

# CÁC XU HƯỚNG LỚN TOÀN CẦU TÁC ĐỘNG ĐẾN KHOA HỌC, CÔNG NGHỆ VÀ ĐỔI MỚI SÁNG TẠO

## MỤC LỤC

<b>GIỚI THIỆU .....</b>	<b>1</b>
<b>CÁC CHỮ VIẾT TẮT.....</b>	<b>2</b>
<b>I. NHỮNG XU HƯỚNG LỚN ẢNH HƯỞNG ĐẾN KHOA HỌC, CÔNG NGHỆ VÀ ĐỔI MỚI SÁNG TẠO</b>	
1.1. Dân số .....	3
1.2. Tài nguyên thiên nhiên và năng lượng .....	6
1.3. Biến đổi khí hậu và môi trường .....	8
1.4. Toàn cầu hóa.....	12
1.5. Vai trò của chính phủ .....	15
1.6. Kinh tế, việc làm và năng suất.....	19
1.7. Xã hội .....	22
1.8. Y tế, bất bình đẳng và phúc lợi.....	24
<b>II. CÁC XU HƯỚNG CÔNG NGHỆ TƯƠNG LAI</b>	
2.1. Internet kết nối vạn vật .....	28
2.2. Phân tích dữ liệu lớn.....	32
2.3. Trí tuệ nhân tạo.....	35
2.4. Công nghệ thần kinh.....	38
2.5. Vệ tinh nano/micro .....	42
2.6. Vật liệu nano.....	44
2.7. Chế tạo đắp dần .....	47
2.8. Công nghệ tích trữ năng lượng tiên tiến.....	50
2.9. Sinh học tổng hợp.....	53
2.10. Công nghệ Blockchain .....	56
<b>KẾT LUẬN.....</b>	<b>60</b>

## GIỚI THIỆU

Tương lai của chúng ta đang bị ảnh hưởng bởi một tập hợp các tác động mạnh mẽ, phức tạp, có liên quan đến nhau, dẫn đến những biến cố khó lường, không thể dự đoán trước và có thể có tính phá vỡ cao. Đó là những xu hướng lớn toàn cầu với những thay đổi về kinh tế, xã hội, chính trị, môi trường và công nghệ trên quy mô lớn, mặc dù diễn ra chậm nhưng một khi đã định hình sẽ có ảnh hưởng sâu sắc và lâu dài đến hầu hết các hoạt động, các quá trình và nhận thức của con người. Những xu hướng lớn đa chiều đó cũng có lẫn nhau và đôi khi đối ngược nhau sẽ ảnh hưởng đến định hướng và tốc độ thay đổi công nghệ và phát minh khoa học, cũng như các hoạt động và chính sách khoa học, công nghệ và đổi mới sáng tạo trong tương lai.

Cục Thông tin khoa học và công nghệ quốc gia biên soạn tổng luận mang tựa đề **“Các xu hướng lớn toàn cầu tác động đến khoa học, công nghệ và đổi mới sáng tạo”** nhằm truyền tải đến các nhà hoạch định chính sách, nhà quản lý doanh nghiệp và các nhà phân tích về những xu hướng biến đổi được dự đoán về các mô hình khoa học, công nghệ và đổi mới sáng tạo toàn cầu, về những tác động hiện tại và có thể xảy ra trong tương lai đối với các chính sách khoa học, công nghệ và đổi mới sáng tạo ở cả cấp độ quốc gia và toàn cầu.

Phần đầu của tài liệu mô tả và phân tích các “xu hướng lớn” toàn cầu đang có tác động mạnh đến xã hội và nền kinh tế, trong đó có cả các hệ thống khoa học, công nghệ và đổi mới sáng tạo trong 10-15 năm tới. Phần hai đề cập đến 10 xu hướng công nghệ nổi bật, không chỉ có triển vọng mang lại những thay đổi lớn lao mà còn có thể dẫn đến những rủi ro đáng kể. Phần này mô tả từng công nghệ, nhấn mạnh một số tác động kinh tế xã hội có thể và khảo sát các vấn đề chính sách liên quan.

*Trân trọng giới thiệu.*

**CỤC THÔNG TIN KHOA HỌC  
VÀ CÔNG NGHỆ QUỐC GIA**

## CÁC CHỮ VIẾT TẮT

AI	Trí tuệ nhân tạo Artificial intelligence
AM	Chế tạo đắp dần Additive manufacturing
DIY	Tự làm Do-it-yourself
FDI	Đầu tư trực tiếp nước ngoài Foreign direct investment
GDP	Tổng sản phẩm trong nước Gross domestic product
GVCs	Chuỗi giá trị toàn cầu Global value chains
ICT	Công nghệ thông tin và truyền thông Information and communication technology
IoT	Internet vạn vật Internet of things
IP	Sở hữu trí tuệ Intellectual property
NC&PT	Nghiên cứu và phát triển Research and development
OECD	Tổ chức Hợp tác và Phát triển kinh tế Organization for Economic Co-operation and Development
RRI	Nghiên cứu và đổi mới sáng tạo có trách nhiệm Responsible research and innovation
STI	Khoa học, công nghệ và đổi mới sáng tạo Science, technology and innovation

# I. NHỮNG XU HƯỚNG LỚN ẢNH HƯỞNG ĐẾN KHOA HỌC, CÔNG NGHỆ VÀ ĐỔI MỚI SÁNG TẠO

Những xu hướng lớn (Megatrends) là những thay đổi về mặt xã hội, kinh tế, chính trị, môi trường hoặc công nghệ quy mô lớn, diễn ra một cách chậm chạp tuy nhiên lại có ảnh hưởng sâu sắc và lâu dài đối với nhiều hoạt động, quá trình và nhận thức của con người. Những xu hướng lớn này được chia thành 8 lĩnh vực chuyên đề như sau: Dân số; tài nguyên thiên nhiên và năng lượng; biến đổi khí hậu và môi trường; toàn cầu hoá; vai trò của chính phủ; kinh tế, việc làm và năng suất; xã hội; sức khoẻ, bất bình đẳng và phúc lợi (Hình 1.1).



**Hình 1.1.** Tám xu hướng lớn ảnh hưởng đến STI

Nguồn: OECD (2015a), *OECD Digital Economy Outlook 2015*

## 1.1. Dân số

### *Tăng trưởng dân số ở các nước kém phát triển*

Dân số thế giới được dự báo sẽ tăng trong thế kỷ 21, mặc dù với tốc độ chậm hơn so với trước đây, đạt 8,5 tỷ vào năm 2030 và 9,7 tỷ vào năm 2050. Sự gia tăng sẽ diễn ra gần như toàn bộ ở các nước kém phát triển và châu Phi sẽ chiếm hơn một nửa mức tăng dự đoán. Quy mô dân số ở nhiều nước phát triển sẽ giữ ở mức ổn định và nhiều

nước thậm chí còn trải qua sự suy giảm dân số. Ví dụ, Nhật Bản và nhiều nước Trung Âu và Đông Âu, dân số được dự đoán sẽ giảm hơn 15% vào năm 2050.

Tăng trưởng dân số toàn cầu sẽ đặt ra những áp lực lớn chưa từng thấy đối với tài nguyên thiên nhiên, ví dụ như lương thực, năng lượng, nước... và khoa học, công nghệ và đổi mới sáng tạo (STI) vẫn tiếp tục được coi là có vai trò thiết yếu trong việc đẩy mạnh sản xuất và bảo tồn các loại tài nguyên này. Nhìn chung, dân số toàn cầu lớn hơn và kinh tế liên tục phát triển có thể dẫn đến nhiều hoạt động nghiên cứu và đổi mới sáng tạo hơn. Đồng thời, các chương trình nghị sự về nghiên cứu và đổi mới sáng tạo có thể bị tác động đáng kể bởi nhiều thách thức phát triển mà các nước có mức tăng trưởng dân số lớn đang phải đối mặt. Các thỏa thuận và hợp tác quốc tế mới về STI - như các Hiệp định Mục tiêu Phát triển bền vững (SDG) của Liên hợp quốc và Hiệp định Paris COP21 - sẽ thúc đẩy chuyển giao công nghệ cho các nước này để tăng cường các kênh phổ biến công nghệ hiện hữu thông qua thương mại, đầu tư trực tiếp nước ngoài (FDI) và mua sắm tư liệu sản xuất. Các nước đang phát triển sẽ cần phải mở rộng và đào sâu hơn năng lực nghiên cứu và đổi mới sáng tạo của mình nếu muốn hấp thụ và áp dụng các công nghệ cho nhu cầu riêng của mình.

### ***Xã hội già hóa***

Sự kết hợp giữa tỷ lệ sinh thấp và tuổi thọ tăng sẽ dẫn đến sự già hóa trong tương lai ở tất cả các khu vực chính trên thế giới. Với tốc độ như hiện nay, vào năm 2050 ở phạm vi toàn cầu, tỷ lệ số người trên 60 tuổi và số trẻ em sẽ gần như ngang nhau. Đây sẽ là một thay đổi lớn so với trước đây và hiện tại: hiện tại trên thế giới có khoảng 900 triệu người trên 60 tuổi, con số này được dự đoán sẽ tăng lên 1,4 tỷ vào năm 2030 và 2,1 tỷ vào năm 2050. Châu Âu theo dự báo sẽ có tỷ lệ số người trên 60 tuổi lớn nhất (34% vào năm 2050 so với 24% vào năm 2015). Nhưng già hóa nhanh cũng sẽ xảy ra ở các khu vực khác trên thế giới, đặc biệt ở châu Á. Gần 80% số người lớn tuổi trên thế giới sẽ sống ở những vùng kém phát triển hiện nay. Trung Quốc sẽ có khoảng 330 triệu dân có độ tuổi từ 65 trở lên, Ấn Độ có khoảng 230 triệu người, Brazil và Indonesia có trên 50 triệu người vào năm 2050. Trên toàn cầu, số người trên 80 tuổi được dự báo sẽ tăng gấp ba lần vào năm 2050 (từ 125 triệu năm 2015 lên 434 triệu năm 2050 và 944 triệu năm 2100). Nhóm có độ tuổi trên 80 chỉ chiếm 1% dân số OECD vào năm 1950, nhưng tỷ trọng này đã tăng lên 4% vào năm 2010 và theo dự báo sẽ lên đến 10% vào năm 2050.

Sự già hóa dẫn đến những thay đổi về lối sống và mẫu hình tiêu dùng, điều này tác động mạnh đến chủng loại sản phẩm và dịch vụ được yêu cầu. Các thị trường mới sẽ nổi lên như một phần của “nền kinh tế bạc” (silver economy), trong khi đó sẽ có nhiều nền kinh tế truyền thống hơn có thể phải thích ứng hoặc thậm chí sẽ biến mất, tất cả những điều này đều liên quan đến đổi mới sáng tạo. Đồng thời, các xã hội già hóa có thể gặp phải sự tăng trưởng kinh tế chậm lại. Tỷ số phụ thuộc của người cao tuổi, cùng với các bệnh không lây nhiễm trở nên phổ biến hơn và tình trạng ốm yếu gia tăng ở người cao tuổi sẽ đặt gánh nặng lên y tế và các dịch vụ khác. Áp lực tài chính phát sinh

có thể thu hút chi tiêu công vốn dùng để đầu tư cho các khu vực khác, trong đó có cả STI. Các bệnh liên quan đến người cao tuổi, trong đó có bệnh ung thư và mất trí, cũng có thể ngày càng nổi trội trong các chương trình nghiên cứu y học. Khi thế giới trở nên già hơn, kể cả nhiều nền kinh tế đang nổi, hợp tác nghiên cứu quốc tế về các căn bệnh liên quan đến tuổi cao có thể tăng lên.

### *Di cư quốc tế*

Tỷ lệ dân số trong độ tuổi lao động nhỏ hơn sẽ ảnh hưởng đến thị trường lao động có kỹ năng STI ở nhiều nước OECD. Quy mô dân số trong độ tuổi lao động (15-64) hiện đang ở đỉnh cao trong lịch sử và sẽ sớm giảm xuống. Điều này có nghĩa là tỷ lệ giữa số người phụ thuộc (hiện tại được định nghĩa là dưới 15 tuổi và trên 64 tuổi) so với dân số ở độ tuổi lao động có thể hỗ trợ về mặt xã hội và kinh tế sẽ tăng lên. Mặc dù khả năng người cao tuổi vẫn hoạt động và tiếp tục làm việc sau độ tuổi nghỉ hưu chính thức sẽ tăng lên, nhưng điều này vẫn không đủ để đáp ứng sự thiếu hụt nhân công. Tuy nhiên, việc ước tính thiếu hụt lực lượng lao động trong tương lai cũng cần xét đến sự thay đổi công nghệ như một yếu tố quyết định quan trọng, đặc biệt là tác động của các lĩnh vực robot và trí tuệ nhân tạo. Mặc dù vẫn còn nhiều tranh cãi, những công nghệ này có thể làm giảm nhu cầu lao động và giúp cân bằng sự không tương hợp về kỹ năng trong tương lai. Các công nghệ như vậy cùng với những công nghệ khác (như công nghệ thần kinh - neurotechnology) cũng có thể tăng cường khả năng nhận thức và thể chất, cho phép con người kéo dài được thời gian làm việc lâu hơn trong đời sống.

Di cư quốc tế có thể giúp giảm thiểu tình trạng thiếu lao động và thiếu kỹ năng ở các quốc gia tiếp nhận. Kịch bản dự báo tăng trưởng dài hạn ở OECD giả định rằng, các dòng người lao động di cư chảy vào sẽ là một nhân tố quan trọng để giảm nhẹ sự già hóa ở hầu hết các nước OECD. Tất cả các dấu hiệu đó đều cho thấy sự gia tăng hơn nữa các yếu tố thúc đẩy và thu hút các dòng di cư trong những thập kỷ tới. Lợi thế dân số trẻ ở một số nước đang phát triển tạo điều kiện thuận lợi cho di cư ra nước ngoài: việc thiếu các cơ hội việc làm và nguy cơ xung đột nội bộ gia tăng sẽ buộc nhiều người tìm kiếm cuộc sống và sự an toàn tốt hơn ở những nơi khác. Biến đổi khí hậu cũng có thể tác động nhiều hơn đến các dòng di cư quốc tế trong tương lai.

Người di cư mang theo trình độ và kỹ năng cùng với họ. Trong năm 2011, tại các nước OECD có 31 triệu người di cư có trình độ học vấn cao và số người di cư có kỹ năng cao đã tăng 72% trong thập kỷ trước. Ở châu Âu, trong thập kỷ qua, số người nhập cư mới chiếm 15% số người tham gia vào các ngành nghề đang phát triển mạnh như khoa học, công nghệ và kỹ thuật cũng như y tế và giáo dục. Tại Hoa Kỳ, con số tương đương là 22%. Tuy nhiên, kỹ năng của người nhập cư không được tận dụng triệt để ở các thị trường lao động của các nước đến và có gần 8 triệu người di cư có trình độ đại học ở các nước OECD đang làm các công việc kỹ năng thấp và vừa. Đây cũng là một tổn thất đối với các quốc gia đang phải đối mặt với nạn “chảy chất xám” đặc biệt là các nước đang phát triển, làm giảm khả năng phát triển năng lực nghiên cứu và đổi mới sáng tạo cần thiết để giải quyết những thách thức phát triển trong nước. Một mối quan

tâm nữa là quy mô và tầm quan trọng của các cộng đồng dân tộc thiểu số ở các nước đến, một số có thể hội nhập kém và bị thiệt thòi về mặt kinh tế, có thể gây nên những căng thẳng và bất ổn.

## **1.2. Tài nguyên thiên nhiên và năng lượng**

Tài nguyên thiên nhiên là một nền tảng lớn, chủ yếu trong hoạt động kinh tế và phúc lợi của con người. Nước, không khí, đất và đất trồng cung cấp thực phẩm, nguyên liệu và chất mang năng lượng để hỗ trợ các hoạt động kinh tế xã hội. Sự khai thác và tiêu thụ tài nguyên thiên nhiên ảnh hưởng đến chất lượng cuộc sống và phúc lợi của các thế hệ hiện tại và tương lai. Quản lý hiệu quả và sử dụng bền vững tài nguyên thiên nhiên là chìa khóa cho tăng trưởng kinh tế và chất lượng môi trường.

Tăng trưởng dân số trong tương lai, sự thay đổi lối sống và phát triển kinh tế sẽ làm tăng nhu cầu về nước, lương thực và năng lượng trên toàn cầu và làm tăng áp lực lên các nguồn tài nguyên thiên nhiên. Nông nghiệp sẽ vẫn là nơi tiêu thụ nước lớn nhất, ảnh hưởng đến chất lượng nước bề mặt và nước ngầm qua việc thải ra các dưỡng chất và các vi chất gây ô nhiễm. Một số nguồn năng lượng làm thay đổi chất lượng và khối lượng nước sẵn có (ví dụ như cắt phá thủy lực, thủy điện và kỹ thuật làm mát cho các nhà máy nhiệt điện và điện hạt nhân), do đó sự thay đổi hỗn hợp năng lượng trong tương lai được xem như một nhân tố trong quản lý nguồn nước. Nhu cầu nhiên liệu sinh học ngày càng tăng đã làm tăng sự cạnh tranh về hoa lợi trồng được. Việc phân bổ lại đất sản xuất sang sản xuất phi thực phẩm sẽ bị chi phối bởi biến động về giá và khả năng sinh lợi tương đối của hàng hoá thực phẩm nhưng có thể thách thức an ninh lương thực trong trung hạn.

Sự phát triển STI nhằm mang lại các kiến thức mới, các giải pháp sáng tạo và cơ sở hạ tầng tiên tiến để cải thiện việc giám sát, quản lý và năng suất của các nguồn tài sản tự nhiên và cuối cùng có thể tách biệt tăng trưởng kinh tế ra khỏi việc làm suy giảm tài nguyên. Các chính phủ được dự báo sẽ đóng vai trò quan trọng, bằng việc cung cấp cơ sở hạ tầng tri thức (ví dụ như ngân hàng dữ liệu, trung tâm hội tụ công nghệ), chia sẻ kiến thức và những thực tiễn tốt nhất, cung cấp tài chính cho nghiên cứu về nông nghiệp, năng lượng và quản lý tài nguyên thiên nhiên.

### ***Nước***

Nhiều nơi trên thế giới có thể sẽ phải chịu sức ép lớn về nước, vì nhu cầu nước đã vượt quá tốc độ tăng dân số trong thế kỷ qua. Nếu các xu thế kinh tế xã hội hiện nay vẫn tiếp diễn và không có các chính sách quản lý nước mới (một kịch bản nền), nhu cầu nước được dự báo sẽ tăng 55% trên phạm vi toàn cầu trong giai đoạn từ 2000 đến 2050. Gia tăng mạnh nhất thuộc lĩnh vực sản xuất công nghiệp (+400%), phát điện (+140%) và sử dụng nước sinh hoạt (+130%).

Nước ngầm là nguồn tài nguyên nước lớn nhất trên Trái đất (trừ nước được giữ dưới dạng băng), chiếm hơn 90% nguồn tài nguyên của thế giới. Ở những khu vực có nguồn nước mặt hạn chế, chẳng hạn như các vùng thuộc châu Phi, đây là nguồn tài

nguyên tương đối sạch, đáng tin cậy và hiệu quả về chi phí. Tuy nhiên, nước ngầm đang được khai thác với tốc độ gia tăng nhanh, vượt quá lượng có thể được bổ sung ở nhiều nơi trên thế giới. Sự cạn kiệt nhanh chóng nguồn nước ngầm còn là hậu quả của sự phổ biến các loại bơm tưới nhỏ ở các nước đang phát triển. Sử dụng nước ngầm với cường độ cao như vậy không chỉ giới hạn ở các nước đang phát triển, lượng nước ngầm sử dụng trong tưới tiêu tại một số nước OECD cũng cao hơn đáng kể so với tỷ lệ nước được bổ sung, ví dụ như ở một số vùng thuộc Hy Lạp, Ý, Mexico và Hoa Kỳ, ảnh hưởng đến khả năng phát triển kinh tế nuôi trồng. Cải tiến công nghệ tưới tiêu và việc áp dụng các thực tiễn nông nghiệp mới cũng như công nghệ robot trong nông nghiệp có thể giúp giám sát tốt hơn việc sử dụng nước và làm chậm sự cạn kiệt nước ngầm, mặc dù còn cần phải kết hợp với những thay đổi thể chế rộng hơn để đạt được hiệu quả cao hơn.

Bên cạnh đó, nước bề mặt và nước ngầm đang ngày càng trở nên ô nhiễm do các dòng xả thải chất dinh dưỡng từ nông nghiệp và xử lý nước thải kém. Mức dư lượng nitơ trong nông nghiệp được dự báo sẽ giảm ở hầu hết các nước OECD đến năm 2050 với hiệu quả sử dụng phân bón lớn hơn. Tuy nhiên, xu hướng này được cho là sẽ ngược lại ở Trung Quốc, Ấn Độ và hầu hết các nước đang phát triển. Hậu quả của chất lượng nước bị suy thoái sẽ làm tăng hiện tượng phú dưỡng, suy giảm đa dạng sinh học và bệnh tật. Chi phí kinh tế cho xử lý nước để đáp ứng tiêu chuẩn nước uống cũng có ý nghĩa quan trọng ở một số nước OECD. Sự phú dưỡng nước biển cũng làm tăng chi phí kinh tế cao đối với đánh bắt cá thương mại tại một số nước (ví dụ: Hàn Quốc và Hoa Kỳ). Những tiến bộ trong sinh học tổng hợp, như di truyền cây trồng và nâng cao hiệu suất trong vệ sinh nguồn nước, sẽ yêu cầu nhiều công trình nghiên cứu và phát triển (NC&PT) và áp dụng các nhà máy xử lý nước thải thế hệ mới, các hệ thống vệ sinh và nước thải, kết hợp với việc sử dụng các công nghệ cảm biến và công nghệ nano. Khai thác các nguồn nước thay thế như nước mưa, nước đã qua sử dụng, nước biển khử muối và khuyến khích sử dụng nước theo trình tự để giảm bớt sự khan hiếm đang là những thực tiễn đổi mới sáng tạo.

Tình trạng bấp bênh về thực phẩm và dinh dưỡng sẽ còn tồn tại ở nhiều nơi, chủ yếu là các khu vực nghèo, những nơi mà tình trạng khan hiếm nước và suy thoái đất sẽ tiếp tục gây tổn hại đất nông nghiệp. Hiện nay, có khoảng một nửa diện tích đất canh tác bị suy thoái từ mức độ vừa đến nghiêm trọng. Sa mạc hóa và hạn hán có thể sẽ biến khoảng 12 triệu ha đất sản xuất lương thực thành các vùng khô cằn mỗi năm. Trong thực tiễn sản xuất, nếu không đạt được những tiến bộ quan trọng, tổn thất về năng suất có thể lên đến 50% ở một số nước châu Phi vào năm 2050. Tuy nhiên, tình hình này ở hầu hết các nước OECD và BRIICS lại ít nghiêm trọng hơn do năng suất tăng liên tục sẽ dẫn đến việc sử dụng đất hiệu quả hơn. Thay vì mở rộng diện tích đất nông nghiệp, nhiều nước đã lên kế hoạch từ bỏ khai thác đất, cho phép các hệ sinh thái phục hồi và tái tạo một phần.



Thói quen tiêu dùng thực phẩm có khả năng thay đổi, phản ánh mức sống ngày càng tăng, tỷ lệ phụ nữ tham gia trong lực lượng lao động cao hơn và thời gian chuẩn bị bữa ăn giảm. Giá hầu hết các mặt hàng nông nghiệp được dự đoán sẽ tăng đáng kể vào năm 2050, đặc biệt sẽ tác động đến các nhóm dân nghèo. Đổi mới sáng tạo sẽ đóng một vai trò quan trọng trong việc giúp nông nghiệp sản xuất ra nhiều thực phẩm giàu dinh dưỡng hơn, đa dạng và phong phú hơn, giải quyết những thay đổi trong chế độ dinh dưỡng và còn cung cấp nguyên liệu thô cho sử dụng phi thực phẩm. Đồng thời, đổi mới sáng tạo cần phải làm giảm bớt sự cạn kiệt tài nguyên thiên nhiên và cho phép thích ứng với những thay đổi về điều kiện tự nhiên được dự báo do biến đổi khí hậu gây ra.

### ***Năng lượng***

Tiêu thụ năng lượng sẽ tăng mạnh bị chi phối bởi tăng trưởng kinh tế và dân số. Dựa trên cơ sở các chính sách chính phủ hiện hành và theo kế hoạch (“Kịch bản chính sách mới” của Cơ quan Năng lượng Quốc tế (IEA)), nhu cầu năng lượng sơ cấp toàn cầu ước tính tăng 37% trong giai đoạn từ năm 2012 đến năm 2040. Hầu hết nhu cầu tăng này được cho là xuất phát từ tăng trưởng kinh tế tại các nền kinh tế đối tác của OECD, đặc biệt là châu Á, chiếm khoảng 60% tiêu thụ năng lượng toàn cầu. Gia tăng nhu cầu toàn cầu được dự báo sẽ chậm lại sau năm 2025 do ảnh hưởng của giá cả và chính sách và chuyển dịch cơ cấu theo hướng các ngành dịch vụ và công nghiệp nhẹ. Tuy nhiên, ngành công nghiệp vẫn có khả năng là nơi tiêu thụ năng lượng lớn nhất vào năm 2040, tiếp đến là vận tải, các tòa nhà ở và thương mại.

Hỗn hợp năng lượng toàn cầu sẽ chuyển đổi, chủ yếu do sử dụng năng lượng tái tạo gia tăng. Điều này có nghĩa là các nguồn năng lượng cacbon thấp và năng lượng hóa thạch (như dầu mỏ, khí đốt và than đá) sẽ chiếm tỷ trọng tương đương trong hỗn hợp cung ứng năng lượng trên thế giới vào năm 2040. Trên toàn thế giới, tỷ lệ tăng sử dụng năng lượng tái tạo lớn nhất để phát điện sẽ là từ năng lượng gió (34%), tiếp theo là thủy điện (30%) và công nghệ năng lượng mặt trời (18%). Đồng thời, nhiên liệu sinh học có thể cung cấp tới 27% lượng nhiên liệu vận tải của thế giới vào năm 2050, tăng mạnh so với mức 2% hiện tại. Các thị trường năng lượng tái tạo mới sẽ phụ thuộc vào sự đột phá về công nghệ và cơ sở hạ tầng thông minh, được tạo khả năng bởi các khoản đầu tư đáng kể vào NC&PT và cơ sở hạ tầng và các quan hệ hợp tác công-tư chiến lược mới.

### **1.3. Biến đổi khí hậu và môi trường**

#### ***Thế giới đang nóng lên***

Dữ liệu về nhiệt độ trên mặt đất và bề mặt đại dương cho thấy nhiệt độ ấm lên trung bình trên toàn cầu đạt  $0.85^{\circ}\text{C}$  trong giai đoạn từ 1880 - 2012. Các vùng vĩ độ cao, phần lớn thuộc vùng Bắc Cực có nhiệt độ nóng lên hơn  $2^{\circ}\text{C}$  là những khu vực nóng lên nhiều nhất trên thế giới. 30 năm gần đây là khoảng thời gian nóng nhất trong vòng 1.400 năm qua ở bán cầu Bắc. Toàn cầu sẽ vẫn tiếp tục nóng lên trong vài thập kỷ tới là điều không thể tránh khỏi.

Thay đổi nhiệt độ toàn cầu được dự báo có liên quan chặt chẽ với lượng phát thải CO<sub>2</sub> tích lũy. Phát thải khí nhà kính (GHG) do con người gây ra rất có thể là nguyên nhân chính của hiện tượng nóng lên quan sát được kể từ giữa thế kỷ 20. Nồng độ khí CO<sub>2</sub>, khí mê-tan và oxit nitơ trong khí quyển đạt mức cao chưa từng thấy trong ít nhất 800.000 năm qua. Khí thải CO<sub>2</sub> chiếm khoảng 75% phát thải khí nhà kính toàn cầu, hầu hết từ sản xuất năng lượng. Lượng phát thải CO<sub>2</sub> do con người gây ra trong 40 năm gần đây đóng góp đến một nửa tổng số lượng phát thải tính từ năm 1750. Việc đốt nhiên liệu hóa thạch đóng góp hai phần ba lượng khí thải CO<sub>2</sub> toàn cầu, trong khi nông nghiệp là nơi phát thải khí nhà kính mê-tan và nitơ oxit mạnh nhất.

Để giảm thiểu sự nóng lên toàn cầu đòi hỏi nhiều chiến lược giảm phát thải khí nhà kính tham vọng hơn. Kịch bản Chính sách mới của IEA phù hợp với sự gia tăng nhiệt độ về dài hạn là 4<sup>0</sup>C. Kịch bản đầy tham vọng này cần đến những thay đổi mạnh về chính sách và công nghệ, nhưng vẫn dẫn tới mức độ biến đổi khí hậu nguy hiểm. Một kịch bản nghiêm ngặt hơn (2DS) đáp ứng mục tiêu 2<sup>0</sup>C đã được thống nhất tại hội nghị khí hậu Paris yêu cầu giảm từ 40% -70% lượng phát thải khí nhà kính toàn cầu vào năm 2050. Điều này có nghĩa là tăng tỷ lệ cung ứng điện cacbon thấp từ 30% lên hơn 80% vào thời điểm này.

Đổi mới công nghệ năng lượng sẽ là chìa khóa để đạt được 2DS. Một danh mục toàn diện các công nghệ cacbon thấp, bao gồm cả các giải pháp để giải phóng cacbon, có thể giúp đạt được các mục tiêu về khí hậu. Một số giải pháp sẽ được áp dụng rộng rãi, trong khi một số khác nhằm vào các lĩnh vực cụ thể. Trong lĩnh vực điện năng, năng lượng gió trên biển và năng lượng mặt trời PV đã sẵn sàng để được lồng ghép. Tuy nhiên, để có thể triển khai ở quy mô lớn đòi hỏi phải đổi mới sáng tạo hơn nữa trong tích trữ năng lượng và cơ sở hạ tầng lưới điện thông minh để tăng tính linh hoạt trong bối cảnh biến đổi khí hậu. Các công nghệ thu giữ cacbon (CCS) được cho là sẽ đóng vai trò quan trọng, mặc dù cần phát triển kỹ thuật và thị trường hơn nữa trước khi chúng được áp dụng rộng rãi. Công nghệ nano có thể cung cấp các giải pháp sáng tạo cho vật liệu CCS. Công nghệ sinh học cũng cung cấp các giải pháp độc đáo để giảm phụ thuộc vào dầu và hóa dầu. Pin sinh học, quang hợp nhân tạo và các vi sinh vật tạo ra nhiên liệu sinh học là một số đột phá gần đây có thể hỗ trợ cuộc cách mạng dựa vào sinh học trong sản xuất năng lượng. Công nghệ nano có thể cung cấp các giải pháp đổi mới sáng tạo để giảm sử dụng năng lượng trong công nghiệp và cho phép thay thế các quy trình tiêu thụ nhiều năng lượng bằng các quy trình chi phí thấp. Ngoài ra, các thành phần hoặc công nghệ năng lượng thấp có thể là công cụ để phát triển và tiếp nhận các công nghệ khác.

Các nền kinh tế mới nổi được dự báo sẽ chiếm phần lớn lượng phát thải khí nhà kính trong những thập kỷ tới, việc các nền kinh tế này tiếp cận các công nghệ cacbon thấp có tính đổi mới sáng tạo sẽ là điều quan trọng và có thể giúp làm giảm đến ba

phần tư lượng phát thải CO<sub>2</sub> trên toàn thế giới vào năm 2050 theo kịch bản 2DS. Phát triển kinh tế nhanh ở các khu vực này sẽ hỗ trợ triển khai công nghệ, nhưng cần có sự hợp tác quốc tế để đảm bảo chuyển giao công nghệ và tri thức. Hơn nữa, việc áp dụng công nghệ trong tương lai còn đòi hỏi nâng cao kỹ năng và năng lực tổ chức trong nước.

### ***Hậu quả đối với khí hậu, hệ sinh thái và sức khoẻ là rất lớn***

Một loạt những biến đổi khí hậu nghiêm trọng sẽ đi kèm với nóng lên toàn cầu. Sóng nhiệt sẽ xảy ra thường xuyên hơn và kéo dài hơn, trong khi các hiện tượng thời tiết cực đoan như lượng mưa sẽ trở nên mạnh hơn và thường xuyên xuất hiện hơn ở nhiều nơi. Lượng mưa nhiều khả năng sẽ tăng lên ở các vùng nhiệt đới và vĩ độ cao, nhưng lại giảm ở các vùng khô hạn. Các đại dương sẽ tiếp tục ấm lên và bị axit hóa, ảnh hưởng mạnh đến các hệ sinh thái biển. Mực nước biển trung bình toàn cầu sẽ tiếp tục tăng với tốc độ nhanh hơn trong bốn thập kỷ qua. Vùng Bắc cực sẽ tiếp tục ấm nhanh hơn mức trung bình toàn cầu, dẫn đến băng tan kể cả ở tầng đất đóng băng vĩnh cửu.

Biến đổi khí hậu sẽ gây ra những tác động sâu sắc đến an ninh lương thực và nguồn nước ở cấp khu vực và toàn cầu. Lượng mưa cực đoan và thay đổi sẽ ảnh hưởng đến độ khả dụng và nguồn cung cấp nước, cũng như an ninh lương thực và thu nhập từ nông nghiệp và sẽ dẫn đến những thay đổi về diện tích canh tác cây lương thực và phi lương thực trên khắp thế giới. Tác động của biến đổi khí hậu sẽ làm giảm nguồn nước mặt và nước ngầm có khả năng tái tạo ở những vùng khô hạn nhất, làm tăng sự cạnh tranh về nước giữa các ngành khác nhau.

Một khi biến đổi khí hậu làm thay đổi các hệ thống nước - lương thực và chất lượng không khí, bệnh tật mới có thể xuất hiện hoặc các căn bệnh hiện tại trở nên phổ biến rộng hơn. Tử vong sớm trên toàn cầu do ô nhiễm không khí ngoài trời được cho sẽ tăng gấp đôi vào năm 2050. Sốt rét là bệnh truyền nhiễm quan trọng nhất đang trở nên trầm trọng hơn do biến đổi khí hậu. Hiện tại, hơn một nửa dân số thế giới (3,7 tỷ) sống trong những khu vực có nguy cơ cao. Con số này dự kiến sẽ tăng lên 5,7 tỷ người vào năm 2050. Phần lớn dân số sống trong các khu vực có nguy cơ cao (như các vùng nóng ẩm là nơi cư trú phù hợp của loài muỗi gây bệnh sốt rét) sẽ ở Châu Á (3,2 tỷ) và Châu Phi (1,6 tỷ).

Số lượng thiên tai liên quan đến thời tiết đã tăng lên trên toàn thế giới trong ba thập kỷ qua, đặc biệt là lũ lụt, hạn hán và bão. KH&CN sẽ đóng một vai trò quan trọng trong việc giám sát các hệ sinh thái và quản lý thiên tai. Các cơ quan khí tượng thủy văn quốc gia phụ trách các hệ thống cảnh báo sớm sẽ ngày càng phải dựa vào các dữ liệu vệ tinh, bổ sung cho các hệ thống radar trên mặt đất, để duy trì quan trắc liên tục thời tiết toàn cầu và cảnh báo hiệu quả hơn. Cụ thể, việc triển khai các chòm vệ tinh nano và micro có thể hỗ trợ giám sát liên tục các khu vực địa lý rộng hơn, bao gồm cả đại dương, dẫn đến cải thiện dự báo. Các ngành xây dựng và vận tải sẽ sử dụng các

nguyên liệu và công nghệ tiên tiến để thích nghi với các điều kiện môi trường cực đoan mới.

### ***Đa dạng sinh học toàn cầu bị đe dọa***

Nhiệt độ và chế độ mưa thay đổi ảnh hưởng đến sự phân bố các loài và các hệ sinh thái. Khi nhiệt độ tăng, tầm phân bố của các hệ sinh thái và các loài có khuynh hướng chuyển dịch sang các cực hoặc các vùng cao hơn. Sự di trú như vậy làm cho một số hệ sinh thái thu hẹp lại trong khi một số khác lại mở rộng. Mất đa dạng sinh học là một thách thức lớn về môi trường. Mặc dù một số nơi thành công, nhưng đa dạng sinh học vẫn đang suy giảm trên toàn cầu và tổn thất này được dự báo sẽ tiếp tục. Khoảng 20% loài động vật có vú và chim, gần 40% loài bò sát, 1/3 loài động vật lưỡng cư và một phần tư loài cá biển đã nằm trong danh sách các loài bị đe dọa.

Hầu hết các vùng giàu đa dạng sinh học đều nằm ở các nước đang phát triển. Các nước có thu nhập thấp dự báo sẽ phải chịu 39% tổn thất đa dạng sinh học trên toàn cầu, các quốc gia BRIICS là 36% và các nước OECD là 25% vào năm 2050. Thiệt hại có thể đạt mức cao ở Nhật Bản và Hàn Quốc, Châu Âu, Nam Phi và Indonesia. Một số quốc gia ở Trung Âu đang đứng trước đe dọa đa dạng sinh học khắc nghiệt. Ngoài ra, các nước đang phát triển có xu hướng phải gánh chịu phần lớn chi phí tổn thất đa dạng sinh học vì họ thường phụ thuộc vào tài nguyên thiên nhiên để phát triển kinh tế nhiều hơn so với các nước phát triển.

### ***Xử lý chất thải và tiền đề của kinh tế tuần hoàn***

Quản lý chất thải yếu kém có tác động tiêu cực đến sức khỏe con người và môi trường, ví dụ: ô nhiễm đất và nước, chất lượng không khí, sử dụng đất và cảnh quan. Trong hai thập kỷ qua, các nước OECD đã nỗ lực rất nhiều để hạn chế sự phát sinh chất thải và tốc độ gia tăng chất thải đô thị đã giảm từ 1,24% trong giai đoạn 1995-2004 xuống còn 0% trong giai đoạn từ 2005-2014. Hiện tại, trung bình một người sống ở khu vực OECD tạo ra 520 kg chất thải mỗi năm. Lượng chất thải được đưa trở lại nền kinh tế thông qua tái chế đang tăng lên. Tiên xử lý cơ học và sinh học đang ngày càng được sử dụng để nâng cao tốc độ khôi phục và hiệu suất đốt cháy. Các nguyên tắc chỉ đạo của chính phủ khuyến khích hoặc yêu cầu các nhà sản xuất chịu trách nhiệm về sản phẩm của mình sau bán hàng, ví dụ: EU đã đưa ra các mục tiêu tái chế cho tất cả các quốc gia thành viên. Việc đổ rác thải thành phố đã bị cấm ở một số nước. Tỷ lệ tái chế đối với các vật liệu như thủy tinh, thép, nhôm, giấy và plastic đang gia tăng (lên đến 80% trong một số trường hợp).

Có thể nhận thấy được sự chuyển đổi theo hướng “kinh tế tuần hoàn” (circular economy). Các nước OECD đang tăng cường nỗ lực để chuyển sang một nền kinh tế sử dụng hiệu quả tài nguyên hơn và cho thấy những dấu hiệu tách biệt tiêu thụ nguyên liệu với tăng trưởng kinh tế. Nền kinh tế tuần hoàn hàm ý một sự thay đổi có tính hệ thống, chuyển sang một xã hội không có hoặc có ít chất thải, hiệu quả tài nguyên và có những thay đổi lớn trong các phương pháp sản xuất và tiêu dùng. Một nền kinh tế tuần hoàn sẽ

tạo ra những cơ hội kinh tế to lớn khi các dịch vụ và mô hình kinh doanh mới xuất hiện, mối quan hệ giữa nhà sản xuất và người tiêu dùng và giữa sản phẩm và người sử dụng nó trải qua quá trình thay đổi căn bản. Việc sửa chữa, tái sử dụng, tái phân phối và tái sản xuất sẽ tăng lên, cũng như tỷ lệ tái chế; Và công nghệ vật liệu sẽ phát triển và cho phép chuyển đổi từ nguyên liệu phi tái tạo sang sản xuất và sử dụng các vật liệu có khả năng tái tạo cao trong các sản phẩm hoàn chỉnh.

#### **1.4. Toàn cầu hóa**

Toàn cầu hoá - dưới dạng các dòng vốn, hàng hoá và nhân lực quốc tế - tạo điều kiện cho việc phổ biến kiến thức, công nghệ và thực tiễn kinh doanh mới. Những động thái này ảnh hưởng mạnh mẽ đến sự đổi mới sáng tạo và tăng năng suất lâu dài. Ngoài ra, sự thay đổi về công nghệ, đặc biệt trong lĩnh vực công nghệ thông tin và truyền thông (ICT) và vận tải, đã tạo điều kiện và thậm chí đẩy nhanh quá trình toàn cầu hóa. Xu hướng toàn cầu hoá ngày càng tăng có thể tiếp tục có những ảnh hưởng đáng kể trong 10-15 năm tới, mặc dù các xu hướng ngược, như tăng cường bảo hộ, có thể gây phá vỡ và dẫn đến gián đoạn.

##### ***Chuỗi giá trị thương mại và toàn cầu***

Hội nhập thương mại toàn cầu được dự báo sẽ tiếp tục phát triển trong tương lai, mặc dù ở tốc độ chậm hơn so với những năm gần đây. Thương mại dịch vụ sẽ tiếp tục phát triển nhanh hơn thương mại hàng hoá, một phần do sự liên tục tự do hóa ngành, một phần còn do tỷ trọng dịch vụ trong GDP gia tăng và một phần là do các xu hướng tiêu dùng bị thúc đẩy bởi dân số già hóa. Các mô hình thương mại sẽ phản ánh sự thay đổi về trọng lượng cán cân kinh tế toàn cầu, với xuất khẩu từ các nền kinh tế ngoài OECD được cho sẽ tăng từ chỗ chiếm 35% xuất khẩu thế giới năm 2012 lên 56% vào năm 2060.

Sự tăng trưởng nhanh chóng của các chuỗi giá trị toàn cầu (GVC) là một động lực quan trọng của quá trình toàn cầu hóa kinh tế trong những thập kỷ qua và kết quả là sự liên kết ngày càng tăng giữa các quốc gia. Các GVC ngày càng trở nên dài và phức tạp hơn theo thời gian với sản xuất trải rộng trên số các quốc gia tham gia ngày càng tăng, kể cả ở các nền kinh tế mới nổi. Sự gia tăng phân chia sản xuất quốc tế trong các GVC, với sự trợ giúp của dịch vụ hậu cần (cùng với sự hỗ trợ kỹ thuật số), viễn thông và dịch vụ kinh doanh, đang cho thấy các hoạt động sử dụng nhiều lao động được chuyển giao từ các nước OECD sang các nền kinh tế có chi phí lao động thấp. Nhưng mức độ chuyển hướng này sẽ tiếp tục trong tương lai hay không vẫn còn là điều không chắc chắn. Tăng lương, như ở miền đông Trung Quốc và tự động hóa gia tăng đang làm xói mòn lợi thế về chi phí lao động tại các nền kinh tế mới nổi, trong khi các GVC phức tạp và dài đang đặt các công ty đứng trước rủi ro cung ứng gia tăng trong trường hợp những cú sốc bất lợi.

Cùng lúc, các nền kinh tế mới nổi như Trung Quốc cũng đang cố gắng chuyển sang các hoạt động có giá trị gia tăng cao hơn, làm thay đổi vị trí của họ - cả đầu dòng

và cuối dòng trong các GVC. Đổi mới sáng tạo là chìa khóa để nâng cao năng lực. Năng lực NC&PT công nghiệp đã phát triển nhanh ở các khu vực này và sự gia tăng không ngừng về cường độ NC&PT cho thấy cạnh tranh toàn cầu trong lĩnh vực tài sản NC&PT. Nói rộng hơn, tầm quan trọng ngày càng tăng của các GVC có thể dẫn đến sự tập trung mạnh hơn vào một tập hợp các nhiệm vụ cụ thể mà các công ty của một quốc gia có lợi thế so sánh. Tùy thuộc vào cấu trúc quản trị của GVC, điều này có thể dẫn đến sự gia tăng tập trung năng lực đổi mới trong số các tổ chức quốc gia.

### ***Công ty đa quốc gia***

NC&PT và các hoạt động đổi mới sáng tạo đang ngày càng trở nên mang tính toàn cầu, nhờ vào việc thay đổi tổ chức các chức năng bên trong công ty đa quốc gia (MNE), các công ty này đang quốc tế hóa các hoạt động NC&PT với tốc độ nhanh hơn và trên quy mô lớn hơn trước đây. Các công ty chi nhánh có sự kiểm soát của nước ngoài (Foreign-controlled affiliates) đóng một vai trò quan trọng trong NC&PT quốc nội ở một số nước OECD. Năm 2013, các công ty này chiếm hơn một phần năm tổng NC&PT của doanh nghiệp tại đa số các quốc gia OECD. Các phát minh được cấp bằng sáng chế cũng thường là kết quả của sự hợp tác giữa các nhà phát minh từ các nền kinh tế khác nhau. Tính trung bình, đồng phát minh quốc tế tăng 27% trong giai đoạn 2000-03 và 2010-13.

Các dòng vốn đầu tư trực tiếp nước ngoài (FDI) trên thế giới đã tăng gấp ba lần kể từ giữa những năm 1990, gia tăng với tốc độ nhanh hơn so với thương mại quốc tế về hàng hoá và dịch vụ. Mặc dù hầu hết các dòng chảy FDI vẫn diễn ra trong khối OECD, nhưng cảnh quan đã thay đổi đáng kể trong thập kỷ qua. Cho đến năm 2003, có khoảng 95% dòng FDI xuất phát từ các nước OECD, nhưng trong thập kỷ qua tỷ lệ này đã giảm xuống dưới 80% do gia tăng đầu tư nước ngoài của các nền kinh tế mới nổi. FDI đổ vào có thể mang đến cho các nước nhận cơ hội tiếp cận các công nghệ mới, tạo ra các cơ hội việc làm và sự lan tỏa tri thức cho các công ty trong nước.

Tiêu chuẩn đóng một vai trò quan trọng trong đổi mới sáng tạo, tạo nên sự thống nhất trên toàn ngành về các quy tắc, thực hành, chuẩn đo hay các quy ước được sử dụng trong công nghệ, thương mại và xã hội nói chung. Công tác tiêu chuẩn hóa ngày càng được tiến hành trên phạm vi quốc tế, trong một nền kinh tế toàn cầu hóa, tính tương thích và những ranh giới chung xuyên biên giới đang ngày càng trở nên quan trọng. Các công ty đóng vai trò chính trong thiết lập các tiêu chuẩn quốc tế sẽ có lợi thế khi làm vậy do các tiêu chuẩn mới phù hợp với các tiêu chuẩn và/hoặc các đặc điểm của cơ sở sản xuất của họ.

### ***Các luồng dữ liệu số toàn cầu***

Không chỉ có các dòng chảy hàng hoá và tài chính gia tăng trong hai thập kỷ qua, mà cả các luồng dữ liệu thương mại, thông tin, tìm kiếm, video, truyền thông và lưu lượng dữ liệu nội bộ cũng tăng lên. Độ rộng dải tần xuyên biên giới đã tăng 45 lần kể từ năm 2005 và được dự đoán sẽ tăng thêm 9 lần trong 5 năm tiếp theo. Các nền tảng

kỹ thuật số toàn cầu đang giúp giảm chi phí thông tin liên lạc và giao dịch qua biên giới, qua đó làm giảm quy mô tối thiểu để các doanh nghiệp có thể hoạt động toàn cầu và cho phép các doanh nghiệp nhỏ trở thành “các công ty đa quốc gia nhỏ”. Các nền tảng kỹ thuật số toàn cầu cũng giúp các cá nhân hình thành các kết nối xuyên biên giới, cho phép họ học hỏi, tìm việc làm, giới thiệu tài năng của mình và xây dựng mạng lưới cá nhân. Khoảng 900 triệu người có kết nối quốc tế trên phương tiện truyền thông xã hội và 360 triệu người tham gia vào thương mại điện tử qua biên giới, các con số đang tăng lên nhanh chóng.

### ***Toàn cầu hoá thương mại bất hợp pháp***

Tự do hóa thương mại và chi phí của chuỗi cung ứng xuyên lục địa tương đối thấp đã làm thay đổi khối lượng, chủng loại và phạm vi địa lý của hàng hoá được buôn bán ở các thị trường bất hợp pháp. Lợi nhuận của tội phạm có tổ chức xuyên quốc gia ước tính đạt 870 tỷ USD, tương đương 1,5% GDP toàn cầu. Mức độ và tính nghiêm trọng của những tác động tiêu cực về xã hội, kinh tế và thậm chí cả về mặt chính trị cũng đã tăng lên. Ví dụ, buôn bán ma túy, vũ khí và đặc biệt là buôn người trái phép xuyên quốc gia có những tác động xói mòn xã hội một cách rõ ràng. Thương mại hàng giả bất hợp pháp gây suy yếu mô hình đầu tư cho nghiên cứu và phát triển, ví dụ như trong lĩnh vực dược phẩm. Buôn bán động vật hoang dã phá huỷ đa dạng sinh học và có thể gây ra sự lây lan bệnh động vật truyền sang người. Việc sử dụng hối lộ trong thương mại bất hợp pháp và ảnh hưởng phi pháp cũng làm suy yếu sự quản lý và có thể đe dọa sự ổn định chính trị.

Mạng lưới hoạt động tội phạm quốc tế phụ thuộc vào và cũng hưởng lợi từ nhiều công nghệ và đổi mới sáng tạo mà các công ty luật tư nhân khai thác nhằm nâng cao khả năng cạnh tranh của mình. Internet là một ví dụ nổi bật, với việc di trú các hoạt động tội phạm trực tuyến làm tăng mức độ đe dọa đối với an ninh kỹ thuật số. Một nền kinh tế ngầm tội phạm mạng đã xuất hiện, với sự hình thành các nhóm tổ chức xuyên gia có các kỹ năng kỹ thuật đổi mới đáng kể để thực hiện các hành vi đánh cắp tài chính, thông tin và danh tính bằng cách sử dụng các công cụ kỹ thuật ngày càng tinh vi, một số đã được tự động hóa và triển khai trên diện rộng để đạt được hiệu quả tối đa.

### ***Toàn cầu hoá chính trị***

Trong tương lai gần, Nhà nước vẫn giữ vai trò chủ đạo trong các vấn đề quốc gia và quốc tế, nhưng sự gia tăng liên kết quốc tế giữa một loạt các chủ thể liên quan, bao gồm các công ty đa quốc gia, các phong trào xã hội dân sự toàn cầu và các thành phố, có nghĩa là môi trường để giải quyết các vấn đề toàn cầu đang thay đổi. Đồng thời, sự phát triển kinh tế mạnh mẽ ở châu Á trong những thập kỷ gần đây cho thấy một sự chuyển đổi mang tính lịch sử về quyền lực kinh tế và địa chính trị, điều đó đặt ra câu hỏi về tính hợp pháp của nhiều tổ chức đa phương tồn tại sau Thế chiến thứ II. Việc thiếu đại diện vẫn là mối quan tâm lớn, nhất là trong các tổ chức tài chính quốc tế và đã thúc đẩy một số nền kinh tế mới nổi thành lập các cơ chế song phương và đa phương

(ví dụ như các ngân hàng phát triển, khối thương mại khu vực và các nhóm như BRICS). Các chính sách STI của quốc gia ngày càng được xây dựng trong các điều kiện toàn cầu, phản ánh bản chất toàn cầu của nhiều vấn đề và sự toàn cầu hóa thị trường và sản xuất. Do đó, việc quản lý xuyên biên giới ngày càng trở nên quan trọng đối với STI, đặc biệt trong việc giải quyết các “thách thức lớn” toàn cầu như biến đổi khí hậu và những mối đe dọa đến sức khỏe và sự đầy đủ nguồn lực. Tuy nhiên, các khuôn khổ quốc tế trong nhiều lĩnh vực STI vẫn còn mới mẻ và bị ảnh hưởng bởi một số rào cản, đặc biệt là những khó khăn trong việc điều phối các khoản tài trợ tập thể thông qua các chế độ tài trợ quốc gia. Các quốc gia cũng quan ngại về việc phân bổ lợi ích của việc đầu tư công vào nghiên cứu và đổi mới sáng tạo do sự nổi lên của STI như một trọng tâm của chính sách công nghiệp quốc gia.

### ***Di cư quốc tế thông qua giáo dục đại học***

Di chuyển lao động quốc tế các cá nhân có trình độ học vấn cao ở các giai đoạn khác nhau trong sự nghiệp phát triển và chuyên môn cá nhân là một động lực quan trọng cho việc lưu thông tri thức trên toàn thế giới. Giai đoạn quan trọng là giáo dục trình độ đại học, khi sinh viên học tập hoặc dành thời gian ở các cơ sở đào tạo đại học nước ngoài, họ sẽ xây dựng mối liên kết với các cá nhân khác và đạt được những năng lực để có thể chuyển qua các nơi khác trong suốt thời gian làm việc của họ. Số sinh viên du học nước ngoài đã tăng hơn năm lần kể từ giữa những năm 1970. Con số này đạt khoảng 0,8 triệu trên toàn thế giới vào năm 1975 và đã tăng lên hơn 4 triệu vào năm 2010. Sinh viên du học nước ngoài tập trung ở một vài quốc gia, với gần một nửa đến năm quốc gia hàng đầu (Hoa Kỳ, Anh, Đức, Pháp và Úc). Tuy nhiên, các điểm đến đang phát triển nhanh nhất như châu Mỹ Latinh và vùng Caribê, châu Đại Dương và châu Á, phản ánh sự quốc tế hoá các trường đại học đang tăng lên tại một số nước đang phát triển. Trong thời gian tới, số sinh viên du học ở nước ngoài có thể tăng gấp đôi, lên 8 triệu vào năm 2025. Tỷ lệ tăng trưởng nhu cầu giáo dục đại học quốc tế trung bình hàng năm trong giai đoạn 2005-2025 được dự đoán sẽ vượt quá 3% ở châu Phi, Trung Đông, châu Á, Trung Mỹ và Nam Mỹ. Các quốc gia gửi sinh viên quốc tế hàng đầu vào năm 2025 dự đoán sẽ là Trung Quốc, Ấn Độ, Đức, Hàn Quốc, Ả-rập Xê-út, Nigeria, Thổ Nhĩ Kỳ, Pakistan, Pháp và Kazakhstan và số sinh viên đến từ Trung Quốc và Ấn Độ dự đoán sẽ chiếm khoảng một phần ba tổng số này.

## **1.5. Vai trò của chính phủ**

### ***Thay đổi vai trò phát triển kinh tế của chính phủ***

Về mặt lịch sử, nhiều nước OECD thực hiện các chính sách công nghiệp can thiệp cao, nhà nước thường sở hữu các phương tiện sản xuất trong một số ngành công nghiệp chủ chốt hoặc ủng hộ một vài “nhà vô địch quốc gia” tư nhân. Kiểu chính sách này đã không còn được ưa chuộng rộng rãi từ những năm 1970 và được thay thế bằng các chính sách có tính chất ngang bằng hơn, tập trung vào việc cải thiện các điều kiện khung cho tất cả các doanh nghiệp. Các điều kiện này liên quan đến việc thực thi các



quy tắc cạnh tranh, mở cửa thương mại, chuẩn bị sẵn sàng các kỹ năng (giáo dục và đào tạo nghề) v.v.. Tuy nhiên, sau cuộc khủng hoảng kinh tế gần đây, nhiều nước OECD đã thể hiện mối quan tâm mới về chính sách công nghiệp. Khả năng mất năng lực chế tạo công nghiệp và sự cạnh tranh gia tăng từ các nền kinh tế mới nổi cũng góp phần làm tăng mối quan tâm, cùng với đó là triển vọng về “cuộc cách mạng sản xuất mới” được thúc đẩy bởi KH&CN.

Cách tiếp cận mới này khác với các thể hệ chính sách công nghiệp trước đây. Nó bao gồm việc tạo điều kiện và phối hợp các vai trò lãnh đạo và các phương thức mới để cho chính phủ và ngành công nghiệp cùng hợp tác với nhau, đồng thời tránh được sự ảnh hưởng quá mức từ những giới có thể lực. Các mối liên kết có ý nghĩa quan trọng đối với đổi mới, mặc dù không phải lúc nào cũng hoạt động hiệu quả, điều đó thúc đẩy các chính phủ hỗ trợ cho hợp tác nghiên cứu, cũng như chia sẻ kiến thức giữa các công ty hoặc giữa công ty và trường đại học. Hỗ trợ phát triển công nghệ cũng là “thượng nguồn” từ trọng tâm “chọn người chiến thắng” trước đây, chính phủ hỗ trợ các công nghệ đa dụng để không ngăn cản cạnh tranh hạ nguồn hoặc không vi phạm các quy định về trợ cấp Nhà nước trong các công ước quốc tế. Sự hỗ trợ cũng ngày càng trở nên chú trọng vào thách thức khi các chính phủ muốn tìm cách chuyển hướng sự thay đổi công nghệ từ các quỹ đạo phụ thuộc lối mòn chuyển sang các công nghệ có lợi hơn cho xã hội và môi trường và thúc đẩy đầu tư STI tư nhân theo hướng này.

Thay đổi công nghệ, đặc biệt là kỹ thuật số hóa, đặt ra cho các chính phủ những thách thức mới để quản lý chi phí cho đổi mới sáng tạo. Các nhà hoạch định chính sách cần triển khai một loạt các chính sách, một mặt để cho phép các công ty đổi mới sáng tạo đầu tư vào các lĩnh vực đổi mới sáng tạo hàng đầu và tiếp cận nhân công có kỹ năng, tài chính và thị trường, trong khi mặt khác còn phải hỗ trợ sự phổ biến đổi mới sáng tạo trong phần còn lại của nền kinh tế, qua đó cho phép tất cả các công ty đều được hưởng lợi từ những đổi mới sáng tạo này. Các chính phủ cũng đang ngày càng tự đổi mới sáng tạo, tiến hành các thực nghiệm và dựa nhiều vào các công nghệ số để xây dựng chính sách, thực hiện và đánh giá.

### ***Vai trò của chính phủ trong hỗ trợ nghiên cứu***

Nghiên cứu công do nhà nước tài trợ đóng vai trò quan trọng trong các hệ thống đổi mới sáng tạo và các quá trình ra quyết định. Đây là một nguồn tạo ra tri thức mới, đặc biệt là trong các lĩnh vực công ích, chẳng hạn như khoa học cơ bản hoặc các lĩnh vực liên quan đến những thách thức xã hội và môi trường mà các doanh nghiệp không phải lúc nào cũng có điều kiện hoặc có động cơ để đầu tư. Hơn nữa, các chính phủ đóng một vai trò cơ bản trong việc đảm bảo nền tự chủ khoa học. Họ cũng hỗ trợ từ 10% -20% chi tiêu NC&PT doanh nghiệp ở hầu hết các nước OECD. Nguyên nhân thất bại thị trường của việc hỗ trợ công này là ở chỗ các công ty có xu hướng đầu tư không đủ cho NC&PT do chi phí và tính không chắc chắn, thời gian cần thiết để thu được lợi nhuận từ đầu tư và khả năng các đối thủ cạnh tranh có thể nắm bắt được hiệu ứng lan tỏa tri thức (do tính chất không cạnh tranh và có thể loại trừ một phần của NC&PT).

Tất cả những lý do để hỗ trợ nghiên cứu công và NC&PT doanh nghiệp chắc chắn sẽ vẫn có cơ sở trong 10-15 năm tới. Câu hỏi đặt ra là liệu các chính phủ có đủ khả năng để đáp ứng các đầu tư cần thiết hay không.

### ***Khủng hoảng tài chính Nhà nước***

Áp lực ngân khố dường như sẽ tiếp tục tăng ở nhiều quốc gia do dân số phát triển bất lợi, áp lực chi tiêu phát sinh do gia tăng đầu tư cơ sở hạ tầng, y tế, giáo dục và chi trả lương hưu. Trung bình trong khối OECD, chi tiêu xã hội công đã tăng từ hơn 15% GDP lên gần 22% GDP trong giai đoạn từ 1980-2014. Nợ chính phủ cũng ngày càng tăng, đặc biệt là kể từ cuộc khủng hoảng tài chính và nhiều nước gần đây đã thông qua các biện pháp thắt chặt để giảm bớt hoặc thậm chí đảo ngược tỷ lệ nợ/GDP cao. Đồng thời, toàn cầu hóa đang mở ra cơ hội cho các công ty đa quốc gia có thể giảm đáng kể các khoản thuế họ phải trả. Việc sử dụng các thoả thuận hợp pháp có thể làm cho lợi nhuận biến mất vì mức thuế cao hoặc lợi nhuận có thể được chuyển sang những nơi có mức thuế thấp hoặc miễn thuế dẫn đến tổn thất thu nhập thuế hàng năm ước tính trong khoảng từ 100 tỷ USD đến 240 tỷ USD, tương đương từ 4% đến 10% tiền thu thuế doanh nghiệp toàn cầu. Mặc dù với áp lực này, các chính phủ vẫn là những nhà đầu tư lớn nhất cho NC&PT công, tuy vậy khả năng tài trợ cho các hoạt động STI ở mức hiện tại có thể bị tổn hại. Dữ liệu mới nhất về chi tiêu chung cho NC&PT trong khu vực OECD cho thấy có sự sụt giảm nhẹ trong tài trợ của chính phủ, đây có thể là “tín hiệu yếu” của xu thế chi tiêu công trong tương lai.

### ***Khủng hoảng lòng tin vào chính phủ***

Sau cuộc khủng hoảng kinh tế toàn cầu, niềm tin của công chúng vào chính phủ và các thể chế bị xói mòn. Có ý kiến cho rằng các chính phủ đã không đáp ứng đầy đủ trong thời gian xảy ra cuộc khủng hoảng hoặc không giải quyết một cách thỏa đáng hậu quả của nó. Sự thay đổi công nghệ đã mang lại cuộc cách mạng trong sản xuất, nhưng cũng ảnh hưởng đến việc làm và làm phát sinh những rủi ro mới liên quan đến bảo mật riêng tư và tội phạm mạng. Tham nhũng, cho dù mới chỉ cảm nhận hay đã hiện hữu, thất nghiệp cao, bất bình đẳng về thu nhập tăng và mối lo rằng hệ thống giáo dục đã lỗi thời và không cung cấp các cơ hội bình đẳng, tất cả đều dẫn đến niềm tin rằng các chính phủ không thể bảo vệ lợi ích tốt nhất cho công dân mình. Khủng hoảng niềm tin cũng có liên quan đến chính sách STI, vì NC&PT vẫn tiếp tục được tiến hành trong khu vực công. Hơn nữa, các chính phủ được kỳ vọng sẽ đóng vai trò quy định và điều tiết quan trọng trong quản lý nghiên cứu và đổi mới sáng tạo, như chứng nhận sự an toàn của sản phẩm mới, đó là vai trò khó thực hiện trong một thế giới bất định do sự thay đổi công nghệ đang trở nên toàn cầu hóa và diễn ra nhanh chóng.

### ***Bất ổn định gia tăng trong hệ thống quốc tế***

Một loạt các xu hướng diễn ra và phát triển ở cấp độ toàn cầu, ví dụ như tầm quan trọng ngày càng tăng của các nước mới nổi và các nước đang phát triển; sự dịch chuyển trọng tâm kinh tế về phía châu Á và sự suy giảm kèm theo về trọng lượng kinh tế tương

đổi của Bắc Mỹ và châu Âu; và sự nổi lên của các chuỗi giá trị toàn cầu - đã chuyển thành một sự chuyển dịch sang một thế giới đa cực hơn. Sự thay đổi này đang tạo ra những bất định ngày càng tăng trong hệ thống quốc tế.

Hai thập niên vừa qua đã chứng kiến sự giảm dần về số lượng (và tính khốc liệt) của các cuộc xung đột vũ trang nội bộ trên toàn thế giới - từ mức đỉnh điểm vào năm 1994 khi gần ¼ các quốc gia trên thế giới bị lôi kéo vào những cuộc xung đột dân sự, nay tỷ lệ này đã xuống mức dưới 15%, phần lớn là kết quả của sự cải thiện rộng rãi một loạt các yếu tố, như trình độ giáo dục, đa dạng hóa kinh tế và phát triển dân số thuận lợi. Số các cuộc xung đột giữa các tiểu bang mặc dù dao động, cũng có xu hướng giảm, chủ yếu là do sự áp dụng các quy tắc toàn cầu chống chiến tranh và còn do liên kết kinh tế và tài chính chặt chẽ hơn giữa các quốc gia.

Các quan điểm trái chiều khi dự báo về triển vọng xung đột vũ trang dài hạn. Ví dụ, Hegre và Nygard (2014)<sup>1</sup> dự đoán xu hướng giảm này sẽ tiếp tục, với tỷ lệ các nước tham gia vào các cuộc đấu tranh vũ trang nội bộ giảm từ 15% xuống còn 12% vào năm 2030 và 10% vào năm 2050 và các cuộc xung đột tập trung chủ yếu ở tiểu vùng Sahara châu Phi và Nam Á. Các quan điểm khác ít lạc quan hơn. Hội đồng Tình báo Quốc gia Hoa Kỳ cho rằng nguy cơ xung đột giữa các tiểu bang đang gia tăng do những thay đổi trong hệ thống quốc tế, nhưng không cảnh báo về xung đột với mức độ một cuộc chiến tranh thế giới với sự tham gia của tất cả các cường quốc. Ở nhiều quốc gia, phần lớn các khoản tài trợ công cho NC&PT được cấp cho các công ty trong ngành công nghiệp quốc phòng để phát triển các thiết bị quân sự và các ứng dụng dân sự có tiềm năng. Bất kỳ một sự gia tăng căng thẳng quốc tế đều có thể nhận thấy tỷ trọng này tăng lên.

### ***Tầm quan trọng gia tăng của các thực thể phi nhà nước***

Các thực thể phi nhà nước như các công ty đa quốc gia, các tổ chức phi chính phủ, quỹ tài sản có chủ quyền, các siêu đô thị, các viện nghiên cứu và các tổ chức tầm cỡ toàn cầu đều được cho là sẽ có vai trò ảnh hưởng ngày càng tăng trong những thập kỷ tới. Trong một số trường hợp, họ thậm chí có thể là công cụ để thành lập các liên minh và liên kết mới, với sự hỗ trợ công rộng rãi để giải quyết một số thách thức toàn cầu mà thế giới phải đối mặt, như đói nghèo, môi trường, an ninh v.v.. Trong lĩnh vực STI, các doanh nghiệp vẫn là những nhà tài trợ chính cho NC&PT và là nơi tập trung hầu hết các hoạt động đổi mới sáng tạo. Các chính phủ ngày càng hợp tác với các doanh nghiệp, các tổ chức phi chính phủ và các nhà từ thiện để hỗ trợ STI, điều này sẽ ảnh hưởng đến chương trình nghị sự nghiên cứu công.

Các thành phố, đặc biệt là những thành phố lớn nổi lên như những thực thể (dưới quốc gia) quan trọng. Các khu đô thị là những động lực tăng trưởng chính. Các thành phố và khu vực đã và đang hỗ trợ cho hoạt động nghiên cứu và đổi mới trong phạm vi

---

<sup>1</sup> Hegre, H. and H.M. Nygard (2014), "Peace on Earth? The future of internal armed conflict", Conflict Trends, 01-2014, Peace Research Institute.

giới hạn của mình, số lượng các chiến lược đổi mới được xây dựng đang tăng lên và xu hướng này vẫn sẽ tiếp diễn.

## **1.6. Kinh tế, việc làm và năng suất**

### ***Tăng trưởng năng suất tương lai***

Tăng trưởng toàn cầu ước tính sẽ chậm lại từ chỗ đạt 3,6% trong giai đoạn 2010-20 xuống còn 2,4% trong giai đoạn 2050-60. Do dân số già hoá, tăng trưởng thu nhập sẽ ngày càng được thúc đẩy bởi đổi mới sáng tạo và đầu tư vào kỹ năng. Tuy nhiên, tăng năng suất lao động đã chậm lại tại nhiều nước OECD trong hai thập kỷ qua, điều này chủ yếu phản ánh tốc độ tăng năng suất yếu tố tổng chậm lại. Quan điểm bi quan cho rằng đây là một hiện tượng lâu dài, do sự suy giảm ở tốc độ tiến bộ công nghệ. Theo quan điểm này, các loại hình đổi mới diễn ra trong nửa đầu thế kỷ 20 (ví dụ như điện khí hóa) có ý nghĩa lớn hơn nhiều so với bất cứ điều gì diễn ra sau đó (ví dụ như ICT), hoặc trong tương lai. Mặt khác, các quan điểm lạc quan về công nghệ cho rằng tốc độ cơ bản của tiến bộ công nghệ không chậm lại và cuộc cách mạng công nghệ thông tin sẽ tiếp tục làm thay đổi đáng kể các nền kinh tế tiên phong.

Phân tích gần đây của OECD về xu thế năng suất cho thấy nguyên nhân chính làm năng suất tăng chậm lại không phải do tốc độ đổi mới sáng tạo tại hầu hết các công ty tiên tiến nhất trên toàn cầu chậm lại, mà là do tốc độ phổ biến đổi mới sáng tạo trong toàn bộ nền kinh tế bị chậm lại. Kể từ cuộc khủng hoảng tài chính, đầu tư vào vốn hữu hình (máy móc, thiết bị, cơ sở hạ tầng vật chất) liên tục yếu cũng góp phần làm chậm tăng trưởng năng suất lao động. Nhưng điều đáng lo ngại hơn đó là sự chậm lại kể từ đầu những năm 2000 trong tích lũy nguồn vốn tri thức, đây là cơ sở cho đổi mới sáng tạo và việc áp dụng sau đó.

Đầu tư dài hạn đóng một vai trò quan trọng trong việc thúc đẩy tăng trưởng dựa trên đổi mới sáng tạo và tạo việc làm. Hầu hết đầu tư công ty được tiến hành dựa vào lợi nhuận giữ lại, sự trông cậy vào tài chính bên ngoài tương đối nhỏ. Trong những năm gần đây, các công ty đã phân bổ một phần khá lớn lợi nhuận giữ lại, được hậu thuẫn nhờ cho vay với lãi suất thấp, cho các cổ đông dưới hình thức cổ tức và mua lại cổ phiếu. Sự phân bổ thu nhập như vậy làm giảm các khoản đầu tư “tăng trưởng” dài hạn của các công ty. Do đó, một thách thức chính sách chủ yếu đó là thiết lập các biện pháp khuyến khích đầu tư dài hạn để bù đắp cho những xu hướng trong hệ thống tài chính nhằm đánh giá biên lợi nhuận trên cơ sở ngắn hạn.

### ***Trọng tâm kinh tế thế giới chuyển dịch sang phía Đông và Nam***

Trọng tâm kinh tế thế giới sẽ chuyển đổi sang phía Đông và Nam trong vòng 50 năm tới. Đến năm 2030, các nước đang phát triển được dự báo sẽ đóng góp 2/3 tăng trưởng toàn cầu và một nửa sản lượng toàn cầu và sẽ là những điểm đến chính của thương mại thế giới. Các nền kinh tế mới nổi như Trung Quốc và Ấn Độ là những thị trường ngày càng quan trọng đối với các doanh nghiệp thuộc nhiều ngành. Tầng lớp trung lưu mới đang phát triển nhanh sẽ dẫn đến sự gia tăng tiêu thụ các sản phẩm tiêu

dùng cơ bản và các hạng mục sản phẩm khác. Các yếu tố trọng cầu này cho thấy các nền kinh tế mới nổi có khả năng vẫn duy trì các địa điểm thuận lợi cho hoạt động sản xuất, làm giảm khả năng phải vận chuyển trở lại các nước OECD. Hơn nữa, tăng thu nhập và mẫu hình tiêu dùng thay đổi có nghĩa là hàng xuất khẩu công nghiệp từ Trung Quốc, Ấn Độ và các nền kinh tế châu Á khác sẽ tăng lên trên thang giá trị gia tăng toàn cầu, trong khi sự chuyển đổi quan trọng theo hướng dịch vụ sẽ cho thấy Trung Quốc và các nền kinh tế mới nổi khác sẽ giành được tỷ trọng thương mại dịch vụ lớn từ các nước OECD trong dài hạn. Những thay đổi này sẽ đi kèm theo và bị chi phối một phần bởi đầu tư vào STI. Ví dụ, chi tiêu nghiên cứu ở Trung Quốc đã vượt lên đứng thứ hai thế giới, chỉ sau Hoa Kỳ.

### ***Công nghệ số sẽ gây gián đoạn thêm các nền kinh tế***

Sự trưởng thành và hội tụ ngày càng tăng của công nghệ số có thể tác động sâu sắc đến năng suất, phân bổ thu nhập, phúc lợi và môi trường. Đến năm 2030, phần lớn các doanh nghiệp đều áp dụng kỹ thuật số, cho phép tích hợp các quy trình thiết kế sản phẩm, sản xuất chế tạo và cung ứng với hiệu quả cao. Các công nghệ chế tạo bổ sung sẽ cho phép sản xuất theo kiểu may đo các loại sản phẩm nhất định phù hợp với nhu cầu của người dùng, trong khi IoT, phân tích dữ liệu lớn, trí tuệ nhân tạo và công cụ học máy sẽ tạo khả năng phát triển máy móc thông minh, có thể điều chỉnh bằng các công nghệ cảm biến, với năng lực tính toán rẻ và sử dụng các thuật toán trong thời gian thực.

Chi phí thiết bị và tính toán sẽ tiếp tục giảm, trong khi sự hình thành các phương pháp phát triển nguồn mở sẽ tạo ra thêm nhiều cộng đồng người phát triển, không chỉ trong lĩnh vực phần mềm mà cả phần cứng và “phần ướt” (wetware), ví dụ như trong sinh học tổng hợp “tự mình làm” (do-it-yourself - DIY). Sẽ có nhiều cơ hội hơn cho người mới tham gia - bao gồm cả các cá nhân, các doanh nghiệp ngoài ngành và các nhà khởi nghiệp thành công trong các thị trường mới. Các công nghệ nhận dạng mẫu, như dữ liệu lớn và học máy, sẽ nâng cao khả năng đánh giá nhu cầu của người sử dụng và nhu cầu đổi mới tổng thể. Rủi ro và khoảng thời gian từ phát triển sản phẩm đến đưa ra thị trường dự đoán sẽ giảm, thúc đẩy gia tăng phát triển. Chi phí sản xuất liên quan đến đổi mới sẽ giảm trong các ngành công nghiệp chủ chốt, với điện toán đám mây và dịch vụ in 3D sẽ tạo cơ sở nền tảng cho các công ty mới. Chi phí phân phối sản phẩm sẽ tiếp tục giảm, kể cả chi phí tung ra các sản phẩm và dịch vụ mới. Những phát triển này còn có thể mang lại cho các nền kinh tế mới nổi nhiều cơ hội để đẩy nhanh sự đuổi kịp công nghệ, có thể cho phép họ nhảy vọt lên các mức năng suất gần với mức đạt được tại các nước OECD.

Trong lĩnh vực dịch vụ, công nghệ số đã giúp hình thành các doanh nghiệp mới và hoạt động hiệu quả hơn, thúc đẩy tăng trưởng năng suất và tạo thuận lợi cho thương mại dịch vụ quốc tế. Ngành chế tạo công nghiệp ở các nước OECD ngày càng phát triển nhờ đầu vào dịch vụ để tạo ra giá trị và sự khác biệt giữa chế tạo và dịch vụ ngày càng trở nên mờ nhạt. Phần lớn sự tăng trưởng sản xuất trong tương lai được dự đoán

sẽ xuất phát từ cái gọi là “manu-services”, đó là lĩnh vực kết hợp chế tạo tiên tiến với nhiều dịch vụ khác nhau. Sự tương tác ngày càng tăng và phức tạp giữa chế tạo và dịch vụ sẽ đòi hỏi phải có cái nhìn tổng hợp hơn về công nghiệp chế tạo và dịch vụ trong các chiến lược công ty, cũng như các thảo luận chính sách.

### ***Sự gia tăng nền tảng kỹ thuật số***

Kinh tế nền tảng số đang nổi lên nhanh chóng. Vào 2015, các nhà khai thác nền tảng kỹ thuật số gần như chiếm ưu thế trong số top 15 công ty Internet lớn nhất thế giới được xếp hạng theo vốn hóa thị trường. Các nền tảng công nghệ rất đa dạng về loại hình và chức năng. Ví dụ: chúng cung cấp nền tảng để xây dựng các ứng dụng (như Android của Google và iOS của Apple); hỗ trợ tìm kiếm và truyền thông xã hội (như Google và Facebook); cung cấp dịch vụ (như Airbnb và Uber); cung cấp các chợ giao dịch (như Amazon và eBay); và làm công việc trung gian (như Mechanical Turk và UpWork của Amazon). Các nền tảng giúp hạ thấp rào cản đối với các nhà cung cấp nhỏ bước vào thị trường. Kết hợp với nhau, các nền tảng công nghệ đang tổ chức lại nhiều loại thị trường, các sắp xếp công việc và cuối cùng là tạo ra giá trị và nắm bắt. Điều này có khả năng dẫn đến những phá vỡ về kinh tế và xã hội tạo nên những kẻ thắng và người thua.

Một khi các hệ thống nền tảng đạt đến tầm cỡ tới hạn, các ảnh hưởng bên ngoài hệ thống có thể bảo vệ vị trí và chức năng của nền tảng như những rào cản đối với các công ty hay các nền tảng khác. Các hiệu ứng mạng này chỉ ra rằng đổi mới liên quan đến nền tảng kỹ thuật số là một phiên bản mới của độc quyền tự nhiên, nơi có một hoặc hai công ty trở nên nổi trội và có thể chiếm đoạt một phần giá trị lớn được tạo ra bởi tất cả người dùng trên nền tảng.

### ***Việc làm trong tương lai***

Chi phí cho năng lực tính toán giảm và các tiến bộ khác trong công nghệ kỹ thuật số đã làm phân rã các thị trường lao động và làm cho một số nhân công trở nên dư thừa. Máy tính đã bắt đầu thay thế lao động để thực hiện các công việc rõ ràng, thông thường (có thể mã hóa) tuân theo các thủ tục chính xác và dễ hiểu như công việc văn phòng (ví dụ như kế toán) và một số hoạt động thể lực trong các dây chuyền sản xuất. Trong thời gian hiện tại, các nhiệm vụ khó mô tả như một tập hợp các bước và giới hạn trong những tình huống đặc biệt vẫn chưa được tự động hóa. Những nhiệm vụ này thường mang tính trừu tượng hơn và thường liên quan đến trực giác, tính sáng tạo, khả năng giải quyết vấn đề và thuyết phục. Tuy nhiên, tiến bộ trong học máy và trí tuệ nhân tạo được dự đoán sẽ mở rộng khả năng tự động hóa nhiệm vụ và có thể dẫn đến những thay đổi mạnh mẽ hơn so với trước đây và đặc biệt đề đào sâu thêm việc làm và tiền lương. Nghiên cứu được thực hiện gần đây của OECD cho thấy khoảng một phần mười số việc làm trong OECD có nguy cơ tự động hóa cao. Đồng thời, những đổi mới này mang nhiều hứa hẹn tăng năng suất và mở ra các công việc mới thậm chí còn chưa tưởng tượng được.

Công việc trở nên bị phân tán hơn và “phi chuẩn”, với số nhân công làm công việc bán thời gian gia tăng và sự nổi lên của cái gọi là “nền kinh tế tự do” (gig economy). Xu hướng này được thúc đẩy nhờ vào sự phát triển của các nền tảng trực tuyến kết nối một số lượng lớn người lao động tự do, những người sống ở những nơi khác nhau trên thế giới, được các công ty mời họ làm nhiều công việc khác nhau. Mặc dù các nền tảng như vậy mang lại tính linh hoạt cho người lao động và các công ty nhưng chúng lại đặt ra một số câu hỏi khó về bảo vệ nơi làm việc và một công việc tốt sẽ như thế nào trong tương lai. Ngoài ra, hai trong số các thị trường lớn nhất cho các nền tảng này là Ấn Độ và Philippines, nơi có chi phí sinh hoạt thấp cho phép công nhân ở đây có thể chấp nhận mức lương thấp hơn những người lao động tương đương ở các quốc gia OECD. Điều này có thể dẫn đến một “cuộc chạy đua xuống đáy”, làm giảm mức lương thực và tăng bất bình đẳng ở các nước OECD.

## **1.7. Xã hội**

### ***Gia đình và hộ gia đình***

Trong những thập kỷ gần đây các gia đình trong khu vực OECD đã trải qua quá trình chuyển đổi đáng kể. Gia đình mở rộng đã gần như biến mất ở nhiều quốc gia và gia đình truyền thống bao gồm một cặp vợ chồng với các con đã trở nên ít phổ biến hơn khi tỷ lệ ly hôn, sống chung, các cặp “sống riêng cùng nhau”, cha mẹ độc thân và sống chung đồng giới đã tăng lên. Di cư gia tăng, văn hoá và các giá trị ngày càng trở nên đa dạng, nhiều phụ nữ đảm nhận công việc hơn, thanh niên dành nhiều thời gian hơn cho giáo dục và đào tạo, người cao tuổi sống lâu hơn và tình trạng sống độc thân hơn. Các xu hướng này được dự đoán sẽ tiếp tục trong những thập kỷ tới, với sự gia tăng đáng kể ở nhiều nước OECD về: số hộ gia đình một người (chiếm đến 30-40% tổng số hộ gia đình vào năm 2025-30 ở nhiều nước), số hộ gia đình cha mẹ đơn thân (chiếm 30-40% số các hộ gia đình có con vào năm 2025-30 ở một số nước) và các cặp vợ chồng không có con. Sự gia tăng số các hộ gia đình không có con, tỷ lệ ly dị, tái hôn có thể làm suy yếu các mối quan hệ gia đình và xói mòn khả năng chăm lo gia đình, trong khi số lượng các hộ gia đình đơn thân ngày càng gia tăng sẽ gây áp lực đối với nhà ở. Từ triển vọng STI, các xu hướng gia đình này sẽ có những tác động đến tiêu dùng và nhu cầu đổi mới sáng tạo, trong khi lỗ hổng trong chăm sóc người cao tuổi sẽ làm tăng nhu cầu các công nghệ trợ sinh, bao gồm chăm sóc sức khỏe từ xa (telecare) và robotics.

### ***Thu hẹp khoảng cách giới***

Có nhiều dấu hiệu cho thấy khoảng cách về giới đang hẹp dần, do sự tham gia ngày càng tăng của phụ nữ vào chính trị, tỷ lệ nữ giới theo học đại học và tham gia vào thị trường lao động cũng gia tăng. Ở trình độ đại học, bình đẳng giới đang đạt được những tiến bộ quan trọng. Ở hầu hết các nước OECD, phụ nữ đã chiếm ít nhất 50% số lượng tuyển sinh đại học. Sự xuất hiện của các nhóm nữ có trình độ cao như vậy có ý nghĩa quan trọng đối với tăng trưởng kinh tế, thị trường lao động, đời sống gia đình, mẫu hình chăm sóc trẻ em và người cao tuổi. Ở các nước đang phát triển, tỷ lệ các em

gái nhập học ở tất cả các cấp đã tăng đáng kể trong hai thập kỷ qua. Có ý kiến lạc quan cho rằng vào giữa thế kỷ này, khoảng cách giới toàn cầu ở cấp tiểu học sẽ gần như biến mất, mặc dù các bé gái có thể vẫn còn ít được đi học hơn ở nhiều nước nghèo nhất thế giới. Trong lĩnh vực STI, trong khi có một số tiến bộ về khoảng cách giới, tỷ lệ các nhà khoa học nữ có xu hướng giảm do thâm niên tăng; số doanh nhân nam nhiều hơn nữ và tỷ lệ nữ điều hành một doanh nghiệp thực chất không tăng ở hầu hết các nước. Hầu hết nghiên cứu khoa học đều không coi giới tính là những biến số và coi nam giới là chuẩn mực, dẫn đến những kết quả sức khỏe và an toàn khác nhau cho phụ nữ và nam giới. Những khoảng cách còn tồn tại này dẫn đến việc sử dụng không đúng mức các kỹ năng của phụ nữ và hạn chế những lợi ích của khoa học ngày nay.

### ***Xã hội kết nối hơn***

Công nghệ số đang biến đổi các xã hội, làm thay đổi cách mọi người sống, làm việc và giao tiếp. Ví dụ, trong thập kỷ tới, IoT sẽ làm cho các ngôi nhà, nơi làm việc và môi trường rộng hơn (ví dụ như cơ sở hạ tầng đô thị tiên tiến) ngày càng trở nên kết nối với nhau. Sự kết nối ở khắp mọi nơi này sẽ hỗ trợ sắp xếp công việc linh hoạt hơn, mặc dù với những hậu quả không chắc chắn về cân bằng giữa công việc - cuộc sống. Đối với các nước đang phát triển, sự thâm nhập của Internet đang phát triển nhanh chóng, được hỗ trợ đáng kể bởi băng thông rộng di động. Ước tính trong giai đoạn bảy năm từ 2014 đến 2020, sẽ có thêm 1,1 tỷ người sử dụng điện thoại di động lần đầu tiên, hay 155 triệu mỗi năm, thuê bao băng rộng di động sẽ đạt 7,7 tỷ trên toàn cầu vào năm 2020.

### ***Tầng lớp trung lưu và tiêu dùng toàn cầu***

Giàu sang và thu nhập tăng lên ở các nền kinh tế đang phát triển đi kèm với sự nổi lên của một tầng lớp trung lưu toàn cầu. Theo các dự báo hiện nay, tầng lớp trung lưu của nền kinh tế toàn cầu dự đoán sẽ tăng hơn gấp đôi trong giai đoạn từ năm 2009-2030, từ 1,8 tỷ đến gần 5,0 tỷ người, chiếm khoảng 60% dân số thế giới. Khoảng 2/3 số công dân hạng trung này theo dự báo sẽ thuộc về châu Á. Với phạm vi chi tiêu rộng của tầng lớp trung lưu, một số nước có tầng lớp trung lưu giàu có hơn các nước khác. Ngày nay, tầng lớp trung lưu ở châu Âu và Bắc Mỹ chỉ chiếm hơn một nửa tổng số toàn cầu nếu tính về số người, nhưng chiếm gần 2/3 tổng chi tiêu của tầng lớp trung lưu thế giới. Và điều này đang thay đổi, tỷ trọng chi tiêu của tầng lớp trung lưu ở châu Á dự đoán sẽ tăng từ khoảng một phần tư chi tiêu trung lưu toàn cầu hiện nay lên gần 60% vào năm 2030, dẫn đến một sự thay đổi lớn từ chi tiêu cho các nhu cầu thiết yếu như thực phẩm và quần áo sang chi tiêu có lựa chọn cho các hạng mục như đồ dùng gia đình và tiệm ăn.

### ***Đô thị hóa***

Đến năm 2050, dân số đô thị được dự báo sẽ vượt quá 6 tỷ người - tăng từ dưới 1 tỷ vào năm 1950. Hầu như tất cả sự gia tăng dân số đô thị sẽ xảy ra ở các thành phố thuộc các nước đang phát triển, với gần 90% diễn ra ở châu Á và châu Phi. Các thành



phổ tạo điều kiện dễ dàng hơn cho sự phát triển này khi cung cấp các cơ sở hạ tầng năng lượng và nước hiện đại cho số lượng cư dân ngày càng tăng. Dựa vào những tiến bộ trong công nghệ cảm biến và kết nối thông qua tính toán hiệu suất cao, các khu đô thị ở các nền kinh tế tiên tiến hơn sẽ ngày càng trở thành các “thành phố thông minh”. Các mạng lưới và hệ thống giao thông, tiện ích sẽ ngày càng kết nối với nhau, qua đó hỗ trợ việc sử dụng bền vững và quản lý các nguồn lực.

Cùng lúc, tỷ lệ các nhóm thu nhập thấp được đô thị hoá ngày càng tăng trong những thập kỷ tiếp theo, do đó ở một số khu vực, tăng trưởng đô thị sẽ gần như đồng nghĩa với sự hình thành các khu nhà ổ chuột. Các khu đô thị ổ chuột có tình trạng nhà ở không hợp tiêu chuẩn và các dịch vụ về nước, vệ sinh và quản lý chất thải không thỏa đáng, tất cả đều dẫn đến những hậu quả tiêu cực đối với sức khoẻ con người và môi trường. Những khu vực như vậy cũng dễ xảy ra xung đột và bất ổn xã hội.

## **1.8. Y tế, bất bình đẳng và phúc lợi**

### ***Phân bố của cải và thu nhập: hướng đến hội tụ toàn cầu***

Ngoại trừ những thảm họa toàn cầu lớn và mặc dù tốc độ tăng trưởng toàn cầu chậm lại, thế giới dường như vẫn giàu có hơn vào giữa thế kỷ này. GDP thế giới dự kiến sẽ tăng gấp ba lần vào năm 2060, thu nhập bình quân đầu người cũng tăng nhanh chóng và tích tụ của cải được dự đoán cũng sẽ tiếp tục tăng nhanh. Nhưng liệu đó có phải là một thế giới tốt hơn hay không còn phụ thuộc rất nhiều vào việc thu nhập và của cải được phân bố như thế nào trên toàn cầu và trong các quốc gia. Hiện tại, khoảng cách giàu sang giữa các nền kinh tế phát triển và đang phát triển vẫn còn lớn, mặc dù có thu hẹp trong nhiều thập kỷ. Cho đến năm 2060, chênh lệch về GDP bình quân đầu người được cho là sẽ tiếp tục thu hẹp giữa các nước; Mức thu nhập bình quân đầu người của các nền kinh tế nghèo nhất hiện nay sẽ tăng hơn bốn lần (tính theo sức mua tương đương năm 2005), trong khi chỉ tăng gấp đôi ở các nền kinh tế giàu nhất; Trung Quốc và Ấn Độ được dự đoán sẽ có thu nhập bình quân đầu người tăng hơn gấp 7 lần. Sự hội tụ kinh tế này trong hầu hết các trường hợp trùng khớp với gia tăng năng lực STI ở các nền kinh tế mới nổi và đang phát triển. Có thể đạt được năng lực này bằng nhiều cách khác nhau, đáng chú ý là thông qua các khoản đầu tư cho giáo dục và NC&PT tại các trường đại học và các trung tâm nghiên cứu ở các cơ sở ngoài OECD. Kết nối với các nguồn tri thức nước ngoài, ví dụ như thông qua thương mại, FDI, luân chuyển nhân lực và hợp tác NC&PT, cũng có thể đóng một vai trò quan trọng trong việc nâng cấp công nghệ của các nền kinh tế mới nổi.

### ***Sự phân rẽ cục bộ về thu nhập và của cải***

Trong những năm tới, bất bình đẳng tại các quốc gia sẽ gây ra những rủi ro về chính trị, xã hội và kinh tế. Ở phần lớn các nước tiên tiến, khoảng cách giữa người giàu và người nghèo đã đạt đến mức cao nhất trong ba thập kỷ. Hiện nay, 10% dân số giàu nhất trong khu vực OECD có thu nhập cao gấp gần 10 lần thu nhập của 10% dân số nghèo nhất, tăng lên so với 7 lần trong những năm 1980, mặc dù tỷ lệ này rất khác nhau

giữa các nước OECD. Dân số trong độ tuổi lao động, kể cả các gia đình có con, là những người phải chịu gánh nặng bất bình đẳng gia tăng, đi kèm với tình trạng thất nghiệp gia tăng trong những năm gần đây. Chênh lệch về thu nhập rộng hơn đồng hành với sự thay đổi về độ tuổi của người có thu nhập thấp, với những người trẻ tuổi thay thế cho người cao tuổi trở thành nhóm có nguy cơ rơi vào tình trạng nghèo đói, xu hướng này đã bắt đầu xuất hiện từ giữa những năm 1980.

Các phân tích gần đây cho thấy bất bình đẳng gia tăng trong thu nhập và của cải có thể vẫn tiếp diễn trong nhiều năm tới. Trong trường hợp các nền kinh tế mới nổi và đang phát triển, có hơn hai phần ba số quốc gia, chiếm 86% dân số các nước đang phát triển, sẽ phải đương đầu với bất bình đẳng gia tăng. Đối với nhiều người, triển vọng trợ giúp lâu dài đặc biệt ảm đạm: vào năm 2030, khoảng 2/3 số người nghèo trên thế giới có thể sống ở các quốc gia thu nhập thấp.

Trong chùng mực mà thay đổi công nghệ và đổi mới sáng tạo có thể làm thay đổi cách thức triển khai nguồn vốn và lao động trong nền kinh tế, chúng có những ảnh hưởng đến sự phân bố thu nhập. Đổi mới sáng tạo sẽ làm tăng bất bình đẳng vì lợi ích chủ yếu đổ dồn vào các nhà đổi mới và có thể cả khách hàng của họ. Để tất cả những người tham gia trong xã hội được hưởng lợi, phổ biến đổi mới sáng tạo là cần thiết. Liên quan đến việc làm, hầu hết các công nghệ mới đều đòi hỏi phải sử dụng trình độ kỹ năng cao hơn mức kỹ năng của các công nghệ mà chúng thay thế, điều này được gọi là “sự thay đổi công nghệ thiên về kỹ năng”. Bên cạnh đó công nghệ có thể trực tiếp thúc đẩy hòa nhập xã hội và tăng trưởng kinh tế. Hơn nữa, những khái niệm mới như đổi mới xã hội, đổi mới tằn tiện, đổi mới hòa nhập và tinh thần khởi nghiệp xã hội đang dẫn tới các mô hình kinh doanh sáng tạo mới và có thể đưa đến một cách tiếp cận toàn diện hơn đối với đổi mới sáng tạo.

### ***Trình độ giáo dục gia tăng***

Cơ hội tiếp cận giáo dục và tiếp thu kiến thức và kỹ năng sẽ là một trong những giải pháp quan trọng nhất để cải thiện đời sống - không chỉ ở các nền kinh tế tiên tiến, mà còn và đặc biệt là ở các nước đang phát triển. Trình độ học thức giáo dục trung bình ở các nước đang phát triển sẽ tăng nhanh hơn so với ở các nền kinh tế tiên tiến, khoảng cách giữa hai khối nước sẽ thu hẹp dần. Số sinh viên trên toàn cầu theo học chương trình đại học được dự báo sẽ tăng hơn gấp đôi lên 262 triệu vào năm 2025. Gần như tất cả sự tăng trưởng này sẽ diễn ra ở các nước đang phát triển, với hơn một nửa ở Trung Quốc và Ấn Độ. Do đó, vào giữa thế kỷ này, có khả năng phần lớn tầng lớp trẻ tuổi trên thế giới sẽ đều có bằng đại học hoặc cao đẳng. Ở hầu hết các nước OECD, tỷ lệ dân số có bằng đại học vào năm 2025 có thể tăng lên, thậm chí tăng mạnh trong một số trường hợp.

### ***Bệnh truyền nhiễm***

Các ranh giới chia cách có thể tồn tại trong một thời gian không chỉ đối với công nghệ, giáo dục, thu nhập và của cải, mà cả về sức khỏe. Các hệ thống chăm sóc sức

khỏe tương lai sẽ phải đối mặt với nhiều thách thức ngày càng tăng, nhất là bức tranh toàn cảnh về bệnh tật đang thay đổi nhanh chóng. Tiến bộ đã đạt được trong cuộc chiến chống một số bệnh truyền nhiễm như bệnh lao, HIV/AIDS và sốt rét. Tỷ lệ tử vong do HIV/AIDS đã giảm đáng kể trong những năm gần đây và số ca tử vong do bệnh lao (95% trong số đó xảy ra ở các nước có thu nhập thấp và trung bình) đang suy giảm, mặc dù rất chậm. Khoảng một nửa dân số thế giới có nguy cơ mắc bệnh sốt rét (với 90% số ca tử vong do sốt rét xảy ra ở châu Phi). Tuy nhiên, từ 2000 đến 2013, việc mở rộng các biện pháp can thiệp đã giúp giảm được 30% tỷ lệ mắc bệnh sốt rét trên toàn cầu và 34% ở châu Phi. Trong cùng thời kỳ, tỷ lệ tử vong do sốt rét giảm khoảng 47% trên toàn thế giới và 54% ở châu Phi. Nhờ các biện pháp can thiệp mà tỷ lệ tuổi thọ đã tăng lên và hội tụ trên khắp thế giới. Tuy nhiên, các xu hướng đang diễn ra trong xã hội cho thấy tiến bộ trong việc chống bệnh truyền nhiễm trong tương lai có thể trở nên khó thực hiện hơn. Đô thị hoá đang tiếp tục gia tăng nhanh ở các nước đang phát triển; biến đổi khí hậu đang ảnh hưởng đến các mẫu hình địa lý truyền bệnh của người và động vật (ví dụ như bệnh sốt rét); du lịch quốc tế phát triển; và mức di cư toàn cầu sẽ không giảm.

Nhưng có lẽ xu hướng đáng lo ngại nhất trong việc phòng chống các bệnh truyền nhiễm đó là kháng thuốc kháng sinh. Loại thuốc này đang được sử dụng rộng rãi ở cả người và gia súc theo cách có lợi cho chọn lọc và lây lan vi khuẩn kháng thuốc. Ví dụ ở Hoa Kỳ, việc sử dụng kháng sinh trong ngành chăn nuôi chiếm khoảng 80% tổng tiêu dùng hàng năm. Từ năm 2010 đến 2030, tiêu thụ toàn cầu các loại kháng sinh trong ngành chăn nuôi dự đoán sẽ tăng khoảng 67%. Với việc sử dụng như vậy, thuốc kháng sinh đã trở nên kém hiệu quả hoặc thậm chí không hiệu quả. Tình trạng khẩn cấp về an ninh y tế toàn cầu đang tăng nhanh, vượt quá cả các phương án điều trị hiện có.

### ***Bệnh không lây nhiễm và bệnh thần kinh***

Mặc dù số ca tử vong hàng năm do bệnh truyền nhiễm được dự đoán sẽ giảm nhưng tổng số ca tử vong hàng năm do các bệnh không lây nhiễm (non-communicable diseases - NCD) sẽ tăng từ 38 triệu người năm 2012 lên 52 triệu vào năm 2030. Bệnh NCD bị tác động mạnh bởi các yếu tố như dân số già hóa, đô thị hoá không có kế hoạch và toàn cầu hóa lối sống không lành mạnh. Trong khi nhiều căn bệnh mãn tính phát triển chậm thì những thay đổi về lối sống và hành vi đang diễn ra nhanh và lan rộng. Những nguyên nhân tử vong hàng đầu do NCD vào năm 2012 là các bệnh về tim mạch, ung thư, bệnh hô hấp và tiểu đường. Bốn loại bệnh NCD này là nguyên nhân của 82% số ca tử vong do NCD. Bệnh NCD gây ảnh hưởng bất cân đối đến các quốc gia có thu nhập thấp và trung bình và các dự báo hiện tại chỉ ra rằng đến năm 2020, sự gia tăng tỷ lệ tử vong do NCD lớn nhất sẽ xảy ra ở châu Phi và các nước có thu nhập thấp và trung bình.

Các căn bệnh thần kinh được dự báo sẽ tăng mạnh trong những thập kỷ tới, bị tác động đặc biệt bởi tuổi thọ tăng và xã hội già hóa tăng nhanh. Ví dụ, Tổ chức Alzheimer's Quốc tế (ADI) ước tính rằng 46,8 triệu người trên thế giới mắc chứng sa

sút trí tuệ vào năm 2015 và con số này sẽ tăng gấp đôi sau mỗi 20 năm, đạt 76 triệu vào năm 2030 và 135 triệu vào năm 2050. 58% tổng số những người mắc bệnh mất trí sống ở các quốc gia có thu nhập thấp hoặc trung bình. Tỷ lệ này theo ước tính tăng lên 63% vào năm 2030 và 68% vào năm 2050.

### ***Tiến bộ trong nghiên cứu y học và công nghệ***

Tuổi thọ gia tăng và chất lượng cuộc sống được cải thiện trong thế kỷ qua chủ yếu nhờ vào đóng góp của những thành quả nghiên cứu và đổi mới trong lĩnh vực y sinh nhằm điều trị các căn bệnh hiểm nghèo và chứng bệnh suy nhược. Tuy nhiên, những thách thức đối với y tế toàn cầu trong những thập kỷ tiếp theo là rất lớn. Nhưng chính phạm vi của những thách thức liên quan đến thế giới đang phát triển và cả các nền kinh tế tiên tiến đã tạo ra nhiều cơ hội cho các phương pháp y học mới và tiên tiến, các phép trị liệu chuyên môn hóa, các loại thuốc và giải pháp công nghệ mới, cũng như việc triển khai và áp dụng các hệ thống dự phòng, phối hợp và quản lý chăm sóc sức khỏe. Nghiên cứu dược phẩm đang bước vào một kỷ nguyên khoa học mở mới và sử dụng các công nghệ hội tụ để khám phá những cơ chế di truyền và sinh hóa của bệnh tật. Những tiến bộ công nghệ trong lập trình tự ADN, các công nghệ omics, sinh học tổng hợp và chỉnh sửa gen đã mang lại cho các nhà nghiên cứu các công cụ mới để giải mã và điều trị bệnh NCD mãn tính. Công nghệ số - bao gồm cả IoT (ví dụ: cảm biến y học, định lượng chuyển động ...), phân tích dữ liệu lớn và trí tuệ nhân tạo sẽ làm tăng mạnh số lượng dữ liệu y học và nâng cao năng lực phân tích dữ liệu trong dịch vụ ra quyết định. Các công nghệ robot và thần kinh cũng có khả năng được ứng dụng rộng rãi trong lĩnh vực y tế. Mặc dù vẫn còn ở quy mô nhỏ và hạn chế, nhưng các nhóm khoa học DIY và cộng đồng các nhà chế tạo có thể sẽ ngày càng tham gia vào lĩnh vực chăm sóc sức khỏe, được tạo khả năng bằng các công nghệ tiên tiến chi phí thấp như sinh học tổng hợp và chế tạo đắp dần (additive manufacturing) cho phép họ nghiên cứu và phát triển các liệu pháp chữa bệnh và thiết bị y tế riêng của mình.

## II. CÁC XU HƯỚNG CÔNG NGHỆ TƯƠNG LAI

Thay đổi công nghệ là một xu hướng lớn, tự thân có ý nghĩa rất quan trọng, không ngừng tác động đến kinh tế và xã hội và thường theo cách triệt để. Quy mô của công nghệ - về khía cạnh hình thức, cơ sở tri thức và các lĩnh vực ứng dụng - là vô cùng rộng lớn và đa dạng, nó tương tác với nền kinh tế và xã hội theo những cách phức tạp và đồng tiến hóa. Các yếu tố này tạo nên tính không chắc chắn lớn đáng kể về các định hướng và tác động tương lai của thay đổi công nghệ, nó cũng tạo cơ hội cho các doanh nghiệp, các ngành, các chính phủ và công dân có thể định hình sự phát triển và áp dụng công nghệ. Có nhiều cách khác nhau để đánh giá công nghệ, như phân tích xu hướng, đánh giá, thực hành dự báo và cảnh báo có thể cung cấp các đầu vào hữu ích trong các dự báo thay đổi công nghệ.

40 công nghệ công nghệ được nhận dạng phổ biến nhất và được chia thành 04 nhóm: *công nghệ sinh học* (bao gồm: tin sinh học; y học cá nhân hoá; tế bào gốc; công nghệ giám sát sức khoẻ; y tế và chụp ảnh sinh học; y học tái tạo và kỹ thuật mô; công nghệ thần kinh; xúc tác sinh học; chip sinh học và cảm biến sinh học; và sinh học tổng hợp), *vật liệu tiên tiến* (vật liệu nano; vật liệu chức năng; thiết bị nano; chế tạo đắp dần; và ống nano cacbon và graphene), *công nghệ số* (điện toán đám mây; quang tử và công nghệ ánh sáng; Blockchain; robotics; điện toán lượng tử; điện toán lưới; mô phỏng bằng mô hình và thiết kế trò chơi; trí tuệ nhân tạo; Internet vạn vật; và phân tích dữ liệu lớn) và *năng lượng và môi trường* (lưới điện thông minh; vệ tinh nano và siêu nhỏ; nhiên liệu sinh học; xe tự hành; năng lượng vi mô; pin nhiên liệu; máy bay tự lái; xe điện; công nghệ tích trữ năng lượng tiên tiến; tích trữ và thu năng lượng, quang điện; công nghệ tuabin gió; năng lượng hydro; và công nghệ năng lượng thủy triều và năng lượng đại dương). Dưới đây trình bày các đặc điểm chính, động lực phát triển và triển vọng của 10 trong số 40 công nghệ nêu trên.

### 2.1. Internet kết nối vạn vật

Internet vạn vật (Internet of Things - IoT) có triển vọng tạo nên một xã hội kết nối bằng số, tác động sâu sắc đến tất cả các lĩnh vực của nền kinh tế và xã hội. Mặc dù có tiềm năng rất lớn để hỗ trợ phát triển nhân lực, xã hội và môi trường nhưng cũng cần phải áp dụng một số biện pháp an toàn để bảo vệ dữ liệu và an ninh.

#### *Internet vạn vật*

Internet vạn vật bao gồm các thiết bị và các đối tượng, có trạng thái có thể thay đổi thông qua Internet, có hoặc không có sự tham gia chủ động của các cá nhân. Thuật ngữ này có nghĩa rộng hơn các thiết bị kết nối Internet truyền thống, như máy tính xách tay và điện thoại thông minh, bởi nó bao gồm tất cả các loại vật thể và các cảm biến hiện hữu trong các không gian công cộng, nơi làm việc, các ngôi nhà, chúng thu thập và trao đổi dữ liệu với nhau và với con người. IoT thực sự là một Internet của vạn vật bởi vì, ngoài việc kết nối mọi thứ, nó còn cho phép các kết nối bằng số giữa các thành phần khác trong thế giới tự nhiên như con người, động vật, không khí và nước. Các bộ cảm

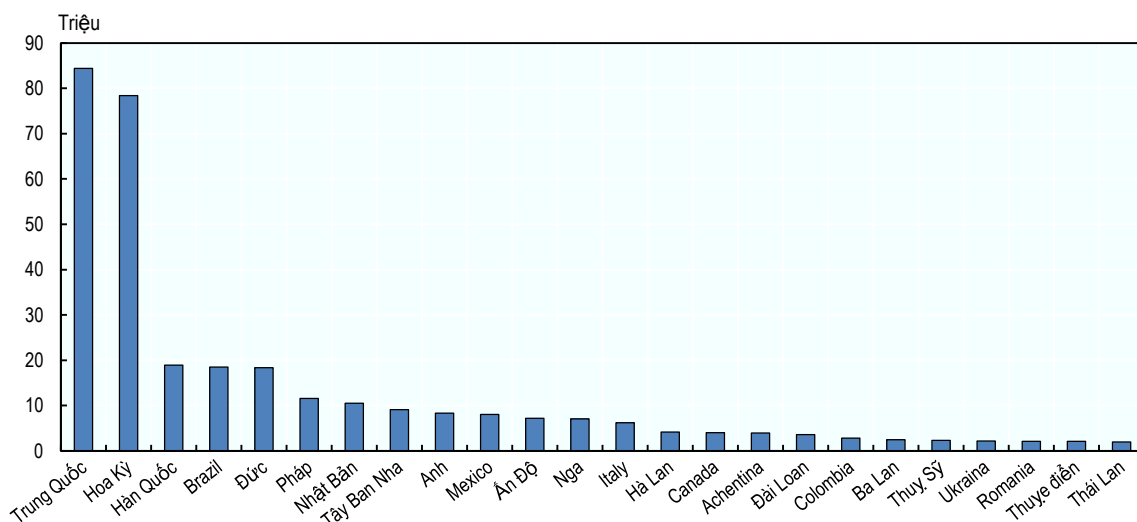
biến và truyền động kết nối hệ thống trong IoT phục vụ cho việc giám sát sức khoẻ, vị trí và các hoạt động của con người và động vật và hiện trạng quy trình sản xuất và môi trường tự nhiên, cùng với các ứng dụng khác. IoT có liên quan chặt chẽ đến phân tích dữ liệu lớn và điện toán đám mây. Trong khi IoT thu thập dữ liệu và hoạt động dựa trên các nguyên tắc cụ thể, điện toán đám mây tạo dung tích để lưu trữ dữ liệu và phân tích dữ liệu lớn cho phép xử lý dữ liệu và ra quyết định. Kết hợp lại, các công nghệ này có thể tạo khả năng cho các hệ thống thông minh và máy móc tự hành.

### ***Internet vạn vật đang phát triển nhanh chóng***

Số lượng thiết bị kết nối trong và xung quanh nhà của người dân ở các nước OECD có thể sẽ tăng từ 1 tỷ vào năm 2016 lên 14 tỷ vào năm 2022. Năm 2015, Trung Quốc với 84.435.197 triệu thiết bị kết nối và Hoa Kỳ với 78.375.636 triệu thiết bị kết nối trở thành hai quốc gia có số lượng thiết bị kết nối nhiều nhất thế giới (Hình 2.1). Đến năm 2030, ước tính có khoảng 8 tỷ người và 25 tỷ thiết bị “thông minh” được kết nối với nhau và xen lẫn trong một mạng thông tin khổng lồ. Các ước tính khác cho rằng đến năm 2020 có khoảng từ 50 đến 100 tỷ thiết bị kết nối trong và xung quanh nhà của người dân. Kết quả là sự nổi lên của một “siêu tổ chức” khổng lồ, hùng mạnh, trong đó Internet tượng trưng cho “hệ thống thần kinh số toàn cầu”.

### ***Internet vạn vật sẽ làm thay đổi xã hội***

Internet vạn vật được thiết lập để tạo khả năng về một xã hội tương tác số, siêu kết nối. Tác động kinh tế của nó được ước tính trong khoảng từ 2,7 nghìn tỷ USD đến 6,2 nghìn tỷ USD mỗi năm vào năm 2025. Trong khi IoT có ý nghĩa sâu sắc đối với mọi khía cạnh và các lĩnh vực của nền kinh tế, tác động lớn nhất được dự báo đối với các ngành y tế, chế tạo, các lĩnh vực công nghiệp nối mạng và chính quyền địa phương.



**Hình 2.1.** Top 24 nước đứng đầu sử dụng thiết bị kết nối nhiều nhất năm 2015

Nguồn: OECD (2015a), OECD Digital Economy Outlook 2015

*Y tế và chăm sóc sức khỏe:* IoT tạo ra các cơ hội để cung cấp dịch vụ chăm sóc sức khỏe tốt hơn và giúp cải thiện sức khỏe bằng cách kết nối các bộ cảm biến bên trong và bên ngoài cơ thể với các thiết bị giám sát sức khỏe cá nhân và các hệ thống y tế chuyên nghiệp. Cụ thể, các thiết bị này sẽ cho phép theo dõi từ xa bệnh nhân đang ở nhà và nơi làm việc. Mạng Internet kết nối các vật thể sinh học nano giám sát và quản lý mối nguy hại sức khỏe bên trong và ngoài có thể sẽ hình thành. Đặc biệt, việc điều trị bệnh nhân mắc bệnh mãn tính được dự báo sẽ hiệu quả hơn.

*Chế tạo thông minh:* IoT cũng sẽ ảnh hưởng đến sản xuất công nghiệp bằng cách cải tiến hoạt động của nhà máy và quản lý rủi ro trong chuỗi cung ứng. Các quy trình kinh doanh hiện tại, như hậu cần sản phẩm, quản lý hàng tồn kho và bảo dưỡng máy móc, sẽ thay đổi một cách căn bản. Chất thải và thất thoát có thể sẽ được giảm đáng kể bằng cách sử dụng các bộ cảm biến và bộ ngắt mạch. IoT cung cấp dữ liệu và công cụ để tạo ra thông tin về chuỗi cung ứng toàn diện. Kết hợp với những tiến bộ về công nghệ robot, có thể dẫn đến quy trình sản xuất hoàn toàn tự động, từ việc tùy chỉnh các thông số theo yêu cầu người sử dụng đến khâu giao hàng cuối cùng.

*Các hệ thống năng lượng:* Các mạng lưới điện thông minh hỗ trợ bởi IoT với các thiết bị đo năng lượng thông minh cho phép liên lạc hai chiều giữa người tiêu dùng và mạng lưới năng lượng. Các lưới điện thông minh sẽ giúp cắt giảm chi phí vận hành và giảm sự cố lưới điện và lãng phí điện bằng cách cung cấp thông tin thời gian thực về trạng thái của lưới điện. Hơn nữa, IoT sẽ cho phép người tiêu dùng có được thông tin thời gian thực về việc sử dụng năng lượng và sẽ khuyến khích họ quản lý mức tiêu thụ của mình dựa trên các chương trình định giá thông minh (đã được thực hiện ở Hoa Kỳ) nhằm khuyến khích sử dụng năng lượng thấp hơn trong thời gian cao điểm.

*Hệ thống giao thông:* IoT có triển vọng rất lớn trong việc cải tiến quản lý giao thông và an toàn đường bộ. Các bộ cảm biến được gắn vào các phương tiện và các bộ phận trong cơ sở hạ tầng đường bộ có thể kết nối với nhau, do đó tạo ra thông tin về lưu lượng giao thông và hiện trạng kỹ thuật của phương tiện và cơ sở hạ tầng đường bộ. Điện thoại thông minh hiện đã được các nhà cung cấp định vị tích cực sử dụng để theo dõi việc sử dụng đường bộ và cung cấp cho người dùng thông tin cập nhật về giao thông trong thời gian thực. Đèn giao thông và các hệ thống thuế qua đường có thể thích nghi tốt hơn với việc sử dụng đường thực tế, các dịch vụ cấp cứu có thể được kích hoạt tự động và bảo vệ chống trộm xe có thể được tăng cường.

*Các thành phố thông minh và cơ sở hạ tầng đô thị:* Ngoài các mạng lưới thông minh và tối ưu hóa giao thông, IoT nắm giữ triển vọng nâng cao hiệu quả hoạt động của các thành phố. Các bộ cảm biến gắn trong côngtenơ chứa chất thải và trong cơ sở hạ tầng quản lý nước cho phép hợp lý hóa việc thu gom rác thải và có thể cải thiện công tác quản lý nước. Hơn nữa, người dân có thể sử dụng các dịch vụ định vị trên điện thoại di động để đóng góp cho thành phố (ví dụ để thông báo về những thiệt hại đường xá và các loại cơ sở hạ tầng khác) cũng như cung cấp cho các nhà quy hoạch đô thị những hiểu biết mới về việc sử dụng đường xá công cộng.

*Chính phủ thông minh:* Cũng như trong trường hợp các quy trình sản xuất, các hệ thống giám sát trong thời gian thực và hệ thống thông minh dựa trên IoT có thể mang lại lợi ích cho khu vực công. Chính phủ thông minh kết hợp các công nghệ thông tin, truyền thông và vận hành để lên kế hoạch và quản lý các hoạt động ở các cấp chính quyền khác nhau để tăng hiệu quả và cung cấp các dịch vụ công tốt hơn. Các nhà hoạch định chính sách có thể sử dụng lượng dữ liệu lớn tạo ra bởi IoT để thiết kế các công cụ phản hồi và thích ứng với giám sát và đánh giá thời gian thực.

### ***Sự phát triển hơn nữa của IoT gặp khó khăn do chi phí ICT cao và các nhu cầu kỹ năng mới nổi***

Internet vạn vật sẽ phát triển nhanh chóng và hiệu quả như thế nào trong 15 năm tới phụ thuộc phần lớn vào việc mở rộng băng thông rộng cố định và di động và giảm chi phí thiết bị. Ngoài ra, để tối ưu hoá tiềm năng của IoT, doanh nghiệp và chính phủ sẽ phải xây dựng năng lực để có thể xử lý các dữ liệu lớn và đa dạng được tạo ra. Các dữ liệu lớn do IoT tạo ra sẽ có ít giá trị nếu thông tin không được rút ra và phân tích. Về phần này, phân tích dữ liệu cung cấp một tập hợp các công cụ và phương pháp có thể sử dụng để trích xuất thông tin từ dữ liệu. Điều này bao gồm khai phá dữ liệu (xác định mẫu hình từ tập dữ liệu), mô tả (xây dựng hồ sơ và phân loại các thực thể dựa trên các thuộc tính), thu thập tin tức kinh doanh (báo cáo định kỳ các chỉ số hoạt động quan trọng cho quản lý quy trình), học máy (các thuật toán tự cải tiến thực hiện các nhiệm vụ nhất định) và phân tích trực quan (công cụ và kỹ thuật để trực quan hoá dữ liệu). Các kỹ năng phân tích dữ liệu là tài sản quan trọng cho tương lai và không chỉ đối với tăng trưởng: bất bình đẳng xã hội có khả năng trầm trọng hơn nếu khoảng cách tiếp tục gia tăng giữa những người có thể và người không thể theo kịp sự phát triển của IoT.

### ***Tiếp tục tồn tại những bất ổn định về công nghệ***

Những phát triển đan xen lẫn nhau giữa các lĩnh vực dữ liệu lớn, đám mây, giao tiếp máy-máy và cảm biến đã thúc đẩy sự phát triển IoT. Tác động của IoT đặc biệt phụ thuộc vào sự phát triển các công nghệ mới và nổi trội trong phân tích dữ liệu lớn và trí tuệ nhân tạo. Đồng thời, cảm biến, máy tính, thiết bị truyền động và các loại thiết bị khác cũng cần phải có khả năng liên lạc với nhau thật hiệu quả để cho IoT phát triển. Tuy nhiên, bối cảnh thuận lợi của IoT đã thúc đẩy một số tiêu chuẩn cạnh tranh trong các giải pháp kết nối và không dây, các nền tảng và ứng dụng phần mềm, làm phát sinh các vấn đề về tính tương kết. Theo thời gian, các quy trình do thị trường chi phối được hy vọng là sẽ làm cho các quy trình này hội tụ thành một số nhỏ hơn các giải pháp hiệu quả.

### ***Tâm điểm của các mối quan tâm là vấn đề về lòng tin***

An ninh và sự bảo mật riêng tư được coi là những rủi ro quan trọng nhất liên quan đến IoT. Các hacker có thể thay đổi từ xa các vật thể kết nối như lưới điện hoặc xe không người lái hoặc sửa đổi dữ liệu do IoT tạo ra. Độ tin cậy của hệ thống là một vấn đề lớn, vì cuộc sống của con người có thể phụ thuộc vào sự việc truyền dữ liệu thành



công, đôi khi trong thời gian thực. Vấn đề chính của sự ung thuận và có lẽ chính khái niệm riêng tư cũng bị thách thức bởi luồng dữ liệu nhạy cảm gần như liên tục mà hàng tỷ các bộ cảm biến có mặt ở mọi nơi sẽ sản sinh ra. Hơn nữa, các thiết bị trong IoT có thể trở thành phần nối dài của cơ thể con người và trí óc. Quyền tự trị của con người và cơ quan có thể chuyển đổi hoặc uỷ thác cho IoT, với những nguy cơ tiềm ẩn đối với bảo mật riêng tư và an ninh của người dùng.

Mâu thuẫn với các quy định hiện hành và sự bất ổn định trong điều hành có thể tác động như những tắc nghẽn khi áp dụng các dịch vụ IoT ở các quốc gia khác nhau. Khía cạnh quốc tế của IoT làm tăng thêm sự phức tạp do các vật thể và các thiết bị có thể được điều khiển từ xa ở nước ngoài, trong khi sự kiện tụng lại nằm trong khuôn khổ luật pháp quốc gia.

## **2.2. Phân tích dữ liệu lớn**

Công cụ và kỹ thuật phân tích là cần thiết để thu được những triển vọng của dữ liệu lớn. Những tác động kinh tế xã hội là rất lớn, tuy nhiên một thách thức chính sách lớn đó là làm cân bằng giữa sự cần thiết phải mở cửa với những mối đe dọa mà việc “dữ liệu hóa” quá mức đời sống xã hội có thể gây ra cho bảo mật, an ninh, công bằng và toàn vẹn.

### ***Tạo ý nghĩa và giá trị của dữ liệu lớn***

Phân tích dữ liệu lớn được định nghĩa là một tập hợp các kỹ thuật và công cụ dùng để xử lý và diễn giải số lượng lớn dữ liệu được tạo ra từ sự gia tăng số hóa nội dung, giám sát các hoạt động của con người và sự phổ biến của IoT. Nó có thể được sử dụng để suy luận các mối quan hệ, thiết lập phần phụ thuộc và thực hiện dự đoán về kết quả và hành vi. Một số loại phân tích dữ liệu cho phép trích xuất thông tin từ dữ liệu bằng cách phân tích ngữ cảnh và kiểm tra cách tổ chức và cấu trúc. Khai phá dữ liệu bao gồm một tập hợp các công nghệ quản lý dữ liệu, các kỹ thuật tiền xử lý (làm sạch dữ liệu) và các phương pháp phân tích nhằm phát hiện các hình thức thông tin từ các bộ dữ liệu. Kỹ thuật định hình (profiling) tìm cách xác định các mô hình trong các thuộc tính của một thực thể cụ thể (ví dụ như khách hàng hoặc đơn đặt hàng sản phẩm) và phân loại chúng. Các công cụ kinh doanh thông minh nhằm giám sát các chỉ số hoạt động quan trọng và lập các báo cáo chuẩn một cách đều đặn phục vụ cho các quyết định quản lý. Học máy bao gồm thiết kế, phát triển và sử dụng các thuật toán vừa thực hiện một nhiệm vụ nhất định đồng thời có thể “học” cách để nâng cao hiệu năng. Phân tích trực quan là các công cụ và kỹ thuật cho phép quan trắc, diễn giải và truyền đạt thông qua các biểu đồ và hình ảnh tương tác.

Phân tích dữ liệu lớn mở ra các cơ hội tăng năng suất, thúc đẩy tăng trưởng toàn diện hơn và đóng góp vào phúc lợi của người dân. Các công ty, chính phủ và cá nhân ngày càng có thể tiếp cận những khối lượng dữ liệu lớn chưa từng có trước đây, giúp cho việc ra quyết định trong thời gian thực bằng cách kết hợp một phạm vi rộng thông tin từ nhiều nguồn khác nhau. IoT và sự gia tăng liên tục về số lượng lưu trữ và tốc độ

xử lý các dữ liệu có thể truy cập và khai thác sẽ thúc đẩy nhanh hơn sự phát triển phân tích dữ liệu lớn.

### ***Dữ liệu lớn sẽ mang lại cơ hội lớn cho các doanh nghiệp và người tiêu dùng***

Khai thác dữ liệu lớn sẽ trở thành một yếu tố quyết định đối với đổi mới sáng tạo và khả năng cạnh tranh của các doanh nghiệp. Một mặt, nó cho phép các công ty theo dõi chặt chẽ và tối ưu hóa các hoạt động, không chỉ bằng cách tập hợp khối lượng dữ liệu lớn về quá trình sản xuất hoặc cung cấp dịch vụ, mà còn về những cách khách hàng tiếp cận họ và đặt các đơn hàng. Mặt khác, nó cung cấp cho người tiêu dùng nhiều sản phẩm và dịch vụ cá nhân hóa, được thiết kế phù hợp với nhu cầu của họ. Sự phong phú của các ứng dụng thị trường tiềm năng được phản ánh qua số đầu tư ngày càng tăng vào phân tích dữ liệu lớn và các công nghệ liên quan (IoT, máy tính lượng tử và viễn thông). Số lượng hồ sơ đăng ký sáng chế về các công nghệ này đã tăng với tốc độ hai con số trong những năm gần đây.

### ***Dữ liệu lớn tạo ra nhiều cơ hội cho khu vực công***

Phân tích dữ liệu lớn có khả năng đưa đến sự cải thiện đáng kể hiệu quả hành chính công. Việc thu thập và phân tích những khối lượng dữ liệu lớn của khu vực công có thể dẫn đến các chính sách và dịch vụ công tốt hơn của chính phủ, góp phần nâng cao hiệu suất và năng suất của khu vực công. Ví dụ, phân tích dự báo có thể tạo điều kiện cho việc xác định các nhu cầu mới nổi của chính phủ và xã hội. Dữ liệu mở từ khu vực công cũng có thể được các công ty tư nhân khai thác thương mại. Nó đại diện cho một nguồn lực quan trọng để xây dựng lòng tin của công chúng bằng cách tăng cường tính công khai, minh bạch, sẵn sàng đáp ứng và trách nhiệm giải trình của khu vực công. Thông qua phân tích dữ liệu lớn, các công dân có thể đưa ra các quyết định có hiểu biết hơn và tham gia tích cực hơn vào các vấn đề công cộng.

### ***Hệ thống nghiên cứu và lĩnh vực y tế đặc biệt được hưởng lợi***

Sự gia tăng cơ hội tiếp cận với khoa học công có tiềm năng làm cho toàn bộ hệ thống nghiên cứu có hiệu quả hơn và có khả năng sinh lợi hơn do có thể giảm được sự trùng lặp và các chi phí tạo lập, chuyển giao và sử dụng lại dữ liệu; cho phép cùng một nguồn dữ liệu có thể tạo ra nhiều nghiên cứu hơn, bao gồm cả trong khu vực doanh nghiệp; và nhân rộng các cơ hội tham gia vào quá trình nghiên cứu ở trong nước và trên toàn cầu. Sự gia tăng dữ liệu mở và các chính sách cũng như các cơ sở hạ tầng truy cập mở đã làm cho các bộ dữ liệu và kết quả khoa học đơn lẻ trở thành một bộ phận của dữ liệu lớn. Số các bên tham gia công tác nghiên cứu và thiết kế chính sách sẽ tiếp tục gia tăng, làm cho khoa học trở thành một nỗ lực của công dân, củng cố cách tiếp cận kinh doanh hơn trong nghiên cứu và khuyến khích các chính sách nghiên cứu có trách nhiệm hơn.

Phân tích dữ liệu lớn có tiềm năng mang đến những cải tiến đáng kể trong lĩnh vực chăm sóc sức khỏe, bao gồm chăm sóc bệnh nhân, quản lý hệ thống y tế, nghiên cứu y học và giám sát sức khỏe cộng đồng. Chia sẻ dữ liệu y tế qua các hệ thống hồ sơ y tế

điện tử có thể làm tăng khả năng tiếp cận dịch vụ chăm sóc sức khỏe và cung cấp những hiểu biết mới về các sản phẩm và dịch vụ y tế tiên tiến. Chẩn đoán, điều trị và theo dõi bệnh nhân có thể trở thành một liên kết giữa phần mềm phân tích và các bác sĩ. Có thể giảm được yêu cầu chăm sóc bệnh nhân tại buồng bệnh, bởi việc giám sát và phân tích dự báo giúp phát hiện bệnh lý sớm hơn. Trên cơ sở dữ liệu nghiên cứu mở, IoT sẽ có thể mang lại số lượng lớn dữ liệu liên quan đến sức khỏe của cả người bệnh lẫn người khỏe, điều đó có thể đóng vai trò là đầu vào nghiên cứu có giá trị và dẫn đến tiến bộ cho y học. Dữ liệu phổ biến về sử dụng chăm sóc sức khỏe có thể kết hợp với các dữ liệu sâu về lâm sàng và sinh học để mở ra các hướng mới nâng cao kiến thức phổ thông, như các bệnh liên quan đến lão hoá, hoặc để hỗ trợ nghiên cứu liên ngành, ví dụ như kết hợp các tác dụng của chữa bệnh và chăm sóc.

### ***Cần khắc phục khoảng cách về công nghệ thông tin, kỹ năng và hạ tầng pháp lý***

Sự phát triển phân tích dữ liệu lớn đặt ra những thách thức lớn đối với kỹ năng và chính sách việc làm. Nhu cầu về kỹ năng chuyên gia dữ liệu sẽ vượt quá nguồn cung hiện tại trên thị trường lao động và cả năng lực hiện tại của hệ thống giáo dục và đào tạo, điều đó đòi hỏi phải có sự điều chỉnh nhanh chóng trong chương trình giảng dạy và các tập hợp kỹ năng của giảng viên và nhân công. Dữ liệu lớn cũng được dự báo sẽ làm tăng nhu cầu về năng lực siêu tính toán mới, các cơ sở lưu trữ lớn và mạng Internet nhanh, rộng khắp và mở (bao gồm cả IoT) trong khi cơ sở hạ tầng công nghệ thông tin hiện tại không thể hỗ trợ đầy đủ. Các thể chế pháp lý cũng cần phát triển để thúc đẩy tốt hơn luồng dữ liệu liên tục giữa các quốc gia, các ngành và tổ chức. Các mối quan tâm ngày càng tăng về cách làm thế nào để xác định và sử dụng quyền truy cập mở, đồng thời duy trì các động cơ khuyến khích các tác giả và nhà nghiên cứu tiếp tục công bố và thực hiện nghiên cứu. Hợp tác quốc tế sẽ rất cần thiết về khía cạnh này.

### ***Bất bình đẳng xã hội có nguy cơ gia tăng***

Bất bình đẳng xã hội gia tăng không chỉ là kết quả của sự triệt tiêu việc làm và phân cực lao động sẽ xảy ra cùng với sự chuyển đổi cơ cấu về kỹ năng, mà còn do tính lưu động xã hội yếu hơn và cả sự tồn tại phân hóa kỹ thuật số. Khả năng suy xét nhờ vào phân tích số liệu có thể mang lại hiệu quả cao hơn, nhưng cũng có thể hạn chế khả năng của các cá nhân trong việc thay đổi cách giáo dục phụ thuộc lối mòn và con đường nghề nghiệp và tránh những bế tắc kinh tế xã hội. Ngoài ra, sự phân hóa kỹ thuật số mới phát sinh từ thông tin bất cân xứng ngày càng tăng và sự chuyển đổi quyền lực liên quan từ các cá nhân sang các tổ chức, từ các doanh nghiệp truyền thống sang các doanh nghiệp dựa vào dữ liệu và từ chính phủ sang các doanh nghiệp dựa vào dữ liệu. Sự gắn kết xã hội và khả năng phục hồi kinh tế có thể bị ảnh hưởng, đặc biệt là ở các nền kinh tế đang phát triển. Để ngăn ngừa sự gia tăng bất bình đẳng thu nhập, các chính phủ cần phải giúp người lao động điều chỉnh phù hợp với sự thay đổi nhu cầu về kỹ năng bằng cách thúc đẩy học tập suốt đời và nâng cao khả năng tiếp cận với giáo dục chất lượng cao.

### ***Bảo mật, an ninh và tính nhất quán cũng bị đe dọa***

Phân tích dữ liệu lớn có thể khuyến khích thu thập dữ liệu cá nhân quy mô lớn và trở nên có thể truy cập theo những cách vi phạm tính riêng tư của cá nhân. Ví dụ, khi bệnh nhân chia sẻ dữ liệu nhạy cảm về sức khỏe có thể hỗ trợ nghiên cứu y học và cho phép họ được hưởng điều trị ưu tiên. Tuy nhiên, việc dữ liệu y tế trở nên có thể tiếp cận mang lại lợi ích cho doanh nghiệp (ví dụ: công ty bảo hiểm và người sử dụng lao động) làm phát sinh các vấn đề về tính riêng tư và công bằng. Sự bảo mật có thể bị nguy hại nếu những dữ liệu này không được bảo vệ tốt và nếu việc đánh cắp hay sử dụng sai mục đích do vi phạm an ninh.

Phân tích dữ liệu lớn mở ra khả năng kết hợp dữ liệu cá nhân với các chương trình nhận dạng mẫu, cho phép tạo ra thông tin và tri thức mới về con người. Tuy nhiên, cũng những dữ liệu và các chương trình đó có thể được dùng để thao túng mọi người, bóp méo nhận thức của họ về thực tế và tác động đến lựa chọn của họ. Sự tự chủ, tự do tư duy và tự do ý chí cá nhân sẽ bị thách thức, có thể làm suy yếu nền tảng của các xã hội dân chủ hiện đại. Các nhà hoạch định chính sách sẽ cần phải thúc đẩy việc sử dụng có trách nhiệm các dữ liệu cá nhân để ngăn chặn vi phạm quyền riêng tư, đặc biệt bằng cách xác định rõ tập hợp các chính sách bảo vệ người tiêu dùng và cạnh tranh, tăng cường khả năng giám sát của các cơ quan thực hiện quyền riêng tư.

### **2.3. Trí tuệ nhân tạo**

Trí tuệ nhân tạo (AI) nhằm mục tiêu tạo ra các máy tính có khả năng suy luận đến một ngày nào đó có thể vượt khả năng của con người. Mặc dù tác động đầy đủ của AI vẫn còn khó đánh giá, nhưng các hệ thống thông minh có thể giúp làm tăng năng suất và dẫn đến những thay đổi không thể đảo ngược trong xã hội chúng ta.

#### ***Khi máy móc bắt đầu suy nghĩ***

Trí tuệ nhân tạo được định nghĩa là khả năng của máy móc và hệ thống có thể tiếp thu và áp dụng tri thức để thực hiện hành vi trí tuệ. Điều này có nghĩa là việc thực hiện đa dạng các nhiệm vụ nhận thức khác nhau, ví dụ như thụ cảm, xử lý tiếng nói, lập luận, học hỏi, ra quyết định và thể hiện khả năng di chuyển và thao tác các đồ vật một cách phù hợp. Các hệ thống thông minh sử dụng kết hợp phân tích dữ liệu lớn, điện toán đám mây, giao tiếp máy-máy và IoT để vận hành và học tập. AI tạo khả năng cho các loại phần mềm và robot mới ngày càng hoạt động như những tác nhân tự trị, hoạt động độc lập, không lệ thuộc vào các quyết định của người sáng tạo và vận hành chúng, thông minh hơn so với các máy móc đã thực hiện trước đây.

#### ***Sự phát triển của máy thông minh***

Những nỗ lực phát triển AI ban đầu tập trung vào việc xác định các quy tắc mà phần mềm có thể sử dụng để thực hiện một nhiệm vụ. Các hệ thống như vậy giải quyết các vấn đề hạn hẹp, nhưng không đủ khả năng khi phải đối mặt với các nhiệm vụ phức tạp hơn như biên dịch và nhận dạng tiếng nói. Sự phát triển các phương pháp thống kê

mang lại những đột phá quan trọng trong lĩnh vực AI bằng cách tập trung vào phân tích dữ liệu. Thay vì đề cung cấp các quy tắc mệnh lệnh toàn diện, học máy (hoặc thống kê) nhằm mục đích ra quyết định dựa trên các hàm xác suất xuất phát từ những kinh nghiệm trong quá khứ. Bằng cách này, máy tính có thể chơi cờ vua không chỉ bằng cách sử dụng các nước đi thiết lập sẵn và cân nhắc khả năng kết quả, mà còn bằng cách tham khảo các trò chơi trong quá khứ và tính toán khả năng di chuyển của một nước đi cụ thể để dẫn đến chiến thắng. Thông qua học máy, các ứng dụng phần mềm có thể thực hiện các nhiệm vụ cụ thể đồng thời học cách để nâng cao hiệu suất, tức là bằng cách thu thập và phân tích dữ liệu về kinh nghiệm của nó và đề xuất những hiệu chỉnh cho hoạt động chức năng của nó, dần dần cải tiến việc thực hiện nhiệm vụ. Kết quả là, máy móc phát triển, chỉnh sửa và tinh chỉnh các quy tắc hướng dẫn hoạt động. Những tiến bộ trong IoT và phân tích dữ liệu đã làm phong phú thêm nhánh thuật toán này với một nguồn dữ liệu ngày càng tăng cho việc ra quyết định. Thông qua những tiến bộ về năng lực tính toán và kỹ thuật học máy, theo dự báo năng lực nhận thức của máy sẽ vượt quá con người.

Trí tuệ nhân tạo không chỉ giới hạn trong thế giới số; kết hợp với những tiến bộ trong kỹ thuật cơ điện, nó mở rộng khả năng cho các robot có thể thực hiện các nhiệm vụ nhận thức trong thế giới tự nhiên. AI có thể cho phép các robot thích ứng với môi trường làm việc mới mà không cần phải lập trình lại. Các robot tiên tiến có thể thích nghi với điều kiện làm việc thay đổi và tự học có thể mang lại những tiết kiệm đáng kể về chi phí lao động và tăng năng suất. AI cũng có thể áp dụng để quản lý hàng tồn trữ tốt hơn và tối ưu hóa nguồn lực. Ngoài ra, AI mang nhiều hứa hẹn về sự an toàn, bằng cách thay thế con người, giảm được tai nạn lao động và tăng cường hiệu quả của quyết định được đưa ra trong các tình huống nguy cấp.

### ***Trí tuệ nhân tạo có thể gây phá vỡ ngành công nghiệp***

Các robot có hỗ trợ AI ngày càng trở thành trung tâm của ngành hậu cần và chế tạo, sẽ thay thế lao động con người trong các quy trình sản xuất. AI đang mở rộng vai trò của robot, vốn thường được giới hạn trong các nhiệm vụ đơn điệu yêu cầu tốc độ, chính xác và sự khéo léo. Các cảm biến được sử dụng ngày càng phổ biến trong các dây chuyền sản xuất, làm cho chúng thông minh hơn và hiệu quả hơn thông qua việc làm cho các quy trình thích ứng với sự thay đổi các yêu cầu sản xuất và điều kiện làm việc. Các ngành, lĩnh vực có thể sẽ trải qua một cuộc cách mạng sản xuất mới và một sự biến đổi căn bản, đó là ngành nông nghiệp, hóa chất, dầu mỏ và than đá, cao su và chất dẻo, giày dép và dệt may, vận tải, xây dựng, quốc phòng, giám sát và an ninh.

### ***Trí tuệ nhân tạo cũng có thể cách mạng hoá một loạt các dịch vụ***

Trí tuệ nhân tạo sẽ được triển khai rộng trong một loạt các ngành công nghiệp dịch vụ, như giải trí, y học, marketing và tài chính. Tài chính đang được cách mạng hóa bằng phân tích dữ liệu lớn và AI, hiện nay ở Hoa Kỳ, các thuật toán đang độc lập tiến hành nhiều giao dịch hơn cả con người. Xu hướng này đặc biệt mạnh trong thị trường

chứng khoán và đang trở nên rõ rệt trong giao dịch các loại tài sản khác như ngoại tệ. Học máy có tiềm năng nâng cao vai trò của các thuật toán trong kinh doanh bằng cách cho phép chúng điều chỉnh các chiến lược của mình theo thời gian. Nhiều sản phẩm dựa trên AI đang được triển khai dưới hình thức dịch vụ web. Ví dụ, các công cụ đề cử của Amazon, Netflix và Spotify đều dựa trên các công nghệ học máy. Trong ngành y tế, việc chẩn đoán có thể trở nên chính xác và dễ tiếp cận hơn nhờ vào phân tích các cơ sở dữ liệu y tế sử dụng AI. Các robot phẫu thuật đã được đưa vào ứng dụng và việc tự động hóa hơn nữa các nhiệm vụ liên quan đến y học là điều có thể xảy ra. Một khi hiệu suất được cải thiện, đặc biệt là năng lực nhân hình hóa, AI có thể thực hiện được các nhiệm vụ xã hội. Các “robot xã hội” có thể giúp giải quyết nhu cầu của xã hội già hóa thông qua việc hỗ trợ con người về thể chất và tinh thần, hành động như những người bạn và giảm bớt sự cô lập xã hội của người cao tuổi.

### ***Việc thu được lợi ích của AI phụ thuộc vào một số điều kiện khung đang được áp dụng***

Một yếu tố thiết yếu để thu được lợi ích từ AI là cung cấp các mạng lưới vận tải, năng lượng và truyền thông đáng tin cậy, bao gồm cả IoT. AI có thể gây ra những sai lầm có thể dẫn đến những thiệt hại nghiêm trọng (ví dụ như chẩn đoán bệnh nhân sai). Các quyết định của AI có thể bị hiểu sai, bị chỉ trích hoặc bác bỏ (ví dụ như từ chối cho vay). Bản chất không hoàn chỉnh của AI làm nảy sinh các câu hỏi về các nguyên tắc trách nhiệm hợp pháp và nghĩa vụ pháp lý được san sẻ như thế nào giữa AI với các nhà lắp ráp, nhà lập trình, các chủ sở hữu AI, v.v.. Luật pháp và khuôn khổ pháp lý cần được xây dựng và thực thi trước khi có thể gặt hái được nhiều lợi ích của AI trên các thị trường như vận tải và y tế. Một khía cạnh pháp lý khác của AI liên quan đến quyền sở hữu trí tuệ (IP) đối với các phát minh được tạo khả năng nhờ vào AI và IP và thu nhập nên chia sẻ như thế nào. Những cân nhắc về luật pháp sẽ dẫn đến những hậu quả quan trọng đối với thị trường bảo hiểm và hệ thống IP.

Với những xu hướng được dự báo trên, các yêu cầu về kỹ năng mới sẽ hình thành. Nhu cầu về nhân công trí thức có khả năng phát triển AI hoặc thực hiện các tác vụ dựa trên AI sẽ tăng lên. Tri thức sáng tạo hoặc ngầm ẩn, ít có khả năng mã hóa và các kỹ năng đòi hỏi sự tương tác xã hội hoặc sự khéo léo của con người khó tự động hóa có thể vẫn phụ thuộc vào con người trong vài thập kỷ tới. Các hệ thống giáo dục ngày nay sẽ cần đảm bảo trang bị cho thế hệ trẻ những kỹ năng thích hợp để thực hiện trong môi trường AI tiên tiến trong tương lai. Các hệ thống đào tạo sẽ giúp làm cho quá trình chuyển đổi diễn ra suôn sẻ và đảm bảo rằng người dân có thể đương đầu và phát huy được sự phát triển của công nghệ AI.

### ***AI có thể thay đổi con người theo những cách không thể đoán trước***

Việc tích hợp AI vào phạm vi cá nhân sẽ tạo ra sự gắn bó tình cảm ở con người, đặc biệt liên quan đến các robot dùng AI có hình dạng người và làm thay đổi hành vi xã hội của con người. Một số lập luận cho rằng sự khác biệt hành vi giữa máy có AI và

máy không sử dụng AI có thể biện minh cho việc cung cấp robot xã hội với các quyền hợp pháp và việc bảo vệ chúng có thể sử dụng như một chỉ dẫn cho sự điều chỉnh rộng hơn các hành vi được mong đợi về mặt xã hội. Một số khác cho rằng mối quan hệ xã hội giữa con người và robot nên được phản ánh trong bốn phạm đạo đức. Nói rộng hơn, việc sử dụng AI cho tất cả các mục đích của con người gây ra một số vấn đề về đạo đức và triết học xung quanh cuộc sống con người, bao gồm cả khả năng làm mất tính người (de-humanisation) của xã hội. Nó đặt ra câu hỏi về vai trò của con người trong một xã hội tăng cường AI mới và có thể xác định lại cách mọi người sử dụng thời gian của mình, tức là bằng cách cân đối lại thời gian dành cho công việc và giải trí.

## **2.4. Công nghệ thần kinh**

Công nghệ thần kinh mới nổi mang triển vọng to lớn trong việc chẩn đoán và điều trị bệnh lão hóa và tăng cường thể chất con người nói chung. Tuy nhiên, một số công nghệ thần kinh làm nảy sinh các vấn đề về đạo đức, luật pháp, xã hội và văn hoá sâu sắc đòi hỏi sự chú trọng về chính sách.

### ***Công nghệ thần kinh là gì?***

Công nghệ thần kinh (Neurotechnology) được định nghĩa là bất kỳ phương tiện nhân tạo nào có thể tương tác với não và hệ thống thần kinh nhằm kiểm tra, tiếp cận và thao tác cơ cấu và chức năng của hệ thống thần kinh. Lĩnh vực này bao gồm việc nghiên cứu về bộ não; các thiết bị điện tử có thể sửa chữa hoặc thay thế chức năng não; các thiết bị điều biến thần kinh (neuromodulation) được sử dụng để điều trị bệnh tâm thần; các khớp thần kinh nhân tạo và mạng nơ-ron phục vụ giao diện não-máy tính; và sự phát triển trí thông minh nhân tạo.

### ***Các công nghệ thần kinh có triển vọng mang đến các liệu pháp mới và tăng cường khả năng của con người***

Các công nghệ thần kinh giúp hiểu rõ hơn về các quá trình tự nhiên của não, nghiên cứu, điều trị rối loạn và chấn thương thần kinh, tăng cường khả năng nhận thức qua đó nâng cao hiệu năng của con người. Các ví dụ về công nghệ thần kinh trong nghiên cứu và ứng dụng bao gồm:

*Kỹ thuật Optogenetics (quang di truyền):* sử dụng các protein cảm ứng ánh sáng để quan sát, điều khiển hoạt động và kiểm soát sự liên lạc và chức năng của các nơ-ron thần kinh. Các phương pháp tiếp cận quang học có tiềm năng dẫn đến cuộc cách mạng trong khoa học thần kinh bằng cách sử dụng ánh sáng để điều khiển hoạt động thần kinh trong các nơ-ron được xác định về mặt di truyền hoặc chức năng với độ chính xác đến một phần nghìn giây. Kỹ thuật này cung cấp cho các nhà khoa học thần kinh một công cụ mạnh để nghiên cứu mối liên hệ nhân quả giữa các tế bào, mạng lưới thần kinh và hành vi. Các nghiên cứu tương lai đưa khoa học não bộ tiến sâu vào lĩnh vực cảm xúc, làm sáng tỏ các yếu tố mới về bệnh thoái hóa thần kinh, hành vi và tư duy.

*Công nghệ điều biến thần kinh (Neuromodulation):* nhằm vào việc kích thích nơ-

ron trong nghiên cứu cơ bản và rối loạn não. Các thiết bị Neuromodulation ngày càng trở nên quan trọng trong việc điều trị rối loạn hệ thần kinh và làm nảy sinh các câu hỏi liên quan đến tính xác thực và việc tự sử dụng tăng cường cho bản thân ở những người dễ bị tổn thương (ví dụ như trẻ em hoặc người mắc bệnh tâm thần), sử dụng không tự nguyện (ví dụ như theo lệnh của tòa án hoặc bác sĩ tâm thần) và sử dụng không bị giám sát.

*Giao diện não-máy tính:* dùng để nhận biết và giải mã các mẫu hình hoạt động của các nơ-ron bằng các thiết bị bên ngoài - tự duy liên kết điều khiển các thiết bị bên ngoài. Giao diện não-máy tính hay não-máy có thể cho phép điều khiển thiết bị mà không dùng tay và theo dõi trạng thái của người dùng, có thể hữu ích cho những người điều khiển ô tô, phi công, phi hành gia và những người khác tham gia các nhiệm vụ yêu cầu tập trung. Suy đoán hơn, các giao diện não-máy tính có thể sử dụng để tăng cường khả năng hiểu biết cơ bản, cho phép nhiều bộ não phối hợp thực hiện nhiệm vụ và tăng cường hiệu năng. Chúng cũng có thể được sử dụng để phát triển các giác quan mới cho con người, chẳng hạn như khả năng cảm nhận từ trường hoặc sóng hồng ngoại, hay sóng vô tuyến. Những thách thức về kỹ thuật vẫn còn tồn tại, chẳng hạn như phát triển các giao diện thần kinh có thể cấy ghép, có thể tháo rời, có thể tồn tại độc lập về mặt lâm sàng, hoặc làm tăng hiệu quả của việc điều khiển bộ phận giả.

*Nanorobots:* Có thể được định nghĩa là các hệ thống được chế tạo từ các bộ phận lắp ráp có kích thước ở phạm vi nano với các chiều từ 1nm đến 100nm. Có thể bơm hàng triệu Nanorobots vào máu và có tiềm năng lớn trong các lĩnh vực khoa học thần kinh, chẩn đoán và điều trị. Các ứng dụng trong tương lai có thể tạo khả năng kích thích, thụ cảm, báo hiệu, xử lý thông tin, trí thông minh và hành vi bầy đàn, cũng như đi vòng qua các hàng rào máu-não. Khả năng điều khiển nanorobots bằng IT giống như máy tính và hành vi bầy đàn trong các chẩn đoán và trị liệu tương lai là một bước đột phá trong việc đổi mới sáng tạo y học.

### ***Những tiến bộ trong khoa học não bộ là chìa khoá để phát triển các công nghệ thần kinh mới lạ (và ngược lại)***

Bất kỳ một mô phỏng máy tính nào về chức năng não bộ trong tương lai sẽ đều có nguồn gốc từ những xúc tiến nghiên cứu bộ não hiện tại. Các sáng kiến nghiên cứu não bộ quy mô lớn trình bày trong Bảng 2.1 được hy vọng sẽ làm sáng tỏ các câu hỏi đặt ra từ lâu trong khoa học, y học và triết học não bộ: các mối tương quan thần kinh giữa trí tuệ và ý thức là gì; các mạng lưới tế bào thần kinh lớn xử lý thông tin trong bộ não khỏe mạnh như thế nào và những thay đổi bệnh lý trong các bệnh thoái hoá thần kinh; các bộ phận khác nhau của não phối hợp và cùng làm việc với nhau như thế nào; và làm thế nào để chế tạo máy tính theo những cách khác và thông minh hơn?

Các dự án khoa học não bộ hiện tại có tiềm năng to lớn trong việc giải quyết những thách thức tồn tại trong y học, cung cấp các công cụ để làm thay đổi các ngành công nghiệp và mở ra những hiểu biết về bộ não và trí tuệ. Tuy nhiên, mặc dù có nhiều



tiên bộ đáng kể trong khoa học thần kinh và phạm vi rộng của các ứng dụng công nghệ tương lai, nhưng nghiên cứu cơ bản vẫn chưa trả lời được một trong những câu hỏi cơ bản cho sự hiểu biết về hoạt động của não: mối quan hệ sinh học và vật lý giữa các hợp thể nơ-ron và các phần tử của tư duy là gì?

**Bảng 2.1.** Các sáng kiến lớn về khoa học và công nghệ về bộ não

Sáng kiến (nước/khu vực)	Mục tiêu	Tác động tiềm năng tương lai
Dự án bộ não người, “HBP” (châu Âu)	Để đạt được sự hiểu biết tổng hợp đa cấp về cấu trúc và chức năng của não thông qua việc phát triển và sử dụng ICT	Công nghệ Neuromorphic (mô phỏng cấu trúc hệ thần kinh) và neurobotic (công nghệ rôbot mô phỏng bộ não, robot và các hệ thống tự điều khiển và các ứng dụng cần nhiều dữ liệu khác; y học cá thể hóa cho thần kinh học và tâm thần học.
Công nghệ bộ não Ixrael (Ixrael)	Nhằm thúc đẩy hợp tác và đối thoại; đẩy mạnh nghiên cứu, ngành công nghiệp và đổi mới.	Các nền tảng di động cho phép diễn giải trong thời gian thực hoạt động xúc cảm và nhận thức của não; chữa trị bệnh ALS (bệnh xơ cứng teo cơ một bên); công nghệ thần kinh cấy ghép nền tảng trong giao diện não-máy tính, giám sát bệnh động kinh và điều biến thần kinh học (neuromodulation).
Lập sơ đồ não bộ bằng các công nghệ thần kinh tích hợp để nghiên cứu bệnh tật, “Brain/MINDS” (Nhật Bản)	Lập sơ đồ cấu trúc và chức năng của các mạch thần kinh dẫn đến hiểu được tính phức tạp của bộ não con người.	Sử dụng các kỹ thuật tạo ảnh có độ phân giải cao, trường rộng, sâu, nhanh và dài về cấu trúc não và chức năng của não; các kỹ thuật điều khiển hoạt động thần kinh; xác định các mối quan hệ nhân quả giữa tổn hại cấu trúc/chức năng của các mạch thần kinh và các kiểu hình bệnh tật và cuối cùng phát triển các phương pháp can thiệp điều trị sáng tạo đối với các bệnh này.
Blue Brain Project (Dự án Não xanh) (Thụy Sĩ)	Dựa trên siêu máy tính chế tạo một tái cấu trúc số về bộ não chuột và cuối cùng là bộ não con người.	Ứng dụng tính toán neurobotics và neuromorphic để hiểu rõ hơn về bộ não và thúc đẩy chẩn đoán và điều trị các bệnh về não.
Nghiên cứu não bộ thông qua các công nghệ thần kinh đổi mới tiên tiến “BRAIN Initiative” (Hoa Kỳ)	Nhằm thúc đẩy nhanh sự phát triển và ứng dụng các công nghệ mới cho phép các nhà nghiên cứu tạo ra được những bức tranh động về não, cho thấy các tế bào não và các mạch thần kinh phức tạp tương tác như thế nào ở tốc độ tư duy.	Nghiên cứu trên mẫu tế bào chuẩn nhằm mục tiêu vào các thao tác chữa trị ở người; thiết bị ghi nội bào mật độ cao trong cơ thể; các công nghệ lai mở rộng khả năng theo dõi không xâm lấn hoạt động trong não người; liên kết hoạt động của não và hành vi; công cụ phân tích dữ liệu giúp hiểu được cơ sở sinh học của các quá trình tinh thần.

*Nguồn: OECD (2015a), OECD Digital Economy Outlook 2015*

Các ngành tiêu dùng và công nghiệp quốc phòng được dự báo sẽ tăng đầu tư vào khoa học bộ não vì tiềm năng của công nghệ thần kinh đang tăng lên. Đổi mới trong lĩnh vực này đang bùng nổ và số bằng sáng chế cấp cho các công ty vượt xa lĩnh vực y tế, chẳng hạn như những công ty hoạt động trong lĩnh vực trò chơi điện tử, quảng cáo, ô tô và công nghiệp quốc phòng. Đặc biệt, các giao diện não-máy tính có thể được áp

dụng rộng rãi trong các lĩnh vực như giải trí, quốc phòng, tài chính, tương tác người-máy tính, giáo dục và tự động hóa nhà ở; các lĩnh vực triển vọng nhất là công nghệ trợ giúp và chơi game. Giao diện não-máy tính cũng đang được sử dụng để giám sát phản ứng và đánh giá trong các lĩnh vực như tiếp thị và sinh lý lao động.

### ***Khoa học não bộ và các công nghệ thần kinh yêu cầu nhiều nguồn lực***

Khoa học về bộ não là lĩnh vực nghiên cứu cần tập trung nguồn lực và có nhiều rủi ro kinh tế. Ở phạm vi rộng, thành công trong nghiên cứu cơ bản và đổi mới công nghệ phụ thuộc vào cơ sở hạ tầng tiên tiến và thường có chi phí cao như khả năng tính toán và các công nghệ tạo ảnh có độ phân giải cao.

Các mô hình hợp tác và đầu tư mới mở ra các cách thức chia sẻ rủi ro liên ngành và thực tế hơn và đẩy mạnh cam kết trong lĩnh vực KH&CN thần kinh. Các nguồn lực hạn chế đã dẫn tới việc phát triển các phương pháp tiếp cận hợp nhất và tập trung hơn để nghiên cứu và tạo nên các “trạm quan trắc não”. Các trung tâm này cung cấp môi trường hợp tác thích hợp để hiện thực hóa và chia sẻ tiềm năng của các công nghệ mới trong nghiên cứu não bộ. Tuy nhiên, các khoản đầu tư lớn và các cơ chế mới để chia sẻ rủi ro và lợi ích đòi hỏi phải có “quy định” mới về cách làm thế nào để quản lý việc sử dụng tập thể và cấp bằng sáng chế về dữ liệu và các công nghệ thần kinh phức tạp.

### ***Công nghệ nơ-ron mang nhiều rủi ro***

Các mẫu hình và công nghệ mới để tăng cường khả năng của con người có thể phát triển nhanh chóng. Những đổi mới hiện nay về KH&CN bộ não đang thúc đẩy sự phát triển một loạt các cách tiếp cận mới để hiểu bộ não và trí óc của chúng ta. Các công nghệ thần kinh xâm lấn yêu cầu phẫu thuật thần kinh có nguy cơ dẫn đến những thay đổi ngoài dự tính về sinh lý và chức năng trong não do các điện cực cấy hoặc các tế bào gốc, cũng như nhiễm trùng và chảy máu liên quan đến phẫu thuật. Các công nghệ thần kinh không xâm lấn ít rủi ro hơn, mặc dù việc sử dụng lâu dài có thể gây ra các hệ quả tiêu cực đối với cấu trúc và chức năng não và cũng có thể liên quan đến những ảnh hưởng phức tạp ngoài dự tính đối với tâm trạng, nhận thức và hành vi.

### ***Công nghệ thần kinh đặt ra những vấn đề xã hội quan trọng***

Khả năng của công nghệ nơ-ron làm thay đổi một số khái niệm và phạm trù chính được sử dụng để tuân theo và hiểu các giá trị, chuẩn mực và quy tắc liên quan đến đạo đức của con người làm nảy sinh những cân nhắc nhất định về mặt đạo đức, luật pháp và xã hội. Việc làm mờ đi sự khác biệt giữa con người và máy móc khiến cho việc đánh giá các giới hạn khả năng của con người khó khăn hơn và đặt ra các câu hỏi liên quan đến tự do ý chí và trách nhiệm đạo đức. Ngoài ra còn có những câu hỏi quan trọng khác như: Ai sẽ được hưởng lợi lớn nhất từ các can thiệp cần nhiều nguồn lực và thường có chi phí cao; cách tốt nhất để cân bằng giữa rủi ro và trách nhiệm đạo đức của khoa học não và các ứng dụng tăng cường khả năng con người với các cơ hội điều trị; và làm thế nào để giải quyết những căng thẳng vốn có giữa các quy định về quyền sở hữu trí tuệ và thúc đẩy mở cửa hơn cho khám phá và chia sẻ dữ liệu.

## 2.5. Vệ tinh nano/micro

Các loại vệ tinh nhỏ và rất nhỏ với khả năng gia tăng đang được sử dụng ngày càng nhiều. Điều này mang lại cho các nhà hoạch định chính sách một phạm vi rộng các công cụ tinh vi để giải quyết những thách thức lớn cho cả mục đích dân sự và quốc phòng.

### *Luôn nhỏ hơn, rẻ hơn và nhanh hơn*

Vài năm gần đây đã chứng kiến sự khởi đầu của một cuộc cách mạng trong việc thiết kế, sản xuất và triển khai các vệ tinh. Các vệ tinh nhỏ đang trở nên rất phổ biến, có trọng lượng dưới 500 kg (một vệ tinh thông tin hoặc khí tượng điển hình đặt trên quỹ đạo địa tĩnh, ở độ cao khoảng 38.000 km, có trọng lượng vài tấn, trong khi một vệ tinh môi trường như Jason 2 hoạt động ở quỹ đạo Trái đất thấp, độ cao khoảng 500 km, nặng hơn 500 kg). Các vệ tinh nano và micro có trọng lượng từ 1-50 kg. CubeSats là những vệ tinh thu nhỏ với mô hình đầu tiên có kích thước 10x10x10 cm và nặng 1 kg, còn gọi là 1 đơn vị. Các đơn vị vệ tinh có thể kết hợp để tạo ra CubeSats lớn hơn.

Vệ tinh nhỏ mang lại những cơ hội to lớn về khía cạnh tốc độ và tính linh hoạt trong chế tạo. Trong khi các vệ tinh lớn thông thường có thể mất hàng năm nếu không nói là hàng thập kỷ để chế tạo từ lúc thiết kế đến khi đưa vào hoạt động, các vệ tinh rất nhỏ có thể được chế tạo rất nhanh. Ví dụ, Planet Labs chỉ cần mất chín ngày để chế tạo hai vệ tinh CubeSats vào đầu năm 2015.

Vệ tinh nhỏ hơn thì chi phí chế tạo và phóng cũng rẻ hơn. Một vệ tinh nano/micro có thể chế tạo với giá từ 200.000 đến 300.000 Euro. Giá thành các vệ tinh nhỏ đang trở nên ngày càng có thể chấp nhận được, các hợp phần được làm sẵn thường được sử dụng để chế tạo các nền tảng vệ tinh và hỗ trợ sản xuất hàng loạt. Hầu hết các thiết bị điện tử và các hệ thống phụ cần thiết để chế tạo một vệ tinh nano tại nhà đều có thể mua qua mạng. Chi phí vẫn là rào cản chính đối với việc tiếp cận không gian. Các vệ tinh nhỏ có thể phóng như tải trọng thứ cấp với chi phí dưới 100.000 Euro. Chúng cũng có thể được triển khai từ Trạm vũ trụ Quốc tế, sau khi được vận chuyển lên dưới dạng hàng hóa.

Kể từ khi CubeSat được phóng lần đầu tiên vào năm 2002, số lượng các vệ tinh rất nhỏ được đưa vào hoạt động đã tăng lên đáng kể. Năm 2014, có 158 vệ tinh nano và micro đã được phóng, tức là tăng 72% so với năm trước. Theo dự báo từ năm 2014 đến năm 2020, có hơn 2.000 vệ tinh nano và micro sẽ được phóng lên quỹ đạo trên phạm vi thế giới.

### *Mối quan tâm đến các vệ tinh nhỏ tiếp tục gia tăng trên phạm vi thế giới*

Sự ra đời của các vệ tinh nhỏ đang mở ra kỷ nguyên của các ứng dụng có lợi nhuận cao, chi phí thấp trong gần như mọi lĩnh vực nỗ lực của con người. Vệ tinh nhỏ được sử dụng trong nhiều ứng dụng - từ quan sát và truyền thông trái đất đến nghiên cứu khoa học, trình diễn công nghệ và giáo dục, cũng như quốc phòng. Nhiều bên tham gia, bao gồm các viện nghiên cứu, ngành công nghiệp và quân đội đang thiết kế các

loại nhiệm vụ mới - đạo hàng, truyền thông hoặc viễn thám - phục vụ cho các mục đích dân sự và quốc phòng.

*Tạo ra các dự án thương mại mới trong kinh tế vũ trụ:* Việc sử dụng ngày càng tăng các cấu kiện làm sẵn trái ngược lại với các sản phẩm đạt tiêu chuẩn vũ trụ đắt tiền hơn, đang tạo ra một thị trường thế giới mới về các hệ thống và dịch vụ không gian. Các nhà phát triển có xu hướng chuyển sang các kiến trúc hệ thống phức tạp để chế tạo các vệ tinh nhỏ có thể tương tác theo từng cụm. Ví dụ, vào năm 2013, công ty Skybox Imaging đã phóng vệ tinh dữ liệu hình ảnh có độ phân giải cao đầu tiên của mình, thực hiện kế hoạch triển khai một chòm gồm 24 vệ tinh nhỏ để cung cấp các dữ liệu hình ảnh vệ tinh rẻ hơn và được cập nhật liên tục. Tương tự như vậy, Planet Labs đã cho ra đời chòm Flock 1 với 28 vệ tinh nano vào đầu năm 2014. Một số chuyên gia đã liên tưởng sự tổ hợp tương tự như các máy tính chủ lớn của những năm 1970 đã chuyển thành các mạng máy tính nhỏ kết nối với nhau qua Internet.

*Đẩy mạnh ranh giới tri thức:* CubeSats rất phổ biến ở các trường đại học với tư cách là người trình diễn công nghệ. Chúng được biết đến như những nền tảng vệ tinh giáo dục chi phí thấp và dần dần trở thành mẫu chuẩn đối với hầu hết các vệ tinh của trường đại học. Đến năm 2014, gần 100 trường đại học trên toàn thế giới định hướng vào phát triển CubeSat. Ở cấp độ giáo dục, với các vệ tinh, các nhà trường đại học có thể giúp sinh viên nhanh chóng thực hành các năng lực kỹ thuật và khoa học của mình.

*Quan sát các vùng đất và đại dương:* Mặc dù các vệ tinh lớn trên các quỹ đạo địa tĩnh vẫn là trụ cột chính đối với các cơ sở hạ tầng viễn thông và khí tượng, các vệ tinh nhỏ được sử dụng trong các chòm lớn ở các quỹ đạo thấp hơn có triển vọng mang lại những cải tiến đột phá, ví dụ như trong quan sát Trái đất. Vệ tinh micro cho phép quan sát suốt ngày đêm. Ví dụ như giám sát tình trạng các đại dương và vùng nước trong lục địa. Các chòm vệ tinh có thể được sử dụng để giám sát đánh bắt trái phép và nâng cao nhận thức về lãnh địa trên đại dương chống lại các hoạt động phạm tội. Tương tự như trên mặt đất, các chòm vệ tinh có thể giúp quan sát canh tác nông nghiệp, tăng năng suất cây trồng và theo dõi nạn phá rừng.

*Không gian mở cho tất cả:* Vệ tinh nhỏ đã trở nên hấp dẫn trong 5 năm qua, do chi phí phát triển thấp hơn và thời gian sản xuất ngắn hơn. Do đó vệ tinh nhỏ đang thu hút nhiều sự quan tâm trên khắp thế giới và nhiều quốc gia đang phát triển chúng coi đó như là một phần của tài trợ cho các chương trình không gian đầu tiên của mình. Cho đến nay có gần 30 quốc gia đã phát triển CubeSats, trong đó Hoa Kỳ đã phóng hơn một nửa số này, tiếp theo là châu Âu, Nhật Bản, Canada và một số nước Nam Mỹ. Trong thập kỷ qua, giàn phóng Dnepr của Ucraina đã phóng 29% số vệ tinh trọng lượng từ 11-50 kg, Polar Satellite Launch Vehicle của Ấn Độ là giàn phóng dẫn đầu thứ hai.

***Sự phát triển hơn nữa ngành công nghiệp vệ tinh nhỏ sẽ phải đối mặt với một số thách thức***

*Sự đánh đổi luôn tồn tại giữa kích thước và chức năng:* Vệ tinh càng nhỏ càng

mang được ít thiệt bị hơn và tuổi thọ cũng ngắn hơn do lượng nhiên liệu trên tàu nhỏ hơn. Các vệ tinh lớn hơn vẫn đóng một vai trò quan trọng, vì chúng có thể mang theo được nhiều thiết bị hơn và có tuổi thọ dài hơn, đặc biệt trong việc thực hiện các nhiệm vụ quốc gia và thương mại quan trọng. Tuy nhiên, những tiến bộ gần đây, cả về công nghệ tiêu hình hóa và hợp nhất vệ tinh, đã làm giảm đáng kể những nhược điểm của vệ tinh nhỏ.

*Đối phó với rủi ro kinh doanh cao:* vệ tinh nano và micro ngày càng được phóng nhiều trong các cụm lớn và chỉ một thất bại thôi (lúc phóng hay đang triển khai) cũng có thể dẫn đến những tổn thất rất lớn. Cuộc phóng tên lửa Antares thất bại năm 2014 đã dẫn tới tổn thất hơn 30 vệ tinh.

*Mối đe dọa môi trường ngày càng tăng từ các mảnh vỡ và va chạm:* Mối quan tâm môi trường chủ yếu đó là việc triển khai nhanh các vệ tinh nhỏ sẽ làm tăng nguy cơ va chạm trong một số quỹ đạo vốn đã đông đúc, hình thành hiệu ứng phân tầng do có nhiều mảnh vỡ hơn sẽ làm phát sinh nguy cơ va chạm lớn hơn. Theo các hướng dẫn quốc tế về mảnh vụn không gian, hầu hết các vệ tinh đều phải hoặc di chuyển đến một quỹ đạo “nghĩa địa” hoặc lại trở vào bầu khí quyển khi chúng đạt đến giai đoạn kết thúc sử dụng. Tuy nhiên, do cách chế tạo, các vệ tinh rất nhỏ không có đủ nhiên liệu trên tàu để thực hiện sự chuyển động ra khỏi quỹ đạo.

### ***Tác động đến chính sách STI***

Các chính phủ có thể hỗ trợ cho sự phát triển vệ tinh nano và micro bằng cách khuyến khích sử dụng chúng cho mục đích giáo dục ở các trường đại học và các viện nghiên cứu, tạo điều kiện thuận lợi cho việc khởi nghiệp chuyên môn và thúc đẩy sự phối hợp trong các nhóm doanh nghiệp liên quan đến vệ tinh.

Tính đa dạng của việc sử dụng vệ tinh nano và micro tăng lên, khối lượng dữ liệu phát sinh cũng gia tăng phục vụ cho các mục đích cá nhân và công cộng. Các nhà hoạch định chính sách cần thiết kế các khung pháp lý và môi trường kinh doanh phù hợp để đảm bảo rằng sự bùng nổ dữ liệu này có thể được khai thác vì lợi ích của nhiều bên.

## **2.6. Vật liệu nano**

Vật liệu nano thể hiện các đặc tính quang, điện và từ độc đáo, có thể khai thác trong nhiều lĩnh vực khác nhau, từ chăm sóc sức khỏe đến công nghệ năng lượng. Tuy nhiên, các giới hạn kỹ thuật và sự không chắc chắn về độc tính của chúng đối với con người và môi trường vẫn tiếp tục là trở ngại cho việc áp dụng rộng rãi.

***Sự phát triển sinh học tổng hợp đối mặt với nhiều trở ngại, trong đó có mối quan tâm đến nguy hiểm sinh học***

Sự phát triển công nghệ này đặt ra một số rủi ro đối với an toàn và an ninh sinh học. An toàn sinh học bao gồm một loạt các chính sách và thông lệ được thiết kế để bảo vệ người lao động và môi trường tránh các trường hợp áp dụng sai không chủ ý

hoặc sự phóng thích các tác nhân hay vật liệu nguy hiểm trong phòng thí nghiệm. An ninh sinh học thường liên quan đến việc kiểm soát các vật liệu và thông tin sinh học quan trọng nhằm ngăn chặn việc sở hữu trái phép, lạm dụng hoặc cố tình phóng thích.

### ***Vật liệu nano có đặc tính độc đáo***

Vật liệu nano được định nghĩa là loại vật liệu có kích thước ngoài nằm trong thang độ nano ( $10^{-9}$  mét) hoặc có cấu trúc trong hay cấu trúc bề mặt thuộc kích cỡ nano, trong khoảng từ 1 nm đến 100 nm. Vật liệu nano có thể được chế tạo, thiết kế theo cách tự nhiên, ngẫu nhiên hoặc nhân tạo. Vật liệu nano bao gồm các sản phẩm có chứa cacbon; các kim loại cấu trúc nano, hợp kim và chất bán dẫn; hạt nano gốm; polyme; nano composit; vật liệu nung kết và sinh học. Trong số các vật liệu cacbon, các công nghệ ống nano và graphene được chú ý đặc biệt phục vụ cho các mục đích nghiên cứu và công nghiệp. Ngoài ra còn có các loại vật liệu như nano dioxide titan, oxit nano kẽm, graphit, aerogel và nano bạc.

Vật liệu nano được dự báo sẽ có tác động đáng kể đến nghiên cứu và các ứng dụng thương mại trong nhiều ngành công nghiệp. Chúng đại diện cho một bước đột phá trong điều khiển vật chất ở phạm vi mà ở đó hình dạng và kích thước của các tập hợp nguyên tử đơn lẻ quyết định tính chất và chức năng của toàn bộ vật liệu và hệ thống, bao gồm cả các sinh vật sống. Ngoài ra, bằng cách khai thác các hiệu ứng lượng tử, các đặc tính quang học, từ tính, điện và các tính chất độc đáo khác xuất hiện ở quy mô này. Đó là do các vật liệu nano, ngược với vật liệu vĩ mô, cho thấy đạt tỷ lệ cao giữa các nguyên tử bề mặt so với các nguyên tử lõi. Hành vi của chúng chủ yếu là do hóa học bề mặt. Tỷ lệ bề mặt cao hơn làm tăng năng lượng bề mặt của các hạt, làm cho điểm nóng chảy hạ thấp hơn và khả năng phản ứng hóa học tăng.

### ***Vật liệu nano có nhiều lĩnh vực ứng dụng***

Giá trị hiện tại của thị trường vật liệu nano vào khoảng 20 tỷ Euro và phổ ứng dụng thương mại khả thi được dự báo sẽ tăng trong vài năm tới. Mặc dù số lượng bán trên thị trường vẫn còn nhỏ theo con số tuyệt đối, các ứng dụng hàng hóa như cacbon đen và silic vô định hình đã đạt đến mức độ trưởng thành và chiếm khối lượng lớn trên thị trường vật liệu nano. Các lĩnh vực đã ứng dụng bao gồm y học, tạo ảnh, năng lượng và lưu trữ hydro, xúc tác, xây dựng nhẹ và chống tia cực tím. Các lĩnh vực có khả năng ứng dụng cao nhất là những nơi vật liệu nano có thể thay thế cho một vật liệu có kích thước hạt lớn hơn hoặc khó điều chỉnh hơn. Ứng dụng trong những lĩnh vực này bị chi phối bởi những cải tiến về hiệu suất nhờ vào việc điều khiển vật liệu ở phạm vi nanomet, cũng như còn do hiệu quả sử dụng nguồn lực mà việc giảm kích thước hạt đưa đến. Quy mô ứng dụng được phản ánh qua sự gia tăng số bằng sáng chế về công nghệ nano trong mười lĩnh vực ứng dụng đại diện của công nghệ này.

Một trong những lĩnh vực có nhiều triển vọng ứng dụng vật liệu nano tiên tiến nhất (ví dụ: vật liệu nano có thành phần và hình dạng phức tạp, được thiết kế để có những đặc tính riêng) đó là trong y học, hiện chiếm tỷ trọng ứng dụng cao nhất các sản phẩm

nano tiên tiến. Vật liệu nano được hy vọng sẽ làm tăng khả năng chẩn đoán theo nhiều cách: ví dụ như tăng độ nhạy của các chip chẩn đoán (lab-on-a-chip) sẽ cho phép chẩn đoán sớm bệnh ung thư; Các chất đánh dấu huỳnh quang mạnh sử dụng vật liệu nano có thể làm tăng độ tin cậy của chẩn đoán trong ống nghiệm (in-vitro); Và các hạt nano vàng đánh dấu sẽ thúc đẩy sự phát triển tạo ảnh phân tử và còn có thể sử dụng để sàng lọc nhanh các loại thuốc ung thư, đòi hỏi thiết bị ít chuyên dụng hơn so với phương pháp truyền thống. Vật liệu nano cũng được mong đợi sẽ tăng cường điều trị y tế, ví dụ: Xenuloza nano tương thích sinh học có thể được áp dụng trong điều trị bỏng.

Ngoài lĩnh vực y tế, vật liệu nano ngày càng được sử dụng trong các vật dụng hàng ngày. Ví dụ, sợi nano tạo khả năng phát triển các loại vải dệt có khả năng chống thấm nước, chống nhăn và vết bẩn, thậm chí còn có khả năng thẩm thấu chọn lọc. Kết hợp với dệt điện tử (e-textiles), chúng có thể đóng góp cho việc phát triển các loại vải thông minh, vải chức năng, cũng có thể sử dụng trong các ứng dụng quân sự và ứng phó khẩn cấp tăng cường an toàn cho con người. Các vật liệu nano cũng có thể tạo điều kiện cho sự phát triển vật liệu xây dựng chức năng như bê tông tự làm sạch. Trong lĩnh vực năng lượng và môi trường, vật liệu nano polyme thông minh dự báo được sử dụng trong bao bì và hydrogel có khả năng phân huỷ sinh học, trong khi tinh thể nano silic được sử dụng trong các tế bào quang điện. Vật liệu nano còn tạo khả năng cho nhiều đổi mới quy trình. Ví dụ, việc có sẵn các loại mực chức năng đã làm thay đổi nhiều quy trình in, từ việc tạo ra các thiết bị in điện tử trong các quy trình in phun chính xác cao, quy trình in đắp lớp vật liệu lớp khô rộng cho đến sản xuất lưu lượng cao các tế bào năng lượng mặt trời thế hệ thứ ba trong quy trình in lô. Ngành công nghiệp bao bì thực phẩm đã sử dụng vật liệu nano hấp thụ ánh sáng hồng ngoại trong các chai PET để giảm lượng điện năng sản xuất cần thiết và rút ngắn thời gian lưu hóa trong quá trình sản xuất.

### ***Những mối quan ngại còn tồn tại về kỹ thuật và môi trường gây hạn chế áp dụng vật liệu nano***

Nghiên cứu và phát triển vật liệu nano cũng như việc thương mại hóa đã phát triển chậm hơn nhiều so với dự đoán ban đầu vào những năm 1980, khi công nghệ nano được ca tụng như “cuộc cách mạng công nghiệp kế tiếp”. Nguyên nhân của sự tiến bộ chậm đó là: thứ nhất, chi phí của các thiết bị NC&PT cần thiết phục vụ cho nghiên cứu vật liệu nano tiên tiến gây ảnh hưởng đến nghiên cứu ở nhiều phòng thí nghiệm và cản trở đổi mới trong các công ty nhỏ. Thứ hai, sản xuất quy mô thương mại các vật liệu nano tiên tiến thường bị trì hoãn, do sự hiểu biết không đầy đủ về các quy trình lý hóa ở thang độ nanomet và do thiếu khả năng điều khiển các thông số sản xuất lưu lượng cao ở quy mô này. Những hạn chế kỹ thuật này tiếp tục cản trở việc phát triển các ứng dụng thương mại quy mô lớn và chi phí hiệu quả của vật liệu nano.

Ngoài ra còn có những câu hỏi xoay quanh về các mối nguy hại (tác dụng độc) không mong muốn đối với con người và môi trường. Mặc dù chỉ riêng kích cỡ hạt không đủ để tính độ độc, việc sử dụng vật liệu nano trong một số môi trường cụ thể có thể cần được quy định. Ví dụ, do có kích thước nhỏ, hạt nano có thể xâm nhập qua

màng tế bào trong cơ thể (hấp thụ qua da, nuốt hoặc hít vào) và di chuyển đến những nơi mà các hạt lớn hơn không thể tiếp cận được. Cũng nên cân nhắc cùng một nguy cơ như vậy khi sử dụng các hạt nano trong nông nghiệp. Việc đánh giá rủi ro vẫn phải đối mặt với việc thiếu dữ liệu về vật liệu nano tiếp xúc với môi trường, đòi hỏi nghiên cứu sâu hơn. Sự không chắc chắn liên tục trong các yêu cầu kiểm soát gây ảnh hưởng tiêu cực đến NC&PT và thương mại hóa nhiều ứng dụng vật liệu nano tiềm năng trong tương lai.

## **2.7. Chế tạo đắp dần**

Việc bổ sung vật liệu theo cách tăng dần để tạo ra một sản phẩm có hình dạng là một cách tiếp cận chưa từng có đối với ngành chế tạo, điều này có thể dẫn đến các mô hình kinh doanh mới và những thay đổi quan trọng đối với các ngành công nghiệp hiện tại. Tuy nhiên, công nghệ này phải vượt qua được một loạt các thách thức, về cả kỹ thuật và quy định để có thể lan tỏa trong các quy trình công nghiệp trên quy mô lớn.

### ***Mô hình chế tạo mới***

Ngành chế tạo công nghiệp hiện nay chủ yếu mang tính trừ (nghĩa là sản phẩm được chế tạo ra bằng cách sử dụng vật liệu và loại bỏ lượng dư thừa không cần thiết), hay hình thành (nghĩa là tạo hình cho vật liệu bằng cách sử dụng công cụ để định hình). Chế tạo đắp dần, hay chế tạo cộng (AM) - thường được gọi là in 3D - bao gồm các kỹ thuật khác nhau để chế tạo sản phẩm bằng cách đắp thêm vật liệu theo lớp, thường sử dụng phần mềm thiết kế hỗ trợ bằng máy tính. Các công nghệ AM phổ biến nhất gồm có mô hình lắng đọng hợp nhất (fused deposition modelling - FDM), chế tạo sợi nóng chảy, công nghệ in bằng bản in đúc (stereolithography), xử lý ánh sáng kỹ thuật số và thiêu kết có chọn lọc bằng lazer.

Quy trình in 3D được sử dụng để chế tạo các mô hình, các mẫu hay các bộ phận gia công dựa trên vật liệu chất dẻo, kim loại, gốm sứ và thủy tinh. Một sự khác biệt giữa ba ứng dụng chính này đó là: sự tạo nguyên mẫu nhanh được sử dụng trong NC&PT phục vụ sản xuất mô hình và nguyên mẫu; gia công nhanh được áp dụng ở các giai đoạn sau trong phát triển sản phẩm; và chế tạo nhanh để sản xuất các bộ phận sử dụng cuối cùng các kỹ thuật chế tạo đắp lớp trực tiếp.

### ***AM có triển vọng tăng công suất của quy trình sản xuất***

Bắt đầu nghiên cứu chế tạo vào những năm 1980, trước đây AM được sử dụng chủ yếu để tạo các mô hình nguyên mẫu trực quan, có thể rút ngắn được giai đoạn thiết kế sản phẩm. Đây vẫn là một ứng dụng quan trọng cho đến ngày nay và việc tạo nguyên mẫu nhanh đang được sử dụng rộng rãi, bởi các kỹ sư, kiến trúc sư, nhà thiết kế, các chuyên gia y tế, cũng như trong lĩnh vực giáo dục và nghiên cứu. Gần đây hơn, khi vật liệu, độ chính xác và chất lượng tổng thể của kết quả đầu ra đã được cải thiện, in 3D đã mở rộng phạm vi ứng dụng. Ngày nay, các nguyên mẫu in bằng 3D phục vụ cho việc tra lắp và lắp ráp đang được phổ biến rộng rãi và chúng sẽ sớm trở nên có giá thành rẻ hơn và sản xuất nhanh hơn trong thập kỷ tới. Các phát triển công nghệ gần đây bao



gồm nâng cao hiệu suất trong chế tạo máy và một phạm vi rộng các vật liệu ứng dụng thô. Các kỹ sư đang sử dụng ngày càng tăng các vật liệu composit (như chất dẻo gia cố bằng sợi) và các vật liệu được phân loại theo chức năng (bằng cách thay đổi cấu trúc vi mô với một gradien cụ thể).

Ước tính thị trường AM toàn cầu sẽ tăng trưởng với tốc độ hàng năm khoảng 20% từ 2014 đến 2020. Wohlers Associates (2014) ước tính doanh thu của các hệ thống và dịch vụ AM đạt 21 tỷ USD vào năm 2020. Khi các quy trình in 3D tiếp tục trưởng thành và phát triển, chúng có thể đáp ứng được nhiều nhu cầu quan trọng trên các thị trường công nghiệp, tiêu dùng và y tế. Nhìn chung, công nghệ AM có khả năng sinh lợi ở những nơi cần những số lượng nhỏ các sản phẩm phức tạp và được sản xuất theo yêu cầu khách hàng. công nghệ này cho phép linh hoạt trong thiết kế và có thể cá nhân hóa các mẫu và thành phần phức tạp.

### ***AM dẫn tới đổi mới trong chăm sóc sức khỏe, y học và công nghệ sinh học***

Công nghệ in 3D có khả năng mang lại những sản phẩm mới trong y tế, y học và công nghệ sinh học. Các ứng dụng nha khoa được hưởng lợi lớn nhất từ công nghệ in 3D trong lĩnh vực y tế. Các bộ phận răng giả, cấy ghép hông và tay giả (in sinh học hoặc kỹ thuật sinh học) cũng như các nguyên mẫu của bộ xương ngoài đã được đưa vào sử dụng. Máy in ADN và in các bộ phận và các cơ quan cơ thể từ chính các tế bào của bệnh nhân hiện đang trong quá trình phát triển. Các hệ thống sinh học không chỉ được in sinh học tương đồng với con người về mặt di truyền, mà chúng còn có thể phản ứng với sức ép bên ngoài như thể chúng là các bộ phận sống. Các chuyên gia kỹ thuật sinh học ước tính rằng thử nghiệm trên động vật có thể được thay thế bằng việc sử dụng các tế bào người in 3D vào năm 2018. Trong tương lai, những người có yêu cầu ăn kiêng cụ thể có thể in thực phẩm chức năng hoặc bổ sung dinh dưỡng của mình. Thịt được sản xuất bằng in 3D từ các tế bào sống cũng có thể là một lĩnh vực ứng dụng trong tương lai.

### ***AM mang lại lợi ích cho gia công kim loại trong một loạt các lĩnh vực công nghiệp***

Gia công kim loại dựa trên quy trình in 3D, như nóng chảy có chọn lọc bằng laser và nấu chảy chùm tia điện tử rất phổ biến trong ngành công nghiệp ô tô, quốc phòng và hàng không. Nhiều linh kiện đã được sản xuất cho các ứng dụng vũ trụ với số lượng sẽ tiếp tục gia tăng cũng như độ phức tạp của chúng. Nghiên cứu sâu hơn về các hợp kim có thể có những tác động lâu dài đối với thăm dò vũ trụ, vì các thế hệ phi hành gia tương lai có thể in các thiết bị họ cần dựa trên vật liệu có trọng lượng nhẹ hơn khi phóng. Trong công nghệ năng lượng, AM đang ngày càng được sử dụng cho dịch vụ và bảo trì các bộ phận thay thế có độ phức tạp cao.

### ***Số hóa gia tăng nhanh và mối quan tâm về môi trường sẽ ảnh hưởng đến nhu cầu về công nghệ AM***

Việc số hóa công nghệ in 3D sẽ cho phép các quá trình thiết kế, chế tạo và phân

phối sản phẩm trở nên tích hợp và hiệu quả hơn. Do in 3D sẽ thúc đẩy chuyển tải số, lưu trữ, sáng tạo và sao chép sản phẩm, điều đó có tiềm năng làm thay đổi các mẫu hình làm việc và dẫn đến một cuộc cách mạng sản xuất. Các công ty sẽ bán thiết kế thay vì các sản phẩm thực. Việc đặt hàng sẽ là hành động tải một file kết quả cuối cùng, qua đó sẽ kích hoạt các quá trình chế tạo và giao hàng tự động, các công ty liên quan khác nhau có khả năng dễ dàng phối hợp.

In 3D cũng có thể bù đắp cho những tác động môi trường do các quy trình sản xuất truyền thống và các chuỗi cung ứng bằng cách làm giảm sản xuất chất thải. Việc chế tạo sản phẩm trực tiếp sử dụng công nghệ in có thể làm giảm số các bước cần thiết cho sản xuất, vận chuyển, lắp ráp và phân phối các linh kiện, giảm lượng nguyên vật liệu bị lãng phí so với các phương pháp sản xuất có tính trừ. Mặt khác, máy in sử dụng polyme bột hoặc nóng chảy vẫn để lại một số lượng nguyên liệu nhất định trên băng máy in thường không được sử dụng lại. Plastic được sử dụng phổ biến nhất cho in vật dụng trong nhà là acrylonitrile butadiene styrene (ABS) có thể tái chế. Các chất dẻo sinh học khác (như axit polylactic [PLA]) có khả năng phân huỷ sinh học mà không ảnh hưởng đến các tính chất nhiệt, cơ lý và gia công. Tuy nhiên, một nghiên cứu gần đây cho thấy tỷ lệ phát thải các hạt cực mịn của máy in sử dụng ABS và PLA là rất cao và có thể gây nguy hiểm cho sức khoẻ. Thông tin về những tác động sức khoẻ và môi trường của các vật liệu mới hơn như bột kim loại mịn, được sử dụng trong quá trình thiêu kết laser chọn lọc, vẫn còn khan hiếm. Tương tự như vậy, nghiên cứu về năng lượng nhúng trong các vật liệu, vết chân cacbon của chúng và khuynh hướng in thừa vật thể gây ra bởi tính đơn giản và phổ biến của công nghệ cần được chú ý hơn nữa.

### ***Việc áp dụng AM rộng rãi vẫn còn phải đối mặt với nhiều trở ngại và rủi ro***

Phạm vi các vật liệu sử dụng trong in 3D vẫn còn hạn chế và việc sử dụng chúng phụ thuộc vào các phương pháp và thiết bị in. Chất lượng và chi tiết bề mặt thường chưa đủ cho sử dụng cuối cùng và yêu cầu bước xử lý sau tốn kém. Các thiết bị in thông thường hoạt động chậm, rất khó giám sát chất lượng trong quá trình in, ngay cả khi đầu in ban đầu với các cảm biến tích hợp đã được phát triển.

Khi in 3D trở nên dễ tiếp cận hơn, các vấn đề luật pháp và quản lý xung quanh bảo vệ dữ liệu, trách nhiệm sản phẩm và sở hữu trí tuệ sẽ phải đi trước. Các ngành công nghiệp, nhà phát minh và chủ sở hữu nhãn hiệu hàng hoá đã phải đối mặt với những vi phạm quyền sở hữu trí tuệ đáng kể trong các lĩnh vực in ấn cá nhân và nguồn mở. In 3D có thể tạo khả năng phân quyền, vi phạm bản quyền chủ đạo, tương tự như vi phạm bản quyền sản phẩm trong số hoá âm nhạc, sách và phim ảnh. Việc thực thi quyền sở hữu là tốn kém (chi phí kiện tụng, xích mích xã hội), không minh bạch và thường tùy tiện. Các nhà quản lý có thể áp đặt những giới hạn nhất định đối với thiết kế kỹ thuật của máy in nhằm hạn chế việc vi phạm, mặc dù điều này có thể làm chậm sự đổi mới. Áp thuế đối với thiết bị hoặc nguyên liệu sẽ ảnh hưởng đến việc sử dụng hợp pháp các máy in 3D. Nghiên cứu hiện đang được tiến hành về kỹ thuật mốc mực nước để ngăn chặn vi phạm bản quyền.

Một trở ngại khác cần khắc phục là giá của các thiết bị in. Trong những năm gần đây, máy in cá nhân 3D đã xuất hiện trên thị trường tiêu dùng điện tử với giá phải chăng (dưới 1000 USD), trong khi đó các máy in 3D phức tạp hơn (ví dụ để gia công kim loại) thường được bán với giá hơn 1 triệu USD. Giá thành được dự đoán sẽ giảm nhanh trong những năm tới khi sản lượng tăng. Vẫn còn khó để dự đoán chính xác tốc độ triển khai công nghệ này, nhưng cuối cùng nó sẽ xâm nhập các quy trình sản xuất các loại sản phẩm khác nhau với số lượng lớn hơn.

## **2.8. Công nghệ tích trữ năng lượng tiên tiến**

Công nghệ tích trữ năng lượng được định nghĩa là một hệ thống hấp thu và lưu giữ năng lượng trong một khoảng thời gian trước khi giải phóng năng lượng theo nhu cầu cung cấp năng lượng hoặc dịch vụ điện. Cần có những đột phá trong lĩnh vực công nghệ này để tối ưu hóa hiệu suất của các hệ thống năng lượng và tạo điều kiện cho việc tích hợp các nguồn năng lượng tái tạo.

***Công nghệ tích trữ năng lượng rất cần thiết để thu hẹp khoảng cách về thời gian và địa lý giữa cung và cầu năng lượng***

Tính sẵn dùng của năng lượng tái tạo như ánh sáng mặt trời, gió và thủy triều là không liên tục và không phải lúc nào cũng có thể dự đoán trước được. Tỷ trọng điện năng lượng tái tạo đang tăng lên trong lưới điện, nên việc đầu tư vào các công nghệ tích trữ để cho phép điều chỉnh nguồn cung phù hợp với nhu cầu năng lượng ngày càng trở nên quan trọng. Công nghệ tích trữ năng lượng có thể được phân loại thành điện, (điện) hóa, nhiệt và cơ. Chúng có thể được thực hiện ở quy mô nhỏ và lớn theo cả hai cách tập trung hoặc phân tán trong hệ thống năng lượng. Các thiết bị tích trữ năng lượng lưới điện quy mô lớn được sử dụng để cân bằng những biến động điện năng, trong khi đó các hệ thống pin phù hợp hơn cho việc cân bằng không tập trung, với dung lượng lưu trữ hạn chế, thời gian sạc và tự xả kéo dài.

***Công nghệ tích trữ năng lượng có tiềm năng kinh tế to lớn với các cơ hội kinh doanh sâu rộng***

Việc triển khai các loại pin kích cỡ lớn và tích trữ năng lượng nhiệt đã gia tăng mạnh mẽ trong thập kỷ qua. Đặc biệt, lĩnh vực pin đã đạt được sự gia tăng công nghệ lớn, được phản ánh qua sự tăng vọt số bằng sáng chế trong lĩnh vực này. Một loạt các công nghệ tích trữ năng lượng khác nhau vẫn đang trong giai đoạn phát triển ban đầu, bao gồm pin đa trị, bánh đà tốc độ cao, pin liti-sulphua và các hệ thống tích trữ năng lượng từ siêu dẫn.

Khả năng phát triển kinh tế của công nghệ tích trữ năng lượng phụ thuộc vào sự phát triển hơn nữa của các công nghệ pin kích cỡ nhỏ và vừa, cũng như các công nghệ lưới điện quy mô lớn tập trung và phân tán. Đặc biệt các loại pin tiên tiến có tiềm năng thay thế động cơ đốt trong ở các loại xe chở khách và hỗ trợ cho việc chuyển đổi sang các ngôi nhà, văn phòng thông minh. Nhìn chung, công nghệ tích trữ năng lượng mới có thể làm thay đổi việc năng lượng được sử dụng ở đâu, khi nào và như thế nào.

### ***Các ứng dụng quy mô nhỏ - trong thiết bị điện tử tiêu dùng và điện cơ động là những yếu tố tác động nhu cầu quan trọng***

Tích trữ năng lượng điện hóa vẫn chiếm ưu thế trong các công nghệ pin, bao gồm pin axit chì, các hệ thống dựa trên niken, lưu lượng ôxi hóa khử (redox flow) nhiệt độ cao và pin ion lithium (khoảng 250 watt-giờ/kg). Pin có thể sử dụng cho cả các ứng dụng ngắn hạn và trung hạn, chúng có lợi cho việc mở rộng quy mô và hiệu suất. Đa số các thiết bị điện tử tiêu dùng di động, xe chạy điện và hybrid chở khách đều được trang bị pin ion liti, loại pin này đang ngày càng có giá thành giảm và hiệu suất tăng trong những năm gần đây. Thực tế, các loại pin đặc biệt lớn đang dẫn đầu: ví dụ, giá bộ pin ion lithium dùng cho xe chạy điện (EV) đã giảm 40% trong giai đoạn từ năm 2009-2013, trong khi doanh số bán xe EV tăng lên 665.000 chiếc vào năm 2014 trong khi vào năm 2009 hầu như không có loại xe này chạy trên đường. Pin ion lithium trạng thái rắn là sự phát triển cao hơn của pin ion lithium truyền thống: chúng thay thế điện cực lỏng bằng một vật liệu rắn, có hiệu suất cao hơn và ít nguy hiểm hơn và được dự đoán sẽ khả thi về mặt thương mại trong vài năm nữa. Để làm cho các công nghệ này linh hoạt và có sức hấp dẫn hơn, các nhà sản xuất ô tô đã bắt đầu bán các hệ thống xe kết nối với nhà (vehicle-to-home), cho phép khách hàng dùng xe để cung cấp điện cho ngôi nhà và ngược lại. Trong tương lai, các siêu tụ điện (các tụ điện hóa công suất cao) lưu trữ động năng trong chuyển động của con lắc và nạp điện gần như không có thời gian trễ và còn cho phép xe ô tô có thể nạp điện trong thời gian dừng bình thường trong giao thông, ví dụ: Tại nút đèn giao thông.

Các hệ thống pin mới khác có thể kể đến như bộ pin kim loại-không khí hiện đang ở cấp độ nghiên cứu ban đầu. Pin kim loại-không khí sử dụng lithium hoặc kẽm (pin kẽm-không khí hoặc pin nhiên liệu) làm cực anode và oxy được lấy từ môi trường để làm catốt. Điều này làm cho pin có trọng lượng nhẹ với cực catốt có thể tái tạo dùng được lâu. Trong thập kỷ tới, mật độ năng lượng có thể tăng lên đến mức mà các loại xe chạy bằng pin sẽ trở nên có khả năng cạnh tranh về chi phí với xe chạy bằng động cơ đốt trong. Để cải tiến mật độ năng lượng có hai định hướng đang được chú ý: phát triển các vật liệu điện cực có điện dung cao hơn và phát triển các loại pin sử dụng hóa học điện áp cao hơn. Có thể đến năm 2020 các sản phẩm có thể có mặt trên thị trường.

### ***Các ứng dụng quy mô lớn trong tích trữ năng lượng lưới sẽ tác động đến cầu***

Sự cố mất điện gây thiệt hại hàng tỷ đô la mỗi năm trên toàn thế giới. Phát điện quá mức tiếp tục là một vấn đề chính. Các hệ thống tích trữ năng lượng quy mô lớn tạo ra khả năng làm cân bằng những biến động điện năng và phân tán chúng. Trong khi các hệ thống pin đặc biệt phù hợp với các ứng dụng phân phối năng lượng quy mô nhỏ, ngắn và trung hạn, dung tích lưu trữ hạn chế và sự tự phóng điện khiến chúng không thích hợp cho việc cân bằng tải. Các hệ thống thay thế được sử dụng để tích trữ năng lượng lưới và cả tích trữ năng lượng thủy điện, như tích trữ thủy điện bằng bơm (PSH),

tích trữ năng lượng không khí nén (CAES) và các hệ thống hydro. Các hệ thống PSH được sử dụng rộng rãi và chiếm tới 97% tích trữ năng lượng lưới trên toàn thế giới. Chúng sử dụng những thay đổi về độ cao để tích trữ điện ngoài giờ cao điểm để sử dụng sau này, giống như các nhà máy thủy điện thông thường. Các hệ thống PSH rất phức tạp và là công nghệ lưu trữ duy nhất được áp dụng quy mô lớn tại nhiều nước. Các hệ thống hydrogen và CAES có thể được sử dụng cho các ứng dụng năng lượng dài hạn và đã được Hoa Kỳ và Đức khai thác trong nhiều thập kỷ. Tuy nhiên, các công nghệ này đều có chi phí cao, hiệu suất tổng thấp và làm nảy sinh mối lo ngại về an toàn. Tích trữ năng lượng từ siêu dẫn (SMES) và các siêu tụ điện phục vụ các ứng dụng lưu trữ ngắn hạn - trong khoảng vài giây hoặc vài phút - bằng cách sử dụng tĩnh điện hoặc từ trường. Bánh đà tích trữ năng lượng quay bằng cách áp dụng một SMES mô-men quay. Các siêu tụ điện và bánh đà thường có đặc trưng mật độ công suất cao nhưng mật độ năng lượng thấp, làm cho chúng thích hợp để cân bằng các biến động điện năng ngắn.

### ***Công nghệ tích trữ năng lượng tiên tiến dự báo sẽ làm giảm phát thải khí nhà kính***

Công nghệ tích trữ năng lượng được hy vọng sẽ đóng góp cho việc đạt được mục tiêu kịch bản 2°C bằng cách tạo ra khả năng linh hoạt cho hệ thống điện và giảm lượng nhiệt thất thoát. Sẽ có thêm nhiều năng lượng được khai thác từ các nguồn tái tạo nếu có thể kiểm soát sản lượng năng lượng thông qua các giải pháp lưu trữ. Đồng thời, vì khai thác năng lượng tái tạo đang ngày càng tăng, nhu cầu về công nghệ tích trữ năng lượng cũng sẽ tăng lên. Các hệ thống lưu trữ thông minh và lưới điện thông minh cũng có thể khuyến khích sản xuất năng lượng tái tạo bằng các cơ cấu hợp tác địa phương; Các công nghệ năng lượng mặt trời, gió và pin có chi phí hiệu quả là những đơn nguyên quan trọng cho các hệ thống năng lượng phi tập trung. Ở các nền kinh tế đang phát triển, các hệ thống lưu trữ có tiềm năng mang đến nguồn điện chắc chắn, đáng tin cậy cho các vùng xa xôi mà trước đây không thể tiếp cận.

### ***Đẩy mạnh NC&PT để nâng cao hiệu quả chi phí tích trữ năng lượng***

Cần có những đột phá về công nghệ trong các hệ thống tích lũy nhiệt độ cao và các công nghệ pin có thể mở rộng quy mô, cũng như trong các hệ thống lưu trữ làm tối ưu hóa hiệu suất của các hệ thống năng lượng và tạo điều kiện tích hợp năng lượng tái tạo. NC&PT về các giải pháp lưu trữ cũng đang được tiến hành nhằm mục đích giảm chi phí trong công nghệ. Chi phí vốn cao cho công nghệ tích trữ vẫn là một rào cản đối với việc triển khai rộng. Khi các nguyên liệu, công nghệ và các ứng dụng triển khai để tích trữ năng lượng được tạo ra, các kỹ thuật và các giao thức mới cũng cần phát triển để xác nhận tính an toàn của chúng và đảm bảo giảm thiểu nguy cơ thất bại và tổn thất. Ví dụ, lợi ích của pin lithium cần được đánh giá về khía cạnh tác động sức khỏe và môi trường toàn cầu từ việc khai thác và vận chuyển lithi.

## 2.9. Sinh học tổng hợp

Sinh học tổng hợp là một lĩnh vực nghiên cứu mới về công nghệ sinh học mang đến các nguyên lý kỹ thuật để điều khiển ADN trong các sinh vật. Sinh học tổng hợp cho phép thiết kế và tái tạo các bộ phận sinh học mới và tái thiết các hệ thống sinh học tự nhiên cho các mục đích hữu dụng. Nhánh nghiên cứu mới này được hy vọng sẽ có một phạm vi rộng các ứng dụng trong các lĩnh vực y tế, nông nghiệp, công nghiệp và năng lượng, nhưng nó cũng làm nảy sinh các vấn đề pháp lý và đạo đức quan trọng.

### *Sinh học tổng hợp tái tạo hình dáng các hệ thống sống trên cơ sở một thiết kế hợp lý*

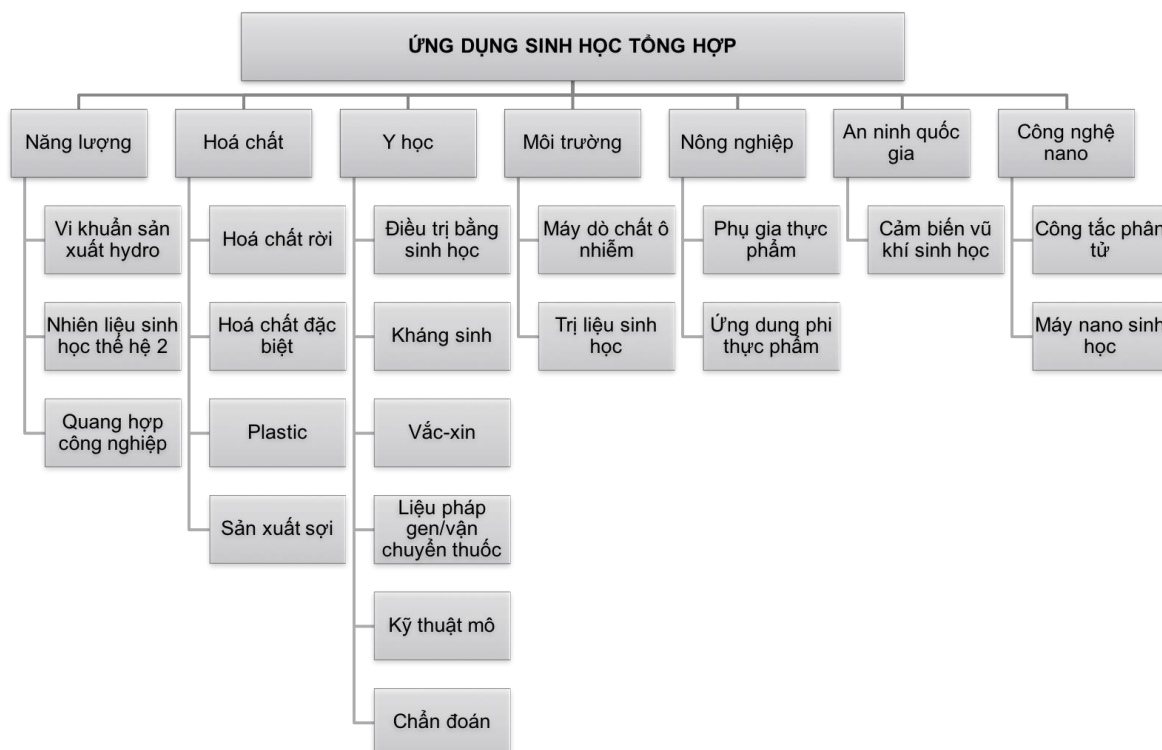
Con người đã tiến hành thao tác gen bằng cách gây giống có chọn lọc từ cách đây 10.000 năm, nhưng chỉ đến những năm 1970, sự thao tác trực tiếp trên ADN trong sinh vật mới có thể thực hiện thông qua kỹ thuật di truyền. Sinh học tổng hợp là một lĩnh vực nghiên cứu mới, mở ra một phương pháp tiếp cận kỹ thuật để thao tác trên vật liệu di truyền. Sinh học tổng hợp được định nghĩa là ứng dụng khoa học, công nghệ và kỹ thuật để tạo điều kiện và thúc đẩy việc thiết kế, chế tạo hoặc biến đổi vật liệu di truyền trong cơ thể sống, nó cho phép thiết kế và tạo ra các bộ phận, thiết bị và hệ thống sinh học mới và tái thiết lại các hệ thống sinh học tự nhiên hiện có cho các mục đích hữu ích.

Trong khi kỹ thuật di truyền truyền thống sử dụng các phương pháp tiếp cận thử và sai để tạo ra các thiết kế sinh học mới, sinh học tổng hợp cố gắng làm thay đổi hình dáng các hệ thống sống dựa trên cơ sở một thiết kế hợp lý. Để làm được điều này, sinh học tổng hợp sử dụng các nguyên lý kỹ thuật như chuẩn hóa, mô đun hóa và tính tương thích. Ví dụ, các nhà sinh học tổng hợp tạo ra và phân chia các thành phần chức năng được gọi là “biobricks” dựa trên các chuỗi ADN, có hoặc không thể tìm thấy trong tự nhiên. Biobricks thực hiện một số chức năng nhất định, có thể kết hợp để tạo ra những đổi mới trong nhiều lĩnh vực, bao gồm y tế, nông nghiệp, công nghiệp và năng lượng.

### *Sinh học tổng hợp nắm triển vọng mang lại những đổi mới căn bản trong nhiều lĩnh vực kinh doanh*

Là một nền tảng công nghệ, sinh học tổng hợp có tiềm năng mang lại những lợi ích kinh tế xã hội quan trọng, tạo ra các doanh nghiệp mới và làm cho các doanh nghiệp hiện thời trở nên có hiệu quả hơn (Hình 2.2). Nó được thúc đẩy bởi một số lĩnh vực thị trường quan trọng như năng lượng (ví dụ nhiên liệu vận tải với chi phí tương đối thấp), y học (phát triển vắc xin), nông nghiệp (cây trồng thiết kế) và ngành hóa chất. Ngành này có một phạm vi rộng các ứng dụng thông qua sản xuất vật liệu mới dựa trên sinh học, bao gồm cả plastic sinh học và mỹ phẩm thân thiện môi trường (ví dụ như nước hoa tự nhiên được thiết kế tổng hợp). Trong lĩnh vực công nghệ sinh học biển, nhiều ứng dụng đã được dự đoán, nhưng hầu hết vẫn chưa được hình dung. Một ví dụ gần đây đó là biến đổi tảo cát để sản xuất nhiên liệu sinh học sử dụng chỉnh sửa gen. Sinh học tổng hợp cũng có thể giúp đạt được các mục tiêu của nền kinh tế sinh học, nghĩa là

giảm phát thải khí nhà kính và đạt được an ninh lương thực và năng lượng. Dân số thế giới không ngừng tăng trưởng và mối đe dọa đối với chất lượng nước và đất cũng gia tăng, sinh học tổng hợp cung cấp các ứng dụng nông nghiệp sâu rộng hứa hẹn tăng năng suất và hiệu quả. Ví dụ không chỉ bao gồm các loại cây trồng có khả năng kháng hạn hán và bệnh tật, làm tăng năng suất, mà cả các loại ngũ cốc sản sinh ra phân bón riêng cho chúng.



**Hình 2.2.** Ứng dụng sinh học tổng hợp trong các lĩnh vực

### ***Hai phát triển đang nổi có thể làm thay đổi sinh học tổng hợp***

Thứ nhất, chỉnh sửa gen sử dụng hệ miễn dịch tự nhiên của vi khuẩn để tạo ra những cái “kéo phân tử” (molecular scissors) để cắt và thay thế các sợi ADN với độ chính xác cao. Kỹ thuật này đang giúp các nhà khoa học hiểu biết sâu hơn về vai trò của gen đối với sức khỏe và một số bệnh có thể điều trị được bằng cách thay đổi các mô và cơ quan. Các tế bào miễn dịch của người bệnh có thể được lập trình lại khiến chúng tấn công tế bào ung thư; Các tế bào miễn dịch có thể trở nên kháng virus, ví dụ như virus HIV; và có thể ngăn chặn chứng bệnh rối loạn di truyền để không truyền sang thế hệ con cháu.

Thứ hai, DIY sinh học hoặc “biohacking” là công việc của một cộng đồng ngày càng tăng các cá nhân và các tổ chức nhỏ, họ tiến hành nghiên cứu và thực hành sinh học và khoa học sự sống bên ngoài các tổ chức chuyên nghiệp. Chi phí cho các thiết bị, công cụ và máy tính giảm, cùng với sự gia tăng thực tiễn phát triển nguồn mở đã thúc đẩy phong trào này, đó là sự “dân chủ hoá” khoa học và cho phép mọi người tiếp cận dữ liệu sinh học của chính mình. Từ năm 2003, chi phí lập trình tự gen đã giảm ít nhất

một triệu lần. Chi phí hiệu quả cũng được cải thiện trong tổng hợp gen, mặc dù với tốc độ chậm hơn nhiều. DIY sinh học có thể đại diện cho một động cơ đổi mới tiềm năng tương tự như Thung lũng Silicon, với một số lượng lớn các cá nhân đang khám phá và tìm ra các ứng dụng cho các khối sinh học (biobricks). Trong tương lai, đổi mới trong lĩnh vực này có thể trở nên phổ biến và người sử dụng có thể chấp vá và cải tiến các sản phẩm và dịch vụ từ các công ty lớn, giống như đã xảy ra trong các ngành chế tạo.

### ***Sự phát triển sinh học tổng hợp đối mặt với nhiều trở ngại, trong đó có mối quan tâm đến nguy hiểm sinh học***

Sự phát triển công nghệ này đặt ra một số rủi ro đối với an toàn và an ninh sinh học. An toàn sinh học bao gồm một loạt các chính sách và thông lệ được thiết kế để bảo vệ người lao động và môi trường tránh các trường hợp áp dụng sai không chủ ý hoặc sự phóng thích các tác nhân hay vật liệu nguy hiểm trong phòng thí nghiệm. An ninh sinh học thường liên quan đến việc kiểm soát các vật liệu và thông tin sinh học quan trọng nhằm ngăn chặn việc sở hữu trái phép, lạm dụng hoặc cố tình phóng thích.

Những rủi ro phát sinh do sinh học tổng hợp thường khó đánh giá do số lượng gần như vô hạn các tính chất mới phát triển của các sản phẩm và hệ thống biến đổi gen. Sự khó khăn này càng trầm trọng thêm bởi thực hành nguồn mở trong sinh học tổng hợp. So với nhiều loại hình khoa học khác, việc thử nghiệm trong lĩnh vực này đang đối mặt với bất trắc rủi ro cao hơn do bản chất tự sao chép và có thể truyền lại của sinh vật. Đối với an ninh sinh học, DIY sinh học có thể hướng tới các hoạt động bất hợp pháp, một số có thể đe dọa đến an toàn công cộng (ví dụ vũ khí sinh học). Đối với việc chỉnh sửa gen, mặc dù cần có thêm nhiều kinh nghiệm chuyên môn để tạo ra các tác nhân lây nhiễm, nhưng các cơ quan có thẩm quyền cần đảm bảo sự giám sát và đánh giá thỏa đáng.

### ***Sinh học tổng hợp đặt ra các vấn đề đạo đức***

Mặc dù liệu pháp gen (tức là làm thay đổi các mô bình thường của cơ thể) là một kỹ thuật y học được chấp nhận, nhưng đó không phải là những biến thể làm thay đổi các tế bào sinh sản của người. Kiểu chỉnh sửa bộ gen này (còn được gọi là chỉnh sửa dòng sinh dục - germline editing) về nguyên tắc có thể làm thay đổi bản chất của loài người. Các đại diện đến từ các Viện Hàn lâm Khoa học Quốc gia Hoa Kỳ, Anh và Trung Quốc trong một hội nghị gần đây đã thống nhất về việc tạm ngừng hoạt động làm thay đổi vĩnh viễn đối với bộ gen người. Nhóm này kêu gọi các nhà khoa học trên khắp thế giới tránh xa nghiên cứu chỉnh sửa dòng sinh dục cho đến khi rủi ro được đánh giá tốt hơn và đạt được một sự nhất trí xã hội rộng lớn về sự thích hợp của các kỹ thuật này.

### ***Vẫn còn có những bất định về kỹ thuật và pháp lý***

Tương lai của sinh học tổng hợp phụ thuộc vào phương pháp tổng hợp ADN đáng tin cậy, chính xác và ít tốn kém. Trong khi chi phí cho việc lập trình tự ADN hiện nay



là không đáng kể, nhưng chi phí viết mã di truyền cũng cần phải giảm với thang độ tương tự. Những khó khăn về kỹ thuật liên quan đến việc giảm được chi phí tương đương với lập trình tự là rất lớn và tạo nên những rủi ro tài chính cao cho các công ty công nghệ cao thường là các công ty nhỏ đang tham gia phát triển sinh học tổng hợp. Ngoài ra còn có rào cản chủ yếu cần vượt qua trong lĩnh vực tin sinh học và cơ sở hạ tầng phần mềm, mặc dù phần mềm thích hợp có khả năng sẽ sẵn sàng khá lâu trước tổng hợp ADN. Điều này có thể có lợi cho sinh học tổng hợp, nhưng nó làm tăng sự cần thiết về thận trọng an ninh sinh học, do các thiết kế trình tự có thể dễ dàng được gửi đến các nước khác để sản xuất mà không có sự kiểm soát thích hợp. Đồng thời, số lượng lớn các quy định cần tuân thủ để tạo ra các sinh vật biến đổi gen một cách hợp pháp (đặc biệt để tránh nguy hại cho con người và ngăn ngừa sự thoát ra khỏi môi trường kiểm soát) có thể gây hạn chế các ứng dụng.

## **2.10. Công nghệ Blockchain**

Blockchain (chuỗi khối) là một cơ sở dữ liệu cho phép truyền tải giá trị trong các mạng máy tính. Công nghệ này được dự báo sẽ phá vỡ một số thị trường bằng cách đảm bảo các giao dịch đáng tin cậy mà không cần thiết phải có một bên thứ ba. Tuy nhiên, sự phát triển công nghệ này cũng là mối đe dọa bởi các vấn đề kỹ thuật vẫn còn cần được giải quyết.

### ***Công nghệ blockchain là gì?***

Trong khi mục đích của hầu hết các giao thức truyền thống là trao đổi thông tin, blockchain lại tạo khả năng cho các giao thức trao đổi giá trị. Công nghệ mới này tạo điều kiện cho sự nắm bắt chung về giá trị gắn liền với dữ liệu cụ thể và do đó cho phép các giao dịch được thực hiện. Blockchain là hình thức lưu trữ minh bạch tuyệt đối mà mọi cá nhân tham gia đều có quyền truy cập phiên bản đầy đủ. Một khi đã được cập nhật, nó không thể bị thay đổi hoặc xóa trộn mà chỉ có thể bổ sung và quá trình cập nhật diễn ra đồng thời trên tất cả máy tính trong mạng lưới. Bản thân blockchain là một cơ sở dữ liệu phân tán đóng vai trò như một cuốn sổ cái công khai, được dùng chung và đáng tin cậy mà không ai có thể làm giả (sửa đổi) và mọi người đều có thể kiểm tra. Các giao thức được xây dựng trên blockchain (ví dụ bitcoin) chỉ định rõ cách những người tham gia trong một mạng lưới có thể duy trì và cập nhật sổ cái bằng cách sử dụng mã hóa và thông qua một sự đồng thuận chung. Sự kết hợp giữa tính minh bạch, các quy tắc chặt chẽ và giám sát liên tục có khả năng mô tả đặc điểm một mạng lưới dựa trên blockchain cung cấp đầy đủ các điều kiện để người dùng có thể tin tưởng vào các giao dịch được tiến hành trên mạng lưới, mà không cần đến một tổ chức trung tâm. Như vậy, công nghệ này mang lại tiềm năng giảm chi phí giao dịch bằng cách loại bỏ sự cần thiết của các tổ chức trung gian tin cậy để thực hiện truyền tải giá trị an toàn. Blockchain có thể gây phá vỡ các thị trường và các tổ chức công cộng có mô hình kinh doanh hay lý do tồn tại nằm ở việc cung cấp sự tin cậy đằng sau các giao dịch.

## ***Công nghệ Blockchain có thể gây phá vỡ nhiều lĩnh vực***

Công nghệ Blockchain ban đầu được thiết kế như một công nghệ nền tảng cho bitcoins, một loại tiền tệ kỹ thuật số mà không chịu sự quản lý và không được hỗ trợ bởi bất kỳ ngân hàng trung ương nào. Thay vào đó, công nghệ này nhằm mục tiêu tạo dựng sự tin tưởng vào chính mình (nghĩa là không cần thiết phải có bên trung gian thứ ba) bằng cách ngăn chặn gian lận chi tiêu (double-spending) và liên tục ghi lại các giao dịch tiền tệ và chủ sở hữu. Sự cung ứng bitcoins là tự động, hạn chế, được phân chia theo lịch trình định sẵn dựa trên một thuật toán xác định tỷ lệ tiền tệ được tạo ra. Như trong giao dịch tiền tệ thông thường, tỉ giá hối đoái bitcoin với các đồng tiền truyền thống được xác định thông qua một hệ thống đấu giá hai đầu (double-auction system). Thiết lập này khuyến khích sự xem xét kỹ lưỡng và do đó đảm bảo cho mạng lưới: nếu bitcoin ngày càng được chấp nhận và giá trị của nó sẽ tăng tương đối so với các đồng tiền khác, ở đây sẽ có sự khuyến khích tính toán thêm để được hưởng lợi.

Trong khi kinh nghiệm về bitcoin đang buộc chúng ta phải suy nghĩ lại về tiền tệ, những tác động được kỳ vọng của công nghệ nền tảng blockchain vượt xa hơn loại đồng tiền kỹ thuật số này. Công nghệ này có thể gây xáo trộn trong các doanh nghiệp quản lý tài sản, cũng có thể cả các cơ quan chính phủ và nó có thể biến đổi cách thức cung cấp các dịch vụ. Các ứng dụng tiềm năng có thể nhóm thành ba hạng mục sau:

***Giao dịch tài chính:*** Các ứng dụng tài chính của công nghệ blockchain vượt xa bitcoin và tiền kỹ thuật số. Ví dụ, công nghệ này tạo ra các cơ hội thanh toán bằng chuyển tiền qua biên giới, thường có chi phí giao dịch cao so với số tiền được chuyển. Gọi vốn đám đông (hay gọi vốn cộng đồng) tạo ra một cơ hội khác, vì nó thường liên quan đến những số lượng lớn các nỗ lực quản lý so với quy mô đầu tư cá nhân. Một blockchain có thể “không ủy quyền” như trong bitcoin, bởi nó là một mạng lưới mở đối với tất cả mọi người để đóng góp dữ liệu và sở hữu tập thể cuốn sổ cái; nó cũng có thể được “ủy quyền” bởi chỉ có một hoặc nhiều người dùng trong mạng lưới có thể bổ sung thêm dữ liệu và xác minh nội dung của sổ cái. Các sổ cái ủy quyền (Permissioned ledgers) cung cấp một loạt các ứng dụng trong khu vực tư nhân. Các sở giao dịch chứng khoán (ví dụ New York Stock Exchange và Nasdaq), các ngân hàng (như Goldman Sachs), các công ty thẻ tín dụng (Master Card) và các công ty bảo hiểm (công ty Bảo hiểm Nhân thọ New York) đã đầu tư gần 1 tỷ USD vào các doanh nghiệp khởi nghiệp sử dụng công nghệ blockchain. Bằng cách thay thế cơ sở hạ tầng ngân hàng cần thiết cho thanh toán chuyển tiền xuyên biên giới, kinh doanh chứng khoán và tuân thủ quy định, công nghệ sổ cái phân tán có thể cắt giảm chi phí cho các dịch vụ ngân hàng toàn cầu lên đến 20 tỷ USD mỗi năm.

***Hệ thống ghi chép và xác minh:*** Công nghệ blockchain cũng có thể sử dụng để tạo ra và duy trì các sổ ghi chép tín nhiệm. Sổ cái phân tán là phương thức ghi chép trung thực, minh bạch và dễ tiếp cận nhất trong lịch sử. Nó có thể được sử dụng để lưu trữ bất kỳ loại dữ liệu nào, bao gồm cả quyền sở hữu tài sản. Các ứng dụng có thể bao gồm

việc đăng ký và chứng minh quyền sở hữu đất đai và lương hưu và chứng minh tính xác thực và nguồn gốc của các tác phẩm nghệ thuật, hàng xa xỉ (ví dụ như kim cương) và các loại thuốc đắt tiền. Ở loại hình ứng dụng này, blockchains có tính “ủy quyền” tức là dựa vào một tổ chức trung gian để cập nhật và lưu trữ sổ cái. Honduras đã lên kế hoạch xây dựng một hệ thống đăng ký quyền sử dụng đất sử dụng blockchain, điều này có thể làm thay đổi căn bản cách thức các văn phòng công chứng giải quyết đăng ký bất động sản. Sổ cái blockchain dùng chung cũng có thể mang lại những cải thiện đáng kể cho việc phân bổ nguồn lực trong khu vực công bằng cách củng cố kế toán, tăng tính minh bạch và tạo điều kiện kiểm toán ngăn ngừa tham nhũng và tăng hiệu quả. Công nghệ này có thể đảm bảo tính toàn vẹn của các hồ sơ ghi chép và các dịch vụ của chính quyền, như thu thuế, phân phát các khoản trợ cấp và cấp hộ chiếu. Một sổ cái dùng chung giữa các cấp khác nhau trong chính quyền có thể đảm bảo các giao dịch nhất quán và không sai sót. Ngoài ra, blockchain có thể cung cấp một phương thức để thúc đẩy các thị trường tài chính phát triển và làm cho các dịch vụ công hiệu quả hơn tại các nền kinh tế mới nổi.

*Hợp đồng thông minh:* Hợp đồng thông minh (smart contract) là một thuật ngữ mô tả khả năng tự đưa ra các điều khoản và thực thi thỏa thuận của hệ thống máy tính bằng cách sử dụng công nghệ blockchain. Toàn bộ quá trình của smart contract được thực hiện tự động và không có sự can thiệp từ bên ngoài. Các điều khoản của smart contract tương đương với một hợp đồng pháp lý và được ghi lại bằng ngôn ngữ của máy tính.

Công nghệ Blockchain tạo cơ hội để nối thêm dữ liệu bổ sung vào các giao dịch giá trị. Những dữ liệu này có thể chỉ rõ rằng phải đáp ứng các điều khoản nhất định trước khi một giao dịch được tiến hành. Bằng cách này, một giao dịch được thực hiện giống như một hoá đơn, nó sẽ tự động được thanh toán khi hoàn thành các điều kiện nhất định. Những “hợp đồng thông minh” dựa trên blockchain như vậy còn được coi như là một loại tiền tệ có thể lập trình. Các điều khoản chỉ định rõ trong giao dịch là mã lập trình có thể sử dụng để diễn tả việc cung cấp các dịch vụ, giống như lưu trữ dữ liệu trên đám mây (ví dụ Dropbox), các thị trường (ví dụ eBay) và các nền tảng của kinh tế chia sẻ, như Uber và AirBnB. Microsoft đang thiết lập một liên doanh trong lĩnh vực này để cung cấp dịch vụ cho thuê máy chủ. Hợp đồng thông minh cũng có thể tạo năng lực cho các nền tảng truyền thông, ngăn chặn vi phạm bản quyền và đảm bảo rằng các ca sĩ và các nhà làm phim thu được tiền bản quyền cho việc phân phối nội dung số.

### ***Còn tồn tại một số bất ổn định về công nghệ***

Một điều không chắc chắn quan trọng đối với các ứng dụng không có tổ chức trung gian (không ủy thác - unpermissioned) đó là sự an toàn của chúng phụ thuộc rất lớn vào số người dùng. Điều này có nghĩa là các ứng dụng phải mở rộng một cách đầy đủ trước khi trở nên đáng tin cậy. Hơn nữa, thuật toán chuẩn để đảm bảo cho cuốn sổ cái chống gian lận (đang được sử dụng bởi Bitcoin) sẽ có cường độ tính toán mạnh hơn khi mạng lưới được kiểm tra kỹ lưỡng hơn. Năng lực tính toán tổng mạng lưới Bitcoin

đã tăng lên theo cấp số mũ kể từ năm 2010. Khi càng có nhiều người khai thác (miners) tham gia mạng lưới, thuật toán này sẽ làm cho quy trình mã hóa trở nên khó hơn để nhằm duy trì một tỷ lệ sinh tiền bitcoins. Mặc dù thiết lập này khuyến khích kiểm tra kỹ lưỡng nhưng nó cũng đòi hỏi một lượng điện năng lớn để xử lý và xác minh các giao dịch được tiến hành trong mạng lưới, lượng điện này được ước tính tương đương với mức sử dụng điện của cả nước Ailen. Các giải pháp thay thế khác với cường độ tính toán thấp hơn để đạt được một sự thống nhất an toàn hiện đang được phát triển và thử nghiệm. Một sự không chắc chắn khác liên quan đến các hợp đồng thông minh nằm ở mức độ mà các dịch vụ phức tạp có thể được lập trình đầy đủ thành các điều khoản. Để các mạng lưới như vậy có thể hoàn toàn tự hoạt động (nghĩa là không có một công ty hỗ trợ dịch vụ), các lệnh được nhúng trong các giao dịch sẽ cung cấp một định nghĩa dịch vụ toàn diện. Mặc dù điều này có thể thực hiện đối với nhiều dịch vụ thông thường (như tính toán), nhưng câu hỏi đặt ra là liệu có thể đạt được điều này với các ứng dụng phức tạp hơn không, như những nơi họp chợ và nền kinh tế chia sẻ Uber và AirBnB. Những điều này thường đòi hỏi các cơ chế giải quyết tranh chấp khó có thể chuyển thành mật mã và phân định.

***Việc giải quyết những điều không chắc chắn về công nghệ có thể tạo khả năng cho các hoạt động bất hợp pháp***

Việc ẩn danh trong các giao dịch làm nảy sinh mối quan tâm đến khả năng khai thác công nghệ cho các hoạt động bất hợp pháp. Trong khi tất cả các giao dịch được thực hiện thông qua blockchain được ghi lại liên tục và không thể thay đổi, nhưng nó chỉ chứa những thông tin liên quan danh tính trên mạng Internet của người tham gia, có thể không nhất thiết chỉ ra danh tính thực của người đó. Một số người sử dụng tiền ảo đã tham gia vào việc sử dụng không thích hợp và các hoạt động bất hợp pháp, bao gồm rửa tiền và chuyển tiền để mua hàng hoá bất hợp pháp. Các phương pháp nhận dạng hiệu quả hơn có thể dẫn đến việc thực thi luật pháp hiệu lực hơn trong các loại tiền tệ kỹ thuật số so với việc sử dụng tiền mặt. Tuy nhiên, các ứng dụng hợp đồng thông minh cũng có thể tạo khả năng hình thành và hoạt động của các thị trường bất hợp pháp, không có một công ty hoặc tổ chức nào chịu trách nhiệm phải tuân thủ quy định.

## KẾT LUẬN

Xã hội già hóa, biến đổi khí hậu, thách thức về sức khỏe và số hóa ngày càng tăng, cùng với các yếu tố khác được dự báo sẽ định hình các chương trình nghị sự NC&PT trong tương lai, về cả phạm vi lẫn quy mô của nhu cầu đổi mới sáng tạo. Các thị trường mới có khả năng hình thành, tạo ra các nhu cầu kỹ năng mới, các cơ hội tăng trưởng và việc làm mới. Các cách tiếp cận mới đối với tăng trưởng bền vững, như thông qua kinh tế tuần hoàn, đang tiến triển nhanh.

Tốc độ phát triển kinh tế nhanh chóng tại các nền kinh tế mới nổi, cùng với các hoạt động xuyên biên giới của các tập đoàn đa quốc gia và sự phân mảnh rộng hơn trong các chuỗi giá trị toàn cầu, cũng sẽ tạo thuận lợi cho phân bố rộng hơn các hoạt động STI trên khắp hành tinh. Cạnh tranh toàn cầu về nhân tài và nguồn lực chắc chắn sẽ gia tăng, cũng như việc sáng tạo và phổ biến tri thức mới. Các trung tâm xuất sắc hiện tại có thể hưởng lợi từ cuộc cạnh tranh này, thu hút nhiều hơn nữa các nguồn lực và nhân tài tốt nhất, điều đó gây bất lợi cho những nơi kém cạnh tranh hơn.

Tuy nhiên, các hoạt động STI có thể phải đối mặt với những hạn chế về nguồn lực. Có khả năng sự tăng trưởng chưa đủ ở các nền kinh tế phát triển và mới nổi, cũng như sự cạnh tranh nguồn lực giữa các vấn đề ưu tiên và các chương trình nghị sự chính sách có thể gây hạn chế nguồn tài chính sẵn có. Điều này có thể ảnh hưởng đến vai trò của STI trong việc giải quyết những thách thức trong tương lai. Tương tự, dân số già hóa cùng với những thay đổi trong mẫu hình di cư sẽ dẫn đến những hậu quả không chắc chắn đối với tính khả dụng của kỹ năng STI.

Các xu hướng lớn đặt ra các vấn đề cấp bách đòi hỏi sự phản ứng chính sách, nhưng khả năng can thiệp của chính phủ có thể sẽ phải đối mặt với những trở ngại lớn, bao gồm nợ công cao, các mối đe dọa an ninh quốc tế gia tăng, khả năng xói mòn sự gắn kết xã hội và sự hình thành các nhà hoạt động có thể lực ngoài nhà nước sẽ là những khó khăn thách thức thẩm quyền và năng lực hành động của chính phủ.

Định hướng của tác động không phải là một chiều và sự phát triển STI sẽ quyết định bản chất năng động của các xu hướng lớn và đưa ra các giải pháp cho những thách thức mà các xu hướng mang đến. Có thể thấy toàn cầu hóa đang được thúc đẩy bởi những tiến bộ về các công nghệ truyền thông và vận tải; tăng trưởng thu nhập trong tương lai sẽ ngày càng bị chi phối bởi phát triển STI; kết quả cải thiện về sức khỏe và sự gia tăng tuổi thọ phụ thuộc rất nhiều vào những đổi mới công nghệ y học. Đó là một trong số những tác động có lợi của STI, nhưng cũng có thể có những tác động tiêu cực. Ví dụ, phát triển STI có thể làm trầm trọng thêm sự bất bình đẳng nếu không chú ý đầy đủ đến việc truyền bá kiến thức và trang bị các kỹ năng rộng hơn; và sự phát triển trí tuệ nhân tạo và công nghệ robot làm tăng mối quan tâm về cơ hội việc làm trong tương lai.

Mặc dù các công nghệ then chốt và mới nổi đều có phạm vi rộng về nguồn gốc xuất xứ và ứng dụng tiềm năng, nhưng có thể rút ra một số tác động chung liên quan trực tiếp đến chính sách STI như sau:

- Các công nghệ then chốt và mới nổi được đề cập trong tài liệu này được dự đoán sẽ có những tác động rộng lớn trong một loạt các lĩnh vực ứng dụng, mà nhiều trong số đó không thể dự đoán trước được. Những tác động này sẽ bị chi phối bởi một loạt các yếu tố phi công nghệ, bao gồm xã hội già hóa, biến đổi khí hậu, phát triển kinh tế và chính trị và những thay đổi về các ưu đãi xã hội. Công nghệ đồng tiến hoá với xã hội, điều đó làm cho nhiều thay đổi công nghệ - đặc biệt là thay đổi mang tính phá hủy - là không thể dự đoán trước. Sự không chắc chắn này đòi hỏi một quan điểm chính sách mở cửa và linh hoạt và nếu các nguồn lực cho phép nó sẽ hỗ trợ cho sự phát triển và ứng dụng công nghệ đa dạng. Tính đa dạng không chỉ làm lan rộng rủi ro và cơ hội mà còn tạo dựng năng lực tiếp thu để khai thác các nghiên cứu và công nghệ phát triển ở những nơi khác. Đồng thời, việc liên tục thu thập, rà soát thông tin, sự hợp tác giữa các nhà hoạch định chính sách và các bên tham gia khác trong hệ thống đổi mới sáng tạo có thể cải thiện năng lực điều chỉnh chính sách của chính phủ và giúp thúc đẩy tính hoạt động của hệ thống.

- Các công nghệ then chốt thường phụ thuộc vào các công nghệ “tạo khả năng” khác để phát triển và khai thác trong tương lai. Công nghệ tạo khả năng phổ biến nhất hiện nay là công nghệ thông tin và truyền thông. Bốn trong số các công nghệ then chốt và mới nổi được đề cập đến trong tài liệu này là IoT, phân tích dữ liệu lớn, trí tuệ nhân tạo và blockchain - đang phát triển mạnh và trong tương lai gần sẽ thâm nhập khắp mọi nơi nhờ vào công nghệ thông tin và truyền thông. Ngoài ra, những phát triển của sáu công nghệ chủ chốt được đề cập đến khác cũng chủ yếu là nhờ vào sự tiến bộ của thông tin và truyền thông cùng với những tiến bộ trong các công nghệ khác. Hội tụ và kết hợp công nghệ là những đặc điểm quan trọng của sự phát triển công nghệ và có thể được hỗ trợ bởi các không gian thể chế liên ngành - ví dụ như để thực hiện NC&PT và đào tạo kỹ năng. Trong khi nhiều nước OECD ngày càng hỗ trợ các không gian như vậy, vẫn còn phải huy động nhiều nỗ lực hơn để vượt qua những cơ chế tổ chức và thể chế đơn ngành trong tài trợ và thực hiện NC&PT, điều đó gây kiềm chế các sáng kiến đa ngành.

- Nghiên cứu trong khu vực công đóng vai trò quan trọng trong việc phát triển các công nghệ trọng điểm và mới nổi. Nghiên cứu trong khu vực công tạo ra tri thức mới làm nền móng cho các công nghệ mới nổi và thường góp phần phát triển nguyên mẫu và giới thiệu. Cũng quan trọng như vậy, nghiên cứu trong khu vực công ươm tạo nhiều kỹ năng cần thiết để phát triển và khai thác các công nghệ mới nổi. Vì vậy đầu tư đủ cho nghiên cứu công là điều quan trọng để hiện thực hóa những lợi ích của các công nghệ mới nổi đối với tăng trưởng và phúc lợi tương lai.

- Nhờ những tiến bộ trong ICT, cùng với sự giảm mạnh chi phí cho thiết bị và các phương tiện thí nghiệm, các cộng đồng và người dân ngày càng tham gia vào việc phát triển và khai thác một số công nghệ chủ chốt và mới nổi như blockchain, sinh học tổng

hợp và chế tạo dần dần. Việc mở cửa nghiên cứu, đổi mới sáng tạo và khởi nghiệp kinh doanh theo cách này đang được hoan nghênh rộng rãi và một số nước OECD đang thiết kế các khuôn khổ chính sách hỗ trợ. Đồng thời, sự tham gia của người dân cũng đặt ra nhiều vấn đề về quản lý, ví dụ như xoay quanh việc bảo vệ sức khỏe và an toàn (điều này đặc biệt cần thiết trong lĩnh vực sinh học tổng hợp, nơi có truyền thống DIY khoa học đang phát triển nhanh) và quyền sở hữu trí tuệ (điều này được chú ý đặc biệt trong các thảo luận về chế tạo dần dần). Trên thực tế, các chính phủ cần phải thường xuyên điều chỉnh các quy định hoặc soạn thảo các quy định mới để quản lý sự phát triển và ứng dụng nhiều công nghệ mới nổi, bất kể có sự tham gia của công dân hay không. Với tốc độ thay đổi công nghệ nhanh chóng, đây rõ ràng là một thách thức, nhưng nhiều chính phủ có thể cải thiện thông tin cảnh báo về các vấn đề quản lý tương lai, điều này sẽ giúp họ chuẩn bị tốt hơn để hành động nhanh chóng và quyết đoán hơn.

- Các công nghệ mới nổi mang một số rủi ro và không chắc chắn, làm nảy sinh nhiều vấn đề đạo đức quan trọng. Điều này đòi hỏi khả năng quản lý bao quát, toàn diện và lường trước về thay đổi công nghệ, trong đó bao gồm đánh giá các lợi ích, chi phí và chủ động định hướng lộ trình phát triển và khai thác trong tương lai. Những cải tiến trong quản lý như vậy vẫn chưa được phát triển ở hầu hết các nước OECD, mặc dù điều này có thể sẽ thay đổi trong vài năm tới với mối quan tâm chính sách ngày càng tăng về “nghiên cứu và đổi mới sáng tạo có trách nhiệm” (responsible research and innovation-RRI). Những cải tiến về quản lý có kết hợp các yếu tố RRI là cần thiết để cân nhắc các quan điểm khác nhau trong việc đánh giá lộ trình công nghệ mới nổi trong tương lai.

- Các nỗ lực nghiên cứu và đổi mới sáng tạo xung quanh các công nghệ chủ chốt và đang nổi ngày càng có phạm vi phân bố trên toàn thế giới và thường được hưởng lợi từ hợp tác quốc tế. Điều này có nghĩa là việc quản lý các công nghệ mới nổi và việc sử dụng chúng, ví dụ như thông qua các quy định và các hiệp định, đang ngày càng trở thành vấn đề phối hợp quốc tế. Các tổ chức như OECD có thể cung cấp các diễn đàn hữu ích để các nước hợp tác và điều phối trong lĩnh vực này.

- Các thực hành cảnh báo công nghệ cho thấy, phát triển công nghệ mang tính cạnh tranh mạnh mẽ, nhiều nước đang đầu tư những nguồn lực lớn cho nghiên cứu và đổi mới sáng tạo trong các lĩnh vực công nghệ tương tự. Cạnh tranh không chỉ tập trung vào các giải pháp kỹ thuật, mà còn về các mô hình kinh doanh, các nền tảng và tiêu chuẩn, đặc biệt ở cấp doanh nghiệp, nơi mà “lợi thế người dẫn đầu” có thể tạo nên sự khác biệt giữa thành công và thất bại. Các chính phủ muốn hỗ trợ các ngành công nghiệp mới xung quanh các công nghệ đang nổi sẽ cần nhìn xa hơn chức năng NC&PT để đánh giá đúng giá trị của sự năng động ở tầm cỡ ngành, rộng hơn cấp doanh nghiệp để đóng góp cho sự thành công của họ.

Nhiều chính phủ, trong và ngoài OECD đang phải đối mặt với những thách thức kinh tế và xã hội chưa từng thấy và đã coi STI như một phần của phản ứng chính sách. Dữ liệu mới từ các cuộc điều tra của EC/OECD về chính sách STI cho thấy rằng, các

chính phủ đã đặc biệt tập trung vào sự chú ý và hành động chính sách trong những năm gần đây nhằm giải quyết các vấn đề kinh tế cấp bách và xây dựng các chính sách có hiệu quả và có trách nhiệm hơn. Trong bối cảnh nền kinh tế tăng trưởng chậm và điều kiện ngân sách thắt chặt, nhiều chính phủ đã chuyển sự chú ý và hỗ trợ từ nghiên cứu công sang đổi mới kinh doanh và tinh thần khởi nghiệp, nhằm thúc đẩy khả năng phục hồi mạnh mẽ và bền vững của các doanh nghiệp. Các nỗ lực cũng đã được thực hiện để tăng cường năng lực đánh giá chính sách quốc gia nhằm nâng cao hiệu quả và định hướng tốt hơn các chính sách STI vào các mục tiêu xã hội.

Các khía cạnh đạo đức và xã hội của STI đang ngày càng được phản ánh trong xây dựng chính sách RRI. Các nguyên tắc RRI đã được đưa vào các chương trình chính sách, chương trình tài trợ và kế hoạch quản lý, lồng ghép vào các cân nhắc về mặt đạo đức và xã hội trong quá trình đổi mới sáng tạo. Hỗn hợp chính sách RRI là phức tạp, vì nhiều công cụ chính sách cần được huy động ở các giai đoạn khác nhau của chu trình chính sách để đạt được nhiều mục tiêu chiến lược. Trên thực tế, hầu hết các nỗ lực chính sách gần đây đã cố gắng thúc đẩy cách tiếp cận toàn diện về quản lý, chỉ rõ các định hướng mới của quốc gia, cung cấp các cơ sở hạ tầng và các ưu đãi cho nghiên cứu liên ngành và khoa học mở và mở rộng phạm vi kỹ năng cũng như văn hoá đổi mới sáng tạo.

**Biên soạn: Nguyễn Lê Hằng**

*Tài liệu tham khảo chính: OECD (2016), OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2016, OECD Publishing, Paris.*



**TỔNG LUẬN SỐ 4-2017**

**CÁC XU HƯỚNG LỚN TOÀN CẦU TÁC ĐỘNG ĐẾN KHOA  
HỌC, CÔNG NGHỆ VÀ ĐỔI MỚI SÁNG TẠO**

