مؤسسة دبي للمستقبل
DUBAI FUTURE FOUNDATION

تقرير
التوجهات العالمية الكبرى

تقرير الفرص المستقبلية

50 فرصة عالمية

2025

يرجى ذكر التالي عند الاقتباس

تقرير الفرص المستقبلية 50 فرصة عالمية 2025، مؤسسة دبي للمستقبل

www.dubaifuture.ae/the-global-50

الفهـــــرس

مقدمـــة 4

محتـوى تقريـر التوجهـات العالمـية الكبـرى 5

التوجـهات العالـمية الكبـرى 6

ثـــورة الـمـواد 6
إتاحة البيانات للجميع بلا حدود وبأبعاد متعددة 8
تزايد الثغرات التكنولوجية الأمنية 10
تطـوّر تقنيـات الطـاقة 12
تطـوّر الأنظمة البيئية 14
نمو اقتصادات الأعمال المستقلة 16
تسارع الانتقال إلى الواقع الرقمي الجديد 18
الأتمتة والتعايش مع الروبوتات المستقلة 20
إعـادة تحديـد الأهداف الإنسانية 22
تزايد الاهتمام بالصحة المتقدمة والتغذية 24

فهرس 26

نبذة عن مؤسسة دبي للمستقبل 27

إخلاء مسؤولية 28

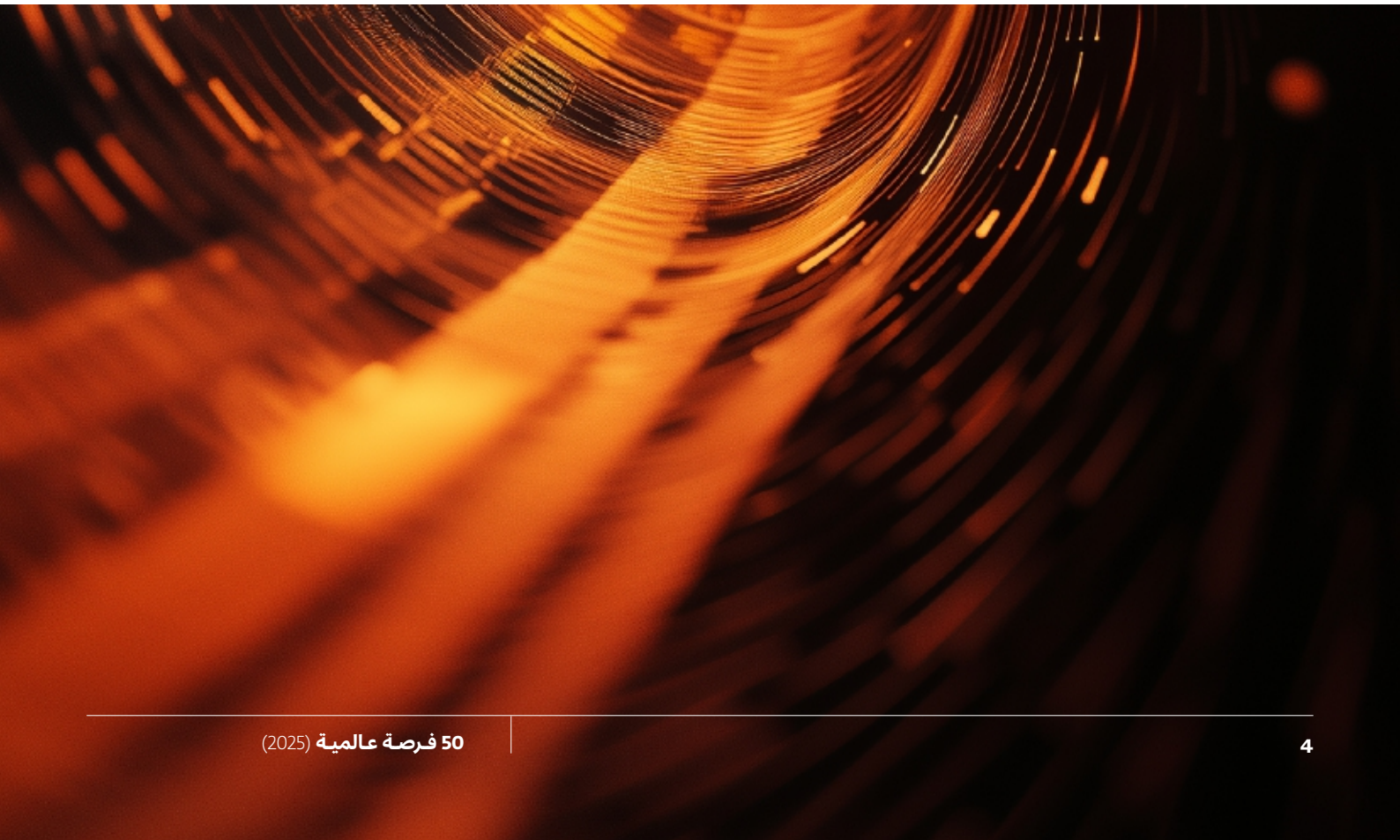
مراجع 29

مقدمـــــة

تتطـور رؤيتنا لمفهوم النمو مع مـــرور الزمـــن.

وهو ما يدعونا للتأمل وإعادة النظر في تعريفه ليلبي متطلبات الحاضر والمستقبل. ومع انتقال العالم إلى مستويات جديدة من التحديات، ودخولنا عصر التحولات الجذرية أو ما نسميها في سياق هذا التقرير التحولات الكمومية (انظر الشكل 1)، تحدث التغييرات بوتيرة غير مسبوقة، ويصبح استشراف المستقبل أكثر تعقيداً، ولكنه أكثر إلحاحاً وأهمية من أي وقتٍ مضى.

ويواصل تقرير «الفرص المستقبلية: 50 فرصة عالمية» في إصداره الرابع رحلته لاستكشاف آفاق المستقبل، مسلطاً الضوء على إمكانات الإبداع البشري التي لا حدود لها، في ظل فهمنا المشترك لمفهوم النمو والازدهار وجودة الحياة. وتشكل التوجهات العالمية الكبرى ركيزة أساسية من ركائز رؤيتنا للمستقبل، إذ تحدد هذه التوجهات مسارات مستقبلية للمجالات المحددة وفق رؤية مستندة إلى الأبحاث، يُتوقع أن يكون لها تأثير كبير على الاقتصادات والمجتمعات على مستوى العالم، ومن المرجح أن تؤثر على تحقيق النمو والازدهار وتحسين جودة الحياة إما بشكلٍ إيجابي أو سلبي، وأن يمتد تأثيرها لعقد من الزمن أو أكثر.



محتــوى تقريــر التوجهــات العالمــية الكبــرى

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

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

هذا التقرير جزء من تقرير "الفرص المستقبلية: 50 فرصة عالمية"، إصدار 2025، وللاطلاع على التقرير بالكامل، والإصدارات السابقة من سلسلة تقارير "الفرص العالمية"، يمكنكم زيارة موقع مؤسسة دبي للمستقبل عبر الرابط التالي:

dubaifuture.ae/the-global-50

التوجـــــــه 1

ثـــورة الـمـواد

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

الكلمات الرئيسية

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

أبرز الاتجاهات في عام 2025 ↙

الخشب الشفاف

من خلال معالجة الخشب الطبيعي، يمكننا إنتاج مادة خشبية شفافة ذات هيكل شبيه بخلية النحل، تتمتع بمتانة وصلابة تفوق أقوى أنواع الزجاج والأكريليك (الزجاج الشبكي). هذا الخشب الشفاف تتفوق قدرته على العزل الحراري قدرة الزجاج بخمس مرات، مما يعزز كفاءة الطاقة في المباني.[1] ولكن قبل طرح هذا الابتكار في الأسواق للجمهور، يجب إجراء تقييم شامل لأثره البيئي وتحسين خصائصه بما يسهم في تعزيز الاستدامة بكل جوانبها.

سيراميك التبريد

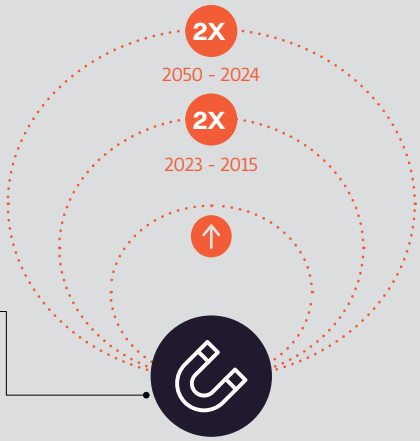
يتميز سيراميك التبريد بمتانته الفائقة، حيث يحتوي على طبقة من أكسيد الألومنيوم المقاومة للأشعة فوق البنفسجية، مما يجعله قادراً على تحمل درجات حرارة تتجاوز 1,000 درجة مئوية.[2] وبفضل قدرته على عكس 99.6% من أشعة الشمس، يُعتبر سيراميك التبريد حلاً فعّالاً لتوفير الطاقة، ويمكن استخدامه في تطبيقات التبريد المختلفة.[3] كما يُحتمل أن يكون خياراً مبتكراً في تصنيع ألواح الأسطح.

المرشحات الحيوية

تستخدم الفلاتر الحيوية الذكية المطلية بإنزيمات وبروتينات خاصة في إزالة 97% من مركب "بيسفينول أ" السام و94% من المبيدات من المياه، حيث تقوم هذه البروتينات بحجز وتفكيك المواد الكيميائية الضارة.[4] كما أنها قابلة لإعادة الاستخدام، ويمكن تطبيقها في مجالات متنوّعة مثل معالجة المياه، والمفاعلات الحيوية، ومعالجة الأغذية، وأجهزة الاستشعار الحيوية.

الفرص المستقبلية

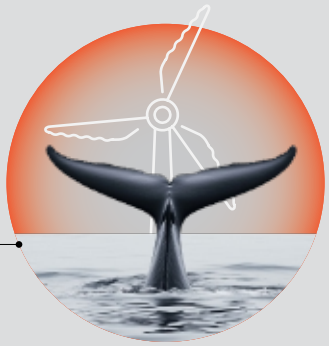
المغناطيسات الدائمة



يمكن أن تسهم المغناطيسات الدائمة – وهي عنصر أرضي نادر - في دعم جهود التحوّل نحو الطاقة النظيفة وتحقيق أهداف صافي الانبعاثات الصفري (الحياد المناخي)[5]. إذ يمكن استخدامها في تحويل الطاقة الناتجة عن دوران توربينات الرياح إلى كهرباء،[6] وتحويل الطاقة المخزنة في بطاريات السيارات الكهربائية إلى عزم في المحركات،[7] بما يوفر من 20 إلى 40% من الطاقة مقارنة بالمحركات غير المغناطيسية.[8] كما يمكن أن تؤدي المغناطيسات دوراً حيوياً في محطات الطاقة النووية في المستقبل من خلال التحكم في البلازما عند درجات حرارة تفوق حرارة الشمس.[9] بالإضافة إلى استخداماتها في مجال الرعاية الصحية، مثل التصوير بالرنين المغناطيسي،[10] والتحفيز المغناطيسي عبر الجمجمة،[11] والإلكترونيات الاستهلاكية.[12] مع العلم أن 62% من عمليات استخراج المغناطيسات في العالم تتم في الصين، حيث يتم تنفيذ 92% من عمليات التكرير أيضاً.[13]

وتشير الإحصائيات إلى أن الطلب على المغناطيسات الدائمة قد تضاعف بين عامي 2015 و2023،[14] ومن المتوقع أن يتضاعف مجدداً بين عامي 2024 و2050.[15] ومن الضروري البحث عن مواد بديلة لتلبية هذه الحاجة لمواكبة هذا الارتفاع المضطرد في الطلب والحد من الآثار البيئية المرتبطة بعمليات التعدين والتكرير. فعلى سبيل المثال، يعمل العلماء على تطوير مغناطيسات دائمة خالية من العناصر الأرضية النادرة، مثل تلك التي تستخدم نيتريد الحديد، بشرط الحفاظ على أداء المحركات في السيارات الكهربائية.[16] وفي خطوة مبتكرة، تمكن باحثون من كلية كينغ بلندن باستخدام الذكاء الاصطناعي من تطوير مغناطيس فائق التوصيل يعتمد على الحديد، وهو ما قد يفتح الطريق لإنتاج أجهزة رنين مغناطيسي منخفضة التكلفة.[17]

مواد المحاكاة الحيوية



مواد المحاكاة الحيوية هي مواد يصنعها الإنسان وتكون مستوحاة من الطبيعة، سواء في خصائصها أو في كيفية عملها.[18] وتسهم مواد المحاكاة الحيوية في تحقيق تطورات كبيرة في العديد من المجالات مثل العلوم والهندسة والطب.[19] كما تقدم حلولاً فعّالة ومستدامة للتحديات العالمية، مستفيدة من القدرة الفائقة للطبيعة على التكيّف مع التغيرات والصمود على مدار مليارات السنين.[20]

ويمكن أن تحقق هذه المواد ابتكارات، مثل شفرات توربينات الرياح المستوحاة من النتوءات الموجودة على زعانف الحوت الأحدب التي تقلل السحب بنسبة 32%،[21] وتقنيات جمع الماء في المناطق الجافة المستوحاة من قشرة خنفساء صحراء ناميب التي تمتد بمحاذاة ساحل جنوب أفريقيا الغربي،[22،23] فوائد اقتصادية ضخمة[24] تصل إلى 1.6 تريليون دولار بحلول العام 2030.[25]

المواد الكمومية

2 تريليون دولار

قيمة اقتصادية لتطبيقات تقنيات الكم المحتملة بحلول العام 2035

تتمتع المواد الكمومية بخصائص فريدة تُسهم بشكل كبير في تطوير التقنيات الكمومية.[26] فعلى سبيل المثال، تساعد الموصلات الفائقة والنقاط الكمومية – وهي أشباه موصلات على مستوى النانو، مثل تلك المصنوعة من السيليكون والجرمانيوم،[27] في استقرار البتات الكمومية ("الكيوبت" وهي وحدة المعلومات الكمومية)، مما يعزز قدرة الحوسبة الكمومية بشكل كبير.[28] كما تُسهم مواد مثل البتات الكمومية المغزليّة ومراكز النيتروجين الشاغرة في الألماس في دعم تقنيات أجهزة الاستشعار الكمومية.[29]

وتتصدر شركات رائدة مثل خدمات "أمازون ويب"، و"آي بي إم"، و"آيون كيو" المشهد في تطوير تقنيات تصحيح أخطاء الكم،[30] كما يُسهم التقدم في مجال الاتصالات الكمومية في إنشاء شبكات متطورة تتمتع بدرجة عالية من الأمان، مما يجعلها قادرة على مواجهة التهديدات السيبرانية.[31]

وتشمل التطبيقات المحتملة لتقنيات الكم قطاعات حيوية مثل القطاع المالي، والرعاية الصحية، والدفاع، مع توقعات بأن تُحدث هذه التطورات تغييرات جذرية في الصناعات العالمية، إلى جانب تحقيق قيمة اقتصادية عالمية تتجاوز 2 تريليون دولار بحلول العام 2035.[32]

التوجـــــــه 2

إتاحة البيانات للجميع بلا حدود وبأبعاد متعددة

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

الكلمات الرئيسية

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

أبرز الاتجاهات في عام 2025 ↙

توسيع شبكات الاتصال حول العالم

شهد عام 2023 طفرة هائلة في عدد مستخدمي الإنترنت، حيث انضم إلى الإنترنت 97 مليون شخص جديد لأول مرة. وقد أدى ذلك إلى زيادة العدد الإجمالي لمستخدمي الإنترنت في عام 2024 إلى 5.52 مليار مستخدم، أي ما يعادل 67.5% من سكان العالم.[33] ومع استمرار انتشار شبكات الجيل الخامس،[34] والعمل على تقليل تكلفة الوصول إلى الإنترنت المحمول، وتضافر جهود الدمج الرقمي،[35] تظهر فرص واعدة لتوسيع شبكات التواصل عالمياً.

سيادة البيانات

مع تزايد تدفقات البيانات عبر الحدود واختلاف أساليب تنظيم وحوكمة استخدام الذكاء الاصطناعي،[36] يتطور مفهوم سيادة البيانات بشكل مستمر. وتواصل الدول والمناطق تطوير قوانين حماية البيانات الخاصة بها لإدارة البيانات في جميع مراحل دورة حياتها. ومع تقدم الحوسبة السحابية وإنترنت الأشياء، تبرز الحاجة إلى توطين البيانات وتخزينها محلياً للحفاظ على سيادتها،[37] إلى جانب العديد من التساؤلات المهمة حول إمكانية الحفاظ على سيادة البيانات في المستقبل.

الاتصالات الخضراء

سوف تواصل المؤسسات العاملة في مجال تزويد الخدمات عبر الإنترنت جهودها لتقليل تأثيراتها البيئية والإفصاح عن تلك التأثيرات. فعلى سبيل المثال، بما أن خدمات البث المباشر والمستمر تشكل 65% من حركة المرور على الإنترنت على المستوى العالمي وتتسبب في انبعاث نحو 3.7% من انبعاثات غازات الدفيئة في العالم،[38] تهدف شركة "نتفليكس" إلى تقليص انبعاثاتها إلى النصف بحلول عام 2030،[9] كما ستعتزم الاستثمار في تطوير حلول مناخية للحد من انبعاثاتها المتبقية.[39]

و انطلاقاً من للعام 2019 كخط أساس.

الفرص المستقبلية

الاستعداد لشبكات الجيل السادس

من المتوقع أن تؤثر شبكات الجيل السادس بشكل كبير على مختلف القطاعات،[40] بداية من تمكين الجراحة عن بُعد ومراقبة المرضى بشكل لحظي[41] وصولاً إلى التطور في الأتمتة والتوائم الرقمية،[42] كما ستوفر شبكات الجيل السادس فرصاً سوقية جديدة في قطاعات الاتصالات والتصنيع والنقل.[43]

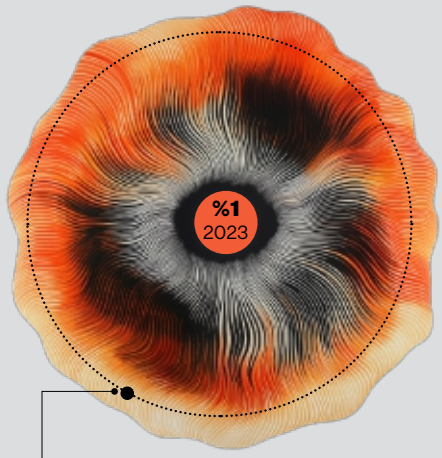
ومع انخفاض الوقت اللازم للاستجابة،[44] يمكن لشبكات الجيل السادس أن تزيد السرعة من الحد الأقصى لشبكات الجيل الخامس البالغ 20 جيجابايت في الثانية[45] إلى حوالي تيرابايت (1,000 جيجابايت) في الثانية، مما يسمح لها بالتعامل مع ما يصل إلى 10 أضعاف عدد الأجهزة المتصلة عبر إنترنت الأشياء مقارنةً[46] بشبكات الجيل الخامس، حيث من المتوقع أن يصل إجمالي عدد أجهزة إنترنت الأشياء إلى 500 مليار جهاز بحلول عام 2030.[47] ومن المتوقع أن تُسهم الأنشطة المدعومة بشبكات الجيل الخامس والسادس في زيادة النمو العالمي بمقدار 3.2 تريليون دولار[h] بحلول عام 2030.[48] وسيكون تطوير المكونات البصرية وأساليب التوصيل الحديثة مفتاحاً لتحقيق السرعات المتوقعة من شبكات الجيل السادس.[49]

ويتم تطوير أسطح ذكية قابلة لإعادة التشكيل لتحسين الإشارات اللاسلكية والشبكات بالاعتماد على تقنيات مثل أشعة الضوء المنحنية، والمواد ذات الخصائص الفريدة والمعروفة بـ "المواد الخارقة"،[50] والألواح الحلزونية التي تقوم بتمديد وتوجيه حزم الضوء لتغيير طريقة انتقالها.[51] وستكون هذه الأسطح قادرة على التحكم في الموجات الكهرومغناطيسية وتوجيهها بدقة إلى الأماكن المستهدفة لتحسين التغطية، وتقليل استهلاك الطاقة عبر رفع كفاءة الشبكات وتقليل الفاقد.[52]

الذكاء الاصطناعي القابل للتفسير متعدد الوسائط

في المستقبل، ستُسهم أنظمة الذكاء الاصطناعي المعتمدة على مختلف أنواع الوسائط والبيانات (مثل النصوص، والصور، والصوت، وربما تقنيات اللمس في يوم ما) في اتخاذ قرارات حاسمة في مجالي الرعاية الصحية والمالية، مثل التشخيص والعلاج[53] والكشف عن الاحتيال.[54] كما سيؤثر الذكاء الاصطناعي متعدد الوسائط على صناعات عديدة مثل التعليم والإعلام والصناعات التحويلية والسلع الاستهلاكية المعبأة.[55] ويركز الذكاء الاصطناعي متعدد الوسائط والقابل للتفسير على شرح كيفية عمل الذكاء الاصطناعي، ولماذا يتخذ قراراته، وما هو أثرها،[56] مما يسهم في بناء الثقة في هذه الأنظمة.[57]

ويتمتع الذكاء الاصطناعي متعدد الوسائط والقابل للتفسير بقدرات تتنوّع بين معالجة اللغات الطبيعية ومعالجة الصور إلى تحليل المدخلات المتعددة والمعالجة السريعة بشكل لحظي، وهو ما يجعله أكثر تعقيداً من أنظمة الذكاء الاصطناعي التقليدية.[58] ولا تكمن تعقيداته في قدرته على التعامل مع مدخلات بيانات متنوعة فقط، ولكن أيضاً في كيفية دمج هذه المدخلات لإنتاج مخرجات دقيقة وفعالة. على سبيل المثال، يستطيع تشات جي بي تي حالياً التعامل مع أوامر نصية أو صوتية بالإضافة إلى الصور،[59] وهو ما يؤكد سرعة تطور الذكاء الاصطناعي التوليدي متعدد الوسائط في المستقبل. وبينما كان حوالي 1% فقط من تطبيقات الذكاء الاصطناعي هي التي تقبل مدخلات من وسائط متعددة في عام 2023، من المتوقع أن تصل هذه النسبة إلى 40% بحلول عام 2027،[60] وهي قفزة كبيرة تعكس وتيرة التبني السريع للتكنولوجيا المتطورة.



الذكاء الاصطناعي الرياضي

تكتسب التحليلات الرياضية أهمية كبيرة نظراً لأوجه الاستفادة منها في العديد من المجالات، بدءاً من تحسين عملية اكتشاف المواهب باستخدام النمذجة الإحصائية، والتدريب، وصولاً إلى تحسين الأداء وتعزيز تفاعل الجمهور وتحكيم المباريات.[61] وتقوم شركات رائدة مثل "كاتابولت"[62] و"سبورت فيو"[63] بالعمل على تغيير المشهد الرياضي بشكل جذري، بما يفتح المجال لمزيد من الفرص المستقبلية في هذا القطاع الهام.[64]

ففي دورة الألعاب الأولمبية الصيفية للعام 2024 التي أقيمت في باريس، اعتمدت شبكة "إن بي سي" على الذكاء الاصطناعي لتحليل 5,000 ساعة من التغطية الإعلامية، مما مكّنها من تقديم أكثر من 7 مليون ملخصاً يومياً بطريقة مخصصة وفريدة بناءً على شرائح الجماهير.[65] بالإضافة إلى ذلك، تم استخدام الذكاء الاصطناعي لتتبع وتحليل أداء الرياضيين بشكل دقيق، بل وحمايتهم من الإساءة عبر منصات التواصل الاجتماعي. كما تم توفير محتوى متعدد اللغات والأنماط، بما يتناسب مع احتياجات الجمهور والرياضيين، فضلاً عن تحسين إدارة الطاقة باستخدام التوائم الرقمية، ومحاكاة احتياجات الطاقة وكيفية وضع الكاميرات وتوفير أفضل تجربة للجميع.[66]

ومن المتوقع أن يتضاعف حجم سوق الذكاء الاصطناعي في مجال الرياضة ليصل إلى حوالي 30 مليار دولار بحلول عام 2032، مع تحقيق معدل نمو سنوي يصل إلى 30%، مقارنة بحوالي 2.2 مليار دولار في عام 2022.[67]

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

التوجـــــــه 3

تزايد الثغرات التكنولوجية الأمنية

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

الكلمات الرئيسية

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

أبرز الاتجاهات في عام 2025 ↙

الأمن السيبراني سيكون أولوية لدى صناع القرار

أصبح الأمن السيبراني مصدر قلق متزايد لدى الرؤساء التنفيذيين في عصر الذكاء الاصطناعي، حيث صنف ما يقرب من نصف الرؤساء التنفيذيين الذين شملهم استطلاع "منتدى أوليفر وايمان" الأمن السيبراني كأحد أخطر التهديدات الاستراتيجية.[68] وتشير البيانات إلى الحجم الهائل لهذا التحدي، فعلى سبيل المثال، يرصد بنك الكومنولث الأسترالي يومياً حوالي 85 مليون محاولة احتيال إلكتروني محتملة،[69] في حين يصل متوسط تكلفة خرق البيانات عالمياً إلى 4.88 مليون دولار.[70]

زيادة مخاطر المعلومات الخطأ والأخبار المضللة

تتصدر مكافحة المعلومات الخطأ والمضللة قائمة الأولويات العالمية. [71] فبينما تنتج المعلومات الخطأ نتيجة أخطاء غير مقصودة، يتم تصميم المعلومات المضللة عمدًا لخداع الجمهور وإحداث تأثيرات مضللة. [72]ووفقاً لاستطلاع المخاطر العالمية للمنتدى الاقتصادي العالمي 2023 - 2024، أكد 54% من المشاركين على أهمية التعاون بين جميع الأطراف للتعامل مع هذه الظاهرة.[73] ففي حالة انخفاض مستوى التعاون العالمي واستخدام الذكاء الاصطناعي في توليد المعلومات الخطأ والمضللة، ستزداد المخاطر بلا شك، مما قد يؤدي إلى تعميق الانقسامات الاجتماعية والسياسية.[74] وسيزداد هذا الوضع تعقيداً مع تراجع الجهود وانخفاض الاستثمارات في مجالات التحقق من المحتوى وتدقيق الحقائق عبر المؤسسات المعنية.[75]

تعزيز الثقة عبر الشفافية

مع استمرار توسع الخدمات الرقمية، سيستمر الارتفاع في الطلب [76]على حماية المستهلك في مختلف تطبيقات الاقتصاد الرقمي[77] والبنية التحتية العامة.[78] وتعد سياسات حماية المستخدمين الفعالة من العناصر الأساسية لبناء الثقة العامة،[79] خاصة في الأنظمة الرقمية التي تديرها الحكومات مثل منصات الدفع وتبادل البيانات، إلى جانب ملايين – إن لم تكن مليارات - السجلات الرقمية العامة.[80] وسوف يتطلب ذلك تضافر الجهود والتنسيق بين الجهات المعنية لوضع سياسات شفافة، وزيادة الوعي العام، وتحفيز المشاركة المجتمعية لضمان حماية فعالة وموثوقة.[81]

الفرص المستقبلية

دمج علم النفس في الأمن السيبراني

تؤثر الجرائم السيبرانية بشكل كبير في الضحايا،[82] وصحتهم النفسية.[83] فقد أظهرت إحدى الدراسات أن 60% من ضحايا الاحتيال عانوا من مشاكل نفسية، مثل القلق بنسبة 55%، والاكتئاب بنسبة 48%، ومشاكل في النوم بنسبة 69%.[84] وفي عام 2023، تعرض 349 مليون شخص لتداعيات سلبية نتيجة اختراق البيانات، بينما تم تسجيل 2.6 مليون حالة احتيال وأكثر من مليون حالة سرقة هوية، مما يعكس حجم التحديات التي تواجه الأمن السيبراني.[85]

وبينما تشمل الحواجز الحالية فجوات في وعي القيادات، وقلة الموارد، وعدم وجود مبادئ ومعايير معترف بها في كل أنحاء العالم، فإن دمج علم النفس في الأمن السيبراني يمكن أن يعمق فهمنا لسبب حدوث الهجمات السيبرانية[86] ويُحسن من أساليب تقليل التهديدات السيبرانية. كما يمكن أن يعزز هذا الدمج أيضاً استراتيجيات تخفيف الآثار المترتبة على حالات الخرق الأمني، مما يحفز تبني الأساليب متعددة التخصصات والتركيز على السلوكيات الأساسية.[87] وبناء عليه، فإن مواجهة هذه التحديات يمكن أن تعزز تكامل علم النفس مع استراتيجيات الأمن السيبراني.[88]

الوعي بمفهوم الأمن السيبراني الحيوي

بالإضافة إلى مخاطر اختراق خصوصية البيانات، هناك تهديدان رئيسيان يواجهان الأمن السيبراني الحيوي؛ الأول الهجمات السيبرانية المادية التي تستهدف تخريب الآلات والمعدات المستخدمة في الأبحاث الحيوية، أو سرقة البيانات، والآخر يتمثل في إمكانية إنشاء مواد حيوية خطيرة باستخدام المعلومات الرقمية،[89] وهو تهديد خاص بالبنوك الحيوية[90] والمستودعات التي تحتوي على عينات وبيانات جينية، حيث يمكن الوصول إلى المعلومات الجينية والتلاعب بها رقمياً، مما يجعل من الممكن إنشاء الحمض النووي الصناعي وحتى إعادة بناء مسببات الأمراض الخطرة باستخدام التسلسلات الجينية المتاحة.[91]

وما يزال الوعي بمخاطر الأمن السيبراني الحيوي منخفضاً في أنحاء العالم، خاصة في بعض المناطق الأقل جاهزية مقارنة بغيرها مثل جنوب شرق آسيا.[92] وبغض النظر عن التشريعات، يجب زيادة الوعي حول مخاطر التهديدات السيبرانية الحيوية بين شركات التكنولوجيا الحيوية والمؤسسات البحثية وصناع السياسات من خلال التعليم والتدريب، لضمان مشاركة الباحثين والخبراء من جميع التخصصات ذات الصلة.[93] ومن المبادرات المعنية بهذا النوع الجديد من التهديدات إنشاء مركز أبحاث الأمن الحيوي في جامعة لندن متروبوليتان،[94] الذي أسس شبكة التعليم الدولية للأمن الحيوي في عام 2024.[95]

التوازن بين التوافق التشغيلي والأمن السيبراني

يُعتبر الأمن السيبراني تحدياً عالمياً وعابراً للحدود، بينما يمكن أن يمثل التوافق التشغيلي (وهو قدرة الأنظمة على العمل معاً) أحد التحديات أو الحلول في مجال الأمن السيبراني. ومع زيادة الترابط بين مختلف دول العالم، وخصوصاً فيما يتعلق بتدفقات البيانات،[96] أصبح من الضروري تبني حلول مبتكرة لمواجهة تحديات الأمن السيبراني أكثر من أي وقت مضى.

ففي عام 2023، بلغ المتوسط الزمني لاكتشاف واحتواء الاختراق الأمني 258 يوماً.[97] وقد يمكن تقليص هذا الوقت من خلال تحسين التوافق التشغيلي عبر تبني معايير وبروتوكولات أمنية مشتركة، بما يعزز الجانب الأمني بشكل عام، ويشجع التعاون بين الكيانات والدول.[98] فعلى سبيل المثال، يُعد نظام الحوكمة الإلكترونية عبر الحدود "إكس رود" في إستونيا نموذجاً عالمياً ناجحاً، حيث يتم تطبيقه في العديد من الدول، بما في ذلك عدة دول إسكندنافية، لتوفير الأمن والتزويد بالخدمات وتحقيق الإيرادات،[99] بما يحقق الجمع بين مزايا كل من التوافق التشغيلي والأمن السيبراني في الوقت نفسه.

التوجـــــــه 4

تطـــــوّر تقنيـات الطـاقة

الكلمات الرئيسية

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

لطالما كانت الطاقة من العوامل الجوهرية في تطور الإنسانية على مدى آلاف السنين،[100] حيث شكلت القوة الدافعة وراء النمو الاقتصادي والتحولات الكبرى. [101] اليوم، تظل الطاقة عنصراً حيوياً في حياتنا اليومية، ومع الانتقال نحو مصادر جديدة ونظيفة، يصبح التركيز على العوامل التمكينية الأساسية لتحقيق هذا التحول أمرًا بالغ الأهمية.

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

أبرز الاتجاهات في عام 2025

تمويل جهود إتاحة الطاقة للجميع

يسعى الهدف السابع من أهداف التنمية المستدامة إلى إتاحة الطاقة النظيفة بتكلفة معقولة للجميع،[102] وقد أعلن كل من البنك الدولي وبنك التنمية الإفريقي عن خطط مشتركة لتوفير الكهرباء إلى 300 مليون فرد في إفريقيا بحلول عام 2030، بتمويل مشترك يشمل استثمارات للقطاع الحكومي بقيمة 30 مليار دولار وأخرى للقطاع الخاص بقيمة 9 مليارات دولار.[103]

التركيز على تحقيق الاكتفاء الذاتي من الطاقة

مع تطور التكنولوجيا وزيادة الطلب على الطاقة،[104] أصبح تحقيق الاكتفاء الذاتي من الطاقة هدفاً بالغ الأهمية. فعلى سبيل المثال، قام متنزه "سيكس فلاجز ماجيك ماونتن" في كاليفورنيا بإنشاء نظام جديد للطاقة الشمسية يغطي 100% من استهلاك المتنزه من الطاقة.[105] كما تستعد الصين لإطلاق أول مفاعل نمطي صغير محلياً بحلول عام 2025،[106] فيما تواصل شركات مثل أمازون[107] وجوجل[108] دعم مشروعاتها المتعلقة بهذا النوع من المفاعلات.

تطوير سلسلة قيمة الوقود الحيوي

يشهد السوق العالمي للوقود الحيوي نمواً ملحوظاً، ومن المتوقع أن يتضاعف نموه بين عامي 2023 و2024 ليصل إلى 243 مليار دولار.[109] ورغم أن هناك أنواع من الوقود الحيوي، مثل إيثانول قصب السكر وزيت النخيل، تُسهم في تقليل الانبعاثات الضارة،[110] إلا إن إنتاج الديزل الحيوي من مزارع زيت النخيل في ماليزيا وإندونيسيا مثلاً قد يسبب انبعاثات غازات دفيئة تتجاوز الديزل التقليدي بمعدل يتراوح بين 3 و40 ضعفاً.[111] كما أن تحويل المنتجات الزراعية إلى إنتاج الوقود الحيوي أدى إلى ظهور تحديات في تأمين مواد خام مستدامة، وهو ما يؤدي إلى تأثيرات بيئية غير مباشرة.[112]

الفرص المستقبلية

مسار عالمي نحو الحياد الكربوني

يسعى الاقتصاد العالمي لتحقيق صافي الانبعاثات الصفري بحلول عام 2050، وهو ما يتطلب استثمارات تُقدّر بنحو 275 تريليون دولار ، بمعدل سنوي يبلغ 9.2 تريليون دولار، مع وصول الاستثمارات إلى ذروتها بنسبة 8.8% من الناتج المحلي الإجمالي العالمي خلال الفترة بين عامي 2026 و2030.[113] ورغم ذلك، فإن تحقيق هذا الهدف يواجه تعقيدات تتطلب معالجة العديد من الجوانب.

نظرية الألعاب عبارة عن نموذج يساعد في اتخاذ القرارات بشكل تفاعلي، حيث تتأثر النتائج بتوقع استراتيجيات الآخرين وقراراتهم.[114] وقد استُخدمت نظرية الألعاب منذ فترة طويلة في مجال الطاقة لتحليل وتحسين التفاعلات بين الأطراف المعنية في نظام الطاقة المعقد.[115] وفي سياق تحقيق صافي الانبعاثات الصفري، يمكن لنظرية الألعاب أن تسهم، بالتكامل مع النماذج المناخية، في توجيه القرارات والتفاعلات ضمن سيناريوهات متعددة تسعى لتحقيق هذا الهدف. [116]

توطين صناعة الطاقة النظيفة

تركز التقنيات النظيفة على تقليل الملوثات والنفايات أو التخلص منها كلياً. تشمل هذه التقنيات الطاقة المتجددة، والمركبات الكهربائية، والوقود الحيوي، بالإضافة إلى الأنظمة المتطورة لإعادة تدوير النفايات وإدارتها، وإعادة تصميم عملية إنتاج ونقل الطاقة بطريقة تدعم البيئة بدلاً من الإضرار بها.[117]

في الوقت الحالي، هناك فقط أربعة دول في العالم، إلى جانب الاتحاد الأوروبي، تقوم بتصنيع حوالي 80 - 90% من الألواح الشمسية الكهروضوئية، وتوربينات الرياح، والبطاريات، والمحللات الكهربائية، والمضخات الحرارية.[118] أما إنتاج الليثيوم، فتتصدره أستراليا، وتشيلي، والصين، حيث تستحوذ هذه الدول على أكثر من 90% من الإنتاج العالمي.[119] وقد يدفع هذا الوضع دولاً أخرى في تبني استراتيجية توطين إنتاج تقنيات الطاقة النظيفة كوسيلة استراتيجية لتعزيز التحول نحو الطاقة النظيفة.[120]

ويعد قطاع الطاقة النظيفة فرصة استثنائية للنمو الاقتصادي، حيث يُتوقع أن تتضاعف الأسواق المرتبطة به ثلاث مرات لتصل إلى 650 مليار دولار سنوياً بحلول عام 2030، مدفوعة بمساعي الدول لتحقيق أهدافها المناخية. هذا النمو يعزز التنوع الاستراتيجي في القدرات التصنيعية ومرونة سلاسل الإمداد عبر مناطق العالم،[121] كما يُتوقع أن يُسهم قطاع الطاقة النظيفة في توفير 8 ملايين وظيفة جديدة في مجال التصنيع على مستوى العالم بحلول عام 2030.[122]

الهيدروجين والبحث عن بديل للبلاتين

يُعد الهيدروجين الأخضر (منخفض الانبعاثات) جزءاً من مزيج الطاقة النظيفة في المستقبل، رغم أنه ليس العنصر الأكثر أهمية. وفي العام 2023، زاد استخدام الهيدروجين في التطبيقات الجديدة للطاقة النظيفة بنسبة 40% إلا أن استخدامه في تلك التطبيقات لا يزال يشكل أقل من 1% من الطلب العالمي على الهيدروجين. ومن المتوقع أن يتواصل هذا النمو بفضل التطبيقات الجديدة في مختلف قطاعات الطاقة والنقل.[123] ومن المتوقع أن يصل الطلب على الهيدروجين منخفض الانبعاثات بحلول عام 2030 إلى 10% فقط من المطلوب لتحقيق صفرية الانبعاثات بحلول عام 2050،[124] الأمر الذي يتطلب إحراز تقدم كبير في خلايا وقود الهيدروجين والبنية الأساسية لاستخداماتها.[125]

وتعتبر أجهزة إنتاج الهيدروجين عبر التحاليل الكهربائية (الإلكتروليزر) من العناصر الأساسية في عملية إنتاج الهيدروجين، وتعتمد هذه الأجهزة في تكوينها على مواد مثل البلاتين. وفي عام 2023، نحو 22% فقط من القدرة المركبة تم إنتاجها بواسطة أجهزة تحليل كهربي تحتوي أغشية تبادل بروتونات معتمدة على البلاتين،[126] رغم أنها تقنية تتمتع بإمكانات كبيرة ويمكنها توفير حوالي 11% من الانبعاثات الكربونية العالمية المطلوبة بموجب اتفاقية باريس بحلول عام 2030.[127] لكن في المقابل، يعد البلاتين مادة نادرة يصعب العثور عليها.[128] تنتج جنوب إفريقيا أكثر من 70% من البلاتين العالمي، غير أن قطاع التعدين فيها يواجه تحديات كبيرة، مما يزيد من المخاطر المتعلقة بالإمدادات المستقبلية.[129] ومن بين المواد البديلة الواعدة التي تضمن الحفاظ على كفاءة تحويل الطاقة وتخزينها هي سبائك المعادن النبيلة، والمعادن الانتقالية مثل النيكل والكوبالت، والعوامل المحفزة القائمة على الكربون.[130]

التوجـــــــه 5

تطـــــــوّر الأنظمة البيئية

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

الكلمات الرئيسية

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

أبرز الاتجاهات في عام 2025

استدامة الذكاء الاصطناعي التوليدي

بحلول عام 2026، سوف تستخدم أكثر من 80% من الشركات الذكاء الاصطناعي التوليدي في مراحل الإعداد للإنتاج، بينما لا تتجاوز النسبة الحالية 5%.[131] ورغم أن الذكاء الاصطناعي التوليدي يمكّن عملية إنشاء أو إعادة إنشاء المحتوى بسرعات غير مسبوقة وبأشكال متنوعة عبر مختلف القطاعات والصناعات، إلا أن هناك مخاوف بشأن أثره البيئي. يُعتقد أن "تشات جي بي تي" يستهلك من الطاقة ما يعادل استهلاك 33,000 منزل في الولايات المتحدة، وقد يصل الطلب العالمي على المياه لتبريد مراكز البيانات المستخدمة للذكاء الاصطناعي إلى نصف استهلاك المملكة المتحدة السنوي من المياه.[132] لذا سيكون من الضروري تقليل التأثيرات الكربونية الناتجة عن الذكاء الاصطناعي التوليدي من خلال الاعتماد على رقائق حاسوبية متطورة ومصادر طاقة متجددة للحفاظ على استدامة هذه التكنولوجيا المتقدمة.[133]

تعزيز العمل التطوعي البيئي

وفقاً لاستطلاع " تصويت الشعوب للمناخ" لعام 2024، أعرب 53% من المشاركين عن زيادة قلقهم بشأن التغير المناخي مقارنة بالعام الماضي.[134] وفي عام 2022، تطوع نحو 15% من الأفراد الذين تتجاوز أعمارهم 15 عاماً مرة واحدة على الأقل شهرياً. ومع تزايد الوعي بالتحديات البيئية،[135] من المحتمل أن يرتفع معدل التطوع البيئي، مثل التطوع لزراعة الأشجار، وتنظيف الأنهار، وإعادة تأهيل المواطن الطبيعية.[136]

الشركات الناشئة في مجال تقنيات المناخ في أفريقيا

تمثل الشركات الناشئة في مجال تقنيات المناخ في أفريقيا أحد العوامل الرئيسية لتحقيق التحوّل المطلوب في المنطقة. حيث تتمتع أفريقيا بفرص واعدة في مجالات الطاقة النظيفة، والتعدين المستدام، واستعادة الأنظمة البيئية، بالإضافة إلى الدور المهم الذي تلعبه هذه الشركات الناشئة في إشراك الشباب في هذه المجالات.[137] فمنذ عام 2019، تمكنت هذه الشركات من جمع أكثر من 3.4 مليار دولار، ومن المتوقع أن يرتفع هذا الرقم بشكل ملحوظ، خاصة أن من الضروري جمع 277 مليار دولار سنوياً[138] لتحقيق أهداف اتفاقية باريس للمناخ بحلول عام 2030.[139]

الفرص المستقبلية ↙

استعادة الأنظمة البيئية

اكتسب مفهوم "استعادة الأنظمة" زخماً كبيراً منذ تسعينات القرن الماضي في مجال تطوير المدن باعتباره خطوة مبتكرة لمواجهة التغير المناخي، وكان الهدف منه أكثر من مجرد التحول نحو المباني الخضراء.[140] ومنذ ذلك الحين، أصبح "استعادة الأنظمة" المفهوم الحديث للاستدامة.[141] فبينما تركز الاستدامة على تحقيق توازن بين احتياجات الإنسان وحماية البيئة،[142] يسعى مفهوم "استعادة الأنظمة البيئية" إلى توسيع هذه الجهود من خلال التركيز على إعادة تأهيل الموارد الطبيعية، وتعزيز التنوع الحيوي، وإعادة إحياء النظم البيئية المتضررة.[143]

ونتيجةً لذلك، توسع هذا المفهوم ليشمل العديد من المجالات.[144] ففي مجال الطب، أصبح هناك قدر كبير من التوافق بشأن قدرة الجسم البشري على الشفاء الذاتي.[145] أما في مجال الزراعة، يسعى المزارعون إلى إعادة إحياء التربة واستعادتها لحالتها الطبيعية، وتحسين رعاية الحيوانات، وبناء مجتمعات أكثر صحة، مما يعزز من الإنتاجية.[146] ومع تزايد الجهود لاستعادة وتحسين الأنظمة البيئية في الحياة اليومية،[147] أصبحت مفاهيم إيجابية مثل السياحة التجديدية، والمجتمعات المستدامة، والدعم البيئي مقدمة على تحقيق المكاسب السريعة.[148]

الذكاء الاصطناعي الصوتي لدعم الأنظمة البيئية

يحمل الذكاء الاصطناعي الصوتي إمكانيات كبيرة لفهم وتحسين النظم البيئية البحرية والبرية والحضرية وغيرها. فالأصوات تحت الماء، التي تنتقل لمسافات أبعد مقارنة بالإشارات البصرية أو الروائح، تُعد وسيلة حيوية للتواصل والهجرة والتفاعل مع البيئة بالنسبة للكائنات البحرية.[149] وقد تم بالفعل استخدام الذكاء الاصطناعي بنجاح في مراقبة أصوات الحيتان، مما ساهم في تحسين الكشف عن أنواع الكائنات الحية وتطوير استراتيجيات الحفاظ على الحياة البحرية.[150]

ومع ذلك، تشير الدراسات الحديثة حول الذكاء الاصطناعي والحياة البرية إلى أن معظم الأبحاث ركزت على الطيور (48%) والثدييات (22%)،[151] لكنها واجهت تحديات مثل نقص البيانات، وضوضاء الخلفية العالية، وغياب المعايير الموحدة، وتعقيد تصنيف الأصوات. ومع استمرار جهود الحفاظ على الحياة البرية والوعي بالتحيزات المحتملة للذكاء الاصطناعي، يمكن للذكاء الاصطناعي تقديم رؤى متعمقة ولحظية للحفاظ على الحياة البرية.[152]

علاوة على ذلك، يسهم الذكاء الاصطناعي في تحسين جودة الصوتيات في بيئات متنوعة، بما في ذلك تحسين صوتيات الغرف، ومراقبة مستويات الضوضاء في المدن، وتعزيز جودة تسجيلات الاستوديو، وتحسين وضوح الصوت في بيئات التعليم.[153] ويمتلك الذكاء الاصطناعي وتقنيات الصوتيات القدرة على تعزيز الإنتاجية والإبداع في أي بيئة، بدءاً من أماكن العمل وصولًا إلى قطاع الرعاية الصحية، بالإضافة إلى تحسين التجارب السمعية وابتكار بيئات صوتية غامرة بفضل تكامل إنترنت الأشياء وتقنيات معالجة الإشارات المتقدمة.[154]

إنترنت الأشياء تحت الماء (IoUT)

قيمة **قطاع إنترنت الأشياء** قد تصل إلى

12.6 تريليون دولار

بحلول عام 2030

أشارت التقديرات في عام 2021 إلى أن إنترنت الأشياء قد يحقق قيمة تصل إلى 12.6 تريليون دولار بحلول عام 2030، وذلك من خلال تطبيقاته المتنوعة في المصانع (26%)، وفي قطاع الرعاية الصحية (10 - 14%)، وغيرها.[155] وسيعتمد ذلك بشكل أساسي على تكنولوجيا الاتصال المتقدمة باستخدام شبكات الجيل الرابع والخامس، وتحقيق التوازن بين التكلفة والتوافق التشغيلي بين الأنظمة المختلفة، ومواجهة تحديات الأمن السيبراني ومراحل التطوير المختلفة.[156]

وتواجه المحيطات تهديدات متزايدة نتيجة للتغير المناخي والإفراط في الاستخدام، مما يؤثر على الأنظمة البيئية والمجتمعات البشرية بشكل كبير.[157] وفي إطار جهود الأمم المتحدة لتعزيز التنمية المستدامة، تم إطلاق "عقد الأمم المتحدة لعلوم المحيطات من أجل التنمية المستدامة (2021-2030)" أو ما يعرف اختصاراً بـ "عقد المحيطات" لتحفيز الجهود من أجل إحداث ثورة في علوم المحيطات[158] عبر تعزيز التعاون الدولي ودعم البحث العلمي.[159] وفي ظل تزايد الاهتمام بعلوم البحار وابتكار الأجهزة المستخدمة لقياس ودعم التطبيقات المختلفة تحت المياه، يتيح إنترنت الأشياء تحت الماء فرصاً مستقبلية واعدة في مجالات مثل الرصد البيئي واستكشاف المحيطات ومنع الكوارث.[160,161] ومع ذلك، تظل التحديات المرتبطة بالظروف المائية الصعبة وطرق جمع البيانات ونقلها بحاجة إلى حلول مبتكرة.[162]

التوجـــــــه 6

نمو اقتصادات الأعمال المستقلة

الكلمات الرئيسية

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

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

أبرز الاتجاهات في عام 2025

الوصول العالمي للبيانات وموافقة المستخدم على تدريب الذكاء الاصطناعي

بحلول عام 2028، من المتوقع أن يزداد معدل الاستثمار في أنظمة الذكاء الاصطناعي ليصل إلى 632 مليار دولار.[163] وتستخدم منصات التواصل الاجتماعي[164، 165] والتكنولوجيا[166] والشبكات[167] بيانات المستخدمين في تدريب أنظمة الذكاء الاصطناعي الخاصة بها – مع العلم أنها منصات عالمية بطبيعة الحال. وبينما تنكر بعض المنصات أو لا تظهر أي اهتمام بتطوير سياساتها بشأن استخدام بيانات المستخدمين لتدريب نماذج الذكاء الاصطناعي، تسعى منصات أخرى إلى تحديث شروط وأحكام استخدامها مع توفير خيار الانسحاب للمستخدمين،[168] وهو ما يؤكد الحاجة المتزايدة لإرساء معايير عالية لإدارة البيانات ومشاركتها.[169]

العمل الخيري عبر الحدود دعماً للتحديات المشتركة

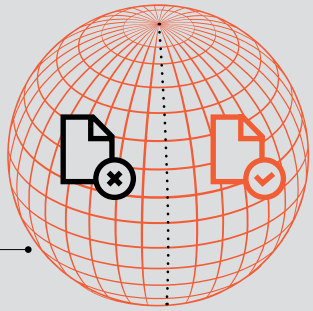
في العام 2022، أفادت 40 مؤسسة خيرية خاصة بتقديم دعم تنموي بقيمة 11 مليار دولار لمنظمة التعاون الاقتصادي والتنمية، رغم أن هذه المساهمات لم تسجل نمواً منذ عام 2021.[170] ووفقًا لتقرير "مؤشر العطاء العالمي GPT" لعام 2023، وصل إجمالي التبرع عبر الحدود إلى 70 مليار دولار في 47 دولة ذات دخل مرتفع في عام 2020، وهو ما يمثل 85% من الناتج المحلي الإجمالي العالمي.[171] ورغم النمو الملحوظ في العمل الخيري المحلي،[172] يظل العمل الخيري عبر الحدود ضرورياً للتصدي للكوارث الطبيعية والأزمات العالمية مثل جائحة كوفيد-19،[173] ولكنه يواجه تحديات مثل قضايا الضرائب، والاعتراف القانوني المحدود بالمؤسسات الأجنبية، وعدم اتساق الحماية القانونية[174]

الملكية الفكرية في العالم الرقمي

يعتمد الذكاء الاصطناعي، وخاصة النماذج اللغوية الكبيرة والذكاء الاصطناعي التوليدي، بشكل رئيسي على مصادر عامة مثل النصوص المحمية بحقوق الطباعة والنشر والأعمال المرئية والصوتية.[175] هذا التزايد في المخرجات التي ينتجها الذكاء الاصطناعي التوليدي يثير تساؤلات حول دوره في تحفيز الابتكار والاختراع مقارنة بالأدوات التقليدية. وتنظم المنظمة العالمية للملكية الفكرية (WIPO) العديد من الفعاليات ومنتديات النقاش حول هذا الموضوع،[176] بينما نشر مركز الثورة الصناعية الرابعة في الإمارات تقريراً يتناول موضوع الملكية الفكرية ودور الذكاء الاصطناعي في الصناعات الإبداعية.[177]

الفرص المستقبلية

تعاون عالمي لتنظيم الأصول الرقمية العابرة للحدود



من المتوقع أن تصل القيمة السوقية الإجمالية للأصول الرقمية المُرمَّزة، باستثناء البيتكوين والتيثر، إلى حوالي 2 تريليون دولار بحلول عام 2030، نظراً لاستخدامها المتزايد في الصناديق المشتركة، والسندات، والأوراق المالية المتداولة في البورصة، والقروض، والتوريق، وصناديق الاستثمار البديلة.[178] ومع ذلك، تفتقر الأصول الرقمية إلى تعريف عالمي موحد،[179] رغم أن ثلثي 86 دولة شملها استبيان أجراه المنتدى الاقتصادي العالمي قد بدأت بالفعل في تنظيم هذه الأصول أو تخطط لذلك.[180] هذه الاختلافات تسبب عقبات تنظيمية، حيث يمكن أن تكون الأصول الرقمية قانونية في منطقة وغير قانونية في دولة أخرى. ويعمل مجلس الاستقرار المالي[181] والمنظمة الدولية لهيئات الأوراق المالية (IOSCO)[182] على صياغة تعريفات مشتركة لتوحيد المفاهيم.[183] في حين توفر مبادئ المعهد الدولي لتوحيد القانون الخاص (UNIDROIT) إطاراً يربط الأصول الرقمية بالبنى القانونية القائمة.[184] ومع ذلك، تبقى هناك بعض الفجوات التنظيمية التي تحتاج إلى حلول.

وتتصدر دولة الإمارات العربية المتحدة مشهد ريادة تنظيم الأصول الرقمية في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا. فقد أطلقت عدة جهات بالدولة عدداً من الأطر التنظيمية، ومن بينها سلطة دبي لتنظيم الأصول الافتراضية،[185] وسوق أبو ظبي العالمي،[186] ومركز دبي المالي العالمي،[187] بالإضافة إلى واحة رأس الخيمة للأصول الرقمية.[188]

الشخصية القانونية للذكاء الاصطناعي: الحدود القانونية والأخلاقية

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

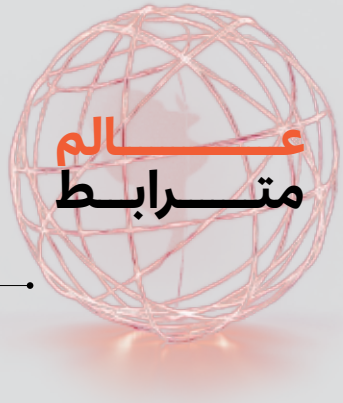
من المتوقع أن يُسهم الذكاء الاصطناعي بمقدار 15.7 تريليون دولار في الاقتصاد العالمي بحلول عام 2030.[189] ومع النمو السريع في استخدام الذكاء الاصطناعي، قد يتطلب الأمر في المستقبل أن تحظى الأنظمة الذكية المستقلة بوضع قانوني مشابه للذي تتمتع به الكيانات التجارية، خاصة إذا كان لها تأثير كبير في تشكيل القرارات الدولية، وتعزيز التفاعل والعمل المشترك عبر الحدود. إن النقاش حول الوضع القانوني للكيانات غير التجارية ليس جديداً، فقد دعت – على سبيل المثال - العديد من الأطراف سابقاً بمنح الطبيعة حقوقاً قانونية[190]. ومع ذلك، فإن منح الشخصية القانونية للذكاء الاصطناعي سيطرح تحديات قانونية وأخلاقية عميقة تتعلق بالحقوق والمسؤوليات والمساءلة، مما يستدعي ضرورة فتح نقاشات موسعة حول كيفية دمج هذه الكيانات ضمن الأطر القانونية الحالية أو المستقبلية.[191]

كما أن منح الشخصية القانونية للذكاء الاصطناعي قد يثير تساؤلات جوهرية بشأن المسؤولية الأخلاقية، والكفاءة الاقتصادية، والجوانب القانونية، خاصة في ظل التطور المستمر لهذه التقنيات. هذا إلى جانب أن الاعتراف بالشخصية القانونية للذكاء الاصطناعي يعني إمكانية تعرضه للعقوبات والغرامات أو حتى الإيقاف في حال ارتكاب أفعال مخالفة القانون.[192] ومع ذلك، فإن تسارع وتيرة تطور الذكاء الاصطناعي تطرح تحديات فريدة من نوعها،[193] لكنها تحمل في طياتها أيضاً فرصة كبيرة لتعزيز التنسيق والتعاون العالمي في المستقبل.[194]

التعليم متعدد التخصصات لتعزيز الابتكار العالمي

ستشهد السنوات العشر المقبلة تحديات بيئية واجتماعية وتقنية واقتصادية عالمية لا يمكن لأي دولة مواجهتها بمفردها.[195] ومن المتوقع أن ترتفع الطلبات العالمية على المياه بنسبة 40% وعلى الطاقة بنسبة 50% بين عامي 2030 و2040،[196] مما سيؤثر على نظم الغذاء والمياه والاقتصادات وأنظمة سلسلة التوريد والعديد من جوانب الحياة والعمل الأخرى مما قد يؤدي إلى زيادة التوترات العالمية.[197]

وفي الوقت نفسه، يؤثر تغير المناخ على الأنظمة الاجتماعية والاقتصادية العالمية، بما في ذلك الغذاء، والأصول المادية، والبنية التحتية، ورأس المال الطبيعي، والهجرة.[198] هذه التأثيرات تؤدي إلى سلسلة مترابطة من المخاطر الاجتماعية والبيئية.[199]



في هذا العالم المترابط الذي تتلاشى فيه الحدود، يصبح التصدي للقضايا المعقدة العابرة للحدود والقطاعات ضرورة تستدعي اتباع أساليب وآليات متعددة التخصصات، فمن خلال دمج الرؤى والخبرات من مختلف المجالات، يمكننا ابتكار حلول جديدة تعالج التحديات التقنية مع مراعاة الأبعاد الاجتماعية والإنسانية للتقنيات الناشئة والمستقبلية. وتؤدي مؤسسات التعليم والتدريب دوراً محورياً في تعزيز هذا النهج عبر تصميم برامج تعليمية تجمع بين القانون والتكنولوجيا والأخلاقيات والعلاقات الدولية. مثل هذه البرامج تعزز الفهم العميق والتعاون بين القطاعات المختلفة، وتضمن معالجة القضايا الواقعية بفعالية من خلال شراكات بين الأكاديميين وقادة الصناعة. وقد بدأت بعض المؤسسات، مثل جامعة تويني في هولندا،[200] بخطوات سبّاقة من خلال إطلاق برامج تعليمية متعددة التخصصات، لكن ما يزال هناك حاجة لتوسيع نطاق هذه المبادرات لتلبية متطلبات عالمنا سريع التغير وتحدياته المتزايدة.

التوجـــــــه 7

تسارع الانتقال إلى الواقع الرقمي الجديد

الكلمات الرئيسية

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

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

أبرز الاتجاهات في عام 2025

مستقبل الميتافيرس

رغم التوقعات التي أشارت إلى أن الميتافيرس، وتحديدًا تقنية الواقع الافتراضي (VR)، سيحل محل الهواتف الذكية بحلول عام 2035، إلا أن اعتماده على نطاق واسع واجه سلسلة من التحديات.[201] ومن أبرز هذه التحديات خسارة مختبرات "ريالتي لابز" التابعة لشركة ميتا 13.7 مليار دولار في عام 2022،[202] بالإضافة إلى التحديات الصحية المرتبطة باستخدام هذه التقنية، مثل دوار الفضاء الافتراضي،[203] وتأثيرات التنمر الإلكتروني على الصحة النفسية، وكذلك المخاوف المتعلقة بسرقة الهوية، والابتزاز الإلكتروني، والاستغلال.[204] كما يواجه عالم الميتافيرس عقبات تنظيمية ومقاومة ثقافية من بعض المجتمعات، فضلاً عن مخاوف أمنية جدية.[205] ومع ذلك، هناك مؤشرات إيجابية تعزز إمكانية اعتماده على نطاق واسع في المستقبل. تشمل هذه الجهود إطلاق استراتيجية دبي للميتافيرس،[206] واستثمار كوريا الجنوبية 177 مليون دولار في صندوق لدعم الميتافيرس،[207] والجهود المستمرة التي يقودها المنتدى الاقتصادي العالمي،[208] بالإضافة إلى إنشاء مختبر الميتافيرس التابع لجامعة محمد بن زايد للذكاء الاصطناعي.[209] هذه المبادرات وغيرها قد تكون مفتاحًا لتجاوز العقبات وتحقيق الانتشار الواسع لهذه التكنولوجيا الواعدة.

تجارب رقمية لا تلامسية

تشهد تقنية الواقع المعزز (AR) عبر الهواتف الذكية، مدعومة بانتشار شبكات الجيل الخامس،[210] تطوراً ملحوظاً ونمواً واعداً.[211,212] حيث أن هناك حالياً أكثر من 2,000 تطبيق مخصص لنظارات "آبل فيجن برو" متوافق مع متطلبات الحوسبة المكانية،[213] كما يمكن للذكاء الاصطناعي التوليدي الآن إنشاء بيئات وتجارب مكانية بسرعة وبتكلفة أقل.[214] والأمثلة كثيرة على هذه التطبيقات، ومن بينها أداة آيكيا لتصور الأثاث في المنزل، وأداة "مودي فيس ايه آر" من لوريال لتجارب التجميل الافتراضية، وميزة المشاهدة المباشرة في خرائط غوغل التي تقدم تفاعلًا مبتكرًا مع الخرائط.[215] وتشير هذه التطورات إلى أن التجارب الرقمية اللا تلامسية ستصبح جزءاً أساسياً وأكثر انتشاراً في حياتنا اليومية.

الذكاء الاصطناعي الداعم للواقع المتد

من المتوقع أن يُسهم الذكاء الاصطناعي بنحو 20 تريليون دولار، أي ما يعادل 3.5% من إجمالي الناتج المحلي العالمي بحلول عام 2030،[216] مما يعكس تأثيره الكبير على الاقتصاد العالمي. وعند دمجه في تقنيات الواقع المتد، فإنه يساعد في إضفاء الطابع الشخصي على التجارب التفاعلية، إلى جانب تحسين كفاءة إدارة تدفقات البيانات، مما يحفز المشاركة التفاعلية للمستخدمين.[217] وتشير الدراسات إلى أن هذه التقنيات أسهمت في رفع معدلات الاحتفاظ بالمعلومات التعليمية بنسبة 75%، وزيادة الثقة في المعرفة المكتسبة بنسبة 275%،[218] مما يبرز الدور المحوري للذكاء الاصطناعي في تمكين الواقع المتد وتعزيز قدرته على تحسين التفاعل والتعاون بشكل ملموس.

الفرص المستقبلية

تطوير المسرح الرقمي

بلغت قيمة **أسواق الترفيه المنزلي والسينما المنزلية**

100 مليار دولار

في عام 2023

شهدت أسواق الترفيه المنزلي والسينما المنزلية نمواً كبيراً، إذ بلغت قيمتها حوالي 100 مليار دولار في عام 2023، مع توقعات بزيادة سنوية تصل إلى 8% بين عامي 2024 و2030.[219] وقد أحدثت التكنولوجيا تغييرات جوهرية في مجالات الترفيه والفنون، حيث أسهمت في ظهور أشكال جديدة من المسرح تحفز المشاهدين على المشاركة والتفاعل مع القصص التي يشاهدونها.[220] كما يدعو البعض إلى توظيف التكنولوجيا في تحليل الإنتاج الفنّي لتوثيق المعرفة وتوظيفها في تعلّم الدراما وتطويرها مستقبلاً.[221]

خلال جائحة كوفيد-19، حرصت العديد من المسارح الاستعراضية، التي لم تكن تقدم بثاً رقمياً من قبل، على توفير عروضها عبر الإنترنت.[222] فعلى سبيل المثال، اجتذب برنامج "المسرح الوطني في المنزل"،[223] الذي تم إطلاقه خلال الجائحة، أكثر من 15 مليون مشاهد من 170 دولة خلال أربعة أشهر فقط.[224] ومع التحديات المستمرة في إعادة جمهور المسرح لسابق عهده في فترة ما قبل الجائحة،[225] يُمكن للعوالم الرقمية أن تعزز جهود إتاحة العروض المسرحية للجميع، وتمكين الجمهور في المناطق البعيدة من حضور العروض المباشرة والشعور كأنهم جزء من الحدث.

انقسام الهوية بين العالم الافتراضي والحقيقي

يصبح الحد الفاصل بين هويتنا الحقيقية وهوياتنا الافتراضية أكثر ضبابية يومًا بعد يوم، حيث بات الأفراد يديرون هويات متعددة عبر منصات متنوعة. هذا التحول يثير تساؤلات فلسفية وأخلاقية عميقة حول ماهية الإنسان، وما الذي يعنيه أن نكون حاضرين، واعين، أو موجودين فعليًا.[226] كما يطرح هذا التحول العديد من الأسئلة الجوهرية مثل: ما نوع المعلومات التي يمكن مشاركتها من خلال الهوية الافتراضية؟ كيف نضمن الخصوصية في هذا العالم المتشابك؟ من يتحمل المسؤولية عن الأخطاء أو القرارات التي تُتخذ في العالم الافتراضي والتي قد تؤثر أو لا تؤثر على الحياة الواقعية؟ وكيف يمكن إيجاد توازن دقيق بين الأنظمة والتشريعات بما يبني الثقة ويحافظ على الحرية في هذا الفضاء الافتراضي المتنامي؟[227]

يشكل تأثير التداخل بين الهويات الافتراضية والحقيقية مجالًا محوريًا للبحث،[228] مستنداً إلى دراسات سابقة تناولت العلاقة بين الذات الواقعية والذات المثالية،[229] وكيف يمكن لهذا التفاعل أن يسهم في تعزيز جودة الحياة والازدهار المجتمعي.

فعلى سبيل المثال، يمكن أن تترك المشاركة في البيئات الافتراضية أثراً إيجابياً عندما تنسجم الهوية الافتراضية مع الهوية الحقيقية، مما يعزز التوازن النفسي والارتباط بالذات. ومع ذلك، قد ينشأ شعور بعدم الانتماء إذا طغت الهوية الافتراضية وشعر الفرد بتفوقها على الهوية الحقيقية، مما قد يؤدي إلى انخفاض تقدير الذات والتأثير سلباً على رضا الأفراد عن حياتهم.[230]

تقبل أجهزة الواقع الافتراضي والواقع المعزز

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

40%

انخفض **التمويل للشركات الناشئة** بنسبة

50%

توسعت التجارب الغامرة لتشمل مجالات متعددة، محاكيةً المساحات والأحداث والتفاعلات الاجتماعية الواقعية.[231] وأصبحت التقنيات الرقمية مثل الواقع المعزز (AR) والواقع الافتراضي (VR) أدوات أساسية في تعزيز هذه التجارب في مجالات حيوية مثل الصحة، والمناخ، والألعاب، والتعليم. ورغم الزيادة الكبيرة في شعبيتها خلال جائحة كوفيد-19،[232] فإن مستقبل نمو هذه التجارب ما يزال غير واضح ومليئاً بالتحديات.

ومنذ العام 2022، شهدت مبيعات سماعات الواقع المعزز والواقع الافتراضي تراجعاً بنسبة 40%، كما انخفض تمويل الشركات الناشئة لها بنسبة 50%.[233] ومع ذلك، تشير التقارير إلى عودة سوق هذه الأجهزة للانتعاش والنمو مرة أخرى في الربع الثالث من عام 2024 وخلال عام 2025، وذلك وفق معدل نمو سنوي مركب متوقع يبلغ حوالي 86% حتى عام 2028.[234] ورغم هذه التوقعات الإيجابية، لا تزال هناك مخاوف حول هذا الانتعاش في السوق، والتي يعكسها قرار شركة "آبل" التي خفضت من إنتاجها لنظارات "آبل فيجن برو".[235] ورغم الجهود المبذولة لتسهيل استخدام سماعات رأس الواقعين المعزز والافتراضي، ما تزال تُعتبر تقنية تجريبية، يركز استخدامها حالياً على اختبار كفاءتها وإمكاناتها العملية.[236] ويعتمد قبول المستخدم لهذه التقنيات على عوامل مثل الابتكار، والفوائد المتوقعة، وجودة الأنظمة، وسهولة الاستخدام، إضافةً إلى تأثيرها على المجتمع في حال انتشارها،[237] مما يفتح مجالاً واعداً لتطوير نماذج جديدة لقبول المستخدم لهذه الأجهزة بالاستناد إلى معايير موحدة تبرز الإمكانيات العملية لها عبر مختلف البيئات والتطبيقات.[238]

التوجـــــــه 8

الأتمتة والتعايش مع الروبوتات المستقلة

الكلمات الرئيسية

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

في ظل التقدم في مجالات تصميم الهندسة الميكانيكية، وعلوم المواد، والذكاء الآلي المتقدم، وشبكات الاتصال المتطورة، ستدخل الروبوتات والأتمتة في العديد من الصناعات – إن لم تكن جميعها – ولن تقف عند حدود صناعة السيارات والتصنيع والخدمات اللوجستية وسلاسل التوريد. وسيتيح استخدام الروبوتات[239] والأتمتة [i] فرصاً لتعزيز الكفاءة والابتكار، إلا أنه سيطرح تحديات أخلاقية ومجتمعية جديدة تتعلق بحدود استقلالية الروبوتات والأتمتة، وآليات إيقاف التشغيل، وتأثيراتها على مستقبل العمل. ومع تزايد تفاعل الروبوتات مع بعضها ومع البشر، تظهر تساؤلات جديدة حول حقوق الروبوتات والملكية الفكرية.

أبرز الاتجاهات في عام 2025

عصر الروبوتات الشبيهة بالبشر

في عام 2023، بلغ عدد الروبوتات العاملة في المصانع حول العالم حوالي 4.28 مليون روبوت،[240] بالإضافة إلى 4.31 مليون روبوت من روبوتات الخدمة في مجالات أخرى،[241] خاصة الخدمات الاستهلاكية. مع ذلك، من المتوقع أن تُحدث الروبوتات الشبيهة بالبشر تغييرات هيكلية كبيرة في هذه المجالات. فقد بلغ حجم السوق العالمية لهذه الروبوتات 2.43 مليار دولار في عام 2023، ومن المتوقع أن ينمو ليصل إلى 66 مليار دولار بحلول عام 2032،[242] مع تركيز استخدامها في مجالات الرعاية الصحية، والتصنيع، والخدمات اللوجستية، وسلاسل التوريد.[243] ويُعد مصنع "روبوفاب" في ولاية أوريغون بالولايات المتحدة الأمريكية، أول مصنع مخصص لإنتاج هذا النوع من الروبوتات.[244]

تطورات غير مسبوقة في براعة الروبوتات

أسهمت التطورات في تصميم الروبوتات[245] واستخدام المواد المتقدمة، بالإضافة إلى التوجهات نحو الروبوتات المستدامة،[246] في تنوّع استخداماتها وتوسيع نطاقها بشكل ملحوظ. ومن المتوقع أن يعزز الذكاء الاصطناعي التوليدي قدرة هذه الروبوتات على الاستشعار والتكيّف في بيئات متنوعة.[247] على سبيل المثال، يتمتع روبوت "ألوها أنليشد" الذي صممته شركة "غوغل" بمهارات متقدمة تسمح له بأداء مهام بشرية معقدة مثل ربط الأحذية وإصلاح الروبوتات الأخرى، بينما يستخدم روبوت "ديمو ستارت" من غوغل أيضاً تقنيات المحاكاة لتحسين أدائه من خلال التدريبات المستمرة، مما يساعده على زيادة كفاءته وتوسيع نطاق مهامه.[248]

تحوّل تكنولوجيا الطائرات بدون طيار

من المتوقع أن يشهد قطاع الطائرات التجارية بدون طيار توسعاً ملحوظاً، مع تقديرات تشير إلى أن سوق الطائرات البحرية بدون طيار قد تصل إلى نحو 20 مليار دولار [i] بحلول عام 2030.[249] ويُتوقع أيضاً أن ترتفع قيمة سوق الطائرات الكهربائية ذات الإقلاع والهبوط العمودي إلى حوالي 160 مليار دولار بحلول عام 2040.[250] وفي هذا السياق، سجلت الصين تقدماً كبيراً بإطلاق أول تاكسي جوي معتمد عالمياً يحمل اسم "إي هانغ إي اتش 216-إس"، والذي يعمل بنظام القيادة الذاتية ويُمكنه نقل راكبين اثنين في كل رحلة.[251] كما بدأت دبي بتنفيذ خطط لإنشاء محطة تاكسي جوي قادرة على استيعاب ما يصل إلى 170,000 راكب سنوياً.[252]

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

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

الفرص المستقبلية ↙

تطوير الروبوتات المرنة عبر المحاكاة الحيوية

يُعد علم المحاكاة الحيوية مجالاً متعدد التخصصات يستوحي تصميماته من الطبيعة لتحسين الأداء وتطوير حلول مبتكرة لمواجهة التحديات العالمية. وتُعتبر الروبوتات المرنة من أبرز تطبيقاته، فهي تُصنع من مواد تُشبه الأنسجة الحيوية وتتمتع بمرونة عالية. وتُظهر الروبوتات الحيوية متعددة الأرجل، ذات التصميمات المرنة، أداءً فائقاً مقارنةً بالروبوتات التقليدية الصلبة من حيث السرعة والاستقرار وقدرتها على التعامل مع التضاريس الصعبة.[253] أما الروبوتات المستوحاة من سحالي الوزغ، فتتميز بقدرتها على الالتصاق بقوة تبلغ 180 نيوتن، مما يُمكّنها من التسلق والعمل في البيئات ذات الجاذبية المنخفضة أو المنعدمة.[254]

ولتطوير روبوتات مرنة مستوحاة من الأنظمة الحيوية، ينبغي التركيز على دمج العناصر الأساسية بسلاسة، بدءاً من اختيار المواد المناسبة، وتصميم آليات تشغيل مبتكرة، وحتى تطوير نماذج تصميم تحاكي الأداء الحيوي.[255] وتكتسب هذه الروبوتات أهمية مضاعفة، خصوصاً في المجال الطبي، حيث تتطلب التطبيقات الطبية دقة عالية وموثوقية لضمان سلامة المرضى وحماية الأرواح.[256] ومن خلال تعزيز التعاون بين علماء الأحياء وخبراء الهندسة، يمكن فهم الأنظمة الحيوية بشكل أفضل وتطوير روبوتات متقدمة وقادرة على أداء المهام الدقيقة.

التعمق في فهم التفاعل بين الإنسان والروبوت

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

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

ومع ذلك، فإن تبني هذه التقنية على نطاق واسع يواجه العديد من التحديات.[257] ومن أبرز هذه التحديات المخاوف المتعلقة بالسلامة، والمتطلبات التنظيمية، وتأثيرها على سوق العمل، بالإضافة إلى محدودية الموارد. ولكن، يكمن التحدي الأهم في بناء الثقة،[258] خاصة مع تزايد دمج الذكاء الاصطناعي مع الروبوتات.[259] فالثقة هنا لا تقتصر على الاعتماد على الموثوقية التقنية فقط، بل تتعداها إلى بناء علاقة تستند إلى استعداد الإنسان للاعتماد على الروبوتات رغم المخاطر والثغرات الكامنة.[260] وبناءً عليه، يجب بناء هذه العلاقة على أساس التأثيرات الإيجابية من جهة، مع الإقرار بالمخاوف والشكوك من جهة أخرى، مما يضيف بعداً عاطفياً يتجاوز حدود الموثوقية التقنية فقط.[261]

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

دور الروبوتات التعاونية في التصنيع

تطور التصنيع الإضافي، المعروف بالطباعة ثلاثية الأبعاد، من النماذج الأولية السريعة ليصبح قطاعاً مستقلاً مميزاً عن التصنيع التقليدي. ففي التصنيع الإضافي، تتم إضافة طبقات متتالية،[262] مما يتيح الفرصة لتصنيع التصاميم المعقدة[263] دون الحاجة إلى إعادة تجهيز الأدوات.[264] ويعتمد تطور هذا المجال بشكل أساسي على المواد المستخدمة،[265] مثل البوليمرات، والمعادن، والسيراميك، والرمال، بالإضافة إلى المواد المركبة الأخرى.[266]

ويُمكن أن تُسهم الروبوتات التعاونية[267] في اعتماد التصنيع الإضافي على نطاق واسع.[268] حيث يمكنها تحسين قدرات الطباعة، ودعم العمليات خلال مراحل الطباعة المختلفة، بالإضافة إلى تمكين التقاط البيانات وتقديم التقييمات بشكل لحظي، متجاوزة بذلك حدود أنظمة الروبوتات الفردية.[269] ويعتمد نجاح هذه الروبوتات على التخطيط المتقدم، وتقنيات تجنب الاصطدام، وتحسين خصائص المواد ذات الصلة، مدعومة بتقنيات الذكاء الاصطناعي وتعلّم الآلة.[270]

وإلى جانب القدرات التقنية، يكمن التحدي الأساسي في كيفية تقييم جودة التعاون فيما بين الروبوتات بشكل لحظي.[271] وبهذه الطريقة، يُمكن أن تُسهم الروبوتات التعاونية في التصنيع الإضافي في فتح آفاق جديدة للابتكار في مجال التصنيع.

التوجـــــه 9

إعـادة تحديـد الأهداف الإنسانية

الكلمات الرئيسية

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

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

أبرز الاتجاهات في عام 2025

تعزيز دور المرأة في الذكاء الاصطناعي وعلوم البيانات

ورغم أن البيانات تختلف حسب المصدر،[272] فإن حصة النساء في هندسة الذكاء الاصطناعي ارتفعت إلى ما يقرب من 35% بحلول عام 2024،[273] إلا أن العديد من المبادرات تسعى لمعالجة هذه الفجوة. على سبيل المثال، يُعد مشروع "المرأة في علوم البيانات" الدولي من أبرز المبادرات التي تركز على تعزيز دور المرأة في هذا المجال وتمكينها في الذكاء الاصطناعي وعلوم البيانات.[274] كما أن مبادرة "المرأة في الذكاء الاصطناعي" في دول اتحاد بنلوكس (وهو اتحاد سياسي- اقتصادي وتعاون دولي حكومي لثلاثة دول متجاورة في أوروبا الغربية: بلجيكا وهولندا ولوكسمبورغ) تركز على تدريب المرأة للانضمام إلى قائمة خبراء وقادة هذا المجال.[275] وقد أطلقت أيضاً مؤسسة عبد الله الغرير في دولة الإمارات برنامجاً يهدف إلى تمكين المرأة في الذكاء الاصطناعي وتعزيز مشاركتها الفعالة.

سد الفجوة بين الإنسان والتكنولوجيا في خدمة العملاء

في عام 2025، من المتوقع أن يسعى 85% من القادة في مجال خدمة العملاء إلى استكشاف أو اختبار الذكاء الاصطناعي التوليدي الحواري الموجه للعملاء.[277] ورغم تبني الشركات للتكنولوجيا القادرة على تحسين تجربة العميل الرقمية، إلا أن هناك فجوة متزايدة بينها وبين العملاء،[278] فالتكنولوجيا بمفردها لا يمكنها أن تضمن ولاء العملاء.[279] ولذلك، على الشركات تحقيق التوازن بين التبني التكنولوجي[280] وترسيخ الروابط الإنسانية الحقيقية مع عملائها،[281] ضمن إطار تكون فيه التكنولوجيا مجرد أداة لتمكين الأعمال، في حين تكون الأولوية لاحتياجات العملاء الفعلية وتمكينهم من التحكم الكامل في تجربتهم.[282]

الذكاء الاصطناعي والإنسانية

في عام 2024، كشف استبيان شمل خبراء من 68 دولة عن أن 34% منهم يتوقعون تسارعاً ملحوظاً في تأثير الذكاء الاصطناعي على الحياة اليومية والمجتمع بحلول العام المقبل.[283] ومع التغيرات المستمرة في طرق التواصل والتفاعل بين البشر بشكل يعيد صياغة العلاقات الاجتماعية،[284] سيتطور الذكاء الاصطناعي ليعكس أهم الجوانب في ثقافات البشر المختلفة وأنظمتهم الأخلاقية، مع التركيز على تكييف الذكاء الاصطناعي مع احتياجات المناطق المختلفة حول العالم بما يتماشى مع القيم المجتمعية والمصلحة العامة.[285]

الفرص المستقبلية

دور الفنون في تطوير المجتمعات

بناءً على بيانات منظمة اليونسكو في 2022 و2023، كان الاقتصاد الإبداعي واحداً من أسرع القطاعات نمواً على مستوى العالم، حيث حقق إيرادات سنوية تبلغ 2.3 تريليون دولار، مسهماً بنسبة 3.1% من إجمالي الناتج المحلي العالمي، ووفر فرص عمل لحوالي 6.2% من القوى العاملة العالمية.[286] ومن المتوقع أن يصل هذا القطاع، الذي يشمل كل من الفنون التقليدية والوسائط الرقمية،[287] إلى 10% من إجمالي الناتج المحلي العالمي بحلول عام 2030.[288] وبفضل التحول الرقمي، سيصبح هذا القطاع واحداً من أسرع القطاعات نمواً في العالم.[289] ومع ذلك، يواجه الاقتصاد الإبداعي تحديات كبيرة، أبرزها ضعف التمويل الذي يعتمد بشكل أساسي على التبرعات والمنح، مما يجعله عرضة للتأثر بالأزمات الاقتصادية ويؤدي إلى تهميشه في السياسات والاستثمارات،[290] هذا إلى جانب تحديات متعلقة بتراجع عدد الطلاب المسجلين في مختلف فروع التعليم الفني.

التعليم الفني ليس مجرد وسيلة لدعم القطاع الإبداعي، بل هو ركيزة أساسية لتنمية مجموعة من المهارات متعددة التخصصات والتي يمكن الاستفادة منها في مواجهة التحديات العالمية المعقدة.[291] ويؤثر التعليم الفني بشكل إيجابي على الصحة النفسية والتعليم والقدرة على إدارة التغيرات الاجتماعية،[292] كما يُسهم أيضاً في توفير فهم أعمق للحياة،[293] وهو ركيزة أساسية خصوصاً مع استمرار المجتمع في التعامل مع تحديات الذكاء الاصطناعي والتطور التكنولوجي المتسارع.[294]

الاقتصاد الإبداعي
ساهم بنسبة

%3.1

من إجمالي الناتج المحلي العالمي
في 2022 و2023

مختبر تسوية النزاعات القانونية عبر الإنترنت

يوفر حل النزاعات باستخدام الذكاء الاصطناعي إمكانات واعدة لضمان تحقيق العدالة على مستوى العالم.[295] فالأزمة العالمية في مجال العدالة تؤثر على ما لا يقل عن 5.1 مليار شخص حول العالم. على سبيل المثال، في الولايات المتحدة، يعاني الأمريكيون ذوو الدخل المحدود من نقص كبير في الحصول على المساعدة القانونية في 92% من القضايا المدنية.[296]

أظهرت النماذج اللغوية الكبيرة قدرات مذهلة في الوساطة لحل النزاعات،[297] حيث تفوقت أو تساوت مع الوسطاء البشريين في اختيار أنواع إجراءات التدخل المناسبة بنسبة 62%، وفي إنشاء رسائل فعّالة حول تلك الإجراءات بنسبة 84%.[298] ويمكن أن يسهم إنشاء مختبر عالمي لحل النزاعات عبر الإنترنت في تعزيز أدوات الذكاء الاصطناعي المصممة لمعالجة النزاعات التي تمتد عبر الحدود القضائية المختلفة واللغات المتنوعة. وقد اقترحت جامعة كامبريدج معايير لتأسيس مثل هذه المبادرة، ورغم ذلك، ما تزال هناك تحديات قائمة تتعلق بالتحيز، والخصوصية، وضمان التغطية الشاملة عالمياً، مما يتطلب مواصلة البحث والتطوير لتحقيق عدالة متوازنة ومستدامة.[299]

تشهد الساحة القانونية مبادرات مبتكرة تهدف إلى تجربة وتطبيق النماذج اللغوية الكبيرة لتحسين المساعدة القانونية وتبسيط عمليات حل النزاعات. على سبيل المثال، أطلقت كلية القانون بجامعة سوفولك بالتعاون مع جمعية التحكيم الأمريكية مبادرة رقمية مبتكرة تهدف إلى تسوية النزاعات في قضايا الأسرة.[300]

وفي كندا، تقدم محكمة تسوية النزاعات المدنية في كولومبيا البريطانية خدماتها عبر الإنترنت للنظر في الدعاوى الصغيرة والنزاعات المتعلقة بالمركبات،[301] بينما يعمل مختبر تحليل النزاعات بجامعة كوينز كحاضنة للشركات الناشئة المتخصصة في التكنولوجيا القانونية.[302]

الأزمة العالمية في
مجال العدالة تؤثر
على ما لا يقل عن

5.1 مليار

الاحتفاظ بالمواهب

يشكل العمل الهادف وتوافق الوظيفة مع مهارات واهتمامات الأفراد عوامل مهمة في استبقاء المواهب. ومع ذلك، فإن التوافق مع قيم المنظمة يُعتبر أكثر أهمية،[303] خاصةً عندما يتعلق الأمر بجيل "زد" – أي المواليد من عام 1997 إلى 2012، الذين يمثلون 25% من سكان العالم وسيشكلون 27% من القوى العاملة بحلول عام 2025.[304]

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

وتُعد اهتمامات الجيل زد، إلى جانب الأجيال الأخرى، فرصة فريدة للمؤسسات لإعادة تصور ثقافة العمل واستراتيجيات استبقاء الموظفين. فبينما يُولي هذا الجيل أهمية أكبر لاستقرار الوظيفة مقارنة بالتنقل الوظيفي المتكرر،[305] يظل تقييم التوافق مع القيم التنظيمية[306] – بما في ذلك القيم الاجتماعية للشركات – مهمة معقدة. تزداد هذه التحديات إذا كانت معرفة الموظف بذ اته محدودة[307] أو إذا كانت قيم المؤسسة غير واضحة.[308] لذلك، من الضروري أن تعمل المؤسسات على توضيح رؤيتها وقيمها بشكل أكبر، مع خلق بيئة تُمكّن الموظفين من التفاعل مع هذه القيم والمساهمة في تحقيقها، بما يسهم في بناء بيئة عمل جذابة ومستدامة.

وإلى جانب توضيح القيم التنظيمية[309] وضمان الالتزام الحقيقي بها،[310] يمكن تحقيق التوافق بين المؤسسة والموظف بشكل أفضل من خلال قرارات توظيف مدروسة تعود بالنفع على الطرفين.[311] كما يمكن للمنظمات تبني استراتيجيات استشرافية تشمل تشكيل لجان توظيف متنوعة لتقليل التحيز وضمان التوافق الثقافي.[312] إن إعطاء الأولوية للتوافق مع القيم المؤسسية لا يعزز ولاء الموظفين فحسب، بل يضع الشركات في مكانة مميزة كجهات عمل مفضلة. هذا النهج يسهم في بناء ثقافة عمل أكثر إنتاجية وفعالية، تلبي متطلبات سوق العمل المتغير باستمرار.

جيل "زد" سيشكلون

%27

من القوى العاملة في عام 2025

التوجـــــــه 10

تزايد الاهتمام بالصحة المتقدمة والتغذية

الكلمات الرئيسية

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

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

أبرز الاتجاهات في عام 2025 ↙

تزايد الارتباط بين المناخ والصحة

يشكل تغيّر المناخ تهديداً كبيراً على الصحة العامة على مستوى العالم، إذ يدفع حوالي 132 مليون شخص إلى دائرة الفقر، من بينهم 44 مليوناً تأثروا بالتداعيات الناتجة عن تدهور حالتهم الصحية.[313] وفي عام 2023، شهد العالم 50 يوماً إضافياً في السنة ارتفعت فيها درجات الحرارة لدرجة تؤثر على صحة الإنسان. كما أثر الجفاف الحاد على 48% من الأراضي حول العالم،[314] وازدادت حدّة أزمة انعدام الأمن الغذائي لتؤثر على 151 مليون شخص إضافي مقارنةً بالمعدلات المسجلة بين عامي 1981 و2010.[315]

اختناقات أنظمة الرعاية الصحية حول العالم

تختلف تحديات واختناقات نظم الرعاية الصحية عالمياً، حيث تشمل في بعض الدول مثل باكستان نقصاً في الإرشادات والإشراف والتدريب والنظافة أثناء الولادة، مما يؤثر بشكل مباشر على صحة النساء.[316] وفي الولايات المتحدة، يمثل ارتفاع تكلفة التأمين الصحي الخاص وطبيعته الاختيارية عقبة كبيرة، مما يترك ملايين الأفراد بدون تأمين صحي.[317] ورغم وجود فجوات في البيانات،[318] فإن ظواهر مثل الازدحام وطول فترات الانتظار في أقسام الطوارئ باتت شائعة في دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية[319] وحول العالم.[320] بالإضافة إلى ذلك، ما تزال العوائق التي تواجه الحصول على الرعاية الصحية النفسية تحدياً كبيراً على المستوى العالمي.

تجارة اللحوم بين التحولات التنظيمية والمناخية وتفضيلات المستهلكين

بحلول عام 2033، من المتوقع أن تنمو تجارة اللحوم العالمية بنسبة 12%، مدفوعة بزيادة الطلب في إفريقيا جنوب الصحراء وآسيا.[322] ومن المتوقع أن تنمو صادرات اللحوم من أمريكا الشمالية والجنوبية أيضاً لتشكل أكثر من نصف صادرات اللحوم العالمية.[323] يتزامن ذلك مع حظر الاتحاد الأوروبي لاستيراد المواد الغذائية المرتبطة بإزالة الغابات،[324] وتزايد المخاوف بشأن تأثير إنتاج اللحوم على المناخ،[325] بالإضافة إلى زيادة عدد كبار السن حول العالم، وتغير تفضيلات المستهلكين في الدول ذات الدخل المرتفع.[326]

الفرص المستقبلية ↙

علم التخلُّق (ما فوق الجينات) وجودة الهواء

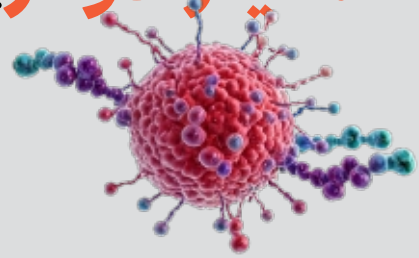
تؤدي البيئة دوراً مهماً في التأثير على علم التخلّق (إيبي جينتك)، وهو العلم الذي يدرس العمليات التي تؤدي إلى تفعيل أو تعطيل جينات معينة، مما يؤثر على الأمراض ليس فقط للأفراد، بل أيضاً للأجيال القادمة.[327]

وتشير الدراسات إلى أن الجسيمات الدقيقة (PM) في الهواء، الناتجة عن عوادم المركبات، والدخان، والغبار على الطرق، وحبوب اللقاح، وبعض الانبعاثات الصناعية، قد تحتوي على مركبات عضوية وغير عضوية تؤثر على التخلّق، وترتبط بمشاكل صحية خطيرة. ورغم محدودية الأبحاث الحالية، فإن الدراسات المستقبلية قد تُسهم في تحديد المؤشرات البيولوجية المرتبطة بهذه الجسيمات، وتطوير تدخلات علاجية تقلل من المخاطر الصحية المرتبطة بها، خاصة في الفئات السكانية الأكثر عرضة للخطر.[328]

وقد بلغت قيمة السوق العالمية للعلاجات فوق الجينية (بما فيها البحث، والتشخيص، والعلاج) 14.6 مليار دولار في عام 2023، مع توقعات بزيادة سنوية تصل إلى نحو 15% بحلول العام 2030.[329] وقد اعتمدت إدارة الغذاء والدواء الأمريكية ثمانية أدوية فوق جينية، يُستخدم ستة منها لعلاج سرطانات الدم، في حين يستخدم النوعان الآخران لعلاج الأورام الصلبة.[330]

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

14.6 مليار دولار



تطوير الطب الدقيق بفضل أبحاث الجينوم

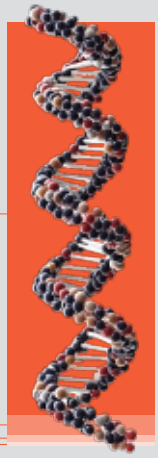
يُحدث الطب الدقيق أو الطب الشخصي ثورة في كيفية التعامل مع الأمراض الوراثية.[331] ففي عام 2023، حصلت أدوية الطب الدقيق على 38% من الموافقات الجديدة التي منحتها إدارة الغذاء والدواء الأمريكية وأكثر من ربع الموافقات منذ عام 2015.[332] ورغم أن الدمج بين فحوصات التصوير بالرنين المغناطيسي واختبارات الجينات الوراثية قد ساعد في تحسين تشخيص الاضطرابات العصبية مثل الشلل الدماغي[333] والتوحد،[334] إلا أننا لم نصل بعد إلى كامل إمكانات الطب الدقيق.[335] فعلى سبيل المثال، يعاني 50 مليون شخص حول العالم من الصرع، ويعيش 80% منهم في دول ذات دخل منخفض أو متوسط.[336] ورغم أن 70% من المصابين بالمرض يمكنهم عيش حياة خالية من النوبات إذا تلقوا العلاج المناسب بعد التشخيص، إلا أن 50% من الحالات لا يتم التوصل إلى أسبابها.[337]

عرض البيانات الجينومية وتنوعها قد يساعد في تحسين القدرات التشخيصية ونتائج العلاج. ومع أن نحو 94.5% من البيانات الجينومية الحالية المستخدمة في الدراسات الجينومية تأتي من أصول أوروبية،[338] فإن توسيع البحث ليشمل مجموعات سكانية متنوعة يمثل فرصة مستقبلية واعدة وخطوة لا بد منها. فهناك خطوات ضرورية لكي نتمكن من تطوير علاجات أكثر دقة وتمكين جميع فئات المجتمع من الاستفادة من مزايا الطب الدقيق، بدءاً من تعزيز تبادل البيانات[339] عبر الفئات السكانية والمناطق الجغرافية، وصولاً إلى الجهود الهادفة إلى تجاوز الحواجز الثقافية[340] والوصمة المتعلقة بالاختبارات الجينية.[341،342]

البيانات الجينومية الحالية المستخدمة في الدراسات الجينومية تأتي من

94.5%

أصول أوروبية



4% أصول آسيوية

0.9% أصول إسبانية وأخرى

0.6% أصول أفريقية

تحسين الإنتاج الزراعي باستخدام الفحم الحيوي

يتم إنتاج الفحم الحيوي، أي الفحم الغني بالكربون، عن طريق التحلل الحراري للكتلة الحيوية في درجات حرارة مرتفعة (500 درجة مئوية).[343] وهو منتج ثانوي لعملية إنتاج الطاقة الحيوية، التي تشكل حالياً 55% من إجمالي الطاقة المتجددة في العالم، والتي يجب أن تنمو بنسبة 8% سنوياً حتى عام 2030 لتحقيق صافي الانبعاثات الصفري بحلول عام 2050.[344] ويمثل الفحم الحيوي فرصة مستقبلية لدعم الاستخدام المستدام والدائري للكتلة الحيوية.

كما أن للفحم الحيوي العديد من الفوائد مثل تحسين صحة التربة، وزيادة القدرة على احتفاظها بالمياه، واحتجاز الكربون.[345] ويمكن أن يُسهم أيضاً في عمليات التسميد،[346] وتنقية المياه،[347] واستخلاص الكربون،[348] وزيادة كمية المحاصيل الزراعية،[349] مما يسهم في تحقيق العديد من أهداف التنمية المستدامة للأمم المتحدة – مثل الهدف السادس (المياه النظيفة والنظافة الصحية)، والهدف الـ 15 (الحياة في البر)، والهدف الـ 13 (العمل المناخي).[350] ويكتسب دور الفحم الحيوي في تعزيز صحة التربة أهمية خاصة في مجال الزراعة المستدامة واستراتيجيات الحد من آثار التغير المناخي، حيث يعمل على تحسين بنية التربة، وزيادة قدرتها على الاحتفاظ بالمياه، وتحسين صحة الكائنات الدقيقة، بالإضافة إلى تقليل الحموضة.[351] وبفضل الفحم الحيوي، يمكن زيادة المحاصيل الزراعية بنسبة 10% حيث يساعد التربة في امتصاص المواد المغذية واحتجازها، ويقضي على الميكروبات الضارة والحشرات، ويجعل النباتات أكثر مقاومة للتأثيرات البيئية.[352]

بفضل الفحم الحيوي، يمكن زيادة المحاصيل الزراعية بنسبة

10%

أعدّ هذا التقرير فريق عمل أبحاث دبي للمستقبل لدى مؤسسة دبي للمستقبل التي تصدر العديد من الدراسات والتقارير الاستشرافية باستخدام الأساليب التحليلية القائمة على الأدلة والخيال بهدف مساعدة الجهات المعنية على التنبؤ بالمستقبل والاستعداد له بشكل أفضل.

يمكنكم الاطلاع على منشوراتنا السابقة عبر الرابط الإلكتروني:

www.dubaifuture.ae/insights

الفهـــرس

dubaifuture.ae/bibliography-global-50-2025

مؤسسة دبي للمستقبل
DUBAI FUTURE FOUNDATION

نبذة عن مؤسسة دبي للمستقبل

تسعى مؤسسة دبي للمستقبل إلى تحقيق رؤية صاحب السمو الشيخ محمد بن راشد آل مكتوم، نائب رئيس الدولة رئيس مجلس الوزراء حاكم دبي، رعاه الله، لجعل دبي رائدة مدن المستقبل ومركزاً عالمياً لتقنياته وتحولاته، بالتعاون مع شركائها من الجهات الحكومية والشركات العالمية والمبتكرين والشركات الناشئة ورواد الأعمال في دولة الإمارات وخارجها.

وتتمثل ركائز استراتيجية المؤسسة في تخيّل المستقبل وتصميمه وتنفيذه، وذلك بدعم وإشراف سمو الشيخ حمدان بن محمد بن راشد آل مكتوم، ولي عهد دبي نائب رئيس مجلس الوزراء وزير الدفاع، رئيس مجلس أمناء مؤسسة دبي للمستقبل. وتطلق المؤسسة برامج ومبادرات محلية وعالمية ومشاريع مبتكرة ونوعية لتحقيق هذا الهدف، كما تتولى إعداد خطط واستراتيجيات مستقبلية وتقارير حول السيناريوهات المستقبلية المحتملة، بما يدعم مكانة دبي كمركز عالمي لتطوير وتبني أحدث الحلول والممارسات المبتكرة لخدمة الإنسانية.

وتركز المؤسسة على تحديد أبرز التحديات التي تواجه المدن والمجتمعات والقطاعات في المستقبل وتحويلها إلى فرص نمو واعدة من خلال جمع البيانات وتحليلها ودراسة التوجهات العالمية ومواكبة التغيرات المتسارعة. كما تحرص على استكشاف القطاعات الجديدة والناشئة وتكاملها مع القطاعات والصناعات القائمة.

وتشرف مؤسسة دبي للمستقبل على عدد كبير من المشاريع والمبادرات الرائدة مثل متحف المستقبل، ومنطقة 2071، ومسرعات دبي للمستقبل، ومختبرات دبي للمستقبل، وأكاديمية دبي للمستقبل، ومختبر دبي للتصميم، ودبي 10X، ومركز الثورة الصناعية الرابعة في الإمارات، وحي دبي للمستقبل، وحلول دبي للمستقبل، ومركز دبي لاستخدامات الذكاء الاصطناعي، ومنتدى دبي للمستقبل، وملتقى دبي للذكاء الاصطناعي، وغيرها. وتسهم المؤسسة، من خلال مبادراتها المعرفية ومراكزها لتصميم المستقبل، في بناء قدرات أصحاب المواهب، وتمكينهم وصقل مهاراتهم، بما يمكّنهم من الإسهام في تحقيق التنمية المستدامة في دبي ودولة الإمارات.

إخلاء مسؤولية

تم إعداد هذا التقرير لأغراض إعلامية وتعليمية وإرشادية. ويتضمن توجهات مستقبلية مبنية على الدراسات والبحوث، وليس الهدف منها بالضرورة تبنيها كما هي أو العمل بها. وبناءً عليه، تخلي مؤسسة دبي للمستقبل مسؤوليتها بالكامل عن كل ما يتعلق بمحتوى التقرير واستخدامه. كما أن النتائج والتفسيرات والاستنتاجات الواردة في هذا التقرير لا تمثل بالضرورة آراء مؤسسة دبي للمستقبل.

المعلومات الواردة في هذا التقرير تستند إلى الدراسات والبحوث والبيانات المتاحة حتى تاريخ النشر. ويهدف التقرير إلى تقديم المعلومات وتحفيز التفكير النقدي واتخاذ القرارات المستنيرة في مجالات استشراف المستقبل. وتخلي مؤسسة دبي للمستقبل مسؤوليتها بالكامل فيما يتعلق بمحتوى واستخدام التقرير (أو أي اعتماد عليه، وخصوصاً، أي تفسير أو قرار أو إجراءات تعتمد على المعلومات الموجودة في هذا التقرير). ولا توصي مؤسسة دبي للمستقبل كما أنها لا تؤيد أي إجراءات أو استراتيجيات أو وجهات نظر تمت مناقشتها في هذا التقرير.

قد تمتلك أطراف أخرى حقوق ملكية في بعض المحتوى الوارد في هذا التقرير. وبأي حال من الأحوال، فإن مؤسسة دبي للمستقبل لا تدّعي أو تضمن امتلاكها أو سيطرتها على جميع الحقوق في المحتوى بأكمله، ولن تكون مؤسسة دبي للمستقبل مسؤولة أمام المستخدمين عن أي مطالبات تقدم ضدهم من قبل أطراف ثالثة فيما يتعلق باستخدامهم لأي محتوى.

© 2025 جميع حقوق الطبع والنشر محفوظة لمؤسسة دبي للمستقبل.

جميع المواد الواردة في هذا التقرير مرخصة بموجب رخصة المشاع الإبداعي - نَسب المصنف 4.0 دولي (رخصة المشاع الإبداعي)، باستثناء المحتوى المقدم من أطراف ثالثة أو الشعارات أو أي مادة محمية بعلامة تجارية أو مشار إليها في هذا التقرير. رخصة المشاع الإبداعي اتفاقية ترخيص نموذجية تتيح نسخ التقرير وتوزيعه ونقله وتكييفه شريطة نسب العمل لصاحبه، وهي متاحة على الرابط:

https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode

يمكن الاطلاع على القائمة الكاملة لمعلومات الأطراف الثالثة المدرجة في هذا التقرير ومواردها ضمن قسم الملاحظات وقائمة المراجع. ويستثني إخلاء المسؤولية بصفة خاصة العلامات التجارية لكلمة مؤسسة دبي للمستقبل وشعارها من نطاق ترخيص المشاع الإبداعي هذا.

تم إعداد هذا التقرير باللغة الإنجليزية، وتمت ترجمته إلى اللغة العربية بهدف إيصال التقرير إلى أكبر شريحة ممكنة من القرّاء. ورغم الجهود المبذولة لضمان الدقة في الترجمة، إلا أنه يجب الرجوع إلى النسخة الإنجليزية في حال وجود أي تناقضات أو اختلافات بين النسختين.

المراجـــع

1 Coleman, J. (2023) 'The Surprising Possibilities of See-Through Wood'. Smithsonian Magazine. 19 December. www.smithsonianmag.com/innovation/the-surprising-possibilities-of-see-through-wood-180983471/

2 City University of Hong Kong (2023) 'CityU revolutionary cooling ceramic enhances energy efficiency and combats global warming through its application in building construction'. 10 November. www.cityu.edu.hk/media/press-release/2023/11/10/cityu-revolutionary-cooling-ceramic-enhances-energy-efficiency-and-combats-global-warming-through-its-application-building-construction

3 City University of Hong Kong (2023) 'CityU revolutionary cooling ceramic enhances energy efficiency and combats global warming through its application in building construction'. 10 November. www.cityu.edu.hk/media/press-release/2023/11/10/cityu-revolutionary-cooling-ceramic-enhances-energy-efficiency-and-combats-global-warming-through-its-application-building-construction

4 Liu, G. et al. (2024) 'Biocatalytic membranes with crosslinked enzyme aggregates for micropollutant removal'. Chemical Engineering Journal, 479. https://doi.org/10.1016/j.cej.2023.147635

5 International Energy Agency (2022) 'The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions: Executive summary'. March. www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions/executive-summary

6 Vekasi, K. (2022) 'Wind Power, Politics, and Magnets'. Harvard University. 18 November. https://epicenter.wcfia.harvard.edu/blog/wind-power-politics-and-magnets

7 International Energy Agency (n.d.) 'The role of critical minerals in clean energy transitions: Critical Minerals'.www.iea.org/topics/critical-minerals (retrieved 3 January 2025)

8 International Energy Agency (2024) 'Global Critical Minerals Outlook 2024'. May. https://iea.blob.core.windows.net/assets/ee01701d-1d5c-4ba8-9df6-abeeac9de99a/GlobalCriticalMineralsOutlook2024.pdf

9 Chandler, D. (2021) 'MIT-designed project achieves major advance toward fusion energy'. MIT News. 8 September. https://news.mit.edu/2021/MIT-CFS-major-advance-toward-fusion-energy-0908

10 National Institute of Biomedical Imaging and Bioengineering (n.d.) 'Magnetic Resonance Imaging (MRI)'. www.nibib.nih.gov/science-education/science-topics/magnetic-resonance-imaging-mri (retrieved 3 January 2025)

11 Cleveland Clinic (2022) 'Transcranial Magentic Stimulation (TMS)'. 29 August. https://my.clevelandclinic.org/health/treatments/17827-transcranial-magnetic-stimulation-tms

12 Nayebossadri, S. et al (2024) 'Hydrogen-assisted recycling of Nd-Fe-B magnets from the end-of-life audio products'. Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 603. https://doi.org/10.1016/j.jmmm.2024.172239

13 International Energy Agency (2024) 'Global Critical Minerals Outlook 2024'. May. https://iea.blob.core.windows.net/assets/ee01701d-1d5c-4ba8-9df6-abeeac9de99a/GlobalCriticalMineralsOutlook2024.pdf

14 International Energy Agency (2024) 'Global Critical Minerals Outlook 2024'. May. https://iea.blob.core.windows.net/assets/ee01701d-1d5c-4ba8-9df6-abeeac9de99a/GlobalCriticalMineralsOutlook2024.pdf

15 International Energy Agency (2024) 'Global Critical Minerals Outlook 2024'. May. https://iea.blob.core.windows.net/assets/ee01701d-1d5c-4ba8-9df6-abeeac9de99a/GlobalCriticalMineralsOutlook2024.pdf

16 Rallabandi, V., Ozpineci, B. and Kumar, P. (2024) 'How to Build EV Motors Without Rare Earth Elements Experimental motors use exotic materials and clever configurations'. Institute of Electrical and Electronics Engineers. 2 July. https://spectrum.ieee.org/ev-motor

17 King's College London (2024) 'Scientists create world's strongest iron-based superconducting magnet using AI'.7 June. www.kcl.ac.uk/news/scientists-create-worlds-strongest-iron-based-superconducting-magnet-using-ai

18 Science Direct (n.d.) 'Biomimetic Material'. www.sciencedirect.com/topics/engineering/biomimetic-material (retrieved 3 January 2025)

19 Hwang, J. et al. (2015) 'Biomimetics: forecasting the future of science, engineering, and medicine'. International Journal of Nanomedicine, 10(1): 5701-5713 https://doi.org/10.2147/IJN.S83642

20 Saunders, T. (2023) 'How old is Earth? Our world's surprising age, explained'. BBC Science Focus. 5 July. www.sciencefocus.com/planet-earth/how-old-is-the-earth

21 Hamilton, T. (2008) 'Whale-Inspired Wind Turbines'. MIT Technology Review. 6 March. www.technologyreview.com/2008/03/06/221447/whale-inspired-wind-turbines/

22 Yu, Z. et al. (2020) 'Namib desert beetle inspired special patterned fabric with programmable and gradient wettability for efficient fog harvesting'. Journal of Materials Science & Technology, 61:85-92. https://doi.org/10.1016/j.jmst.2020.05.054

23 Casey, L. (2021) 'Conjuring water from thin Air – A beetle's guide to innovation'. The University of Sydney. 22 January. www.sydney.edu.au/science/news-and-events/2021/01/22/conjuring-water-from-thin-air.html

24 Ye, W., Tee, B.C.K. and Andal, S. (2024) 'Deep Tech Series Vol. 6: How Nature-Inspired Deep Tech is Shaping a Sustainable Future'. United Nations Development Programme. 16 October. www.undp.org/policy-centre/singapore/blog/deep-tech-series-vol-6-how-nature-inspired-deep-tech-shaping-sustainable-future

25 Lebdioui, A. (2022) 'Nature-inspired innovation policy: Biomimicry as a pathway to leverage biodiversity for economic development'. Ecological Economics, 202. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2022.107585

26 Becher, C. et al. (2023) '2023 roadmap for materials for quantum technologies'. Materials for Quantum Technology, 3. https://doi.org/10.1088/2633-4356/aca3f2

27 Becher, C. et al. (2023) '2023 roadmap for materials for quantum technologies'. Materials for Quantum Technology, 3. https://doi.org/10.1088/2633-4356/aca3f2

28 Becher, C. et al. (2023) '2023 roadmap for materials for quantum technologies'. Materials for Quantum Technology, 3. https://doi.org/10.1088/2633-4356/aca3f2

29 Bogobowicz, M. et al. (2024) 'Steady progress in approaching the quantum advantage'. McKinsey & Company. 24 April.www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/steady-progress-in-approaching-the-quantum-advantage#/

30 Bogobowicz, M. et al. (2024) 'Steady progress in approaching the quantum advantage'. McKinsey & Company. 24 April.www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/steady-progress-in-approaching-the-quantum-advantage#/

31 Bogobowicz, M. et al. (2024) 'Steady progress in approaching the quantum advantage'. McKinsey & Company. 24 April.www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/steady-progress-in-approaching-the-quantum-advantage#/

32 Bogobowicz, M. et al. (2024) 'Steady progress in approaching the quantum advantage'. McKinsey & Company. 24 April.www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/steady-progress-in-approaching-the-quantum-advantage#/

33 DataReportal (2024) 'Digital around the world'. https://datareportal.com/global-digital-overview (retrieved 15 January 2025)

34 Johnson, H. (2024) 'About 2.5 billion people lack internet access: How connectivity can unlock their potential'. World Economic Forum. 25 September. www.weforum.org/stories/2024/09/2-5-billion-people-lack-internet-access-how-connectivity-can-unlock-their-potential/

35 GSMA (2024) 'New GSMA report shows mobile internet connectivity continues to grow globally but barriers for 3.45 billion unconnected people remain'. 23 October. www.gsma.com/newsroom/press-release/new-gsma-report-shows-mobile-internet-connectivity-continues-to-grow-globally-but-barriers-for-3-45-billion-unconnected-people-remain/

36 Flinders, M. and Smalley, I. (2024) 'What is data sovereignty?'. IBM. 3 June.www.ibm.com/think/topics/data-sovereignty

37 Chen, M. (2024) 'What is Data Sovereignty?'. Oracle Cloud Infrastructure (OCI). 2 May. www.oracle.com/ae/cloud/sovereign-cloud/data-sovereignty/

38 Afzal, S. et al. (2024) 'A Survey on Energy Consumption and Environmental Impact of Video Streaming'. Journal of the Association for Computing Machinery, 1(1). https://arxiv.org/pdf/2401.09854

39 Netflix (2023) 'Environmental Social Governance Report 2023'. https://s22.q4cdn.com/959853165/files/doc_downloads/2024/6/2023-Netflix-Environmental-Social-Governance-Report.pdf

40 Organization for Economic Co-operation and Development (2024) 'OECD Digital Economy Outlook 2024 (Volume 1): Embracing the Technology Frontier'. OECD Publishing. 14 May. https://doi.org/10.1787/45ba765d-en

41 Semaan, E. et al. (2024) '6G spectrum – enabling future mobile life beyond 2030'. Ericsson. May. www.ericsson.com/49ac9c/assets/local/reports-papers/white-papers/2024/6g-spectrum.pdf

42 Semaan, E. et al. (2024), '6G spectrum – enabling future mobile life beyond 2030', Ericsson. Online. 8 Oct. www.ericsson.com/49ac9c/assets/local/reports-papers/white-papers/2024/6g-spectrum.pdf

43 Chafii, M. et al. (2023) 'Twelve Scientific Challenges for 6G: Rethinking the Foundations of Communications Theory'. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 25(2): 868-904. https://doi.org/10.1109/COMST.2023.3243918

44 Semaan, E. et al. (2024) ‘6G spectrum – enabling future mobile life beyond 2030’. Ericsson. May. www.ericsson.com/49ac9c/assets/local/reports-papers/white-papers/2024/6g-spectrum.pdf

45 Cisco (n.d.) ‘What Are 5G Speeds?’. www.cisco.com/c/en/us/solutions/what-is-5g/what-are-5g-speeds.html (retrieved 3 January 2025)

46 De Luca, S. (2024) ‘The path to 6G’. European Parliament. January. www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2024/757633/EPRS_BRI(2024)757633_EN.pdf

47 De Luca, S. (2024) ‘The path to 6G’. European Parliament. January. www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2024/757633/EPRS_BRI(2024)757633_EN.pdf

48 De Luca, S. (2024) ‘The path to 6G’. European Parliament. January. www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2024/757633/EPRS_BRI(2024)757633_EN.pdf

49 Chafii, M. et al. (2023) ‘Twelve Scientific Challenges for 6G: Rethinking the Foundations of Communications Theory’. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 25(2): 868-904. https://doi.org/10.1109/COMST.2023.3243918

50 Chafii, M. et al. (2023) ‘Twelve Scientific Challenges for 6G: Rethinking the Foundations of Communications Theory’. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 25(2): 868-904. https://doi.org/10.1109/COMST.2023.3243918

51 Radivon, A. et al. (2024) ‘Expanding THz Vortex Generation Functionality with Advanced Spiral Zone Plates Based on Single-Walled Carbon Nanotube Films’. Advanced Optical Materials, 12(17). https://doi.org/10.1002/adom.202303282

52 Rhode and Schwarz (n.d.) ‘Reconfigurable intelligent surfaces (RIS)’. www.rohde-schwarz.com/se/solutions/wireless-communications-testing/wireless-standards/6g/reconfigurable-intelligent-surfaces-ris/reconfigurable-intelligent-surfaces-ris_257043.html (retrieved 3 January 2025)

53 Pahud de Mortanges, A. et al. (2024) ‘Orchestrating explainable artificial intelligence for multimodal and longitudinal data in medical imaging’. npj Digital Medicine, 7. https://doi.org/10.1038/s41746-024-01190-w

54 Keskin, Ç. and Çiftçi, E. (2024) ‘Multimodal AI’. PwC. 26 April. www.pwc.com.tr/en/multimodal-ai

55 McKinsey & Company (2023) ‘What’s the future of generative AI? An early view in 15 charts’. 25 August. www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/whats-the-future-of-generative-ai-an-early-view-in-15-charts

56 Rodis, N. et al. (2024) ‘Multimodal Explainable Artificial Intelligence: A Comprehensive Review of Methodological Advances and Future Research Directions’. IEEE Access, 12: 159794-159820. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3467062

57 Ali, S. et al. (2023) ‘Explainable Artificial Intelligence (XAI): What we know and what is left to attain Trustworthy Artificial Intelligence’. Information Fusion, 99. https://doi.org/10.1016/j.inffus.2023.101805

58 Keskin, Ç. and Çiftçi, E. (2024) ‘Multimodal AI’. PwC. 26 April. www.pwc.com.tr/en/multimodal-ai

59 OpenAI (2023) ‘ChatGPT can now see, hear and speak’. 25 September. https://openai.com/index/chatgpt-can-now-see-hear-and-speak/

60 Gartner (2024) ‘Gartner Predicts 40% of Generative AI Solutions Will Be Multimodal By 2027’. 9 September. www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2024-09-09-gartner-predicts-40-percent-of-generative-ai-solutions-will-be-multimodal-by-2027.

61 Johnson & Wales University (JWU) (2024) ‘How Sports Analytics Enhances Performance and Efficiency’. 4 May. https://online.jwu.edu/blog/how-sports-analytics-enhances-efficiency-and-performance/

62 Catapult (n.d.) ‘Our solutions’. www.catapult.com (retrieved 3 January 2025)

63 Stats Perform (n.d.) ‘Optical Player Tracking’. www.statsperform.com/team-performance/basketball/optical-tracking/ (retrieved 3 January 2025)

64 PwC (n.d.) ‘Sports Industry Outlook 2024: What's Next In Sports: 2025 outlook launching in January’. www.pwc.com/us/en/industries/tmt/library/sports-outlook-north-america.html (retrieved 3 January 2025)

65 PwC (n.d.) ‘Artificial intelligence – The MVP for personalizing sports’. www.pwc.com/us/en/industries/tmt/library/artificial-intelligence-in-sports.html (retrieved 3 January 2025)

66 International Olympics Committee (2024) ‘AI and tech innovations at Paris 2024: A game changer in sport’. 20 July.https://olympics.com/ioc/news/ai-and-tech-innovations-at-paris-2024-a-game-changer-in-sport

67 Allied Analytics LLP (2024) ‘AI in Sports Market to Reach $29.7 Billion by 2032 at 30.1% CAGR: Allied Market Research’. Globe Newswire. 14 February. www.globenewswire.com/news-release/2024/02/14/2829174/0/en/AI-in-Sports-Market-to-Reach-29-7-Billion-by-2032-at-30-1-CAGR-Allied-Market-Research.html

68 Kreacic, A. et al. (2024) 'The New Growth Agenda'. Oliver Wyman Forum and New York Stock Exchange. www.oliverwymanforum.com/content/dam/oliver-wyman/ow-forum/Permacrisis/The_New_Growth_Agenda.pdf

69 Swiss Re Institute (2024) 'SONAR 2024: New emerging risk insights'. 12 June. www.swissre.com/institute/research/sonar/sonar2024.html

70 IBM (2024) 'Cost of a Data Breach Report 2024'. www.ibm.com/reports/data-breach

71 Igarape Institute (2023) 'Global Futures Bulletin: The global threat of disinformation and misinformation in Latin America and how to fight back'. November. https://igarape.org.br/wp-content/uploads/2023/11/Global-Futures-Bulletin-Disinformation.pdf

72 American Psychological Association (APA) (n.d.) 'Misinformation and disinformation'. www.apa.org/topics/journalism-facts/misinformation-disinformation (retrieved 3 January 2025)

73 Cavaciuti-Wishart, E. et al. (2024) 'Global Risks Report 2024: 19th Edition Insight Report'. World Economic Forum. January. www3.weforum.org/docs/WEF_The_Global_Risks_Report_2024.pdf

74 Cavaciuti-Wishart, E. et al. (2024) 'Global Risks Report 2024: 19th Edition Insight Report'. World Economic Forum. January. www3.weforum.org/docs/WEF_The_Global_Risks_Report_2024.pdf

75 Watt, N., Riedlinger, M. and Montaña-Niño, S. (2025) 'Meta is abandoning fact checking – this doesn't bode well for the fight against misinformation'. The Conversation. 8 January. https://theconversation.com/meta-is-abandoning-fact-checking-this-doesnt-bode-well-for-the-fight-against-misinformation-246878

76 Deloitte (2023) 'Consumer privacy: A business imperative in the digital age'. 3 December. www.deloitte.com/middle-east/en/our-thinking/mepov-magazine/securing-the-future/consumer-privacy.html

77 Sherman, J. (2024) 'Finding security in digital public infrastructure'. Atlantic Council. 21 October. www.atlanticcouncil.org/in-depth-research-reports/issue-brief/finding-security-in-digital-public-infrastructure/

78 Senbet, L. et al. (2024) 'Foresight Africa: Top priorities for the continent in 2024'. Brookings Institution. 26 January.www.brookings.edu/wp-content/uploads/2024/01/ForesightAfrica2024.pdf

79 Webb, A. et al (2024) '2024 Tech Trends Report'. Future Today Institute. https://futuretodayinstitute.com/wp-content/uploads/2024/03/TR2024_Full-Report_FINAL_LINKED.pdf

80 Sherman, J. (2024) 'Finding security in digital public infrastructure'. Atlantic Council. 21 October. www.atlanticcouncil.org/in-depth-research-reports/issue-brief/finding-security-in-digital-public-infrastructure/

81 Gille, F., Smith, S. and Mays, N. (2022) 'Evidence-based guiding principles to build public trust in personal data use in health systems'. Digital health, 2022(8). https://doi.org/10.1177/20552076221111947

82 Cheng, J. (2022) 'The Social and Psychological Consequences of Ransomware Attacks'. ISACA. 7 October. www.isaca.org/resources/news-and-trends/isaca-now-blog/2022/the-social-and-psychological-consequences-of-ransomware-attacks

83 Bada, M. and Nurse, J.R.C. (2020) 'The social and psychological impact of cyberattacks'. Emerging Cyber Threats and Cognitive Vulnerabilities: 73-92. www.researchgate.net/publication/338313135_The_social_and_psychological_impact_of_cyberattacks/link/5e86f53d4585150839b96a08/download

84 Shaw, V. (2024) 'Research reveals mental and physical impact of fraud on victims' wellbeing'. The Independent. 21 March. www.independent.co.uk/money/research-reveals-mental-and-physical-impact-of-fraud-on-victims-wellbeing-b2516069.html

85 St. John, M. (2024) 'Cybersecurity Stats: Facts And Figures You Should Know'. Forbes. 28 August. www.forbes.com/advisor/education/it-and-tech/cybersecurity-statistics/

86 Sarkar, G. and Shukla, S. (2023) 'Behavioural analysis of cybercrime: Paving the way for effective policing strategies'. Journal of Economic Criminology, 2. https://doi.org/10.1016/j.jeconc.2023.100034

87 Byrnes, F. (2020) 'The value of psychology and cognitive science in Cybersecurity'. IBM. 9 March. www.ibm.com/blogs/ibm-anz/psychology-and-cybersecurity/

88 Haney, J., Cunningham, C. and Furman, S.M. (2024) 'Towards Integrating Human-Centered Cybersecurity Research Into Practice: A Practitioner Survey'. Workshop on Usable Security and Privacy (USEC). 30 January. www.nist.gov/publications/towards-integrating-human-centered-cybersecurity-research-practice-practitioner-survey

89 Fouad, N.S. (2024) 'Cyberbiosecurity in the new normal: Cyberbio risks, pre-emptive security, and the global governance of bioinformation'. European Journal of International Security, 9(4):553-573. https://doi.org/10.1017/eis.2024.19

90 Annaratone, L. et al. (2021) 'Basic principles of biobanking: from biological samples to precision medicine for patients'. Virchows Archiv: an international journal of pathology, 479(2):233–246. https://doi.org/10.1007/s00428-021-03151-0

91 Fouad, N.S. (2024) 'Cyberbiosecurity in the new normal: Cyberbio risks, pre-emptive security, and the global governance of bioinformation'. European Journal of International Security, 9(4):553-573. https://doi.org/10.1017/eis.2024.19

92 Jeselyn and Trajano, J.C.I. (2024) 'CO24156 | Cyberbiosecurity: Adapting to Emerging Threats in the Biosecurity Landscape'. S. Rajaratnam School of International Studies (RSIS). 17 October. www.rsis.edu.sg/rsis-publication/rsis/cyberbiosecurity-adapting-to-emerging-threats-in-the-biosecurity-landscape/

93 Fouad, N.S. (2024) 'Cyberbiosecurity in the new normal: Cyberbio risks, pre-emptive security, and the global governance of bioinformation'. European Journal of International Security, 2024;9(4): 553-573. https://doi.org/10.1017/eis.2024.19

94 London Metropolitan University (n.d.) 'Biological Security Research Centre'. www.londonmet.ac.uk/research/centres-groups-and-units/biological-security-research-centre/ (retrieved 3 January 2025)

95 London Metropolitan University (n.d.) 'International Biological Security Education Network'. https://ibsen.org.uk/ (retrieved 3 January 2025)

96 Altman, S.A. and Bastian, C.R. (2024) 'DHL Global connectedness report 2024: An in-depth analysis of the state of globalization'. DHL Group. February. www.doi.org/10.58153/7jt4h-p0738

97 IBM (2024) 'Cost of a Data Breach Report 2024'.www.ibm.com/reports/data-breach

98 Castellvi, S. (2024) 'Advancing global interoperability: The role of standardization in data spaces'. International Data Spaces Association. 5 April. https://internationaldataspaces.org/advancing-global-interoperability-the-role-of-standardization-in-data-spaces/

99 Hardy, A. (2024) 'Estonia's digital diplomacy: Nordic interoperability and the challenges of cross-border e-governance'. Internet Policy Review, 13(3): 1-31. https://doi.org/10.14763/2024.3.1785%0A

100 Smil, V. (2004) 'World History and Energy'. Encylopedia of Energy, 6. https://vaclavsmil.com/wp-content/uploads/2024/10/smil-article-2004world-history-energy.pdf

101 Insead Knowledge (2022) 'Bob Ayres at 90: Key Insights on Energy in the Economy'. 26 July. https://knowledge.insead.edu/responsibility/bob-ayres-90-key-insights-energy-economy

102 The Global Goals (n.d.) '7 Affordable and Clean Energy: Ensure access to affordable, reliable, sustainable and modern energy for all'.www.globalgoals.org/goals/7-affordable-and-clean-energy/ (retrieved 3 January 2025)

103 World Bank Group (2024) 'New Partnership Aims to Connect 300 Million to Electricity by 2030'. 17 April.www.worldbank.org/en/news/press-release/2024/04/17/new-partnership-aims-to-connect-300-million-to-electricity-by-2030

104 EY (2024) 'Tech Trends Series: EY India'. July. www.ey.com/content/dam/ey-unified-site/ey-com/en-in/services/technology/tech-trends-series/ey-india-tech-trends-series-july-2024-v1.pdf

105 Six Flags (2023) 'Six Flags Magic Mountain Breaks Ground on California's Largest Solar Energy Project'. 1 November.www.sixflags.com/six-flags-magic-mountain-breaks-ground-on-californias-largest-solar-energy-project

106 China Nuclear National Corporation (2024) 'Hainan Nuclear Power, IAEA sign a capacity-building execution deal over SMRs construction'. 8 November. https://en.cnnc.com.cn/2024-11/08/c_1043524.htm

107 Amazon (2024) 'Amazon signs agreements for innovative nuclear energy projects to address growing energy demands: New Small Modular Reactor agreements are part of Amazon's plan to transition to carbon-free energy'. 16 October. www.aboutamazon.com/news/sustainability/amazon-nuclear-small-modular-reactor-net-carbon-zero

108 Calma, J. (2024) 'Google inks nuclear deal for next-generation reactors'. The Verge. 15 October. www.theverge.com/2024/10/15/24270645/google-nuclear-energy-deal-small-modular-reactor-kairos

109 Krutnik, M. et al. (2024) 'Global Energy Perspective 2023: Sustainable fuels outlook'. McKinsey & Company. 10 January. www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/global-energy-perspective-2023-sustainable-fuels-outlook

110 Jeswani, H.K, Chilvers, A. and Azapagic, A. (2020) 'Environmental sustainability of biofuels: a review'. Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 476(2243). https://doi.org/10.1098/rspa.2020.0351

111 Jeswani, H.K, Chilvers, A. and Azapagic, A. (2020) 'Environmental sustainability of biofuels: a review'. Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 476(2243). https://doi.org/10.1098/rspa.2020.0351

112 Suzan, S. (2024) 'The advanced and waste biofuels paradox: Availability and sustainability of advanced and waste biofuels'. Transport and Environment. July. www.transportenvironment.org/uploads/files/202407_TE_advanced_biofuels_report-2.pdf

113 Krishnan, M. et al. (2022) 'The Net-zero transition: What it would cost, what it could bring'. McKinsey & Company. January.www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/business%20functions/sustainability/our%20insights/the%20net%20zero%20transition%20what%20it%20would%20cost%20what%20it%20could%20bring/the-net-zero-transition-what-it-would-cost-and-what-it-could-bring-final.pdf

114 The American Experience Trust (n.d.) 'Game Theory Explained'. PBS. www.pbs.org/wgbh/americanexperience/features/nash-game/ (retrieved 3 January 2025)

115 Yarar, N. et al. (2024) 'A Comprehensive Review Based on the Game Theory with Energy Management and Trading'. Energies, 17(15). https://doi.org/10.3390/en17153749

116 Aviso, K.B. (2024) 'Use game theory for climate models that really help reach net zero goals'. Nature, 628(502). https://doi.org/10.1038/d41586-024-01083-8

117 Jain, H. (2024) 'From pollution to progress: Groundbreaking advances in clean technology unveiled'. Innovation and green development, 3(2). https://doi.org/10.1016/j.igd.2024.100143

118 International Energy Agency (2023) 'The State of Clean Technology Manufacturing: An Energy Technology Perspectives Special Briefing'. May. www.iea.org/reports/the-state-of-clean-technology-manufacturing/analysis

119 International Energy Agency (2023) 'The world is entering a new age of clean technology manufacturing, and countries' industrial strategies will be key to success'. 12 January.www.iea.org/news/the-world-is-entering-a-new-age-of-clean-technology-manufacturing-and-countries-industrial-strategies-will-be-key-to-success

120 International Energy Agency (2023) 'The world is entering a new age of clean technology manufacturing, and countries' industrial strategies will be key to success'. 12 January. www.iea.org/news/the-world-is-entering-a-new-age-of-clean-technology-manufacturing-and-countries-industrial-strategies-will-be-key-to-success

121 International Energy Agency (2023) 'The world is entering a new age of clean technology manufacturing, and countries' industrial strategies will be key to success'. 12 January. www.iea.org/news/the-world-is-entering-a-new-age-of-clean-technology-manufacturing-and-countries-industrial-strategies-will-be-key-to-success

122 International Energy Agency (2023) 'The world is entering a new age of clean technology manufacturing, and countries' industrial strategies will be key to success'. 12 January. www.iea.org/news/the-world-is-entering-a-new-age-of-clean-technology-manufacturing-and-countries-industrial-strategies-will-be-key-to-success

123 International Energy Agency (2024) 'Global Hydrogen Review 2024'. October. https://iea.blob.core.windows.net/assets/89c1e382-dc59-46ca-aa47-9f7d41531ab5/GlobalHydrogenReview2024.pdf

124 International Energy Agency (2024) 'Global Hydrogen Review 2024'. October. https://iea.blob.core.windows.net/assets/89c1e382-dc59-46ca-aa47-9f7d41531ab5/GlobalHydrogenReview2024.pdf

125 Gulli, C. et al. (2024) 'Global Energy Perspective 2023: Hydrogen outlook'. McKinsey & Company. 10 January. www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/global-energy-perspective-2023-hydrogen-outlook

126 International Energy Agency (2024) 'Global Hydrogen Review 2024'. October. https://iea.blob.core.windows.net/assets/89c1e382-dc59-46ca-aa47-9f7d41531ab5/GlobalHydrogenReview2024.pdf

127 International Energy Forum (2023) 'Energy transition to trigger huge growth in platinum for hydrogen'. 4 September. www.ief.org/news/energy-transition-to-trigger-huge-growth-in-platinum-for-hydrogen

128 International Energy Forum (2023) 'Energy transition to trigger huge growth in platinum for hydrogen'. 4 September. www.ief.org/news/energy-transition-to-trigger-huge-growth-in-platinum-for-hydrogen

129 International Energy Forum (2023) 'Energy transition to trigger huge growth in platinum for hydrogen'. 4 September. www.ief.org/news/energy-transition-to-trigger-huge-growth-in-platinum-for-hydrogen

130 Kepenienė, V. and Tamašauskaitė-Tamašiūnaitė, L. (2024) 'Advanced Catalytic Materials for Renewable Energy Sources'. Catalysts, 14(8). https://doi.org/10.3390/catal14080497

131 Gartner (2023) 'Top 10 Strategic Technology Trends 2024'. 16 October. https://emt.gartnerweb.com/ngw/globalassets/en/publications/documents/2024-gartner-top-strategic-technology-trends-ebook.pdf

132 Crawford, K. (2024) 'Generative AI's environmental costs are soaring – and mostly secret'. Nature, 626. https://doi.org/10.1038/d41586-024-00478-x

133 Crawford, K. (2024) 'Generative AI's environmental costs are soaring – and mostly secret'. Nature, 626. https://doi.org/10.1038/d41586-024-00478-x

134 United Nations Development Programme (2024) 'The Peoples' Climate Vote 2024'. 20 June. www.undp.org/publications/peoples-climate-vote-2024

135 United Nations Development Programme (2024) 'The Peoples' Climate Vote 2024'. 20 June. www.undp.org/publications/peoples-climate-vote-2024

136 Sextus, C.P., Hytten, K.F. and Perry, P. (2024) 'A Systematic Review of Environmental Volunteer Motivations'. Society and Natural Resources, 37(11): 1591-1608. https://doi.org/10.1080/08941920.2024.2381202

137 Senbet, L. et al. (2024) 'Foresight Africa – Top priorities for the continent in 2024'. Brookings Institution. www.brookings.edu/wp-content/uploads/2024/01/ForesightAfrica2024.pdf

138 Mureithi, C. (2024) 'More money is going to African climate startups, but a huge funding gap remains'. Associated Press News. 2 May. https://apnews.com/article/africa-climate-tech-startup-funding-462006ed8e3e28fe4eb9221dde174a11

139 African Development Bank Group (n.d.) 'Action plan on climate change'.www.afdb.org/en/topics-and-sectors/sectors/climate-change/action-plan-climate-change (retrieved 3 January 2025)

140 Dhanani, R. (2023) 'The History of Regenerative Sustainability'. The sustainable agency. 17 November.https://thesustainableagency.com/blog/the-history-of-regeneration-and-regenerative-sustainability/

141 Radjou, N. (2024) 'Regeneration: Why businesses are moving beyond sustainability and thinking about regrowth'. World Economic Forum. 6 June. www.weforum.org/stories/2024/06/businesses-are-moving-beyond-sustainability-welcome-to-the-age-of-regeneration/

142 Radjou, N. (2024) 'Regeneration: Why businesses are moving beyond sustainability and thinking about regrowth'. World Economic Forum. 6 June. www.weforum.org/agenda/2024/06/businesses-are-moving-beyond-sustainability-welcome-to-the-age-of-regeneration/

143 Radjou, N. (2024) 'Regeneration: Why businesses are moving beyond sustainability and thinking about regrowth'. World Economic Forum. 6 June. www.weforum.org/agenda/2024/06/businesses-are-moving-beyond-sustainability-welcome-to-the-age-of-regeneration/

144 Regenerative Living (n.d.) 'Practical skills to live on the planet as if we intend to stay'. www.regenerativeliving.online (retrieved 3 January 2025)

145 Mayo Clinic (n.d.) 'About regenerative medicine'. www.mayo.edu/research/centers-programs/center-regenerative-biotherapeutics/about/about-regenerative-medicine (retrieved 3 January 2025)

146 Regenerative Organic Alliance (n.d.) 'Why Regenerative Organic?'. https://regenorganic.org/why-regenerative-organic/ (retrieved 3 January 2025)

147 Regenerative Living (n.d.) 'Practical skills to live on the planet as if we intend to stay'. www.regenerativeliving.online (retrieved 3 January 2025)

148 Inversini, A. (2023) 'The rise of regenerative hospitality'. Journal of Tourism Futures, 10(1): 6-20. https://doi.org/10.1108/JTF-04-2023-0107

149 Whittaker, G.R., Peters, K. and van Opzeeland, I. (2024) 'Oceans sing, are you listening? Sounding out potentials for artistic audio engagements with science through the Polar Sounds project'. Marine Policy, 169. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2024.106347

150 Starowicz, A. and Zielinski, M. (2024) 'Sustainable acoustics: The impact of AI on acoustics design and noise management'. Technical Sciences, 27: 193-209. https://doi.org/10.31648/ts.10297

151 Sharma, S., Sato, K. and Gautam, B.P. (2023) 'A Methodological Literature Review of Acoustic Wildlife Monitoring Using Artificial Intelligence Tools and Techniques'. Sustainability, 15(9). https://doi.org/10.3390/su15097128

152 Sharma, S., Sato, K. and Gautam, B.P. (2023) 'A Methodological Literature Review of Acoustic Wildlife Monitoring Using Artificial Intelligence Tools and Techniques'. Sustainability, 15(9). https://doi.org/10.3390/su15097128

153 Starowicz, A. and Zielinski, M. (2024) 'Sustainable acoustics: The impact of AI on acoustics design and noise management'. Technical Sciences, 27: 193-209. https://doi.org/10.31648/ts.10297

154 Starowicz, A. and Zielinski, M. (2024) 'Sustainable acoustics: The impact of AI on acoustics design and noise management'. Technical Sciences, 27: 193-209. https://doi.org/10.31648/ts.10297

155 Chui, M., Collins, M. and Patel, M. (2021) 'IoT value set to accelerate through 2030: Where and how to capture it'. McKinsey & Company. 9 November. www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/iot-value-set-to-accelerate-through-2030-where-and-how-to-capture-it

156 McKinsey & Company (2024) 'What is the Internet of Things (IoT)?'. 28 May. www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/what-is-the-internet-of-things

157 World Ocean Initative (n.d.) 'Ocean Health'. https://impact.economist.com/ocean/ocean-health

158 UNESCO (n.d.) 'United Nations Decade of Ocean Science for Sustainable Development (2021-2030): The science we need for the ocean we want'. www.unesco.org/en/decades/ocean-decade (retrieved 3 January 2025)3 January 2025)

159 UNESCO (n.d.) 'United Nations Decade of Ocean Science for Sustainable Development (2021-2030): The science we need for the ocean we want'. www.unesco.org/en/decades/ocean-decade (retrieved 3 January 2025)

160 National Oceanography Centre (n.d.) 'Technology development'. https://noc.ac.uk/technology/technology-development (retrieved 3 January 2025).

161 Adam, N. et al. (2024) 'State-of-the-Art Security Schemes for the Internet of Underwater Things: A Holistic Survey'. IEEE Open Journal of the Communications Society, 5: 6561-6592. https://doi.org/10.1109/OJCOMS.2024.3474290

162 Adam, N. et al. (2024) 'State-of-the-Art Security Schemes for the Internet of Underwater Things: A Holistic Survey'. IEEE Open Journal of the Communications Society, 5: 6561-6592. https://doi.org/10.1109/OJCOMS.2024.3474290

163 International Data Cooperation (IDC) (2024) 'Worldwide Spending on Artificial Intelligence Forecast to Reach $632 Billion in 2028, According to a New IDC Spending Guide'. 19 August. www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS52530724

164 Tong, A., Wang, E. and Coulter, M. (2024) 'Exclusive: Reddit in AI content licensing deal with Google'. Reuters. 22 February. www.reuters.com/technology/reddit-ai-content-licensing-deal-with-google-sources-say-2024-02-22/

165 Duffy, C. (2024) 'Social media platforms are using what you create for artificial intelligence. Here's how to opt out'. CNN. 23 September. https://edition.cnn.com/2024/09/23/tech/social-media-ai-data-opt-out/index.html

166 Tong, A., Wang, E. and Coulter, M. (2024) 'Exclusive: Reddit in AI content licensing deal with Google'. Reuters. 22 February. www.reuters.com/technology/reddit-ai-content-licensing-deal-with-google-sources-say-2024-02-22/

167 Davis, W. (2024) 'LinkedIn is training AI models on your data'. The verge. 19 September. www.theverge.com/2024/9/18/24248471/linkedin-ai-training-user-accounts-data-opt-in

168 Ng, T. (2024) 'Adobe Says It Won't Train AI Using Artists' Work. Creatives Aren't Convinced'. Wired. 19 June. www.wired.com/story/adobe-says-it-wont-train-ai-using-artists-work-creatives-arent-convinced/

169 Bank for International Settlements (2024) 'Annual Economic Report'. 30 June. www.bis.org/publ/arpdf/ar2024e.pdf

170 Organisation for Economic Co-operation and Development (n.d.) 'Philanthropy'. www.oecd.org/en/topics/sub-issues/philanthropy.html (retrieved 15 January 2025)

171 Osili, U. et al. (2023) 'Global Philanthropy Tracker 2023'. The Indiana University Lilly Family School of Philanthropy.https://scholarworks.indianapolis.iu.edu/bitstreams/48715811-4c8a-4081-9baf-1ce66b21c9be/download

172 Organisation for Economic Co-operation and Development (n.d.) 'Philanthropy'. www.oecd.org/en/topics/sub-issues/philanthropy.html(retrieved 15 January 2025)

173 Osili, U. et al. (2023) 'Global Philanthropy Tracker 2023'. The Indiana University Lilly Family School of Philanthropy. https://scholarworks.indianapolis.iu.edu/bitstreams/48715811-4c8a-4081-9baf-1ce66b21c9be/download

174 Philanthropy Europe Association (2024) 'Obstacles to cross-border philanthropy are real and the time to remove them is now'. 23 May. https://philea.eu/obstacles-to-cross-border-philanthropy-are-real-and-the-time-to-remove-them-is-now/

175 World Intellectual Property Organization (WIPO) (n.d.) 'Artificial Intelligence and Intellectual Property'. www.wipo.int/about-ip/en/frontier_technologies/ai_and_ip.html (retrieved 6 January 2025)

176 World Intellectual Property Organization (WIPO) (n.d.) 'Artificial Intelligence and Intellectual Property'. www.wipo.int/about-ip/en/frontier_technologies/ai_and_ip.html (retrieved 6 January 2025)

177 UAE Centre for the Fourth Industrial Revolution (2024) 'Artificial Intelligence in Creative Industries: Guidelines for the Development, Regulation, and Use'. Dubai Future Foundation. October. www.dubaifuture.ae/wp-content/uploads/2024/10/AI-in-creative-industries-English.pdf

178 Banerjee, A. et al. (2024) 'From ripples to waves: The transformational power of tokenizing assets'. McKinsey & Company. 20 June. www.mckinsey.com/industries/financial-services/our-insights/from-ripples-to-waves-the-transformational-power-of-tokenizing-assets

179 Soukupová, J. (2024) 'Virtual Property, Digital Assets, Data, Digital Content and Others – an Analysis of the Fragmented Terminology'.Charles University in Prague Faculty of Law Research Paper No. 2024/I/2. http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4796480

180 Dej, S. and Waliczek, S. (2024) 'Digital Assets Regulation: Insights from Jurisdictional Approaches'. World Economic Forum. October.www3.weforum.org/docs/WEF_Digital_Assets_Regulation_2024.pdf

181 Financial Stability Board and the International Monetary Fund (2024) 'G20 Crypto-asset Policy Implementation Roadmap: Status report'. 22 October. www.fsb.org/uploads/P221024-3.pdf

182 The International Organization of Securities Commissions (2023) 'Policy Recommendations for Crypto and Digital Asset Markets: Final Report'. 16 November. www.iosco.org/library/pubdocs/pdf/IOSCOPD747.pdf

183 Lee, L. (2024) 'Examining the Legal Status of Digital Assets as Property: A Comparative Analysis of Jurisdictional Approaches'. Social Science Research Network. https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4807135

184 UNIDROIT (2023) 'UNIDROIT Principles On Digital Assets And Private Law'. www.unidroit.org/wp-content/uploads/2024/01/Principles-on-Digital-Assets-and-Private-Law-linked-1.pdf

185 Virtual Assets Regulatory Authority (VARA) (n.d.) 'Regulatory Framework'. https://rulebooks.vara.ae/ (retrieved 6 January 2025)

186 Abu Dhabi Global Market (ADGM) (n.d.) 'Digital Assets'. www.adgm.com/setting-up/digital-assets/overview (retrieved 6 January 2025)

187 Dubai International Financial Centre (DIFC) (2024) 'DIFC Announces Enactment of New Digital Assets Law, New Law of Security and Related Amendments to Select Legislation'. 13 March. www.difc.ae/whats-on/news/difc-announces-enactment-of-new-digital-assets-law---new-law-of-security-and-related-amendments

188 Sullivan, A. et al. (2024) 'Going Digital in the UK, US, and UAE: The Latest Digital Asset Developments'. Morgan Lewis. 12 September.www.morganlewis.com/pubs/2024/09/going-digital-in-the-uk-us-and-uae-the-latest-digital-asset-developments

189 Rao, A. and Verweiji, G. (2017) 'Sizing the prize: What's the real value of AI for your business and how can you capitalise?'. PwC. www.pwc.com/gx/en/issues/analytics/assets/pwc-ai-analysis-sizing-the-prize-report.pdf

190 Kahui, V. (2024) 'Granting legal 'personhood' to nature is a growing movement – can it stem biodiversity loss?'. The Conversation. 25 April. https://theconversation.com/granting-legal-personhood-to-nature-is-a-growing-movement-can-it-stem-biodiversity-loss-227336

191 Zaidan, E. and Ibrahim, I.A. (2024) 'AI Governance in a Complex and Rapidly Changing Regulatory Landscape: A Global Perspective'. Humanities and Social Sciences Communications, 11. https://doi.org/10.1057/s41599-024-03560-x

192 Kurki, V.A.J. (2019) '6 The Legal Personhood of Artificial Intelligences'. A theory of legal personhood, 175-190. https://doi.org/10.1093/oso/9780198844037.003.0007

193 Han, C. (2024) 'AI and Personhood: Where Do We Draw The Line?'. Duke Research blog. 5 November. https://researchblog.duke.edu/2024/11/05/ai-and-personhood-where-do-we-draw-the-line/

194 Zaidan, E. and Ibrahim, I.A. (2024) 'AI Governance in a Complex and Rapidly Changing Regulatory Landscape: A Global Perspective'. Humanities and Social Sciences Communications, 11. https://doi.org/10.1057/s41599-024-03560-x

195 Cavaciuti-Wishart, E. et al. (2024) 'Global Risks Report 2024: 19th Edition Insight Report'. World Economic Forum. January. www3.weforum.org/docs/WEF_The_Global_Risks_Report_2024.pdf

196 National Intelligence Council (2012) 'Global Trends 2030: Alternative worlds'. www.dni.gov/files/documents/GlobalTrends_2030.pdf

197 National Intelligence Council (2021) 'Global Trends 2040: A more contested world'. www.dni.gov/files/ODNI/documents/assessments/GlobalTrends_2040.pdf

198 McKinsey & Company (2020) 'McKinsey on Climate Change'. September. www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/Business%20Functions/Sustainability/Our%20Insights/McKinsey%20on%20Climate%20Change/McKinsey-on-Climate%20Change-Report.pdf

199 Cavaciuti-Wishart, E. et al. (2024) 'Global Risks Report 2024: 19th Edition Insight Report'. World Economic Forum. January. www3.weforum.org/docs/WEF_The_Global_Risks_Report_2024.pdf

200 University of Twente (n.d.) 'Our courses'. www.utwente.nl/en/education/master/programmes/transdisciplinary-master-insert/courses/ (retrieved 6 January 2025)

201 Marr, B. (2023) 'A Short History Of The Metaverse'. Forbes. 9 December. www.forbes.com/sites/bernardmarr/2022/03/21/a-short-history-of-the-metaverse/

202 Vanian, J. and Levy, A (2023) 'Meta lost $13.7 billion on Reality Labs in 2022 as Zuckerberg's metaverse bet gets pricier'. CNBC. 1 February. www.cnbc.com/2023/02/01/meta-lost-13point7-billion-on-reality-labs-in-2022-after-metaverse-pivot.html

203 McArthur, V. and Teather, R.J. (2024) 'Why the metaverse isn't ready to be the future of work just yet'. The Conversation. 12 November. https://theconversation.com/why-the-metaverse-isnt-ready-to-be-the-future-of-work-just-yet-241882

204 Kumar, A. et al. (2024) 'Unveiling the dark and scary side of metaverse: an in-depth qualitative investigation'. Journal of Enterprise Information Management. https://doi.org/10.1108/JEIM-04-2024-0195

205 Ball, M. and Alaghband, M. (2022) 'The promise and peril of the metaverse'. McKinsey & Company. 29 March. www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/the-promise-and-peril-of-the-metaverse

206 Emirates News Agency-WAM (2022) 'Hamdan bin Mohammed launches Dubai Metaverse Strategy'. 18 July. www.wam.ae/en/details/1395303067141

207 Keane, J. (2022) 'South Korea is betting on the metaverse – and it could provide a blueprint for others'. CNBC. 30 May. www.cnbc.com/2022/05/30/south-koreas-investment-in-the-metaverse-could-provide-a-blueprint.html

208 World Economic Forum (n.d.) 'Defining and Building the Metaverse'. https://initiatives.weforum.org/defining-and-building-the-metaverse/home (retrieved 6 January 2025

209 Mohamed Bin Zayed University of Artificial Intelligence (2023) 'The metaverse where reality is not only immersive but inferred'. 17 November. https://mbzuai.ac.ae/news/the-metaverse-where-reality-is-not-only-immersive-but-inferred/

210 Caglar, B. and Yao, H. (2024) 'Glasses half full? Three key trends shaping Augmented reality experiences in the US'. Ericsson. 5 September. www.ericsson.com/en/blog/2024/8/3-augmented-reality-trends-shaping-future-ar-us

211 Caglar, B. and Yao, H. (2024) 'Glasses half full? Three key trends shaping Augmented reality experiences in the US'. Ericsson. 5 September. www.ericsson.com/en/blog/2024/8/3-augmented-reality-trends-shaping-future-ar-us

212 Caglar, B. and Yao, H. (2024) 'Glasses half full? Three key trends shaping Augmented reality experiences in the US'. Ericsson. 5 September. www.ericsson.com/en/blog/2024/8/3-augmented-reality-trends-shaping-future-ar-us

213 Apple (2024) 'visionOS 2 brings new spatial computing experiences to Apple Vision Pro'. 10 June. www.apple.com/ae/newsroom/2024/06/visionos-2-brings-new-spatial-computing-experiences-to-apple-vision-pro/

214 Jansson, A. (2019) 'The mutual shaping of geomedia and gentrification: The case of alternative tourism apps'. Communication and the Public, 4(2). https://doi.org/10.1177/2057047319850197

215 Caglar, B. and Yao, H. (2024) 'Glasses half full? Three key trends shaping Augmented reality experiences in the US'. Ericsson. 5 September. www.ericsson.com/en/blog/2024/8/3-augmented-reality-trends-shaping-future-ar-us

216 International Data Corporation (IDC) (2024) 'IDC: Artificial Intelligence Will Contribute $19.9 Trillion to the Global Economy through 2030 and Drive 3.5% of Global GDP in 2030'. 17 September. www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS52600524

217 Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) (n.d.) 'The Role of Artificial Intelligence (AI) in the Metaverse'. https://metaversereality.ieee.org/publications/articles/the-role-of-artificial-intelligence-in-the-metaverse (retrieved 6 January 2025)

218 Ivey, R. (2024) 'Is XR the unsung hero of the digital revolution?' World Economic Forum. 22 August. www.weforum.org/stories/2024/08/why-xr-is-key-to-unlocking-the-next-digital-revolution/

219 Grand View Research (n.d.) 'Movies And Entertainment Market Size, Share & Trends Analysis Report By Product (Movies, Music & Videos), By Region, And Segment Forecasts, 2024 – 2030'. www.grandviewresearch.com/industry-analysis/movies-entertainment-market (retrieved 6 January 2025)

220 Yuhui, T., Dawam, Z.A.M. and Zainal, S. (2024) 'Immersive Theatre: A Comprehensive Review and Future Direction'. Pakistan Journal of Life and Social Sciences, 22(2): 3767-3775. www.pjlss.edu.pk/pdf_files/2024_2/3767-3775.pdf

221 Mitsopoulou, E., Kyprianos, K. and Brattis, P. (2024) 'Documenting the ephemeral: An ontology for the performing arts'. Journal of Information Science. https://doi.org/10.1177/01655515241271052

222 Morgan, D. (2020) 'Performing arts online: Bringing theater to socially-distancing audiences'. CBS News. 30 March. www.cbsnews.com/news/coronavirus-performing-arts-online-bringing-theater-to-socially-distancing-audiences/

223 National Theatre at home (n.d.) 'National Theatre at home'. www.ntathome.com (retrieved 6 January 2024)

224 Thomas, S. (2020) 'National Theatre launch new global streaming service of shows'. London Theatre. 30 November. www.londontheatre.co.uk/theatre-news/news/national-theatre-launch-new-global-streaming-service-of-shows

225 Mannino, T. (2024) 'Performing arts sector faces change four years after pandemic start'. All Arts. 26 April. www.allarts.org/2024/04/new-york-city-performing-arts-pandemic/

226 Tripathi, R.L. (2024) 'Fragmented Selves: Identity, Consciousness and Reality in the Digital Age'. Open Access Journal of Data Science and Artificial Intelligence, 2(1). https://doi.org/10.23880/oajda-16000148

227 Treat, D. and Wallace, M. (2023) '3 urgent questions to ask as we navigate a new digital identity'. World Economic Forum. 28 September. www.weforum.org/stories/2023/09/3-urgent-questions-digital-identity/

228 Georgieva, I. (2011) 'The similarity between the virtual and the real self - how the virtual self can help the real self'. Studies in Health Technology and Informatics, 167(1): 20-5. www.researchgate.net/publication/51231098_The_similarity_between_the_virtual_and_the_real_self_-_how_the_virtual_self_can_help_the_real_self

229 Davis, T. (n.d.) 'Self-Concept: Definition, Examples, & Psychology Theories'. Berkeley Well-being Institute. www.berkeleywellbeing.com/self-concept.html (retrieved 6 January 2025)

230 Yang, S. et al. (2024) 'The Double-Edged Influence of Self-Expansion in the Metaverse: A Two-Wave Panel Assessment of Identity Perception, Self-Esteem, and Life Satisfaction'. Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking, 27(1). https://doi.org/10.1089/cyber.2022.0400

231 Yang, S. et al. (2024) 'The Double-Edged Influence of Self-Expansion in the Metaverse: A Two-Wave Panel Assessment of Identity Perception, Self-Esteem, and Life Satisfaction'. Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking, 27(1). https://doi.org/10.1089/cyber.2022.0400

232 Skandalis, A. (2020) 'Virtual reality has been boosted by coronavirus – here's how to avoid it leading us to dystopia'. The conversation. 23 June. https://theconversation.com/virtual-reality-has-been-boosted-by-coronavirus-heres-how-to-avoid-it-leading-us-to-dystopia-141073

233 Yee, L. et al. (2024) 'McKinsey Technology trends Outlook 2024'. McKinsey & Company. 16 July. www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/the-top-trends-in-tech#/

234 International Data Corporation (IDC) (2024) 'AR & VR Headsets Market Insights'. 18 December. www.idc.com/promo/arvr

235 Shakir, U. (2024) 'Apple reportedly cuts Vision Pro production due to low demand'. The verge. 23 April. www.theverge.com/2024/4/23/24138487/apple-vision-pro-cut-shipment-forecast-kuo-rumor

236 Yee, L. et al. (2024) 'McKinsey Technology trends Outlook 2024'. McKinsey & Company. 16 July. www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/the-top-trends-in-tech#/

237 Wen, X., Sotiriadis, M. and Shen, S. (2023) 'Determining the Key Drivers for the Acceptance and Usage of AR and VR in Cultural Heritage Monuments'. Sustainability, 15(5). https://doi.org/10.3390/su15054146

238 Fraser, S. and Böhm, S. (2024) 'A Systematic Literature Review on Technology Acceptance Research on Augmented Reality in the Field of Training and Education'. The Fifteenth International Conference on Advances in Human-oriented and Personalized Mechanisms, Technologies, and Services CENTRIC 2022. https://doi.org/10.48550/arXiv.2411.13946

239 Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) (n.d.) 'What is a robot?'. www.ieee-ras.org/images/Standards/meeting_june_2021/9-Robot-Term-Discussion.pdf (retrieved 6 January 2025)

240 International Federation of Robotics (IFR) (2024) 'World Robotics 2024'. September. https://ifr.org/img/worldrobotics/Press_Conference_2024.pdf

241 International Federation of Robotics (IFR) (2024) 'World Robotics 2024'. September. https://ifr.org/img/worldrobotics/Press_Conference_2024.pdf

242 Fortune Business Insights (2024) 'Humanoid Robot Market Size, Share & Industry Analysis, By Motion Type (Biped and Wheel Drive), By Component (Hardware and Software), By Application (Industrial, Household, and Services), and Regional Forecast, 2024-2032'. 16 December. www.fortunebusinessinsights.com/humanoid-robots-market-110188

243 Berruti, F., Lewandowski, D. and Tilley, J. (2024) 'The robot renaissance: How human-like machines are reshaping business'. McKinsey & Company. 22 March. www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/the-robot-renaissance-how-human-like-machines-are-reshaping-business#/

244 Agility Robotics (2023) 'Opening RoboFab: World's First Factory for Humanoid Robots'. 18 September.https://agilityrobotics.com/content/opening-robofab-worlds-first-factory-for-humanoid-robots

245 Knospler, J., Xue, W. and Trkov, M. (2024) 'Reconfigurable modular soft robots with modulating stiffness and versatile task capabilities'. Smart Materials and Structures, 33. https://doi.org/10.1088/1361-665X/ad4d35

246 Miao, W. and Bai, H. (2024) 'The new material science towards sustainable robotics'. Journal of Materials Chemistry C, 12(33). https://doi.org/10.1039/D4TC01868K

247 Berruti, F., Lewandowski, D. and Tilley, J. (2024) 'The robot renaissance: How human-like machines are reshaping business'. McKinsey & Company. 22 March. www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/the-robot-renaissance-how-human-like-machines-are-reshaping-business#/

248 DeepMind Robotics Team (2024) 'Our latest advances in robot dexterity'. Google DeepMind. 12 September. https://deepmind.google/discover/blog/advances-in-robot-dexterity/

249 Strategy& (2023) 'Above and below water drones market'. PwC. www.strategyand.pwc.com/it/en/assets/pdf/sea-drones-report.pdf

250 Ernest, N.S., González, J. and Arbery, M. (2022) 'Advanced air mobility: a disruptive force for incumbent transportation players'. Kearney. 1 July. www.kearney.com/industry/aerospace-defense/article/-/insights/advanced-air-mobility-a-disruptive-force-for-incumbent-transportation-players

251 EHang (2024) 'EH216-S Completes UAE's First Passenger-Carrying Demo Flight, Accompanied by Successful Demo Flights of EH216-L and EH216-F Pilotless eVTOLs in Abu Dhabi'. www.ehang.com/news/1083.html

252 Evans, T. (2024) 'Work starts on Dubai's first flying taxi station'. The National news. 12 November. www.thenationalnews.com/news/uae/2024/11/12/dubai-flying-taxis-vertiport/

253 Li, X. et al. (2024) 'Bionic Multi-Legged Robots with Flexible Bodies: Design, Motion, and Control'. Biomimetics, 9(10). https://doi.org/10.3390/biomimetics9100628

254 Yu, Z. et al. (2024) 'A Gecko-Inspired Robot Using Novel Variable-Stiffness Adhesive Paw Can Climb on Rough/Smooth Surfaces in Microgravity'. Advanced intelligent systems, 6(10). https://doi.org/10.1002/aisy.202400043

255 Zamanian, A.H. and Voltzow, J. (2024) 'Soft robots and soft bodies: biological insights into the structure and function of fluidic soft robots'. Bioinspiration and Biomimetics, 20. https://doi.org/10.1088/1748-3190/ad8b8d

256 Harvard Biodesign Lab (n.d.) 'Soft Robotics'. https://biodesign.seas.harvard.edu/soft-robotics (retrieved 6 January 2025)

257 Yee, L. et al. (2024) 'McKinsey Technology trends Outlook 2024'. McKinsey & Company. 16 July. www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/the-top-trends-in-tech

258 Yee, L. et al. (2024) 'McKinsey Technology trends Outlook 2024'. McKinsey & Company. 16 July. www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/the-top-trends-in-tech

259 Schäfer, A., Esterbauer, R. and Kubicek, B. (2024) 'Trusting robots: a relational trust definition based on human intentionality'. Humanities and Social Sciences Communications, 11. https://doi.org/10.1057/s41599-024-03897-3

260 Schäfer, A., Esterbauer, R. and Kubicek, B. (2024) 'Trusting robots: a relational trust definition based on human intentionality'. Humanities and Social Sciences Communications, 11. https://doi.org/10.1057/s41599-024-03897-3

261 Schäfer, A., Esterbauer, R. and Kubicek, B. (2024) 'Trusting robots: a relational trust definition based on human intentionality'. Humanities and Social Sciences Communications, 11. https://doi.org/10.1057/s41599-024-03897-3

262 Urhal, P. et al. (2019) 'Robot assisted additive manufacturing: A review'. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 59: 335-345. https://doi.org/10.1016/j.rcim.2019.05.005

263 Linke, R. (2017) 'Additive manufacturing, explained'. MIT Sloan School of Management. 7 December. https://mitsloan.mit.edu/ideas-made-to-matter/additive-manufacturing-explained

264 Urhal, P. et al. (2019) 'Robot assisted additive manufacturing: A review'. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 59: 335-345. https://doi.org/10.1016/j.rcim.2019.05.005

265 Zhou, K., Zhao, R.R. and Qi, H.J. (2024) 'Special Issue Editorial: Advanced Materials for Additive Manufacturing'. Advanced Materials, 36(34). https://doi.org/10.1002/adma.202410446

266 Additive Manufacturing (n.d.) 'What is additive manufacturing?'. www.additivemanufacturing.media/kc/what-is-additive-manufacturing/am-materials (retrieved 6 January 2025)

267 Alhijaily, A., Kilic, Z.M. and Bartolo, A.N.P. (2023) 'Teams of robots in additive manufacturing: a review'. Virtual and Physical Prototyping, 18(1). https://doi.org/10.1080/17452759.2022.2162929

268 Kharmanda, G. (2024) 'Identification of Uncertainty Cases in Robots with Focus on Additive Manufacturing Technology: A Mini Review'. Journal of Modern Industry and Manufacturing, 3(11). http://dx.doi.org/10.53964/jmim.2024011

269 Alhijaily, A., Kilic, Z.M. and Bartolo, A.N.P. (2022) 'Teams of robots in additive manufacturing: a review'. Virtual and Physical Prototyping, 18(1). https://doi.org/10.1080/17452759.2022.2162929

270 Alhijaily, A., Kilic, Z.M. and Bartolo, A.N.P. (2022) 'Teams of robots in additive manufacturing: a review'. Virtual and Physical Prototyping, 18(1). https://doi.org/10.1080/17452759.2022.2162929

271 Shukla, A. (2024) 'Performance Metrics for Collaborative Robots: A Literature Review'. engrXiv Engineering Archive. https://doi.org/10.31224/3964

272 UNESCO (2024) 'UNESCO Women for Ethical AI: outlook study on artificial intelligence and gender'. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000391719

273 World Economic Forum (2024) 'Global gender gap report: Insight report'. June. www.weforum.org/publications/global-gender-gap-report-2024/

274 Bandura, R. and McLean, M. (2024) 'Leveraging Digital Technologies to Advance Women's Economic Empowerment'. Center for Strategic and International Studies. 27 August. www.csis.org/analysis/leveraging-digital-technologies-advance-womens-economic-empowerment

275 Women in AI (n.d.) 'Changing the role of women in AI'. https://womeninai.nl (retrieved 6 January 2025)

276 Abdulla Al Ghurair Foundation (n.d.) 'Nomu Al Ghurair: Women in AI'. www.alghurairfoundation.org/program/women-in-ai/ (retrieved 6 January 2025)

277 Gartner (2024) 'Gartner Survey Reveals 85% of Customer Service Leaders Will Explore or Pilot Customer-Facing Conversational GenAI in 2025'. 9 December. www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2024-12-09-gartner-survey-reveals-85-percent-of-customer-service-leaders-will-explore-or-pilot-customer-facing-conversational-genai-in-2025

278 Forrester (2024) 'Forrester's 2024 US Customer Experience Index: Brands' CX Quality Is At An All-Time Low'. 17 June. www.forrester.com/press-newsroom/forrester-2024-us-customer-experience-index/

279 Hyken, S. (2020) 'Ninety-Six Percent Of Customers Will Leave You For Bad Customer Service'. Forbes. 12 July. www.forbes.com/sites/shephyken/2020/07/12/ninety-six-percent-of-customers-will-leave-you-for-bad-customer-service/?sh=108a6d4a30f8

280 Forrester (n.d.) 'Forrester Decisions for Customer Experience'. www.forrester.com/research/customer-experience/ (retrieved 6 January 2025)

281 Curtis, M. et al. (2023) 'Accenture Life Trends 2024'. Accenture. www.accenture.com/content/dam/accenture/final/accenture-com/document-2/Accenture-Life-Trends-2024-Report.pdf

282 Leachman, L. and Scheibenreif, D. (2023) 'Using Technology to Create a Better Customer Experience'. Harvard Business Review. 17 March. https://hbr.org/2023/03/using-technology-to-create-a-better-customer-experience

283 United Nations (2024) 'Governing AI for Humanity: Final Report'. September. www.un.org/sites/un2.un.org/files/governing_ai_for_humanity_final_report_en.pdf

284 United Nations (2024) 'Governing AI for Humanity: Final Report'. September. www.un.org/sites/un2.un.org/files/governing_ai_for_humanity_final_report_en.pdf

285 Larsen, B. and Dignum, V. (2024) 'AI value alignment: How we can align artificial intelligence with human values'. World Economic Forum. 17 October. www.weforum.org/stories/2024/10/ai-value-alignment-how-we-can-align-artificial-intelligence-with-human-values/

286 United Nations (2024) 'Creative Economy Outlook 2024'. July. https://unctad.org/system/files/official-document/ditctsce2024d2_en.pdf

287 United Nations (2024) 'How digitalization is transforming the creative economy'. 11 July. https://unctad.org/news/how-digitalization-transforming-creative-economy

288 International Finance Corporation (IFC) (n.d.) 'Creative Industries'. www.ifc.org/en/what-we-do/sector-expertise/creative-industries (retrieved 6 January 2025)

289 International Finance Corporation (IFC) (n.d.) 'Creative Industries'. www.ifc.org/en/what-we-do/sector-expertise/creative-industries (retrieved 6 January 2025)

290 Global Leaders Institute for Arts Innovation (2024) 'Impact Investing for the Creative Economy: Purpose with profit'. www.globalleadersinstitute.org/blog-post/impact-investing-for-the-creative-economy-placing-purpose-alongside-profit/ (retrieved 6 January 2025)

291 Holley, T. (2024) 'By prioritising STEM over SHAPE in schools we poorly prepare students for a complex future'. LSE. 5 February. https://blogs.lse.ac.uk/impactofsocialsciences/2024/02/05/by-prioritising-stem-over-shape-in-schools-we-poorly-prepare-students-for-a-complex-future/

292 Shotwell, M. (2023) 'How Art Makes Us More Human: Why Being Creative is So Important in Life'. Cultivate Arts and Education. 6 March. www.cultivategrandrapids.org/post/how-art-makes-us-more-human-why-being-creative-is-so-important-in-life

293 Carr, D. (2024) 'Art and Life'. The journal of Aesthetic Education, 58(3): 1-19. https://muse.jhu.edu/article/935891

294 Kaimal, G. (2020) 'Nonverbal therapy helps people work through trauma and build resilience'. American Scientist, 108(4). www.americanscientist.org/article/how-art-can-heal

295 World Justice Project (2019) 'Global Insights on Access to Justice: Findings from the World Justice Project General Population Poll in 101 Countries'. https://worldjusticeproject.org/sites/default/files/documents/WJP-A2J-2019.pdf

296 Legal Services Corporation (2022) 'The Justice Gap: The Unmet Civil Legal Needs of Low-income Americans'. https://justicegap.lsc.gov/the-report/

297 Tan, J. et al. (2024) 'Robots in the Middle: Evaluating LLMs in Dispute Resolution'. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2410.07053

298 Tan, J. et al. (2024) 'Robots in the Middle: Evaluating LLMs in Dispute Resolution'. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2410.07053

299 Hörnle, J. (2009) 'Cross-border Internet Dispute Resolution'. https://assets.cambridge.org/97805218/96207/frontmatter/9780521896207_frontmatter.pdf

300 Suffolk University (2024) 'American Arbitration Association and Suffolk Law Launch Online Dispute Resolution Innovation Clinic'. 17 July. www.suffolk.edu/news-features/news/2024/07/18/22/06/aaa-suffolk-law-online-dispute-resolution-clinic

301 Civil Resolution Tribunal (n.d.) 'Civil Resolution Tribunal'. https://civilresolutionbc.ca (retrieved 6 January 2025)

302 Conflict Analytics (n.d.) 'All Rise, the AI Court is Now In Session: A new lab uses artificial intelligence to help individuals and businesses resolve their legal disputes'. Queen's University. https://conflictanalytics.queenslaw.ca/news/all-rise-the-ai-court-is-now-in-session

303 Basher, F. et al.(2024) 'Impact of job meaningfulness on employee retention: Antecedent and outcome of person-organization fit and person job fit'. Journal of Infrastructure, Policy and Development, 8(11). https://doi.org/10.24294/jipd.v8i11.7326

304 Oliver Wyman Forum (n.d.), 'What Business Needs To Know About The Generation Changing Everything'. Online. 6 Nov. www.oliverwymanforum.com/global-consumer-sentiment/a-gen-z.html

305 Ayoobzadeh, M. et al. (2024) 'A tale of two generations: a time-lag study of career expectations'. Personnel Review, 53(7): 1649-1665. https://doi.org/10.1108/PR-02-2022-0101

306 Holum, M. et al. (2024) 'Career preferences of business students in Norway and Poland: Factors explaining the choice between public and private sector'. The International Journal of Management Education, 22(3). https://doi.org/10.1016/j.ijme.2024.100997

307 Hale, J. (2024) 'When an Employee Thinks They're Awesome, but You Don't'. Crucial Learning. 8 May. https://cruciallearning.com/blog/when-an-employee-thinks-theyre-awesome-but-you-dont/

308 Sepah, C. (2017) 'Your Company Culture is Who You Hire, Fire, and Promote: Use the Performance-Values Matrix to build an Outstanding Culture'. Medium. 3 March. https://medium.com/s/company-culture/your-companys-culture-is-who-you-hire-fire-and-promote-c69f84902983

309 Giddis, C. (2024) 'Company culture is who you hire, fire, and promote'. Medium. 23 January. https://medium.com/the-daily-bugle/company-culture-is-who-you-hire-fire-and-promote-837d8e15cab1

310 Hong, D.J. (2024) 'Are We Attractive to You? A Study on Metaverse Recruitment and Organisational Attractiveness'. HAL open archive server. https://ideas.repec.org/p/hal/journl/hal-04589098.html

311 Tholen, G. (2023) 'Matching Candidates to Culture: How Assessments of Organisational Fit Shape the Hiring Process'. Work, Employment and Society, 38(3): 705-722. https://doi.org/10.1177/09500170231155294

312 Tholen, G. (2023) 'Matching Candidates to Culture: How Assessments of Organisational Fit Shape the Hiring Process'. Work, Employment and Society, 38(3): 705-722. https://doi.org/10.1177/09500170231155294

313 World Bank (2024) 'Health and Climate Change'. 16 November. www.worldbank.org/en/topic/health/brief/health-and-climate-change

314 Romanello, M. et al. (2024) 'The 2024 report of the Lancet Countdown on health and climate change: facing record-breaking threats from delayed action'. The Lancet, 404(10465): 1847-1896. www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(24)01822-1/abstract?rss=yes.

315 University College London (2024) 'Health threats of climate change reach record-breaking levels'. 30 October. www.ucl.ac.uk/news/2024/oct/health-threats-climate-change-reach-record-breaking-levels

316 Hameed, W. et al. (2022) 'Health system bottlenecks hindering provision of supportive and dignified maternity care in public health facilities'. PLOS global public health, 2(7). https://doi.org/10.1371/journal.pgph.0000550

317 Wager, E. and Cox, C. (2024) 'International Comparison of Health Systems'. KFF. 30 October. www.kff.org/health-policy-101-international-comparison-of-health-systems/

318 Linder, G. and Woitok, B.K. (2020) 'Emergency department overcrowding: Analysis and strategies to manage an international phenomenon'. Wiener klinische Wochenschrift, 133: 229-233. https://doi.org/10.1007/s00508-019-01596-7

319 Organisation for Economic Co-operation and Development (2020) 'Waiting Times for Health Services: Next in line'. OECD Health Policy Studies. 28 May. www.oecd.org/en/publications/waiting-times-for-health-services_242e3c8c-en/full-report/component-2.html#execsumm-d1e61

320 Linder, G. and Woitok, B.K. (2020) 'Emergency department overcrowding: Analysis and strategies to manage an international phenomenon'. Wiener klinische Wochenschrift, 133: 229-233. https://doi.org/10.1007/s00508-019-01596-7

321 Cosio, D. and Deyman, A. (2024) 'Is Your Practice Suffering from Mental Health Care Gridlock?'. MedCentral. 10 June. www.medcentral.com/behavioral-mental/is-your-practice-suffering-from-mental-health-care-gridlock

322 Organisation for Economic Co-operation and Development and Food and Agricultural Organization of the United Nations (2024) 'OECD-FAO Agricultural Outlook 2024-2033'. 2 July. www.google.com/search?client=safari&rls=en&q=opECD-FAO+Agricultural+Outlook+2024-2033&ie=UTF-8&oe=UTF-8

323 Organisation for Economic Co-operation and Development and Food and Agricultural Organization of the United Nations (2024) 'OECD-FAO Agricultural Outlook 2024-2033'. 2 July. https://doi.org/10.1787/4c5d2cfb-en

324 Brown, A. (2024) 'Move to protect Australian beef industry from EU land clearing laws criticised by scientists'. The Guardian. 10 May. www.theguardian.com/australia-news/article/2024/may/10/move-to-protect-australian-beef-industry-from-eu-land-clearing-laws-criticised-by-scientists

325 Devitt, J. (2024) 'Small Reductions to Meat Production in Wealthier Countries May Help Fight Climate Change, New Analysis Concludes'. New York University. 4 November. www.nyu.edu/about/news-publications/news/2024/november/small-reductions-to-meat-production-in-wealthier-countries-may-h.html

326 Organisation for Economic Co-operation and Development and Food and Agricultural Organization of the United Nations (2021) 'OECD-FAO Agricultural Outlook 2021-2030'. https://doi.org/10.1787/19428846-en

327 Klibaner-Schiff, E. et al. (2024) 'Environmental exposures influence multigenerational epigenetic transmission'. Clinical Epigenetics, 16. https://doi.org/10.1186/s13148-024-01762-3 3

328 Gavito-Covarrubias, D. et al. (2024) 'Epigenetic mechanisms of particulate matter exposure: air pollution and hazards on human health'. Frontiers in Genetics, 14. https://doi.org/10.3389/fgene.2023.1306600

329 Grand View Research (n.d.) 'Epigenetics Market Size, Share & Trends Analysis Report By Product (Reagents, Kits, Instruments), By Technology (DNA Methylation), By Application (Oncology), By End-use, By Region, And Segment Forecasts, 2024 – 2030'. www.grandviewresearch.com/industry-analysis/epigenetics-market# (retrieved 7 January 2025)

330 Feehley, T. et al. (2023) 'Drugging the epigenome in the age of precision medicine'. Clinical Epigenetics, 15. https://doi.org/10.1186/s13148-022-01419-z

331 Muharremi, G., Meçani, R. and Muka, T. (2023) 'The Buzz Surrounding Precision Medicine: The Imperative of Incorporating It into Evidence-Based Medical Practice'. Journal of Personalized Medicine, 14(1). https://doi.org/10.3390/jpm14010053

332 Personalized Medicine Coalition (2024) 'Personalized medicine at FDA: The scope & significance of progress in 2023'. www.personalizedmedicinecoalition.org/wp-content/uploads/2024/02/report-3.pdf

333 Horber, V. et al. (2021) 'The Role of Neuroimaging and Genetic Analysis in the Diagnosis of Children With Cerebral Palsy'. Frontiers in Neurology, 11. https://doi.org/10.3389/fneur.2020.628075

334 Nisar, S. and Haris, M. (2023) 'Neuroimaging genetics approaches to identify new biomarkers for the early diagnosis of autism spectrum disorder'. Molecular Psychiatry, 28: 4995-5008. https://doi.org/10.1038/s41380-023-02060-9

335 Peebles, I.S., Kinney, D.B. and Foster-Hanson, E. (2024) 'Systematic decision frameworks for the socially responsible use of precision medicine'. npj genomic medicine, 9. https://doi.org/10.1038/s41525-024-00433-9

336 World Health Organization (2024) 'Epilepsy'. 7 February. www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/epilepsy

337 World Health Organization (2024) 'Epilepsy'. 7 February. www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/epilepsy

338 Genome Wide Association Studies (GWAS) Diversity Monitor (2025) 'Total GWAS participants diversity'. 7 January. www.gwasdiversitymonitor.com

339 Gordon, T.M. (2024) 'Precision Medicine Has a Data Equity Problem'. Nonprofit Quarterly. 21 January. https://nonprofitquarterly.org/precision-medicine-has-a-data-equity-problem/

340 Columbia University Department of Psychiatry (2022) 'Cultural Barriers to Genetic Testing: To make tests clinically useful for non-European groups, we must focus on efforts to take their concerns into account'. 7 June. www.columbiapsychiatry.org/news/cultural-barriers-genetic-testing

341 Baynam, G., Gomez, R. and Jain, R. (2024) 'Stigma associated with genetic testing for rare diseases—causes and recommendations'. Frontiers in Genetics, 15. https://doi.org/10.3389/fgene.2024.1335768

342 Munung, N.S. et al. (2024) ‘Perceptions and preferences for genetic testing for sickle cell disease or trait: a qualitative study in Cameroon, Ghana and Tanzania’. European Journal of Human Genetics, 32: 1307-1313. https://doi.org/10.1038/s41431-024-01553-7

343 Energy Information Administration (EIA) (2024) ‘Biomass explained’. 30 July. www.eia.gov/energyexplained/biomass/

344 International Energy Agency (n.d.) ‘Bioenergy’. www.iea.org/energy-system/renewables/bioenergy(retrieved 7 January 2025)

345 Rousseau, N. (2024) ‘The Remarkable Growth of the Global Biochar Market: A Beacon of Environmental Progress’. Earth.Org. 4 April. https://earth.org/the-remarkable-growth-of-the-global-biochar-market/

346 Sanchez-Monedero, M.A. et al. (2018) ‘Role of biochar as an additive in organic waste composting’. Bioresources Technology, 247: 1155-1164. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.09.193

347 Li, R. et al. (2023) ‘Porous Biochar Materials for Sustainable Water Treatment: Synthesis, Modification, and Application’. Water, 15(3). https://doi.org/10.3390/w150303955

348 Moya, B. (2023) ‘Biochar is carbon removal's jack of all trades. Here's why’. World Economic Forum. 23 November. www.weforum.org/stories/2023/11/biochar-carbon-removals-jack-of-all-trades-for-immediate-climate-action/

349 Pandian, K. et al. (2024) ‘Biochar – a sustainable soil conditioner for improving soil health, crop production and environment under changing climate: a review’. Frontiers in Soil Science, 4. https://doi.org/10.3389/fsoil.2024.1376159

350 Patro, A. et al. (2024) ‘Recent approaches and advancement in biochar-based environmental sustainability: Is biochar fulfilling the sustainable development goals?’. iScience, 27(9). https://doi.org/10.1016/j.isci.2024.110812

351 Pandian, K. et al. (2024) ‘Biochar – a sustainable soil conditioner for improving soil health, crop production and environment under changing climate: a review’. Frontiers in Soil Science, 4. https://doi.org/10.3389/fsoil.2024.1376159

352 Yadav, S.P.S. et al. (2023) ‘Biochar application: A sustainable approach to improve soil health’. Journal of Agriculture and food Research, 11. https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100498

مؤسسة دبي للمستقبل

DUBAI FUTURE FOUNDATION

2025