

# MỤC LỤC

Lời nói đầu .....	1
<b>1. Giới thiệu</b> .....	<b>2</b>
<b>2. Số hóa, khoa học và chính sách khoa học</b> .....	<b>9</b>
2.1. Truy cập thông tin khoa học.....	10
2.2. Mở rộng cam kết với khoa học.....	12
2.3. Trí tuệ nhân tạo cho khoa học .....	12
<b>3. Số hóa và cuộc Cách mạng công nghiệp 4.0</b> .....	<b>14</b>
3.1. Trí tuệ nhân tạo trong sản xuất.....	15
3.2. Blockchain trong sản xuất.....	21
3.3. In 3D.....	23
3.4. Vật liệu mới và công nghệ nano.....	24
<b>4. Những vấn đề chính sách xuyên suốt chọn lọc</b> .....	<b>26</b>
4.1. Phổ biến công nghệ .....	26
4.2. Chính sách về kết nối và dữ liệu .....	29
4.3. Phát triển kỹ năng số .....	31
4.4. Tham gia thiết lập tiêu chuẩn .....	33
4.5. Cải thiện việc tiếp cận điện toán hiệu năng cao .....	34
4.6. Hệ thống sở hữu trí tuệ.....	35
4.7. Hỗ trợ công cho NC&PT.....	36
<b>5. Mặt tối của số hóa trong khoa học và đổi mới sáng tạo</b> .....	<b>38</b>
5.1. Các hiệu ứng phân tán và số hóa KHCN&DM .....	39
5.2. Hệ thống phức tạp và hệ sinh thái máy không thể quản lý .....	40
5.3. Tác động tiêu cực đến khoa học từ số hóa .....	40
5.4. Rủi ro lan rộng hơn liên quan đến công nghệ kỹ thuật số.....	41
<b>Kết luận</b> .....	<b>42</b>
<b>Tài liệu tham khảo</b> .....	<b>44</b>

---

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

Địa chỉ: 24, Lý Thường Kiệt, Hoàn Kiếm, Hà Nội.

Tel: (024)38262718, Fax: (024)39349127

## BAN BIÊN TẬP

**TS. Trần Đức Hiến** (*Trưởng ban*); ThS. Trần Thị Thu Hà (*Phó Trưởng ban*)

KS. Nguyễn Mạnh Quân; ThS. Nguyễn Lê Hằng; ThS. Phùng Anh Tiến

## LỜI NÓI ĐẦU

*Hầu như không có ngày nào mà các phương tiện truyền thông xã hội hoặc truyền thông không nêu bật cách thức các đột phá khoa học hoặc công nghệ kỹ thuật số có thể thay đổi cuộc sống hàng ngày. Nhiều lời nói máy tính và nhận dạng hình ảnh đã đạt được mức hiệu suất giống như con người, trong khi những chiếc xe tự lái đang dần cải thiện hồ sơ an toàn của họ. Truyền thông chú ý đến những đột phá như vậy đang gây ra sự phản ánh sâu sắc hơn giữa các nhà hoạch định chính sách liên quan đến khoa học, công nghệ và đổi mới sáng tạo (KHCNĐM). Bản chất của KHCNĐM tự thay đổi như thế nào? Sự thay đổi này, nếu có, nên được quản lý như thế nào?*

*Sự tiếp xúc của cộng đồng đối với sự tích lũy của các bằng chứng giai thoại về sự chuyển đổi kỹ thuật số của KHCNĐM xây dựng quan điểm về sự thay đổi được hình thành bởi mức độ gần gũi với những phát triển cụ thể. Nhưng những phát triển cụ thể này lan rộng như thế nào? Những thực hành nào đã hoàn toàn bị phá vỡ? Những thực hành nào vẫn duy trì các cộng đồng tương đối nhỏ ở vị trí hàng đầu? Các khía cạnh khác nhau của kỹ thuật số hóa bổ sung hoặc bù trừ cho nhau? Có phải cuộc tranh luận tập trung quá mức vào các thực tiễn không còn đi tiên phong, và là những tín hiệu về hướng thay đổi bị bỏ lỡ?*

*Giải quyết những câu hỏi này đòi hỏi một cái nhìn toàn diện về cách KHCNĐM đang diễn ra kỹ thuật số. Cuộc cách mạng kỹ thuật số dựa trên các khả năng ngày càng tăng để tạo và sử dụng dữ liệu, thông tin và kiến thức, và cuối cùng là hỗ trợ cho việc ra quyết định, chính sách KHCNĐM. Như vậy, nó đòi hỏi dữ liệu và đo lường giúp lập bản đồ các biến đổi đang diễn ra, nguyên nhân và tác động của chúng.*

*Để giúp độc giả hiểu rõ hơn về những gì diễn ra trong hoạt động KHCNĐM trong cuộc cách mạng số hóa, cũng như những vấn đề chính sách nảy sinh trong quản lý chuyển đổi số KHCNĐM, Cục Thông tin khoa học và công nghệ quốc gia giới thiệu tổng luận "Số hóa trong khoa học, công nghệ và đổi mới sáng tạo: những phát triển và chính sách chủ yếu".*

*Trân trọng giới thiệu.*

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

## CÁC CHỮ VIẾT TẮT

AI	Trí tuệ nhân tạo
CAD	Thiết kế bằng máy tính
CNTT-TT	Công nghệ thông tin và truyền thông
DLT	Công nghệ số cái phân tán
ĐMST	Đổi mới sáng tạo
DNVVN	Doanh nghiệp vừa và nhỏ
DSA	Thỏa thuận chia sẻ dữ liệu
HPC	Điện toán hiệu năng cao
IoT	Internet vạn vật
KHCN&ĐM	Khoa học, công nghệ và đổi mới sáng tạo
KH&CN	Khoa học và công nghệ
MAM	Sản xuất đắp dần dựa trên kim loại
NC&PT	Nghiên cứu và phát triển
OA	Truy cập trực tuyến
OECD	Tổ chức Hợp tác và Phát triển kinh tế
SHTT	Sở hữu trí tuệ
STEM	Khoa học, công nghệ, kỹ thuật và toán học

## 1. GIỚI THIỆU

Tầm quan trọng của kỹ thuật số trong khoa học, công nghệ và đổi mới sáng tạo (KHCNĐM) là vấn đề không còn phải bàn cãi. Ngày nay, người ta thường nhìn tương lai của KHCNĐM thông qua lăng kính của các tác động dự kiến số hóa. Số hóa cũng làm cho khoảnh khắc hiện tại trở nên độc đáo trong lịch sử công nghệ. Hơn nữa, các tác động của kỹ thuật số chỉ mới bắt đầu. Phải mất khoảng một thế kỷ để những tác động đầy đủ của các cuộc cách mạng công nghệ trước đó, liên quan đến hơi nước và điện, trở nên rõ ràng. Theo những tiêu chuẩn đó, cuộc cách mạng kỹ thuật số còn phải qua nhiều thế hệ nữa.

Kỹ thuật số có mặt khắp nơi trong KHCNĐM một phần vì các hiệu ứng của nó ở cả vi mô và vĩ mô. Ví dụ, ở cấp vi mô, các nhà nghiên cứu đã lưu trữ 200 megabyte video và sách độ nét cao trong ADN. Ở cấp vĩ mô, công nghệ kỹ thuật số mới có nghĩa là một vệ tinh 10 pound tiêu chuẩn có thể chụp được hình ảnh tốt hơn bất kỳ điểm nào trên Trái đất so với vệ tinh 900 pound cách đây 20 năm (Metz, 2019).

Các lĩnh vực nghiên cứu truyền thống, từ khoa học vật liệu đến sinh học, đang ngày càng mang tính kỹ thuật số. Đồng thời, công nghệ kỹ thuật số đang thay đổi các quá trình khoa học và mở rộng phạm vi của nó.

Trong KHCNĐM, tốc độ thay đổi do kỹ thuật số hóa mang lại cũng rất ấn tượng. Vào năm 2007, không ai có thể hình dung rằng mười năm sau, hơn một triệu người sẽ làm việc trong các công ty gắn nhãn và chú thích dữ liệu và hình ảnh cho các hệ thống máy học. Một thập kỷ trước, ít người dự đoán trí tuệ nhân tạo (AI) sẽ tiến xa đến mức nào trong việc tạo ra các giả thuyết khoa học, quét các tài liệu khoa học và các thí nghiệm phối hợp được thực hiện bởi robot. Tương tự, cho đến gần đây, chỉ có một số ít tin đồn về công nghệ số cái phân tán (DLT), và rất ít có khả năng kết hợp AI và DLT sao cho chúng khuếch đại khả năng của nhau.

Số hóa cũng tạo điều kiện cho sự hội tụ giữa các công nghệ, một dấu hiệu của sự đổi mới sáng tạo. Có một số lý do cho sự hội tụ này. Các công nghệ kỹ thuật số có thể được kết hợp với nhau - dễ dàng hơn nhiều công nghệ khác - vì nền tảng số chia sẻ của các thiết bị kỹ thuật số khác nhau. Hơn nữa, khi phát triển, khoa học có thể thể hiện thế giới tự nhiên nhiều hơn dưới dạng thông tin kỹ thuật số. Ví dụ, khoa học vật liệu đang tiến bộ vượt bậc do khả năng quan sát ngày càng tăng, thể hiện trong các mô hình máy tính và tiếp đó mô phỏng các tính chất của cấu trúc vi mô của vật liệu.

Sự hội tụ giữa thế giới kỹ thuật số và sinh học cũng phản ánh sự hiểu biết tương đối mới rằng chính cuộc sống là thông tin và thuật toán. Vi tiểu hình hóa, do công nghệ kỹ thuật số thúc đẩy, cũng tạo điều kiện cho sự hội tụ. Chẳng hạn, máy tính có kích thước milimet có thể trở nên phổ biến trong thập kỷ tới. Các thiết bị như vậy có khả năng hội tụ với các công nghệ y tế, ví dụ như trong việc theo dõi các quá trình bệnh từ bên trong cơ thể.

Những thành tựu gần đây trong KHCNĐM có được bởi các công nghệ kỹ thuật số là vô cùng đa dạng, phản ánh đặc tính mục đích chung của công nghệ. Ví dụ, vào năm 2014, Nhật Bản đã giới thiệu chiếc máy chụp nghìn tỷ ảnh trên giấy đầu tiên, mang đến cho các nhà khoa học những cách mới để khám phá các hiện tượng phức tạp diễn ra cực nhanh. Các siêu máy tính chia các vùng của Trái đất thành hàng chục ngàn đơn vị kỹ thuật số để mô phỏng thời tiết địa phương, cải thiện độ chính xác của dự báo thời tiết. Thực tế, dự báo thời tiết bảy ngày trong năm 2018 chính xác như dự báo hai ngày 50 năm trước (Fischer, 2018). Công ty Lex Machina kết hợp AI và phân tích dữ liệu để hỗ trợ khiếu nại bằng sáng chế (Harbert, 2013). Sử dụng các công cụ kỹ thuật số và vượt qua các quy tắc trước đây, người tiêu dùng giờ đây đổi mới theo những cách quan trọng trong nhiều ngành công nghiệp. Hơn nữa, số hóa đang làm cho khoa học trở nên hợp tác và kết nối nhiều hơn. Chẳng hạn, vào năm 2015, các nhà nghiên cứu làm việc trên máy gia tốc Large Hadron Collider đã xuất bản một bài báo với kỷ lục 5.154 tác giả.

### *Bối cảnh rộng lớn của số hóa khoa học, công nghệ và đổi mới sáng tạo*

Việc số hóa KHCNĐM có liên quan trực tiếp đến nhiều thách thức chính sách ngắn hạn và dài hạn quan trọng. Ví dụ, trong những thập kỷ gần đây, tăng trưởng năng suất lao động đã giảm ở nhiều nước. Việc phát triển và áp dụng các công nghệ sản xuất kỹ thuật số nâng cao hiệu quả, cùng với những thay đổi tổ chức, là cần thiết để chống lại sự suy giảm này. Già hóa dân số nhanh chóng có nghĩa là nhu cầu nâng cao năng suất lao động trở nên cấp bách hơn bao giờ hết; tỷ lệ người phụ thuộc ở các nước OECD sẽ tăng gấp đôi trong 35 năm tới. Công nghệ kỹ thuật số đóng góp vào năng suất một phần bằng cách làm cho việc pha trộn và kết hợp các ý tưởng trở nên dễ dàng hơn, tạo điều kiện cho đổi mới sáng tạo. Một số bằng chứng thậm chí còn cho thấy sự đổi mới sáng tạo xảy ra nhiều hơn bằng cách kết hợp các ý tưởng hiện có thay vì hình thành những ý tưởng mới (Youn et al., 2015).

Thay đổi nhân khẩu học có khả năng gây áp lực giảm dài hạn đối với chi tiêu công ở các nước. Liên quan đến thu nhập quốc dân, áp lực này có thể khiến mức độ hỗ trợ công cho khoa học không tăng, hoặc thậm chí giảm (OECD, 2018a). Một giai đoạn tăng trưởng chậm kéo dài có thể có tác động tương tự. Những kịch bản như vậy đặt ra câu hỏi liệu công nghệ kỹ thuật số có thể làm tăng hiệu quả của chính sách và ở mức độ nào.

Một khả năng liên quan và đáng lo ngại là năng suất của hoạt động khoa học có thể đang giảm. Một số học giả cho rằng khoa học đang trở nên kém năng suất. Theo các cách khác nhau, họ lập luận rằng những thành quả tri thức dễ dàng đã được gặt hái, rằng các thí nghiệm đang trở nên tốn kém hơn, và khoa học phải ngày càng được thực hiện mang tính liên ngành hơn.

Các nhà khoa học cũng bị ngập lụt trong dữ liệu và thông tin. Một nhà khoa học trung bình đọc được khoảng 250 bài báo mỗi năm, nhưng riêng khoa học y sinh đã có hơn 26 triệu bài báo bình xét. Ngoài ra, chất lượng tổng thể của sản phẩm khoa học có thể đang

suy giảm. Freedman (2015) ước tính rằng, riêng Hoa Kỳ đã có khoảng 28 tỷ USD mỗi năm bị lãng phí cho nghiên cứu tiền lâm sàng không có kết quả.

Tuy nhiên, mọi sự chậm lại trong khoa học sẽ có tác động nghiêm trọng đến tăng trưởng. Kinh phí cần được gia tăng để duy trì sự khám phá ở các mức trước đây và tạo ra những đổi mới và cải tiến năng suất cần thiết để đối phó với sự thay đổi nhân khẩu học và hạn chế chi tiêu công. Bất kỳ sự thúc đẩy nào đối với năng suất nghiên cứu nhờ công nghệ kỹ thuật số, từ khoa học mở đến việc sử dụng AI rộng rãi hơn, đều có thể có tầm quan trọng về cấu trúc.

Nếu được triển khai hiệu quả, số hóa cũng có thể giúp tăng tốc khả năng của KH&CN để giải quyết các thách thức toàn cầu. Những thách thức môi trường bao gồm không khí ấm lên, mất đa dạng sinh học, lớp đất mặt suy kiệt và khan hiếm nước. Những thách thức về sức khỏe bao gồm các mối đe dọa về bệnh tật - từ vi khuẩn đa kháng thuốc đến các đại dịch mới. Những thách thức về nhân khẩu học bao gồm hậu quả của dân số già và nhu cầu cấp thiết điều trị các bệnh thoái hóa thần kinh. Cần có những đột phá trong KH&CN để giải quyết những thách thức đó với hiệu quả về chi phí.

Tuy nhiên, số hóa cũng có thể nới rộng khoảng cách về năng lực khoa học giữa các quốc gia, do sự phân phối không đồng đều các tài sản bổ sung như tài nguyên tính toán, vốn nhân lực và truy cập dữ liệu. Ngoài ra, các hệ thống kỹ thuật số phức tạp làm nền tảng cho các cơ sở hạ tầng quan trọng, từ mạng lưới giao thông đến thị trường tài chính, có thể trở nên khó quản lý hơn một cách an toàn. Các vấn đề như làm thế nào để đối phó với cái gọi là tạp chí khoa học trực tuyến và cách giữ dữ liệu nghiên cứu cá nhân ẩn danh, minh họa rằng các ứng dụng mới (và hữu ích) của công nghệ kỹ thuật số có thể tạo ra mối quan tâm chính sách mới.

Số hóa cũng tạo ra nhu cầu tư duy mới về các thể chế và chuẩn mực, cả công và tư. Ví dụ, trong khu vực công, chính phủ ở một số quốc gia đang xem xét liệu những khoản chi hoa hồng cho AI và robot có cần thiết hay không. Tương tự, trong khu vực tư nhân, khi các trợ lý giọng nói AI ngày càng trở nên giống nhau, các công ty phải quyết định xem khách hàng có quyền biết rằng có phải họ đang nói chuyện với máy móc hay không. Tốc độ phát triển nhanh chóng của công nghệ số cũng có thể đòi hỏi các quy trình pháp lý trở nên dễ dự đoán hơn.

Số hóa cũng đặt ra những thách thức sâu rộng khác. Chẳng hạn, các nhà hoạch định chính sách nên làm gì về các tác động xói mòn xã hội và tâm lý xuất phát từ sự thâm nhập của công nghệ kỹ thuật số vào phần lớn cuộc sống hàng ngày.

#### *Đo lường số hóa khoa học và đổi mới sáng tạo*

Bốn khía cạnh rộng lớn của sự chuyển đổi kỹ thuật số của khoa học bao gồm: i) áp dụng các công cụ và thực hành kỹ thuật số; ii) truy cập vào các kết quả khoa học số hóa, đặc biệt là các ấn phẩm, dữ liệu và mã máy tính; iii) sử dụng và phát triển hơn nữa các quy

trình kỹ thuật số tiên tiến để làm cho nghiên cứu dựa nhiều hơn vào trên dữ liệu và iv) truyền thông các công trình của các nhà khoa học ảnh hưởng đến cách các nhà khoa học được ban thưởng.

Nhìn chung, trong khi hoạt động kỹ thuật số trong khoa học có sức lan tỏa, có rất nhiều cơ hội để khai thác tốt hơn tiềm năng của công nghệ kỹ thuật số, đặc biệt là các công cụ tiên tiến. Những phát hiện trong nghiên cứu bao gồm:

- Công nghệ kỹ thuật số tạo điều kiện chia sẻ kiến thức khoa học. Tuy nhiên, phân tích của OECD cho thấy, một năm sau, 60% đến 80% nội dung được xuất bản vào năm 2016 chỉ dành cho độc giả thông qua đăng ký hoặc thanh toán phí.

- Một phần ba nghiên cứu và phát triển (NC&PT) được thực hiện và tài trợ bởi các công ty ở Hoa Kỳ có liên quan đến phần mềm. Nghiên cứu của OECD cho thấy rằng, đối với các công ty sử dụng các công nghệ kỹ thuật số tiên tiến, tỷ lệ các đổi mới sáng tạo được công bố tăng gấp đôi. Một mối quan hệ tích cực cũng tồn tại giữa phát triển công nghệ và đổi mới sáng tạo, đặc biệt là đổi mới sản phẩm.

- Từ năm 2006 đến 2016, số lượng ấn phẩm liên quan đến AI hàng năm tăng 150%, so với 50% cho các ấn phẩm khoa học được lập chỉ mục nói chung. Trung Quốc hiện là nước xuất bản lớn nhất về khoa học liên quan đến AI. Quốc gia này cũng đang nhanh chóng cải thiện chất lượng đầu ra khoa học của mình trong lĩnh vực này.

- Tài trợ công cho khoa học liên quan đến AI đang tăng lên đáng kể, với một loạt các thông báo tài trợ và chính sách gần đây.

- Ở cả cấp độ tiến sĩ và thạc sĩ, nam giới tốt nghiệp ngành công nghệ thông tin và truyền thông (CNTT-TT) nhiều hơn nữ. Những người có bằng tiến sĩ về CNTT đặc biệt có khả năng được sinh ra ở nước ngoài, dẫn đến chính sách thay đổi các yêu cầu về dân cư hoặc quốc tịch. Những người có bằng tiến sĩ về CNTT-TT cũng chuyển việc nhiều hơn so với những người khác. Ví dụ, tại Hoa Kỳ, trong năm 2019, 30% người có bằng tiến sĩ CNTT đã thay đổi công việc so với mức trung bình 15% trên các lĩnh vực khác.

- Dữ liệu từ Khảo sát quốc tế về các tác giả khoa học của OECD cho thấy các nhà khoa học trẻ có nhiều khả năng tham gia vào tất cả các khía cạnh của hành vi kỹ thuật số.

### *Số hóa và đổi mới sáng tạo trong doanh nghiệp*

Số hóa cũng đang định hình sự đổi mới trong toàn bộ nền kinh tế, tạo ra các sản phẩm và dịch vụ kỹ thuật số mới và tăng cường các sản phẩm truyền thống với các tính năng kỹ thuật số. Bốn xu hướng đặc trưng cho sự đổi mới trong thời đại kỹ thuật số gồm: i) dữ liệu là đầu vào đổi mới quan trọng; ii) công nghệ kỹ thuật số cho phép đổi mới dịch vụ; iii) chu kỳ đổi mới đang tăng tốc; và iv) công nghệ kỹ thuật số đang làm cho sự đổi mới sáng tạo mang tính hợp tác hơn.

Quá trình đổi mới ngày càng dựa vào dữ liệu. Các doanh nghiệp sử dụng dữ liệu để nghiên cứu phát triển sản phẩm và dịch vụ và hiểu rõ hơn về xu hướng thị trường; hiệu hành vi của đối thủ cạnh tranh; tối ưu hóa quá trình phát triển, sản xuất và phân phối; và để điều chỉnh các sản phẩm và dịch vụ theo nhu cầu cụ thể hoặc biến động.

Các loại dữ liệu đa dạng và đồ sộ hơn đã thúc đẩy sự phát triển của các mô hình kinh doanh mới. Những mô hình như vậy bao gồm lưu trú (ví dụ Airbnb) và dịch vụ di động theo yêu cầu (ví dụ Uber). Các ví dụ khác là các nền tảng để tìm kiếm, so sánh và đặt chỗ ở và các tùy chọn vận chuyển (ví dụ: Booking.com), và các hợp tác xã kỹ thuật số. Tất cả các mô hình kinh doanh mới này được kích hoạt bởi tính khả dụng và khả năng phân tích (khối lượng lớn) dữ liệu thời gian thực.

Công nghệ kỹ thuật số cũng tạo điều kiện cho sự đổi mới dịch vụ. Ví dụ bao gồm các dịch vụ mới được kích hoạt kỹ thuật số, chẳng hạn như dịch vụ dự báo bảo trì sử dụng Internet vạn vật (IoT) và dịch vụ kinh doanh dựa trên web. Các nhà sản xuất ngày càng cung cấp các dịch vụ dựa vào công nghệ kỹ thuật số để bổ sung cho hàng hóa mà họ sản xuất, và các nhà cung cấp dịch vụ ngày càng đầu tư vào công nghệ kỹ thuật số để cải thiện các hoạt động của họ. Chẳng hạn, các nhà bán lẻ lớn đầu tư mạnh vào IoT để cải thiện quản lý hàng tồn kho.

Những đổi mới kỹ thuật số như phần mềm thiết kế thể hệ mới và in ba chiều (in 3D) đẩy nhanh chu kỳ đổi mới bằng cách tăng tốc thiết kế sản phẩm, tạo mẫu và thử nghiệm. CNTT cũng cho phép tung ra thị trường các phiên bản beta sản phẩm có thể được cập nhật để kết hợp với phản hồi của người tiêu dùng. Ví dụ, hệ thống FastWorks của công ty General Electric Gia dụng liên quan đến người tiêu dùng sớm trong việc phát triển các sản phẩm mới như tủ lạnh.

Công nghệ kỹ thuật số cũng đang làm cho hệ sinh thái đổi mới sáng tạo trở nên mở và đa dạng hơn. Các công ty ngày càng tương tác với các tổ chức nghiên cứu và các công ty khác vì ba lý do. Đầu tiên, họ có được quyền truy cập và tiếp xúc với chuyên môn và kỹ năng bổ sung. Thứ hai, hợp tác giúp chia sẻ chi phí và rủi ro của các khoản đầu tư không chắc chắn vào đổi mới kỹ thuật số. Thứ ba, giảm chi phí liên lạc cho phép tương tác lớn hơn, không phụ thuộc vào vị trí địa lý. Một ví dụ về hợp tác sử dụng công nghệ kỹ thuật số là SmartDeviceLink Consortium, một nền tảng nguồn mở để phát triển ứng dụng điện thoại thông minh cho các phương tiện do Ford và Toyota tạo ra.

### *Chính sách đổi mới sáng tạo trong thời đại kỹ thuật số*

Đổi mới sáng tạo ngày càng liên quan đến việc tạo ra các sản phẩm và quy trình kỹ thuật số. Do đó, các chính sách đổi mới cần phải phù hợp với các tính năng chung của công nghệ kỹ thuật số. Những cân nhắc cho thiết kế chính sách bao gồm quyền truy cập vào dữ liệu để đổi mới; cung cấp hỗ trợ và khuyến khích được thiết kế phù hợp cho đổi mới và

ting thần kinh doanh; đảm bảo rằng các hệ sinh thái đổi mới hỗ trợ cạnh tranh; và hỗ trợ cộng tác cho sự đổi mới.

### *Đảm bảo quyền truy cập vào dữ liệu để đổi mới*

Để ủng hộ cạnh tranh và đổi mới, các chính sách truy cập dữ liệu nên nhằm mục đích đảm bảo quyền truy cập rộng nhất vào dữ liệu và kiến thức (khuyến khích chia sẻ và tái sử dụng). Đồng thời, người dùng phải tôn trọng các ràng buộc liên quan đến quyền riêng tư dữ liệu, đạo đức, quyền sở hữu trí tuệ (SHTT) và chi phí và lợi ích kinh tế (nghĩa là khuyến khích sản xuất dữ liệu). Để thúc đẩy đổi mới sáng tạo dựa trên dữ liệu, một số chính phủ cung cấp quyền truy cập vào dữ liệu được tạo bởi các dịch vụ công, chẳng hạn như giao thông đô thị. Chính sách cũng có thể tạo điều kiện cho sự xuất hiện thị trường dữ liệu.

Việc hạn chế luồng dữ liệu xuyên biên giới có thể gây bất lợi. Ví dụ, sản xuất tạo ra nhiều dữ liệu hơn bất kỳ lĩnh vực nào khác của nền kinh tế và các luồng dữ liệu xuyên biên giới được thiết lập để tăng nhanh hơn tăng trưởng trong thương mại thế giới. Nghiên cứu cho thấy rằng việc hạn chế các luồng dữ liệu như vậy, hoặc làm cho chúng đắt hơn, chẳng hạn bằng cách bắt buộc các công ty xử lý dữ liệu khách hàng tại địa phương, hoặc có thể làm tăng chi phí của các công ty và tăng sự phức tạp trong kinh doanh. Điều này đặc biệt đúng với các DNVVN.

Khi các doanh nghiệp đổi mới bằng dữ liệu sẽ có khả năng phát sinh các vấn đề chính sách mới. Chẳng hạn như liệu các công ty có nên có quyền di chuyển dữ liệu hợp pháp hay không. Các công ty như Siemens và GE đang cạnh tranh vị trí dẫn đầu trong các nền tảng trực tuyến cho IoT. Các nền tảng như vậy sẽ trở thành kho lưu trữ dữ liệu kinh doanh quan trọng. Nếu các công ty có quyền di chuyển đối với dữ liệu phi cá nhân, sự cạnh tranh giữa các nền tảng có thể tăng lên và chi phí chuyển đổi cho các công ty có thể giảm. Một vấn đề chính sách khác liên quan đến việc xử lý dữ liệu cảm biến phi cá nhân. Các máy riêng lẻ có thể chứa nhiều thành phần được sản xuất bởi các nhà sản xuất khác nhau, mỗi máy có cảm biến thu thập, tính toán và truyền dữ liệu. Điều này đặt ra vấn đề pháp lý. Ví dụ, những thực thể pháp lý nào sẽ có quyền sở hữu dữ liệu do máy tạo và trong những điều kiện nào? Ai sở hữu quyền đối với dữ liệu nếu một doanh nghiệp mất khả năng thanh toán? Rộng hơn, các điều khoản cần thiết để bảo vệ dữ liệu được truyền trong chuỗi giá trị - giả sử giữa các nhà thầu và nhà thầu phụ - từ việc bán hoặc sử dụng bởi các bên thứ ba?

### *Hỗ trợ và khuyến khích phù hợp cho đổi mới sáng tạo và tinh thần kinh doanh*

Chính phủ cần phải linh hoạt và nhanh nhạy để thay đổi khi đổi mới sáng tạo phát triển nhanh chóng. Một cách tiếp cận để có được sự phản ứng chính sách là triển khai và giám sát các thử nghiệm chính sách nhỏ, sau đó các chính sách có thể được tăng hoặc giảm. Trong bối cảnh thay đổi nhanh chóng, các thủ tục đăng ký áp dụng các công cụ hỗ trợ đổi mới cũng cần được sắp xếp hợp lý. Ví dụ, chương trình Pass French Tech cung cấp

cho các công ty khởi nghiệp đang phát triển nhanh đơn giản hóa và tiếp cận nhanh với các dịch vụ (ví dụ như về tài chính, đổi mới và phát triển kinh doanh).

Chính sách cũng nên đề cập đến đổi mới dịch vụ. Các biện pháp liên quan có thể bao gồm các dự án phát triển các dịch vụ hoàn toàn mới bằng cách sử dụng các công nghệ kỹ thuật số như Sáng kiến Dịch vụ Kỹ thuật số và Thông minh ở Áo. Các biện pháp tiềm năng khác bao gồm các chính sách giúp các DNVVN phát triển các dịch vụ mới liên quan đến sản phẩm của họ (ví dụ: chứng từ thiết kế dịch vụ cho các DNVVN sản xuất tại Hà Lan).

### *Đảm bảo các hệ sinh thái đổi mới sáng tạo hỗ trợ cạnh tranh*

Các thị trường trong đó đổi mới kỹ thuật số là quan trọng phải chịu sự đổi mới nhanh chóng (một nguồn cạnh tranh) và các nền kinh tế quy mô (một nguồn tập trung bền chặt). Các cơ quan cạnh tranh và các nhà hoạch định chính sách đổi mới sáng tạo cần cùng làm việc để đảm bảo tính cạnh tranh của các thị trường này. Họ cũng nên giải quyết vai trò của dữ liệu như một nguồn lực thị trường.

### *Hỗ trợ cộng tác để đổi mới sáng tạo*

Công nghệ kỹ thuật số cho phép những cách thức mới để các công ty và tổ chức hợp tác đổi mới. Các cơ chế mới này bao gồm dịch vụ cộng đồng, thử thách mở và cái gọi là phòng thí nghiệm sống. Cái sau thường liên quan đến quá trình nghiên cứu và đổi mới đồng thời trong quan hệ đối tác công - tư. Các trung tâm nghiên cứu và đổi mới, thường là quan hệ đối tác công - tư, giúp các nhóm đa ngành gồm các nhà nghiên cứu và doanh nghiệp công cộng làm việc cùng nhau để giải quyết các thách thức công nghệ. Các trung tâm như vậy thường có cấu trúc tổ chức sáng tạo. Ví dụ bao gồm Data61 ở Úc và Trường công nghiệp thông minh ở Hà Lan.

## **2. SỐ HÓA, KHOA HỌC VÀ CHÍNH SÁCH KHOA HỌC**

Số hóa đang mang lại sự thay đổi cho tất cả các hoạt động của khoa học, từ xây dựng chương trình nghiên cứu đến thử nghiệm, chia sẻ kiến thức và tham gia cộng đồng. Công nghệ kỹ thuật số đang tạo điều kiện cho một mô hình mới của khoa học mở, một thuật ngữ đề cập đến những nỗ lực làm cho các quy trình khoa học trở nên cởi mở và toàn diện hơn. Khoa học mở có ba trụ cột chính: truy cập mở (OA) vào các ấn phẩm và thông tin khoa học; tăng cường truy cập dữ liệu nghiên cứu; và tham gia rộng hơn với các bên liên quan. Kết hợp cùng với nhau, ba trụ cột có thể làm tăng hiệu quả và hiệu suất của khoa học và tăng tốc độ chuyển các kết quả nghiên cứu thành đổi mới sáng tạo và lợi ích kinh tế xã hội. Tuy nhiên, việc chuyển đổi sang khoa học mở đòi hỏi phải quản lý các trở ngại chính sách liên quan đến từng trụ cột.

Trong cuốn sách Thế giới tưởng tượng của mình, nhà vật lý Freeman Dyson đã quan sát thấy rằng đã có bảy cuộc cách mạng dựa trên khái niệm trong khoa học trong suốt 500 năm qua (Dyson, 1998). Những cuộc cách mạng này được liên kết với tên tuổi của

Copernicus, Newton, Darwin, Maxwell, Freud, Einstein và Heisenberg. Trong cùng khoảng thời gian đó, có khoảng 20 cuộc cách mạng nhờ công cụ, từ kính viễn vọng trong thiên văn học đến nhiễu xạ tia X trong sinh học. Ngày nay, CNTT-TT là một công cụ phát triển tạo ra sự thay đổi mang tính cách mạng trong khoa học.

Nhiều quá trình và sản phẩm đầu ra của khoa học cũng cải thiện công nghệ kỹ thuật số. Ví dụ, Đài quan sát sóng hấp dẫn giao thoa kế laser, phát hiện sóng hấp dẫn vũ trụ, đã tạo ra các thuật toán mới để phát hiện các tín hiệu nhỏ trong dữ liệu nhiễu. Và các nhà vật lý thiết kế các hệ thống máy tính liên kết Hadron Collider lớn tại hàng trăm trang web để phân tích petabyte dữ liệu, tiếp tục phát triển điện toán lưới.

## 2.1. Truy cập thông tin khoa học

Các mô hình xuất bản truy cập trực tuyến (OA) mới nổi và các máy chủ lưu các bài báo tiền xuất bản, các siêu tạp chí, kho lưu trữ nội bộ và bộ tổng hợp thông tin trực tuyến đang đơn giản hóa việc truy cập thông tin khoa học. Tuy nhiên, kỷ nguyên mới mang đến những thách thức so với các tạp chí chuyên ngành truyền thống thường công bố nghiên cứu khoa học sau khi bình xét. Quá trình biên tập và đánh giá ngang hàng sẽ hoạt động ra sao và hồ sơ nghiên cứu sẽ được duy trì và cập nhật như thế nào sẽ ít rõ ràng hơn theo thời gian. Có sự lo ngại đáng kể về số lượng các tạp chí trực tuyến “săn mồi” thu phí xuất bản của tác giả nhưng chất lượng của nó ít hoặc không được kiểm soát. Điều quan trọng là phải xác định công khai các tạp chí săn mồi và sửa đổi bất kỳ nhiệm vụ tài trợ hoặc các ưu đãi khác vô tình khuyến khích xuất bản trong các tạp chí đó.

Các công cụ kỹ thuật số có thể hỗ trợ xuất bản các bài báo khoa học theo nhiều cách. Được kích thích bởi một cộng đồng khoa học toàn cầu đang phát triển và bởi áp lực học tập để xuất bản, khối lượng bài báo khoa học là rất lớn và ngày càng tăng. CNTT có thể giúp tổ chức, chia sẻ và phân tích khối lượng thông tin khoa học này. Đồng thời, các sổ ghi chép trong phòng thí nghiệm mở trực tuyến như Jupyter cung cấp quyền truy cập vào dữ liệu thử nghiệm sơ cấp và các thông tin khác. Các nhà nghiên cứu cũng đang sử dụng AI để xem xét nghiên cứu khoa học đáng ngờ và xác định dữ liệu giả mạo (Sankaran, 2018). Các công cụ như vậy phụ thuộc vào việc áp dụng rộng rãi các tiêu chuẩn và định danh kỹ thuật số duy nhất, chính sách nào có thể tạo điều kiện.

Nhiều nhà tài trợ khoa học bắt buộc xuất bản OA, nhưng sự nghiệp học thuật, và trong một số trường hợp tài trợ tổ chức, phần lớn được xác định bằng cách xuất bản trong các tạp chí có ảnh hưởng cao, trả tiền để truy cập. Các ưu đãi và thay đổi đối với các hệ thống đánh giá cần phải phù hợp với các nhiệm vụ của các nhà tài trợ để chuyển nhanh hơn sang xuất bản OA. Tập trung mạnh hơn vào các số liệu dựa trên bài viết thay vì các yếu tố tác động của tạp chí là một cách tiến về phía trước. Các chỉ số và biện pháp mới cũng sẽ được yêu cầu để khuyến khích chia sẻ dữ liệu.

Một quy trình xuất bản theo cấp bậc có thể xuất hiện để giải quyết các thách thức của việc sử dụng các công cụ kỹ thuật số. Chia sẻ và bình luận về thông tin khoa học có thể diễn ra sớm hơn, chỉ có một số phát hiện cuối cùng được công bố trên các tạp chí. Một số lĩnh vực nghiên cứu đang thử nghiệm đánh giá ngang hàng sau xuất bản, theo đó cộng đồng khoa học rộng hơn có thể thảo luận về một bản thảo. Một quá trình như vậy có điểm mạnh: ví dụ, thảo luận công khai minh bạch giữa các đồng nghiệp đưa ra những khuyến khích cho tranh luận hợp lý. Nhưng nó cũng có thể có điểm yếu nếu, ví dụ, người đánh giá đưa ra nhận xét sai hoặc sai lầm nắm bắt quy trình. Tuy nhiên, với các biện pháp bảo vệ thích hợp, đánh giá ngang hàng sau xuất bản có thể củng cố chất lượng và sự nghiêm ngặt của hồ sơ khoa học.

### *Tăng cường truy cập dữ liệu nghiên cứu*

Phản ứng chính sách là cần thiết để tăng cường truy cập vào dữ liệu nghiên cứu. OECD lần đầu tiên ủng hộ việc truy cập dữ liệu nhiều hơn từ nghiên cứu được tài trợ công vào năm 2006. Kể từ đó, các công cụ cho phép truy cập nhiều hơn đã được cải thiện, và các hướng dẫn và nguyên tắc đã được áp dụng rộng rãi. Tuy nhiên, các trở ngại vẫn giới hạn quyền truy cập vào dữ liệu khoa học như các điểm minh họa sau:

- Chi phí quản lý dữ liệu ngày càng tăng, làm căng thẳng ngân sách nghiên cứu. Các nhà tài trợ khoa học nên coi kho dữ liệu là một phần của cơ sở hạ tầng nghiên cứu (bản thân nó đòi hỏi các mô hình kinh doanh rõ ràng).

- Việc thiếu sự gắn kết chính sách và sự tin tưởng giữa các cộng đồng cản trở việc chia sẻ dữ liệu qua biên giới. Việc chia sẻ dữ liệu nghiên cứu công đòi hỏi khuôn khổ pháp lý và đạo đức chung. Thông qua các diễn đàn như Liên minh dữ liệu nghiên cứu, các nhà tài trợ nên phối hợp hỗ trợ cho cơ sở hạ tầng dữ liệu. Các tiêu chuẩn và quy trình mới, chẳng hạn như các thiên đường an toàn để làm việc trên dữ liệu nhạy cảm, cũng có thể củng cố niềm tin, cũng như công nghệ mới như blockchain.

- Khoa học phải điều chỉnh cơ chế quản trị và xem xét của mình để giải thích cho việc thay đổi quyền riêng tư và mối lo ngại đạo đức. Ví dụ, để sử dụng dữ liệu chủ đề của con người trong nghiên cứu cần có sự đồng ý và ẩn danh. Tuy nhiên, việc ẩn danh dữ liệu cá nhân từ bất kỳ nguồn cụ thể nào có thể là không thể nếu các CNTT mới có thể liên kết nó với dữ liệu cá nhân khác được sử dụng trong nghiên cứu. Minh bạch, có trách nhiệm, chuyên gia và các cơ chế quản trị được trao quyền phù hợp, chẳng hạn như hội đồng đánh giá thể chế và / hoặc ủy ban đạo đức nghiên cứu, nên giám sát nghiên cứu được thực hiện với các dạng dữ liệu cá nhân mới.

- Cần lập kế hoạch chiến lược và hợp tác để xây dựng và cung cấp quyền truy cập vào cơ sở hạ tầng không gian mạng quốc tế. Các cơ quan toàn cầu như Liên minh dữ liệu nghiên cứu đã nói ở trên có thể giúp phát triển các tiêu chuẩn cộng đồng, giải pháp kỹ thuật và mạng lưới các chuyên gia.

- Khan hiếm các kỹ năng cần thiết để thu thập, quản lý và phân tích dữ liệu. Các cấu trúc nghề nghiệp và ngành nghề mới - chẳng hạn như "người quản lý dữ liệu" - cần được phát triển để quản lý và phân tích dữ liệu.

## **2.2. Mở rộng cam kết với khoa học**

Sự tham gia với một phạm vi rộng hơn của các bên liên quan có thể làm cho nghiên cứu khoa học phù hợp hơn. Số hóa đang mở ra khoa học cho một loạt các tác nhân xã hội, bao gồm các nhóm bệnh nhân, các tổ chức phi chính phủ, ngành công nghiệp, các nhà hoạch định chính sách và những người khác. Việc mở như vậy nhằm mục đích cải thiện chất lượng và sự phù hợp của khoa học và sự chuyên hóa của nó vào thực tiễn. Sự tham gia của xã hội có thể tăng cường toàn bộ quá trình nghiên cứu, từ thiết lập chương trình nghị sự đến hợp tác sản xuất nghiên cứu và phổ biến thông tin khoa học. Có lẽ lĩnh vực quan trọng nhất của sự tham gia mở rộng là trong việc thiết lập các ưu tiên cho nghiên cứu. Nếu được thiết kế tốt, một quy trình thiết lập chương trình nghị sự bao quát hơn có thể khiến nghiên cứu trở nên phù hợp hơn và thậm chí có thể tạo ra các vấn đề nghiên cứu hoàn toàn mới.

Những năm gần đây đã chứng kiến sự mở rộng của "khoa học cộng đồng" ("citizen science"), trong đó nghiên cứu khoa học được thực hiện hoặc hỗ trợ thông qua các dự án hợp tác mở như CNTT-TT. CNTT-TT đang giúp khoa học khơi gợi đầu vào từ cộng đồng mạng để gắn nhãn, tạo và phân loại dữ liệu thô và tạo liên kết giữa các bộ dữ liệu. CNTT-TT cũng đang tạo cơ hội cho công chúng kết nối mạng tham gia vào các hình thức khám phá mới lạ. Chẳng hạn, bằng cách chơi một trò chơi video - Eyewire - hơn 265 000 người đã giúp các nhà thần kinh học phát triển hàng ngàn bản đồ nơ-ron chi tiết độ sâu, mã hóa màu sắc trên 10 triệu phần tế bào và tạo dữ liệu về chức năng tế bào thần kinh (Đại học Princeton, 2018). Để mở rộng khoa học công dân, và làm tốt nhất, đòi hỏi câu trả lời cho một số câu hỏi. Chúng bao gồm làm thế nào để chia nhỏ các dự án nghiên cứu phức tạp thành các nhiệm vụ song song không phụ thuộc vào việc hiểu toàn bộ dự án. Tài trợ cộng đồng (Crowdfunding) của khoa học cũng đang nổi lên. Nó dường như cung cấp cơ hội cho tài trợ quy mô nhỏ nhưng có ý nghĩa cho các học giả trẻ với các dự án nghiên cứu rủi ro.

Công nghệ kỹ thuật số có thể mang lại lợi ích cho khoa học bằng cách tận dụng đầu vào tập thể theo những cách khác. Ví dụ, nghiên cứu gần đây cho thấy công nghệ kỹ thuật số có thể giúp thu hút sự hiểu biết chung của toàn bộ cộng đồng khoa học để cải thiện việc phân bổ quỹ nghiên cứu công (Hộp 2.1).

## **2.3. Trí tuệ nhân tạo cho khoa học**

AI đang được sử dụng trong tất cả các giai đoạn của quy trình khoa học, từ trích xuất thông tin tự động trong tài liệu khoa học, đến thử nghiệm (ngành dược phẩm thường sử dụng nền tảng thông lượng cao tự động cho thiết kế thuốc), thu thập dữ liệu quy mô lớn và thiết kế thử nghiệm tối ưu hóa. AI đã dự đoán hành vi của các hệ thống hỗn loạn đến các chân trời thời gian xa xôi, giải quyết các vấn đề tính toán phức tạp trong di truyền học, cải

thiện chất lượng hình ảnh thiên văn và giúp khám phá các quy tắc tổng hợp hóa học. Ngày nay, AI thường là chủ đề của các bài báo được công bố trên các tạp chí khoa học uy tín nhất.

AI dưới nhiều hình thức khác nhau đã hỗ trợ nghiên cứu. Vào những năm 1960, chương trình AI DENDRAL đã giúp xác định các cấu trúc hóa học. Vào những năm 1970, một AI được gọi là Nhà toán học tự động đã giúp thực hiện các bằng chứng toán học. Một số phát triển chính giải thích sự gia tăng gần đây của AI và ML. Chúng bao gồm những cải tiến lớn về máy tính và phần mềm AI, tính khả dụng của dữ liệu lớn hơn nhiều và khả năng truy cập của các nhà khoa học vào mã AI nguồn mở (King và Roberts, 2018).

### **Hộp 2.1. Trí tuệ tập thể để giúp phân bổ tài trợ khoa học**

Để giảm chi phí hành chính và cải thiện phân bổ tài trợ, Bollen et al. (2014) đề xuất một hệ thống SOFA hoạt động như thế này: các cơ quan tài trợ sẽ cung cấp cho tất cả các nhà khoa học có trình độ một số tiền cơ bản vô điều kiện và bằng nhau mỗi năm. Các nhà khoa học sau đó sẽ phân phối một tỷ lệ cố định tài trợ của họ cho các đồng nghiệp, những người mà họ cho rằng sẽ sử dụng tiền tốt nhất. Hàng năm, tất cả các nhà khoa học sẽ nhận được một khoản trợ cấp cố định từ cơ quan tài trợ của họ và một khoản tiền được chuyển bởi các đồng nghiệp. Các nhà khoa học có thể đăng nhập vào trang web của cơ quan tài trợ của họ và chỉ cần chọn tên của các nhà khoa học mà họ muốn quyên góp, và cho biết số tiền cho mỗi nhà khoa học.

Khi tài trợ lưu thông giữa các nhà khoa học, nó sẽ phản ánh sở thích tài trợ của toàn bộ cộng đồng khoa học, chứ không phải các bằng đánh giá. Các nhà khoa học được đánh giá cao, những người cũng phân phối một phần cố định số tiền họ nhận được, sẽ có ảnh hưởng lớn hơn đến cách thức tài trợ được phân bổ tổng thể. Đồng thời, bởi vì tất cả các nhà khoa học nhận được một khoản trợ cấp hàng năm vô điều kiện, họ sẽ có sự ổn định và tự chủ hơn để khám phá. Mức tài trợ sẽ điều chỉnh khi nhận thức tập thể về giá trị khoa học và các ưu tiên phát triển. Các nhà khoa học cũng sẽ có động cơ để chia sẻ nghiên cứu vì nếu các đồng nghiệp có ấn tượng tích cực, có thể có nhiều nguồn tài trợ hơn. Ngoài ra, tài trợ cho mọi người thay vì các dự án có thể giúp các nhà khoa học có nhiều tự do hơn để khám phá những hướng nghiên cứu mới.

Các bản phân phối riêng lẻ sẽ ẩn danh (để tránh ảnh hưởng cá nhân) và chịu sự xung đột của các hạn chế về lợi ích. Ví dụ, các nhà khoa học có thể bị cấm quyên góp cho chính họ, tư vấn, đồng nghiệp tại tổ chức của họ, v.v. Bằng cách điều chỉnh các tham số phân phối, các cơ quan tài trợ và chính phủ vẫn có thể nhắm mục tiêu nghiên cứu theo cách thúc đẩy các mục tiêu chính sách, như tài trợ cho các cộng đồng được đại diện. Các hệ thống tài trợ hiện tại cũng có thể liên kết với Hệ thống phân bổ tài trợ tự tổ chức (SOFA) để bổ sung cho đánh giá ngang hàng và duy trì trách nhiệm xã hội.

### *AI có thể kết hợp với các hệ thống robot để thực hiện nghiên cứu khoa học*

Các hệ thống tự động hóa trong phòng thí nghiệm có thể khai thác các kỹ thuật từ AI để thực hiện các chu kỳ thử nghiệm khoa học. Chẳng hạn, một hệ thống sử dụng AI để phân tích các mô hình phân tử với các đặc tính mong muốn. Một robot sau đó kiểm tra dự đoán bằng cách kết hợp vật lý các mẫu hóa học và phân tích kết quả. Những kết quả này

trở thành đầu vào để tiếp tục cải thiện dự đoán của hệ thống. Tự động hóa hỗ trợ AI trong khoa học, đặc biệt là trong các ngành đòi hỏi thử nghiệm chuyên sâu, như sinh học phân tử và kỹ thuật hóa học, có một số lợi ích tiềm năng:

- Khám phá nhanh hơn. Các hệ thống tự động có thể tạo và kiểm tra hàng ngàn giả thuyết.

- Thử nghiệm rẻ hơn. Hệ thống AI có thể chọn các thí nghiệm hiệu quả hơn về chi phí.

- Tăng cường chia sẻ kiến thức/dữ liệu và khả năng tái tạo khoa học. Robot có thể tự động ghi lại các quy trình và kết quả thử nghiệm, cùng với siêu dữ liệu liên quan, không mất thêm chi phí (việc ghi dữ liệu, siêu dữ liệu và quy trình tăng thêm tối đa 15% vào tổng chi phí thử nghiệm của con người).

Những thách thức vẫn tồn tại trong việc sử dụng AI và ML trong khoa học. Các mô hình khoa học được phát triển bởi ML không phải lúc nào cũng có thể giải thích được. Điều này một phần là do ML đặt ra những thách thức chung về khả năng diễn giải. Đó cũng là vì các luật làm nền tảng cho mô hình có nguồn gốc AI / ML có thể phụ thuộc vào kiến thức mà các nhà khoa học chưa sở hữu. Hơn nữa, một số định luật khoa học có thể phức tạp đến mức, nếu được phát hiện bởi hệ thống AI / ML, các chuyên gia vẫn sẽ phải cố gắng để hiểu chúng.

Khi AI đóng vai trò lớn hơn trong khoa học, một số chính sách nhất định sẽ tăng tầm quan trọng. Chúng bao gồm các chính sách ảnh hưởng đến quyền truy cập vào điện toán hiệu năng cao (HPC) (tài nguyên tính toán cần thiết cho một số lĩnh vực nghiên cứu hàng đầu, bao gồm trong AI, có thể cực kỳ tốn kém), các kỹ năng, và truy cập vào dữ liệu (như tiêu chuẩn hóa cho khả năng đọc máy của bộ dữ liệu khoa học). Các chính sách về quyền truy cập dữ liệu không chỉ quan trọng đối với việc đào tạo các hệ thống AI và đối với phạm vi các vấn đề khoa học mà AI có thể vận hành, chúng còn quan trọng đối với khả năng tái tạo. Không có quyền truy cập vào dữ liệu cơ bản, tính hợp lệ của các kết luận được đưa ra bởi các thuật toán phức tạp sẽ bị nghi ngờ. AI trong khoa học cũng đặt ra những câu hỏi mới, ví dụ, máy móc có nên được đưa vào trích dẫn học thuật không? Các hệ thống sở hữu trí tuệ sẽ cần điều chỉnh trong một thế giới mà máy móc có thể phát minh?

### **3. SỐ HÓA VÀ CUỘC CÁCH MẠNG CÔNG NGHIỆP 4.0**

Công nghệ kỹ thuật số là trung tâm của sản xuất tiên tiến. Thuật ngữ được sử dụng rộng rãi “Công nghiệp 4.0” đề cập đến một mô hình mới trong đó tất cả các công đoạn sản xuất được kiểm soát và / hoặc kết nối bằng công nghệ kỹ thuật số. Các công đoạn này bao gồm từ thiết kế sản phẩm, chế tạo và lắp ráp đến kiểm soát quá trình, tích hợp chuỗi cung ứng, nghiên cứu công nghiệp và sử dụng sản phẩm. Các công nghệ công nghiệp 4.0 có thể nâng cao năng suất theo nhiều cách, từ giảm thời gian ngừng hoạt động của máy khi hệ thống thông minh dự đoán nhu cầu bảo trì, đến thực hiện công việc nhanh hơn, chính xác và nhất quán hơn với các robot ngày càng tự chủ, tương tác và rẻ tiền. Các công nghệ sản

xuất kỹ thuật số đang phát triển nhanh chóng. Chẳng hạn, những đôi giày gần đây cho phép in 3D bằng các vật liệu mới như thủy tinh, in chuỗi ADN và thậm chí, gần đây nhất, in trên gel bằng ánh sáng.

Các công nghệ kỹ thuật số mới là rất cần thiết để nâng cao mức sống và ngăn chặn suy giảm tăng năng suất lao động ở nhiều nước xảy ra trong những thập kỷ gần đây. Già hóa dân số nhanh chóng - tỷ lệ phụ thuộc trong OECD sẽ tăng gấp đôi trong 35 năm tới - làm tăng năng suất lao động trở nên cấp bách hơn. Công nghệ kỹ thuật số có thể tăng năng suất theo nhiều cách. Ví dụ, chúng có thể giảm thời gian chết máy, vì các hệ thống thông minh dự đoán nhu cầu bảo trì. Chúng cũng có thể thực hiện công việc nhanh hơn, chính xác và nhất quán hơn với việc triển khai các robot ngày càng tự chủ, tương tác và không tốn kém. Các công nghệ kỹ thuật số mới trong sản xuất cũng sẽ có lợi cho môi trường tự nhiên theo một số cách, ví dụ, sản xuất không có khuyết tật trở nên khả thi trong một số ngành công nghiệp.

### **3.1. Trí tuệ nhân tạo trong sản xuất**

Từ điển tiếng Anh Oxford định nghĩa trí thông minh nhân tạo (AI) là lý thuyết và phát triển hệ thống máy tính có thể thực hiện các nhiệm vụ thông thường đòi hỏi trí thông minh của con người. Hệ thống chuyên gia - một hình thức AI dựa trên kiến thức chuyên gia được lập trình sẵn - đã được sử dụng trong các quy trình công nghiệp trong gần bốn thập kỷ (Zweben và Fox, 1994). Sự phát triển của học sâu sử dụng mạng nơ ron nhân tạo cơ sở chính của những tiến bộ gần đây trong lĩnh vực này. Do đó, AI có thể được áp dụng cho hầu hết các hoạt động công nghiệp - từ tối ưu hóa hệ thống nhiều máy cho đến tăng cường nghiên cứu công nghiệp (Hộp 3.1). Hơn nữa, việc sử dụng AI trong sản xuất sẽ được thúc đẩy bởi các quy trình máy học (ML) tự động có thể giúp các doanh nghiệp, nhà khoa học và người dùng khác sử dụng công nghệ dễ dàng hơn. Đối với AI sử dụng các kỹ thuật học sâu và mạng lưới thần kinh nhân tạo, tiềm năng thương mại lớn nhất cho sản xuất tiên tiến được kỳ vọng trong chuỗi cung ứng, hậu cần và tối ưu hóa quy trình. Bằng chứng khảo sát cho thấy các ngành vận tải và hậu cần, ô tô và công nghệ dẫn đầu về tỷ lệ các công ty áp dụng AI sớm (Küpper et al., 2018).

Ngoài việc sử dụng trực tiếp vào sản xuất, việc sử dụng AI trong hậu cần còn cho phép quản lý đội tàu thời gian thực, đồng thời giảm đáng kể mức tiêu thụ nhiên liệu và các chi phí khác. AI cũng có thể giảm mức tiêu thụ năng lượng trong các trung tâm dữ liệu. Ngoài ra, AI có thể hỗ trợ bảo mật kỹ thuật số. Ví dụ, công ty phần mềm Pivotal đã tạo ra một hệ thống AI nhận biết khi nào văn bản có thể là một phần của mật khẩu, giúp tránh việc phát tán mật khẩu trực tuyến một cách tình cờ. Trong khi đó, Lex Machina đang kết hợp AI và phân tích dữ liệu để thay đổi hoàn toàn vụ kiện bằng sáng chế (Harbert, 2013). Nhiều startup xã hội cũng tự động hóa các nhiệm vụ như lên lịch họp (X.ai), truy xuất dữ liệu và thông tin doanh nghiệp (butter.ai) và quản lý chi phí (Birdly). Cuối cùng, AI đang được kết hợp với các công nghệ khác - như thực tế tăng cường và thực tế ảo - để tăng cường đào tạo lực lượng lao động và hỗ trợ nhận thức.

### Hộp 3.1. Những ứng dụng gần đây của trí tuệ nhân tạo trong sản xuất

Những ví dụ sử dụng AI gần đây trong sản xuất minh họa cho phạm vi rộng của các ngành và quy trình liên quan:

- Trong ngành dược phẩm, AI được thiết lập để trở thành "công cụ khám phá thuốc gốc" vào năm 2027, theo Leo Barella, Trưởng phòng Kiến trúc Doanh nghiệp Toàn cầu tại AstraZeneca. AI trong giai đoạn tiền lâm sàng của khám phá thuốc có nhiều ứng dụng. Chúng bao gồm từ nhận dạng hợp chất và quản lý dữ liệu gen cho đến phân tích dữ liệu an toàn thuốc và tăng cường mô hình hóa trong silico (Mạng tự động thông minh AI, 2018).
- Trong ngành hàng không vũ trụ, Airbus đã triển khai AI để xác định các mô hình trong các vấn đề sản xuất khi chế tạo máy bay A350 mới của mình. Một công nhân có thể gặp phải một khó khăn chưa từng thấy trước đây, nhưng AI, phân tích một khối thông tin theo ngữ cảnh, có thể nhận ra một vấn đề tương tự từ các ca hoặc quy trình khác. Bởi vì AI ngay lập tức đề xuất cách giải quyết các vấn đề sản xuất, thời gian cần thiết để giải quyết sự gián đoạn đã giảm một phần ba (Ransbotham et al., 2017).
- Trong chế tạo chất bán dẫn, một hệ thống AI có thể lắp ráp mạch cho chip máy tính, từng nguyên tử một (Chen, 2018); Landing.ai đã phát triển các công cụ thị giác máy để xác định các khiếm khuyết trong các sản phẩm được sản xuất - chẳng hạn như các linh kiện điện tử - ở quy mô mắt thường không nhìn thấy được.
- Trong ngành công nghiệp dầu mỏ, các robot mang máy ảnh của General Electric kiểm tra bên trong các đường ống dẫn dầu, tìm kiếm các khe nứt siêu nhỏ. Nếu xếp cạnh nhau, hình ảnh này sẽ bao quát 1.000 km<sup>2</sup> mỗi năm. AI kiểm tra các hình ảnh này và cảnh báo các nhà khai thác khi phát hiện ra các lỗi tiềm ẩn (Champaign, 2018).
- Trong khai khoáng, AI được sử dụng để khám phá các mỏ khoáng sản và tối ưu hóa việc sử dụng chất nổ ở mặt mỏ (thậm chí xem xét chi phí nghiền các khối lớn hơn của vật liệu chưa khai thác). Nó cũng được sử dụng để vận hành máy khoan tự động, máy phân loại quặng, máy xúc và xe tải chở hàng. Vào tháng 7 năm 2017, BHP đã chuyển sang sử dụng xe tải hoàn toàn tự trị tại một mỏ ở Tây Úc (Walker, 2017).
- Trong xây dựng, phần mềm tạo ra sử dụng AI để khám phá mọi hoán vị của một bản thiết kế. Nó cho thấy hình dạng và bố trí tòa nhà tối ưu, bao gồm cả thiết kế hệ thống nước và điện. Hơn nữa, nó có thể liên kết thông tin lập thời gian biểu với từng phần xây dựng.
- AI khai thác dữ liệu thí nghiệm trong vài thập kỷ qua để rút ngắn triệt để thời gian cần thiết để khám phá các vật liệu công nghiệp mới, đôi khi từ vài năm xuống còn vài ngày (Chen, 2017).
- AI đang cho phép robot thực hiện các hướng dẫn bằng giọng nói đơn giản từ các nhà khai thác, bao gồm cả các lệnh không lường trước được trong chương trình ban đầu của robot (Dorfman, 2018).
- Cuối cùng, AI đang làm cho khối lượng dữ liệu không thể quản lý được của IoT trở nên hữu ích. Ví dụ, General Electric vận hành một nhà máy ảo, kết nối vĩnh viễn với dữ liệu từ máy móc, để mô phỏng và cải thiện các quy trình sản xuất thậm chí được tối ưu hóa cao. Để cho phép dự đoán bảo trì, AI có thể xử lý dữ liệu âm thanh, video và cảm biến kết hợp và thậm chí cả văn bản về lịch sử bảo trì. Điều này có thể vượt qua hiệu suất của các hoạt động bảo trì truyền thống.

AI cũng có thể tạo ra các ngành công nghiệp hoàn toàn mới dựa trên những đột phá khoa học được kích hoạt bởi AI, giống như việc phát hiện ra cấu trúc ADN (axit deoxyribonucleic) vào những năm 1950 đã dẫn đến một cuộc cách mạng trong công nghệ sinh học công nghiệp và tạo ra giá trị kinh tế rộng lớn - thị trường toàn cầu cho ADN tái tổ hợp công nghệ đã được ước tính khoảng 500 tỷ USD.

### *Áp dụng AI trong sản xuất: những thách thức chính*

Cho đến nay, mặc dù tiềm năng của AI, việc áp dụng nó trong sản xuất còn bị hạn chế. Theo một ước tính, ngay cả trong số các công ty nhận thức về AI, chỉ có khoảng 20% sử dụng một hoặc nhiều công nghệ AI trong các lĩnh vực cốt lõi của doanh nghiệp hoặc ở quy mô (Bughin et al., 2017). Một cuộc khảo sát gần đây hơn của 60 nhà sản xuất Hoa Kỳ với doanh thu hàng năm từ 500 triệu đến 10 tỷ USD mang lại bằng chứng nổi bật hơn về sự khuếch tán hạn chế của AI, cho thấy: Chỉ 5% số người được hỏi đã vạch ra cơ hội AI nằm trong công ty của họ và phát triển một chiến lược rõ ràng để tìm nguồn cung cấp dữ liệu mà AI yêu cầu, trong khi 56% hiện không có kế hoạch thực hiện (Atkinson và Ezell, 2019).

Những thách thức trong việc sử dụng AI trong sản xuất liên quan đến ứng dụng của nó trong các hệ thống cụ thể và việc thu thập và phát triển dữ liệu đào tạo chất lượng cao. Việc sử dụng AI có giá trị cao nhất thường kết hợp các loại dữ liệu đa dạng, chẳng hạn như âm thanh, văn bản và video. Trong nhiều mục đích sử dụng, dữ liệu đào tạo phải được làm mới hàng tháng hoặc thậm chí hàng ngày. Hơn nữa, nhiều ứng dụng công nghiệp vẫn còn khá mới và không phổ thông, hạn chế tính khả dụng của dữ liệu. Ngược lại, các lĩnh vực như tài chính và tiếp thị đã sử dụng AI trong thời gian dài hơn. Không có khối lượng dữ liệu đào tạo lớn, nhiều mô hình AI không chính xác. Một thuật toán được giám sát học tập sâu có thể cần 5.000 ví dụ được gắn nhãn cho mỗi mục và tối đa 10 triệu ví dụ được gắn nhãn để phù hợp với hoạt động của con người (Goodfellow, Bengio và Courville, 2016).

Trong tương lai, những tiến bộ nghiên cứu có thể khiến các hệ thống AI bớt đòi dữ liệu. Chẳng hạn, AI có thể học hỏi từ ít ví dụ hơn hoặc tạo dữ liệu đào tạo mạnh mẽ. Vào năm 2017, chương trình máy tính AlphaGo Zero nổi tiếng đã học chơi Go chỉ bằng cách sử dụng các quy tắc của trò chơi, mà không cần truy vấn dữ liệu bên ngoài. Tuy nhiên, trong các trò chơi dựa trên quy tắc như cờ vua và cờ vây, hiệu suất cao có thể đạt được dựa trên dữ liệu mô phỏng. Nhưng đối với ngành công nghiệp, dữ liệu đào tạo đến từ các quy trình và máy móc trong thế giới thực.

Các nhà khoa học dữ liệu thường trích dẫn chất lượng dữ liệu là rào cản chính để triển khai thành công AI. Dữ liệu công nghiệp có thể được định dạng sai, không đầy đủ, không nhất quán hoặc thiếu siêu dữ liệu. Các nhà khoa học dữ liệu thường sẽ dành 80% thời gian để làm sạch, định hình và ghi nhãn dữ liệu trước khi các hệ thống AI có thể hoạt động. Toàn bộ quá trình đòi hỏi lao động lành nghề, và có thể không bảo đảm thành công. Dữ liệu có thể phải được trích xuất và thống nhất từ các luồng dữ liệu trong các phần khác nhau của một công ty. Dữ liệu khách hàng, ví dụ, có thể được giữ riêng biệt với dữ

liệu chuỗi cung ứng. Kết nối dữ liệu cũng có thể yêu cầu đầu tư CNTT bổ sung. Hơn nữa, một số quy trình có thể đơn giản là thiếu khối lượng dữ liệu cần thiết.

Thêm vào thách thức, các nhà sản xuất có thể có các yêu cầu chính xác cho các hệ thống AI lớn hơn nhiều so với các yêu cầu trong các lĩnh vực khác. Chẳng hạn, mức độ lỗi được chấp nhận trong chức năng tiếp thị dựa trên AI của nhà bán lẻ có thể sẽ không chấp nhận được trong sản xuất chính xác. Hơn nữa, thực hiện các dự án AI liên quan đến một mức độ thử nghiệm. Do đó, có thể khó xác định tỷ lệ hoàn vốn đầu tư (ROI), đặc biệt là khi so sánh với các khoản đầu tư tiêu chuẩn hơn vào phần cứng CNTT-TT. Nhìn chung, các DNVVN có khả năng chịu rủi ro cao hơn các công ty lớn, do đó, sự không chắc chắn về ROI là một trở ngại đặc biệt đối với sự hấp thụ AI trong nhóm doanh nghiệp này.

Các cân nhắc được mô tả ở trên nhấn mạnh tầm quan trọng của các kỹ năng đối với các công ty đang cố gắng áp dụng AI. Tuy nhiên, kỹ năng AI khan hiếm ở khắp mọi nơi. Ngay cả các công ty công nghệ hàng đầu ở Thung lũng Silicon cũng báo cáo tỷ lệ trống cao trong các bộ phận nghiên cứu của họ, do cạnh tranh gay gắt đối với các tài năng liên quan đến AI. Mức lương cao được trả cho các nhà nghiên cứu AI có khả năng phản ánh nhu cầu về các kỹ năng như vậy: OpenAI, một tổ chức phi lợi nhuận, đã trả cho nhà nghiên cứu hàng đầu hơn 1,9 triệu USD vào năm 2016. Tài năng AI cũng di động và tập trung cao. Một ước tính gần đây cho thấy rằng một nửa lực lượng lao động AI ở châu Âu chỉ trong ba quốc gia: Vương quốc Anh, Pháp và Đức (Biểu đồ kinh tế LinkedIn, 2019). Hơn nữa, các dự án AI thường yêu cầu các nhóm đa ngành với sự kết hợp các kỹ năng, có thể là thách thức để tìm kiếm. Và bởi vì nhiều sinh viên tốt nghiệp tài năng về khoa học dữ liệu và ML bị thu hút để làm việc trên các ứng dụng AI mới lạ, hoặc tại biên giới nghiên cứu, việc giữ chân nhân tài trong các công ty công nghiệp có thể là một khó khăn khác. Sự thiếu hụt kỹ năng khó có thể biến mất trong thời gian tới, do cần nhiều năm để đào tạo đầy đủ các chuyên gia AI.

Các công ty phải đối mặt với câu hỏi làm thế nào để truy cập chuyên môn cần thiết để thúc đẩy sử dụng AI. Đối với nhiều công ty, chuyển sang các trường đại học hoặc các tổ chức nghiên cứu công cộng có thể không phải là lựa chọn đầu tiên. Những điều không chắc chắn về sự phù hợp trong hiểu biết về nhu cầu kinh doanh, quyền sở hữu tài sản trí tuệ, khung thời gian hoạt động hoặc các mối quan tâm khác có thể khiến tuyến đường này không hấp dẫn đối với một số công ty. Các công ty có thể chuyển sang các nhà cung cấp dịch vụ tư vấn quản lý, nhưng đối với các DNVVN, các dịch vụ này có thể quá đắt và có thể làm phát sinh mối lo ngại về sự phụ thuộc vào nhà cung cấp dịch vụ. Một số công ty công nghiệp cỡ vừa và lớn hơn đã quyết định tạo ra khả năng AI nội bộ của riêng họ, nhưng con đường này thường giới hạn ở các công ty có nguồn lực tài chính và tài nguyên quan trọng khác. Môi trường tổng thể này nhấn mạnh tầm quan trọng của các tổ chức công cộng hoặc tư nhân, để giúp tăng tốc độ khuếch tán công nghệ.

## *AI: Chính sách cụ thể*

Có lẽ hai lĩnh vực quan trọng nhất mà chính phủ có thể hỗ trợ trong việc tăng cường hỗ trợ AI liên quan đến phát triển kỹ năng, và tài trợ và thực hành hoạt động của các tổ chức để phổ biến công nghệ. Nhiều chính sách khác liên quan nhất đến hậu quả (vẫn chưa chắc chắn) của AI. Chúng bao gồm các chính sách cho cạnh tranh; chính sách kinh tế và xã hội giảm thiểu bất bình đẳng; và các biện pháp ảnh hưởng đến nhận thức của công chúng về AI. Các chính sách được thiết kế tốt cho AI có khả năng mang lại lợi nhuận cao vì AI có thể được áp dụng rộng rãi và tăng tốc đổi mới (Cockburn, Henderson và Stern, 2018). Một số chính sách liên quan - chẳng hạn như những chính sách ảnh hưởng đến kỹ năng - cũng có liên quan đến bất kỳ công nghệ mới nào.

### *Chính phủ có thể giúp các công ty tạo ra giá trị từ dữ liệu của họ*

Nhiều công ty nắm giữ dữ liệu có giá trị, nhưng không sử dụng chúng một cách hiệu quả. Họ có thể thiếu các kỹ năng và kiến thức nội bộ, một chiến lược dữ liệu của công ty hoặc cơ sở hạ tầng dữ liệu, trong số các lý do khác. Đây có thể là trường hợp ngay cả trong các công ty có nguồn tài chính khổng lồ. Ví dụ: theo một số tính toán, chỉ dưới 1% dữ liệu được tạo ra trên các giàn khoan dầu được sử dụng (The economist, 2017).

Tuy nhiên, các nguồn chuyên môn phi công nghiệp - bao gồm nhiều công ty khởi nghiệp AI, trường đại học và các tổ chức khác - có thể tạo ra giá trị từ dữ liệu của các công ty công nghiệp. Để giúp giải quyết sự không phù hợp này, các chính phủ có thể đóng vai trò là chất xúc tác và môi giới trung thực cho quan hệ đối tác dữ liệu. Ngoài các biện pháp khác, họ có thể làm việc với các bên liên quan để phát triển các thỏa thuận mô hình tự nguyện để chia sẻ dữ liệu đáng tin cậy. Ví dụ, Bộ Giao thông Vận tải Hoa Kỳ đã chuẩn bị dự thảo Nguyên tắc Hướng dẫn về Trao đổi Dữ liệu để Tăng tốc Triển khai An toàn cho Xe tự động. Digital Catapult tại Vương quốc Anh cũng có kế hoạch đưa ra các thỏa thuận mẫu cho các doanh nghiệp khởi nghiệp tham gia vào các thỏa thuận chia sẻ dữ liệu (DSA).

### *Các cơ quan chính phủ có thể điều phối và quản lý DSA cho các mục đích AI*

Các DSA hoạt động giữa các công ty, và giữa các công ty và các tổ chức nghiên cứu công. Trong một số trường hợp, tất cả chủ sở hữu dữ liệu sẽ được hưởng lợi từ việc chia sẻ dữ liệu. Tuy nhiên, chủ sở hữu dữ liệu cá nhân thường miễn cưỡng chia sẻ dữ liệu đơn phương - chẳng hạn, nó có thể có tầm quan trọng chiến lược đối với một công ty - hoặc không biết về các cơ hội chia sẻ dữ liệu tiềm năng. Ví dụ, 359 giàn khoan dầu ngoài khơi đã hoạt động ở Biển Bắc và Vịnh Mexico kể từ tháng 1 năm 2018. Dự đoán dựa trên AI về các tai nạn tốn kém có thể xảy ra đối với các giàn khoan dầu sẽ được cải thiện nếu số lượng nhỏ các chủ sở hữu dữ liệu này chia sẻ dữ liệu của họ. Trên thực tế, Hiệp hội Dầu khí Na Uy đã yêu cầu tất cả các thành viên có chiến lược chia sẻ dữ liệu vào cuối năm 2018. Trong những trường hợp như vậy, hành động của chính phủ có thể hữu ích. Một ví dụ khác mà DSAs có thể hữu ích liên quan đến dữ liệu trong chuỗi cung ứng. Các nhà cung cấp linh kiện cho nhà sản xuất thiết bị gốc (OEM) có thể cải thiện sản phẩm bằng cách sử

dụng dữ liệu về cách sản phẩm hoạt động trong sản xuất. Không có DSA, nhà sản xuất thiết bị gốc có thể miễn cưỡng chia sẻ dữ liệu đó, ngay cả khi điều đó có thể mang lại lợi ích cho cả hai bên.

Hoạt động cải tiến mở của Digital Catapult, bổ sung cho DSA mẫu của nó, là một ví dụ về sự phối hợp giữa chủ sở hữu dữ liệu và các đối tác có chuyên môn về phân tích dữ liệu. Pit Stop tập hợp các doanh nghiệp lớn, các nhà nghiên cứu hàn lâm và khởi nghiệp trong các thách thức giải quyết vấn đề hợp tác xung quanh dữ liệu và công nghệ kỹ thuật số. Nhóm nghiên cứu dữ liệu tại Viện Turing, cũng ở Vương quốc Anh, cho phép các tổ chức tư nhân và khu vực công lớn đưa các vấn đề khoa học dữ liệu để phân tích. Sự hợp tác này là cùng có lợi. Các nhà khoa học của Viện nghiên cứu các vấn đề trong thế giới thực bằng cách sử dụng bộ dữ liệu công nghiệp, trong khi các doanh nghiệp thì giải quyết vấn đề của mình và biết được giá trị của dữ liệu của họ.

### *Chính phủ có thể thúc đẩy các sáng kiến dữ liệu mở*

Các sáng kiến dữ liệu mở tồn tại ở nhiều quốc gia, bao gồm các dữ liệu nghiên cứu và hành chính công khác nhau. Để tạo điều kiện cho các ứng dụng AI, dữ liệu công khai phải được đọc bằng máy. Ngoài ra, trong một số trường hợp nhất định, luật bản quyền có thể cho phép khai thác dữ liệu và văn bản. Luật pháp sẽ cần ngăn chặn việc sử dụng AI không dẫn đến việc thay thế các tác phẩm gốc hoặc làm phương hại đến lợi ích hợp pháp của chủ sở hữu bản quyền. Chính phủ cũng có thể thúc đẩy việc sử dụng trao đổi dữ liệu số chia sẻ dữ liệu công và tư vì lợi ích chung. Các sáng kiến dữ liệu mở công khai thường cung cấp quyền truy cập vào dữ liệu hành chính và dữ liệu khác không liên quan trực tiếp đến AI trong các công ty công nghiệp. Tuy nhiên, một số dữ liệu có thể có giá trị cho các công ty, chẳng hạn như dữ liệu kinh tế quốc gia, khu vực hoặc khác liên quan đến dự báo nhu cầu.

### *Bản thân công nghệ có thể cung cấp các giải pháp mới để sử dụng dữ liệu tốt hơn cho mục đích AI*

Chính phủ nên cảnh giác với khả năng sử dụng công nghệ AI trong các sáng kiến dữ liệu mở công khai. Chia sẻ dữ liệu có thể yêu cầu vượt qua một số rào cản thể chế. Ví dụ, chủ sở hữu dữ liệu trong các tổ chức lớn có thể gặp trở ngại đáng kể trước khi nhận được quyền phát hành dữ liệu. Ngay cả với DSA, chủ sở hữu dữ liệu lo lắng rằng dữ liệu có thể không được sử dụng theo các điều khoản của thỏa thuận hoặc dữ liệu khách hàng sẽ được chia sẻ một cách tình cờ. Ngoài ra, một số bộ dữ liệu có thể quá lớn để chia sẻ theo cách thực tế: ví dụ: dữ liệu trong 100 bộ gen của con người có thể tiêu thụ 30 terabyte (30 triệu megabyte).

Sự không chắc chắn về nguồn gốc của dữ liệu đối tác có thể cản trở việc chia sẻ hoặc mua dữ liệu, nhưng các phương pháp đang được phát triển để giải quyết mối quan tâm này và khuyến khích trao đổi dữ liệu an toàn. Ví dụ: Giao thức Đại dương, được tạo bởi Quỹ Giao thức Đại dương phi lợi nhuận, kết hợp blockchain và AI (Ocean Protocol, n.d). Chủ sở hữu dữ liệu có thể được hưởng lợi của việc cộng tác dữ liệu, với toàn quyền kiểm soát

và kiểm toán có thể kiểm chứng. Trong một trường hợp sử dụng, dữ liệu không được chia sẻ hoặc sao chép. Thay vào đó, các thuật toán đi đến dữ liệu cho mục đích đào tạo, với tất cả các công việc trên dữ liệu được ghi trong sổ cái phân tán. Ocean Protocol đang xây dựng một thị trường nguồn mở tham chiếu cho dữ liệu, người dùng có thể thích ứng với nhu cầu của mình để giao dịch dịch vụ dữ liệu một cách an toàn.

### *Chính phủ có thể giúp giải quyết các hạn chế phân cứng cho các ứng dụng AI*

Các doanh nhân AI có thể có kiến thức và nguồn tài chính để phát triển một ý tưởng chứng minh khái niệm (proof-of-concept) cho kinh doanh. Tuy nhiên, họ có thể thiếu chuyên môn và tài nguyên phân cứng cần thiết để xây dựng một công ty AI khả thi. Để giúp giải quyết các vấn đề đó, Digital Catapult triển khai chương trình Machine Intelligence Garage. Nó làm việc với các đối tác trong ngành như nhà sản xuất GPU NVidia, nhà sản xuất đơn vị xử lý thông minh Graphcore và nhà cung cấp đám mây Amazon Web Services và Google Cloud Platform. Cùng nhau, họ cung cấp cho các doanh nghiệp AI giai đoạn đầu quyền truy cập vào năng lực tính toán và chuyên môn kỹ thuật. Các chính sách giải quyết các hạn chế phân cứng trong khởi nghiệp có thể không ảnh hưởng trực tiếp đến các công ty công nghiệp, nhưng chúng có thể định hình tích cực cho hệ sinh thái AI rộng lớn hơn mà các công ty công nghiệp hoạt động.

## **3.2. Blockchain trong sản xuất**

Blockchain - một công nghệ sổ cái phân tán (DLT) - có nhiều ứng dụng tiềm năng trong sản xuất (Hộp 3.2). Blockchain vẫn là một công nghệ chưa trưởng thành và nhiều ứng dụng mới chỉ ở giai đoạn thử nghiệm khái niệm. Sự phát triển trong tương lai của blockchain liên quan đến nhiều ẩn số khác nhau, bao gồm cả các tiêu chuẩn về khả năng tương tác giữa các hệ thống. Tuy nhiên, tương tự như phần mềm trên mạng như một mô hình dịch vụ, các công ty như Microsoft, SAP, Oracle, Hewlett-Packard, Amazon và IBM đã cung cấp blockchain trên mạng như một dịch vụ. Hơn nữa, các tập đoàn như Hyperledger và Ethereum Enterprise Alliance đang phát triển DLT nguồn mở trong một số ngành công nghiệp.

Việc chấp nhận blockchain trong sản xuất tạo ra một số thách thức: blockchain liên quan đến những thay đổi cơ bản trong quy trình kinh doanh, đặc biệt liên quan đến các thỏa thuận và sự tham gia giữa các chủ thể trong chuỗi cung ứng. Khi có nhiều máy tính tham gia, tốc độ giao dịch cũng có thể chậm hơn một số quy trình thay thế (tuy nhiên, các giao thức nhanh hoạt động trên blockchain đang được phát triển). Blockchains là thích hợp nhất khi phân phối, bảo mật, bằng chứng về nguồn và thiết lập một chuỗi cung ứng là ưu tiên. Một thách thức nữa là nhiều sự phát triển blockchain vẫn được phân nhỏ. Do đó, khả năng mở rộng của bất kỳ nền tảng dựa trên blockchain nào - có thể là trong chuỗi cung ứng hoặc dịch vụ tài chính - sẽ phụ thuộc vào việc nó có thể hoạt động với các nền tảng khác hay không.

## *Blockchain: Các chính sách có thể*

Các thử nghiệm chính sách (Regulatory sandboxes) giúp chính phủ hiểu rõ hơn về một công nghệ mới và ý nghĩa quy định của nó. Đồng thời, chúng cho phép ngành công nghiệp thử nghiệm các mô hình kinh doanh và công nghệ mới trong môi trường thực. Các đánh giá tác động của các thử nghiệm chính sách còn ít, chủ yếu tập trung vào Fintech. Chúng đang được phát triển ở các quốc gia khác nhau như Úc, Canada, Indonesia, Nhật Bản, Malaysia, Thụy Sĩ, Thái Lan và Vương quốc Anh. Phạm vi của thử nghiệm chính sách có thể được mở rộng để bao gồm các ứng dụng blockchain trong ngành công nghiệp và các lĩnh vực phi tài chính khác. Việc lựa chọn người tham gia cần tránh làm lợi cho một số công ty bằng chi phí của những người khác.

Bằng cách sử dụng blockchain trong khu vực công, chính phủ có thể nâng cao nhận thức về tiềm năng của blockchain, khi nó cải thiện các công nghệ hiện có. Tuy nhiên, các vấn đề kỹ thuật cần được giải quyết, chẳng hạn như làm thế nào để tin tưởng vào dữ liệu được đặt trên blockchain. Dữ liệu đáng tin cậy có thể cần phải được chứng nhận theo một cách nào đó. Blockchain cũng có thể gây lo ngại cho chính sách cạnh tranh. Ví dụ, một số tập đoàn lớn có thể huy động các tập đoàn để thiết lập các tiêu chuẩn blockchain, ví dụ như quản lý chuỗi cung ứng.

### **Hộp 3.2. Blockchain: Các ứng dụng tiềm năng trong sản xuất**

Bằng cách cung cấp một bản ghi giao dịch phi tập trung, dựa trên sự đồng thuận, bất biến, blockchain có thể biến đổi các khía cạnh quan trọng của sản xuất khi kết hợp với các công nghệ khác. Một số ví dụ được liệt kê dưới đây:

- Một ứng dụng chính của blockchain là theo dõi và truy tìm trong chuỗi cung ứng. Một kết quả có thể là sẽ giảm hàng giả. Chỉ riêng trong ngành công nghiệp xe cơ giới, các công ty đã mất hàng chục tỷ đô la mỗi năm cho các bộ phận giả.
- Blockchain có thể thay thế các yếu tố của hệ thống hoạch định tài nguyên doanh nghiệp. Công ty phần mềm IFS của Thụy Điển đã trình diễn cách blockchain có thể được tích hợp với các hệ thống hoạch định tài nguyên doanh nghiệp trong ngành hàng không. Máy bay thương mại có hàng triệu bộ phận. Mỗi bộ phận phải được theo dõi, và một bản ghi lưu giữ tất cả các công việc bảo trì. Blockchain có thể giúp khắc phục các thất bại trong theo dõi như vậy.
- Blockchain đang được thử nghiệm như một môi trường cho phép mã hóa toàn bộ quá trình thiết kế, truyền và in các tệp thiết kế hỗ trợ máy tính (3D) ba chiều (3D). Mục tiêu là mỗi phần được in thể hiện một bản sắc và bộ nhớ kỹ thuật số duy nhất. Nếu thành công, công nghệ này có thể khuyến khích đổi mới bằng cách sử dụng in 3D, bảo vệ IP và giúp giải quyết vấn đề giả mạo.
- Bằng cách lưu trữ danh tính kỹ thuật số của mọi bộ phận được sản xuất, blockchain có thể cung cấp bằng chứng về việc tuân thủ bảo hành, giấy phép và tiêu chuẩn trong sản xuất, lắp đặt và bảo trì.
- Blockchain có thể tạo ra việc sử dụng hiệu quả hơn các tài sản công nghiệp. Ví dụ: một hồ sơ đáng tin cậy về lịch sử sử dụng cho từng máy và thiết bị sẽ giúp phát triển thị trường thứ cấp cho các tài sản đó.

- Blockchain có thể giúp tiền tệ hóa IoT, xác thực trao đổi dữ liệu dựa trên máy và thực hiện thanh toán vi mô liên quan. Ngoài ra, việc ghi lại các trao đổi thông tin từ máy sang máy có thể dẫn đến việc thể chấp dữ liệu trên mạng. Điều này có thể mang lại cho người cho vay sự an toàn để tài trợ cho chuỗi cung ứng và giúp các nhà cung cấp nhỏ hơn khắc phục tình trạng thiếu vốn lưu động. Bằng cách cung cấp dữ liệu chính xác có thể kiểm chứng qua các quy trình sản xuất và phân phối, blockchain cũng có thể tăng cường phân tích dự đoán.
- Blockchain có thể tự động hóa hơn nữa chuỗi cung ứng thông qua việc thực hiện kỹ thuật số của các hợp đồng thông minh của Wap, dựa trên các nghĩa vụ đã được thỏa thuận trước được xác minh tự động. Ví dụ, Maersk đang làm việc với IBM để thử nghiệm cách tiếp cận dựa trên blockchain cho tất cả các tài liệu được sử dụng trong vận chuyển hàng loạt. Kết hợp với sự phát triển liên tục trong IoT, các hợp đồng thông minh như vậy cuối cùng có thể dẫn đến quyền tự chủ giao dịch hoàn toàn cho nhiều máy.

### 3.3. In 3D

In 3D đang phát triển nhanh chóng, nhờ giá máy in và vật liệu giảm, các đối tượng in chất lượng cao hơn và đổi mới trong phương pháp. Ví dụ, có thể in 3D bằng các vật liệu mới, như thủy tinh, tế bào sinh học và thậm chí cả chất lỏng (được duy trì dưới dạng cấu trúc sử dụng hạt nano). Đầu in cánh tay robot cho phép các đối tượng được in lớn hơn chính máy in, mở đường cho việc xây dựng tự động. Thao tác cảm ứng của các hạt in bằng siêu âm cho phép in các linh kiện điện tử nhạy cảm với tĩnh điện. Máy in 3D lai kết hợp sản xuất phụ gia với gia công và phay điều khiển bằng máy tính. Nghiên cứu cũng đang tiến tới in 3D với các vật liệu được lập trình để thay đổi hình dạng sau khi in.

Hầu hết in 3D được sử dụng để tạo nguyên mẫu, mô hình và công cụ. Hiện nay, in 3D chưa cạnh tranh được về chi phí theo khối lượng với các công nghệ sản xuất hàng loạt truyền thống, chẳng hạn như ép phun nhựa. Việc sử dụng in 3D rộng rãi hơn phụ thuộc vào cách công nghệ phát triển về thời gian in, chi phí, chất lượng, kích thước và lựa chọn vật liệu. Chi phí chuyển đổi từ công nghệ sản xuất hàng loạt truyền thống sang in 3D dự kiến sẽ giảm trong những năm tới khi khối lượng sản xuất tăng lên. Tuy nhiên, rất khó để dự đoán chính xác việc in 3D sẽ lan tỏa nhanh như thế nào. Hơn nữa, chi phí chuyển đổi không giống nhau giữa các ngành công nghiệp và ứng dụng.

#### *In 3D: Chính sách cụ thể*

OECD (2017a) đã kiểm tra các lựa chọn chính sách để tăng cường hiệu ứng in 3D đối với tính bền vững môi trường. Một ưu tiên là khuyến khích các quy trình in năng lượng thấp (ví dụ: sử dụng các quy trình hóa học thay vì nấu chảy vật liệu và tự động chuyển sang trạng thái năng lượng thấp khi máy in không hoạt động). Một ưu tiên khác là sử dụng và phát triển các vật liệu có tác động thấp với các đặc tính cuối đời hữu ích (như vật liệu sinh học có thể phân hủy). Các cơ chế chính sách để đạt được các ưu tiên này bao gồm:

- Nhắm mục tiêu tài trợ hoặc đầu tư để thương mại hóa nghiên cứu theo các hướng này;

- Tạo ra một hệ thống chứng nhận tự nguyện để gắn nhãn máy in 3D với các mức độ bền vững khác nhau trên nhiều đặc điểm, cũng có thể được liên kết với các chương trình mua hàng ưu đãi của chính phủ và các tổ chức lớn khác.

Đảm bảo sự rõ ràng về mặt pháp lý về quyền SHTT đối với in 3D các linh kiện không còn được sản xuất cũng có thể mang lại lợi ích môi trường. Ví dụ, một máy giặt không còn sản xuất có thể bị vứt bỏ vì một bộ phận bị hỏng. Một tệp thiết kế CAD cho bộ phận yêu cầu có thể giữ cho máy hoạt động. Tuy nhiên, hầu hết các CAD là độc quyền. Một giải pháp sẽ là khuyến khích quyền cho các bên thứ ba in các bộ phận thay thế cho sản phẩm, với tiền bản quyền được trả cho các nhà sản xuất sản phẩm gốc.

Chính phủ có thể giúp phát triển kiến thức cần thiết cho in 3D tại biên giới sản xuất. Bonin-Roca et al. (2016) quan sát nhiều ứng dụng tiềm năng cho sản xuất đắp dần dựa trên kim loại (MAM) trong hàng không thương mại. Tuy nhiên, MAM là một công nghệ tương đối mới. Các quy trình chế tạo tại biên giới công nghệ vẫn chưa được tiêu chuẩn hóa, và hàng không đòi hỏi các tiêu chuẩn chất lượng và an toàn cao. Ngành hàng không sẽ có lợi nếu các tính chất cơ học của các bộ phận được in ở bất kỳ hình dạng nào, sử dụng bất kỳ nguyên liệu cụ thể nào trên bất kỳ máy MAM cụ thể nào, đều có thể được dự đoán chính xác và nhất quán. Điều này cũng sẽ giúp thương mại hóa công nghệ MAM. Chính phủ có thể giúp phát triển kiến thức cần thiết. Cụ thể, khu vực công có thể hỗ trợ khoa học cơ bản, đặc biệt là bằng cách tài trợ và quản lý cơ sở dữ liệu được quản lý trên các thuộc tính của vật liệu. Chính phủ có thể dàn xếp các DSA cho những người dùng công nghệ MAM, phòng thí nghiệm của chính phủ và học viện. Nó có thể hỗ trợ phát triển các tiêu chuẩn sản xuất và thử nghiệm độc lập. Và nó có thể giúp định lượng những lợi thế của việc áp dụng công nghệ mới bằng cách tạo ra một nền tảng ghi lại những trải nghiệm của người dùng ban đầu.

Bonin-Roca et al. (2016) đề xuất các chính sách như vậy đối với Hoa Kỳ, quốc gia dẫn đầu toàn cầu trong các hệ thống sản xuất 3D công nghiệp được lắp đặt và sản xuất hàng không vũ trụ. Tuy nhiên, những ý tưởng tương tự có thể áp dụng cho các quốc gia và ngành công nghiệp khác. Những ý tưởng này cũng minh họa cách thức các cơ hội chính sách có thể nảy sinh từ sự hiểu biết cụ thể về các công nghệ mới nổi và việc sử dụng tiềm năng của chúng. Chính phủ cần cố gắng phát triển chuyên môn về các công nghệ mới nổi trong các tổ chức công có liên quan. Điều này sẽ giúp dự đoán các nhu cầu có thể nhưng khó có thể thấy trước đối với quản lý công nghệ.

### **3.4. Vật liệu mới và công nghệ nano**

Các nhà khoa học đang nghiên cứu các vật liệu một cách chi tiết hơn bao giờ hết, nhờ những tiến bộ trong thiết bị khoa học, chẳng hạn như kính hiển vi lực nguyên tử và sự phát triển trong mô phỏng tính toán. Ngày nay, các vật liệu với các thuộc tính hoàn toàn mới lạ đang xuất hiện. Ví dụ, chất rắn đã được tạo ra với mật độ tương đương với mật độ của không khí. Vật liệu tổng hợp có thể siêu khò và nhẹ. Một số vật liệu ghi nhớ hình dạng

của chúng, tự sửa chữa hoặc tự lắp ráp thành các bộ phận, trong khi những vật liệu khác có thể phản ứng với ánh sáng và âm thanh (The economist, 2015).

Thời đại của thử nghiệm và sửa lỗi trong phát triển vật liệu cũng kết thúc. Mô hình hóa máy tính mạnh mẽ và mô phỏng cấu trúc và tính chất của vật liệu có thể chỉ ra cách chúng có thể được sử dụng trong các sản phẩm. Các đặc tính mong muốn, chẳng hạn như độ dẫn điện và khả năng chống ăn mòn, có thể được thiết kế có chủ ý cho các vật liệu mới. Năng lực tính toán tốt hơn dẫn đến sự phát triển nhanh hơn các vật liệu mới và cải tiến, nhanh chóng đưa vật liệu vào các sản phẩm mới và các quy trình và sản phẩm được cải tiến. Trong tương lai gần, các kỹ sư sẽ không chỉ thiết kế các sản phẩm mà còn cả các vật liệu tạo nên sản phẩm. Hơn nữa, các công ty lớn sẽ ngày càng cạnh tranh về phát triển vật liệu. Ví dụ, một nhà sản xuất động cơ ô tô với thiết kế vượt trội có thể tận hưởng lợi thế cạnh tranh lâu hơn nếu họ cũng sở hữu vật liệu chế tạo động cơ.

Liên quan chặt chẽ với các vật liệu mới, công nghệ nano bao gồm khả năng làm việc với các hiện tượng và các quá trình xảy ra ở mức từ 1 đến 100 nanomet (nm) (một tờ giấy tiêu chuẩn dày khoảng 100 000 nm). Kiểm soát vật liệu ở cấp độ nano - làm việc với các đơn vị chức năng nhỏ nhất của chúng - là một công nghệ có mục đích chung với các ứng dụng trong quá trình sản xuất. Vật liệu nano tiên tiến ngày càng được sử dụng nhiều trong sản xuất các sản phẩm công nghệ cao, ví dụ để đánh bóng các thành phần quang học.

#### *Vật liệu mới và công nghệ nano: Chính sách cụ thể*

Không một công ty hay tổ chức nào có thể sở hữu toàn bộ mảng công nghệ liên quan đến đổi mới sáng tạo vật liệu. Theo đó, một mô hình đầu tư công - tư được bảo đảm, đặc biệt là xây dựng cơ sở hạ tầng vật chất không gian mạng và đào tạo lực lượng lao động trong tương lai.

Các vật liệu mới sẽ phát sinh các vấn đề chính sách mới và sự tập trung mới đối với nhiều mối quan tâm chính sách lâu dài. Rủi ro bảo mật kỹ thuật số mới có thể phát sinh. Ví dụ, một quy trình sản xuất vật liệu dựa trên mô phỏng máy tính có thể bị hack. Tiến bộ trong các vật liệu mới cũng đòi hỏi chính sách hiệu quả trong các lĩnh vực quan trọng, thường liên quan đến giao diện hợp tác khoa học-công nghiệp. Ví dụ, cần các chính sách được thiết kế tốt cho dữ liệu mở và khoa học mở. Các chính sách này có thể tạo điều kiện chia sẻ hoặc trao đổi các công cụ mô hình hóa và dữ liệu thử nghiệm và mô phỏng cấu trúc của vật liệu, ngoài các khả năng khác.

Các hiệp hội chuyên nghiệp đang phát triển một cơ sở hạ tầng thông tin vật liệu để cung cấp hỗ trợ quyết định cho các quá trình khám phá vật. Điều này bao gồm cơ sở dữ liệu về hành vi của vật liệu, biểu diễn kỹ thuật số của các cấu trúc vi mô của vật liệu và các mối quan hệ thuộc tính cấu trúc - dự đoán và các tiêu chuẩn dữ liệu liên quan. Sự phối hợp chính sách quốc tế là cần thiết để hài hòa và kết hợp các yếu tố của cơ sở hạ tầng thực-ảo giữa châu Âu, Bắc Mỹ và châu Á. Sẽ quá tốn kém (và không cần thiết) để làm lại các tài nguyên có thể được truy cập thông qua các dịch vụ web. Văn hóa chia sẻ dữ liệu là bắt buộc, đặc biệt là dữ liệu cạnh tranh.

Các công cụ tinh vi và đắt tiền cũng cần thiết cho nghiên cứu về công nghệ nano. Thiết bị hiện đại có giá hàng triệu USD và thường yêu cầu các tòa nhà thiết kế riêng. Hầu như không thể tập trung một cơ sở hạ tầng NC&PT công nghệ nano bao gồm tất cả trong một viện, hoặc thậm chí là một khu vực duy nhất. Do đó, công nghệ nano đòi hỏi sự hợp tác giữa các tổ chức và / hoặc quốc tế để đạt được tiềm năng đầy đủ của nó. Các chương trình NC&PT được tài trợ công sẽ cho phép sự tham gia của các viện nghiên cứu và khu vực công nghiệp từ các quốc gia khác. Họ cũng nên được phép hợp tác linh hoạt giữa các đối tác phù hợp nhất. Sáng kiến hợp tác toàn cầu theo chương trình Horizon 2020 của Liên minh châu Âu là một ví dụ về phương pháp này.

Đổi mới sáng tạo và thương mại hóa trong các công ty nhỏ cần được hỗ trợ. NC&PT công nghệ nano chủ yếu được thực hiện bởi các công ty lớn vì ba lý do. Thứ nhất, họ có đủ quy mô NC&PT và sản xuất. Thứ hai, họ có thể sở hữu và vận hành các thiết bị đắt tiền. Thứ ba, họ có khả năng tiếp cận và sử dụng kiến thức bên ngoài tốt hơn. Các nhà hoạch định chính sách có thể cải thiện khả năng tiếp cận thiết bị của các DNVVN bằng cách tăng quy mô tài trợ nghiên cứu của các DNVVN; trợ cấp hoặc miễn phí dịch vụ; và/hoặc cung cấp cho các DNVVN các chứng từ sử dụng thiết bị.

Những bất ổn về quy định liên quan đến đánh giá rủi ro và phê duyệt các sản phẩm hỗ trợ công nghệ nano cũng phải được giải quyết, lý tưởng thông qua hợp tác quốc tế. Những sự không chắc chắn này cản trở nghiêm trọng việc thương mại hóa những đổi mới sáng tạo công nghệ nano. Các chính sách cần hỗ trợ xây dựng các hướng dẫn minh bạch và kịp thời để đánh giá rủi ro của các sản phẩm hỗ trợ công nghệ nano.

## **4. NHỮNG VẤN ĐỀ CHÍNH SÁCH XUYÊN SUỐT CHỌN LỌC**

Phần này đề cập đến các chính sách xuyên suốt liên quan đến tất cả các công nghệ kỹ thuật số được mô tả ở trên. Các vấn đề bao gồm phổ biến công nghệ, kết nối và dữ liệu, quy trình thiết lập tiêu chuẩn, kỹ năng số, tiếp cận và nhận thức về điện toán hiệu năng cao (HPC), hệ thống IP và hỗ trợ công cho NC&PT.

### **4.1. Phổ biến công nghệ**

Hầu hết các quốc gia, khu vực và công ty chủ yếu là những người sử dụng công nghệ, thay vì các nhà sản xuất công nghệ. Đối với họ, phổ biến và áp dụng công nghệ cần được ưu tiên. Ngay cả ở các nền kinh tế tiên tiến nhất, việc phổ biến công nghệ vẫn có thể chậm hoặc triển khai một phần. Ví dụ, một cuộc khảo sát với 4.500 doanh nghiệp Đức năm 2015 cho thấy chỉ có 4% đã thực hiện các quy trình sản xuất được số hóa và nối mạng hoặc lên kế hoạch để thực hiện (ZEW-IKT, 2015). Tương tự, một cuộc khảo sát các nhà sản xuất nhỏ và vừa tại Hoa Kỳ năm 2017 cho thấy 77% không có kế hoạch triển khai IoT (Sikich, 2017).

Các chính sách mở rộng phổ biến công nghệ không chỉ giúp tăng tốc độ tăng năng suất lao động, mà còn có thể làm giảm bất bình đẳng về tốc độ tăng lương. Các nhà hoạch định chính sách có xu hướng thừa nhận tầm quan trọng của việc phổ biến công nghệ ở mức cao.

Một số tính năng của công nghệ kỹ thuật số mới có thể làm cho việc phổ biến trở nên khó khăn hơn. Người dùng công nghệ tiềm năng thường phải đánh giá lượng thông tin lớn và ngày càng tăng về các công nghệ thay đổi nhanh chóng, các kỹ năng và các đầu vào khác mà họ yêu cầu. Ngay cả bước đầu tiên của việc thu thập dữ liệu cảm biến cũng có thể làm họ nản chí. Ví dụ, một nhà máy công nghiệp điển hình có thể chứa nhiều loại máy móc từ các nhà sản xuất khác nhau. Đổi lại, những thứ này có thể có hệ thống điều khiển và tự động hóa từ các nhà cung cấp khác nhau, tất cả đều hoạt động với các tiêu chuẩn liên lạc khác nhau. Và trong khi nhiều công nghệ sản xuất kỹ thuật số trước đó đã tăng cường các quy trình có sẵn, blockchain có thể đòi hỏi phải thiết kế lại các mô hình kinh doanh khó khăn hơn.

### *Phổ biến trong các DNVVN có những khó khăn riêng*

Một vấn đề quan trọng đối với các tổ chức liên quan đến phổ biến công nghệ là các DNVVN có xu hướng sử dụng các công nghệ then chốt ít thường xuyên hơn so với các doanh nghiệp lớn hơn. Ví dụ, ở châu Âu, 36% các công ty được khảo sát với 50-249 nhân viên sử dụng robot công nghiệp, so với 74% các công ty có từ 1.000 nhân viên trở lên (Fraunhofer, 2015). Chỉ 16% các DNVVN ở Châu Âu chia sẻ dữ liệu chuỗi cung ứng điện tử, so với 29% của các doanh nghiệp lớn. Mô hình sử dụng công nghệ khác biệt này phản ánh trực tiếp sự sẵn có của các kỹ năng. Chẳng hạn, chỉ có khoảng 15% các DNVVN ở Châu Âu sử dụng các chuyên gia về CNTT-TT, so với 75% của các doanh nghiệp lớn (EC, 2017).

Điều quan trọng là hệ thống hóa thông tin quan trọng cho các DNVVN. Một số quốc gia đã phát triển các công cụ để giúp các DNVVN chuyển đổi bằng công nghệ. Sáng kiến Công nghiệp 4.0 của Đức đã ghi nhận hơn 300 trường hợp sử dụng các ứng dụng của công nghệ kỹ thuật số, bao gồm cả các liên hệ với các chuyên gia ([www.plattform-i40.de](http://www.plattform-i40.de)). Ủy ban Mayfield 2017 của Vương quốc Anh đã tạo ra một công cụ tự đánh giá trực tuyến, cung cấp cho các công ty một chuẩn mực so với thực tiễn tốt nhất, với các hướng dẫn về các hành động hỗ trợ. Thông tin được cung cấp thông qua các sáng kiến như vậy cũng cần bao gồm AI.

Đặc biệt hữu ích là thông tin về lợi tức đầu tư dự kiến (ROI) trong các công nghệ mới, cũng như thông tin về các thay đổi quy trình và tổ chức bổ sung thiết yếu. Các quyết định đầu tư cũng có thể phải bao gồm các cân nhắc chiến lược như nhu cầu duy trì khả thi trong chuỗi cung ứng trong tương lai.

Do các kỹ năng tiếp thu thông tin ở nhiều DNVVN còn yếu, nên chỉ cung cấp thông tin về công nghệ là không đủ. Chỉ dẫn các nguồn đáng tin cậy về chuyên môn của các DNVVN có thể giúp ích. Ví dụ, Chương trình Kỹ thuật số dành cho các DNVVN, TechDepot của Singapore cung cấp danh sách các giải pháp dịch vụ và công nghệ kỹ thuật số trước khi được phê duyệt phù hợp với các DNVVN. Phát triển kỹ năng mục tiêu cũng hữu ích. Chẳng hạn, Tooling U-SME - một tổ chức phi lợi nhuận của Mỹ thuộc sở hữu của Hiệp hội kỹ sư chế tạo - cung cấp đào tạo và học nghề sản xuất công nghiệp trực tuyến.

Cơ sở thử nghiệm cũng có thể cung cấp cho các DNVVN các cơ sở để thử nghiệm các kết hợp mới của thiết bị kỹ thuật số và các thiết bị khác. Bằng cách này, họ có thể giảm rủi ro đầu tư trong tương lai.

*Phổ biến đòi hỏi các điều kiện để hỗ trợ tạo ra các doanh nghiệp khởi nghiệp theo định hướng tăng trưởng và phân bổ hiệu quả các nguồn lực kinh tế*

Bằng cách đảm bảo các điều kiện như thủ tục phá sản kịp thời và thực thi mạnh mẽ hợp đồng, chính phủ có thể hỗ trợ việc tạo ra các doanh nghiệp. Gia tăng sự gia nhập và tăng trưởng của công ty mới là rất quan trọng để phổ biến công nghệ. Nghiên cứu của OECD đã nhấn mạnh vai trò của các công ty mới và trẻ trong việc tạo việc làm ròng và đổi mới căn bản. Không bị ràng buộc bởi các hệ thống cũ, các công ty khởi nghiệp thường giới thiệu các hình thức tổ chức mà các công nghệ mới yêu cầu. Chẳng hạn, máy phát điện lần đầu tiên được thương mại hóa vào giữa những năm 1890 trong cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ hai. Phải mất gần bốn thập kỷ, và một làn sóng hoạt động đầu tư và khởi nghiệp trong thập niên 1920, trước khi các nhà máy được tổ chức lại một cách thích hợp đã trở nên phổ biến và năng suất tăng lên (David, 1990).

Phân tích gần đây của OECD về các quy trình phân bổ kinh tế vi mô nhấn mạnh tầm quan trọng của các điều kiện khung kinh tế và quản lý có lợi cho sản xuất tiên phong. Chúng bao gồm thị trường sản phẩm cạnh tranh và thị trường lao động linh hoạt. Chi phí thấp để bắt đầu và đóng cửa một doanh nghiệp cũng rất quan trọng. Hơn nữa, sự cởi mở đối với đầu tư và thương mại trực tiếp nước ngoài cung cấp một phương tiện để phổ biến công nghệ và khuyến khích áp dụng công nghệ. Tất cả những điều kiện như vậy tạo thuận lợi cho phân bổ nguồn lực hiệu quả, giúp các công ty hiện hữu và các công ty khởi nghiệp áp dụng các công nghệ mới và phát triển.

Một số yếu tố bổ sung có thể hỗ trợ phổ biến công nghệ bao gồm sự cởi mở với lao động lành nghề di động quốc tế và tích cực trao đổi kiến thức giữa các nền kinh tế. Một trao đổi quan trọng là sự tương tác giữa các tổ chức khoa học và doanh nghiệp.

*Các tổ chức phổ biến cũng có thể có hiệu quả nếu được thiết kế tốt*

Ngoài việc tạo ra các điều kiện khung, các tổ chức hiệu quả để phổ biến công nghệ cũng rất quan trọng. Các hệ thống đổi mới luôn luôn chứa nhiều nguồn phổ biến công nghệ, chẳng hạn như các trường đại học và xã hội chuyên nghiệp. Shapira và Youtie (2017) đưa ra một kiểu các tổ chức phổ biến, bao gồm từ các trung tâm công nghệ ứng dụng (ví dụ: Viện Fraunhofer ở Đức) đến các cơ chế công nghệ mở (ví dụ: Đăng ký khởi kiến thiết sinh học của các bộ phận sinh học tiêu chuẩn). Một số tổ chức có liên quan, chẳng hạn như dịch vụ hỗ trợ kỹ thuật, có xu hướng nhận được mức độ ưu tiên thấp trong bộ biện pháp hỗ trợ đổi mới tiêu chuẩn. Nhưng chúng có thể hiệu quả nếu được thiết kế tốt. Ví dụ, gần đây, Đối tác mở rộng sản xuất của Hoa Kỳ đã được ước tính thu được 14,5 USD cho mỗi đô la tiền tài trợ của liên bang.

Các sáng kiến phổ biến mới đang xuất hiện, một số trong đó vẫn đang thử nghiệm. Ví dụ, bên cạnh các trung tâm công nghệ ứng dụng được thành lập, như Viện Fraunhofer, các cách tiếp cận dựa trên quan hệ đối tác đang gia tăng. Một ví dụ là Mạng lưới đổi mới sản xuất quốc gia Hoa Kỳ (NNMI). NNMI sử dụng các tổ chức phi lợi nhuận tư nhân làm trung tâm của một mạng lưới các công ty và tổ chức đại học để phát triển các tiêu chuẩn và nguyên mẫu trong các lĩnh vực như in 3D và sản xuất và thiết kế kỹ thuật số.

*Các tổ chức phổ biến công nghệ cần có mục tiêu thực tế và mốc thời gian*

Nâng cấp khả năng của các cộng đồng sản xuất để hấp thụ các công nghệ sản xuất mới cần có thời gian. Phổ biến hiệu quả hơn khi các tổ chức phổ biến công nghệ được trao quyền và nguồn lực để có tầm nhìn dài hạn hơn. Tương tự, các số liệu đánh giá nên nhấn mạnh phát triển năng lực dài hạn hơn là kết quả gia tăng và tạo doanh thu.

Việc giới thiệu những cách mới để phổ biến công nghệ cần phải thử nghiệm. Tuy nhiên, nhiều chính phủ muốn kết quả nhanh chóng và không có rủi ro. Hoạch định chính sách cân bằng chứng đánh giá tốt hơn và sẵn sàng thử nghiệm các thiết kế và thực tiễn của tổ chức. Những lo ngại về trách nhiệm giải trình của chính phủ kết hợp với ngân sách nghèo nàn ở nhiều nền kinh tế có thể có nghĩa là các tổ chức không muốn chấp nhận rủi ro, làm chậm sự xuất hiện của các tổ chức thể hệ mới để phổ biến công nghệ.

## **4.2. Chính sách về kết nối và dữ liệu**

Mạng băng rộng là điều cần thiết cho Công nghiệp 4.0, chúng giảm chi phí truy cập thông tin và mở rộng phương tiện để chia sẻ dữ liệu và kiến thức. Bằng cách này, chúng giúp phát triển các hàng hóa, dịch vụ và mô hình kinh doanh mới và tạo điều kiện cho nghiên cứu. Các ưu tiên chính sách trong lĩnh vực này bao gồm tiếp tục tăng cường truy cập vào các mạng băng rộng tốc độ cao, bao gồm cả ở vùng nông thôn và vùng sâu vùng xa. Cáp quang có tầm quan trọng đặc biệt đối với Công nghiệp 4.0 (Hộp 4.1).

Các chính sách để thúc đẩy cạnh tranh và đầu tư tư nhân, cũng như quản lý độc lập và dựa trên bằng chứng, đã giúp mở rộng phạm vi. Khi các lực lượng thị trường không thể hoàn thành tất cả các mục tiêu chính sách, chính phủ có thể đáp ứng bằng một loạt các công cụ. Chúng có thể bao gồm đấu thầu cạnh tranh công khai để triển khai cơ sở hạ tầng, nghĩa vụ pháp lý đối với các nhà khai thác và trợ cấp cho các mạng băng rộng quốc gia và thành phố.

Các biện pháp khác bao gồm thúc đẩy các thỏa thuận và sáng kiến truy cập mở để giảm chi phí triển khai. Sự phát triển công nghệ cũng có khả năng mở rộng cơ hội cung cấp dịch vụ ở những khu vực thiếu quan sát. Ví dụ, băng thông rộng có thể được phân phối thông qua các "Vùng trắng", những khoảng trống trong phổ vô tuyến giữa các kênh truyền hình kỹ thuật số mặt đất.

#### Hộp 4.1. Tầm quan trọng của cáp quang đối với Công nghiệp 4.0

Kết nối cáp quang rất quan trọng đối với Công nghiệp 4.0 và có nhiều lợi thế so với Internet dựa trên cáp đồng. Cáp quang cung cấp tốc độ nhanh hơn, với phạm vi trên hiện tại là 100 gigabyte mỗi giây. Nó cung cấp truy cập nhanh hơn vào thông tin được lưu trữ trên đám mây điện toán, cùng với độ tin cậy, cường độ tín hiệu và băng thông lớn hơn. Độ trễ thấp hơn của nó rất quan trọng đối với nhiều máy điều khiển kỹ thuật số, sự hợp tác giữa các nhân viên và cung cấp các công nghệ mới như haptics (tái tạo cảm giác từ xa). Nó cải thiện an ninh do tín hiệu bị mất trong quá trình vi phạm cáp quang, chống lại sự can thiệp. Hơn nữa, mạng 5G dựa vào kết nối sợi quang.

Tăng cường niềm tin vào các dịch vụ kỹ thuật số là rất quan trọng đối với việc chia sẻ dữ liệu và sự phát triển của băng thông rộng. Công nghiệp 4.0 cũng tạo ra những rủi ro có thể làm xói mòn lợi ích nhận thức của các công nghệ kỹ thuật số. Mặc dù thách thức để đo lường, các sự cố an ninh kỹ thuật số dường như đang gia tăng về độ tinh vi, tần suất và ảnh hưởng. Trong một sự cố năm 2014, tin tặc đã xâm phạm các máy tính văn phòng của một nhà máy thép của Đức và áp đảo các cơ chế ngừng hoạt động trên lò cao của nhà máy thép.

Những sự cố như vậy ảnh hưởng đến uy tín và khả năng cạnh tranh của các công ty. Chúng cũng áp đặt chi phí đáng kể cho toàn bộ nền kinh tế, hạn chế các cơ hội kinh doanh và ứng dụng CNTT-TT. Các giải pháp bảo mật kỹ thuật số mới đang nổi lên. Ví dụ, trong mã hóa đồng cấu trúc, dữ liệu luôn được mã hóa, ngay cả khi được tính toán trên đám mây điện toán. Nhưng cuộc đua công nghệ giữa tin tặc và mục tiêu của chúng là không ngừng. Và các DNVVN cần phải tiếp thu hoặc cải thiện thực hành quản lý rủi ro an ninh kỹ thuật số của họ.

#### *Tránh hạn chế dòng dữ liệu xuyên biên giới*

Nghiên cứu bắt đầu chỉ ra rằng việc hạn chế luồng dữ liệu có thể dẫn đến mất cơ hội thương mại và đầu tư, chi phí cao hơn của đám mây và các dịch vụ công nghệ thông tin khác, năng suất kinh tế thấp hơn và giảm tăng trưởng tổng sản phẩm trong nước. Sản xuất tạo ra nhiều dữ liệu hơn bất kỳ lĩnh vực nào khác của nền kinh tế. Các luồng dữ liệu xuyên biên giới dự kiến sẽ tăng nhanh hơn tốc độ tăng trưởng trong thương mại thế giới. Hạn chế các luồng như vậy, hoặc làm cho chúng đắt hơn, chẳng hạn, bằng cách bắt buộc các công ty xử lý dữ liệu khách hàng tại địa phương, có thể làm tăng chi phí của các công ty và tăng sự phức tạp trong kinh doanh, đặc biệt là cho các DNVVN.

#### *Quyền di chuyển dữ liệu pháp lý cho các công ty?*

Vào tháng 4 năm 2016, Quy định bảo vệ dữ liệu chung của Liên minh châu Âu đã thiết lập quyền đối với tính di động đối với dữ liệu cá nhân. Một số công ty, chẳng hạn như Siemens và GE, đang cạnh tranh vị trí dẫn đầu trong các nền tảng trực tuyến cho IoT. Khi tiến hành số hóa, các nền tảng như vậy sẽ trở thành kho lưu trữ dữ liệu kinh doanh ngày càng quan trọng. Nếu các công ty có quyền di động đối với dữ liệu phi cá nhân, sự cạnh tranh giữa các nền tảng có thể tăng lên và chi phí chuyển đổi cho các công ty có thể giảm.

#### *Các khung để bảo vệ dữ liệu cảm biến phi cá nhân*

Việc bảo vệ dữ liệu do máy tạo ra có thể sẽ trở thành một vấn đề ngày càng tăng khi Công nghiệp 4.0 phát triển. Điều này là do các cảm biến đang trở nên phổ biến, có khả

năng hơn, ngày càng được liên kết với tính toán nhúng và được sử dụng để truyền khối lượng lớn dữ liệu máy thường xuyên quan trọng. Các máy đơn lẻ có thể chứa nhiều bộ phận được sản xuất bởi các nhà sản xuất khác nhau, mỗi bộ được trang bị cảm biến thu thập, tính toán và truyền dữ liệu. Những phát triển này đặt ra câu hỏi pháp lý và quy định. Chẳng hạn, các điều khoản đặc biệt cần thiết để bảo vệ dữ liệu trong chuỗi giá trị từ bên thứ ba? Những pháp nhân nào nên có quyền sở hữu dữ liệu do máy tạo ra trong những điều kiện nào? Và, những quyền nào để sở hữu dữ liệu có giá trị nên tồn tại trong các trường hợp mất khả năng thanh toán của doanh nghiệp?

### *Tăng niềm tin vào điện toán đám mây*

Điện toán đám mây là một công nghệ khác có thể cần chính sách quản lý. Sử dụng đám mây có thể mang lại hiệu quả đạt được cho các công ty. Và Công nghiệp 4.0 sẽ yêu cầu chia sẻ dữ liệu gia tăng trên các trang web và ranh giới công ty. Do đó, dữ liệu máy tính và phân tích dữ liệu và thậm chí giám sát và hệ thống kiểm soát sẽ ngày càng được nằm trong đám mây. Đám mây cũng sẽ cho phép các dự án AI độc lập bắt đầu nhỏ và mở rộng quy mô theo yêu cầu. Thật vậy, nhà khoa học AI trưởng của Google, Fei-Fei Li, gần đây đã lập luận rằng điện toán đám mây sẽ dân chủ hóa AI.

Chính phủ có thể hành động để tăng niềm tin vào đám mây và kích thích áp dụng đám mây. Việc sử dụng điện toán đám mây trong sản xuất rất khác nhau giữa các quốc gia OECD. Ví dụ, ở Phần Lan, 69% các nhà sản xuất sử dụng đám mây so với khoảng 15% ở Đức. Các công ty ở các quốc gia nơi sử dụng điện toán đám mây thấp thường gây ra lo ngại về bảo mật dữ liệu và sự không chắc chắn về việc đặt dữ liệu trong các máy chủ ngoài lãnh thổ. Tuy nhiên, sử dụng đám mây có thể mang lại sự bảo mật dữ liệu tăng lên, đặc biệt là đối với các DNVVN. Ví dụ: Amazon Web Services, công ty dẫn đầu thị trường, cung cấp hơn 1.800 kiểm soát bảo mật. Điều này mang đến một mức độ bảo mật dữ liệu vượt xa những gì hầu hết các công ty có thể tự cung cấp. Chính phủ có thể thực hiện các bước để giúp các DNVVN hiểu rõ hơn về ý nghĩa kỹ thuật và pháp lý của các hợp đồng dịch vụ đám mây, bao gồm việc cung cấp thông tin về phạm vi và nội dung của các chương trình chứng nhận phù hợp cho khách hàng điện toán đám mây.

### **4.3. Phát triển kỹ năng số**

Công nghệ kỹ thuật số tạo ra nhu cầu kỹ năng mới. Các chức danh nghề nghiệp gần đây như "nhà khoa học dữ liệu công nghiệp", và "nhà khoa học tin sinh học", phản ánh những thay đổi theo hướng công nghệ trong nhu cầu kỹ năng. Các cá nhân cần các kỹ năng cơ bản cần thiết để áp dụng các công nghệ kỹ thuật số mới. Việc thiếu các kỹ năng phân tích chung và các kỹ năng tiên tiến đang cản trở việc áp dụng công nghệ. Chẳng hạn, các cuộc khảo sát cho thấy sự thiếu hụt các chuyên gia dữ liệu lành nghề là trở ngại chính cho việc sử dụng phân tích dữ liệu trong kinh doanh (OECD, 2017b).

Mối quan tâm phổ biến liên quan đến sự đổ vỡ thị trường lao động có thể có từ tự động hóa được thúc đẩy bởi công nghệ kỹ thuật số. Dữ liệu từ Chương trình đánh giá quốc tế về năng lực của người trưởng thành của OECD nêu bật việc thiếu các kỹ năng về CNTT trong dân số trưởng thành có tay nghề thấp trong các ngành nghề bán kỹ năng. Điều này có nghĩa là nhóm nhân khẩu học này có nguy cơ mất việc cao đối với tự động hóa.

Dự báo nhu cầu kỹ năng là rất khó. Chỉ vài năm trước, ít người có thể dự đoán rằng điện thoại thông minh sẽ phá vỡ, và trong một số trường hợp là xóa sổ, nhiều loại sản phẩm và ngành công nghiệp, từ máy tính xách tay và các thiết bị cá nhân đến các ngành công nghiệp tạo ra các máy đo âm nhạc và kính lúp cầm tay (chức năng hiện nay có sẵn thông qua các ứng dụng di động).

Do vậy, chính phủ phải thiết lập các hệ thống thu thập thông tin tập thể và hiểu biết về các nhu cầu mới nổi về kỹ năng. Về mặt này, các doanh nghiệp, công đoàn, tổ chức giáo dục và người học đều có thể tham gia đóng góp. Học sinh, phụ huynh và người sử dụng lao động phải có quyền truy cập vào thông tin để đánh giá mức độ hiệu quả của các tổ chức giáo dục và đánh giá con đường sự nghiệp của sinh viên tốt nghiệp của các chương trình khác nhau. Đổi lại, các hệ thống giáo dục và đào tạo phải được tổ chức sao cho các nguồn lực được phân bổ hiệu quả cho các khóa học và tổ chức phục vụ tốt nhất cho nhu cầu về kỹ năng. Các tổ chức như hội đồng bảo mật công việc của Thụy Điển hoặc cơ quan SkillFutureSingapore, đóng vai trò như vậy (Atkinson, 2018). Doanh nghiệp và chính phủ phải cùng làm việc để thiết kế các chương trình đào tạo, với các cơ quan công quyền đảm bảo độ tin cậy của chúng chỉ đào tạo.

#### *Các thức cung cấp học tập rất quan trọng.*

Các chính sách để cải thiện kỹ năng cho Công nghiệp 4.0 thường bao gồm việc bồi dưỡng kiến thức về CNTT trong chương trình giảng dạy ở trường. Kiến thức này bao gồm từ việc sử dụng các phần mềm năng suất cơ bản như chương trình xử lý văn bản và bảng tính, đến mã hóa và thậm chí các khóa học bảo mật kỹ thuật số. Trong quá trình giáo dục chính quy, thường cần nhiều chương trình đa ngành và chương trình giảng dạy linh hoạt hơn. Ví dụ, sinh viên có thể chọn một thành phần về kỹ thuật cơ khí và kết hợp với khoa học dữ liệu, sản xuất dựa trên sinh học hoặc các ngành khác.

Trong một đánh giá toàn diện về giáo dục khoa học, công nghệ, kỹ thuật và toán học (STEM), Atkinson và Mayo (2010) xác định một loạt các ưu tiên. Những điều này nhấn mạnh giúp sinh viên làm theo sở thích và đam mê của họ; tôn trọng mong muốn của học sinh nhỏ tuổi trở thành người học tích cực; và tạo cơ hội lớn hơn để khám phá nhiều môn học STEM chuyên sâu. Điều quan trọng không kém là tăng cường sử dụng trực tuyến, trò chơi video và học tập dựa trên dự án và tạo các tùy chọn để tham gia các khóa học STEM cấp ba ở cấp trung học. Các trường học Kosen của Nhật Bản đã chứng minh tính hiệu quả của nhiều ý tưởng này kể từ đầu những năm 1960 (Schle Rich, 2018).

Nhiều chính phủ đang triển khai các chương trình hướng tới tương lai để phù hợp với các ưu tiên đào tạo về CNTT-TT với nhu cầu kỹ năng dự kiến. Ví dụ, tại Bỉ, chính phủ thực hiện các nghiên cứu trong tương lai về tác động dự kiến của việc chuyển đổi kỹ thuật số đối với nghề nghiệp và kỹ năng trong nhiều lĩnh vực. Kết quả sau đó được sử dụng để chọn các khóa đào tạo được củng cố cho các công việc mới nổi và trong tương lai. Estonia và Costa Rica cũng đã thay đổi chương trình giảng dạy ở trường dựa trên ước tính việc làm sẽ có trong tương lai.

*Học tập suốt đời phải là một phần không thể thiếu trong công việc.*

Tiến bộ tự động hóa và sự ra đời của các công nghệ mới cũng có nghĩa là học tập suốt đời phải là một phần không thể thiếu trong công việc. Mỗi năm, dòng lực lượng lao động từ giáo dục ban đầu chỉ chiếm một tỷ lệ nhỏ trong số những người làm việc, đến lượt họ sẽ chịu phần lớn chi phí điều chỉnh cho các công nghệ mới. Cả hai cân nhắc đều nhấn mạnh tầm quan trọng của việc học tập suốt đời. Những thay đổi đột phá trong công nghệ sản xuất làm nổi bật tầm quan trọng của các kỹ năng chung mạnh mẽ và phổ biến, như biết chữ, tính toán và giải quyết vấn đề. Những kỹ năng nền tảng này là cơ sở để tiếp thu các kỹ năng kỹ thuật, bất kể chúng là gì. Phối hợp với các đối tác xã hội, chính phủ có thể giúp thúc đẩy phát triển các chương trình đào tạo mới, chẳng hạn như các khóa học chuyển đổi về AI cho những người đã đi làm.

*Công nghệ số sẽ tự ảnh hưởng đến cách phát triển kỹ năng.*

Công nghệ kỹ thuật số đang tạo ra cơ hội để phát triển các kỹ năng theo những cách mới lạ. Ví dụ, vào năm 2014, Giáo sư Ashok Joel, và các sinh viên tốt nghiệp, tại Đại học Georgia Tech, đã tạo ra một trợ lý giảng dạy AI - Jill Watson - để trả lời các câu hỏi của sinh viên trực tuyến. Trong nhiều tháng, sinh viên không biết rằng các câu trả lời là không phải của con người (Korn, 2016). iTalk2Learn là một dự án của Liên minh Châu Âu nhằm phát triển một nền tảng dạy kèm toán học thông minh mã nguồn mở cho các trường tiểu học. Gần hơn với nơi làm việc, các nhà nghiên cứu tại Đại học Stanford đang phát triển các hệ thống để đào tạo đám đông lao động bằng cách sử dụng tài liệu điều khiển bằng máy được tạo ra bởi những lao động khác. Và Upskill ([www.upskill.io](http://www.upskill.io)) cung cấp công nghệ có thể đeo để kết nối người lao động với thông tin, thiết bị, quy trình và những người họ cần để làm việc hiệu quả hơn. Trong số những lợi ích tiềm năng khác, trong một thế giới nơi việc học tập suốt đời sẽ rất cần thiết, AI có thể giúp người học hiểu được những đặc điểm riêng về cách họ học tốt nhất.

#### **4.4. Tham gia thiết lập tiêu chuẩn**

Sản xuất tiên tiến hoạt động trong một ma trận rộng lớn của các tiêu chuẩn kỹ thuật. Ví dụ, ngành công nghiệp bán dẫn sử dụng hơn 1.000 tiêu chuẩn (Tassey, 2014). Phát triển tiêu chuẩn liên quan đến Công nghiệp 4.0 đang được tiến hành trong nhiều lĩnh vực, từ giao tiếp giữa máy với máy và truyền dữ liệu đến 5G, robot và định danh

kỹ thuật số cho các đối tượng. Hiện có hơn 100 sáng kiến tiêu chuẩn cho IoT và Công nghiệp 4.0 (Ezell, 2018).

Các quốc gia và công ty đóng vai trò chính trong việc thiết lập các tiêu chuẩn quốc tế có thể tận hưởng lợi thế nếu các tiêu chuẩn mới phù hợp với các tiêu chuẩn quốc gia và / hoặc các đặc điểm của cơ sở sản xuất của họ. Vai trò của khu vực công phải là khuyến khích ngành công nghiệp, bao gồm các công ty có quy mô khác nhau, tham gia ở giai đoạn đầu trong các tiêu chuẩn quốc tế (và trong một số trường hợp là quốc gia). Hỗ trợ riêng có thể được cung cấp cho các nhóm doanh nghiệp đại diện trong các quy trình phát triển các tiêu chuẩn.

Sự phát triển của các tiêu chuẩn AI - đặc biệt là các tiêu chuẩn kỹ thuật - đang ở giai đoạn sớm ban đầu. Hầu hết các chiến lược AI quốc gia đề cập đến việc phát triển các tiêu chuẩn đạo đức AI. Nhưng khía cạnh giám sát này của các tiêu chuẩn, xung quanh đạo đức và quản trị doanh nghiệp, cũng cần các tiêu chuẩn kỹ thuật (một thuật ngữ như "thuật toán minh bạch" chưa có định nghĩa kỹ thuật). Thời điểm thiết lập tiêu chuẩn - quá sớm hoặc quá muộn - luôn là vấn đề được đặt ra khi đánh giá mức độ ảnh hưởng của tiêu chuẩn. Trong quá khứ, thông thường, chỉ có một vài chủ thể chính đàm phán tiêu chuẩn. Nhưng giờ có một số lượng lớn các nhà phát triển làm việc trong các dự án Nguồn mở cũng sẽ tìm ra các giải pháp tiêu chuẩn. Trong một số lĩnh vực của AI, người xác định tiêu chuẩn đầu tiên có thể ít quan trọng hơn so với các công nghệ trước đó.

#### **4.5. Cải thiện việc tiếp cận điện toán hiệu năng cao**

Điện toán hiệu năng cao HPC ngày càng quan trọng đối với các công ty trong các ngành công nghiệp từ xây dựng và dược phẩm cho đến lĩnh vực ô tô và hàng không vũ trụ. Ví dụ, Airbus sở hữu 3 trong số 500 siêu máy tính nhanh nhất thế giới. Hai phần ba các công ty có trụ sở tại Hoa Kỳ sử dụng HPC nói rằng: Hiệu suất tăng của các mô hình tính toán là vấn đề cạnh tranh sống còn (Hội đồng cạnh tranh Hoa Kỳ, 2014). Làm thế nào HPC được sử dụng trong sản xuất cũng đang mở rộng, vượt ra ngoài các ứng dụng như thiết kế và mô phỏng để bao gồm kiểm soát thời gian thực các quy trình sản xuất phức tạp. Tỷ lệ lợi nhuận tài chính cho việc sử dụng HPC rất cao. Theo một ước tính, trung bình mỗi EUR đầu tư sẽ tạo ra 69 EUR lợi nhuận (EC, 2016).

Khi Công nghiệp 4.0 trở nên phổ biến hơn, nhu cầu về HPC sẽ tăng lên. Nhưng giống như các công nghệ kỹ thuật số khác, việc sử dụng HPC trong sản xuất còn ít. Một ước tính cho thấy 8% các công ty Mỹ có ít hơn 100 nhân viên sử dụng HPC. Tuy nhiên, một nửa số DNVVN sản xuất có thể sử dụng HPC (để tạo mẫu, thử nghiệm và thiết kế) (Ezell và Atkinson, 2016). Các sáng kiến HPC công thường tập trung vào nhu cầu tính toán của khoa học lớn. Sự tiếp cận rộng hơn với công nghiệp, đặc biệt là các DNVVN, là cần thiết. Các cách tiếp cận được nêu trong Hộp 4.2.

#### **Hộp 4.2. Đưa siêu máy tính vào công nghiệp: Các hành động chính sách**

- Nâng cao nhận thức về các trường hợp sử dụng công nghiệp, với định lượng chi phí và lợi ích của chúng.
- Phát triển nguồn tư vấn và dịch vụ HPC một cửa cho các DNVVN và người dùng công nghiệp khác.
- Cung cấp việc sử dụng thử nghiệm hạn chế HPC chi phí thấp hoặc miễn phí cho các DNVVN, nhằm chứng minh ý nghĩa kỹ thuật và thương mại của công nghệ.
- Thiết lập thư viện phần mềm trực tuyến hoặc thanh toán bù trừ để giúp phổ biến phần mềm HPC cải tiến đến cơ sở công nghiệp rộng lớn hơn.
- Ưu đãi cho các trung tâm HPC có kinh nghiệm công nghiệp lâu năm, chẳng hạn như Trung tâm Hartree ở Vương quốc Anh hoặc TERATEC ở Pháp, để tư vấn cho các trung tâm có ít kinh nghiệm.
- Sửa đổi tiêu chí đủ điều kiện cho các dự án HPC, thường tập trung vào đánh giá ngang hàng về sự xuất sắc khoa học, để bao gồm các tiêu chí về tác động thương mại.
- Huy động viện nghiên cứu và công nghiệp tham gia cùng thiết kế phần cứng và phần mềm mới, như đã được thực hiện trong các dự án châu Âu như Mont Blanc.
- Đưa HPC vào chương trình giảng dạy khoa học và kỹ thuật đại học.
- Khám phá các cơ hội để phối hợp mua năng lực tính toán được cung cấp thương mại.

Ngay cả các nước đang phát triển có thể được khuyến khích có một mạng lưới máy tính hiệu năng cao. Ban đầu, một nền kinh tế thu nhập thấp có thể có một vài cách sử dụng công nghiệp nhỏ cho HPC. Tuy nhiên, máy tính hiệu năng cao có thể tìm thấy các ứng dụng ban đầu trong nghiên cứu và khoa học, và sau đó được áp dụng trong công nghiệp. Siêu máy tính dựa trên đám mây không thể đáp ứng tất cả các nhu cầu siêu máy tính. Điều này chỉ khả thi khi thỉnh thoảng cần các ứng dụng. Nếu các ứng dụng công nghiệp hoặc khoa học là thường xuyên hoặc liên tục, thì dịch vụ dựa trên đám mây có thể quá đắt.

#### **4.6. Hệ thống sở hữu trí tuệ**

Các công nghệ kỹ thuật số đang đưa ra những thách thức mới cho các hệ thống SHTT. Ví dụ, in 3D có thể tạo ra các vấn đề phức tạp liên quan đến đủ điều kiện bằng sáng chế. Chẳng hạn, nếu mô người được in 3D cải thiện mô người tự nhiên, nó có thể đủ điều kiện để được cấp bằng sáng chế, mặc dù không có mô người tự nhiên. Về cơ bản hơn, các khung bằng sáng chế mới có thể cần thiết trong một thế giới mà máy móc có khả năng phát minh. Các hệ thống AI đã tạo ra các phát minh có thể đăng ký sáng chế.

AI đặt ra nhiều thách thức phức tạp cho các hệ thống SHTT, chẳng hạn như xác định hành vi vi phạm luật sáng chế. Các luật này sẽ phức tạp bởi các hệ thống AI tự động - và không thể đoán trước - học hỏi từ nhiều nguồn thông tin có sẵn công khai. Một thách thức chính sách bao trùm là cân bằng các nhu cầu xung quanh SHTT. Một mặt, SHTT cần thiết

để khuyến khích một số loại đổi mới sáng tạo. Mặt khác, nó không nên cản trở sự phổ biến của các công nghệ như AI và in 3D.

#### 4.7. Hỗ trợ công cho NC&PT

Sự phức tạp của nhiều công nghệ sản xuất mới nổi vượt quá khả năng nghiên cứu của ngay cả các công ty lớn nhất. Trong những trường hợp như vậy có thể cần đến sự hợp tác nghiên cứu công - tư. Vi điện tử, vật liệu mới và công nghệ nano, trong số những thứ khác, đã phát sinh nhờ những tiến bộ về tri thức khoa học và thiết bị. Nghiên cứu cơ bản được tài trợ công thường rất quan trọng. Ví dụ, trong nhiều thập kỷ, tài trợ công đã hỗ trợ cho sự tiến bộ trong AI, bao gồm cả trong thời gian nghiên cứu không hiệu quả, đến mức AI ngày nay thu hút đầu tư tư nhân rất lớn. Sự suy giảm gần đây trong hỗ trợ công cho nghiên cứu ở một số nền kinh tế lớn là một mối lo ngại.

Nhiều mục tiêu khả thi tồn tại cho các nỗ lực NC&PT và thương mại hóa của chính phủ, từ điện toán lượng tử cho đến tiến bộ AI.

##### *Thách thức nghiên cứu bao quát liên quan đến chính tính toán*

Tốc độ xử lý, dung lượng bộ nhớ, mật độ cảm biến và độ chính xác của nhiều thiết bị kỹ thuật số được gắn liền với Định luật Moore, khẳng định rằng số lượng bóng bán dẫn trên một vi mạch tăng gấp đôi sau mỗi hai năm (Investopedia, nd). Tuy nhiên, hiện tượng cấp nguyên tử và chi phí tăng làm hạn chế sự thu nhỏ các bóng bán dẫn trên các mạch tích hợp.

Nhiều chuyên gia tin rằng giới hạn thu nhỏ sẽ sớm đạt tới. Đồng thời, các ứng dụng của công nghệ kỹ thuật số trên toàn nền kinh tế phụ thuộc vào nung lực tính toán ngày càng tăng. Ví dụ, năng lực tính toán cần thiết cho các thử nghiệm AI lớn nhất đang tăng gấp đôi cứ sau 3,5 tháng (OpenAI, ngày 16/5/2018). Theo một ước tính, xu hướng này có thể được duy trì trong ít nhất 3,5 đến 10 năm, thậm chí giả định các cam kết NC&PT công ở mức tương tự như các dự án Apollo hoặc Manhattan (Carey, 10/7/2018).

Do đó, phần lớn phụ thuộc vào việc đạt được hiệu năng tính toán vượt trội (bao gồm cả về các yêu cầu năng lượng). Nhiều người hy vọng rằng những tiến bộ đáng kể trong điện toán sẽ xuất phát từ những đột phá nghiên cứu về điện toán quang học (sử dụng photon thay vì electron), điện toán sinh học (sử dụng ADN để lưu trữ dữ liệu và tính toán) và / hoặc điện toán lượng tử (Hộp 4.3).

#### **Hộp 4.3. Chế độ điện toán mới: Cuộc đua điện toán lượng tử**

Máy tính lượng tử hoạt động bằng cách khai thác các định luật vật lý hạ nguyên tử. Một bóng bán dẫn thông thường thay đổi giữa bật và tắt, đại diện cho 1 và 0. Tuy nhiên, một máy tính lượng tử sử dụng các bit lượng tử (qubit), có thể ở trạng thái 0, 1 hoặc bất kỳ kết hợp xác suất nào của cả 0 và 1 (ví dụ: 0 với 20% và 1 với xác suất 80%). Đồng thời, các qubit tương tác với các qubit khác thông qua cái gọi là sự vướng víu lượng tử (mà Einstein gọi là hành động ma quái ở khoảng cách xa).

Máy tính lượng tử được phát triển đầy đủ, có nhiều qubit, có thể cách mạng hóa một số loại máy

tính. Nhiều vấn đề được giải quyết tốt nhất bởi các máy tính lượng tử, như tối ưu hóa phức tạp và mô phỏng rộng lớn, có ý nghĩa kinh tế lớn. Ví dụ, tại Hội nghị CogX 2018, Tiến sĩ Julie Love, giám đốc điện toán lượng tử của Microsoft, đã mô tả cách mô phỏng tất cả các tính chất hóa học của phân tử chính liên quan đến việc cố định nitơ - nitrogenase - sẽ mất hàng tỷ năm của siêu máy tính. Tuy nhiên, mô phỏng này có thể được thực hiện trong vài giờ với công nghệ lượng tử. Kết quả của một mô phỏng như vậy sẽ trực tiếp đưa ra thách thức nâng cao năng suất nông nghiệp

toàn cầu và hạn chế sự phụ thuộc ngày nay vào việc sản xuất phân bón nitơ sử dụng nhiều năng lượng. Rigetti Computing cũng đã chứng minh rằng máy tính lượng tử có thể đào tạo các thuật toán ML với độ chính xác cao hơn, sử dụng ít dữ liệu hơn so với máy tính thông thường.

Cho đến gần đây, công nghệ lượng tử chủ yếu là một khả năng lý thuyết. Tuy nhiên, Google, IBM và các công ty khác đang bắt đầu thử nghiệm các ứng dụng thực tế với một số lượng nhỏ các qubit. Ví dụ, IBM Quantum Experience (IBM, nd) cung cấp tính toán lượng tử trực tuyến miễn phí. Tuy nhiên, hiện tại không có thiết bị lượng tử nào tiếp cận hiệu suất của các máy tính thông thường.

Theo một ước tính, dưới 100 người trên toàn cầu sở hữu các kỹ năng viết thuật toán đặc biệt cho máy tính lượng tử. Azhar (2018) tính toán rằng các công ty tham gia vào bất kỳ khía cạnh nào của điện toán lượng tử sử dụng ít hơn 2.000 người trên toàn cầu. Những hạn chế về kỹ năng có thể được giảm bớt khi Google phát hành Cirq. Bộ công cụ phần mềm này cho phép các nhà phát triển không có kiến thức chuyên môn về vật lý lượng tử để tạo ra các thuật toán cho máy tính lượng tử. Zapata Computing, một công ty khởi nghiệp, nhằm mục đích cung cấp một loạt phần mềm làm sẵn mà các công ty có thể sử dụng trên máy tính lượng tử.

Sự phát triển hơn nữa của điện toán lượng tử mạnh mẽ, có thể mở rộng liên quan đến những thách thức lớn về nghiên cứu và kỹ thuật. Đầu tư công hàng năm trên toàn cầu vào điện toán lượng tử có thể dao động từ 1,5 tỷ EUR đến 1,9 tỷ EUR. Trong khi nguồn vốn đầu tư mạo hiểm tương đối nhỏ đang tăng lên, dẫn đầu là D-Wave (175 triệu USD), Rigetti (70 triệu USD), Quantum Computing Cambridge (50 triệu USD) và IonQ (20 triệu USD) (Azhar, 2018). Trung Quốc dự kiến sẽ mở một Phòng thí nghiệm Quốc gia về Khoa học Thông tin Lượng tử với khoản đầu tư dự kiến là 10 tỷ USD. Các nhà khoa học Trung Quốc đang có những tiến bộ nghiên cứu lớn. Chẳng hạn, vào tháng 7/2018, họ đã phá vỡ kỷ lục về số lượng qubit được liên kết với nhau thông qua sự vướng víu lượng tử.

### *Cần nhiều nghiên cứu hơn về AI*

Tài trợ nghiên cứu công là chìa khóa cho tiến bộ trong AI từ khi lĩnh vực này được khai sinh. Hội đồng nghiên cứu quốc gia (1999) cho thấy, mặc dù khái niệm AI bắt nguồn từ khu vực tư nhân - phối hợp chặt chẽ với giới hàn lâm - nhưng sự phát triển của nó chủ yếu là kết quả từ nhiều thập kỷ đầu tư công. Các trung tâm xuất sắc về nghiên cứu AI toàn cầu (ví dụ tại Stanford, Carnegie Mellon và Viện Công nghệ Massachusetts) xuất hiện từ sự hỗ trợ công, thường gắn với tài trợ của Bộ Quốc phòng Hoa Kỳ. Tuy nhiên, những thành công gần đây trong AI đã thúc đẩy tăng trưởng trong NC&PT của khu vực tư nhân cho AI. Ví dụ, báo cáo thu nhập cho thấy tổng cộng Google, Amazon, Apple, Facebook và Microsoft đã chi 60 tỷ USD cho NC&PT trong năm 2017, với một phần quan trọng về AI. Để so sánh, tổng số NC&PT của chính phủ liên bang Hoa Kỳ cho sản xuất và công nghệ phi quốc phòng lên tới khoảng 760 triệu USD trong năm 2017 (OECD, 2019).

Nhiều người trong doanh nghiệp, chính phủ và cộng đồng tin rằng AI đang ở điểm uốn, sẵn sàng đạt được những cải tiến lớn về năng lực. Tuy nhiên, một số chuyên gia nhân

mạnh quy mô và những khó khăn của những thách thức nghiên cứu nổi bật. Một số đột phá nghiên cứu AI có thể đặc biệt quan trọng đối với xã hội, nền kinh tế và chính sách công. Tuy nhiên, mục tiêu nghiên cứu của công ty và chính phủ có thể không hoàn toàn phù hợp. Jordan (2018) lưu ý rằng nhiều nghiên cứu về AI không liên quan trực tiếp đến những thách thức lớn trong việc xây dựng cơ sở hạ tầng thông minh an toàn, như hệ thống y tế hoặc giao thông. Ông quan sát rằng không giống như AI bắt chước con người, các hệ thống quan trọng như vậy phải có khả năng đối phó với các tương tác trên nền tảng đám mây trong việc đưa ra các quyết định phân tán, kịp thời và chúng phải xử lý các hiện tượng theo sau. Chúng phải giải quyết những khó khăn trong việc chia sẻ dữ liệu qua các ranh giới hành chính và cạnh tranh.

Những thách thức nghiên cứu nổi bật khác liên quan đến chính sách công liên quan đến việc làm cho AI có thể giải thích được; làm cho các hệ thống AI trở nên mạnh mẽ (ví dụ, các hệ thống nhận dạng hình ảnh có thể dễ dàng bị đánh lừa); xác định bao nhiêu kiến thức trước sẽ cần cho AI để thực hiện các nhiệm vụ khó khăn (Marcus, 2018); đưa lý luận trừu tượng và có thứ tự cao hơn, và "cảm nhận chung" vào các hệ thống AI; và suy diễn và thể hiện quan hệ nhân quả. Không có cơ sở đáng tin cậy để đánh giá khi nào - hoặc liệu - những đột phá nghiên cứu sẽ xảy ra. Thật vậy, những dự đoán trước đây về các mốc thời gian trong sự phát triển của AI là vô cùng thiếu chính xác.

#### *Nghiên cứu và sản xuất công nghiệp có thể được liên kết hiệu quả hơn*

Các tổ chức và chương trình nghiên cứu do chính phủ tài trợ cần được tự do kết hợp các đối tác và cơ sở phù hợp để giải quyết các thách thức về quy mô và tính liên ngành. Các trung tâm nghiên cứu ứng dụng và các cơ sở sản xuất thí điểm cần được đầu tư để đưa các sáng kiến từ phòng thí nghiệm vào sản xuất. Các cơ sở trình diễn như cơ sở thử nghiệm, dây chuyền thí điểm và nhà máy trình diễn cần cung cấp các môi trường nghiên cứu chuyên dụng với sự kết hợp đúng đắn của các công nghệ tạo khả năng và các kỹ thuật viên vận hành chúng. Một số thách thức NC&PT sản xuất có thể cần chuyên môn từ các kỹ sư sản xuất và nhà nghiên cứu công nghiệp, cũng như các nhà thiết kế, nhà cung cấp thiết bị, kỹ thuật viên cửa hàng và người dùng.

Các tổ chức và chương trình nghiên cứu hiệu quả hơn trong sản xuất tiên tiến cũng có thể cần các chỉ số đánh giá mới. Chúng sẽ vượt ra ngoài các số liệu truyền thống như số lượng bài báo khoa học và bằng sáng chế. Các chỉ số bổ sung cũng có thể đánh giá các tiêu chí như trình diễn thí điểm và trình diễn thử nghiệm thành công, đào tạo kỹ thuật viên và kỹ sư, thành viên tập đoàn, kết hợp các DNVVN trong chuỗi cung ứng và vai trò của nghiên cứu trong thu hút FDI.

## **5. MẶT TỐI CỦA SỐ HÓA TRONG KHOA HỌC VÀ ĐỔI MỚI SÁNG TẠO**

Động lực thúc đẩy của tổng quan này là việc số hóa mang lại nhiều cơ hội tích cực cho STI, miễn là các chính sách bổ sung nhận được sự quan tâm đúng mức. Nhưng cũng có

khả năng xuất hiện các kết quả không mong muốn từ chuyển đổi số trong STI. Chúng bao gồm nới rộng khoảng cách về khả năng giữa các quốc gia và khu vực, tác động tiêu cực đến quá trình khoa học, sự phức tạp quá mức trong hệ sinh thái máy và rủi ro lan tỏa, khó thấy trước và chủ yếu là tác động xã hội.

### 5.1. Các hiệu ứng phân tán và số hóa KHCNĐM

Các khía cạnh của số hóa có thể nới rộng khoảng cách về năng lực và thụ hưởng STI giữa các quốc gia và khu vực. Trong đó có ba khả năng:

- *Hiệu ứng tập trung trong khoa học.* Khoa học xuất hiện ngày càng nhiều trong dữ liệu. Các nước phát triển có lợi thế so sánh trong các công cụ khoa học tạo ra dữ liệu đòi hỏi vốn đầu tư lớn. Trong một kịch bản, với quyền truy cập dữ liệu phù hợp, các nhà nghiên cứu ở các nước đang phát triển có thể làm khoa học mà không cần thực hiện các loại đầu tư vốn được thực hiện bởi các nước phát triển. Mặt khác, các nhà nghiên cứu ở các nước phát triển có thể củng cố những lợi thế hiện có của họ trong khoa học hàng đầu. Một vấn đề hẹp hơn nhưng có thể liên quan, tự động hóa trong phòng thí nghiệm hiện nay rất cần thiết cho nhiều lĩnh vực KH&CN, nhưng lại tốn kém và khó sử dụng. Do đó, tự động hóa phòng thí nghiệm là kinh tế nhất ở các trung tâm lớn, và các công ty và trường đại học đang ngày càng tập trung tự động hóa phòng thí nghiệm của họ. Ví dụ mới nhất của xu hướng này là tự động hóa điện toán đám mây trong khoa học sinh học. Các mẫu sinh học được gửi đến một địa điểm duy nhất và các nhà khoa học thiết kế các thí nghiệm của họ bằng các giao diện lập trình ứng dụng (King và Roberts, 2018).

- *Hiệu ứng vị trí địa lý trong quốc gia.* Nền kinh tế kỹ thuật số có thể làm trầm trọng thêm sự chênh lệch thu nhập theo vị trí địa lý trong quốc gia, vì nó khuếch đại các hiệu ứng kinh tế và xã hội của các nguồn lực kỹ năng ban đầu (Moretti, 2012). Ở nhiều nước OECD, trong những thập kỷ gần đây, sự hội tụ thu nhập giữa các địa phương đã dừng lại hoặc đảo ngược. Trong số các chính sách khắc phục, đầu tư vào kỹ năng và công nghệ là quan trọng nhất (bởi vì đầu tư vào cơ sở hạ tầng và giao thông, mặc dù thường có lợi, lợi nhuận cũng giảm dần).

*Hiệu ứng từ siêu máy tính.* Ngày nay, một số siêu máy tính được thiết kế dành riêng cho AI. Trước đây, siêu máy tính được sử dụng chủ yếu để lập mô hình, như trong khoa học khí hậu và hạt nhân. Nhiều công ty công nghệ đang hướng tới siêu máy tính. Tuy nhiên, trên toàn thế giới, chỉ có 27 quốc gia sở hữu siêu máy tính được liệt kê trong số 500 siêu máy tính mạnh nhất. Đáng chú ý là Trung Quốc đã có những bước tiến lớn trong việc chế tạo siêu máy tính với các thành phần được sản xuất trong nước. Trung Quốc cũng tự hào có số lượng lớn siêu máy tính, cùng với dữ liệu phong phú để đào tạo các thuật toán AI. Năng lực giữa các quốc gia có thể chênh lệch nhiều hơn vì sự kết nối gia tăng giữa siêu máy tính và AI? Giá trị của việc sở hữu / chế tạo siêu máy tính ngày càng mạnh mẽ sẽ thay đổi liên quan đến việc sử dụng điện toán đám mây?

## 5.2. Hệ thống phức tạp và hệ sinh thái máy không thể quản lý

Chính phủ cần cải thiện sự hiểu biết về các hệ thống phức tạp. Khi một loạt các hệ thống quan trọng trở nên phức tạp hơn, qua trung gian và được liên kết bởi mã, rủi ro và hậu quả của các lỗi hỏng có thể tăng lên. Khi mã kiểm soát số lượng ngày càng tăng của các hệ thống được kết nối, lỗi có thể xếp tầng, với các hiệu ứng trở nên lan rộng hơn so với trước đây. Chẳng hạn, do lỗi phần mềm, Hoa Kỳ gần đây đã trải qua lần mất điện tầm quốc gia đầu tiên - chứ không phải địa phương (Bolog, 2017). Các hệ thống CNTT quan trọng có thể hoạt động theo những cách không thể đoán trước và thậm chí là mới nổi và khả năng lường trước những thất bại công nghệ có thể giảm đi (Arbesman, 2016). Một trường hợp được công bố rộng rãi là sự tương tác bất ngờ của các thuật toán đã góp phần vào vụ "Flash Crash", tháng 5 năm 2010, khi hơn 1 nghìn tỷ đô la về giá trị bị biến mất khỏi thị trường chứng khoán toàn cầu trong vài phút. Tuy nhiên, nhiều ví dụ khác tồn tại lỗi phần mềm gây ra lỗi hệ thống. Ví dụ, vào năm 1996, tên lửa Ariane 5 của Cơ quan Vũ trụ châu Âu đã phát nổ khi phóng do trục trặc phần mềm.

AI và các biện pháp khác sẽ giúp tự động hóa và cải thiện xác minh phần mềm. Tuy nhiên, khi nhà vật lý Max Tegmark nhận xét, nhiệm vụ xác minh sẽ gặp nhiều khó khăn hơn khi phần mềm đưa vào robot và môi trường mới, và khi phần mềm được lập trình sẵn truyền thống bị thay thế bởi các hệ thống AI tiếp tục học hỏi, do đó thay đổi hành vi của chúng... (Tegmark, 2017).

Một tính năng sẵn có của công nghệ là nó làm sâu sắc thêm sự phức tạp: các hệ thống tích lũy các bộ phận theo thời gian và nhiều kết nối phát triển giữa các bộ phận đó. Các công nghệ trở nên phức tạp hơn có thể bị loại bỏ tùy thuộc vào các hệ thống cũ. Điều này đặc biệt đúng đối với mã. Ví dụ, trong thời gian dẫn đến ngày 01/01/2000, giữa những lo ngại của Y2K, Cục Hàng không Liên bang Hoa Kỳ đã kiểm tra các máy tính được sử dụng để kiểm soát không lưu. Một loại máy cần sửa, IBM 3083 đã được cài đặt vào những năm 1980. Tuy nhiên, chỉ có hai người tại IBM biết phần mềm của máy và cả hai đã nghỉ hưu (Arbesman, 2016).

## 5.3. Tác động tiêu cực đến khoa học từ số hóa

Một số thách thức mà kỹ thuật số hóa đặt ra cho khoa học - từ việc đối phó với các tạp chí khoa học trực tuyến sẵn mời đến việc giữ dữ liệu nghiên cứu cá nhân ẩn danh. Một số lượng lớn các nhà khoa học nghĩ rằng số hóa sẽ có ít nhất một số tác động tiêu cực đến khoa học. Những tác động tiềm năng này bao gồm sự phát triển của nghiên cứu không có giả thuyết về khoa học dựa trên dữ liệu và phân chia nghiên cứu giữa những người sở hữu năng lực kỹ thuật số tiên tiến và những người không tham gia. Số hóa cũng có thể khuyến khích một nền văn hóa nổi tiếng trong khoa học, dẫn đến sự phổ biến sớm các kết quả nghiên cứu và tạo áp lực cho các cá nhân. Các mối quan tâm khác là việc sử dụng các chỉ số sẵn có nhưng không phù hợp để theo dõi và khuyến khích nghiên cứu, và sự tập trung

tiềm năng của quy trình công việc và dữ liệu trong tay một số công ty cung cấp các công cụ kỹ thuật số.

Một vấn đề tiềm ẩn khác là việc áp dụng sai AI trong khoa học và xã hội. Việc thiết kế và sử dụng các hệ thống AI hiệu quả đòi hỏi chuyên môn hiện còn đang khan hiếm. Hơn nữa, các yêu cầu khắt khe hơn về hiệu suất, sự mạnh mẽ, dự đoán và an toàn sẽ làm tăng nhu cầu về chuyên môn. Điều này đặc biệt đúng đối với các kỹ thuật học sâu hiện đang là trọng tâm của nghiên cứu và ứng dụng AI.

Với những vướng mắc về chuyên môn và đôi khi, những kỳ vọng không thực tế về những gì AI có thể đạt được, ngày càng nhiều những người không phải là chuyên gia triển khai AI. Các hệ thống như vậy thường bị kém về hiệu suất, sự mạnh mẽ, dự đoán và an toàn, các kết quả mà ngay cả các chuyên gia AI có thể rất nỗ lực mới đạt được (Hoos, 2018). Hoos đề xuất xây dựng một thể hệ hệ thống AI tiếp theo được gọi là AI tự động, như một cách để giảm bớt vấn đề phức tạp về AI. Điều này có thể giúp phát triển và triển khai AI chính xác và đáng tin cậy mà không cần chuyên môn chuyên sâu cao về AI. AI tự động xây dựng dựa trên công việc thiết kế thuật toán tự động và ML tự động, đang phát triển nhanh chóng trong giới học thuật và công nghiệp.

#### **5.4. Rủi ro lan rộng hơn liên quan đến công nghệ kỹ thuật số**

Giống như tất cả các công nghệ, công nghệ kỹ thuật số có thể giúp đỡ và gây hại. Chẳng hạn, AI có thể tăng cường bảo mật kỹ thuật số bằng cách dự đoán các mối đe dọa bất nguồn từ đâu, nhưng nó cũng có thể làm giảm bảo mật kỹ thuật số bằng cách thêm trí thông minh vào phần mềm độc hại. Sinh học tổng hợp có thể giúp chữa bệnh, nhưng nó cũng có thể làm cho mầm bệnh có độc lực cao hơn. Một số rủi ro của công nghệ kỹ thuật số phản ánh các tương tác phức tạp với các hệ thống xã hội và điều này có thể không thấy trước.

Ngày nay, một rủi ro là sự phân mảnh của thảo luận công khai trên phương tiện truyền thông xã hội. Tương lai cũng có thể thấy sự mất niềm tin vào thông tin được công nhận do các giả mạo âm thanh và video có độ trung thực cao. Ngoài ra, hoạt động kinh tế sụt giảm của báo chí và văn học, một sự phát triển được quy cho công nghệ kỹ thuật số, có thể có tác dụng chính trị xã hội không mong muốn (de León, 2019).

Harari (2018) thậm chí còn cho rằng tương lai của điện toán có thể định hình tương lai của nền dân chủ. Ông lưu ý, chuyên quyền nói chung đã thất bại ở các nền kinh tế tiên tiến, một phần vì việc xử lý thông tin không thể được tập trung đầy đủ. Xử lý thông tin phi tập trung mang lại cho các nền dân chủ một lợi thế hiệu quả. Tuy nhiên, nếu AI xuất hiện bao gồm nhiều hơn nữa nền kinh tế kỹ thuật số, nó có thể có xu hướng tập trung. AI cũng sẽ trở nên hiệu quả hơn khi dữ liệu được tập trung.

Các nhà hoạch định chính sách có thể thực hiện các bước bổ sung để giảm thiểu rủi ro mới nổi do tính chất sử dụng kép của công nghệ. Các tập phim trong quá khứ của lịch sử khoa học có thể cung cấp những bài học hữu ích. Trường hợp của Paul Berg, người được giải

thường Nobel, người đã giúp tạo ra ADN tái tổ hợp, là một ví dụ. Nhận thức được sự phân nhánh của khám phá của mình, Berg đã triệu tập Hội nghị Asilomar. Điều này dẫn đến một lệnh cấm đối với các thí nghiệm nguy hiểm nhất cho đến khi khoa học được cải thiện.

Các nhà hoạch định chính sách có thể giảm thiểu rủi ro công nghệ theo nhiều cách. Họ có thể dành một phần ngân sách nghiên cứu để nghiên cứu ý nghĩa rộng lớn hơn của khoa học, thu hút công chúng tham gia tranh luận, đồng thời tránh cường điệu về công nghệ. Ngoài ra, họ có thể đảm bảo rằng lời khuyên khoa học là đáng tin cậy. Đầu tư vào nghiên cứu và đổi mới sáng tạo làm giảm rủi ro (như an ninh mạng) cũng có thể giúp ích.

## KẾT LUẬN

Việc chuyển đổi kỹ thuật số của chính sách KHCNĐM và cơ sở bằng chứng của nó vẫn đang ở giai đoạn đầu, các nhà hoạch định chính sách KHCNĐM có thể có lập trường tích cực trong việc định hình các hệ sinh thái số để phù hợp với nhu cầu của họ. Điều này sẽ đòi hỏi sự hợp tác chiến lược, thông qua việc phối hợp và chia sẻ tài nguyên quan trọng (như định danh kỹ thuật số tiêu chuẩn) và khung chính sách mạch lạc để chia sẻ và tái sử dụng dữ liệu trong khu vực công. Do một số bộ và cơ quan chính phủ xây dựng chính sách KHCNĐM, nên hệ sinh thái chính sách KHCNĐM số dựa trên các nguyên tắc đồng thiết kế, đồng sáng tạo và đồng quản trị.

Các công nghệ kỹ thuật số mới là chìa khóa cho cuộc cách mạng sản xuất tiếp theo. Nhận ra tiềm năng đầy đủ của chúng đòi hỏi chính sách hiệu quả trong các lĩnh vực rộng lớn, bao gồm kỹ năng, phổ biến công nghệ, dữ liệu, cơ sở hạ tầng kỹ thuật số, quan hệ đối tác nghiên cứu, tiêu chuẩn và SHTT. Thông thường, các lĩnh vực chính sách đa dạng này không được kết nối chặt chẽ trong các cấu trúc và quy trình của chính phủ. Các chính phủ cũng phải áp dụng kế hoạch dài hạn, ví dụ, trong việc theo đuổi các chương trình nghị sự nghiên cứu với các khoản chi trả dài hạn có thể. Các tổ chức công cũng phải có sự hiểu biết cụ thể về nhiều công nghệ kỹ thuật số phát triển nhanh. Việc áp dụng Công nghiệp 4.0 đặt ra thách thức cho các công ty, đặc biệt là các công ty nhỏ. Nó cũng thách thức khả năng hành động của chính phủ với tầm nhìn xa và kiến thức kỹ thuật trên nhiều lĩnh vực chính sách.

Các nhà hoạch định chính sách KHCNĐM cần hỗ trợ việc tạo và áp dụng các tiêu chuẩn để bảo vệ tính toàn vẹn của dữ liệu họ muốn sử dụng cho chính sách của mình, bất kể nguồn gốc là gì. Hơn nữa, quản lý rủi ro sẽ trở thành một phần không thể thiếu trong chính sách KHCNĐM trong kỷ nguyên số. Các nhà hoạch định chính sách sẽ cần xem xét làm thế nào để tạo ra các hệ thống điều khiển kỹ thuật số, bao gồm cả các hệ thống dựa trên AI, đáng tin cậy hơn.

Khả năng tương tác vẫn là một rào cản lớn, bất chấp sự phổ biến gần đây của các định danh, tiêu chuẩn và giao thức. Có cơ hội tiềm năng cho các nhà hoạch định chính sách ảnh hưởng đến sự phát triển của các hệ thống định danh quốc tế về dân số mục tiêu, thông tin được nắm bắt, khả năng tương thích với các hệ thống thống kê và đặc biệt là áp dụng cả

bởi các thực thể và bởi người dùng tiềm năng. Cụ thể, các nỗ lực quốc tế liên quan đến tài liệu dữ liệu và phát triển các tiêu chuẩn cho siêu dữ liệu có thể được hợp nhất để cải thiện khả năng tương tác dữ liệu.

Các hệ thống chính sách KHCNĐM số có thể giúp mở rộng cơ sở bằng chứng về việc nghiên cứu được đánh giá, ví dụ, kết hợp độ cao. Nó cũng có thể trao quyền cho một nhóm các bên liên quan tham gia tích cực hơn vào việc xây dựng và cung cấp chính sách KHCNĐM. Tuy nhiên, cũng có nguy cơ là các hệ thống này tăng cường lạm dụng dữ liệu hiện có. Các hệ thống chính sách KHCNĐM số nên duy trì và chấp nhận các sáng kiến thúc đẩy các thực tiễn tốt nhất trong việc sử dụng dữ liệu có trách nhiệm.

Cuối cùng, các chính phủ có thể hợp tác hữu hiệu với các khu vực tư nhân và phi lợi nhuận trong việc phát triển và vận hành các hệ thống chính sách KHCNĐM số. Tuy nhiên, họ nên đảm bảo dữ liệu công khai mở cho mọi người dễ dàng truy cập và tái sử dụng. Họ cũng nên tránh việc bị trói buộc vào các nhà cung cấp khóa, triển khai các hệ thống mở và nhanh nhẹn. Trong một môi trường thay đổi nhanh chóng, điều này sẽ giúp các chính phủ linh hoạt hơn trong việc áp dụng các công nghệ mới và kết hợp các nguồn dữ liệu chưa được khai thác trong các hệ thống chính sách của họ.

*Biên soạn: Trung tâm Thông tin và Thống kê khoa học và công nghệ*

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. OECD (2020), “An overview of key developments and policies”, in *The Digitalisation of Science, Technology and Innovation: Key Developments and Policies*, OECD Publishing, Paris. DOI: <https://doi.org/10.1787/5260917b-en>.
2. OECD (2020), “How are science, technology and innovation going digital? The statistical evidence”, in *The Digitalisation of Science, Technology and Innovation: Key Developments and Policies*, OECD Publishing, Paris. DOI: <https://doi.org/10.1787/1cfd272a-en>.
3. OECD (2020), “Digital technology, the changing practice of science and implications for policy”, in *The Digitalisation of Science, Technology and Innovation: Key Developments and Policies*, OECD Publishing, Paris. DOI: <https://doi.org/10.1787/29ae760f-en>.
4. OECD (2020), “Artificial intelligence, digital technology and advanced production”, in *The Digitalisation of Science, Technology and Innovation: Key Developments and Policies*, OECD Publishing, Paris. DOI: <https://doi.org/10.1787/629af843-en>.
5. OECD (2020), “The digitalisation of science and innovation policy”, in *The Digitalisation of Science, Technology and Innovation: Key Developments and Policies*, OECD Publishing, Paris. DOI: <https://doi.org/10.1787/0fbe3397-en>.