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

KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ THẾ GIỚI

NHỮNG XU HƯỚNG MỚI

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

CỤC THÔNG TIN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ QUỐC GIA

BAN BIÊN SOẠN:

Trần Đắc Hiến (*Chủ biên*)

Trần Thị Thu Hà

Nguyễn Phương Anh

Nguyễn Thị Phương Dung

Nguyễn Lê Hằng

Phạm Khánh Linh

Nguyễn Thị Minh Phượng

Nguyễn Mạnh Quân

Phạm Thị Thảo

Phùng Anh Tiến

Đào Thị Thanh Vân

LỜI NÓI ĐẦU

Xu hướng phát triển xã hội và tăng trưởng khu vực khác nhau đã tạo ra những thay đổi đáng kể trong bức tranh toàn cầu về nghiên cứu khoa học, công nghệ, giáo dục và kinh doanh. Một thế giới khoa học và công nghệ đa cực đang nổi lên sau nhiều thập kỷ thống trị của Hoa Kỳ, Liên minh châu Âu, và Nhật Bản.

Thế giới đang hướng đến các nền kinh tế thâm dụng tri thức, tăng cường hợp tác và cạnh tranh về khoa học và công nghệ. Trong nền kinh tế tri thức, nghiên cứu, khai thác thương mại khoa học công nghệ, và công việc trí tuệ khác ngày càng trở nên quan trọng. Các nền kinh tế này dựa vào lực lượng lao động có tay nghề cao và đầu tư bền vững vào nghiên cứu và phát triển để sản sinh các dòng kiến thức tạo nên cốt lõi của nền sản xuất thâm dụng tri thức trong các ngành công nghiệp chế tạo và dịch vụ. Các hàng hóa và dịch vụ của các ngành công nghiệp này đã phát triển các thị trường chưa từng tồn tại trước đó, giúp các nước hội nhập và cạnh tranh trong thị trường toàn cầu.

Trong xu thế đó, Việt Nam đang tích cực tái cơ cấu nền kinh tế theo hướng tăng cường khoa học và công nghệ, thúc đẩy khởi nghiệp và đổi mới sáng tạo, đào tạo nhân lực chuyên môn cao, hiện đại hóa nền nông nghiệp để hướng tới một nền kinh tế ứng dụng tri thức cao hơn với các doanh nghiệp có khả năng hội nhập và cạnh tranh trên thị trường quốc tế.

Cuốn sách "Khoa học và công nghệ thế giới - Những xu hướng mới" tập trung vào khoa học, công nghệ và đổi mới sáng tạo trên thế giới hướng tới cuộc Cách mạng công nghiệp lần thứ 4, nâng cao năng lực cạnh tranh của các quốc gia trong khoa học công nghệ và đổi mới sáng tạo.

Thông qua cuốn sách này, Cục Thông tin khoa học và công nghệ Quốc gia mong muốn cung cấp tới những nhà quản lý, hoạch định chính sách, những nhà nghiên cứu những thông tin cập nhật về xu hướng cũng như vai trò của khoa học và công nghệ trong phát triển kinh tế thế giới, từ đó hoàn thiện các chính sách phát triển khoa học và công nghệ của Việt Nam trong sự nghiệp công nghiệp hóa, hiện đại hóa đất nước.

CỤC THÔNG TIN KHOA HỌC
VÀ CÔNG NGHỆ QUỐC GIA

MỤC LỤC

LỜI NÓI ĐẦU 3

CÁC CHỮ VIẾT TẮT 7

I. NHỮNG XU HƯỚNG LỚN ẢNH HƯỞNG ĐẾN KHOA HỌC, CÔNG NGHỆ VÀ ĐỔI MỚI SÁNG TẠO 9

1.1. Dân số 10

1.2. Tài nguyên thiên nhiên và năng lượng 13

1.3. Biến đổi khí hậu và môi trường 17

1.4. Toàn cầu hóa 21

1.5. Vai trò của chính phủ 26

1.6. Kinh tế, việc làm và năng suất 31

1.7. Xã hội 36

1.8. Y tế, bất bình đẳng và phúc lợi 39

II. CÁC XU HƯỚNG CÔNG NGHỆ TƯƠNG LAI 44

2.1. Internet vạn vật 45

2.2. Phân tích dữ liệu lớn 50

2.3. Trí tuệ nhân tạo 54

2.4. Công nghệ thần kinh 58

2.5. Vệ tinh nano/micro 64

2.6. Vật liệu nano 68

2.7. Chế tạo đắp dần (công nghệ in 3D) 71

2.8. Công nghệ tích trữ năng lượng tiên tiến 76

2.9. Sinh học tổng hợp 80

2.10. Công nghệ Blockchain 84

III. XU HƯỚNG CHÍNH SÁCH KHOA HỌC VÀ ĐỔI MỚI QUỐC GIA 90
3.1. Động cơ tăng trưởng và đổi mới suy yếu 90
3.2. Thoát khỏi bẫy tăng trưởng chậm và đẩy mạnh tăng trưởng kinh tế 93
3.3. Tái định hướng nghiên cứu công 106
3.4. Mở rộng kỹ năng và văn hóa đổi mới 110
3.5. Cải thiện quản trị chính sách 111

IV. TƯƠNG LAI CỦA CÁC HỆ THỐNG KHOA HỌC 115
4.1. Nguồn lực nghiên cứu công 115
4.2. Nhà tài trợ nghiên cứu công 116
4.3. Lý do thực hiện nghiên cứu công 118
4.4. Đối tượng thực hiện nghiên cứu công 122
4.5. Phương thức thực hiện nghiên cứu công 124
4.6. Nghề nghiên cứu công 132
4.7. Kết quả và tác động của nghiên cứu công 136
4.8. Chính sách và quản trị nghiên cứu công 138

V. KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ Ở MỘT SỐ QUỐC GIA 143
5.1. Các nước phát triển 143
5.2. Các nước BRIC 157
5.3. Một số nước ASEAN 166

TÀI LIỆU THAM KHẢO 186

CÁC CHỮ VIẾT TẮT

AI	Artificial intelligence Trí tuệ nhân tạo
AM	Additive manufacturing Chế tạo đắp dần
BERD	Business enterprise expenditure on research and development Chi nghiên cứu và phát triển trong doanh nghiệp
DIY	Do-it-yourself Tự làm
FDI	Foreign direct investment Đầu tư trự tiếp nước ngoài
GDP	Gross domestic product Tổng sản phẩm trong nước
GERD	Gross domestic expenditure on research and development Tổng chi quốc gia cho nghiên cứu và phát triển
GBAORD	Government budget appropriations or outlays for research and development Ngân sách chính phủ dành cho nghiên cứu và phát triển
GVC	Global value chains Chuỗi giá trị toàn cầu
HERD	Higher Education Research and Development Chi nghiên cứu và phát triển trong trường đại học
ICT	Information and communication technology
(CNTT)	Công nghệ thông tin và truyền thông
IP	Intellectual property Sở hữu trí tuệ

MNE	Multinational enterprises
	Công ty đa quốc gia
NC&PT	Research and development
	Nghiên cứu và phát triển
OECD	Organization for economic co-operation and development
	Tổ chức Hợp tác và Phát triển kinh tế
RRI	Responsible research and innovation
	Nghiên cứu và đổi mới sáng tạo có trách nhiệm
STI	Science, technology and innovation
(KHCN&ĐM)	Khoa học, công nghệ và đổi mới sáng tạo

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 hóa; vai trò của chính phủ; kinh tế, việc làm và năng suất; xã hội; sức khỏe, bất bình đẳng và phúc lợi (Hình 1.1).

Hình 1.1. *Tám xu hướng lớn ảnh hưởng đến KHCN&ĐM*
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 XXI, 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, châu Phi và 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, đổi mới sáng tạo (KHCN&ĐM) 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 KHCN&ĐM - 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, 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 KHCN&ĐM. 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 KHCN&ĐM 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.

Những 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 sử dụng triệt để ở các thị trường lao động

của các nước tiếp nhận 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. Việc 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 các 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 hóa thực phẩm nhưng có thể thách thức an ninh lương thực trong trung hạn.

Sự phát triển KHCN&ĐM 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 nước 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 tồn tại 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 nhờ sử dụng phân bón hiệu quả 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 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 hecta đất sản xuất lương thực thành các vùng khô cằn mỗi năm. Trong thực tiễn sản xuất, nếu không có 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 BRICS 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 việc 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 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 đang phát triển, 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, chính sách và chuyển dịch cơ cấu theo hướng các ngành dịch vụ và công nghiệp nhẹ. Tuy nhiên, khu vực 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 có sự thay đổi, chủ yếu do gia tăng sử dụng năng lượng tái tạo. 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 gia tăng lớn nhất trong sử dụng năng lượng tái tạo 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% khối 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, 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^{o}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^{o}C là những khu vực nóng lên nhiều nhất trên thế giới. Ba mươi năm gần đây là khoảng thời gian nóng nhất trong vòng 1.400 năm qua ở bán cầu Bắc. Khí hậu 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_2 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 XX. Nồng độ khí CO_2, khí mêtan và oxit nitơ trong khí quyển đạt mức cao chưa từng thấy trong ít nhất 800.000 năm qua. Khí thải CO_2 chiếm khoảng 75% phát thải khí nhà kính toàn cầu, hầu hết từ sản xuất năng lượng. Lượng phát thải CO_2 do con người gây ra trong 40 năm gần đây chiếm tới 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_2 toàn cầu, trong khi nông nghiệp là nơi phát thải khí nhà kính mêtan 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^{o}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^{o}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 thu hồi cacbon, có thể giúp đạt được các mục tiêu về khí hậu. Một số giải pháp sẽ được áp dụng đại trà, 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 quang điện mặt trời đã sẵn sàng để được tích hợp vào lưới điện. 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_2 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 khỏe***

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 lớn 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, nguồn cung cấp nước, cũng như an ninh lương thực, thu nhập từ nông nghiệp và sẽ dẫn đến những thay đổi về diện tích canh tác cây lương thực, 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 kinh tế 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 là 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 người) 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 ấm - nơi cư trú phù hợp của loài muỗi gây bệnh sốt rét) sẽ ở châu Á (3,2 tỷ người) và châu Phi (1,6 tỷ người).

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 công tác 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 bổ 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 bị 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 diễn ra. Khoảng 20% loài động vật có vú và chim, gần 40% loài bò sát, 1/3 loài động vật lưỡng cư và 1/4 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 nền 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. Tiền 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 "nền 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, giữa sản phẩm và người sử dụng nó sẽ 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, cho phép chuyển đổi từ nguyên liệu phi tái tạo sang sản xuất, sử dụng các vật liệu có khả năng tái tạo cao trong các sản phẩm hoàn chỉnh.

1.4. Toàn cầu hóa

Toàn cầu hóa - dưới dạng các dòng vốn, hàng hóa 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, truyền thông (ICT) và vận tải, đã tạo điều kiện, thậm chí đẩy nhanh quá trình toàn cầu hóa. Xu hướng toàn cầu hóa 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 hóa, 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.

Đồng thời, 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 chuỗi và cuối chuỗi 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***

Nghiên cứu phát triển và các hoạt động đổi mới sáng tạo ngày càng 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 ở nước ngoài đóng một vai trò quan trọng trong NC&PT quốc nội của nhiều nước. 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 - 2003 và 2010 - 2013.

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 hóa 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 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 hóa 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. Băng thông rộng 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 hóa 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 hóa 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 quốc 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 hóa 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 vị chính trị, 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 KHCN&ĐM 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 KHCN&ĐM, 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 KHCN&ĐM 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, phát triển và đổi mới sáng tạo do sự nổi lên của KHCN&ĐM 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 của 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 đã tăng lên hơn 4 triệu vào năm 2010 và đang ngày càng gia tăng trong những năm gần đây. 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 Australia). 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 hóa 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 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)... Tuy nhiên, sau cuộc khủng hoảng kinh tế gần đây, nhiều nước OECD đã thể hiện mối quan tâm mới đối với 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 này, 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 thế 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 thế 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 KHCN&ĐM 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, 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 gia 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 từ khi diễn ra khủng hoảng tài chính toàn cầu và nhiều nước gần đây đã thông qua các biện pháp thắt chặt để giảm bớt hoặc thậm chí đảo ngược tỷ lệ nợ công/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 thỏa 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 hằng 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, chính phủ vẫn là những nhà đầu tư lớn nhất cho NC&PT công, tuy khả năng tài trợ cho các hoạt động KHCN&ĐM/STI ở mức hiện tại có thể bị ảnh hưởng. 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 KHCN&ĐM, 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 đối của Bắc Mỹ

và châu Âu; 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 1/4 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 cuộc xung đột giữa các quốc gia 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)[1] dự đoán xu hướng giảm này sẽ tiếp tục, với tỷ lệ các nước tham gia vào các cuộc nội chiến 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 quốc gia 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. Ở bất kỳ một sự gia tăng căng thẳng quốc tế nào đều có thể nhận thấy tỷ trọng này tăng lên.

- ***Tầm quan trọng gia tăng của các thể chế phi nhà nước***

Các thể chế 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

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

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... Trong lĩnh vực KHCN&ĐM, 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 KHCN&ĐM, 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 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 - 2020 xuống còn 2,4% trong giai đoạn 2050 - 2060. Do dân số già hóa, 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 XX (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 CNTT), 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 khiến 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 giảm 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, bởi 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 mới. Hầu hết đầu tư của 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 bố 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 lớn 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 hình mẫu 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 kèm theo và bị chi phối một phần bởi đầu tư vào KHCN&ĐM. Ví dụ, chi tiêu NC&PT ở Trung Quốc đã vươn lên thứ hai thế giới, chỉ sau Hoa Kỳ.

- ***Công nghệ số sẽ tiếp tục gây đột phá 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, chế tạo và cung ứng với hiệu quả cao. Các công nghệ chế tạo đắp dần (in 3D) 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 làm" (do-it-yourself - DIY). Cơ hội sẽ nhiều hơn cho những 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 kỹ thuật số giúp hạ thấp rào cản bước vào thị trường đối với các nhà cung cấp nhỏ. 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 rẽ 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 chân tay 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, đặc biệt là để 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 hình dung 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 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 lớn gồm nhiều thế hệ 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 hóa 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 nhiều 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 đơn khẩu (chiếm đến 30 - 40% tổng số hộ gia đình vào năm 2025 - 2030 ở nhiều nước), số hộ gia đình cha mẹ đơn thân (chiếm 30 - 40% số các hộ gia đình có con vào năm 2025 - 2030 ở một số nước) và các cặp vợ chồng không có con. Sự gia tăng số lượng 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 khẩu 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 và robotics.

- ***Thu hẹp khoảng cách giới***

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 sinh

viên 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 trẻ em gái nhập học ở tất cả các cấp đã tăng đáng kể trong hai thập kỷ qua. Quan điểm 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 ngày càng trở nên rộng hơn (ví dụ như cơ sở hạ tầng đô thị tiên tiến) vì chúng được 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 phố 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 hóa 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 khỏe 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. Năng lực này có thể đạt được 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. 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 lớn 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, với 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 chừng 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 việc làm 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 này 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 phòng chống bệnh truyền nhiễm trong tương lai có thể trở nên khó thực hiện hơn. Đô thị hóa 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 hằng 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 hằng năm do bệnh truyền nhiễm được dự đoán sẽ giảm nhưng tổng số ca tử vong hằng 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 hóa 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. Hiện tại, 58% tổng số những người mắc bệnh mất trí nhớ 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 không lây nhiễm 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 in 3D 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 được nhận dạng phổ biến nhất và được chia thành 4 nhóm: *công nghệ sinh học* (bao gồm: tin sinh học; y học cá nhân hóa; tế bào gốc; công nghệ giám sát sức khỏe; 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 graphen), *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 thuỷ triều và năng lượng đại dương). Dưới đây là các đặc điểm chính, động lực phát triển và triển vọng của 10 trong số 40 công nghệ nêu trên.

2.1. Internet 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.

- ***Khái niệm***

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 khỏe, 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 với nhau, các công nghệ này có thể tạo khả năng cho các hệ thống thông minh và máy móc tự hành.

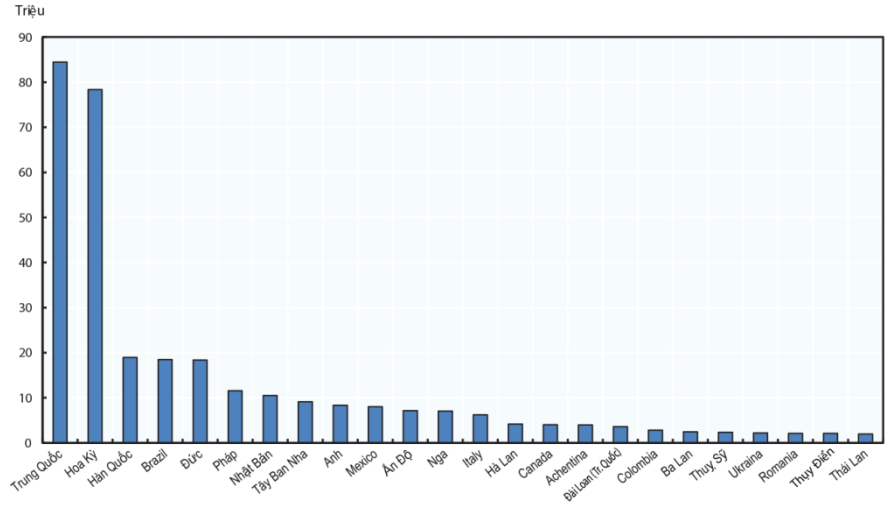
- ***Internet vạn vật đang phát triển nhanh chóng***

Số lượng thiết bị kết nối ở 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 đã 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 đến 6,2 nghìn tỷ USD mỗi năm vào năm 2025. 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 là đối với các ngành y tế, chế tạo, các lĩnh vực công nghiệp nối mạng và chính quyền địa phương.



Hình 2.1. *24 nước đứng đầu sử dụng thiết bị kết nối 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 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 cung cấp sản phẩm, quản lý hàng tồn kho và bảo dưỡng máy móc, sẽ thay đổi một cách căn bản. Phế 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, IoT có thể dẫn đến quy trình sản xuất hoàn toàn tự động, từ việc tuỳ 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 trong 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 phí giao thông 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 thùng rác 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 giao thông 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 giao thông 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 CNTT 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 hóa 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 trích xuất 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 hóa 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 ưng 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 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 và trí óc con người. 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 hiện thực hóa 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 mực 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 khối 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 theo nhu cầu của riêng họ. Sự phong phú của các ứng dụng thị trường tiềm năng được phản ánh qua số lượng 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 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 lớn 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 lượng 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. Yêu cầu chăm sóc bệnh nhân tại buồng bệnh có thể được giảm xuống, 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 có thể mang lại số lượng lớn dữ liệu liên quan đến sức khỏe của cả người bệnh lẫn người khỏe, đóng vai trò là đầu vào nghiên cứu giá trị và dẫn đến tiến bộ cho y học. Dữ liệu phổ biến 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 hóa, hoặc để hỗ trợ nghiên cứu liên ngành, ví dụ như kết hợp các tác dụng của chữa bệnh và chăm sóc.

- ***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, 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 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 các nhiệm vụ nhận thức đa dạng 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 để 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 mang lại 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 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 hóa 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 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,... 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 bổn phận 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 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 hóa 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 nơron 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 quang di truyền (Optogenetics): 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 nơron 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 nơron 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 quan 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 nơron 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 nơron bằng các thiết bị bên ngoài - tư 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 ôtô, 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 một 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 mức nano với các chiều từ 1 nm đến 100 nm. Hàng triệu nanorobots có thể được bơm 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 vượt qua các hàng rào máu - não. Khả năng điều khiển nanorobots bằng công nghệ thông tin 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***

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 hóa 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 tiến bộ đáng kể trong khoa học thần kinh và 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 nơron và các phần tử của tư duy là gì?

Các ngành công nghiệp tiêu dùng và công nghiệp quốc phòng được dự báo sẽ tăng đầu tư vào khoa học não bộ 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 được cấp vượt xa lĩnh vực y tế, chẳng hạn như ở những công ty hoạt động trong lĩnh vực trò chơi điện tử, quảng cáo, ôtô 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, 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.

Bảng 2.1. Các sáng kiến khoa học và công nghệ quy mô lớn 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 neurorobotic (công nghệ robot mô phỏng não bộ); công nghệ siêu tính toán để 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 Israel (Israel)	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

Sáng kiến (nước/khu vực)	Mục tiêu	Tác động tiềm năng tương lai
		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.
Dự án não xanh (Blue Brain Project - 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 neurorobotics 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 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

- ***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 hình 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, 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 nơron 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 khoa học và công nghệ 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 nơron 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 lu mờ 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, 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. CubeSat 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 CubeSat 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, thì 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 được chế tạo với giá từ 200.000 đến 300.000 EUR. Giá thành các vệ tinh nhỏ đang trở nên ngày càng giảm, 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 EUR. Chúng cũng có thể được triển khai từ Trạm vũ trụ Quốc tế, sau khi được đưa 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, tăng 72% so với năm trước. Theo dự báo từ năm 2014 đến năm 2020, sẽ 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***

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 liên lạc 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 - dẫn đường, liên lạc 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 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: CubeSat 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 nhỏ, các 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 chế tạo 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 CubeSat, 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% tổng số vệ tinh trọng lượng từ 11 - 50 kg, Polar Satellite Launch Vehicle của Ấn Độ là giàn phóng đứng 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 thiết 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 tiểu 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 đến giai đoạn kết thúc sử dụng. Tuy nhiên, do cách chế tạo, các vệ tinh rất nhỏ không có đủ nhiên liệu trên thân để thực hiện sự chuyển động ra khỏi quỹ đạo.

- ***Tác động đến chính sách KHCN&ĐM***

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 tính chất quang, điện và từ tính độc đáo, có thể được 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 từ 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} m) hoặc có cấu trúc trong hay cấu trúc bề mặt thuộc kích cỡ nano, trong khoảng từ 1 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 graphen 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 dioxit 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 EUR 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 giá trị tuyệt đối, các ứng dụng hàng hóa như cacbon đen và silic vô định hình đã đạt đến độ chín và chiếm khối lượng lớn trên thị trường vật liệu nano. Các lĩnh vực đã ứng dụng bao gồm y học, hình 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 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 kỳ vọng sẽ tăng cường điều trị y tế, ví dụ: xenluloza 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 vải 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 bêtông 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 hủy 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 quy trình đổi mới. 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 3D khổ lớn 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 của chúng 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 tiếp theo". Nguyên nhân của sự chậm tiến bộ là: thứ nhất, sự hạn chế về chi phí cho 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. Một nguy cơ như vậy cũng nên được cân nhắc 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 (công nghệ in 3D)

Việc bổ sung vật liệu theo cách đắp dần để tạo ra một sản phẩm có hình dạng là một cách tiếp cận chưa từng có trong 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 còn 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 loại trừ (nghĩa là sản phẩm được chế tạo ra bằng cách sử dụng vật liệu và loại bỏ lượng dư thừa không cần thiết, như cắt, gọt…), hay hình thành (nghĩa là tạo hình cho vật liệu bằng cách sử dụng công cụ để định hình, ví dụ như đúc). 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 từng lớp, thường sử dụng phần mềm thiết kế hỗ trợ bằng máy tính. Các công nghệ AM phổ biến nhất gồm có tạo 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 laser.

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 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 dùng các kỹ thuật chế tạo đắp lớp trực tiếp.

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

Bắt đầu được 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 sản phẩm đầu ra được cải thiện, in 3D đã mở rộng phạm vi ứng dụng. Ngày nay, các nguyên mẫu được chế tạo bằng in 3D phục vụ cho việc tra lắp và lắp ráp đang được phổ biến rộng rãi và chúng sẽ sớm có giá thành rẻ hơn và được 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 phạm vi rộng các nguyên vật liệu ứng dụng. 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 gradient cụ thể) đang sử dụng ngày càng nhiều.

Ước tính thị trường AM toàn cầu sẽ tăng trưởng với tốc độ hằng năm khoảng 20% từ 2014 đến 2020. Wohlers Associates (2014) ước

tính doanh thu của các hệ thống và dịch vụ AM sẽ đạt 21 tỷ USD vào năm 2020. Khi các quy trình in 3D tiếp tục hoàn thiện 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 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 ôtô, quốc phòng và hàng không. Nhiều linh kiện đã được sản xuất cho các ứng dụng vũ trụ với số lượng và độ phức tạp sẽ tiếp tục gia tăng. Nghiên cứu sâu hơn về các hợp kim có thể có những tác động lâu dài đối với thăm dò vũ trụ, 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 tích hợp hiệu quả hơn các quá trình thiết kế, chế tạo và phân phối sản phẩm. Do in 3D sẽ thúc đẩy chuyển tải kỹ thuật số, lưu trữ, sáng tạo và sao chép sản phẩm, nó có tiềm năng làm thay đổi các mẫu hình làm việc và dẫn đến một cuộc cách mạng trong sản xuất. Các công ty sẽ bán các mẫu 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 và các chuỗi cung ứng làm giảm sản xuất chất thải. Việc chế tạo sản phẩm trực tiếp sử dụng công nghệ in 3D 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 mang tính loại bỏ truyền thống. 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 hủy 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 bụi mịn của máy in 3D sử dụng ABS và PLA là rất cao và có thể gây nguy hiểm cho sức khỏe. Thông tin về những tác động đến sức khỏe 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 ít. Tương tự như vậy, nghiên cứu về năng lượng nhúng trong các vật liệu, dấu vết 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 hiện 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 kỹ thuật 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 hóa 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 hóa 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. Việc áp thuế đối với thiết bị hoặc nguyên liệu sẽ ảnh hưởng đến việc sử dụng hợp pháp các máy in 3D. Các nghiên cứu hiện đang được tiến hành để ngăn chặn hành vi vi phạm bản quyền.

Một trở ngại khác cần khắc phục là giá thành 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 1.000 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. Việc dự đoán chính xác tốc độ triển khai công nghệ này vẫn còn khó khăn, nhưng cuối cùng chắc chắn 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. Lĩnh vực công nghệ này cần có những đột phá 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 khoảng cách 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 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 có sự tiến bộ lớn về công nghệ, 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 lithium - 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 qui 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, dòng oxy hóa khử 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 lithium, 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 thành bộ pin ion lithium dùng cho xe chạy điện (EV) đã giảm 40% trong giai đoạn từ năm 2009 - 2013, đưa 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 ôtô đã bắt đầu bán các hệ thống xe kết nối với nhà ở, 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 ôtô 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 giai đoạn nghiên cứu ban đầu. Pin kim loại - không khí sử dụng lithium hoặc kẽm (pin kẽm - không khí hoặc pin nhiên liệu) làm cực cực dương (anốt) và oxy được lấy từ môi trường để làm cực âm (catốt). Điều này làm cho pin có trọng lượng nhẹ với cực catốt có thể tái tạo dùng được lâu dài. Trong thập kỷ tới, mật độ năng lượng có thể tăng lên đến mức 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 hướng đang được chú ý: phát triển các vật liệu điện cực có điện dung cao hơn và phát triển các lại pin sử dụng hóa học điện áp cao hơn. Đến năm 2020 các sản phẩm này 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 đôla mỗi năm trên toàn thế giới. Phát điện quá mức tiếp tục là một vấn đề quan tâm lớn. Các hệ thống tích trữ năng lượng quy mô lớn tạo ra khả năng làm cân bằng những biến động điện năng và phân phối 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 mômen 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. Năng lượng được khai thác từ các nguồn tái tạo sẽ tăng lên nhiều nếu chúng ta có thể kiểm soát sản lượng năng lượng thông qua các giải pháp lưu trữ. Đồng thời, do khai thác năng lượng tái tạo đang ngày càng tăng, nên 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 đảm bảo, đáng tin cậy cho các vùng xa xôi mà trước đây không thể tiếp cận.

- ***Đẩy mạnh NC&PT để nâng cao hiệu quả tích trữ năng lượng***

Việc nâng cao hiệu quả tích trữ năng lượng cần có những đột phá công nghệ trong các hệ thống tích lũy nhiệt 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 trên diện 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 lithium.

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 ứng dụng trên phạm vi rộng 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, thao tác trực tiếp trên ADN ở 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 thử - và - sai để tạo ra các thiết kế sinh học mới, thì 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 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***

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

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 vắcxin), nông nghiệp (cây trồng theo thiết kế) và ngành hóa chất. Ngành này có các ứng dụng trên một phạm vi rộng 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 kỹ thuật gen cho 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 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.

- ***Hai phát triển nổi bật 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 chiếc "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 (cá nhân tự thao tác sinh học) hoặc "biohacking" là công việc của một cộng đồng 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 hóa" 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 chắp 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.

- ***An toàn 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.

- ***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 nhiều rào cản lớn 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 làm 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 xáo 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 chuyển tải giá trị an toàn. Blockchain có thể phá vỡ các thị trường và các tổ chức công 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 đổ vỡ nhiều lĩnh vực***

Công nghệ blockchain ban đầu được thiết kế như một công nghệ nền tảng cho bitcoin, 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 bitcoin là tự động, có giới hạn, 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 ra ngoài 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 ra ngoài 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 như 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 hóa 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

hoạt động kinh 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 sỹ và các nhà làm phim thu được tiền bản quyền cho việc phân phối nội dung số.

- ***Một số bất ổn định về công nghệ còn tồn tại***

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 bitcoin. 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 tự hoạt động hoàn toàn (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 hóa 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.

III. XU HƯỚNG CHÍNH SÁCH KHOA HỌC VÀ ĐỔI MỚI QUỐC GIA

3.1. Động cơ tăng trưởng và đổi mới suy yếu

- ***Hiệu suất tăng trưởng gần đây không như mong đợi***

Khoảng tám năm sau cuộc khủng hoảng tài chính, tăng trưởng kinh tế của phần lớn các nước trên thế giới vẫn còn khiêm tốn. Tăng trưởng GDP toàn cầu năm 2016 (+3%) đã ổn định gần bằng mức của năm 2015. Đây là tỷ lệ thấp nhất trong vòng 5 năm qua. Tốc độ tăng trưởng GDP không đạt mức trung bình trong thời gian dài và thấp hơn nhiều so với mức kỳ vọng cho giai đoạn phục hồi. Do đó, các dự báo tăng trưởng GDP gần đây đã được điều chỉnh theo hướng giảm xuống.

Lo ngại về rủi ro gia tăng trên toàn cầu đã dẫn đến sự sụt giảm mạnh dòng vốn và thương mại toàn cầu. Thương mại toàn cầu phục hồi sau cuộc suy thoái kéo dài không lâu. Từ năm 2011, tốc độ tăng trưởng xuất khẩu các sản phẩm và dịch vụ chậm lại đáng kể. Tăng trưởng trên phạm vi toàn cầu suy yếu và sự sụt giảm nhu cầu trong nước đã gây sức ép đến nền sản xuất của Trung Quốc, làm giảm xuất khẩu và tác động đến các thị trường mới nổi thông qua thương mại hàng hóa. Sự thu hẹp kim ngạch nhập khẩu của Trung Quốc và các nền kinh tế lớn mới nổi khác cũng làm giảm nhu cầu xuất khẩu của các nền kinh tế tiên tiến.

Các yếu tố trên đã góp phần vào sự phục hồi mờ nhạt của các nền kinh tế tiên tiến. Tại Hoa Kỳ, nền kinh tế phục hồi được là nhờ khu vực tư nhân tạo đà, nhưng động lực từ nhu cầu trong nước và lợi ích của việc làm sẽ dần mờ nhạt khi thị trường lao động đạt mức tạo đủ việc làm. Tại Nhật Bản, tăng trưởng kinh tế và triển vọng chung vẫn còn yếu do hoạt động kém của các đối tác thương mại quan trọng, tiêu dùng cá nhân thấp và sự thắt chặt của các chính sách nhằm ổn định tỷ lệ nợ trên GDP.

Trong khu vực đồng euro, tăng trưởng GDP dự kiến sẽ chậm với mức đầu tư thấp và tỷ lệ thất nghiệp cao. Khu vực này vẫn trên đà

tăng trưởng thấp và đang nỗ lực tạo lòng tin để thu hút đầu tư nhằm thúc đẩy đổi mới, tăng năng suất và việc làm. EU cũng đang phải đối mặt với những thách thức chính trị to lớn (bao gồm cuộc khủng hoảng người tị nạn, các mối đe dọa an ninh bên ngoài, các biện pháp thắt chặt không được lòng dân, phong trào chống châu Âu và những tác động do quyết định rời khỏi EU mới đây của Vương quốc Anh). Những thách thức này tác động xấu đến sự gắn kết và có thể làm giảm đầu tư. Sự phục hồi chậm của châu Âu là một yếu tố chủ yếu tác động đến sự phục hồi trên phạm vi toàn cầu và khiến cho khu vực này dễ bị tổn thương trước những cú sốc toàn cầu.

Theo mô hình của những năm gần đây, tăng trưởng đã chậm lại trong các nền kinh tế mới nổi đang bắt kịp. Ở Trung Quốc, sự chuyển dịch cơ cấu theo hướng dịch vụ cùng với việc dư thừa công suất trong công nghiệp, sẽ tiếp tục ảnh hưởng đến triển vọng tăng trưởng của quốc gia. Suy thoái kinh tế ở Brasil có thể sẽ trầm trọng hơn do bất ổn chính trị và lạm phát tăng cao. Tình trạng suy thoái ở Nga đã chạm đáy, nhưng sự phục hồi vẫn gắn với giá dầu biến động. Triển vọng tăng trưởng ở Ấn Độ sáng sủa hơn dù sự cố lũ lụt gần đây đe dọa tiến trình này. Sự suy giảm triển vọng tăng trưởng đã làm giảm giá cổ phần và dẫn đến biến động lớn của thị trường, khiến cho một số thị trường mới nổi dễ bị tác động trước những biến động của tỷ giá hối đoái và nợ trong nước cao.

- ***Đầu tư tài sản vô hình dường như chậm lại***

Dù điều kiện cấp kinh phí khó khăn và triển vọng thị trường bất lợi, nhưng các chủ thể kinh doanh vẫn chú trọng đầu tư cho các sản phẩm trí tuệ (SHTT) như phần mềm máy tính, cơ sở dữ liệu và NC&PT nhiều hơn các loại đầu tư hữu hình khác như trong lĩnh vực công nghệ thông tin (CNTT). Đầu tư cho tài sản vô hình giúp vượt qua khủng hoảng nhanh và phục hồi kinh tế sớm hơn. Vì thế, chi tiêu NC&PT của các nước OECD năm 2012 đã tăng cao hơn mức trước năm 2007.

Nhiều dấu hiệu cho thấy đầu tư cho vốn tri thức không tăng ở nhiều nước, đặc biệt là từ năm 2012. Dữ liệu tài chính quốc gia gần đây đã đề cập đến NC&PT trong tổng chi phí đầu tư, cho thấy tại

Australia, Israel, Nhật Bản và nhiều nước châu Âu, đầu tư vốn tri thức đã chậm lại dù các quốc gia này đã có danh mục tài sản trí tuệ tăng mạnh trong những năm gần đây. Tương tự, các tính toán gần đây của OECD dựa vào dữ liệu từ mạng lưới INTAN-Invest cho thấy xu hướng giảm liên tục chi cho hoạt động tổ chức và đào tạo của doanh nghiệp trong EU và ở Hoa Kỳ kể từ năm 2007.

Tuy nhiên, bức tranh đầu tư vốn tri thức có sự khác biệt lớn giữa các nền kinh tế. Một số quốc gia như Estonia, Hàn Quốc, Vương quốc Anh và Hoa Kỳ, tiếp tục tăng đầu tư cho danh mục vốn tri thức. Vì thế, sự chênh lệch giữa các nước về năng lực đổi mới ngày càng gia tăng. Các Tổng quan KHCN&ĐM trước đây nhấn mạnh tình trạng phục hồi kinh tế không đều, sẽ nới rộng khoảng cách giữa các quốc gia tăng trưởng chững lại hoặc tăng trưởng thấp (và có thể khó duy trì chi NC&PT) với các quốc gia có mức tăng trưởng cao hơn (đây là điều kiện thuận lợi để mở rộng hoạt động NC&PT của quốc gia). Dữ liệu tài chính quốc gia tương tự cho thấy trong cuộc khủng hoảng, tài sản vô hình được đầu tư lớn và trong những năm gần đây, xu hướng này vẫn tiếp diễn ở Hàn Quốc, Israel và Úc. Kể từ năm 2010, hoạt động đầu tư cho tài sản vô hình đã được khôi phục rõ nét ở Hoa Kỳ, nhưng chỉ tăng chậm ở Nhật Bản và trong khu vực đồng euro. Hồ sơ đầu tư của các nước có sự khác biệt đáng chú ý ngay cả trong khu vực châu Âu, báo hiệu về mối đe dọa ngày càng lớn đối với sự gắn kết kinh tế của đại lục này trong tương lai.

Các kết quả đổi mới bắt nguồn từ quá trình tích lũy, cụ thể là tích lũy tri thức, vốn và công nghệ. Nếu các điều kiện kinh tế vẫn suy yếu, do tăng trưởng toàn cầu chững lại, thì các nước bị mắc kẹt trên con đường tăng trưởng thấp phải đấu tranh để duy trì đầu tư và năng lực đổi mới. Về trung hạn, khoảng cách giữa các nước đi đầu về đổi mới và nhiều quốc gia khác có thể sẽ nới rộng hơn.

- ***Tăng trưởng năng suất thấp và ngân sách công đang chịu áp lực***

Động lực của doanh nghiệp suy giảm kết hợp với việc giảm tốc độ tích lũy vốn tri thức, đã làm cho tăng trưởng năng suất chậm lại.

Tình trạng này đã diễn ra ở nhiều nước OECD trước cuộc khủng hoảng tài chính, một phần là do sự chuyển dịch cơ cấu theo hướng dịch vụ và giảm đầu tư kể từ những năm 2000. Về trung hạn và dài hạn, năng suất là yếu tố thúc đẩy tăng trưởng kinh tế và sự sụt giảm năng suất là yếu tố chủ yếu làm cho hiệu suất tăng trưởng mờ nhạt trong thập kỷ qua.

Các điều kiện kinh tế suy yếu cũng đã làm giảm khối lượng tiền thu thuế và ngân sách công cho KHCN&ĐM. Hỗ trợ của chính phủ cho NC&PT quốc gia tăng thêm, phần nào đã bù đắp cho sự giảm sút hoạt động NC&PT của doanh nghiệp trong và sau khủng hoảng. Nhưng, theo quan điểm về triển vọng và phát triển ngân sách NC&PT công, thì sự phục hồi của hoạt động NC&PT không thể được thúc đẩy bởi đầu tư công. Thật vậy, phân bổ ngân sách chính phủ cho NC&PT (GBAORD) của OECD trong giai đoạn 2014 - 2016 đã giảm hoặc chững lại ở hầu hết các nước OECD cũng như các nền kinh tế lớn mới nổi theo xu hướng hậu khủng hoảng.

Sự cân bằng của tăng trưởng thấp với đặc trưng là nhu cầu thấp, đầu tư thấp, lạm phát thấp, tăng trưởng tiền lương và năng suất với tỷ lệ thấp đang cản trở khả năng cải thiện mức sống, tái phân bổ thu nhập và củng cố ngân sách công. Để giải quyết vấn đề này, cần khôi phục đầu tư và tăng trưởng tiền lương của khu vực tư nhân, trong đó có vai trò quan trọng của đổi mới trong việc thúc đẩy mạnh mẽ động lực kinh doanh và tăng trưởng năng suất của doanh nghiệp.

3.2. Thoát khỏi bẫy tăng trưởng chậm và đẩy mạnh tăng trưởng kinh tế

- ***Khôi phục năng lực cạnh tranh***

Các chiến lược đổi mới quốc gia được lồng ghép ngày càng nhiều vào chương trình năng lực cạnh tranh quốc gia. Nội dung cốt lõi của các kế hoạch KHCN&ĐM quốc gia là tăng năng lực chuyển đổi của các doanh nghiệp nội địa. Dưới đây là những sáng kiến quan trọng đã được một số quốc gia đổi mới trên quy mô lớn và ở cấp EU áp dụng:

- Năm 2014, Australia đã thông qua Chương trình Đầu tư công nghiệp và Năng lực cạnh tranh quốc gia (IICA) và thành lập đội đặc nhiệm cấp bộ để đẩy mạnh tăng năng suất thông qua đổi mới và NC&PT. Trong khuôn khổ của chương trình này, Chính phủ đã áp dụng chính sách công nghiệp và thực hiện chuyển đổi nghiên cứu được tài trợ công thành các kết quả thương mại để tăng tính năng động của nền kinh tế. Đến năm 2015, trên cơ sở của IICA, Chương trình Đổi mới và Khoa học quốc gia (NISA) được xây dựng nhằm thúc đẩy hoạt động KHCN&ĐM của Australia trong bốn lĩnh vực quan trọng bao gồm vốn và văn hóa, hợp tác, nhân tài và kỹ năng, quản lý.

- Năm 2014, Đức đã sửa đổi Chiến lược Công nghệ cao nhằm kết hợp hài hòa quan điểm thị trường trong các lĩnh vực công nghệ cụ thể với nhu cầu giải quyết thách thức xã hội. Nội dung sửa đổi này tập trung vào đổi mới DNNVV.

- Ở Nhật Bản, Kế hoạch cơ bản về KH&CN lần thứ 5 (2016 - 2020) cung cấp định hướng trung và dài hạn của chính sách KHCN&ĐM quốc gia và giải quyết thách thức chính sách bắt nguồn từ việc tăng năng lực cạnh tranh của ngành chế tạo.

- Năm 2015, Hàn Quốc đã công bố kế hoạch hành động để thực hiện Kế hoạch cơ bản về KH&CN lần thứ 3. Quốc gia này đã dành 21 tỷ USD để đầu tư cho NC&PT quốc gia, cũng như phát triển các công nghệ chiến lược và xây dựng các ngành công nghiệp mới.

- Kế hoạch Năng suất mới của Anh nhằm mục tiêu tạo môi trường và cơ sở hạ tầng cần thiết để thúc đẩy các quá trình đổi mới sáng tạo trong nghiên cứu và các lĩnh vực hoạt động theo mô hình giao dịch trực tiếp giữa các doanh nghiệp. Kế hoạch này đã đưa ra một số giải pháp để cải thiện môi trường kinh doanh và đảm bảo cạnh tranh trên quy mô lớn.

- Năm 2015, Hoa Kỳ đã cập nhật Chiến lược Đổi mới quốc gia để định hướng đầu tư cho các đơn vị tham gia vào quá trình đổi mới và đẩy mạnh phát triển thị trường cạnh tranh và tinh thần khởi nghiệp.

Tiềm năng của nghiên cứu và đổi mới góp phần làm tăng hiệu quả và năng suất kinh tế, cũng đã được các nền kinh tế mới nổi chú trọng.

Trung Quốc đã xây dựng Kế hoạch 5 năm lần thứ 13 (2016 - 2020) với mục tiêu tăng cường năng lực cạnh tranh KH&CN quốc gia và nâng tầm ảnh hưởng đến quốc tế, cũng như tạo đột phá trong những lĩnh vực công nghệ cốt lõi và quan trọng nhằm hỗ trợ tái cơ cấu kinh tế và nâng cấp ngành công nghiệp. Chiến lược KHCN&ĐM quốc gia của Brasil (ENCTI) (2016 - 2019) nhằm thu hẹp khoảng cách công nghệ của quốc gia và tập trung vào một số ngành công nghiệp triển vọng (năng lượng tái tạo, dầu mỏ dưới biển, không gian, công nghệ thông tin…). Năm 2015, Liên bang Nga đã công bố Sáng kiến công nghệ quốc gia, một mô hình dài hạn mới để đạt khả năng dẫn đầu về công nghệ thông qua các thị trường công nghệ mới (ví dụ máy bay không người lái cho các ngành công nghiệp và dịch vụ, các sản phẩm công nghệ thần kinh, các giải pháp dựa vào mạng lưới để phân phối thực phẩm theo yêu cầu). Chương trình KHCN&ĐM đặc biệt của Mêhicô (2014 - 2018), Kế hoạch quốc gia Đa dạng hóa sản xuất của Pêru (PNDP) (từ năm 2014), Kế hoạch KHCN&ĐM 10 năm của Thái Lan hoặc Kế hoạch phát triển 5 năm lần thứ 10 của Thổ Nhĩ Kỳ (2014 - 2018) là những sáng kiến tương tự nhằm tăng năng lực cạnh tranh quốc gia thông qua NC&PT và đổi mới.

- ***Thúc đẩy tiềm năng đổi mới của doanh nghiệp***

Đối với các DNVVN, các điều kiện tài trợ cho đổi mới vẫn chưa rõ ràng. Các nguồn tài trợ cho khởi nghiệp đã sụt giảm mạnh do tác động của cuộc khủng hoảng. Các doanh nghiệp nhỏ vẫn đang nỗ lực để khôi phục biên lợi nhuận, vẫn là một nguồn tài trợ chính. Các nguồn tài trợ bên ngoài như vốn vay ngân hàng, vốn mạo hiểm và đầu tư của các thiên thần kinh doanh dễ tiếp cận hơn nhưng với tốc độ chậm và không đồng đều giữa các nước.

Tuy nhiên, tình huống của các doanh nghiệp lớn lại khác. Thứ nhất, các doanh nghiệp lớn, đặt biệt là các công ty đa quốc gia, ít phụ thuộc vào vốn vay ngân hàng để đầu tư cho đổi mới. Vì thế, họ ít bị ảnh hưởng bởi các chính sách thắt chặt của ngân hàng trong những năm qua. Thứ hai, lợi nhuận của doanh nghiệp phục hồi nhanh sau khủng hoảng và một số doanh nghiệp còn có dự trữ tiền mặt lớn, vẫn chưa sử dụng để đầu tư. Sự bất ổn về nhu cầu và lo ngại rủi ro do

trọng cung góp phần làm cho triển vọng kinh doanh không mấy sáng sủa và đầu tư thấp, cũng như hạn chế tiềm năng hoạt động đổi mới.

Mặc dù hầu hết các hoạt động NC&PT do doanh nghiệp thực hiện, vẫn được cấp kinh phí từ ngành công nghiệp (mức trung bình năm 2013 của các nước OECD là 86,5%), nhưng tài trợ công đã tăng mạnh trong thập kỷ qua. Ở Canada, Chilê, Pháp và Hungary, hơn 1/4 hoạt động NC&PT của doanh nghiệp được cấp kinh phí thông qua cả hỗ trợ tài chính trực tiếp và gián tiếp. Ở Liên bang Nga, tài trợ công tăng đỉnh điểm lên mức 62%. Tỷ lệ chi cho NC&PT của doanh nghiệp (BERD) được tài trợ công, đã tăng ở Bỉ, Ailen, Aixơlen, Pháp và Canada. Kể từ năm 2006, cường độ tài trợ công cũng tăng theo tỷ lệ phần trăm GDP ở hầu hết các nước và đặc biệt rõ nét ở Slovenia, Bỉ, Pháp và Ailen.

Phần lớn ngân sách của chính phủ cho NC&PT đã được phân bổ cho khu vực doanh nghiệp thay vì cho nghiên cứu công, báo hiệu sự thay đổi nội dung chính sách trong các mục tiêu chiến lược (tăng năng lực đổi mới của doanh nghiệp), các công cụ và mục tiêu (doanh nghiệp). Chính sách thay đổi là do các thỏa thuận thuế NC&PT hào phóng. Từ năm 2006 đến năm 2013, tỷ lệ miễn thuế cho NC&PT đã tăng ở hầu hết các nước. Tại các quốc gia này, phần tài trợ của Chính phủ cho NC&PT của doanh nghiệp cũng đã tăng nhanh hơn so với phần dành cho nghiên cứu công.

Tuy nhiên, ở nhiều quốc gia, tài trợ trực tiếp thông qua trợ cấp, vốn cổ phần và mua sắm công vẫn là kênh hỗ trợ công chính cho NC&PT doanh nghiệp. Trợ cấp, vốn cổ phần và các công cụ vay vốn (như tiền vay, bảo lãnh và các cơ chế chia sẻ rủi ro) là những công cụ chính sách được sử dụng phổ biến nhất tại nhiều quốc gia theo khảo sát của OECD năm 2016. Cùng với các ưu đãi thuế và tư vấn công nghệ, các công cụ này ngày càng phù hợp với hỗn hợp chính sách ở nhiều nước. Tuy nhiên, nhiều chính sách vẫn tập trung sử dụng tài trợ cạnh tranh và ưu đãi thuế cho NC&PT. Cả hai công cụ này được xem là phù hợp nhất trong hỗn hợp chính sách ở phần lớn các quốc gia.

Song, sự cân bằng tương đối giữa các công cụ tài trợ KHCN&ĐM của các quốc gia có sự khác biệt lớn dù các chính sách

KHCN&ĐM vẫn có một số xu thế chung. Ví dụ, Bỉ, Canada, Pháp và Hà Lan đã áp dụng phương thức tài trợ gián tiếp thông qua ưu đãi thuế NC&PT để hỗ trợ doanh nghiệp. Nhưng Estonia, Phần Lan, Đức, Mêhicô, Thụy Sĩ và Thụy Điển chỉ hỗ trợ trực tiếp. Trung Quốc là trường hợp ngoại lệ có danh mục tài trợ bằng vốn cổ phần.

Những thay đổi gần đây của phương thức tài trợ trực tiếp phụ thuộc nhiều vào cách tiếp cận thân thiện với thị trường, khuyến khích chọn lọc trên cơ sở cạnh tranh và tổ chức hiệu quả các chương trình hỗ trợ công. Đơn giản hóa chính sách KHCN&ĐM đã trở thành một vấn đề quan trọng đối với nhiều nước OECD và các nền kinh tế không thuộc OECD do tính phức tạp ngày càng tăng của chính sách đổi mới và ngân sách eo hẹp hiện đang gây sức ép lên tài khoản công của quốc gia. Các chương trình nghị sự chính sách được đơn giản hóa góp phần tạo thuận lợi cho khả năng tiếp cận hỗ trợ công và khuyến khích phổ biến rộng rãi các chương trình này. Trong giai đoạn 2014 - 2016, xu hướng đơn giản hóa việc thực thi chính sách vẫn tiếp tục được duy trì và nhiều quốc gia đã củng cố và hợp nhất các chương trình hỗ trợ hiện có. Tuy nhiên, rất ít quốc gia nhận thấy tác động tiêu cực của động thái đó đến toàn bộ hỗ trợ tài chính công được phân bổ. Ngược lại, đối với một số quốc gia, bao gồm Bỉ, Thụy Điển, Thổ Nhĩ Kỳ và các nền kinh tế mới nổi (Brasil, Colombia, Costa Rica và Indonesia), những nội dung sửa đổi theo hướng này trong hỗn hợp chính sách liên quan đến sự gia tăng hỗ trợ công. Phần Lan là nước duy nhất đã cắt giảm các chương trình được áp dụng và tổng số tiền hỗ trợ công.

Do tác động của cuộc khủng hoảng, các quốc gia chú trọng hơn đến vốn vay và vốn cổ phần trong hỗn hợp chính sách về đổi mới và tinh thần khởi nghiệp để bù đắp cho nguồn tài trợ eo hẹp của tư nhân.

Trong thời gian gần đây, các điều kiện tín dụng đã được nới lỏng dần, khi các ngân hàng đạt mức giãn nợ cần thiết và có khả năng cho vay. Tuy nhiên, nhiều nước đang cố gắng để bổ sung tín dụng cấp cho DNNVV và nguồn vốn vay từ ngân hàng dành cho DNNVV vẫn đang thu hẹp ở nhiều nước bao gồm Canada, Hoa Kỳ và một số nước châu Âu. Chính phủ các nước đã sử dụng rộng rãi hình thức bảo lãnh vay vốn và các cơ chế chia sẻ rủi ro để DNNVV dễ tiếp cận với nguồn

vốn. Trong giai đoạn 2014 - 2016, Áo, Latvia, Ba Lan và Vương quốc Anh đã nỗ lực đi theo hướng này.

Cuộc khủng hoảng tài chính đã nới rộng khoảng cách đầu tư, đặc biệt là ở giai đoạn hạt giống và những giai đoạn đầu phát triển kinh doanh khi các doanh nghiệp thiếu tài sản thế chấp để tiếp cận vốn vay ngân hàng. Đầu tư cổ phần giảm mạnh trong giai đoạn khủng hoảng và sau đó phục hồi chậm. Năm 2014, ở Hungary, Hàn Quốc, Liên bang Nga, Nam Phi và Hoa Kỳ, đầu tư bằng vốn mạo hiểm đã trở lại mức trước khủng hoảng. Thị trường cổ phiếu tư nhân ở Hoa Kỳ rất năng động khi mức đầu tư tăng gấp đôi trong giai đoạn 2014 - 2015. Tình hình đầu tư tại khu vực EU mờ nhạt hơn, đặc biệt là ở những giai đoạn đầu phát triển kinh doanh. Trái lại, các hoạt động của thiên thần kinh doanh nhìn chung đã tăng trong gian đoạn 2007 - 2015. Các nhà đầu tư thiên thần đóng vai trò quan trọng trong hệ sinh thái khởi nghiệp và thường cung cấp vòng vốn cổ phần đầu tiên, sau khi vốn của các thành viên sáng lập, bạn bè và gia đình đã cạn kiệt. Các thiên thần đầu tư còn cung cấp các dịch vụ, chìa khóa dẫn đến thành công như cố vấn, tư vấn kinh doanh và truy cập vào các mạng lưới. Trong thập kỷ qua, số lượng các nhóm và mạng lưới đầu tư thiên thần đã tăng đều ở Hoa Kỳ và khu vực EU. Đầu tư thiên thần ở Hoa Kỳ năm 2014 đã đạt khoảng 24,1 tỷ USD. Hoạt động của các nhóm thiên thần đầu tư cũng trở nên phổ biến trong nhiều nền kinh tế mới nổi.

Chính phủ các nước đã củng cố thị trường chứng khoán nội địa, đặc biệt là vốn hạt giống thông qua các quỹ đầu tư mạo hiểm mới hoặc hoàn trả và các loại quỹ của quỹ (Bỉ, Cộng hòa Séc, Pháp và Italia). Ngoài ra còn có sự xuất hiện của các chương trình hỗ trợ mới cho thiên thần kinh doanh và cơ sở mới hợp tác đầu tư (Úc, Pháp, Aixơlen, Ba Lan, Tây Ban Nha và ở cấp EU). Một số quốc gia đã triển khai áp dụng cả hai công cụ để đáp ứng đầy đủ nhu cầu tài trợ cho đổi mới (Hy Lạp, Hà Lan). Bồ Đào Nha đã công bố quỹ hỗ trợ thông qua vốn vay và vốn cổ phần.

Dù chính sách gần đây chủ yếu tập trung vào tiềm năng đổi mới kinh doanh và tinh thần khởi nghiệp để thúc đẩy tăng trưởng kinh tế,

nhưng sự hỗ trợ từ chính phủ dành cho khu vực này không thay đổi lớn về trọng tâm, hình thức và mục tiêu. Về hiện trạng ngân sách, chính phủ nhiều nước đã áp dụng cách tiếp cận chính sách "không chi". Trong đó, họ ưu tiên các công cụ chính sách trước mắt không cần thêm chi tiêu công, đặc biệt là mua sắm công và các ưu đãi thuế cho NC&PT và đổi mới.

Chính phủ các nước đã áp dụng ngày càng phổ biến cách tiếp cận chính sách đổi mới trên phạm vi rộng bằng cách kích thích nhu cầu đổi mới, đặc biệt là trong các lĩnh vực liên quan đến nhu cầu cấp thiết của xã hội mà hành động của chính phủ có thể bổ sung các cơ thị trường với mức chi tiêu tài chính tối thiểu. Nhiều năm trở lại đây, trong khu vực OECD, mua sắm công chiếm trung bình 12% GDP và là trọng tâm của chính sách. Trong thập kỷ qua, chính sách KHCN&ĐM đã có sự chuyển hướng đáng chú ý, không còn chú trọng vào các công cụ trọng cung. Năm 2014, nhiều quốc gia cho biết trong vòng 5 năm tới sẽ chú trọng hơn đến các công cụ trọng cầu, dù phần lớn các quốc gia hy vọng các công cụ trọng cung vẫn chiếm ưu thế. Từ đó, các sáng kiến của chính phủ để thúc đẩy đổi mới kinh doanh thông qua mua sắm công đã tăng gấp nhiều lần, đưa chính sách KHCN&ĐM trở thành một trong những lĩnh vực thiết thực nhất trong giai đoạn này.

Nhiều quốc gia đã điều chỉnh cơ cấu tổ chức quản lý để sử dụng mua sắm công nhằm thúc đẩy đổi mới. Mua sắm công đã trở thành đặc trưng chính của các chương trình đổi mới (Australia, Canada, Croatia, Hàn Quốc, Latvia và New Zealand), các kế hoạch về tinh thần khởi nghiệp (Estonia), các chiến lược chuyên môn hóa thông minh (Hy Lạp, Hungary), các kế hoạch công nghiệp (Thổ Nhĩ Kỳ) và các chính sách đổi mới khu vực công (Israel). Thụy Điển hiện đang nghiên cứu chiến lược mua sắm công và đã thành lập Cục Mua sắm công Quốc gia. Hà Lan đã công bố kế hoạch hành động mới và cam kết thực hiện hoạt động mua sắm công theo hướng hoàn toàn bền vững. Các sáng kiến mua sắm công nhằm mục tiêu tăng cường đối thoại giữa người mua và nhà cung cấp (Ailen), phổ biến các phương pháp thực hành tốt (Pháp, Hà Lan) cũng như thiết kế và đáp ứng hoạt động đấu thầu công có lợi cho đổi mới (Pháp) đã được định hình. Một

số nước cũng đang cung cấp hỗ trợ tài chính theo mục tiêu: Hàn Quốc đã giảm 20% chi phí mua sắm các sản phẩm chất lượng cao. Ngoài ra, các khuôn khổ và thủ tục pháp lý đã được điều chỉnh để đơn giản hóa việc tiếp cận với các thị trường mua sắm (Italia, Latvia, Thổ Nhĩ Kỳ), đặc biệt đối với các DNNVV và doanh nghiệp khởi nghiệp (Nhật Bản và Hàn Quốc). Vì trước đây, nhiều quốc gia đã kỳ vọng các công cụ trọng cầu sẽ chiếm ưu thế hơn trong tương lai (Áo, Chilê, Costa Rica, Đức, Hàn Quốc, Litva, Bồ Đào Nha và Thái Lan), nên xu hướng cải cách mạnh mẽ hơn các phương thức mua sắm công xem ra có vẻ phù hợp.

Dù ít được sử dụng phổ biến hơn các khoản tài trợ và các công cụ tài trợ trực tiếp khác, nhưng ưu đãi thuế NC&PT đã bổ sung cho các khoản trợ cấp trực tiếp khi các quy định quốc tế (như của EU, WTO) giới hạn nguồn viện trợ trực tiếp của nhà nước. Kể từ đầu những năm 2000, việc giảm thuế NC&PT đã được đơn giản hóa (như thông qua bãi bỏ quy định gia tăng) và trở nên hào phóng hơn (như tăng tỷ lệ giảm thuế), vì thế, số lượng người được hưởng lợi tăng lên (như bằng cách tăng hoặc bỏ mức trần chi tiêu phù hợp). Sự thay đổi chính sách đặc biệt đáng chú ý ở một số nước trong đó hỗ trợ gián tiếp thậm chí đã thay thế tài trợ trực tiếp (ví dụ Pháp).

Nếu ngày càng nhiều quốc gia đưa vào áp dụng các chương trình ưu đãi thuế cho đổi mới, thì mối quan hệ tương đối của các chương trình này trong hỗn hợp chính sách tổng thể vẫn sẽ không đều giữa các nước. Ở nhiều nước, giảm thuế chỉ là một phần nhỏ hỗ trợ công dành cho đổi mới doanh nghiệp với tỷ lệ trung bình của OECD khoảng 33%. Đứng đầu bảng xếp hạng là các nước chú trọng ở mức cao công cụ này. Ở dưới bảng xếp hạng là các quốc gia coi công cụ này có tầm quan trọng ở mức trung bình hoặc thấp. Ưu đãi thuế NC&PT có liên hệ mật thiết đến chi phí tương đối khi so với các công cụ tài trợ trực tiếp khác trong toàn bộ gói tài trợ công cho NC&PT. Tuy nhiên, đáng chú ý là nhiều quốc gia nằm giữa bảng xếp hạng có tỷ lệ tài trợ gián tiếp dao động từ 10% đến 50% tổng số tài trợ công.

Trong giai đoạn 2012 - 2014, các chương trình thuế NC&PT tương đối ổn định và nằm trong số những lĩnh vực chính sách KHCN&ĐM ít thay đổi nhất trên toàn cầu. Tuy nhiên, từ năm 2014 - 2016, nhiều thay

đổi đã diễn ra. Các chương trình thuế NC&PT mới (Latvia, Cộng hòa Slovakia) và tín dụng thuế khấu trừ thu nhập (Tây Ban Nha) đã được áp dụng. Như trước đây, những nội dung đặc biệt đã được bổ sung để các chương trình thuế hiện nay trở nên hào phóng, ví dụ thông qua giảm thuế ở mức cao (Áo) và tăng tỷ lệ giảm chi phí (Liên bang Nga và Thái Lan). Các chương trình mới và những nội dung được điều chỉnh nhằm tạo điều kiện cho các DNNVV và doanh nghiệp mới thành lập (Croatia, Latvia và Hà Lan) được hưởng ưu đãi giảm thuế, như giảm gánh nặng về thủ tục hành chính cho người nộp thuế hoặc cho phép các doanh nghiệp làm ăn thua lỗ (thường là ở giai đoạn phát triển ban đầu) được hưởng lợi.

Sử dụng ưu đãi giảm thuế để khuyến khích chuyển giao công nghệ là một xu hướng chính sách quan trọng. Điều này đã dẫn đến hành động ưu tiên hợp tác chi NC&PT hoặc các dịch vụ tri thức được mua từ các trường đại học và viện nghiên cứu công (Italia và Latvia), làm tăng tốc độ khấu hao từ hoạt động thu mua công nghệ và tri thức mới (Ba Lan, Liên bang Nga) và ưu đãi thuế từ việc thu mua tài sản vô hình (Australia). Bên cạnh đó, Liên bang Nga đã triển khai nhiều hình thức miễn thuế VAT hoặc thuế bất động sản cho các cụm trung tâm nghiên cứu. Ở Thổ Nhĩ Kỳ, các doanh nghiệp trong các khu phát triển công nghệ được hưởng lợi từ rất nhiều ưu đãi thuế nhưng phải thành lập một trung tâm ươm tạo và văn phòng chuyển giao công nghệ.

Tại một số quốc gia, giảm thuế còn gắn liền với khả năng tạo việc làm và chi phí lao động. Luật Ổn định của Italia năm 2015 đề cập đến nhiều ưu đãi thuế lao động và thuế địa phương để khuyến khích tạo việc làm và giảm chi phí lao động. Tín dụng thuế khấu trừ tiền lương mới của Tây Ban Nha nhằm tạo nhiều việc làm trong lĩnh vực NC&PT của các doanh nghiệp và tổ chức đổi mới sáng tạo.

Ưu đãi thuế NC&PT là cách để tăng tính hấp dẫn của hệ sinh thái nghiên cứu quốc gia và thu hút các trung tâm NC&PT của nước ngoài. Trong năm 2013, Vương quốc Anh đã áp dụng tín dụng chi NC&PT (RDEC) để thu hút đầu tư của doanh nghiệp lớn. Từ năm 2016, chương trình này đã thay thế hoàn toàn tín dụng thuế trước đây.

Chính phủ một số quốc gia đã kết hợp chặt chẽ các công cụ dựa vào chi NC&PT này với các "hộp sáng chế" để khuyến khích việc đồng xác định vị trí của NC&PT và hoạt động chế tạo. Các hộp sáng chế cung cấp ưu đãi miễn thuế SHTT nhằm đẩy mạnh hoạt động khai thác nội địa các công nghệ và tri thức mới để mang lại các lợi ích như tạo việc làm và phổ biến tri thức. Đặc biệt, các hộp sáng chế nhằm vào các công ty đa quốc gia lớn, có năng lực để phát triển những chiến lược tối ưu hóa thuế toàn cầu và phân tách hoạt động tạo ra tri thức với việc sử dụng nó. Gần đây, Indonesia, Ailen, Bồ Đào Nha, Thái Lan và Thổ Nhĩ Kỳ đã miễn thuế thu nhập doanh nghiệp phát sinh từ việc sử dụng SHTT. Tại Liên bang Nga, các hoạt động liên quan đến bảo vệ và thương mại hóa quyền SHTT đã được miễn thuế VAT kể từ năm 2015. Quốc hội Hoa Kỳ cũng đang xem xét đưa ra một "hộp đổi mới" như nội dung của cải cách thuế doanh nghiệp trên quy mô lớn. Tuy nhiên, các hộp sáng chế hoặc đổi mới đang bị lên án mạnh mẽ như là các thông lệ thuế không lành mạnh, có thể thúc đẩy cạnh tranh thuế trên toàn cầu và gây ảnh hưởng đến lợi nhuận của doanh nghiệp và làm xói mòn cơ sở tính thuế. Cuối năm 2015, Vương quốc Anh đã công bố dự thảo luật nhằm tạo sự gắn kết chặt chẽ hơn giữa chế độ hộp sáng chế với các tiêu chuẩn của OECD về thông lệ thuế có hại.

Chính phủ các nước cũng đang tìm cách để khuyến khích các phương thức tài trợ ít phổ biến. Trên thực tế, trong những năm tới, nguồn tài trợ cho tinh thần khởi nghiệp theo hướng đổi mới sẽ vẫn là một vấn đề lớn. Sự phụ thuộc của DNNVV vào tài chính của ngân hàng được xem là khó giải quyết. Các hình thức tài trợ thay thế đang gia tăng, được thúc đẩy bởi việc triển khai áp dụng công nghệ thông tin và truyền thông (CNTTTT), các phương thức tương đương và việc xác định giá trị ngày càng tăng của tài sản trí tuệ. Tài trợ bằng tài sản cho phép các doanh nghiệp có được nguồn tài chính trên cơ sở giá trị của các tài sản cụ thể mà họ tạo ra trong hoạt động kinh doanh bao gồm cả tài sản vô hình. Tương tự như vậy, tài trợ đám đông cho phép doanh nhân huy động vốn bên ngoài từ cộng đồng, chứ không chỉ một nhóm nhỏ các nhà đầu tư chuyên ngành với mỗi cá nhân cung cấp một phần nhỏ tổng kinh phí cần thiết. Thông thường, nền tảng Internet giúp kết nối các nhà đầu tư với doanh nghiệp.

Dù các cơ chế này còn hạn chế, nhưng sẽ phát triển nhanh và mở ra những cơ hội mới miễn là có các khuôn khổ pháp lý phù hợp. Australia đã thông qua luật mới cho phép áp dụng hình thức tài trợ đám đông và cung cấp ưu đãi thuế cho nhà đầu tư. Áo đã thông qua một khuôn khổ pháp lý để cải thiện các phương thức tài trợ đổi mới, đặc biệt là tài trợ đám đông. Các yêu cầu pháp lý đối với thông tin cơ bản và các công bố hành chính (ví dụ báo cáo thị trường vốn đơn giản hóa) đã giảm bớt. Các tiêu chuẩn cũng đã được áp dụng để bảo vệ nhà đầu tư.

- ***Duy trì tốc độ cạnh tranh toàn cầu***

Sự thịnh vượng của một quốc gia từ lâu phụ thuộc vào việc quốc gia đó tham gia vào nền kinh tế toàn cầu và gần đây là phụ thuộc vào sự hội nhập của quốc gia đó vào chuỗi giá trị toàn cầu (GVC). Các quốc gia và doanh nghiệp tham gia chuỗi giá trị toàn cầu thông qua đầu tư trực tiếp nước ngoài (FDI) và thương mại hàng hóa và dịch vụ cung cấp các kênh tiếp cận với danh mục công nghệ, kỹ năng và tài sản thâm dụng tri thức. Chuỗi giá trị toàn cầu đã làm thay đổi bản chất của cạnh tranh toàn cầu, vì các doanh nghiệp và các quốc gia cạnh tranh không chỉ về thị phần trong các ngành công nghiệp giá trị gia tăng cao, mà cả về các hoạt động giá trị gia tăng cao trong chuỗi giá trị toàn cầu. Bên cạnh đó, chuỗi giá trị toàn cầu còn cung cấp cơ hội quốc tế hóa các loại hình doanh nghiệp mới bao gồm các doanh nghiệp đổi mới sáng tạo còn non trẻ.

Gần đây, nhiều quốc gia đã sửa đổi danh mục chính sách để hỗ trợ DNNVV và các doanh nghiệp khởi nghiệp trong việc tiếp cận thị trường toàn cầu. Hầu hết các sáng kiến đều tập trung cung cấp cho các doanh nghiệp này thông tin tiếp thị và hỗ trợ thương mại hóa, xúc tiến và quảng bá thương hiệu (Cộng hòa Séc, Pháp, Ailen, Italia, Hàn Quốc, Tây Ban Nha, Thổ Nhĩ Kỳ và Vương quốc Anh). Chính phủ các nước còn cung cấp khả năng tiếp cận tài chính rủi ro và bảo đảm tiền vay (Pháp và Malaysia) và tiếp cận một điểm để cung cấp thông tin và tư vấn chuyên gia (Hàn Quốc, Tây Ban Nha và Vương quốc Anh), hỗ trợ tìm kiếm đối tác quốc tế (Vương quốc Anh), cũng như đào tạo bổ trợ các kỹ năng và kiến thức về thị trường quốc tế (Ailen). Slovenia

đang áp dụng một chương trình hỗ trợ đầy đủ. Bên cạnh đó, Áo, Hàn Quốc và Thổ Nhĩ Kỳ đã lập ra những vườn ươm toàn cầu và trung tâm tăng tốc.

Ngoài ra, nhiều quốc gia đã hỗ trợ tài chính để khuyến khích doanh nghiệp nhỏ tham gia vào các dự án NC&PT theo định hướng thị trường quốc tế (Áo, Canada, Chilê, Litva, Tây Ban Nha, Thổ Nhĩ Kỳ và cấp EU) hoặc giúp thu hẹp khoảng cách tài chính khi gia nhập thị trường nước ngoài (Canada và Ailen), ví dụ thông qua giấy chứng nhận quốc tế hóa (Áo, Italia và Bồ Đào Nha). Ngân sách của Chương trình "Chân trời 2020" (Horizon 2020), Eurostar của châu Âu (2014 - 2020) đã tăng mạnh nhằm thúc đẩy hoạt động nghiên cứu xuyên quốc gia theo định hướng thị trường của DNNVV. Costa Rica phân bổ các khoản trợ cấp đổi mới và trợ cấp theo lĩnh vực dựa vào chứng nhận tham gia chuỗi giá trị toàn cầu.

Hộp 1. Sự gia tăng tài trợ đám đông

Các đánh giá về tỷ lệ tài trợ đám đông ở Bắc Mỹ dựa vào dữ liệu từ 1.250 nền tảng tài trợ đám đông tích cực, cho thấy phương thức gây quỹ này đã tăng 145% trong khoảng thời gian từ năm 2013 đến năm 2014 với tổng giá trị lên đến khoảng 9,5 tỷ USD. Châu Âu đã đạt mức tăng trưởng tương tự (+141%) nhưng từ nền tảng thấp hơn để đạt giá trị 3,3 tỷ EUR. Năm 2014, các hoạt động tài trợ đám đông đã nở rộ ở châu Á (+40%) đạt 3,4 tỷ USD và khu vực này dự kiến sẽ thúc đẩy việc mở rộng phương thức gây quỹ này trên toàn cầu trong tương lai. Năm 2015, châu Phi, châu Đại Dương và Nam Mỹ cũng đã ghi nhận sự chuyển biến đáng chú ý, nhưng giá trị chưa đạt 100 triệu USD. Tuy nhiên, tài trợ đám đông có một hạn chế, đó là hiện nay, hơn một nửa số giao dịch tài trợ cho các mục đích xã hội hoặc nghệ thuật và các hoạt động bất động sản, chứ không phải vì lợi nhuận của doanh nghiệp.

Các nền tảng tài trợ đám đông cũng có thể tác động lớn đến các kênh tài trợ khác khi chúng được sử dụng rộng rãi để tìm kiếm cơ hội đầu tư và chia sẻ rủi ro. Ví dụ, các nhà đầu tư thiên thân là những người có xu hướng đầu tư tại địa phương nhiều hơn các nhà đầu tư mạo hiểm và có khả năng tài trợ cho các doanh nghiệp khởi nghiệp trên phạm vi địa lý rộng. Các nền tảng tương tự cũng sẽ củng cố xu hướng các nhà đầu tư thiên thần phối hợp với các nhà đầu tư giai đoạn đầu khác để đầu tư nhằm đa dạng hóa rủi ro. Tương tự như vậy, nền tảng tài trợ đám đông không bằng vốn cổ phần

(dựa vào tặng và thưởng) mở ra cơ hội cho các nhà cải cách trong khi tạo rủi ro thấp cho các nhà tài trợ không có lợi ích tài chính gắn liền với đóng góp của họ.

Tuy nhiên, những thách thức pháp lý chủ yếu vẫn còn tồn tại. Cơ hội từ tài trợ đám đông nên được xem xét cùng với rủi ro, đặc biệt là đối với các nhà đầu tư không được tiếp cận công bằng với thông tin và ít được đào tạo bài bản cho các giao dịch hơn so với các nhà đầu tư chuyên nghiệp. Câu hỏi được đặt ra là sản phẩm tương lai hay "lợi ích cộng đồng" sẽ ra sao? Dựa vào tiềm năng tài trợ cho doanh nghiệp khởi nghiệp ở giai đoạn đầu, cần có một khung pháp lý rõ ràng để giảm thiểu rủi ro này và tăng khả năng tài trợ đám đông.

Nguồn: Massolution (2015), Báo cáo của ngành Công nghiệp về việc gây quỹ từ cộng đồng 2015CF

Cơ cấu tổ chức quản lý cũng được điều chỉnh cho mục đích đó. Pháp đã sáp nhập các cơ quan xúc tiến hiện có thành Business France - Cục hỗ trợ phát triển nền kinh tế Pháp trên quy mô quốc tế, sẽ đảm nhận chức năng truyền thông chính và nhằm tăng cường tính hấp dẫn và hình ảnh thương hiệu của quốc gia. Bên cạnh đó, Đức đã công bố kế hoạch hành động hợp tác quốc tế nhằm tạo cơ hội cho các bộ lập quy hoạch và thực hiện các hoạt động hợp tác quốc tế bao gồm giám sát và đánh giá trên phạm vi quốc tế. Kế hoạch này đề cập đến rất nhiều công cụ từ các chương trình di động đến những liên minh chiến lược và quan hệ đối tác.

Quốc tế hóa các cụm là một kênh quan trọng nữa để DNVVN kết nối với các mạng lưới tri thức toàn cầu và đặc biệt được chính sách chú trọng. Chuyên môn hóa và quốc tế hóa các cụm đã được thúc đẩy bởi phạm vi toàn cầu hóa sâu sắc và cạnh tranh gia tăng. Do nguồn tài chính vẫn còn hạn chế, nên chính phủ các nước phải tái tập trung vào hành động chính sách trên các lĩnh vực có tiềm năng lan tỏa tích cực ở mức cao.

Ngoài ra, các văn bản hướng dẫn và kế hoạch hành động quốc gia về KHCN&ĐM đã chú trọng đến nội dung quốc tế hóa (Australia, Đức và Hungary). Ví dụ, Chiến lược công nghệ cao của Đức mới được sửa đổi, đã ưu tiên đề cập đến sự kết hợp của các doanh nghiệp

và khoa học vào dòng chảy tri thức toàn cầu. Chiến lược này cũng đã xây dựng một chương trình tài trợ mới để "quốc tế hóa các cụm mũi nhọn". Chương trình Ngôi sao vùng Biển Baltic (BSR) (2015 - 2017) được đề cập dưới đây nhằm khởi động và tăng cường quan hệ hợp tác xuyên quốc gia giữa Đan Mạch, Thụy Điển, Na Uy, Phần Lan, Đức, Lithuania, Estonia, Latvia, Ba Lan và Ailen thông qua liên kết các tổ chức theo cụm. Gần đây, Australia, Bỉ (Flanders), Croatia, Ba Lan, Bồ Đào Nha, Slovenia và Thổ Nhĩ Kỳ đã sửa đổi chính sách đối với các cụm hoặc đưa vào áp dụng các chương trình hỗ trợ cụm để đẩy mạnh quốc tế hóa các cụm chính và nâng cao năng lực tham gia vào các thị trường quốc tế và chuỗi cung ứng toàn cầu. Chương trình Trung tâm chuyên gia toàn cầu là một phần của chương trình đổi mới Na Uy và hướng vào các cụm đã phát triển tạo được vị thế trên toàn cầu. Chương trình này nhằm mục tiêu nâng cao vị thế cạnh tranh của các cụm, sức hút của các cụm trong chuỗi giá trị toàn cầu.

3.3. Tái định hướng nghiên cứu công

- ***Hợp lý hóa chi tiêu cho nghiên cứu công và đẩy mạnh chuyển giao tri thức***

Các trường đại học và viện nghiên cứu công cũng là một nội dung quan trọng cần có sự thay đổi của chính sách. Một số quốc gia hiện đang xem xét toàn bộ chính sách nghiên cứu nhằm nâng cao hiệu quả tài trợ công bằng cách áp dụng các cách tiếp cận đa dạng. Trong những năm qua, các phương thức tài trợ cạnh tranh là xu hướng thể hiện rõ nét trên toàn cầu cùng với việc áp dụng các yếu tố hiệu quả trong việc tài trợ cho tổ chức và sự dịch chuyển hướng tới các thỏa thuận theo hợp đồng. Từ năm 2014, xu hướng này đã được tăng cường ở Áo, Canada, Hy Lạp, Ailen, Italia, New Zealand, Thổ Nhĩ Kỳ, Trung và Đông Âu (Estonia, Ba Lan). Tuy nhiên, xu hướng trái ngược hướng tới việc cấp vốn chung gia tăng, cũng được quan sát trong số ít các quốc gia, đặc biệt là ở Bắc Âu.

Một số yếu tố đang thúc đẩy các nước ưu tiên và tập trung dành các khoản đóng góp tài chính cho nghiên cứu công, bao gồm tiến bộ trong nghiên cứu khoa học và kết quả mở ra nhiều cơ hội mới, tăng

cạnh tranh toàn cầu về nhân tài và các nguồn lực công khan hiếm. Về khía cạnh này, các điều kiện tài chính gần đây của nghiên cứu công đặc biệt đáng lo ngại. Ngân sách NC&PT công ở mức ổn định hoặc bắt đầu giảm ở nhiều quốc gia nơi chính phủ là nhà tài trợ chính cho nghiên cứu công. Hoa Kỳ với hệ thống nghiên cứu công lớn nhất thế giới, đã ghi nhận sự sụt giảm kéo dài nhiều năm ngân sách liên bang dành cho NC&PT của trường đại học bắt đầu từ những năm 1970. Ngoài ra, những xu hướng quốc tế lâu dài cho thấy ngân sách NC&PT công có thể sẽ ổn định ở các mức hiện nay. Nếu tăng trưởng kinh tế mạnh mẽ không thúc đẩy sự phục hồi trong chi tiêu chính phủ, thì kinh phí công dành cho nghiên cứu công sẽ tăng chậm. Các ưu tiên chính sách cạnh tranh như tập trung phát triển và tài trợ dựa vào đổi mới doanh nghiệp và ưu đãi thuế NC&PT, có thể gây áp lực cho ngân sách NC&PT. Ngoài ra hỗ trợ của chính phủ cho các trường đại học và viện giáo dục đại học giảm, có thể tác động tiêu cực đến chất lượng và tính toàn diện của các hệ thống giáo dục do cắt giảm các dịch vụ giáo dục và tăng học phí.

Các nhà hoạch định chính sách liên tục phải đối mặt với câu hỏi hóc búa về việc cân đối phân bổ nguồn lực giữa các lĩnh vực khoa học khác nhau, nhu cầu trước mắt và lâu dài, khoa học lớn và cá nhân các nhà nghiên cứu, cơ sở hạ tầng và nhân sự cũng như nhu cầu trong nước và quốc tế. Latvia đang tiến hành cải cách cơ cấu để nâng cao năng lực nghiên cứu của tổ chức, trong khi Thổ Nhĩ Kỳ đã công bố đánh giá về cơ sở hạ tầng nghiên cứu của quốc gia nhằm nâng cao hiệu quả nghiên cứu. Pêru đã thông qua Kế hoạch Đổi mới Pêru để quản lý ngân sách KHCN&ĐM quốc gia và chú trọng công tác đào tạo nguồn nhân lực chuyên môn hóa cao.

Gần đây, nhiều nước đã tái điều chỉnh các lĩnh vực nghiên cứu ưu tiên chiến lược để giải quyết những thách thức xã hội (Australia, Bỉ (Flanders), Đan Mạch, Italia và Na Uy). Kế hoạch 5 năm lần thứ 13 của Trung Quốc (2016 - 2020) nhằm mục tiêu tăng gấp đôi tỷ lệ kinh phí dành cho nghiên cứu cơ bản (10%) và Hàn Quốc có tham vọng tăng tỷ lệ chi nghiên cứu công cho nghiên cứu cơ bản lên mức 40% vào năm 2017. Hà Lan cũng đã tăng ngân sách cho nghiên cứu cơ bản. Pháp đã huy động Cơ quan Nghiên cứu Quốc gia đóng góp cho các

chương trình chung. Đan Mạch đã đơn giản hóa hệ thống tài trợ nghiên cứu bằng cách sáp nhập các tổ chức nghiên cứu vào Quỹ Đổi mới để hỗ trợ các dự án thông qua toàn bộ chuỗi giá trị từ nghiên cứu chiến lược đến thương mại hóa.

Bên cạnh đó, tại nhiều quốc gia như Đức, Ailen, Italia và Luxembourg, các nguồn tài trợ nghiên cứu công cũng đã thay đổi do có sự tham gia tích cực của ngành công nghiệp. Sự thay đổi này là do các ưu đãi đầu tư cao hơn và ngân sách của chính phủ giảm ở một số quốc gia, cũng như sự điều chỉnh phù hợp giữa chương trình nghiên cứu công với nhu cầu xã hội. Về khía cạnh này, các ưu đãi thuế NC&PT được sử dụng ngày càng nhiều để tận dụng nguồn tài trợ của tư nhân cho nghiên cứu công (Ailen, Italia). Các công cụ khác bao gồm cơ cấu tổ chức quản lý theo hướng mới (ví dụ cơ cấu lại Bộ Kinh tế và Khoa học của Bỉ, Chiến lược Giáo dục đại học mới của Hungary và Kế hoạch hành động và chính sách KH&CN của Ailen), các khuôn khổ pháp lý mới (Hy Lạp), Giấy chứng nhận Đổi mới (Cộng hòa Séc, Bồ Đào Nha), yêu cầu đồng tài trợ tối thiểu trong các chương trình hỗ trợ công (Latvia, Hà Lan) và các cơ chế phân bổ kinh phí chung để khuyến khích tài trợ của bên thứ ba (Na Uy). Ailen đã triển khai Chương trình Spokes để cấp thêm tiền cho các dự án được cấp kinh phí công của những trung tâm nghiên cứu hiện có, miễn là các trung tâm này có quan hệ với đối tác công nghiệp.

Hợp tác công - tư tạo cơ hội chia sẻ rủi ro, nguồn lực và định hướng. Mối cộng tác này được thúc đẩy phát triển thông qua các tập đoàn tài chính (ví dụ Ailen, Pêru và Tây Ban Nha) và các sáng kiến/trung tâm nghiên cứu chung. Gần đây, Thụy Điển và Vương quốc Anh đã cung cấp kinh phí nghiên cứu tương ứng là 35 triệu USD và 725 triệu USD cho các sáng kiến hợp tác chiến lược trên quy mô lớn với hy vọng huy động một khoản tài trợ tương đương của tư nhân. Ở cấp EU, hợp tác công - tư mới bao gồm Sáng kiến Công nghệ chung về lâu dài (JTI), dự kiến sẽ nhận được 12 tỷ USD từ khu vực tư nhân trong 7 năm tới.

Các tổ chức từ thiện và tổ chức khoa học tư nhân dù có phạm vi còn nhỏ và hạn chế, đang đóng vai trò ngày càng quan trọng trong

việc bổ sung tài trợ công, đặc biệt là trong nghiên cứu tịnh tiến cơ bản và trong lĩnh vực nghiên cứu có chọn lọc như y tế. Mới đây, Na Uy và Bồ Đào Nha đã triển khai lại hoặc tăng cường chương trình hỗ trợ quyên góp. Tây Ban Nha đã thành lập Hội đồng Nền tảng khoa học để phổ biến thông tin về những phương thức tốt nhất thúc đẩy đầu tư cho khoa học và để tham gia vào những nền tảng khác trong khoa học. Australia đã thành lập Quỹ Phát triển y sinh (BTF) với 174 triệu USD từ hợp tác công - tư nhằm khuyến khích đầu tư của khu vực tư nhân và đẩy mạnh áp dụng những khám phá y tế của Australia vào các ứng dụng y tế.

Các quốc gia vẫn tiếp tục ban hành luật pháp và xây dựng các chiến lược quốc gia để thúc đẩy hơn nữa cả thương mại hóa NC&PT và quan hệ hợp tác giữa các tổ chức nghiên cứu và ngành công nghiệp (Hàn Quốc và Thổ Nhĩ Kỳ). Các chỉ thị quốc gia cũng được lồng ghép trực tiếp vào trong các chiến lược KHCN&ĐM (Đan Mạch, Ailen), bao gồm các chiến lược chuyên môn hóa thông minh (Croatia, Pháp, Hy Lạp, Latvia, Litva và Bồ Đào Nha). Colombia, Croatia, Hà Lan, Na Uy và Slovenia vẫn đang tiếp tục chuyên nghiệp hóa các văn phòng chuyển giao công nghệ. Những nền tảng và trung tâm công nghệ quốc gia đã nổi lên ở nhiều nước, đóng vai trò là không gian thực và ảo cho các doanh nghiệp và các viện nghiên cứu công kết nối và truy cập tài nguyên, kỹ năng và hỗ trợ kỹ thuật. Ở cấp độ quốc tế, Dự án Ngôi sao vùng biển Baltic (2015 - 2017) nhằm tạo liên kết chặt chẽ giữa các môi trường nghiên cứu, các cụm và mạng lưới DNNVV ở các nước trong khu vực đó. Chính phủ các nước cũng đã triển khai các chương trình chuyển giao công nghệ (Đức và Litva), thông qua các công ty cổ phần công nghệ (Hàn Quốc) và trung tâm tăng tốc (Thổ Nhĩ Kỳ) để đưa các kết quả của nghiên cứu công ra thị trường.

- ***Tạo điều kiện cho nghiên cứu liên ngành và khoa học mở***

Những thách thức xã hội phức tạp trên toàn cầu đòi hỏi nghiên cứu phải kết hợp các lĩnh vực nghiên cứu không phổ biến trước đây, trong khi các tổ chức nghiên cứu công (trường đại học và viện nghiên cứu công), các tổ chức tài trợ nghiên cứu và các hoạt động phối hợp đánh giá (bình duyệt) thường được tổ chức theo phạm vi ngành. Trong

những thập kỷ gần đây, giảm rào cản kỹ thuật là nội dung được chính sách chú trọng và điều này được phản ánh trong việc tái cơ cấu của một số cơ quan nghiên cứu và chủ thể nghiên cứu (Bỉ, Nhật Bản, Hàn Quốc, Hà Lan, Thụy Điển và Vương quốc Anh) và thay đổi các phương thức đánh giá và lựa chọn (Ailen, Italia và Na Uy).

Những sáng kiến hỗ trợ khoa học mở đang được triển khai thông qua việc tăng tiếp cận với các kết quả và dữ liệu nghiên cứu, bao gồm các ấn phẩm khoa học. Hầu hết những nỗ lực gần đây đều tập trung xây dựng các khuôn khổ pháp lý và cung cấp định hướng chính sách cho truy cập mở và dữ liệu mở. Số lượng các nước có quy định bắt buộc về truy cập mở, đang gia tăng. Trong hầu hết các trường hợp, các quy định này được lồng ghép vào luật pháp cấp quốc gia (như Mêhico) hoặc cấp liên bang (như Đức). Gần đây, Áo, Đức và Vương quốc Anh đã sửa đổi luật bản quyền quốc gia để thúc đẩy phát triển khoa học mở. Các cơ sở hạ tầng phù hợp cũng đã được xây dựng, đặc biệt là để hỗ trợ chia sẻ dữ liệu nghiên cứu. Việc quy hoạch và cấp kinh phí cho cơ sở hạ tầng điện tử quan trọng được đề cập ngày càng nhiều trong các thủ tục của quốc gia (và châu Âu) để lập kế hoạch và cấp kinh phí cho cơ sở hạ tầng nghiên cứu. Phần Lan, Anh và Hoa Kỳ cũng đã thu hẹp khoảng cách về kỹ năng liên quan đến khoa học mở và phân tích dữ liệu bằng cách đẩy mạnh hoạt động đào tạo theo chuyên ngành và cung cấp hướng dẫn cho các nhà nghiên cứu.

3.4. Mở rộng kỹ năng và văn hóa đổi mới

Gần đây, một số quốc gia đã sửa đổi danh mục đầu tư chính sách của quốc gia nhằm tăng cường kỹ năng đổi mới và xây dựng nền khoa học mở và văn hóa đổi mới. Đây thực sự là những lĩnh vực chính sách tích cực nhất trong hỗn hợp chính sách đổi mới.

Mở rộng giáo dục về khoa học, công nghệ, kỹ thuật và toán học (STEM) vẫn là nền tảng của nhiều nước OECD và các nền kinh tế đối tác. Các nguồn ngân sách công cho giáo dục STEM đã gia tăng ở Bỉ (Liên bang), Croatia, Latvia, Nam Phi và Hoa Kỳ. Các sáng kiến chính sách khác gần đây bao gồm nỗ lực để các chủ đề của STEM trở nên hấp dẫn và lôi cuốn giới trẻ (Ailen, New Zealand và Bồ Đào

Nha), các chương trình đào tạo mới và tiêu chuẩn tuyển dụng giáo viên (Croatia, Hàn Quốc, Ailen, Na Uy và Thụy Điển) và các phương pháp giảng dạy mới cũng như các công cụ sư phạm dựa vào CNTT (Cộng hòa Séc, Ailen, Litva, Bồ Đào Nha và Tây Ban Nha).

Chính sách giáo dục cũng đang được triển khai tích cực để phản ánh phạm vi rộng lớn của các kỹ năng phi KH&CN cần cho đổi mới. Chương trình giảng dạy đã được sửa đổi để phát triển kỹ năng chung (Tây Ban Nha), năng lực giải quyết vấn đề (Hàn Quốc) và hành vi kinh doanh (Croatia, Ailen, Nga và Thổ Nhĩ Kỳ). Ở Phần Lan, tinh thần khởi nghiệp có liên quan đến quyền công dân được chủ động tham gia và cấu thành chủ đề của chương trình giảng dạy ở cấp giáo dục cơ sở và giáo dục trung học.

Ngoài ra, nhiều nước đã tìm cách để thu hút sự tham gia của công chúng cũng như hỗ trợ khoa học và tinh thần khởi nghiệp. Đây là một thành phần quan trọng của các chiến lược KHCN&ĐM quốc gia trong các nền kinh tế thu nhập trung bình (Colombia, Chilê, Costa Rica và Malaysia). Nhưng hoạt động này cũng tương tự như ở một số nền kinh tế tiên tiến với các chỉ số KHCN&ĐM ở mức cao (Phần Lan và Hàn Quốc). Các nước cũng nỗ lực xây dựng năng lực cho một nền văn KH&CN và phổ cập khoa học, ví dụ thông qua các sự kiện truyền thông, bảo tàng và các nguồn lực trên Internet (Cộng hòa Séc, Pháp và Liên bang Nga). Các sáng kiến mới này bao gồm các sự kiện cộng đồng quy mô lớn (Croatia, Australia, Hy Lạp và Hàn Quốc) và các chiến dịch khuyến mãi (Chilê), các cuộc thi và giải thưởng (Australia, Canada, Trung Quốc và Costa Rica). Chính sách cũng chú trọng đến việc nuôi dưỡng tinh thần khởi nghiệp và mở rộng các hình thức sáng tạo tác động đến nơi làm việc.

3.5. Cải thiện quản trị chính sách

- ***Hướng tới các chính sách dựa vào bằng chứng khoa học***

Trong những năm gần đây, đánh giá chính sách KHCN&ĐM và tác động của KHCN&ĐM là những nội dung được chính sách rất chú trọng, một phần là do khó khăn tài chính gia tăng và yêu cầu chứng minh giá trị của công quỹ. Các phương thức đánh giá phụ thuộc vào

con đường phát triển và đặc thù của mỗi quốc gia. Điều này lý giải tính không đồng nhất rõ nét giữa các quốc gia về bản chất và mức độ triển khai đánh giá tác động của KHCN&ĐM, cũng như tốc độ thay đổi chậm. Một số quốc gia có năng lực đánh giá tác động của KHCN&ĐM nhưng vẫn ở giai đoạn đầu của sự phát triển (ví dụ Colombia, Malaysia, Liên bang Nga và Nam Phi), trong khi tại các nước khác, hoạt động này là một nội dung của văn hóa chính sách và được thể chế hóa trên phạm vi rộng hơn.

Những xu hướng đánh giá chính sách gần đây bao gồm việc sử dụng chuyên sâu dữ liệu hành chính công và công nghệ trực tuyến để thu thập dữ liệu ("dữ liệu lớn"), các bài tập nhỏ và nhanh hơn (New Zealand), sử dụng các đánh giá theo hướng chiến lược (Trung Quốc) và tính phức tạp ngày càng tăng của các khái niệm và phương thức được sử dụng, thường liên quan đến sự gia tăng theo cấp số nhân lý do cơ bản, mục tiêu chiến lược, chủ thể, tổ chức, mục tiêu và công cụ.

Tính phức tạp của danh mục chính sách KHCN&ĐM (nhiều công cụ, mục tiêu và chủ thể) đã làm tăng nguy cơ phân bổ sai nguồn lực công và đặt ra vấn đề về sự tương tác tiêu cực có thể xảy ra giữa các biện pháp chính sách khác nhau. Để khắc phục tình trạng này, các đánh giá mang tính hệ thống đã được mở rộng trên toàn cầu theo nhiêu cách khác nhau tùy thuộc vào các quốc gia. Colombia, Ailen, Litva, Luxembourg, Malaysia, Tây Ban Nha, Thụy Điển và Thái Lan gần đây đã trải qua các bài tập đánh giá thẩm định trên quy mô lớn do các tổ chức quốc tế trong đó có OECD thực hiện. EU đã tiến hành đánh giá Chương trình khung lần thứ 7 và đánh giá tạm thời Chương trình Horizon 2020. Một số nước đã huy động năng lực quốc gia để đánh giá kết quả của chính sách (ví dụ Kế hoạch phát triển KH&CN của Trung Quốc, Chiến lược NC&PT của Estonia có tên là "Estonia dựa vào tri thức"), đôi lúc tập trung vào những nội dung của hệ thống KHCN&ĐM quốc gia (ví dụ Ailen với hệ thống hỗ trợ doanh nghiệp, Hà Lan với chính sách doanh nghiệp và Australia với hệ thống nghiên cứu quốc gia).

Nhìn chung, mọi nỗ lực đều hướng tới xây dựng nền tảng tri thức cho chính sách KHCN&ĐM như thông qua triển khai các nghiên

cứu đánh giá tác động và hệ thống hóa đánh giá, áp dụng phương pháp đánh giá của chính phủ (ví dụ: Kho bạc Anh đã xây dựng khung đánh giá để so sánh chi phí đầu tư giữa các khu vực của chính phủ), các phương thức hài hòa hơn (các phương pháp và chỉ số phổ biến) và xây dựng hạ tầng dữ liệu và cộng đồng chuyên gia. Nhật Bản, Na Uy và Hoa Kỳ rất chủ động trong việc đưa ra các sáng kiến nghiên cứu khoa học của chính sách khoa học và đổi mới (SciSIP) để phát triển các mô hình và công cụ phân tích, dữ liệu và số liệu. Ủy ban châu Âu (EC) (Cơ sở hỗ trợ chính sách) và OECD/Ngân hàng Thế giới (Nền tảng của chính sách đổi mới) duy trì nền tảng mạng lưới để cung cấp cách tiếp cận một điểm với kho tri thức quốc tế về đổi mới và chính sách, cũng như các công cụ định chuẩn và chẩn đoán.

- ***Hướng tới các chính sách KHCN&ĐM có trách nhiệm hơn***

Chính phủ các nước quan tâm đến việc đẩy mạnh phương thức tiếp cận quản lý toàn diện bằng cách tăng cường các thỏa thuận cùng phối hợp (Áo, Colombia và Ailen) và thu hút ngành công nghiệp và xã hội tham gia thảo luận chính sách (Argentina, Chilê, Đan Mạch, Hy Lạp, Hà Lan và Thổ Nhĩ Kỳ).

Trong khi đa số các chính sách KHCN&ĐM hiện đều tập trung vào suy thoái kinh tế, thì chính phủ các nước cũng phải đối mặt với những thách thức xã hội cấp bách, chưa từng có. Trong Tuyên bố Daejeon về Chính sách KHCN&ĐM cho Kỷ nguyên số và toàn cầu (2015), các bộ trưởng đến từ phần lớn các nền kinh tế đã nhấn mạnh vai trò thiết yếu của KHCN&ĐM để giải quyết những thách thức toàn cầu và xã hội như tính bền vững của môi trường, an ninh lương thực và già hóa khỏe mạnh và để thực hiện các Mục tiêu Phát triển bền vững đã được Liên Hợp Quốc thông qua. Khi các mối lo ngại gia tăng, thì khía cạnh đạo đức và xã hội của nghiên cứu được đặt lên hàng đầu và được phản ánh ngày càng rõ nét trong bộ khung của nhiều chính sách Nghiên cứu và đổi mới có trách nhiệm (RRI). Hỗn hợp chính sách RRI rất phức tạp, vì cần sử dụng nhiều công cụ chính sách ở các giai đoạn khác nhau của chu kỳ chính sách để đạt được những mục tiêu chiến lược. Trên thực tế, hầu hết nỗ lực chính sách gần đây đều nhằm thúc đẩy cách tiếp cận toàn diện với quản lý để đưa ra các

hướng dẫn và định hướng quốc gia mới, cung cấp cơ sở hạ tầng và ưu đãi cho nghiên cứu liên ngành và khoa học mở, và mở rộng phạm vi của các kỹ năng cũng như văn hóa đổi mới

Các nguyên tắc RRI đã được kết hợp vào tiến trình chung xây dựng các chương trình nghị sự chính sách đổi mới. Chương trình nghiên cứu Horizon 2020 của EU nhấn mạnh đến những thách thức xã hội và đóng vai trò hài hòa các chiến lược quốc gia ở một số nước châu Âu. Ngoài khu vực EU, Nhật Bản đã công bố Kế hoạch KH&CN lần thứ 5 (2016 - 2020) nhằm đạt được tăng trưởng bền vững và góp phần giải quyết các vấn đề toàn cầu. Tầm nhìn quốc gia và các bài tập đánh giá công nghệ dự báo nhu cầu lâu dài của xã hội đã cung cấp thông tin cho công tác xây dựng chính sách tại Cộng hòa Séc và Đức.

Nhiều sáng kiến chính sách RRI đang nhằm vào các tổ chức phụ trách phân bổ chính sách (ví dụ cơ quan tài trợ) (Na Uy, Pêru). Đôi khi, các nguyên tắc RRI cũng được lồng ghép vào các chương trình tài trợ hiện có như thông qua tăng tỷ lệ phân bổ tài trợ các nghiên cứu liên ngành, cân nhắc quy trình phân bổ tài trợ (Ailen), tập trung vào khoa học xã hội và nhân văn (Đức) và tài trợ cho nghiên cứu cụ thể (ví dụ Chương trình Khoa học công dân tiêu biểu của Áo).