكية مدعومة بالذكاء الاصطناعي لرصد الأضرار فور حدوثها، إلى جانب تقنيات الإصلاح الذاتي،[18] يصبح من الممكن تطوير جيل جديد من الأقمار الصناعية والهياكل الفضائية القادرة على الترميم التلقائي، بل وحتى التحلّل الطبيعي المنضبط فور انتهاء مهمتها، ما يحدّ من تراكم الحطام الفضائي ويعزّز استدامة الأنشطة المدارية.[19]

الاقتصاد الدائري في قطاع الطيران

يُقدّر عدد الطائرات التجارية حول العالم بنحو 35,550 طائرة، يُخزَّن نحو 15% منها حالياً ويمكن توظيفها في عمليات إعادة التدوير واستعادة المواد.[20] ومع استمرار النقص في الطائرات الجديدة، والذي يُتوقع أن يمتد حتى 2034، تضطر شركات الطيران إلى إبقاء الطرازات الأقدم في الخدمة لفترات أطول، رغم اقتراب كثير منها من نهاية عمرها التشغيلي خلال العقد المقبل.[21] وتشير التقديرات إلى أن أكثر من 13,000 طائرة ستخرج من الخدمة خلال العشرين عاماً القادمة في القطاعات التجارية والعسكرية والخاصة عالمياً، وهو ما يمثّل نحو 44% من إجمالي الأسطول العالمي. وفي ظل الاعتماد التقليدي على تخزين الطائرات القديمة لفترات طويلة في مواقع مخصّصة، تتحول هذه الأعداد إلى فرصة استراتيجية لإعادة التفكير في نهاية دورة حياة الطائرات، وتبنّي أساليب أكثر تقدماً واستدامة لإعادة التدوير واستعادة المواد.[22] وفي هذا السياق، يبرز التحفيز الكيميائي كأحد الحلول الواعدة لإحداث نقلة نوعية في إعادة تدوير الطائرات، إذ يعتمد على عمليات منخفضة الحرارة مدعومة بمحفزات متخصّصة في تفكيك المواد البلاستيكية والمركّبات إلى هيدروكربونات قابلة لإعادة الاستخدام دون انبعاثات ضارة أو نفايات عالية الخطورة.[23] ولا تقتصر مزايا هذا الأسلوب على أثره البيئي الإيجابي، إذ تشير التقديرات إلى قدرته على تحقيق عوائد استثمارية كبيرة خلال عام إلى عامين،[24] إضافة إلى تثبيت المعادن الثقيلة وتقليل مخاطرها البيئية، وخفض حجم النفايات الخطرة الناتجة عن أساليب إعادة التدوير التقليدية بما يصل إلى خمسة أضعاف.[25]

35,550
الطائرات التجارية

%15
يمكن توظيفها في عمليات إعادة التدوير

التوجـــه 2

إتاحة البيانات للجميع بلا حدود وبأبعاد متعددة

شهد قطاع البيانات تحوّلات تقنية متسارعة مدفوعة بتقدّم الحوسبة الكمومية، وتقنيات البلوك تشين وإنترنت الأشياء والحوسبة الطرفية والأتمتة، والعوالم الرقمية. وقد أسهمت هذه التطوّرات في توسيع نطاق إتاحة البيانات بشكل غير مسبوق، سواء على مستوى الحكومات أو الشركات أو المجتمعات، من حيث الحجم والسرعة والتنوّع. وفي ظل تطوّر تقنيات شبكات الجيل الخامس والجيل السادس، والاتصال المتقدم عبر شبكات متعددة تشمل في ذلك الأقمار الصناعية، تصبح التحليلات الفورية واستخلاص الرؤى العملية أكثر سهولة ودقة من أي وقت مضى. وفي المقابل، تتسارع الجهود لتطوير حلول مبتكرة تقلّل الأثر البيئي المرتبط بجمع البيانات ونقلها وتخزينها، بما يوازن بين التوسّع الرقمي ومتطلبات الاستدامة.

مجالات الفرص المستقبلية (الإصدارات السابقة)

الاستفادة من البيانات المفتوحة (2023)
تحليل البيانات الضخمة (2023)
البيانات الاصطناعية (2023)
تحليل البيانات الحيوية بواسطة الحاسوب (2024)
المساءلة المناخية (2024)
مؤسسات تعاونية لتوظيف البيانات (2024)
الاستعداد لشبكات الجيل السادس (2025)
الذكاء الاصطناعي القابل للتفسير متعدد الوسائط (2025)
الذكاء الاصطناعي الرياضي (2025)

الكلمات الرئيسية

حوكمة الذكاء الاصطناعي
تدفقات البيانات العابرة للحدود
سيادة البيانات
الاقتصاد الرقمي
الحوسبة الطرفية
اللائحة العامة لحماية البيانات
البيانات العصبية
التقنيات العصبية
حوكمة بيانات المدن الذكية
مراكز بيانات في الفضاء

أبرز الاتجاهات على المدى القصير

تباين الأطر التنظيمية العالمية للبيانات

رغم أن حوالي 79% من دول العالم اعتمدت تشريعات لحماية البيانات،[26] إلا أن البيئة التنظيمية العالمية أصبحت أكثر تعقيداً من أي وقت مضى. ويعود ذلك إلى اختلاف أولويات الدول في الموازنة بين تنظيم الذكاء الاصطناعي من جهة، وحماية خصوصيتها وأمن بياناتها وسيادتها الرقمية من جهة أخرى.[27] ولا يقتصر أثر هذا التباين على إعادة تعريف مفهوم سيادة البيانات وحدودها بين الدول، بل يمتد ليؤثر في طبيعة المنافسة بين الأسواق العالمية،[28] ويؤدي إلى تصاعد متطلبات الامتثال التنظيمي وتعقيدها.

تمويل مراكز البيانات

تشير التقديرات إلى أن مراكز البيانات المحلية ستوفّر نحو 25% من القدرة الحاسوبية العالمية الجديدة بحلول عام 2027، ما قد يقلّل من القيمة التنافسية لبعض الأصول الحالية.[29] وعلى مدار السنوات الخمس الماضية، أدت أدوات التمويل، مثل الأوراق المالية المدعومة بالرهن العقاري التجاري والأوراق المالية المدعومة بالأصول، دوراً أساسياً في دعم توسّع مراكز البيانات، حيث تجاوز حجم التمويل 50 مليار دولار.[30] إلا أن متطلبات الاقتصاد الرقمي المتسارع تفوق ذلك بكثير، إذ سيحتاج العالم إلى أكثر من 900 مليار دولار لتطوير مراكز البيانات بحلول عام 2029، فيما يُتوقّع أن يصل حجم التمويل من الأوراق المالية المدعومة بالأصول وحدها إلى نحو 40 مليار دولار في عام 2026.[31]

حوكمة البيانات العصبية

اعتمدت الدول الأعضاء في اليونسكو في نوفمبر 2025 أوّل توصية دولية تتعلق بالتقنيات العصبية، وهي الأدوات والأجهزة والأساليب التي تتفاعل مباشرة مع الجهاز العصبي.[32] ورغم أنها ليست ملزمة، فإنها تمثل محطة مفصلية في وضع إطار أخلاقي لهذا المجال. وأكدت التوصية أن البيانات العصبية المستخلصة من نشاط الدماغ هي من أكثر أنواع البيانات حساسية، ويجب أن تخضع لأعلى مستويات الحماية، بما فيها الشفافية التامة، والحصول على موافقة صريحة لاستخدام الأجهزة القابلة للارتداء، مثل عصابات الرأس أو السماعات الذكية.[33] ومع زيادة الاهتمام بهذا المجال، من المتوقّع أن يتوسّع بسرعة وتتقاطع مبادئه الأخلاقية مع أطر حوكمة الذكاء الاصطناعي في مختلف الدول.[34]

مجالات الفرص المستقبلية

تدفّقات البيانات العابرة للحدود دون حواجز تنظيمية

تسعى العديد من الدول إلى تعزيز أطر حماية البيانات والخصوصية، مستندة إلى النموذج الأوروبي المعروف باللائحة العامة لحماية البيانات (GDPR). وقد بدأت بالفعل ولايات ودول، مثل كاليفورنيا واليابان وكندا والبرازيل، بتبنّي أطر تنظيمية مستوحاة من هذا النموذج. في المقابل، اتجهت دول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا إلى فرض قيود أكثر صرامة على تدفقات البيانات العابرة للحدود، مع إدخال تشريعات جديدة متعلّقة بالذكاء الاصطناعي، ما زاد من تعقيد البيئة التنظيمية.[35]

ورغم أهمية هذه السياسات في حماية الخصوصية وتعزيز السيادة الرقمية، إلا أنها قد تعيق التدفّق الحرّ للبيانات - وهو عنصر أساسي للاقتصاد الرقمي العالمي الذي يشكّل حوالي 15% من الناتج المحلي الإجمالي العالمي، أي ما يعادل 16 تريليون دولار في عام 2024.[36] وتشير التقديرات إلى أن القيود الصارمة قد تؤدي إلى تراجع الناتج المحلي الإجمالي بنسبة تصل إلى 4.5%.[37]

من ناحية أخرى، تشير الدراسات إلى أن إزالة جميع الحواجز التنظيمية ليست الحل الأمثل.[38] فالأمر لا يتعلق بإتاحة البيانات بلا قيود، بل بكيفية إدارتها ضمن بيئة قائمة على الثقة والمسؤولية. وعندما يتم تبادل البيانات العابرة للحدود في إطار شفاف وموثوق، يمكن تعزيز الناتج المحلي الإجمالي العالمي بنسبة 1.8% وزيادة حجم الصادرات العالمية بما يصل إلى 3.6%.[39] ولمواكبة هذه التحوّلات، تحتاج الدول والمؤسسات إلى تطوير أنظمة ذكية ومؤتمتة قادرة على إدارة تدفقات البيانات العابرة للحدود بكفاءة، من دون الإخلال بمعايير الخصوصية أو سيادة البيانات أو الأمن السيبراني.

مراكز بيانات في الفضاء

رحى مع احتساب الانبعاثات الكربونية الناتجة عن إطلاق الصواريخ، يمكن لمراكز البيانات الفضائية خفض البصمة الكربونية لمعالجة البيانات بما يصل إلى 10 أضعاف مقارنة بالمراكز التقليدية على الأرض.[40] وقد أطلقت شركة "ستار كلاود" الناشئة في مجال تكنولوجيا الفضاء والمدعومة من مسرعة الأعمال "واي كومبينيتور" (Combinator Y)، والمعروفة سابقاً باسم "لومن أوربت"،[41] عأول أقمارها الصناعية بالشراكة مع برنامج "إنفيديا انسيبشن"، مزوداً بمصفوفات شمسية كبيرة وأنظمة تبريد متقدمة.[42] وفي عام 2026، جمعت الشركة 170 مليون دولار بتقييم بلغ 1.1 مليار دولار، ليرتفع إجمالي تمويلها إلى 200 مليون دولار.[43] وفي العام نفسه، أطلقت الصين أول 12 قمراً صناعياً ضمن مشروع لإنشاء شبكة تضم 2,800 قمر صناعي لمعالجة البيانات مباشرة من الفضاء.[44] أما في دولة الإمارات، فقد أعلنت الشركة الناشئة في تقنية الفضاء "مداري سبيس" عن خطط لإطلاق أول مهمة فضائية لها في 2026،[45] لبناء شبكة من مراكز البيانات المدارية بحلول 2028.[46] وفي أوروبا، يجري إعداد دراسة جدوى لمشروع ASCEND للتحقّق من إمكانية إنشاء وتشغيل نموذج عملي لمركز بيانات فضائي بحلول 2031. [47] في عام 2026، أعلنت غوغل عن محادثات مع سبيس إكس لاستكشاف عمليات الإطلاق الداعمة لمشروع سانكاتشر، مشروع غوغل لمراكز البيانات المدارية، الذي يتضمن نموذجاً أولياً مخططاً له في عام 2027.[48]

ورغم هذه الفرص، ما تزال هناك تحديات أمام انتشار مراكز البيانات الفضائية، أبرزها ارتفاع تكاليف الإطلاق، ومخاطر الحطام الفضائي، والتعرض للإشعاع، وصعوبة الصيانة في المدار، إضافة إلى تأثير العواصف الشمسية.[49]

مراكز صناعية متكاملة لأشباه الموصلات

من المتوقّع أن يصل حجم سوق تصنيع أشباه الموصلات عالمياً إلى نحو تريليون دولار بحلول عام 2030، مع استحواذ الحوسبة الصناعية وحدها على ما يقارب 41% من إجمالي هذه السوق.[50] ورغم تباين الأرقام الرسمية المعلنة، تبرز شركات مثل "غلوبال فاوندريز" (Global Foundries)، و"إنتل" (Intel)، و"سامسونغ" (Samsung)، و"الشركة الدولية لتصنيع أشباه الموصلات " (SMIC)، وشركة "تايوان لصناعة أشباه الموصلات المحدودة" (TSMC)، بوصفها جهات رئيسية في تطوير وتصنيع الرقائق المتقدّمة بدقة 7 نانومتر أو أقل - وهي رقائق تشكل العمود الفقري لتقنيات الذكاء الاصطناعي والحوسبة المتقدمة.[51] ويتطلب إنشاء مراكز تصنيع أشباه الموصلات استثمارات ضخمة، إذ تتراوح تكلفتها عادةً بين 20 و40 مليار دولار،[52] وفقاً للمستوى التقني المستهدف وحجم الطاقة الإنتاجية المخطط لها.

وفي هذا السياق، تبنّت المملكة المتحدة نموذجاً يركّز على تصميم الرقائق مع الاستعانة بجهات خارجية لتنفيذ عمليات التصنيع،[53] بينما يسعى الاتحاد الأوروبي إلى تعزيز قدراته التصنيعية محلياً تحت مظلة قانون صناعة الرقائق الذي أُقرّ في عام 2023.[54] وتؤدي مراكز الابتكار دوراً محورياً في بناء منظومات متكاملة تعمل كمراكز توزيع إقليمية، ما يتيح تعزيز القيمة المضافة عبر مختلف مراحل سلسلة التوريد، وذلك من خلال خدمات تشمل الإجراءات اللوجستية، والاختبارات، وعمليات التجميع المتقدّم.

التوجـــه 3

تزايد الثغرات التكنولوجية الأمنية

تشهد التكنولوجيا تحوّلات متسارعة وغير مسبوقة، لا سيما في مجالات التكنولوجيا الحيوية، وتعديل الجينات، والزراعة الدقيقة، والتحوّل الرقمي الشامل، والأتمتة، والذكاء الاصطناعي متعدّد الوسائط، إلى جانب انتشار الأجهزة القابلة للارتداء وإنترنت الأشياء. ويُسهم هذا التقدّم المتسارع في فتح آفاق جديدة للابتكار، لكنه في الوقت نفسه يوسّع نطاق الثغرات ويضاعف حجم التهديدات التكنولوجية الناشئة. وتزداد خطورة هذه التهديدات مع تشابكها عبر الصناعات والتقنيات والمناطق الجغرافية، بحيث لم تعد الثغرات الأمنية محصورة ضمن أنظمة منفصلة، بل أصبحت نقاط ضعف مترابطة قد تنتقل آثارها بين القطاعات، بل وقد تتجاوز أحياناً الحدود الرقمية إلى مستويات بيولوجية في ظل ما يشهده مجال التكنولوجيا الحيوية من تطوّرات متقدمة. ووسط هذا المشهد المتغيّر، أصبح مرتكبو الجرائم الإلكترونية يوظفون الذكاء الاصطناعي لتوسيع نطاق هجماتهم وتنظيمها وتنفيذها بكفاءة أعلى وسرعة أكبر. لذلك، لن يتحقق الأمن السيبراني خلال السنوات المقبلة عبر الإجراءات التقليدية وحدها، بل عبر تبنّي أساليب أكثر ابتكاراً لتحديد الثغرات وقياس مخاطرها، والاستجابة لها بفاعلية واستباقية.

مجالات الفرص المستقبلية (الإصدارات السابقة)

الذكاء الاصطناعي والتشفير الكمومي (2023)
الأمن السيبراني البيولوجي (2023)
الأمن السيبراني للشركات الصغيرة والمؤسسات الخيرية (2023)
التأمين ضد المخاطر السيبرانية (2024)
الأمن السيبراني لإنترنت الأشياء (2024)
هجمات سيبرانية تستهدف الأصول المادية (2024)
دمج علم النفس في الأمن السيبراني (2025)
الوعي بمفهوم الأمن السيبراني الحيوي (2025)
التوازن بين التوافق التشغيلي والأمن السيبراني (2025)

الكلمات الرئيسية

الهجمات السيبرانية المدعومة بالذكاء الاصطناعي
اختراق البيانات
التزييف العميق
مجموعات التراث الرقمي
الهوية الرقمية
الأمن السيبراني لإنترنت الأشياء في القطاع الصحي
الأنظمة القديمة
التشفير ما بعد الكمي
الأمن السيبراني المقاوم للحوسبة الكمومية
الذكاء الاصطناعي الخفي

أبرز الاتجاهات على المدى القصير

تهديدات التزييف العميق

في مايو 2024، استهدفت هجمات التزييف العميق الرئيسين التنفيذيين لشركتي " أكسنتشر" (Accenture)[55] و"دبليو بي بي" (WPP)، أكبر مجموعة إعلانية في العالم.[56] ورغم فشل هاتين المحاولتين، فقد تكبّدت شركة الهندسة العالمية "أروب" خسائر بلغت 25.5 مليون دولار في هجوم مماثل.[57] ومع وصول خسائر الاحتيال القائم على التزييف العميق خلال الربع الأول من عام 2025 إلى نحو 200 مليون دولار، يُتوقع أن ترتفع الخسائر المرتبطة بالاحتيال المدعوم بالذكاء الاصطناعي إلى 40 مليار دولار بحلول عام 2027.[58] ويُعزى ذلك إلى أن قدرة البشر على اكتشاف التزييف العميق تتراوح بين 55% و60%، بينما تنخفض هذه النسبة لدى الأنظمة الآلية بنحو 45% إلى 50%.[59]

خريطة طريق الأمن السيبراني في عصر الحوسبة الكمومية

وضع نحو 9% فقط من قادة التكنولوجيا حول العالم خريطة طريق واضحة ومعتمدة للجيل القادم من خوارزميات الأمن الرقمي المصممة للصمود أمام القوة الحسابية الهائلة للحواسيب الكمية.[60] وفيما يُتوقّع أن تشكّل تقنيات الحوسبة الكمومية تهديداً فعلياً لأنظمة التشفير الحالية خلال فترة تتراوح بين ثلاث وخمس سنوات، تستغرق الشركات في المتوسّط ما بين ثلاث وأربع سنوات للانتقال من مرحلة إدراك المخاطر إلى تبنّي استراتيجيات عملية لمواجهتها ووضع خريطة طريق متكاملة للتعامل معها.[61]

تهديدات الذكاء الاصطناعي

خلال الفترة بين مارس 2024 وفبراير 2025، ارتبطت واحدة من كل ستة حوادث اختراق بمهاجمين استخدموا الذكاء الاصطناعي.[62] لكن، أظهرت المؤسسات التي تبنّت الذكاء الاصطناعي في الأمن السيبراني قدرة أعلى على الاحتواء السريع لهذه الاختراقات، إذ انخفض متوسّط مدة الاختراق إلى 204 أيام مقارنة بنحو 284 يوماً لدى المؤسسات التي لا تستخدم هذه التقنيات، ما حقّق وفورات مالية بلغت 1.9 مليون دولار.[63] وكشفت البيانات عن فجوة في الحوكمة، فحوالي 97% من المؤسسات التي تعرّضت لاختراقات مرتبطة بالذكاء الاصطناعي كانت تفتقر إلى ضوابط للتحكّم في هذه التقنيات.[64] كما أن 20% من المؤسسات تعرّضت لاختراقات بسبب الذكاء الاصطناعي الخفي - أي استخدام أدوات الذكاء الاصطناعي من دون موافقة أو رقابة تنظيمية - ما أدى إلى زيادة متوسّط تكلفة الاختراق بنحو 670 ألف دولار، ليصل إجمالي التكلفة إلى 4.4 ملايين دولار.[65]

مجالات الفرص المستقبلية

الأمن السيبراني للأصول الثقافية

عقب تعرض المكتبة البريطانية لهجوم سيبراني في عام 2023، استغرقت المكتبة البريطانية نحو 11 أسبوعاً لاستعادة فهرسها الإلكتروني الرئيسي الذي يضم أكثر من 36 مليون سجل تشمل كتباً مطبوعة ونادرة وخرائط ودوريات.[66] وحتى ديسمبر 2025، أي بعد مرور أكثر من عامين على الحادثة، لم تكن المكتبة قد تعافت بالكامل من آثار هذا الهجوم.[67]

وأسفر هذا الهجوم عن خسائر مالية قُدّرت بنحو 9.4 ملايين دولار أمريكي،[F] أي ما يقارب 40% من احتياطيات المكتبة.[68] ورغم أن هذه الحادثة قد تبدو استثنائية، وأنها وقعت قبل الانتشار الواسع لحلول الأمن السيبراني المؤتمت، فإنها تسلّط الضوء بوضوح على الحاجة المتزايدة إلى توفير خدمات أمن سيبراني متخصّصة للمكتبات والمتاحف ودور الوثائق والأرشيف، بهدف حماية المجموعات الرقمية التي لا يُمكن تعويضها، والأنظمة القديمة التي لا تزال تشكّل البنية الأساسية لهذه المؤسسات.[69]

الأمن السيبراني لإنترنت الأشياء في القطاع الصحي

يشهد العالم اليوم انتشاراً واسعاً لما يقارب 500 ألف تقنية طبية تؤثر بشكل مباشر على صحة الأفراد وجودة حياتهم اليومية.[70] ويغطي إنترنت الأشياء في القطاع الصحي منظومة متنوّعة من الأجهزة، تبدأ من الحلول البسيطة القابلة للارتداء، مثل الساعات الذكية وأجهزة تتبّع اللياقة البدنية، وتمتد لتشمل أجهزة طبية متقدّمة تُزرع داخل الجسم، كأجهزة تنظيم ضربات القلب، ومضخات الإنسولين، ومضخات التسريب الحيوي.[71]

غير أن هذا التوسّع الكبير في استخدام التقنيات الطبية الرقمية يترافق مع تحديات متزايدة على صعيد الأمن السيبراني. ففي عام 2025، سجّل قطاع الرعاية الصحية أعلى متوسّط تكلفة لاختراق سيبراني واحد مقارنةً ببقية القطاعات، حيث بلغت الخسائر نحو 7.4 مليون دولار.[72] وتزداد مخاطر هذه الهجمات مع اقتراب الأجهزة الطبية من نهاية عمرها الافتراضي، إذ غالباً ما تفتقر الأنظمة القديمة إلى تحديثات أمنية كافية، ما يجعلها أكثر عرضة للهجمات.[73]

ومع تصاعد التهديدات المرتبطة بإنترنت الأشياء في القطاع الصحي - بما في ذلك المخاطر على سلامة المرضى، وخصوصية البيانات، والامتثال التنظيمي،[74] بل وحتى الثقة في أنظمة الرعاية الصحية بحد ذاتها[75] - لم يعد الأمن السيبراني خياراً إضافياً، بل أصبح متطلباً أساسياً لا غنى عنه. وبحسب التوقّعات، قد يصل حجم سوق الأمن السيبراني في قطاع الرعاية الصحية إلى 32.9 مليار دولار بحلول عام 2028.[76]

هوية الأمن السيبراني الكمي

في ظل تسارع تطوّر الحوسبة الكمومية، ستصبح التوقيعات الرقمية التقليدية - بما في ذلك تشفير "المنحنى الإهليلجي" (ECC) – وهو تشفير فعال بالمفتاح العام للأمن السيبراني الحديث - وخوارزمية ريفست شامير أدلمان (RSA) – التي توفر نظام تشفير يعتمد على مفتاحين: أحدهما عام لتشفير البيانات، وآخر خاص لفكّها - أكثر عرضة للاختراق عبر الهجمات الكمومية.[77] وفي هذا السياق، تبرز التوقيعات أحادية الاستخدام كأحد الحلول الواعدة في مرحلة ما بعد الحوسبة الكمومية، إذ تعتمد على مفاتيح تُستخدم لمرةٍ واحدة فقط، ويمكن تطبيقها على الأنظمة التقليدية والكمومية على حدّ سواء.[78]

ومع ذلك، ما يزال الطريق نحو تبنّي هذه الحلول مليئاً بالتحديات. فالمطلوب تطوير دوال التجزئة الآمنة من الصفر - وهي الدالة التي تحوّل البيانات إلى بصمات رقمية فريدة – فيما لم تُحسم بعد معايير الإخفاء الكمي التي تهدف إلى إخفاء آلية تنفيذ التشفير نفسها. كذلك، يشكّل الانتقال بهذه الحلول إلى تطبيقات عملية في مجالات مثل تقنية البلوك تشين، والتمويل اللامركزي، وإدارة الهوية الرقمية تحدياً تقنياً كبيراً وفرصة استراتيجية واعدة في آن واحد.[79]

F بناءً على سعر صرف الجنيه الإسترليني مقابل الدولار الأمريكي في 11 يوليو 2026.

التوجـــه 4 جـديـد

إعادة تعريف التمويل والأنظمة النقدية في عصر التحوّل الرقمي

تشهد المنظومة المالية العالمية تحوّلاً عميقاً يعيد صياغة مفاهيم المال والقيمة والاستثمار كما اعتدناها. ويقود هذا التحوّل تداخل عوامل متغيّرة، في مقدّمتها تحوّل أولويات المستثمرين، وتبدّل القيم بين الأجيال، والتسارع المستمر في التطوّر التكنولوجي. وفي الوقت نفسه، تخضع البنية التحتية للنظام المالي لعملية إعادة تشكيل شاملة تتضمن آليات تخصيص رأس المال، وأساليب إدارة الشؤون المالية، وطرق تنفيذ المدفوعات، سواء على مستوى المؤسسات أو في تفاصيل الحياة اليومية. ويسهم تنوّع أشكال النقود الرقمية — سواء تلك التي تصدرها البنوك المركزية، أو العملات اللامركزية، أو النماذج الهجينة التي تجمع بينهما — في تسريع هذا التحوّل، بالتزامن مع اتساع مفهوم الأصول ليشمل الأصول المادية، والأصول الرقمية، والأصول التي جرى تحويلها إلى رموز رقمية قابلة للتداول. وفي هذا السياق، تواصل الجهات التي تعمل خارج الإطار المصرفي التقليدي، من مؤسسات قائمة إلى شركات ناشئة، على إعادة تشكيل طرق حصول الأفراد والمؤسسات على الائتمان، وفتح آفاق جديدة للاستثمار. ومع تدفّقات رأس المال بين الدول، وتعدّد الأطر التنظيمية، والاعتماد المتزايد على التحليلات اللحظية، تتغيّر مفاهيم صافي الثروة والدخل، وتتبدّل طرق الدفع مقابل السلع والخدمات، كما تتطوّر نماذج تمويل الابتكار بصورة متسارعة.

الكلمات الرئيسية

قيمة التداول الخوارزمي
مكافحة غسل الأموال وتمويل الإرهاب
العملات الرقمية الصادرة عن البنك المركزي
الثقافة المالية
الأصول غير الملموسة
البنوك الذكية
تعرّف على عميلك
الأصول الحقيقية
العملات المستقرة
ترميز الأصول

أبرز الاتجاهات على المدى القصير

الترميز

يُقصد بالترميز تحويل أصل مالي أو مادي إلى تمثيل رقمي[80] يتيح تسجيله وتداوله وإدارته إلكترونياً. وتشمل تطبيقاته العملات المستقرة، والعملات الرقمية الصادرة عن البنوك المركزية، والودائع البنكية المُرمّزة،[81] إلى جانب العقارات[82] والأعمال الفنية[83] وغيرها من الأصول الواقعية التي أصبحت قابلة للتوثيق والتداول ضمن بيئات رقمية أكثر سرعة وشفافية.[84] ومع اتساع نطاق هذه الاستخدامات، تشير التقديرات إلى أن حجم سوق الأصول الملموسة المُحوّلة إلى رموز رقمية سيبلغ نحو 30 تريليون دولار بحلول عام 2034.[85]

الأصول غير الملموسة خارج نطاق الملكية الفكرية

يتّجه مفهوم صناعة القيمة بشكل متزايد نحو الأصول غير الملموسة، متجاوزاً الإطار التقليدي للملكية الفكرية. فاليوم، تمتلك معظم الشركات الكبرى أصولاً غير ملموسة — مثل البيانات، والخوارزميات، والخبرة العملية[86] — تفوق في قيمتها الأصول المادية. ومع ذلك، ما تزال نحو 94% من هذه الشركات تفتقر إلى عمليات مؤسسية واضحة لتحويل هذه الأصول إلى قيمة تجارية فعلية قابلة للقياس والاستثمار.[87] وفي عام 2024، سجل الاستثمار في الأصول غير الملموسة نمواً سنوياً بلغ ضعفين ونصف استثمارات الأصول المادية، ليصل إلى 10 تريليون دولار عالمياً خلال السنوات العشر الماضية (2015-2025)، مع تصدّر السويد هذا التوجه بفضل استثمارات بلغت نحو 17.5% من ناتجها المحلي الإجمالي.[88]

تزايد الاهتمام بالعملات المستقرة

شهدت العملات المستقرة نمواً متسارعاً خلال فترة زمنية قصيرة تمتد ما بين يوليو 2023 ويوليو 2025، حيث تضاعفت قيمتها السوقية الإجمالية من نحو 125 مليار إلى 255 مليار دولار، وقد تمركزت نسبة 90% من هذه القيمة لدى جهتين مُصدّرتين فقط.[89] وفي الواقع، تسيطر العملات المستقرة المرتبطة بالدولار الأمريكي على السوق، وتمثّل 98% من الإجمالي العالمي، بقيمة تتجاوز 300 مليار دولار في 2026، و300 عملة مستقرة نشطة.[90] وتكتسب هذه التطوّرات أهمية مضاعفة بعد دخول قانون "جينوس" (GENIUS) — قانون توجيه وإرساء الابتكار الوطني للعملات المستقرة — حيّز التنفيذ في الولايات المتحدة في يوليو 2025.[91]

مجالات الفرص المستقبلية

الأطر التنظيمية العابرة للحدود للعملات المستقرة

تتفاوت العملات المستقرة في حجمها السوقي، ومستويات تبنّيها، ومدى اندماجها داخل النظام المالي العالمي.[92] فعلى سبيل المثال، تستحوذ عملتان فقط من أكبر العملات المستقرة على نحو 90% من سوق تُقدّر قيمته الإجمالية بحوالي 312 مليار دولار.[93] وفي الوقت نفسه، يتجاوز تأثير العملات المستقرة نطاق استخدامها المباشر، إذ أصبحت جزءاً متكاملاً من منظومة مالية أوسع تشمل تداول العملات المشفّرة، وأسواق الأصول المُرمّزة، وأنظمة الدفع المختلفة.[94] ويفتح هذا الواقع الباب أمام فرصة استراتيجية لابتكار أطر تنظيمية قائمة على نهج مشترك، لا سيّما في مجال المعاملات العابرة للحدود، في ظل النمو المتسارع لسوق العملات المستقرة وارتباط الغالبية العظمى منها بالدولار الأمريكي.[95]

من هذا المنطلق، تبرز الحاجة إلى تعاون دولي يضع معايير واضحة وموحّدة[96] تشمل متطلبات الاحتياطيات، وآليات الاسترداد، والامتثال لقواعد مكافحة غسل الأموال وتمويل الإرهاب، إضافة إلى أنظمة المراقبة، واختبارات الضغط، وبروتوكولات التشغيل البيني بين الأنظمة المختلفة.[97] كما يجب أن تراعي هذه الأطر الطبيعة العابرة للحدود للعملات المستقرة، والدور المتنامي للمؤسسات غير المصرفية التي غالباً ما تعمل خارج نطاق الرقابة الصارمة المفروضة على البنوك التقليدية.[98] وتزداد أهمية سد هذه الفجوة التنظيمية في ضوء تورّط ما يُقدَّر بنحو 129 مليار دولار (84% من 154 مليار دولار من المعاملات غير المشروعة) من العملات المستقرة في أنشطة غير مشروعة خلال عام 2025، وهو 41% من إجمالي قيمتها السوقية بنهاية العام.[99]

الثقافة المالية في عصر التحوّل الرقمي

تشير آخر الإحصائيات الصادرة عن منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية إلى أن متوسط مستوى الثقافة المالية عالمياً لا يتجاوز 60%، وينخفض إلى 53% في المتوسّط عند الحديث عن الثقافة المالية الرقمية.[104] ورغم أن 41% من الأفراد حول العالم يصرّحون بأنهم يمتلكون معرفة بالأصول المشفّرة،[105] فإن مستويات الوعي تتفاوت بشكل كبير من دولة إلى أخرى. فعلى سبيل المثال، تسجّل إسبانيا أعلى مستوى معرفة بنسبة 84%، مقابل 16% في ماليزيا، و15% في فرنسا، و3% فقط في إندونيسيا.[106]

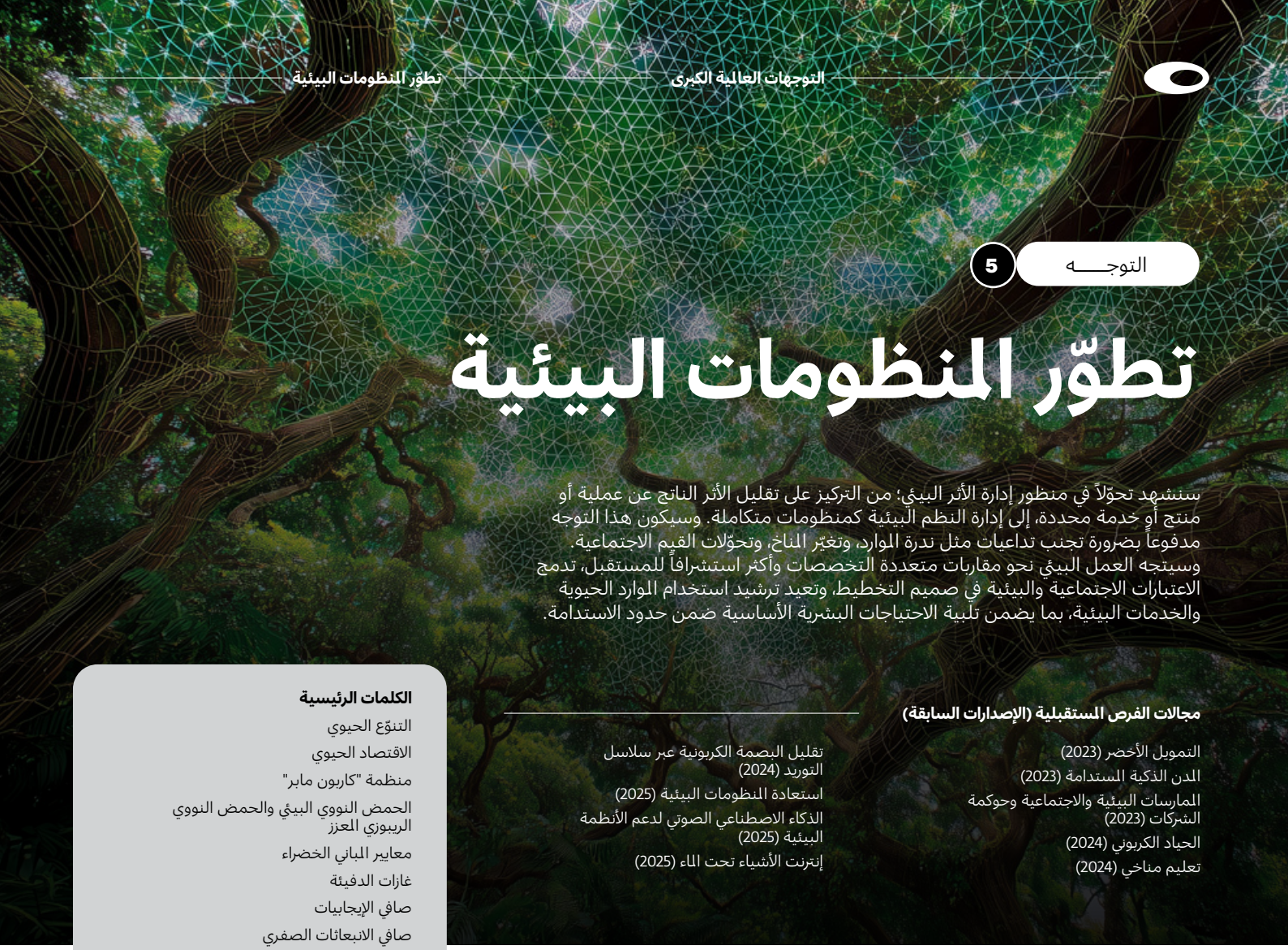
أمّا على المستوى العالمي، فلا يمتلك سوى 3.2% من البالغين أصولاً مشفّرة، في حين يؤكد 41% فقط أنهم على دراية بوضعها القانوني، وبأنها لا تحظى بالمكانة القانونية نفسها التي تتمتّع بها الأوراق النقدية والعملات المعدنية.[107] كما تكشف البيانات أن الجيل زد (أي المواليد بين عامي 1997 و2012) يسجّل[108] أدنى مستوى من الثقافة المالية العامة مقارنةً بالأجيال الأكبر سناً.[109]

ومع استمرار تطوّر المشهد المالي، تبرز أدوات وآليات استثمار جديدة تفرض إعادة تعريف الثقافة المالية بمفهومها الحديث. فلم تعد الثقافة المالية تقتصر على إعداد الميزانيات أو الادخار أو التخطيط المستقبلي أو حماية الأفراد من عمليات الاحتيال فحسب،[110] بل أصبحت تشمل فهم فئات الأصول الجديدة، والنقود الرقمية، والنقود القابلة للبرمجة، وما يرتبط بها من مخاطر وفرص ومسؤوليات.[111]

إدارة العمليات المصرفية الذكية

لا تزال العديد من المؤسسات المصرفية تعتمد على أنظمة تقليدية لم تُصمّم لاستيعاب تقنيات الذكاء الاصطناعي، ما يفرض الحاجة إلى استثمارات جديدة في البنية التحتية، إلى جانب تحوّل ثقافي وتنظيمي داخل كل مؤسسة. ومن خلال اعتماد نهج تدريجي ومرن يرتكز على مبدأ "الأمن أوّلاً"، يمكن للبنوك تطبيق هذا التحوّل تدريجياً عبر إطلاق مشاريع تجريبية محدودة النطاق ثم توسيعها بناءً على النتائج.[100] ومع دمج الذكاء الاصطناعي في العمليات المصرفية، تكتسب البنوك قدرات متقدّمة تشمل مراقبة المعاملات بشكل مستمرّ، وتسريع الكشف عن الاحتيال، وأتمتة إجراءات "تعرّف على عميلك" وعمليات انضمام العميل، إضافة إلى توظيف الذكاء الاصطناعي التوليدي لإعداد ملخصات ذكية للحالات المالية تدعم جودة اتخاذ القرارات.[101]

في المقابل، تعاني الأنظمة القديمة من بطء في الأداء وضعف في المرونة، كما أنها تستغرق فترات طويلة لتنفيذ العمليات. وغالباً ما تفتقر هذه الأنظمة إلى واجهات برمجة التطبيقات وبيانات الوقت الفعلي، وتعتمد على بيانات مجزأة متفاوتة الجودة.[102] ورغم الفرص الواعدة التي يتيحها التحوّل نحو العمل المصرفي الذكي، إلا أنه يستدعي في المقابل تعزيز حماية منظومات رقمية أكثر تشابكاً وتعقيداً، بما تحمله من مخاطر نظامية جديدة. فعلى سبيل المثال، تواجه العديد من المؤسسات تحديات في تفسير مخرجات نماذج الذكاء الاصطناعي أو التحقّق منها بصورة كاملة، إلى جانب صعوبات تطبيق هذه النماذج في بيئات تنظيمية مختلفة، في ظل تباين الأطر القانونية والتشريعات والسياقات المحلية.[103]



التوجـــه 5

تطوّر المنظومات البيئية

سنشهد تحوّلاً في منظور إدارة الأثر البيئي؛ من التركيز على تقليل الأثر الناتج عن عملية أو منتج أو خدمة محددة، إلى إدارة النظم البيئية كمنظومات متكاملة. وسيكون هذا التوجه مدفوعاً بضرورة تجنب تداعيات مثل ندرة الموارد، وتغيّر المناخ، وتحوّلات القيم الاجتماعية. وسيتجه العمل البيئي نحو مقاربات متعددة التخصصات وأكثر استشرافاً للمستقبل، تدمج الاعتبارات الاجتماعية والبيئية في صميم التخطيط، وتعيد ترشيد استخدام الموارد الحيوية والخدمات البيئية، بما يضمن تلبية الاحتياجات البشرية الأساسية ضمن حدود الاستدامة.

مجالات الفرص المستقبلية (الإصدارات السابقة)

التمويل الأخضر (2023)
المدن الذكية المستدامة (2023)
الممارسات البيئية والاجتماعية وحوكمة الشركات (2023)
الحياد الكربوني (2024)
تعليم مناخي (2024)
تقليل البصمة الكربونية عبر سلاسل التوريد (2024)
استعادة المنظومات البيئية (2025)
الذكاء الاصطناعي الصوتي لدعم الأنظمة البيئية (2025)
إنترنت الأشياء تحت الماء (2025)

الكلمات الرئيسية

التنوّع الحيوي
الاقتصاد الحيوي
منظمة "كاربون مابر"
الحمض النووي البيئي والحمض النووي الريبوزي المعزز
معايير المباني الخضراء
غازات الدفيئة
صافي الإيجابيات
صافي الانبعاثات الصفري
الصيد الجائر
الأقمار الصناعية

أبرز الاتجاهات على المدى القصير

أقمار كاربون مابر الصناعية

تعمل منظمة "كاربون مابر" (Carbon Mapper) غير الربحية، التي تتّخذ من ولاية كاليفورنيا مقرّاً لها، على تطوير منظومة متقدّمة من الأقمار الصناعية لرصد انبعاثات غازات الدفيئة من الفضاء، مع تركيز خاص على غازيّ الميثان وثاني أكسيد الكربون.[112] وفي عام 2024، أطلقت المنظمة القمر الصناعي "تناجر-1" (Tanager-1) بدعم من مختبر الدفع النفاث التابع لوكالة ناسا،[113] ليشكّل خطوة نوعية في هذا المسار، خاصة أنه تم تجهيزه بمطياف تصوير من الجيل الخامس[114] يتيح دقة أعلى في تحديد مصادر الانبعاثات وتتبعها. ومع الاستعداد لإطلاق ثلاثة أقمار صناعية إضافية من الفئة نفسها،[115] تقترب "كاربون مابر" من إنشاء كوكبة فضائية (وهي مجموعة من الأقمار الصناعية تعمل معاً بشكل منسق) قادرة على مراقبة نحو 80% من الانبعاثات العالمية لغازيّ الميثان وثاني أكسيد الكربون.[116]

اقتصاد التنوّع الحيوي

تعاني أكثر من نصف المواطن الطبيعية والكائنات الحمية في أوروبا من تدهور واضح نتيجة للتغير المناخي.[117] ولا يقتصر أثر ذلك على الطبيعة، بل يمتد إلى صحة الإنسان، إذ تشير التقديرات إلى أن أكثر من 75% من الأمراض المعدية الجديدة، مثل الإيبولا وفيروس نيباه، تظهر غالباً في مناطق شهدت اختلالات حادة في التنوّع الحيوي.[118] يربط اقتصاد التنوّع الحيوي حماية الطبيعة بالتنمية الاقتصادية، من خلال الحفاظ على الأنظمة البيئية واستعادتها. ورغم أن نحو 60 دولة حول العالم تبنّت سياسات مرتبطة بهذا الاقتصاد، ما يزال النجاح في تطبيقها الفعلي محدوداً ولا يتجاوز 16 دولة.[119] ومن المتوقّع أن يزداد الاهتمام بهذا التوجه خلال 2026، في إطار مبادرة مجموعة العشرين للاقتصاد الحيوي بالتعاون مع منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (الفاو)، والتي تستهدف الاتفاق على 10 معايير أساسية داعمة للاقتصاد الحيوي.[120]

إدارة مخزون الأسماك البحرية

تظهر نتائج التقييم العالمي الشامل لمخزون الأسماك البحرية صادر عن منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (الفاو) أن نحو 64.5% من أصل 2,570 مخزوناً بحرياً تُدار اليوم بأساليب تدعم الصيد المستدام، في حين ما تزال 35.5% من هذه المخزونات تواجه ضغوط الصيد الجائر.[121] ورغم حجم التحدي، يسلّط هذا التقييم الضوء على أثر تطبيق أنظمة إدارة فعّالة قادرة على إحداث فرق حقيقي وملموس في استدامة الموارد البحرية.وفي هذا السياق، حققت بعض المناطق تقدّماً ملحوظاً في إدارة الصيد المستدام، حيث بلغت نسب المخزونات المُدارة بأساليب مستدامة 92.7% في شمال شرق المحيط الهادئ، و 85% في جنوب غربه.[122] وتعكس هذه التجارب أهمية تعزيز أنظمة الإدارة والمراقبة للوصول إلى نتائج مماثلة في مناطق أخرى.

مجالات الفرص المستقبلية

تحوّل من معايير المباني الخضراء إلى معايير الصمود المناخي

لم يعد الالتزام بمعايير صافي الانبعاثات الصفري وحده كافياً في قطاع البناء. فبحسب التوقّعات المناخية، يجب أن تكون المباني التي تُشيّد اليوم قادرة على التكيّف مع ظروف قد تختلف جذرياً على مدار عمرها التشغيلي.

وفي ظل الممارسات الحالية، يتراوح العمر التشغيلي للمباني عادةً بين 10 أعوام و80 عاماً، وهي مدة تنخفض بشكل ملحوظ في دول مجلس التعاون الخليجي نظراً إلى مناخها الحار، على الرغم من تطبيق معايير بناء حديثة ومتقدّمة.[123]

ورغم أن العديد من المدن تبنّت معايير المباني الخضراء وأطراً تنظيمية للتشييد، لم تعد هذه الأطر كافية لمواجهة المخاطر المناخية المتصاعدة. لذلك، تبرز الحاجة إلى الانتقال من التركيز فقط على كفاءة الطاقة وخفض الانبعاثات، إلى اعتماد معايير أشمل تُعنى بالصمود المناخي، أي تعزيز قدرة المباني على الصمود أمام تغيّر المناخ. فعلى سبيل المثال، تنصّ خريطة الطريق اليابانية للمباني ذات صافي الطاقة الصفرية والتي تنتج نفس كمية الطاقة التي تستهلكها، على التزام جميع المباني بهذه المعايير بحلول عام 2030، إلا أن تحقيق هذا الهدف سيعتمد على تحديث جذري لمتطلبات التصميم والتنفيذ بشكل جوهري،[124] بما يدمج الصمود المناخي بوصفه معياراً أساسياً على المدى الطويل.

شبكات جينية عالمية لرصد التنوّع الحيوي

تعتمد الطرق التقليدية لرصد التنوّع الحيوي على وسائل عالية التكلفة وتتطلّب وقتاً وجهداً كبيرين، كما ترتبط غالباً بمواسم محدّدة، وقد تنطوي أحياناً على تدخّل مباشر يؤثر سلباً في الكائنات الحيّة والأنظمة البيئية نفسها. في المقابل، تبرز تقنيات الحمض النووي البيئي والحمض النووي الريبوزي المعزّز كبديل أكثر كفاءة وفاعلية، بما يتيح رصد التنوّع الحيوي بشكل مستمرّ.[125]

وتقوم هذه التقنيات على تحليل البصمات الجينية التي تتركها الكائنات الحيّة في الماء أو التربة أو الرواسب،[126] بما يسمح بتتبّع وجودها دون الحاجة إلى الإمساك بها أو التأثير سلباً على موائلها الطبيعية.[127] ولا يقتصر دور هذا النهج على الرصد البيئي فقط، بل يمتد إلى الكشف المبكر عن مسبّبات الأمراض التي تهدّد الأنظمة البيئية وقد تنتقل إلى البشر، خاصةً وأن نحو 60% من الأمراض البشرية مصدرها حيواني، وأن 70% منها تنشأ في البيئات البرية.[128] ومن خلال إنشاء شبكات عالمية لرصد هذه البصمات الجينية، يمكن بناء قواعد بيانات واسعة ومترابطة عبر مختلف الأنظمة البيئية، تتيح تتبّع التغيّرات بشكل مستمرّ،[129] وتدعم إنشاء أنظمة إنذار مبكر أكثر تقدّماً لرصد تفشّي الأمراض ومتابعة مسارات انتشارها عبر المناطق والفترات المختلفة.[130]

الرصد المتقدّم للنُظم البيئية للتربة

تُعدّ التربة مورداً غير متجدّد[131] وموطنًا لما يقارب نصف التنوّع الحيوي على كوكب الأرض، بما تحتضنه من بكتيريا وفطريات وكائنات مجهرية أخرى.[132] وتؤدي هذه الكائنات دوراً محورياً في استدامة الأنظمة الزراعية وتعزيز الأمن الغذائي. ورغم أن نحو 95% من الإمدادات الغذائية العالمية تعتمد بشكل مباشر على سلامة وظائف التربة، تشير التقديرات إلى أن 60% إلى 70% من تربة الاتحاد الأوروبي تُصنَّف اليوم على أنها متدهورة،[133] وفقاً لتحليلات استندت إلى منهجيات ومبادرات رصد متعددة. وعلى مدار عقود، اقتصرت الأساليب التقليدية لرصد التربة على متابعة حوالي 1% فقط من الأحياء الدقيقة الموجودة فيها. أمّا اليوم، فتفتح تقنيات ناشئة مثل المجاهر المتقدّمة والذكاء الاصطناعي والروبوتات آفاقاً جديدة لفهم طبيعة التربة بصورة أدق.[134] وقد انتقل تقييم جودة التربة من الاكتفاء بملاحظة نمو المحاصيل إلى التحليل الفيزيائي والكيميائي، ثم إلى دراسة الكائنات الحيّة الدقيقة داخل التربة نفسها.[135]

وبالإضافة إلى قياس مستويات الرطوبة، أصبحت أجهزة الاستشعار الروبوتية المتقدّمة قادرة على فحص عيّنات التربة وإنتاج آلاف الصور عالية الدقة التي يحلّلها الذكاء الاصطناعي لرصد الشبكات الفطرية السليمة داخل جزيئات التربة ورسم خرائط دقيقة لها.[136] وعلى المدى القريب، قد تمكّن المجاهر المدعومة بالذكاء الاصطناعي من أخذ العينات، من أجل تحديد أسرع وفهم أعمق لعوامل تدهور التربة.[137]

التوجـــه 6

نمو اقتصادات الأعمال المستقلة

سيؤدي تصاعد المعاملات العابرة للحدود في مجالات التمويل والصحة والتعليم والتجارة والخدمات، وصولاً إلى الفضاء، إلى إعادة تشكيل عالم تتراجع فيه الحدود التقليدية بوصفها إطاراً حاكماً للحركة الاقتصادية والاجتماعية. وسيصاحب ذلك تغير متسارع في نطاق الصلاحيات القانونية للحكومات، وتحوّل في المسؤوليات والالتزامات، ونشوء مجتمعات عالمية تتجاوز حدود الدول. ومع سرعة التحوّل المدفوع بقفزات الاتصالات والحوسبة والذكاء الآلي المتقدّم، ستنعكس هذه البيئة العابرة للحدود على أنماط الحياة والعمل، وعلى طرق التواصل والتعاون على مستوى الأفراد والمؤسسات.

مجالات الفرص المستقبلية (الإصدارات السابقة)

التحوّل القانوني (2023)
توسيع الاقتصاد الرقمي (2023)
السياسات الاجتماعية المتجاوزة للحدود الوطنية (2023)
براءات الاختراع التعاونية (2024)
تكامل الأنظمة عبر تطوير البرمجيات (2024)
المسؤولية المجتمعية العالمية (2024)
تعاون عالمي لتنظيم الأصول الرقمية العابرة للحدود (2025)
الشخصية القانونية للذكاء الاصطناعي: الحدود القانونية والأخلاقية (2025)
التعليم متعدد التخصّصات لتعزيز الابتكار العالمي (2025)

الكلمات الرئيسية

الشحن الجوي
مخاطر الخوارزميات
تقنية البلوك تشين
المنظمات اللامركزية المستقلة
الشراكات الرقمية بين القطاعين العام والخاص
المشاعات العالمية
التجارة العالمية
الرموز غير القابلة للاستبدال المرتبطة بالملكية الفكرية
الابتكار المفتوح
المسابقات التحفيزية بالجوائز

أبرز الاتجاهات على المدى القصير

المتغيرات الغامضة في التجارة العالمية

شهد عام 2025 تصاعداً لافتاً في مستويات المتغيرات الغامضة المرتبطة بسياسات التجارة العالمية،[138] مدفوعاً إلى حدّ كبير بتحوّلات السياسة التجارية للولايات المتحدة الأمريكية. وقد أدت هذه التحوّلات إلى فرض رسوم جمركية جديدة تراوحت بين 10% و145% على عدد من الدول،[139] ما أحدث اضطراباً في الأسواق العالمية. وتباينت ردود الفعل الدولية تجاه هذه الإجراءات، الأمر الذي دفع مؤشر المتغيرات الغامضة في السياسات العالمية والتجارة الدولية إلى تسجيل أعلى مستوياته منذ عام 2020.[140] وبالنظر إلى المستقبل، من المتوقّع أن تستمرّ عملية إعادة تشكيل التجارة العالمية، مع توجّه اقتصادات مثل الهند، ودول الخليج، ودول رابطة أمم جنوب شرق آسيا، نحو تنويع شراكاتها التجارية.[141]

تحوّلات الشحن الجوي

يواصل قطاع الشحن الجوي العالمي تسجيل نمو ملحوظ في الإيرادات، إذ ارتفعت قيمة الطلب من نحو 20 مليار طن-كيلومتر في عام 2017 إلى ما يقارب 24 مليار طن-كيلومتر في عام 2026 (مايو).[142] ومن المتوقّع أن يستمرّ هذا المسار التصاعدي، مدفوعاً بتزايد حركة التجارة الإلكترونية، خصوصاً على المسارات الممتدة من آسيا إلى أمريكا الشمالية، ومن أوروبا إلى آسيا، إلى جانب النمو المتسارع داخل الأسواق الآسيوية نفسها.[143] أدت اضطرابات جيوسياسية في عام 2026 إلى تسريع هذه التحولات، حيث ارتفعت أسعار الشحن الجوي بنسبة وصلت إلى 70% على بعض المسارات.[144]

ازدهار الابتكار المفتوح العابر للحدود

من المتوقّع أن يفتح الذكاء الاصطناعي آفاقاً أوسع أمام البحث والتطوير، مع قدرة محتملة على توليد قيمة اقتصادية تصل إلى 560 مليار دولار سنوياً، إلى جانب مضاعفة وتيرة الابتكار في مجالات العلوم والبرمجيات.[145] وفي هذا السياق، يتزايد الاعتماد على الابتكار المفتوح كمسار عملي فعّال لتوسيع مصادر المعرفة والحلول، وهو نهج تتبنّاه وكالة ناسا[146] وغيرها[147] لاستقطاب أفكار تتجاوز حدود المؤسسات التقليدية. ومع توجّه الشركات إلى إعادة تشكيل رؤيتها المستقبلية بالتكامل مع الذكاء الاصطناعي والتقنيات الناشئة،[148] يسهم الابتكار المفتوح في تسريع التقدّم، وتفعيل نماذج الابتكار القائم على مشاركة المجتمع، وبناء مجتمعات ابتكارية نشطة، ودعم روّاد الأعمال،[149] كما يوفّر للمؤسسات أداة عملية لتعزيز أثرها ضمن منظومة المسؤولية المجتمعية للشركات.[150]

مجالات الفرص المستقبلية

الفضاء السيبراني: مورد عالمي مشترك

في ظل النمو المتسارع للاقتصاد الرقمي، تبرز الحاجة إلى إعادة النظر في مفاهيم تقليدية مثل الحدود الجغرافية، والاختصاصات القضائية، بل وحتى طبيعة الزمن في إدارة الخدمات والمعاملات. وفي هذا السياق، يبرز الفضاء السيبراني — باعتباره شبكة مترابطة من الأنظمة الرقمية والإنترنت، والبنية التحتية الداعمة للاتصال[151] — كمجال يمكن اعتباره من الموارد العالمية المشتركة. ويشير مفهوم المشاعات العالمية، أو الموارد العالمية المشتركة، إلى الموارد المشتركة التي تقع خارج نطاق الولايات القضائية الوطنية،[152] كما هو الحال في المشاعات المعترف بها دولياً: أعالي البحار، والقارة القطبية الجنوبية، والفضاء الخارجي.[153] غير أن تطبيق هذا الإطار على الفضاء السيبراني لا يخلو من التحديات، فالإفراط في استخدام موارده قد يتم على حساب حقوق الآخرين.[154] وتظهر التجارب المرتبطة بالفضاء الخارجي، على سبيل المثال، أن مبدأ تقاسم الموارد لا ينعكس دائماً بصورة عادلة أو فعّالة في الاتفاقيات القانونية والمعاهدات والعقود التي تحكم الأنشطة الفضائية.[155]

ويتطلّب ترسيخ الفضاء السيبراني كمورد عالمي مشترك أربع خطوات رئيسية تشمل: وضع مبادئ مشتركة تحكم استخدامه، وتحويل هذه المبادئ إلى ممارسات تشغيلية قابلة للتطبيق، وتعزيز مستوى قبول أطر الحوكمة الفعّالة ودعمها، إضافة إلى التوثيق التجريبي للممارسات الحالية. ويشمل ذلك دراسة تصنيف الفضاء السيبراني كمورد عالمي مشترك في المعاهدات الدولية والاتفاقيات الثنائية ومذكرات التفاهم ومعايير الصناعة وسياسات الأطراف المعنيين المتعدّدين. كما يشمل هذا التقييم السياسات التي تعتمدها جهات حوكمة الإنترنت، مثل هيئة الإنترنت للأسماء والأرقام المخصّصة (ICANN)، واتفاقيات ومنتديات حوكمة الإنترنت.[156]

العلوم اللامركزية كنموذج جديد للتعاون العلمي

تطرح العلوم اللامركزية نموذجاً جديداً للتعاون العلمي الدولي الذي يفتح المجال لإعادة التفكير في ممارسات رسخت تحديات قيّدت البحث العلمي لسنوات، مثل محدودية الشفافية، وتركّز تمويل المعرفة وإمكانية الوصول إليها، إضافة إلى القيود التي تفرضها أطر الملكية الفكرية التقليدية.[157] ومن خلال توظيف تقنيات البلوك تشين، والعقود الذكية، والمنظمات اللامركزية المستقلة، تتيح العلوم اللامركزية مقاربات جديدة لحوكمة تمويل الأبحاث، وبناء نُظم أكثر عدالة وشفافية للتعاون العلمي الدولي. ويمكّن هذا النهج العلماء حول العالم من العمل المشترك عبر بروتوكولات لامركزية تُوزّع من خلالها مهام البحث، وتبادل الخبرات دون قيود جغرافية، وبمرونة أعلى ضمن آليات حوكمة واضحة. كما يفتح الباب أمام نماذج جديدة لإدارة المعرفة، من بينها تحويل بعض المخرجات العلمية إلى رموز رقمية أو رموز غير قابلة للاستبدال (NFT) المرتبطة بالملكية الفكرية. وتتميّز هذه المنظومة بتوفير بنية تحتية لتخزين البيانات غير القابلة للتغيير، وآليات تمويل موثّقة تعمل وفق نموذج شبكة النظراء[158] (وهو نموذج شبكة لامركزية حيث يتفاعل المشاركون مباشرةً مع بعضهم بدلاً من الاعتماد على سلطة مركزية)، بما يعزّز الثقة بين المشاركين. والأهم من ذلك، أنها تتيح للعلماء الالتزام بمجموعة قيم مشتركة،[159] تخفّف أعباء الحوكمة التقليدية، وتعيد توجيه الجهود نحو جوهر البحث العلمي نفسه.

الشراكات الرقمية المستدامة بين القطاعين العام والخاص

تُعدّ الشراكات الرقمية بين القطاعين العام والخاص نموذجاً متقدماً للتعاون، يتيح تبادل الموارد الرقمية واستخدامها، مثل البيانات، والخوارزميات، والقدرات الحاسوبية، بطريقة توازن بين صناعة القيمة العامة، وتشجيع الابتكار الخاص، والالتزام بالمعايير التنظيمية. وعلى خلاف الشراكات التقليدية التي تركّز عادةً على تمويل وبناء البنية التحتية المادية، تتعامل الشراكات الرقمية بين القطاعين العام والخاص مع الأصول والخدمات الرقمية المشتركة باعتبارها عناصر إنتاج محورية. وتشمل تطبيقاتها مجالات متعدّدة مثل التشخيص الطبي الرقمي، ومنصات التنقّل الذكي (التنقّل كخدمة)، وأنظمة الهوية الرقمية.

الشراكات الرقمية

بين القطاعين العام والخاص تُعدّ نموذجاً متقدماً للتعاون، يتيح تبادل الموارد الرقمية واستخدامها، مثل البيانات، والخوارزميات، والقدرات الحاسوبية

وقد بدأت ملامح هذا النموذج تظهر بالفعل في تجارب واقعية، من بينها دعم شركة "مايكروسوفت" (Microsoft) لمنظمة الصحة العالمية خلال جائحة كوفيد-19، عبر تطوير حلول رقمية ساعدت في إنشاء منصات للتجارب السريرية، وتحسين إدارة البيانات الصحية على المستوى الوطني.[160] ومع تسارع التحوّل الرقمي عالمياً، تبرز فرصة حقيقية لتطوير آليات تضمن استدامة هذه الشراكات على المدى الطويل دون أن تحدّ من الابتكار.[161] وفي الوقت نفسه، تتزايد الحاجة إلى تنسيق الأطر القانونية والتنظيمية بما يوازن بين الشرعية المؤسسية والقدرة التنافسية الدولية، ويتيح إنشاء هذه الهياكل الرقمية الحديثة والحفاظ عليها وتوسيعها أو تكييفها بمرونة عند الحاجة.[162]

التوجـــه 7

تسارع الانتقال إلى الواقع الرقمي الجديد

تتجه الأجيال الرقمية، التي نشأت في ظل الطفرة المتسارعة لتطبيقات الترفيه أو التعليم أو الاتصالات، بشكل طبيعي إلى استخدام العوالم الافتراضية باعتبارها مساحات تتيح تنفيذ مهام "العالم الحقيقي" أو تحسينها داخل بيئات غامرة ثلاثية ورباعية الأبعاد. وبالتوازي، ستسهم شبكات الجيل الخامس والجيل السادس في تعزيز أداء تطبيقات إنترنت الأشياء والتقنيات المستقلة، من خلال توفير تجربة اتصال أكثر كفاءة من حيث التكلفة، وأعلى سرعة وأكثر موثوقية. وستقرب التجارب الافتراضية الغامرة إلى حدّ كبير من الإحساس بالواقع، مع التقدم المتسارع في التقنيات الكمومية وزيادة موثوقيتها وقابليتها للتطوير، بما يشمل الحوسبة والاتصالات وتقنيات الاستشعار الكمومية.

مجالات الفرص المستقبلية (الإصدارات السابقة)

التقنيات الغامرة والأجهزة القابلة للارتداء (2023)
إعداد النماذج الافتراضية (2023)
المسؤولية المجتمعية في العوالم الرقمية (2023)
عوالم رقمية أكثر واقعية (2024)
العالم الرقمي "الأخضر" (2024)
"عوالم رقمية" توليدية (2024)
تطوير المسرح الرقمي (2025)
انقسام الهوية بين العالم الافتراضي والعالم الحقيقي (2025)
تقبل أجهزة الواقع الافتراضي والواقع المعزز (2025)

الكلمات الرئيسية

الجيل السادس
الواقع المعزز في الأماكن العامة
نظرية العبء المعرفي
الهروب الرقمي
التوائم الرقمية
وحدة المعالجة الرسومية
الشمول
زمن الاستجابة
النظارات الذكية
وحدات معالجة الموترات

أبرز الاتجاهات على المدى القصير

الاستعداد للجيل السادس

تشهد الجهود الدولية لتوحيد معايير شبكات الجيل السادس، بقيادة الاتحاد الدولي للاتصالات، تقدّماً ملحوظاً يمهد لإطلاق أولى الأنظمة التجارية للجيل السادس بحلول عام 2030،[163] مع مراعاة المخاوف المتعلقة بتداخل الترددات التي يثيرها اتحاد النقل الجوي الدولي.[164] وفي هذا السياق، تشير التقديرات إلى أن نحو 85% من حركة بيانات الهواتف المحمولة ستعتمد على شبكات الجيل الخامس بحلول عام 2031، مقارنةً بما كان من المتوقع أن يبلغ 48% في نهاية 2025.[165] وعلى نطاق أوسع، من المتوقّع أن يحدث الجيل السادس نقلة نوعية في سرعات الاتصال، ويسهم في التوسع الكبير في استخدام التوائم الرقمية، إلى جانب تعزيز قدرات الاتصال المتقدّمة لشبكات إنترنت الأشياء وأنظمة الاستشعار.[166]

النظارات الذكية في الأماكن العامة

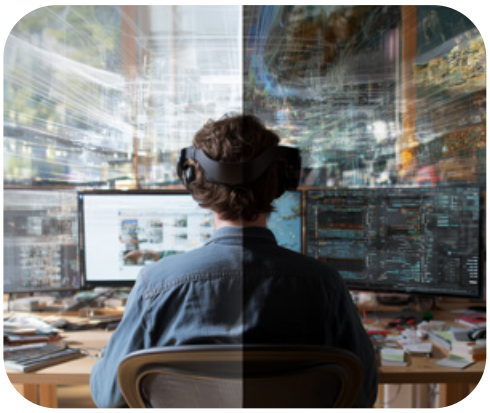
تصدّرت شركة "ميتا" سوق النظارات الذكية بحصّة عالية بلغت 70% في عام 2026.[167] غير أن من المرجح أن تشتد المنافسة خلال 2026 مع دخول لاعبين جدد إلى السوق، من بينهم "هواوي" (Huawei) عبر طرحها نظارات Eyewear 2،[168] إلى جانب منتج جديد مدعوم بالذكاء الاصطناعي تطوّره شركتا "واربي باركر" (Warby Parker) و"غوغل" (Google).[169] ورغم التوقّعات بارتفاع المبيعات من 2.7 مليون وحدة في عام 2024 إلى 18.7 مليون وحدة بحلول عام 2029 — أي ما يقارب سبعة أضعاف خلال خمس سنوات — يظل حجم هذا السوق محدوداً مقارنة بمبيعات الهواتف الذكية، التي من المتوقع أن تبلغ نحو 1.09 مليار هاتف بحلول نهاية 2026.[170] وفي المقابل، ما تزال المخاوف المرتبطة بالخصوصية من أبرز التحديات التي قد تعيق توسّع هذه الفئة من الأجهزة.[171]

الهروب الرقمي الموصوف طبياً

يتزايد الاعتماد على الذكاء الاصطناعي على المستوى المعرفي والعاطفي.[172] ويستمر التوسّع في الاتصال الرقمي ليشمل مناطق لم تكن متصلة من قبل، بالتوازي مع نمو استخدام وسائل التواصل عالمياً، إذ بلغت نسبة الحسابات النشطة نحو 94.7% من المستخدمين عالمياً.[173] ولذا، لم يعد الانفصال التام عن الاتصال الرقمي خياراً عملياً.[174] وهنا، تبرز أهمية العلاجات الرقمية الموصوفة طبياً التي يُتوقّع أن تسهم في تحسين جودة الحياة الرقمية بحلول 2026. وتركز هذه العلاجات على مراقبة مستوى التوتر، وتقديم الدعم عند الحاجة، والمساعدة في تحقيق توازن بين الاتصال الرقمي وفترات الراحة.[175] وحتى الآن، حصل 13 علاجاً رقمياً على موافقة إدارة الغذاء والدواء الأمريكية،[176] بالإضافة إلى 192 تطبيق للعلاجات الرقمية.[177] وتتّجه دول مثل النمسا وبلجيكا وفرنسا وألمانيا إلى دمج هذه الحلول ضمن أنظمتها الصحية الوطنية.[178]

مجالات الفرص المستقبلية

تعزيز التجارب الغامرة باستخدام نظرية العبء المعرفي



توفر نظرية العبء المعرفي إطاراً علمياً لفهم كيفية معالجة الدماغ للمعلومات أثناء التعلّم، وقد أصبحت من الركائز الأساسية في تصميم التجارب التعليمية الحديثة.[179] وتنطلق هذه النظرية من تقسيم العبء المعرفي إلى ثلاثة أنواع رئيسية تشمل: العبء الجوهري المرتبط بطبيعة المحتوى وتعقيده وترابط مفاهيمه، والعبء الخارجي الناتج عن طريقة عرض المعلومات وجودة التصميم، والعبء البنّاء المرتبط بالجهد الإيجابي الذي يبذله المتعلّم لفهم المعلومات وتحويلها إلى معرفة طويلة الأمد.[180]

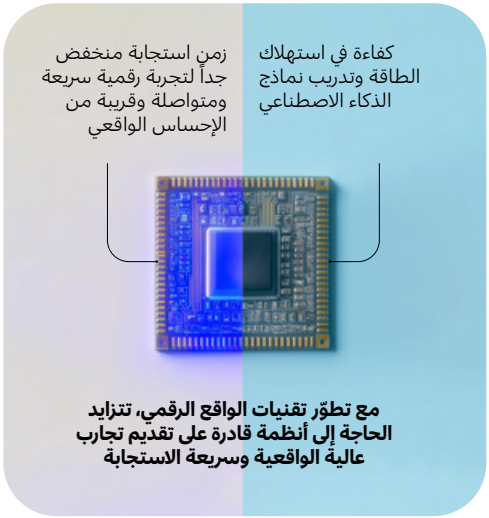
وتهدف النظرية إلى تحقيق توازن دقيق بين الأنواع الثلاثة، بما يخفف الضغط غير الضروري على قدرة العقل على معالجة المعلومات،[181] ويفتح المجال أمام التعلم الفعّال والمستدام. بناءً على ذلك، تشكّل النظرية أداة مهمّة لتطوير التجارب التعليمية الغامرة أو تقييمها، إذ تساعد على تحسين طريقة تقديم المعلومات، وتعزيز تفاعل المستخدمين، ورفع جودة التجربة التعليمية، بما ينسجم مع احتياجات المتعلّم في البيئات الرقمية المعاصرة.

تجارب غامرة للجميع

يشكّل أصحاب الهمم أكبر الأقليات حجماً حول العالم، إذ يقدَّر عددهم بشخص واحد من بين كل ستة أشخاص.[182] ويمكن للتجارب الغامرة أن تسهم في تعزيز فهم المجتمع للتحديات التي يواجهها هؤلاء الأفراد، وتعزيز التعاطف معهم، ودعم جهود دمجهم في المجتمع وفي مختلف المجالات.[183]

وفي المقابل، يجب تصميم هذه التقنيات بما يضمن شمولهم كمستخدمين أساسيين. ويتيح ذلك تطوير تجارب غامرة أكثر شمولاً تستفيد من خبراتهم واحتياجاتهم المتنوّعة منذ مراحل التصميم الأولى.[184]

رقائق حاسوبية متقدّمة لتعزيز تجارب الواقع الرقمي



مع تطوّر تقنيات الواقع الرقمي، تتزايد الحاجة إلى أنظمة قادرة على تقديم تجارب عالية الواقعية وسريعة الاستجابة.[185] ويتطلّب ذلك معالجات متخصّصة تضمن زمناً منخفضاً جداً للاستجابة وإدارة متزامنة للمدخلات المتعددة. وفي هذا السياق، تبرز وحدات معالجة الموترات (TPU)[186] كخيار واعد بفضل كفاءتها في استهلاك الطاقة واعتمادها بشكل أقل على المعادن النادرة مقارنةً بوحدات معالجة الرسوميات التقليدية (GPU).[187] وتشير التوقّعات إلى أن إنتاج هذه المعالجات سيتجاوز الضعف بحلول عام 2028، مدفوعاً بإقبال شركات الذكاء الاصطناعي على استخدامها على نطاق واسع، مثل شركة " أنثروبيك" (Anthropic) التي تشتري وحدها مليون وحدة تقريباً.[188]

مع ذلك، تظهر وحدات معالجة الموترات أداءً أفضل في تدريب نماذج الذكاء الاصطناعي مقارنةً باستخدامها في تشغيل التجارب الغامرة في الواقع الفعلي التي تتطلّب التعامل مع مدخلات متعدّدة،[189] وزمن استجابة شديد الانخفاض لا يتجاوز 20 ميلي ثانية.[190] ويدفع هذا التحدي إلى تطوير أجيال جديدة من رقائق وحدات معالجة الرسوميات بزمن استجابة منخفض جداً، وقدرات متقدّمة على تفسير الإشارات العصبية، إلى جانب طبقات أمان مدمجة داخل المكوّنات نفسها،[191] بما يضمن تجربة رقمية سريعة ومتواصلة وقريبة من الإحساس الواقعي.[192]

التوجـــه 8

الأتمتة والتعايش مع الروبوتات المستقلة

مع التقدّم المتسارع في تصميم الهندسة الميكانيكية، وعلوم المواد، والذكاء الآلي المتقدّم، وشبكات الاتصال المتطوّرة، يتّجه العالم نحو مرحلة جديدة تتوسّع فيها الروبوتات وأنظمة الأتمتة لتشمل قطاعات تتجاوز التصنيع التقليدي، وصناعة السيارات والخدمات اللوجستية وسلاسل التوريد. وسيؤدي هذا التوسّع إلى إعادة تشكيل بيئات العمل والإنتاج والخدمات، بما يتيح فرصاً كبيرة لتعزيز الكفاءة، ورفع الإنتاجية، وابتكار نماذج تشغيل جديدة. في المقابل، يرافق هذا التحوّل ظهور تحديات أخلاقية ومجتمعية متزايدة، تتعلّق بحدود استقلالية الروبوتات، وآليات إيقاف التشغيل الآمن، وتأثيراتها على مستقبل العمل. ومع تزايد تفاعل الروبوتات مع البشر ومع أنظمة أخرى ذاتية التشغيل، تبرز تساؤلات جديدة حول المسؤولية، والملكية الفكرية، وأطر الحوكمة المناسبة لهذا الجيل من التقنيات.

مجالات الفرص المستقبلية (الإصدارات السابقة)

مجالات استكشاف معقدة (2023)
زيادة التعاون بين البشر والآلات (2023)
الروبوتات الذكية والاجتماعية والحساسة (2023)
روبوتات بحرية (2024)
روبوتات من أجل المناخ (2024)
روبوتات اجتماعية (2024)

تطوير الروبوتات المرنة عبر المحاكاة الحيوية (2025)
التعمّق في فهم التفاعل بين الإنسان والروبوت (2025)
دور الروبوتات التعاونية في التصنيع (2025)

الكلمات الرئيسية

الذكاء الاصطناعي التفاعلي
توسيع قدرات الذكاء الاصطناعي
الأمن السيبراني
الذكاء الاصطناعي داخل الروبوتات
تنسيق العمل البشري
الروبوتات الذكية ذات البنية البشرية
إدارة المخاطر
قابلية الروبوتات للعمل المشترك
استخدام الروبوتات في بيئات العمل
الروبوتات الجماعية

أبرز الاتجاهات على المدى القصير

تعزيز استخدام الذكاء الاصطناعي داخل الشركات

شهدت استثمارات الشركات التقنية تحوّلاً نحو الذكاء الاصطناعي ليستحوذ على 36% من ميزانيات المبادرات الرقمية. وفي ظلّ هذا التوسّع، أصبح الذكاء الاصطناعي ينافس مجالات مثل بنية البيانات والأمن السيبراني، التي تعاني في كثير من الأحيان من فجوات تمويلية.[193] لكن، في الواقع، تواجه أغلب المؤسسات صعوبة في تحويل هذه الاستثمارات إلى عوائد ملموسة من حيث زيادة الإيرادات أو خفض التكاليف.[194] كما أن عدد الشركات التي نجحت في دمج الذكاء الاصطناعي في عملياتها اليومية بشكل منتظم لا يزال محدوداً.[195] ومع ذلك، تشير نتائج استطلاع عالمي في عام 2025 وشمل مديرين تنفيذيين وقادة شركات كبرى إلى استمرار الرهان على الذكاء الاصطناعي. فقد أفاد 74% من المشاركين بأن الذكاء الاصطناعي أولوية استراتيجية عالية مقارنة بـ 60% في عام 2024 وبنيّتهم توسيع نطاق تبنّيه خلال المرحلة المقبلة، مع التركيز على خدمة العملاء، والتسويق، وتحسين الإنتاجية، وتطوير البرمجيات، ورفع كفاءة القوى العاملة.[196]

توسّع سوق الروبوتات الذكية ذات البنية البشرية للاستخدام المنزلي

ما يزال هذا النوع من الروبوتات في مراحل مبكرة من الانتشار ويتطلّب إشرافاً بشرياً مباشراً، إلا أن الاهتمام بهذا المجال بدأ يُترجم إلى استثمارات فعلية، وصلت إلى نحو 2.5 مليار دولار من رأس المال المخاطر خلال 2024، وقد يصل إلى 5 تريليون دولار بحلول 2050، مع وصول عدد الوحدات المستخدمة إلى مليار روبوت عالمياً.[197] ومع تطوّر الذكاء الاصطناعي التوليدي وأنظمة الاستشعار، بدأت هذه الروبوتات في اكتساب قدرات أفضل على الفهم والمعالجة،[198] والتفاعل مع بيئاتها،[199] ما يعزز كفاءتها في أداء المهام المختلفة. ويظل عمر البطارية عاملاً حاسماً في انتشار هذا النوع من الروبوتات خاصة في المنازل. فمعظم النماذج الحالية لا تتجاوز فترة تشغيلها ساعتين، في حين تشير التوقعات إلى إمكانية الوصول إلى ست ساعات بحلول 2030.[200] كما تتراجع أسعار هذه الأجهزة تدريجياً، ما يزيد من قابليتها للاقتناء. فعلى سبيل المثال، تُطرح روبوتات "بومي" (Bumi) من شركة "نوتيكس" (Noetix) بسعر يقارب 1,400 دولاراً،[201] بينما يتوفّر روبوت "نيو" (NEO) من شركة "1 إكس" (1X) مقابل اشتراك شهري بقيمة 499 دولاراً، أو 20,000 دولار رسوماً تدفع لمرة واحدة.[202]

إدارة مخاطر استخدام الذكاء الاصطناعي المساعد

يُتوقّع أن تشهد أماكن العمل توسعاً في استخدام الذكاء الاصطناعي المساعد المستقل، الذي سينفّذ، بحسب التقديرات، ما يصل إلى 15% من المهام اليومية بحلول 2028، بدءاً من مهام الأمن السيبراني وصولاً إلى المراقبة الفورية للأنظمة.[203] غير أن هذا التحوّل يفرض مستوى جديداً من المخاطر، بما يتطلّب نماذج حوكمة وإدارة استباقية وأكثر تقدماً. ووفقاً لتصنيف "خدمات أمازون ويب"، تتوقف مخاطر استخدام أنظمة وكلاء الذكاء الاصطناعي على درجة الاستقلالية، التي تتدرج من أنظمة بلا استقلالية، إلى أنظمة ذات استقلالية محدودة، ثم استقلالية تحت إشراف بشري، وصولاً إلى أنظمة ذات استقلالية كاملة.[204] وتظهر استطلاعات رأي أن 80% من المؤسسات واجهت سلوكيات مقلقة من هذه الأنظمة، من بينها محاولات وصول غير مصرّح به، أو تعامل غير آمن مع البيانات الحساسة، وهو ما يبرز الحاجة إلى أطر رقابية أكثر صرامة ووضوحاً.[205]

مجالات الفرص المستقبلية

معايير استخدام الروبوتات في بيئات العمل

على الرغم من التقدّم التقني الكبير، لا يزال الاستخدام العملي للروبوتات في بيئات العمل يواجه تحديات متعدّدة. فالنجاح في هذا المجال يعتمد على استقرار الروبوتات،[206] ومرونة حركتها،[207] وكفاءتها في استهلاك الطاقة، وقدرتها على التفاعل الآمن والسلس مع البشر والبيئة المحيطة.[208] ويستلزم الانتقال من بيئات المختبر إلى مواقع العمل الواقعية قدرة عالية على التكيّف مع ظروف متغيرة ومهام غير ثابتة.

وفي هذا السياق، يتشكّل مجال جديد يركّز على تطوير معايير استخدام الروبوتات في بيئات العمل، يجمع بين التصميم، والتحكّم، والتعلّم، والتفاعل، مع اعتماد مقاييس أداء تستند إلى نتائج الاستخدام الفعلي، لا إلى اختبارات المحاكاة وحدها.

وتشير بيانات الاتحاد الدولي للروبوتات إلى تصنيع نحو 542 ألف روبوت صناعي في عام 2024، أي أكثر من ضعف العدد المسجّل قبل عشر سنوات، مع توقّعات بارتفاعه إلى أكثر من 700 ألف روبوت بحلول عام 2028.[209] كما ارتفع عدد روبوتات الخدمات بنسبة 9% ليصل إلى نحو 200 ألف، في حين سجّلت الروبوتات الطبية نمواً لافتاً بلغ 91% خلال العام نفسه.[210]

التركيبات الروبوتية في 2024
(بالأرقام)

الروبوتات الصناعية
↑ أكثر من **100%**
2024 - 2014

روبوتات الخدمات
↑ **9%**
2024

الروبوتات الطبية
↑ **91%**
2024

القواعد السلوكية المستوحاة من الإنسان
يمكن أن تجعل أسراب الروبوتات أكثر قدرة على التنبؤ والتفسير والجدارة بالثقة.

روبوتات جماعية تحاكي سلوك البشر

تعتمد الروبوتات الجماعية على نماذج لامركزية لتنسيق مهامها ذاتياً، وهي مستوحاة من سلوك أسراب النحل والأسماك والطيور.[211] ورغم التقدّم التقني في هذا المجال، لا يزال استخدامها التجاري محدوداً،[212] نتيجة تحديات تنظيمية، وصعوبة تفسير آليات اتخاذ القرار داخل هذه الأنظمة، إضافةً إلى تحديات متعلقة ببناء الثقة في هذه الأنظمة وكيفية تفاعل البشر معها.[213]

ومن المرجّح أن تسهم النماذج السلوكية المبسّطة والقابلة للتفسير وإعادة التطبيق في تعزيز موثوقية هذه الروبوتات وجعلها أكثر قابلية للمشاركة في البيئات العملية عبر محاكاة ديناميكيات قريبة من السلوك البشري.[214]

التكامل بين الروبوتات والذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء

مع تزايد الاعتماد على الروبوتات المدعومة بالذكاء الاصطناعي والشخصيات الافتراضية (الأفاتار) وأجهزة إنترنت الأشياء، يبرز تحدي تنسيق عمل هذه الأنظمة ضمن منظومات مترابطة. فغياب التكامل بينها لا يؤثر فقط في تجربة المستخدم، بل قد يؤدي إلى ثغرات تقنية وأمنية داخل الشبكات المعقدة.

ولمواجهة هذا التحدي، تبرز الحاجة إلى تطوير أطر مشتركة وبروتوكولات موحدة، تضمن تكامل هذه الأنظمة وانسجامها. ويتطلّب ذلك تعاوناً وثيقاً بين جهات وضع المعايير، والشركات الصناعية، وصنّاع السياسات، لتحقيق توازن دقيق بين تسريع الابتكار وحماية الأمن السيبراني وضمان الخصوصية.[215]

التوجـــه 9

إعادة تحديد الأهداف الإنسانية

يتحرك العالم نحو آفاق غير مسبوقة، حيث تقوده ثورة الذكاء الاصطناعي، وتطوّر واجهات الدماغ والحاسوب، وقفزات تكنولوجية متسارعة، إلى جانب إنجازات نوعية في الطب والعلوم. ومع اتساع هذه الإمكانات، تبرز تحديات جديدة، على رأسها انتشار المعلومات المضلّلة والأخبار الزائفة وما تفرضه من ضغوط متزايدة على الأفراد والمجتمعات. ومع هذا الواقع المتغيّر، يجد الأفراد أنفسهم أمام تساؤلات جديدة، ليس فقط في مسارات العمل أو التعليم، بل في إدراكهم الأوسع لمفاهيم مثل تحقيق الذات والنمو والازدهار وجودة الحياة. كما ستتبلور تصوّرات حديثة حول تقدير الذات والاستقلالية والإحساس بالأمان، وهي تحوّلات ستنعكس مباشرة على أدوار الأسرة وأساليب التربية ونماذج الرعاية والانتماء والدمج المجتمعي. ومع هذا التحوّل العميق، ستتغيّر الحدود التقليدية بين الفرد والمجتمع والمؤسسات، بل وقد تؤدي التغيرات المرتقبة في معدلات الخصوبة إلى إعادة تعريف جوهر الأسرة والروابط المجتمعية نفسها.

مجالات الفرص المستقبلية (الإصدارات السابقة)

الاقتصاد الإبداعي (2023)
تقنيات الصحة النفسية (2023)
إعادة تعريف التعليم (2023)
استدامة ريادة الأعمال (2024)
محو الأمية الرقمية (2024)
تمكين الشباب في حياتهم المهنية (2024)
دور الفنون في تطوير المجتمعات (2025)

مختبر تسوية النزاعات القانونية عبر الإنترنت (2025)
الاحتفاظ بالمواهب (2025)

الكلمات الرئيسية

الاحتياجات الأساسية
السلامة الرقمية
الثورة الصناعية الرابعة
مستقبل المؤسسات
الوحدة
هرم ماسلو لاحتياجات الإنسان
المعلومات المضلّلة والخاطئة
الترابط الاجتماعي
الثقة
الصحة النفسية للشباب

أبرز الاتجاهات على المدى القصير

تحديات السلامة الرقمية

عمدت بعض الدول إلى تقييد استخدام الأطفال لمنصات التواصل الاجتماعي بسبب مخاوف تتعلّق بتأثيرها على الصحة النفسية للأطفال والشباب، بما يعكس تحوّلاً نحو إعطاء الأولوية للأثر النفسي للتقنيات الرقمية، ومعالجته بسياسات أكثر صرامة. ففي ديسمبر 2025، منعت أستراليا من هم دون سن 16 من استخدام هذه المنصات، مع فرض غرامات تصل إلى 50 مليون دولار [216] على الشركات غير الملتزمة. وتدرس الولايات المتحدة[217] والدنمارك أيضاً فرض حظر مماثل،[218] فيما أعلنت المملكة المتحدة [219] ودولة الإمارات[220] بالفعل عن حظرها. ويعكس ذلك توجهاً عاماً[221] وليس بالجديد،[222] إذ تشير استطلاعات رأي عالمية إلى أن 65% تقريباً من الأفراد يؤيدون فرض هذا النوع من الحظر الرقمي.[223] لكن، تشير الأبحاث إلى أن الحظر وحده لا يكفي،[224] وأن مواجهة هذا التحدي تتطلب إعادة تصميم المنصات الرقمية بما يراعي الصحة النفسية للمستخدمين الشباب.[225]

مستقبل المؤسسات

ركزت نقاشات عام 2025 على أثر الذكاء الاصطناعي على سوق العمل، من تغيّر الوظائف وإعادة توزيع الأدوار إلى ظهور أنماط عمل جديدة.[226] ووفقاً لتقرير مستقبل الوظائف 2025 الصادر عن المنتدى الاقتصادي العالمي، يرى 86% من المشاركين أن الذكاء الاصطناعي سيعيد تشكيل بيئة الأعمال، فيما اعتبر 58% أن الروبوتات والأنظمة الذاتية ستكون المحرّك الأساسي لهذا التحوّل.[227] غير أن مستقبل المؤسسات لا يقتصر على الوظائف وحدها، بل يمتد إلى طبيعة العمل نفسها، ومكانة الإنسان داخل بيئات يزداد فيها الاعتماد على الأتمتة. ويطرح هذا الواقع أسئلة أعمق حول معنى العمل وجودة الحياة المهنية، وتجنّب تعميق الفجوات الاجتماعية أو عدم الاستقرار المهني نتيجة للتحوّلات التقنية.[228]

ترسيخ معايير الدقة والثقة في المشهد الرقمي

من المتوقّع أن تستمرّ تحديات المعلومات المضلّلة والأخبار الزائفة خلال عام 2026 وما بعدها،[229] مدفوعة بالانتشار الواسع لأدوات الذكاء الاصطناعي، وصعوبة التمييز بين المحتوى الصحيح والمضلل، خاصة في ظل ما يُعرف "بـهلوسات الذكاء الاصطناعي".[230]

وفي مواجهة هذا الواقع، قد تتّجه المجتمعات إلى تبنّي نماذج متعددة لتقييم دقة المحتوى وبناء الثقة فيه، تراعي الخصوصيات الثقافية والمجتمعية لكل مجتمع، بعدما بات واضحاً أن الاعتماد على إطار عالمي موحّد لم يعد كافياً للتعامل مع هذا النوع من التحديات المتسارعة.

مجالات الفرص المستقبلية

دراسة تجارب واقعية لتصميم مستقبل المدن

يُعدّ علم "السيرة النفسية" فرعاً من فروع العلوم الاجتماعية التي تركّز على دراسة حياة الأفراد، لفهم كيف تؤثر تجاربهم وقراراتهم في مسارات حياتهم وفي تشكيل هويتهم بمرور الوقت.[231] ورغم أن هذا المفهوم يُستخدم غالباً للتعمق في فهم هوية الأفراد، إلا أنه يمكن توسيعه ليشمل تخطيط المدن وتطويرها، خاصة في ظل تحوّلات الثورة الصناعية الرابعة.[232]

وعند تطبيق مبادئ هذا العلم على تخطيط المدن، سيسهم في اتخاذ قرارات مدروسة بشأن مستقبل المدن والمجتمعات[233] فدراسة تجارب المدن التي تبنّت تقنيات الذكاء الاصطناعي والروبوتات، بما فيها الروبوتات الذكية ذات البنية البشرية، ستساعد في فهم التحديات الأخلاقية المرتبطة بتلك التكنولوجيا، ومدى تقبّل المجتمع لها، وتأثيرها في هوية الأفراد والمجتمعات.[234]

التواصل الاجتماعي كأولوية في السياسات العامة

1 من 6

أشخاص يعاني من الوحدة

ظاهرة ترتبط بارتفاع معدلات الوفيات بنحو 100 حالة في الساعة

يدعو مفهوم "إعادة إحياء العلاقات الاجتماعية" إلى إعادة التفكير في كيفية قضاء أوقات الفراغ، والحد من العزلة الرقمية والتركيز على بناء علاقات إنسانية حقيقية وتجارب واقعية.[235] وتزداد أهمية هذا التوجّه في ظل توقعات تشير إلى أنه، بحلول عام 2030، قد يتساوى عدد العاملين من البشر مع عدد الروبوتات، ما يطرح تساؤلات جوهرية حول أمن المجتمعات، وحدود التحكّم في التكنولوجيا، ودور الإنسان، والمسؤولية داخل المجتمعات الحديثة.[236]

ويُعدّ هذا التحوّل تحدياً مجتمعياً حقيقياً، خاصة في ظل معاناة واحد من كل ستة أشخاص من الوحدة، وهي ظاهرة ترتبط بارتفاع معدلات الوفيات بنحو 100 حالة في الساعة، أي أكثر من 871 ألف حالة وفاة سنوياً.[237] ومن هنا، قد يصبح تعزيز التواصل الاجتماعي أولوية في سياسات الصحة العامة، من خلال توفير الدعم ورفع مستوى الوعي لدى الأفراد، وتوفير بيئات ومساحات تشجّع التفاعل الإنساني وتدعم الترابط المجتمعي.[238]

إعادة تعريف الاحتياجات الإنسانية

لطالما اعتمدت السياسات العالمية على مؤشرات تقليدية لقياس مستويات الفقر،[239] مثل مؤشر التنمية البشرية ومؤشر الفقر متعدّد الأبعاد.[240] إلا أن السنوات الأخيرة شهدت أطر جديدة تنظر إلى الاحتياجات الأساسية للإنسان بمنظور أوسع. ولفهم تلك الاحتياجات الأساسية اليوم، علينا أن نميز بين خط الفقر الأساسي ومعايير الحياة الكريمة.[241] فبينما يركّز خط الفقر الأساسي على ضرورات الحياة، كالغذاء والماء والمسكن والملبس،[242] والتي عجز عن تأمينها نحو 17.3% من سكان العالم وفقاً لبيانات عام 2011،[243] بينما عاش 847 مليون شخص في فقر مدقع (3 دولارات يومياً) في عام 2024،[244] كما تشير بيانات انعدام الأمن الغذائي، المستخدمة لاستقراء الاتجاه مستقبلاً، إلى أن هذه النسبة بلغت 30% بحلول عام 2020. تتجاوز معايير الحياة الكريمة هذه الحدود،[245] لتشمل التغذية المتوازنة والصحة والتعليم والطاقة، وخدمات الصرف الصحي والنظافة والأجهزة المنزلية، إضافة إلى التكنولوجيا الأساسية مثل الحواسيب والإنترنت ووسائل الاتصال والنقل والإضاءة والتحكّم في درجة حرارة البيئة المحيطة.[246] ورغم استمرار اعتماد هرم ماسلو، الذي نُشر لأوّل مرة قبل 50 عاماً، مرجعاً لفهم احتياجات الإنسان، يبدأ بالأمان والسلامة، ثم الانتماء وتقدير الذات، ويصل في قمّته إلى تحقيق الذات، وهو مستوى اعتقد ماسلو أنّه لا يتحقّق إلا نادراً.[247] إلا أن من المتوقع أن يعيد الذكاء الاصطناعي تشكيل هذا الهرم نفسه. ففي قاعدة الهرم، يمكن للذكاء الاصطناعي أن يسهم بشكل كبير في تلبية احتياجات الإنسان الأساسية بكفاءة أعلى، من خلال تحسين الإنتاجية وسير العمل.[248] والأهم أن هذا التحوّل قد يتيح لشريحة أوسع من البشر الوصول إلى مستويات أعلى من التطوّر وتحقيق الذات والطموحات الشخصية، بل وربما يكشف عن احتياجات نفسية واجتماعية جديدة بالكامل لم تكن ضمن تصوّر ماسلو في زمنه.[249]

التوجه 10

تزايد الاهتمام بالصحة المتقدمة والتغذية

يشهد العالم تحوّلاً جذرياً في فهم مفهومي الصحة والتغذية، مدفوعاً بالتقدّم المتسارع في مجالات الذكاء الآلي المتقدّم، وتقنيات النانو، والتقنية الحيوية، والتصنيع الإضافي، وإنترنت الأشياء. ويأتي هذا التحوّل استجابةً لتحديات متشابكة، تشمل تغيّر المناخ، وندرة الموارد، وارتفاع متوسّط الأعمار، وتزايد العبء الصحي العالمي. ويمتد أثر هذا التوجه ليشمل تحسين جودة الحياة في مراحل الشيخوخة، وتعزيز الصحة في مراحل الشباب، والحد من الأمراض المعدية وغير المعدية أو القضاء عليها، وتعزيز الاستخدام المستدام للمياه والغذاء، وضمان توفرهما للجميع.

مجالات الفرص المستقبلية (الإصدارات السابقة)

التصنيع الإضافي في مجال الغذاء (2023)
المصادر المتنوعة للطعام (2023)
الطب الشخصي وعلم الجينوم (2023)
التعلّم العميق لمواجهة الشيخوخة المعرفية (2024)
مغذيات نانوية (2024)
نظام غذائي جغرافي (2024)
علم التخلُّق (ما فوق الجينات) وجودة الهواء (2025)
تطوير الطب الدقيق بفضل أبحاث الجينوم (2025)
تحسين الإنتاج الزراعي باستخدام الفحم الحيوي (2025)

الكلمات الرئيسية

علاج كاسجيفي (Casgevy)
تقنية كريسبر (CRISPR)
مركبات الفلافونويدات العضوية الطبيعية
المركّبات المضادة للشيخوخة (جيروبروتكتور)
طول العمر الصحي
الصحة النفسية
الأمراض التنكسية العصبية
المنشطات الذهنية
النمط الظاهري
الزراعة الذكية

أبرز الاتجاهات على المدى القصير

آفاق جديدة لتقنية كريسبر في مجال الرعاية الصحية

تعد تقنيات كريسبر أداة ثورية لتحرير الجينوم وتعديل تسلسلات الحمض النووي، وتواصل هذه التقنية فتح آفاق جديدة في علاج الأمراض رغم نقص التمويل الذي يبطئ إطلاق تجارب سريرية جديدة.[250] وتشمل أبرز الأمثلة علاج "كاسجيفي"، وهو أوّل علاج جيني يعتمد هذه التقنية، وقد حصل على موافقة إدارة الغذاء والدواء الأمريكية في ديسمبر 2023 [251] لعلاج فقر الدم المنجلي والثلاسيميا من نوع بيتا المرتبطة بنقل الدم. ويُستخدم هذا العلاج حالياً في نحو 50 مركزاً علاجياً في أمريكا الشمالية والاتحاد الأوروبي والشرق الأوسط.[252] ومع التقدّم في الذكاء الاصطناعي وتصوير الخلايا الحيّة وتقنيات تسلسل الجينات، تتجه تطبيقات كريسبر إلى ما هو أبعد من التعديل الجيني لتشمل التحكّم في التعبير الجيني.[253] وقد أظهرت دراسة في كليفلاند كلينك نجاح علاج قائم على كريسبر في خفض الكوليسترول الضار بنسبة 50% خلال أسبوعين مع استمرار تأثيره 60 يوماً، إضافةً إلى خفض الدهون الثلاثية بنسبة 55%. وتشير هذه النتائج إلى إمكانية الانتقال من العلاجات الدورية إلى تدخلات طويلة الأمد، مع ترقّب نتائج دراسات أوسع خلال 2026.[254]

تطوّر البحث العلمي حول المركّبات المضادة للشيخوخة

يتزايد اهتمام الأوساط العلمية بالمركّبات المضادة للشيخوخة (جيروبروتكتور)، التي تهدف لإبطاء التدهور الجسدي المرتبط بالتقدّم في العمر، وتعزيز طول العمر الصحي.[255] ورغم نتائج أولية مشجعة لمركّبات مثل الميتفورمين، ومثبطات ناقل الصوديوم–الجلوكوز المشترك 2، وغيرها،[256] لا يوجد حتى الآن علاج آمن وفعّال قادر على إبطاء شيخوخة الإنسان،[257] باستثناء مؤشرات محدودة تتعلق بالأحماض الأمينية المرتبطة بالكولاجين.[258] ومع ذلك، يتوقّع أن تتوسّع الأبحاث لتشمل عوامل أوسع تؤثر في الشيخوخة، مثل النشاط البدني ونمط الحياة الصحي.[259]

الذكاء الاصطناعي في القطاع الصحي بين التنظيم والتطبيق

رغم إمكانات الذكاء الاصطناعي في تحسين الرعاية الصحية ودعم أهداف الصحة العامة،[260] لا يزال تطبيقه العملي محدوداً رغم تطوير السياسات واللوائح، ونجاح عدد من التجارب الأوّلية.[261] فحتى اليوم، ورغم أن 85% من مؤسسات الرعاية الصحية عالمياً يسعون إلى استكشاف أو اعتماد الذكاء الاصطناعي،[262] يظل التطبيق الفعلي المتكامل محدوداً — إذ لم تتجاوز نسبته 9% وفق أحدث البيانات المتاحة في عام 2021 [263] — وبينما يوظّف 48% من الأطباء الذكاء الاصطناعي في عملهم، لا يستخدمه في اتخاذ القرارات الطبية سوى 16% منهم.[264] ومع استمرار النقاش حول موثوقية الأنظمة وشفافيتها، وجودة بياناتها، وإمكانية تفسير قراراتها، يبرز سؤال محوري: كيف يمكن دمج الذكاء الاصطناعي في الممارسات الطبية اليومية ضمن أطر تنظيمية قابلة للتطبيق؟[265] وفي هذا السياق، من المتوقّع أن تسهم مبادرات مثل "الذكاء الاصطناعي من أجل التأثير الإيجابي" التي تقودها جهات دولية كالاتحاد الدولي للاتصالات، ومنظمة الصحة العالمية، والمنظمة العالمية للملكية الفكرية، في تقليص الفجوة بين التجربة والتطبيق، وتعزيز الاستخدام المسؤول في القطاع.[266]

مجالات الفرص المستقبلية

النمط البياني الرقمي وتوسيع نطاق الطب الدقيق

لم يعد النمط البياني الرقمي مفهوماً ناشئاً، بل أصبح أحد المسارات الواعدة لتطوير أنظمة صحية أكثر دقة واستجابة. ويقوم هذا النهج على الجمع المستمر والآني لبيانات سلوكية وبيئية واجتماعية وصحية ونفسية، عبر الأجهزة القابلة للارتداء وأجهزة الاستشعار، بما يتيح الكشف المبكر عن الأمراض، ومتابعة تطوّرها على المدى الطويل،[267] وتعزيز اعتماد ممارسات صحية مخصّصة لكل فرد، مثل التغذية السليمة.[268]

وعند دمج هذه البيانات مع علوم الجينوم، تتوسع إمكانات الطب الدقيق ليصبح أكثر قابلية للتطبيق على نطاق واسع، وأقل تكلفة،[269] مع تعزيز جاهزية أنظمة الصحة العامة للاستجابة السريعة. غير أن نجاح هذا المسار يظل مشروطاً بحماية بيانات المرضى، إلى جانب بناء أطر فعّالة للتعاون الدولي في تبادل البيانات واستخدامها بشكل مسؤول.

من الزراعة عالية الكفاءة إلى الزراعة المستدامة

تستهلك الزراعة نحو 70% من المياه العذبة عالمياً،[270] في وقتٍ يعاني فيه ما يقارب 4 مليارات شخص حول العالم من شحٍّ حادٍ في المياه (بما يعادل شهر واحد على الأقل سنوياً)، مع توقّعات بأن يتأثر ثلاثة من كل أربعة أشخاص بالجفاف بحلول عام 2050.[271] ويكشف هذا الواقع عن الحاجة إلى تغيير نماذج الإنتاج الغذائي السائدة. وتركز الزراعة 4.0 (منذ عام 2000) على تحسين الكفاءة الإنتاجية من خلال تدفقات البيانات الفورية والتحليل التنبؤي والأتمتة.[272] أما الزراعة 5.0، فتتجاوز مفهوم الكفاءة لتدمج الأبعاد البيئية والاجتماعية،[273] وتضع الإنسان والاستدامة في قلب الممارسات الزراعية. وبذلك، تنتقل الزراعة من السعي إلى إنتاج المزيد بأسرع وقت، إلى إنتاج الغذاء بطريقة أكثر توازناً واستدامة، تراعي الموارد الطبيعية والمنظومات الحيوية إلى جانب الإنتاجية.

توسيع الربط بين الغذاء والصحة النفسية والذهنية

يمثل الغذاء عاملاً واعداً لتحسين الصحة النفسية وصحة الدماغ، لا سيما في الدول منخفضة الدخل، حيث لا يحصل ما يصل إلى 85% من المصابين باضطرابات نفسية على العلاج الكافي.[274] ومن منظور الصحة العامة، يوفّر النظام الغذائي تدخلاً متاحاً، وقابلاً للتوسّع، ومنخفض التكلفة، ليكمّل الرعاية الطبية التقليدية أو يعزز أثرها.[275] ومنذ جائحة كوفيد-19، سُجّلت عالمياً أكثر من 53.2 مليون حالة اكتئاب شديد و76.2 مليون حالة قلق.[276] وقد أظهرت دراسات متعددة أن الأنظمة الغذائية الغنية بالفلافونويدات، مثل التوت الأزرق والكاكاو والحمضيات، ارتبطت بتحسّن المزاج وتخفيف أعراض القلق، خاصة لدى الأفراد الذين كانت أنظمتهم الغذائية تفتقر إلى الفواكه.[277]

ولا يقتصر تأثير الغذاء على الصحة النفسية فقط، بل يؤثر على صحة الدماغ أيضاً، فتتسبّب الأمراض التنكسية العصبية في نحو 11 مليون وفاة سنوياً،[278] ويعيش قرابة 57 مليون شخص مع الخرف، ما يبرز الحاجة الملحّة إلى تدخلات وقائية مبتكرة.[279] وتشير الأبحاث إلى أن الأغذية الداعمة للقدرات الذهنية، والغنية بمركّبات طبيعية مضادة للالتهاب مثل الكركمين الموجود في الكركم، قد تسهم في تحسين الوظائف الإدراكية من خلال تأثيرها في العلاقة المعقّدة بين الأمعاء والدماغ.[280] ومع تطوّر تقنيات توصيل هذه المركّبات للخلايا المستهدفة داخل الجسم، مثل التغليف النانوي، من المتوقّع أن تمهّد الأبحاث المستقبلية الطريق لتعزيز دور الغذاء كأداة فعّالة ضمن مختلف استراتيجيات الصحة العامة.[281]

مؤسسة دبي للمستقبل
DUBAI FUTURE FOUNDATION

نبـــذة عـن
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، ومركز دبي لاستخدامات الذكاء الاصطناعي، ومختبرات دبي للمستقبل، وأكاديمية دبي للمستقبل، ومختبر دبي للتصميم، و "ساندبوكس دبي"، ومبادرة دبي 10X، ومركز الثورة الصناعية الرابعة في الإمارات، ومنتدى دبي للمستقبل، وأسبوع 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.

© 2026 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 قائمة 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.

المراجـــع

1 Bank for International Settlements (2025) 'III. The next-generation monetary and financial system'. www.bis.org/publ/arpdf/ar2025e3.htm

2 Smil, V. (2004) 'World history and energy'. Encyclopaedia of Energy, 6: 549-561. https://vaclavsmil.com/wp-content/uploads/2024/10/smil-article-2004world-history-energy.pdf (retrieved 11 July 2026)

3 Yang, Z. et al. (2025) 'COF-999: A high-performance CO2 adsorbent for direct air capture technology'. Green Carbon, 3: 395397-. 9 May. www.doi.org/10.1016/j.greenca.2025.03.004

4 Yang, Z. et al. (2025) 'COF-999: A high-performance CO2 adsorbent for direct air capture technology'. Green Carbon, 3: 395397-. 9 May. www.doi.org/10.1016/j.greenca.2025.03.004

5 Blanckart, L. et al. (2025) 'Algae-based coatings for fully bio-based and colored textile products'. Textiles, 5(1). 8 January. www.mdpi.com/26733/1/5/7248-

6 Singh, G. et al. (2024) 'Azo dye bioremediation: An interdisciplinary path to sustainable fashion'. Environmental Technology & Innovation, 36. https://doi.org/10.1016/j.eti.2024.103832

7 Cvetković, K. et al. (2025) 'Valorization of food industry waste for biodegradable bio-polymer-based packaging films'. Processes, 13(8). 14 August. www.doi.org/10.3390/pr13082567

8 Ammar, E. et al. (2025) 'Fresh futures: Cutting-edge eco-friendly coating techniques for fruits'. Journal of Food Processing and Preservation. www.doi.org/10.1155/jfpp/5201632

9 Ammar, E. et al. (2025) 'Fresh futures: Cutting-edge eco-friendly coating techniques for fruits'. Journal of Food Processing and Preservation. www.doi.org/10.1155/jfpp/5201632

10 European Parliament and Council of the European Union (2024) 'Regulation (EU) 20241781/'. Official Journal of the European Union, L 20241781/. https://data.europa.eu/eli/reg/20241781//oj

11 Markou, I., Sinnott, D. and Thomas, K. (2025) 'Current methodologies of creating material passports: A systematic literature review'. Case Studies in Construction Materials, 22. 17 January. www.doi.org/10.1016/j.cscm.2025.e04267

12 Markou, I., Sinnott, D. and Thomas, K. (2025) 'Current methodologies of creating material passports: A systematic literature review'. Case Studies in Construction Materials, 22. 17 January. www.doi.org/10.1016/j.cscm.2025.e04267

13 Markou, I., Sinnott, D. and Thomas, K. (2025) 'Current methodologies of creating material passports: A systematic literature review'. Case Studies in Construction Materials, 22. 17 January. www.doi.org/10.1016/j.cscm.2025.e04267

14 U.S. Customs and Border Protection (2025) 'Modification of the National Customs Automation Program Test concerning the submission of global business identifiers'. Federal Register, 90(151): 3847938484-. 8 August. www.federalregister.gov/documents/2025/08/08/2025-15060/modification-of-the-national-customs-automation-program-test-concerning-the-submission-of-global

15 Tserpes, K. and Sioutis, I. (2025) 'Advances in composite materials for space applications: A comprehensive literature review'. Aerospace, 12(3). 7 March. www.doi.org/10.3390/aerospace12030215.

16 Curlee, K. and Kahn, L. (2025) 'Mapping space debris: An interactive data visualization of orbital debris and its origins'. Center for Security and Emerging Technology. 3 November. https://cset.georgetown.edu/publication/mapping-space-debris/

17 Maldonado-Romo, J. et al. (2025) 'Biomaterials for aerospace applications: A sustainable technological analysis'. Journal of Physics: Conference Series, 2946. www.iopscience.iop.org/article/10.1088012006/1/2946/6596-1742//meta

18 Tserpes, K. and Sioutis, I. (2025) 'Advances in composite materials for space applications: A comprehensive literature review'. Aerospace, 12(3). 7 March. www.doi.org/10.3390/aerospace12030215

19 Tserpes, K. and Sioutis, I. (2025) 'Advances in composite materials for space applications: A comprehensive literature review'. Aerospace, 12(3). 7 March. www.doi.org/10.3390/aerospace12030215

20 International Air Transport Association (2025) 'The global commercial aircraft fleet: Shortages cap growth'. August.

21 International Air Transport Association (2025) 'The global commercial aircraft fleet: Shortages cap growth'. August. www.iata.org/en/publications/economics/reports/the-global-commercial-aircraft-fleet/

22 Habib, M. et al. (2025) 'Current practices in recycling and reusing of aircraft materials and equipment'. Materials Circular Economy, 7: 1-36. 12 April. www.doi.org/10.1007/s42824-025-00165-w

23 Habib, M. et al. (2025) 'Current practices in recycling and reusing of aircraft materials and equipment'. Materials Circular Economy, 7: 1-36. 12 April. www.doi.org/10.1007/s42824-025-00165-w

24 Habib, M. et al. (2025) 'Current practices in recycling and reusing of aircraft materials and equipment'. Materials Circular Economy, 7: 1-36. 12 April. www.doi.org/10.1007/s42824-025-00165-w

25 Habib, M. et al. (2025) 'Current practices in recycling and reusing of aircraft materials and equipment'. Materials Circular Economy, 7: 1-36. 12 April. www.doi.org/10.1007/s42824-025-00165-w

26 United Nations Conference on Trade and Development (n.d.) 'Data protection and privacy legislation worldwide'. www.unctad.org/page/data-protection-and-privacy-legislation-worldwide (retrieved 29 January 2026)

27 Deloitte (2024) 'Cross-jurisdictional data protection, cybersecurity and AI overview - third edition: Recent update and upcoming developments'. December. www.deloittelegal.de/dl/en/services/legal/analysis/cross-jurisdictional-data-protection.html

28 DLA Piper (n.d.) 'Data protection laws of the world'. www.dlapiperdataprotection.com (retrieved 29 January 2026)

29 Bain & Company (2024) 'Technology report 2024'. www.bain.com/insights/sovereign-ai-is-the-next-fault-line-in-the-global-tech-sector-tech-report-2024/

30 S&P Global (2025) 'Data Centers: Are The Winning Odds Less Certain In 2026?'. 3 December. www.spglobal.com/ratings/en/regulatory/article/data-centers-are-the-winning-odds-less-certain-in-2026-s101659690

31 S&P Global (2025) 'Data Centers: Are The Winning Odds Less Certain In 2026?'. 3 December. www.spglobal.com/ratings/en/regulatory/article/data-centers-are-the-winning-odds-less-certain-in-2026-s101659690

32 UNESCO (2025) 'Ethics of neurotechnology: UNESCO adopts the first global standard in the cutting-edge technology'. 5 November. www.unesco.org/en/articles/ethics-neurotechnology-unesco-adopts-first-global-standard-cutting-edge-technology

33 UNESCO (2025) 'Ethics of neurotechnology: UNESCO adopts the first global standard in the cutting-edge technology'. 5 November. www.unesco.org/en/articles/ethics-neurotechnology-unesco-adopts-first-global-standard-cutting-edge-technology

34 Salles, A. and Farisco, M. (2024) 'Neuroethics and AI ethics: A proposal for collaboration'. BMC neuroscience, 25. 29 August. www.doi.org/10.1186/s128687-00888-024-

35 Andreeva, K., Hadgis, K. and Bell, O. (2025) 'The evolving framework of data governance: A global perspective'. Morgan Lewis. 11 March. www.morganlewis.com/pubs/2025/03/the-evolving-framework-of-data-governance-a-global-perspective

36 International Data Center Authority (2026) 'Global digital economy report 2026'. www.idc-a.org/insights/9LflYGn4Q7woUereky9r

37 Andrenelli, A. et al. (2025) 'Economic implications of data regulation: Balancing openness and trust'. Organisation for Economic Co-operation and Development and World Trade Organization. www.wto.org/english/res_e/publications_e/data_regulation_e.htm

38 Andrenelli, A. et al. (2025) 'Economic implications of data regulation: Balancing openness and trust'. Organisation for Economic Co-operation and Development and World Trade Organization. www.wto.org/english/res_e/publications_e/data_regulation_e.htm

39 Organisation for Economic Co-operation and Development (n.d.) 'Cross-border data flows'. www.oecd.org/en/topics/cross-border-data-flows.html (retrieved 29 January 2026)

40 Davison, A. (2024) 'Are data centers in space the future of cloud storage?'. International Business Machines. 18 November. www.ibm.com/think/news/data-centers-space.

41 Starcloud's website: www.starcloud.com

42 Y Combinator (n.d.) 'Starcloud'. www.ycombinator.com/companies/starcloud (retrieved 29 January 2026)

43 Sriram, A. (2026) 'Starcloud reaches $1.1 billion valuation as AI space race heats up'. Reuters. 30 March. www.reuters.com/business/retail-consumer/starcloud-reaches-11-billion-valuation-ai-space-race-heats-up-2026-03-30/(retrieved 11 July 2026)

44 Jones, A. (2025) 'China launches first of 2,800 satellites for AI space computing constellation'. SpaceNews. 14 Maya. www.spacenews.com/china-launches-first-of-2800-satellites-for-ai-space-computing-constellation/

45 Gunla, A. (2025) 'Why these companies want to send data centers into space'. CNN. 21 October. www.edition.cnn.com/science/data-centers-in-space-spc

46 Madari Space (n.d.) 'Global data centre statistics 2028'. https://madari.ae (retrieved 28 January 2026)

47 Thales Alenia Space et al. (n.d.) ‘ASCEND’. https://ascend-horizon.eu/objectives/ (retrieved 28 January 2026)

48 Babu, J. and Singh, J. (2026,) 'Google in talks with SpaceX for Suncatcher orbital data center project'. Reuters. 12 May. www.reuters.com/science/google-spacex-talks-explore-data-centers-orbit-wsj-reports-2026-05-12/ (retrieved 13 May 2026)

49 Gunla, A. (2025) ‘Why these companies want to send data centers into space’. CNN. 21 October. www.edition.cnn.com/science/data-centers-in-space-spc

50 Burm, G. (2024) ‘State of the semiconductor industry: Trends and drivers shaping the semiconductor landscape’. PwC. November. www.pwc.com/gx/en/industries/technology/state-of-the--semicon-industry.html

51 Burm, G. (2024) ‘State of the semiconductor industry: Trends and drivers shaping the semiconductor landscape’. PwC. November. www.pwc.com/gx/en/industries/technology/state-of-the--semicon-industry.html

52 Burm, G. (2024) ‘State of the semiconductor industry: Trends and drivers shaping the semiconductor landscape’. PwC. November. www.pwc.com/gx/en/industries/technology/state-of-the--semicon-industry.html.

53 Council for Science and Technology (2025) ‘Advice on building a sovereign AI chip design industry in the UK’. 21 August. www.gov.uk/government/publications/building-a-sovereign-ai-chip-design-industry-in-the-uk/council-for-science-and-technology-advice-on-building-a-sovereign-ai-chip-design-industry-in-the-uk

54 European Commission (2025) ‘Milestone in strengthening Europe’s semiconductor manufacturing capacity under Chips Act reached’. 13 October. https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/news/milestone-strengthening-europes-semiconductor-manufacturing-capacity-under-chips-act-reached

55 Leonard, J. (2025) ‘Accenture: What we learned when our CEO got deepfaked’. TheChannelCo. 7 May. www.computing.co.uk/event/2025/accenture-what-we-learned-when-our-ceo-got-deepfaked

56 Robins-Early, N. (2024) ‘CEO of world’s biggest ad firm targeted by deepfake scam’. The Guardian. 10 May. www.theguardian.com/technology/article/2024/may/10/ceo-wpp-deepfake-scam

57 Chen, H. and Magramo, K. (2024) ‘Finance worker pays out $25 million after video call with deepfake ‘chief financial officer’’. CNN. 4 February. https://edition.cnn.com/202404/02//asia/deepfake-cfo-scam-hong-kong-intl-hnk (retrieved 25 February 2026)

58 Colman, B. (2025) ‘Why detecting dangerous AI is key to keeping trust alive in the deepfake era’. World Economic Forum. 7 July. www.weforum.org/stories/2025/07/why-detecting-dangerous-ai-is-key-to-keeping-trust-alive/

59 Colman, B. (2025) ‘Why detecting dangerous AI is key to keeping trust alive in the deepfake era’. World Economic Forum. 7 July. www.weforum.org/stories/2025/07/why-detecting-dangerous-ai-is-key-to-keeping-trust-alive/

60 Dunn, G. et al. (2025) ‘Quantum computing moves from theoretical to inevitable’. Bain & Company. 23 September. www.bain.com/insights/quantum-computing-moves-from-theoretical-to-inevitable-technology-report-2025/

61 Dunn, G. et al. (2025) ‘Quantum computing moves from theoretical to inevitable’. Bain & Company. 23 September. www.bain.com/insights/quantum-computing-moves-from-theoretical-to-inevitable-technology-report-2025/

62 International Business Machines (2025) ‘Cost of a data breach report 2025’. www.ibm.com/reports/data-breach

63 International Business Machines (2025) ‘Cost of a data breach report 2025’. www.ibm.com/reports/data-breach.

64 International Business Machines (2025) ‘Cost of a data breach report 2025’. www.ibm.com/reports/data-breach

65 International Business Machines (2025) ‘Cost of a data breach report 2025’. www.ibm.com/reports/data-breach

66 Sherwood, H. (2024) ‘British Library begins restoring digital services after cyber-attack’. The Guardian. 15 January. www.theguardian.com/books/2024/jan/15/british-library-begins-restoring-digital-services-after-cyber-attack

67 Bowie, S. (2025) ‘Don’t rely on government to save the British Library’. The London School of Economics and Political Science. 2 December. https://blogs.lse.ac.uk/impactofsocialsciences/2025/12/02/dont-rely-on-government-to-save-the-british-library/

68 Durbin, S. (2024) ‘Key takeaways from the British Library cyberattack’. Information Security Forum. 25 June. www.securityforum.org/in-the-news/key-takeaways-from-the-british-library-cyberattack/

69 Johnson, F. (2025) ‘Museum security systems: Safeguarding priceless heritage in the digital age’. Wonderful Museums. 16 November. www.wonderfulmuseums.com/museum/museum-security-systems/

70 Matthew, P. et al. (2025) 'A review of the state of the art for the internet of medical things'. Sci, 7(2). www.mdpi.com/241336/2/7/4155-

71 Matthew, P. et al. (2025) 'A review of the state of the art for the internet of medical things'. Sci, 7(2). www.mdpi.com/241336/2/7/4155-

72 International Business Machines (2025) 'Cost of a data breach report 2025'. www.ibm.com/reports/data-breach

73 Khalil, M. (2025) 'IoMT vulnerabilities statistics & security trends 2025'. DeepStrike. 19 October. www.deepstrike.io/blog/iomt-vulnerabilities-statistics-2025

74 Khalil, M. (2025) 'IoMT vulnerabilities statistics & security trends 2025'. DeepStrike. 19 October. www.deepstrike.io/blog/iomt-vulnerabilities-statistics-2025

75 Alsadhan, A., Alhogail, A. and Alsalamah, H. A. (2025) 'Toward efficient health data identification and classification in IoMT-based systems'. Sensors, 25(19). 25 September. www.doi.org/10.3390/s25195966.

76 Alsadhan, A., Alhogail, A. and Alsalamah, H. A. (2025) 'Toward efficient health data identification and classification in IoMT-based systems'. Sensors, 25(19). 25 September. www.doi.org/10.3390/s25195966

77 BTQ Technologies (2025) 'One-shot signatures: A new paradigm in quantum cryptography'. 26 February. www.btq.com/blog/one-shot-signatures-new-paradigm-in-quantum-cryptography

78 BTQ Technologies (2025) 'One-shot signatures: A new paradigm in quantum cryptography'. 26 February. www.btq.com/blog/one-shot-signatures-new-paradigm-in-quantum-cryptography

79 BTQ Technologies (2025) 'One-shot signatures: A new paradigm in quantum cryptography'. 26 February. www.btq.com/blog/one-shot-signatures-new-paradigm-in-quantum-cryptography

80 McKinsey & Company (2024) 'What is tokenization?'. 25 July. www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/what-is-tokenization

81 Higginson, M. and Spanz, G. (2025) 'The stable door opens: How tokenized cash enables next-gen payments'. McKinsey & Company. 21 July. www.mckinsey.com/industries/financial-services/our-insights/the-stable-door-opens-how-tokenized-cash-enables-next-gen-payments

82 Nagayach, M. and Swertvaeger, R. (2025) 'Real estate tokenization: A new era for property investment and Luxembourg's strategic role'. Ernst & Young. 24 February. www.ey.com/en_lu/insights/real-estate-hospitality-construction/real-estate-tokenization-a-new-era-for-property-investment-and-luxembourg-s-strategic-role

83 PwC (2025) 'Transforming the ownership of masterpieces: How tokenisation is revolutionising the art world'. 7 January. www.pwc.ch/en/insights/fs/tokenization-art.html

84 Katten (2025) 'Tokenization of real-world assets: Opportunities, challenges and the path ahead'. 7 August. www.katten.com/tokenization-of-real-world-assets-opportunities-challenges-and-the-path-ahead

85 Standard Chartered (2024) 'Real-world asset tokenisation: A game changer for global trade'. www.sc.com/en/uploads/sites/66/content/docs/Standard-Chartered-Real-World-Asset-Tokenisation.pdf

86 Crawford, D., Hoecker, A. and Aulanier, D. (2025) 'Technology report 2025'. Bain & Company. www.bain.com/insights/topics/technology-report/

87 Deloitte (2025) 'The impact of intangibles-unlock unseen value'. 8 July. www.deloittelegal.de/dl/en/services/legal/perspectives/the-impact-of-intangibles.html

88 World Intellectual Property Organization (2025) 'Investment in intangible assets surges, led by funding for software and databases amid AI boom'. 9 July. www.wipo.int/pressroom/en/articles/2025/article_0005.html

89 Aldasoro, I. et al. (2025) 'Stablecoin growth - policy challenges and approaches'. Bank for International Settlements. 11 July. www.bis.org/publ/bisbull108.htm

90 Aldasoro, I., Frost, J., and Ito, H. (2026) 'The impact of stablecoins on the international monetary and financial system (BIS Papers No. 170)'. Bank for International Settlements. www.bis.org/publ/bppdf/bispap170.pdf

91 The White House (2025) 'Fact sheet: President Donald J. Trump signs GENIUS Act into law'. 18 July. www.whitehouse.gov/fact-sheets/2025/07/fact-sheet-president-donald-j-trump-signs-genius-act-into-law/

92 Adrian, T. et al. (2025) 'Understanding stablecoins'. International Monetary Fund. www.imf.org/en/publications/departmental-papers/issues/2025/12/02/understanding-stablecoins-570602

93 Adrian, T. et al. (2025) 'Understanding stablecoins'. International Monetary Fund. www.imf.org/en/publications/departmental-papers/issues/2025/12/02/understanding-stablecoins-570602

94 FATF (2026) 'Targeted report on stablecoins and unhosted wallets: Peer-to-Peer transactions'. March. www.fatf-gafi.org/en/publications/Virtualassets/targeted-report-stablecoins-unhosted-wallets.html

95 Spira, J. and Wessel, D. (2025) 'What are stablecoins, and how are they regulated?'. Brookings. 24 October. www.brookings.edu/articles/what-are-stablecoins-and-how-are-they-regulated/

96 Arner, D.W., Auer, R. and Frost, J. (2021) 'Stablecoins: Risks, potential and regulation'. Bank for International Settlements. 15 December. www.dx.doi.org/10.2139/ssrn.3979495

97 Spira, J. and Wessel, D. (2025) 'What are stablecoins, and how are they regulated?'. Brookings. 24 October. www.brookings.edu/articles/what-are-stablecoins-and-how-are-they-regulated/

98 Ehrentraud, J. et al. (2024) 'Safeguarding the financial system's spare tyre: Regulating non-bank retail lenders in the digital era'. Bank for International Settlements. 14 March. www.bis.org/fsi/publ/insights56.htm

99 FATF (2026) 'Targeted report on stablecoins and unhosted wallets: Peer-to-Peer transactions'. March. www.fatf-gafi.org/en/publications/Virtualassets/targeted-report-stablecoins-unhosted-wallets.html

100 Mishra, A. (2020) 'Legacy system modernization: Effective strategies and best practices'. International Journal of Leading Research Publication (IJLRP), 1(3): 1-7. 10 November. www.doi.org/10.5281/zenodo.14769544

101 Asian Banking & Finance (2025) 'Why banks leverage AI to bridge legacy systems with modern payment rails'. 13 November. https://asianbankingandfinance.net/news/why-banks-leverage-ai-bridge-legacy-systems-modern-payment-rails

102 Asian Banking & Finance (2025) 'Why banks leverage AI to bridge legacy systems with modern payment rails'. 13 November. https://asianbankingandfinance.net/news/why-banks-leverage-ai-bridge-legacy-systems-modern-payment-rails

103 Financial Stability Board (2024) 'The financial stability implications of artificial intelligence'. 14 November. www.fsb.org/2024/11/the-financial-stability-implications-of-artificial-intelligence/

104 Organisation for Economic Co-operation and Development (2023) 'OECD/INFE 2023 international survey of adult financial literacy'. www.oecd.org/en/publications/oecd-infe-2023-international-survey-of-adult-financial-literacy_56003a32-en.html

105 Organisation for Economic Co-operation and Development (2023) 'OECD/INFE 2023 international survey of adult financial literacy'. www.oecd.org/en/publications/oecd-infe-2023-international-survey-of-adult-financial-literacy_56003a32-en.html

106 Organisation for Economic Co-operation and Development (2023) 'OECD/INFE 2023 international survey of adult financial literacy'. www.oecd.org/en/publications/oecd-infe-2023-international-survey-of-adult-financial-literacy_56003a32-en.html

107 Organisation for Economic Co-operation and Development (2023) 'OECD/INFE 2023 international survey of adult financial literacy'. www.oecd.org/en/publications/oecd-infe-2023-international-survey-of-adult-financial-literacy_56003a32-en.html

108 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/

109 Teachers Insurance and Annuity Association of America (2025) 'National financial literacy remains stagnant at 49% as generational gaps widen, TIAA institute-GFLEC study finds'. 29 May. www.tiaa.org/public/about-tiaa/news-press/press-releases/2025/06-09

110 European Commission (2025) 'Financial literacy'. September. https://finance.ec.europa.eu/consumer-finance-and-payments/financial-literacy_en

111 Higginson, M. and Spanz, G. (2025) 'The stable door opens: How tokenized cash enables next-gen payments'. McKinsey & Company. 21 July. www.mckinsey.com/industries/financial-services/our-insights/the-stable-door-opens-how-tokenized-cash-enables-next-gen-payments

112 Carbon Mapper (n.d.) 'Our data'. https://carbonmapper.org/data (retrieved 28 January 2026)

113 National Aeronautics and Space Administration (NASA) (2024) 'Tanager-1 first methane and carbon dioxide plume detections'. 10 October. www.jpl.nasa.gov/images/pia26416-tanager-1-first-methane-and-carbon-dioxide-plume-detections/

114 National Aeronautics and Space Administration (NASA) (2024) 'Tanager-1 first methane and carbon dioxide plume detections'. 10 October. www.jpl.nasa.gov/news/first-greenhouse-gas-plumes-detected-with-nasa-designed-instrument/

115 Duren, R. et al. (2025) 'The carbon mapper emissions monitoring system'. EGUsphere. 2 June. www.doi.org/10.5194/egusphere-2025-2275

116 Satellite Imaging Corporation (n.d.) 'Carbon mapper satellite sensor (30m)'. www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/other-satellite-sensors/carbon-mapper/ (retrieved 28 January 2026)

117 König-Bax, C. and Gustaffson, S. (2025) 'World cities day 2025: Why does urban biodiversity matter for people?'. Interreg North Sea. 31 October. www.interregnorthsea.eu/biodiverse-cities/news/world-cities-day-2025-why-does-urban-biodiversity-matter-for-people

118 World Health Organization (2025) 'Biodiversity'. 18 February. www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/biodiversity

119 United Nations (2025) 'Biodiversity economies'. 24 January. www.unep.org/topics/nature-action/nature-economy/biodiversity-economies

120 Food and Agriculture Organization of the United Nations (2025) 'G20 Initiative for Bioeconomy (GIB) final meeting'. 1 October. www.fao.org/in-action/sustainable-and-circular-bioeconomy/resources/news/details/en/c/1743149/

121 Food and Agriculture Organization of the United Nations (2025) 'FAO releases the most detailed global assessment of marine fish stocks to date'. 11 June. www.fao.org/newsroom/detail/fao-releases-the-most-detailed-global-assessment-of-marine-fish-stocks-to-date/en

122 Food and Agriculture Organization of the United Nations (2025) 'FAO releases the most detailed global assessment of marine fish stocks to date'. 11 June. www.fao.org/newsroom/detail/fao-releases-the-most-detailed-global-assessment-of-marine-fish-stocks-to-date/en

123 Andersen, R. and Negendahl, K. (2022) 'Lifespan prediction of existing building typologies'. Journal of Building Engineering, 65. 15 December. www.doi.org/10.1016/j.jobe.2022.105696

124 Bavarsad, F.S. et al. (2025) 'Climate-resilient office buildings: Energy and comfort in Japan's future (2090s)'. Results in Engineering, 28. 15 September. www.doi.org/10.1016/j.rineng.2025.107235

125 Farrell, J.A., Whitmore, L. and Duffy, D.J. (2021) 'The promise and pitfalls of environmental DNA and RNA approaches for the monitoring of human and animal pathogens from aquatic sources'. BioScience, 71(6): 609625-. 21 April. www.doi.org/10.1093/biosci/biab027

126 Farrell, J.A., Whitmore, L. and Duffy, D.J. (2021) 'The promise and pitfalls of environmental DNA and RNA approaches for the monitoring of human and animal pathogens from aquatic sources'. BioScience, 71(6): 609625-. 21 April. www.doi.org/10.1093/biosci/biab027

127 Zhang, Y. et al. (2024) 'Evaluating eDNA and eRNA metabarcoding for aquatic biodiversity assessment: From bacteria to vertebrates'. Environmental Science and Ecotechnology, 21. 10 June. www.doi.org/10.1016/j.ese.2024.100441

128 Farrell, J.A., Whitmore, L. and Duffy, D.J. (2021) 'The promise and pitfalls of environmental DNA and RNA approaches for the monitoring of human and animal pathogens from aquatic sources'. BioScience, 71(6): 609625-. 21 April. www.doi.org/10.1093/biosci/biab027

129 Farrell, J.A., Whitmore, L. and Duffy, D.J. (2021) 'The promise and pitfalls of environmental DNA and RNA approaches for the monitoring of human and animal pathogens from aquatic sources'. BioScience, 71(6): 609625-. 21 April. www.doi.org/10.1093/biosci/biab027

130 Farrell, J.A., Whitmore, L. and Duffy, D.J. (2021) 'The promise and pitfalls of environmental DNA and RNA approaches for the monitoring of human and animal pathogens from aquatic sources'. BioScience, 71(6): 609625-. 21 April. www.doi.org/10.1093/biosci/biab027.

131 Giovannetti, M. et al. (2023) 'Unearthing soil-plant-microbiota crosstalk: Looking back to move forward'. Frontiers in Plant Science 13. 24 January. www.doi.org/10.3389/fpls.2022.1082752

132 Peddle, S.D. et al. (2024) 'Practical applications of soil microbiota to improve ecosystem restoration: Current knowledge and future directions'. Biological Reviews, 100(1): 1-18. www.doi.org/10.1111/brv.13124

133 Basset, C. and Zaldo-Aubanell, Q. (2025) 'The role of AI-enhanced microscopy in soil biodiversity assessment: Advancing soil security, connectivity and governance with implications for the European Directive on Soil Monitoring and Resilience, and global agendas'. Soil Security, 21. 19 September. www.doi.org/10.1016/j.soisec.2025.100203

134 Peddle, S.D. et al. (2024) 'Practical applications of soil microbiota to improve ecosystem restoration: Current knowledge and future directions'. Biological Reviews, 100(1): 1-18. www.doi.org/10.1111/brv.13124

135 Peddle, S.D. et al. (2024) 'Practical applications of soil microbiota to improve ecosystem restoration: Current knowledge and future directions'. Biological Reviews, 100(1): 1-18. www.doi.org/10.1111/brv.13124

136 Basset, C. and Zaldo-Aubanell, Q. (2025) 'The role of AI-enhanced microscopy in soil biodiversity assessment: Advancing soil security, connectivity and governance with implications for the European Directive on Soil Monitoring and Resilience, and global agendas'. Soil Security, 21. 19 September. www.doi.org/10.1016/j.soisec.2025.100203

137 Basset, C. and Zaldo-Aubanell, Q. (2025) 'The role of AI-enhanced microscopy in soil biodiversity assessment: Advancing soil security, connectivity and governance with implications for the European Directive on Soil Monitoring and Resilience, and global agendas'. Soil Security, 21. 19 September. www.doi.org/10.1016/j.soisec.2025.100203

138 United Nations Conference on Trade and Development (2025). 'Global trade update (September 2025): Trade policy uncertainty looms over global markets'. September. www.unctad.org/publication/global-trade-update-september-2025-trade-policy-uncertainty-looms-over-global-markets

139 Majeres, A. (2025). 'Air cargo outlook.' International Air Transport Association. September. www.iata.org/contentassets/e28d00ea3ba54be5a9ec5b34347d1c220900_20250924/majeresandre_approved.pdf

140 United Nations Conference on Trade and Development (2025). 'Global trade update (September 2025): Trade policy uncertainty looms over global markets'. September. www.unctad.org/publication/global-trade-update-september-2025-trade-policy-uncertainty-looms-over-global-markets

141 Eurasia Group and LSEG (2025). 'Rewiring global trade for resilience and growth.' April. www.eurasiagroup.net/live-post/rewiring-global-trade-for-resilience-and-growth

142 International Air Transport Association (2026) 'Air cargo market analysis: Monthly report – May 2026'. 29 June. www.iata.org/en/publications/economics/reports/air-cargo-market-analysis-may-2026/

143 International Air Transport Association (2026) 'Air cargo market analysis: Monthly report – May 2026'. 29 June. www.iata.org/en/publications/economics/reports/air-cargo-market-analysis-may-2026/

144 Lampert, A, and Baertlein, L. (2026) 'Air freight rates soar as Middle East conflict blocks trade routes'. Reuters. 13 March. www.reuters.com/world/middle-east/air-freight-rates-soar-middle-east-conflict-blocks-trade-routes-2026-03-13

145 Singla, A. et al. (2025) 'The next innovation revolution-powered by AI'. McKinsey & Company. June. www.mckinsey.com/capabilities/quantumblack/our-insights/the-next-innovation-revolution-powered-by-ai

146 National Aeronautics and Space Administration (NASA) (2025) 'Open innovation at NASA'. 17 June. www.nasa.gov/open-innovation-2023/ (retrieved 30 January 2026)

147 Wu, J. (2025) 'How open innovation technology is driving collaboration across borders'. World Economic Forum. 20 March. www.weforum.org/stories/202503//how-open-innovation-technology-is-driving-collaboration-across-borders/.

148 Smith, T. et al. (2025) 'AI is capturing the digital dollar. What's left for the rest of the tech estate?'. Deloitte. 16 October. www.deloitte.com/us/en/insights/topics/digital-transformation/ai-tech-investment-roi.html

149 National Aeronautics and Space Administration (NASA) (n.d.) 'Open innovation: Boosting NASA higher, faster, and farther'. www.nasa.gov/wp-content/uploads/202201//fy1920openinnovationreport-final.pdf (retrieved 30 January 2026)

150 Strazzullo, S. et al. (2023) 'How open innovation can improve companies' corporate social responsibility performance?'. Business Ethics, the Environment & Responsibility, 34(1): 116-. www.doi.org/10.1111/beer.12535

151 National Institute of Standards and Technology (n.d.) 'Cyberspace'. https://csrc.nist.gov/glossary/term/cyberspace (retrieved 30 January 2026)

152 Global Commons Alliance (n.d.) 'What are the global commons?'. https://globalcommonsalliance.org/what-are-global-commons/ (retrieved 30 January 2026)

153 United Nations (n.d.) 'Global commons'. www.unescwa.org/sd-glossary/global-commons (retrieved 30 January 2026)

154 Global Commons Alliance (n.d.) 'What are the global commons?'. https://globalcommonsalliance.org/what-are-global-commons/ (retrieved 30 January 2026)

155 Pic, P., Evoy, P. and Morin, J. F. (2023) 'Outer space as a global commons: An empirical study of space arrangements'. International Journal of the Commons, 17(1): 288301-. 5 September. www.jstor.org/stable/48756452.

156 Pic, P., Evoy, P. and Morin, J. F. (2023) 'Outer space as a global commons: An empirical study of space arrangements'. International Journal of the Commons, 17(1): 288301-. 5 September. www.jstor.org/stable/48756452

157 Shih, T. (2022) 'It's getting harder for scientists to collaborate across borders - that's bad when the world faces global problems like pandemics and climate change'. The Conversation. 13 July. www.doi.org/10.64628/AAI.swt5qrx35.

158 Shilina, S. (2023) 'Decentralized science (DeSci): Web3-mediated future of science'. Medium. 23 January. www.medium.com/@sshshln/decentralized-science-desci-web3-mediated-future-of-science-2547f9a88c40

159 Weidener, L. and Spreckelsen, C. (2024) 'Decentralized science (DeSci): Definition, shared values, and guiding principles'. Frontiers in Blockchain, 7. 17 July. www.doi.org/10.3389/fbloc.2024.1375763

160 Rooney, K. (2020) 'Can data help speed our recovery from Covid? Microsoft and the WHO hope so'. Microsoft Corporation. 29 October. https://news.microsoft.com/on-the-issues/202029/10//covid-19-recovery-who-un-open-data/

161 Maurer, J. W. (2025) 'Concept and sectoral archetypes of digital public-private partnerships: Comparative insights from health, mobility, energy, and identity systems'. CINOVUM · Reflections on Public Management and Innovation, 1. August. www.doi.org/10.5281/zenodo.17109591

162 Maurer, J. W. (2025) 'Concept and sectoral archetypes of digital public-private partnerships: Comparative insights from health, mobility, energy, and identity systems'. CINOVUM · Reflections on Public Management and Innovation, 1. August. www.doi.org/10.5281/zenodo.17109591

163 Larsson, D., Grövlen, A., Parkvall, S. and Liberg, O. (2024) '6G standardization - an overview of timeline and high-level technology principles'. Ericsson. 22 March. www.ericsson.com/en/blog/20246/3/g-standardization-timeline-and-technology-principles

164 International Air Transport Association (2025) 'IATA urges ITU to strengthen safeguards for aircraft safety systems as 5G/6G expands'. 20 November. www.iata.org/en/pressroom/2025-releases/2025-11-20-01/

165 Ericsson (2026) 'Mobile data traffic outlook: Traffic growth in mobile networks continues as 5G carries a larger share'. www.ericsson.com/en/reports-and-papers/mobility-report/dataforecasts/mobile-data-traffic-outlook)

166 Ericsson (n.d.) 'Unleashing 6G's immense power: The spectral vision for next generational wireless networks'. www.ericsson.com/en/6g/spectrum (retrieved 2 February 2026)

167 Lee, J. and Bao, A. (2026). 'Apple veteran's Chinese smart-glasses firm becomes unicorn as Tencent, Meituan fund rival to Meta'. CNBC. 6 July. www.cnbc.com/2026/07/06/apple-veteran-takes-on-meta-with-1-billion-smart-glasses-maker.html

168 HUAWEI (n.d.) 'HUAWEI Eyewear 2'. www.consumer.huawei.com/ae-en/audio/huawei-eyewear-2/ (retrieved 2 February 2026)

169 Reuters (2025) 'Warby Parker, Google to launch AI-powered smart glasses in 2026'. 9 December. www.reuters.com/business/warby-parker-google-launch-ai-powered-smart-glasses-202608-12-2025-/

170 Popal, N., and Jeronimo, F. (2026) 'Worldwide smartphone market to decline 13.9% in 2026 as memory crisis and US-Iran war constrain growth'. IDC. 26 May. www.idc.com/resource-center/blog/worldwide-smartphone-market-to-decline-13-9-in-2026-as-memory-crisis-and-us-iran-war-constrain-growth/

171 Anzolin, E. and Lo Nostro, G. (2025) 'Ray-Ban Meta glasses take off but face privacy and competition test'. Reuters. 9 December. www.reuters.com/sustainability/boards-policy-regulation/ray-ban-meta-glasses-take-off-face-privacy-competition-test-202509-12-/

172 Zhai, N., Ma, X. and Ding, X. (2025) 'Unpacking AI chatbot dependency: A dual-path model of cognitive and affective mechanisms'. Information, 16(12). 24 November. www.doi.org/10.3390/info16121025

173 DataReportal (2026) 'Global social media statistics'. April. https://datareportal.com/social-media-users (Retrieved 11 July 2026)

174 Kassymova, M. et al. (2025) 'A Digital escapism and stress: Exploring the connection'. The Journal of Psychology & Sociology, 94(3): 413-. www.doi.org/10.26577/JPsS202594301

175 Lakhan, S. (2025) 'When software becomes medicine: Ignoring it may soon be malpractice'. Cureus, 17(4). 22 April. https://assets.cureus.com/uploads/editorial/pdf/362521-20250423/231782-sw4sxt.pdf

176 Lakhan, S. (2025) 'Decoding FDA labeling of prescription digital therapeutics: A cross-sectional regulatory study'. Cureus, 17(5). 20 May. www.cureus.com/articles/370632-decoding-fda-labeling-of-prescription-digital-therapeutics-a-cross-sectional-regulatory-study#!/

177 Liang, J. et al. (2025) 'Approved trends and product characteristics of digital therapeutics in four countries'. npj Digital Med, 8, 308. https://doi.org/10.1038/s41746-025-01660-9

178 Fassbender, A. et al. (2024) 'Adoption of digital therapeutics in Europe'. Therapeutics and Clinical Risk Management, 20: 939954-. 27 December. www.doi.org/10.2147/TCRM.S489873

179 Ludwig, S., Rausch, A., and Taub, M. (2025) 'Effects of instructional design, instructional preferences, and cognitive load on problem solving and knowledge acquisition in a computer-based office simulation'. Learning and Instruction, 101. 18 November. www.doi.org/10.1016/j.learninstruc.2025.102255

180 Baxter, K., Sachdeva, N., and Baker, S. (2025) 'The application of cognitive load theory to the design of health and behavior change programs: Principles and recommendations'. Health Education & Behavior, 52(4): 469477-. www.doi.org/10.11771090198125132718 5/

181 Baxter, K., Sachdeva, N., and Baker, S. (2025) 'The application of cognitive load theory to the design of health and behavior change programs: Principles and recommendations'. Health Education & Behavior, 52(4): 469477-. www.doi.org/10.11771090198125132718 5/

182 World Health Organization (2023) 'Disability'. 7 March. www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/disability-and-health

183 Zhang, X., Pan, S., Tim, Y., and Jiang, Z. (2025) 'Designing an immersive virtual reality artefact for disability inclusion: An action design research'. European Journal of Information Systems, 34(5): 843872-. 27 February. www.doi.org/10.10800960085/X.2025.2460805

184 McGuire, C. (n.d.) 'How technology has been used to deny benefits to the disabled'. History & Policy. www.historyandpolicy.org/policy-papers/papers/how-technology-has-been-used-to-deny-benefits-to-the-disabled/ (retrieved 2 February 2026)

185 Shosha, A. (2025) 'The symbiotic evolution of intelligent hardware and data processing for next-generationimmersive realities'. International Journal of Advances in Engineering and Computer Science, 1(1): 1823-. 28 September. www.academianspublishers.org/wp-content/uploads/202510//IJAECS032025.pdf

186 Sigalos, M. and Elias, J. (2025) 'Google's decade-long bet on custom chips is turning into company's secret weapon in AI race'. CNBC. 7 November. www.cnbc.com/202507/11//googles-decade-long-bet-on-tpus-companys-secret-weapon-in-ai-race.html.

187 Marwala, T. (2025) 'Rethinking tech and why GPUs are not the future of AI training'. United Nations University. 2 April. www.unu.edu/article/rethinking-tech-and-why-gpus-are-not-future-ai-training

188 Bradshaw, T. (2025) 'Google's 'TPU' chip puts OpenAI on alert and shakes Nvidia investors'. Financial Times. 8 December. www.ft.com/content/d858587017-a543-a095-ef-cbebb1995107

189 Google (2026) 'Introduction to Cloud TPU'. 30 January. https://docs.cloud.google.com/tpu/docs/intro-to-tpu (retrieved 2 February 2026)

190 Dubai Future Foundation (2024) 'Future Opportunities Report - The Global 50'. www.dubaifuture.ae/wp-content/uploads/202403//The-Global-502024--Eng.pdf

191 Dubai Future Foundation (2024) 'Future Opportunities Report - The Global 50'. www.dubaifuture.ae/wp-content/uploads/202403//The-Global-502024--Eng.pdf

192 Shosha, A. (2025) 'The symbiotic evolution of intelligent hardware and data processing for next-generation immersive realities'. International Journal of Advances in Engineering and Computer Science, 1(1): 1823-. 28 September. www.academianspublishers.org/wp-content/uploads/202510//IJAECS032025.pdf

193 Smith, T. et al. (2025) 'AI is capturing the digital dollar. What's left for the rest of the tech estate?'. Deloitte. 16 October. www.deloitte.com/us/en/insights/topics/digital-transformation/ai-tech-investment-roi.html

194 Horton, R. et al. (2025) 'AI ROI: The paradox of rising investment and elusive returns'. Deloitte. 22 October. www.deloitte.com/uk/en/issues/generative-ai/ai-roi-the-paradox-of-rising-investment-and-elusive-returns.html

195 Klein, B. et al. (2025) 'Deploying agentic AI with safety and security: A playbook for technology leaders'. McKinsey & Company. October. www.mckinsey.com/capabilities/risk-and-resilience/our-insights/deploying-agentic-ai-with-safety-and-security-a-playbook-for-technology-leaders.

196 Rapoport, G., Bicanic, S. and Talabi, M. (2025) 'Executive survey: AI moves from pilots to production'. Bain & Company. November. www.bain.com/insights/executive-survey-ai-moves-from-pilots-to-production/

197 Morgan Stanley (2025) 'Humanoids: A $5 trillion market'. 14 May. www.morganstanley.com/insights/articles/humanoid-robot-market-5-trillion-by-2050

198 Hanbury, P., Dutt, A., and Malik, N. (2025) 'Humanoid Robots: From Demos to Deployment'. Bain & Copany. 23 September. www.bain.com/insights/humanoid-robots-from-demos-to-deployment-technology-report-2025/

199 Caporale, D. (2025) 'TII leads the charge in humanoid robotics to power the UAE's AI-driven future'. Technology Innovation Institute. 25 July. www.tii.ae/insights/tii-leads-charge-humanoid-robotics-power-uaes-ai-driven-future

200 Hanbury, P., Dutt, A., and Malik, N. (2025) 'Humanoid Robots: From Demos to Deployment'. Bain & Copany. 23 September. www.bain.com/insights/humanoid-robots-from-demos-to-deployment-technology-report-2025/

201 Popov, D. (2025) 'Chinese robotics start-up Noetix debuts 'family-friendly' US$1,400 humanoid'. South China Morning Post. 23 October. www.shorturl.at/r0Kut

202 1X Technologies. (n.d.). NEO: Home robot. Retrieved July 11, 2026, www.1x.tech/order (retrieved 11 July 2026)

203 Bhakta, S. (2025) 'Safeguarding agentic AI: Why autonomy demands governance and security'. Thomson Reuters. 13 November. www.thomsonreuters.com/en-us/posts/technology/safeguarding-agentic-ai/.

204 Brown, A. and Saner, M. (2025) 'The Agentic AI security scoping matrix: A framework for securing autonomous AI systems'. Amazon Web Services. 21 November. www.aws.amazon.com/blogs/security/the-agentic-ai-security-scoping-matrix-a-framework-for-securing-autonomous-ai-systems/

205 Klein, B. et al. (2025) 'Deploying agentic AI with safety and security: A playbook for technology leaders'. McKinsey & Company. October. www.mckinsey.com/capabilities/risk-and-resilience/our-insights/deploying-agentic-ai-with-safety-and-security-a-playbook-for-technology-leaders

206 Arena, P., Li Noce, A. and Patanè, L. (2024) 'Stability and safety learning methods for legged robots'. Robotics, 13(1). 17 January. www.doi.org/10.3390/robotics13010017

207 Semasinghe, C., Taylor, D. and Rezazadeh, S. (2025) 'The design and manufacturing of Mithra: A humanoid robot with anthropomorphic attributes and high-performance actuators'. Robotics, 14(3). 28 February. www.doi.org/10.3390/robotics14030028

208 Zhou, C. (2023) 'Special issue "legged robots into the real world, 2nd edition"'. Robotics, 14(10). 13 October. www.doi.org/10.3390/robotics14100142

209 International Federation of Robotics (2025) 'World robotics 2025 report - industrial robots - released by IFR'. 25 September. www.ifr.org/ifr-press-releases/news/global-robot-demand-in-factories-doubles-over-10-years

210 International Federation of Robotics (2025) 'World robotics 2025 report - service robots - released by IFR'. 7 October. www.ifr.org/ifr-press-releases/news/service-robots-see-global-growth-boom

211 Kegeleirs, M. and Birattari, M. (2025) 'Towards applied swarm robotics: current limitations and enablers'. Frontiers Media SA. www.frontiersin.org/journals/robotics-and-ai/articles/10.3389/frobt.2025.1607978/full

212 Kegeleirs, M. and Birattari, M. (2025) 'Towards applied swarm robotics: current limitations and enablers'. Frontiers Media SA. www.frontiersin.org/journals/robotics-and-ai/articles/10.3389/frobt.2025.1607978/full

213 Kegeleirs, M. and Birattari, M. (2025) 'Towards applied swarm robotics: current limitations and enablers'. Frontiers Media SA. www.frontiersin.org/journals/robotics-and-ai/articles/10.3389/frobt.2025.1607978/full

214 Nalepka, P., Patil, G; Kallen; R. and Richardson, M. (2025) 'Human-inspired strategies for controlling swarm systems'. The Royal Society. https://royalsocietypublishing.org/rsta/article/383112774/20240147/2289//Human-inspired-strategies-for-controlling-swarm

215 Hui, P. et al. (2025) 'Interoperability of the Metaverse: A Digital Ecosystem Perspective Review'. June. https://ieeexplore.ieee.org/document/10979319/authors#authors

216 Champion, K. et al. (2025) 'Debate: Social media in children and young people – time for a ban? Beyond the ban – empowering parents and schools to keep adolescents safe on social media'. Child Adolescent Mental Health. 10 September. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12573062/

217 Congress.gov (2025) 'Text - H.R.6488 - 119th Congress (20252026-): RESET Act'. 5 December. www.congress.gov/bill/119th-congress/house-bill/6488/text

218 Lee, N., Stewart, J. and Oxenstierna, O. (2025) 'How will bans on social media affect children?'. www.brookings.edu/articles/how-will-bans-on-social-media-affect-children/ (retrieved 29 January 2026)

219 Gov.UK (2026) 'Social media to be banned for under-16s in landmark government move to give kids their childhood back' 15 June. www.gov.uk/government/news/social-media-to-be-banned-for-under-16s-in-landmark-government-move-to-givekids-their-childhood-back (retrieved 19 June 2026)

220 The National (2026) 'UAE first Arab nation to ban under-15s from using social media'. 18 June. www.thenationalnews.com/news/uae/2026/06/18/uae-sets-15-as-the-minimum-age-to-use-social-media/ (retrieved 19 June 2026)

221 Lee, N., Stewart, J. and Oxenstierna, O. (2025) 'How will bans on social media affect children?'. www.brookings.edu/articles/how-will-bans-on-social-media-affect-children/ (retrieved 29 January 2026)

222 Mayo Clinic (2025) 'Teens and social media use: What's the impact?'. 09 December. www.mayoclinic.org/healthy-lifestyle/tween-and-teen-health/in-depth/teens-and-social-media-use/art-20474437

223 Rochester, E. and Lama, A. (2025) 'IPSOS education Monitor 2024'. IPSOS. August. www.ipsos.com/en-us/widespread-support-banning-social-media-under-14s-and-acceptance-kids-today-have-it-harder

224 United Nations (2025) 'Social media: Age-related bans won't keep kids safe, UNICEF warns'. 10 December. https://news.un.org/en/story/2025/12/1166557#:~:text=Bans%20could%20backfire&text="While%20UNICEF%20welcomes%20the%20growing,agency%20said%20in%20a%20statement

225 Lee, N., Stewart, J. and Oxenstierna, O. (2025) 'How will bans on social media affect children?'. www.brookings.edu/articles/how-will-bans-on-social-media-affect-children/ (retrieved 29 January 2026)

226 Verick, S. (2025) 'Rethinking AI's impact on the future of work'. International Labour Organization. 26 November. www.ilo.org/resource/article/rethinking-ai's-impact-future-work

227 World Economic Forum (2025) 'Future of jobs report 2025'. January. www.weforum.org/publications/the-future-of-jobs-report-2025/

228 International Labour Organization (2025) 'World employment and social outlook: Trends 2025'. www.ilo.org/publications/flagship-reports/world-employment-and-social-outlook-trends-2025

229 Organisation for Economic Co-operation and Development (n.d.) 'Mis- and disinformation'. www.oecd.org/en/topics/sub-issues/disinformation-and-misinformation.html (retrieved 29 January 2026)

230 International Business Machines (n.d.) 'What are AI hallucinations?'. www.ibm.com/think/topics/ai-hallucinations (retrieved 29 January 2026)

231 Taylor & Francis (n.d.) 'Psychobiography'. https://taylorandfrancis.com/knowledge/Medicine_and_healthcare/Psychiatry/Psychobiography/ (retrieved 29 January 2026)

232 Schwab, K. (2016) 'The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond'. 14 January. World Economic Forum. www.weforum.org/stories/201601//the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/

233 Mayer, C. and Fouché, P. (2025) 'Psychobiography 4.0: about robots, AI and humanoids'. International Review of Psychiatry. 37(5), 409–415. www.doi.org/10.1080/09540261.2025.2560779

234 Mayer, C. and Fouché, P. (2025) 'Psychobiography 4.0: about robots, AI and humanoids'. International Review of Psychiatry. 37(5), 409–415. www.doi.org/10.1080/09540261.2025.2560779

235 Law, N. et al. (2024) 'Accenture life trends 2025'. Accenture. www.accenture.com/us-en/insights/song/accenture-life-trends

236 Sushchenko, A. and Yatsenko, O. (2025) 'Human, All Too Human: Do We Lose Free Spirit in the Digital Age?'. 09 January. www.mdpi.com/20766/1/14/0787-

237 World Health Organization (2025) 'Social connection linked to improved health and reduced risk of early death'. 30 June. www.who.int/news/item/302025-06--social-connection-linked-to-improved-heath-and-reduced-risk-of-early-death

238 Card, K. et al. (2025) 'Public Health Guidelines for Social Connection: An International Delphi Study'. Health Policy. December. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/41176973/

239 Hickel, J., Sullivan, D. and Moatsos, M. (2025) 'Has extreme poverty really plunged since the 1980s? New analysis suggests not'. The Conversation. 18 August. https://theconversation.com/has-extreme-poverty-really-plunged-since-the-1980s-new-analysis-suggests-not-261144

240 Raoand, N. and Min, J. (2017) 'Decent Living Standards: Material Prerequisites for Human Wellbeing'. 23 May. Social Indicators Research. 138, 225–244 (2018). https://link.springer.com/article/10.1007/s112050-1650-017-.

241 Hickel, J. and Sullivan, D. (2024) 'How much growth is required to achieve good lives for all? Insights from needs-based analysis'. World Development Perspectives. 35. https://doi.org/10.1016/j.wdp.2024.100612

242 Hickel, J. and Sullivan, D. (2024) 'How much growth is required to achieve good lives for all? Insights from needs-based analysis'. World Development Perspectives. 35. https://doi.org/10.1016/j.wdp.2024.100612

243 Hickel, J., Moatsos, M. and Sullivan, D. (2024) 'New research is changing our understanding of global poverty - here's what you need to know'. London School of Economics. 30 April. https://blogs.lse.ac.uk/inequalities/202430/04//new-research-on-global-poverty/

244 Lonborg, J. (2026) 'March 2026 global poverty update from the World Bank: New data and updated poverty numbers'. World Bank Data Blog. 26 March. https://blogs.worldbank.org/en/opendata/march-2026-global-poverty-update-from-the-world-bank--new-data-a (retrieved 11 May 2026)

245 Rao, N.D. and Min, J. (2018) 'Decent Living Standards: Material Prerequisites for Human Wellbeing'. Social Indicators Research, 138(1), 225–244. https://doi.org/10.1007/s11205-017-0-1650

246 Hickel, J. and Sullivan, D. (2024) 'How much growth is required to achieve good lives for all? Insights from needs-based analysis'. World Development Perspectives. 35, 1–8. https://doi.org/10.1016/j.wdp.2024.100612

247 Thomson Reuters (2025) 'Benefits of AI: Discover the revolutionary impact of AI and understand its potential benefits and limitations'. www.thomsonreuters.com/en/insights/articles/benefits-of-artificial-intelligence-ai

249 Montag, C. et al. (2025) 'On the relevance of Maslow's need theory in the age of artificial intelligence'. Technological Forecasting and Social Change. October, 219. www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162525002537

250 Henderson, H. (2025) 'CIRSPR clinical trials: A 2025 update'. Innovative Genomics Institute. 9 July. https://innovativegenomics.org/news/crispr-clinical-trials-2025/

251 U.S. Food and Drug Administration (2023) 'FDA Approves First Gene Therapies to Treat Patients with Sickle Cell Disease'. 08 December. www.fda.gov/news-events/press-announcements/fda-approves-first-gene-therapies-treat-patients-sickle-cell-disease

252 Henderson, H. (2025) 'CIRSPR clinical trials: A 2025 update'. Innovative Genomics Institute. 9 July. https://innovativegenomics.org/news/crispr-clinical-trials-2025/

253 Kingery, K. (2025) 'New CRISPRs Expand Upon the Original's Abilities'. Duke University Pratt School of Engineering. 13 March. https://pratt.duke.edu/news/new-crisprs-expand-upon-the-originals-abilities/

254 Cleveland Clinic (2025) 'Cleveland Clinic First-In-Human Trial of CRISPR Gene-Editing Therapy Shown to Safely Lower Cholesterol and Triglycerides'. 8 November. https://newsroom.clevelandclinic.org/202508/11//cleveland-clinic-first-in-human-trial-of-crispr-gene-editing-therapy-shown-to-safely-lower-cholesterol-and-triglycerides

255 Lim, Q. (2025) 'Aging societies: Opportunities amid challenges? Part 2'. Milken Institute. August. www.milkeninstitute.org/content-hub/research-and-reports/reports/aging-socsieties-opportunities-amid-challenges-part-2

256 Furrer, R. and Handschin, C. (2025) 'Biomarkers of aging: from molecules and surrogates to physiology and function'. Physiological Reviews, 105(2), 172-. www.doi.org/10.1152/physrev.00045.2024

257 Furrer, R. and Handschin, C. (2025) 'Biomarkers of aging: from molecules and surrogates to physiology and function'. Physiological Reviews, 105(2), 172-. www.doi.org/10.1152/physrev.00045.2024

258 Brügger, V. et al. (2025) 'A collagen amino acid composition supplementation reduces biological age in humans and increases health and lifespan in vivo'. npj Aging 11(1): 91. www.doi.org/10.1038/s415147-00280-025-

259 Elliehausen, C. et al. (2023) 'Geroprotector drugs and exercise: friends or foes on healthy longevity?'. BMC Biology, 21(287). https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10709984/

260 European Commission (n.d.) 'Artificial Intelligence in healthcare'. https://health.ec.europa.eu/ehealth-digital-health-and-care/artificial-intelligence-healthcare_en (retrieved 30 January 2026)

261 Amann, J. et al. (2024) 'The unmet promise of trustworthy AI in healthcare: why we fail at clinical translation'. Frontiers in Digital Health 6: 1279629.https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11063331/

262 McKinsey & Company (2025) 'Generative AI in healthcare: Current trends and future outlook'. 26 March. www.mckinsey.com/industries/healthcare/our-insights/generative-ai-in-healthcare-current-trends-and-future-outlook#/

263 Abdelwanis, M. (2026) 'Artificial intelligence adoption challenges from healthcare providers' perspectives: A comprehensive review and future directions'. Safety Science, 193. www.doi.org/10.1016/j.ssci.2025.107028

264 Elsevier (2025) 'Clinician of the Future 2025'. www.elsevier.com/insights/clinician-of-the-future/20250#-the-report

265 Abdelwanis, M. (2026) 'Artificial intelligence adoption challenges from healthcare providers' perspectives: A comprehensive review and future directions'. Safety Science, 193. www.doi.org/10.1016/j.ssci.2025.107028

266 International Telecommunication Union (n.d.) 'Artificial Intelligence for Health'. https://aiforgood.itu.int/ai-for-health/ (retrieved 30 January 2026)

267 Shen, B. (2025) 'The comprehensive clinical benefits of digital phenotyping: from broad adoption to full impact'. npj Digital Medicine, 8, 196. www.doi.org/10.1038/s417465-01602-025-

268 Wu, X. et al. (2025) 'A Scoping Review of Artificial Intelligence for Precision Nutrition'. Advances in Nutrition, 16(4). April. www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2161831325000341

269 Shen, B. (2025) 'The comprehensive clinical benefits of digital phenotyping: from broad adoption to full impact'. npj Digital Medicine, 8, 196. www.doi.org/10.1038/s417465-01602-025-

270 Food and Agriculture Organization of the United Nations. (n.d.) 'Water and One Health'. www.fao.org/one-health/areas-of-work/water/en (retrieved 30 January 2026)

271 United Nations - Water (n.d.) 'Water Scarcity'. www.unwater.org/water-facts/water-scarcity (retrieved 30 January 2026)

272 Parra-Lopez, C. et al. (2025) 'Digital technologies for water use and management in agriculture: Recent applications and future outlook'. Agricultural Water Management, 309(31). March. www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377425000617

273 Balaska, V. et al. (2023) 'Sustainable Crop Protection via Robotics and Artificial Intelligence Solutions'. Machines, 11(8), 774. www.doi.org/10.3390/machines11080774https://www.mdpi.com/2075774/8/11/1702-

274 Colombage, R.L., Barfoot, K.L. and Lamport, D.J. (2025) 'Effects of Dietary Flavonoids on Mood and Mental Health: A Systematic Review'. Nutrition Reviews. www.doi.org/10.1093/nutrit/nuaf188

275 Food and Agriculture Organization (2025) 'Forty-four emerging food innovations by 2050'. https://openknowledge.fao.org/items/7513467e-223f-464e-ab22167-b072e50e9

276 Colombage, R.L., Barfoot, K.L. and Lamport, D.J. (2025) 'Effects of Dietary Flavonoids on Mood and Mental Health: A Systematic Review'. Nutrition Reviews. www.doi.org/10.1093/nutrit/nuaf188

277 Colombage, R.L., Barfoot, K.L. and Lamport, D.J. (2025) 'Effects of Dietary Flavonoids on Mood and Mental Health: A Systematic Review'. Nutrition Reviews. www.doi.org/10.1093/nutrit/nuaf188

278 World Health Organization (2025) '11 million lives lost each year: Urgent action needed on neurological care'. 14 October. www.who.int/news/item/1411-2025-10--million-lives-lost-each-year-urgent-action-needed-on-neurological-care

279 World Health Organization (2025) ‘Dementia’ 31 March 2025 www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/dementia

280 Nguyen, L.A.M., Simons, C.W. and Thomas, R. (2025) ‘Nootropic foods in neurodegenerative diseases: mechanisms, challenges, and future’. Translational Neurodegeneration, 14, 17. https://doi.org/10.1186/s400357-00476-025-

281 Nguyen, L.A.M., Simons, C.W. and Thomas, R. (2025) ‘Nootropic foods in neurodegenerative diseases: mechanisms, challenges, and future’. Translational Neurodegeneration, 14, 17. https://doi.org/10.1186/s400357-00476-025-

مؤسسة دبي للمستقبل
DUBAI FUTURE FOUNDATION

2026