

# BẢN TIN CHIẾN LƯỢC PHÁT TRIỂN



KHOA HỌC



CÔNG NGHỆ



KINH TẾ

Số 1

2023

(BẢN TIN CHỌN LỌC PHỤC VỤ LÃNH ĐẠO)

## DỰ BÁO XU HƯỚNG CÔNG NGHỆ 2040: THẾ GIỚI SIÊU KẾT NỐI



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

# 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 Đắc Hiến** (*Trưởng ban*); ThS. Trần Thị Thu Hà (*Phó Trưởng ban*);

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

---

## MỤC LỤC

### DỰ BÁO XU HƯỚNG CÔNG NGHỆ 2040: THẾ GIỚI SIÊU KẾT NỐI

Giới thiệu .....	1
1. Xu hướng các công nghệ mới nổi .....	2
2. Các công nghệ đưa đến sự chuyển đổi.....	3
3. Công nghệ mới thúc đẩy thương mại không gian.....	9
4. Ý nghĩa rộng hơn của sự tiên hóa công nghệ.....	10
Kết luận.....	12

# DỰ BÁO XU HƯỚNG CÔNG NGHỆ 2040: THẾ GIỚI SIÊU KẾT NỐI

## Giới thiệu

Trong hai thập kỷ tới, tốc độ và tác động của sự phát triển công nghệ sẽ tăng lên, giúp chuyển đổi và cải thiện trải nghiệm và năng lực của con người, mang lại khả năng giải quyết các thách thức như lão hóa, biến đổi khí hậu và tăng trưởng năng suất thấp, nhưng đồng thời cũng tạo ra những căng thẳng và thay đổi trong xã hội, các ngành công nghiệp và các quốc gia.

Những thập kỷ tới cũng sẽ chứng kiến sự cạnh tranh toàn cầu ngày càng tăng đối với các yếu tố cốt lõi của ưu thế công nghệ, như nhân tài, tri thức và thị trường, có khả năng đưa một số nước trở thành những nước đi đầu về công nghệ mới hoặc bá quyền công nghệ mới.

Cuộc chạy đua giành ưu thế công nghệ đang diễn ra mạnh mẽ và gắn bó chặt chẽ với địa chính trị, trong đó có sự cạnh tranh lớn hơn giữa Hoa Kỳ và Trung Quốc. Lợi thế công nghệ sẽ được tăng cường bởi các công ty có tầm nhìn dài hạn, nguồn lực lớn và phạm vi toàn cầu.

Sự hội tụ ngày càng tăng của các lĩnh vực và sự gia tăng cạnh tranh toàn cầu, để tạo ra và nắm bắt lợi thế, đang thúc đẩy sự xuất hiện của các công nghệ tiên tiến. Các công nghệ và ứng dụng bắt nguồn từ nghiên cứu và phát triển sẽ sẵn sàng để áp dụng nhanh chóng, cho phép các nước đang phát triển tận dụng những tiến bộ cốt lõi mới nhất, phát triển các ứng dụng toàn cầu trong các lĩnh vực thích hợp và đóng góp vào chuỗi cung ứng toàn cầu.

Trên đây là những nhận định chính về xu hướng công nghệ và các tác động của nó đến năm 2040 được đề cập trong Báo cáo Các xu hướng toàn cầu đến năm 2040 của Hội đồng Tình báo Quốc gia Hoa Kỳ (The National Intelligence Council – NIC). Theo báo cáo này, đến năm 2040, sự hội tụ ngày càng tăng của các công nghệ, như trí tuệ nhân tạo (AI), Internet vạn vật, robot, thực tế ảo, điện toán tiên tiến, vật liệu mới, giao diện người – máy, các mạng truyền thông, thương mại không gian... sẽ tạo nên một thế giới siêu kết nối. Khi kết hợp lại với nhau, các nền tảng công nghệ này có thể tạo cơ sở cho đổi mới sáng tạo diễn ra nhanh chóng.

Bên cạnh sự hội tụ trong các lĩnh vực công nghệ trên, Báo cáo của NIC cũng nhấn mạnh một số lĩnh vực công nghệ, đặc biệt là AI, công nghệ sinh học, vật liệu và sản xuất, sẽ mang lại tiềm năng cho sự thay đổi mang tính chuyển đổi và cũng cảnh báo những hậu quả, rủi ro tiềm ẩn của các công nghệ này trong những thập kỷ tới.

## 1. Xu hướng các công nghệ mới nổi

Trong hai thập kỷ tới có một số xu hướng đang định hình bối cảnh công nghệ và mặc dù các công nghệ mới sẽ không xuất hiện đồng đều, nhưng chúng có khả năng tạo đột phá và động lực chung.



**Hình 1.** Sự hội tụ ngày càng tăng của các lĩnh vực và sự gia tăng cạnh tranh toàn cầu đang thúc đẩy sự hình thành một thế giới siêu kết nối

### ***Hội tụ khoa học khơi dậy đổi mới sáng tạo***

Sự hội tụ của các lĩnh vực nghiên cứu khoa học và các ứng dụng công nghệ khác nhau đang làm cho việc sử dụng thiết bị công nghệ mới trở nên nhanh hơn, khả thi hơn, thiết thực và hữu ích hơn. Ví dụ, điện thoại thông minh đã được ra đời nhanh hơn nhờ hàng thập kỷ nghiên cứu và phát triển cơ bản về điện tử, ăng-ten, vật liệu, pin, mạng viễn thông và giao diện người dùng. Đến năm 2040, sự hội tụ ngày càng tăng của các công nghệ, chẳng hạn như AI, truyền thông tốc độ cao và công nghệ sinh học, sẽ được tăng cường nhờ những hiểu biết ngày càng nhiều hơn về khoa học xã hội và hành vi để cho phép tạo đột phá nhanh chóng và các ứng dụng tùy chỉnh của người dùng hiệu quả hơn nhiều. Khi kết hợp lại với nhau, các nền tảng công nghệ này có thể tạo cơ sở cho đổi mới sáng tạo diễn ra nhanh chóng, đồng thời hạ thấp các rào cản gia nhập thị trường.

### ***Cạnh tranh ngày càng tăng để chiếm ưu thế***

Cuộc chạy đua đang ngày càng gia tăng để giành ưu thế công nghệ liên quan chặt chẽ với địa chính trị. Chạy đua giành ưu thế công nghệ được định hình bởi các cuộc cạnh tranh chính trị, kinh tế và xã hội rộng lớn hơn, đặc biệt là những cuộc cạnh tranh liên quan đến sự trỗi dậy của Trung Quốc. Việc tích lũy các nguồn lực để duy trì vị trí dẫn đầu về công nghệ trên diện rộng, bao gồm cả việc tập trung nhân tài, kiến thức nền

tăng và chuỗi cung ứng, đòi hỏi hàng chục năm đầu tư dài hạn và khả năng lãnh đạo có tầm nhìn xa trông rộng. Những công ty tập trung nguồn lực của họ ngày nay có khả năng trở thành những người dẫn đầu về công nghệ vào năm 2040.

Trong các nền kinh tế mở, sự kết hợp giữa các nỗ lực tư nhân và quan hệ đối tác giữa chính phủ, các tập đoàn tư nhân và các chương trình nghiên cứu sẽ cạnh tranh với các nền kinh tế do nhà nước lãnh đạo (state-led economies). Các nền kinh tế do nhà nước lãnh đạo có thể có lợi thế trong việc chỉ đạo và tập trung các nguồn lực, bao gồm cả quyền truy cập dữ liệu, nhưng có thể thiếu các lợi ích của môi trường mở, sáng tạo và cạnh tranh.

### ***Lan tỏa công nghệ toàn cầu***

Các công nghệ và ứng dụng được ra đời từ các hoạt động nghiên cứu và phát triển sẽ nhanh chóng được áp dụng hơn ở hầu hết mọi khu vực trên thế giới, cho phép ngay cả các nước đang phát triển cũng tận dụng những tiến bộ cốt lõi mới nhất, phát triển các ứng dụng toàn cầu trong các lĩnh vực thích hợp hoặc đóng góp vào chuỗi cung ứng của các nền kinh tế tiên tiến hơn. Nhiều chính phủ sẽ tìm cách tăng tốc và khai thác quá trình này, tài trợ cho các nỗ lực trọng tâm, chẳng hạn như các giải pháp cụm công nghệ hoặc các vườn ươm công nghệ sinh học mới để gia tăng cạnh tranh.

### ***Các mốc thời gian được thu hẹp lại***

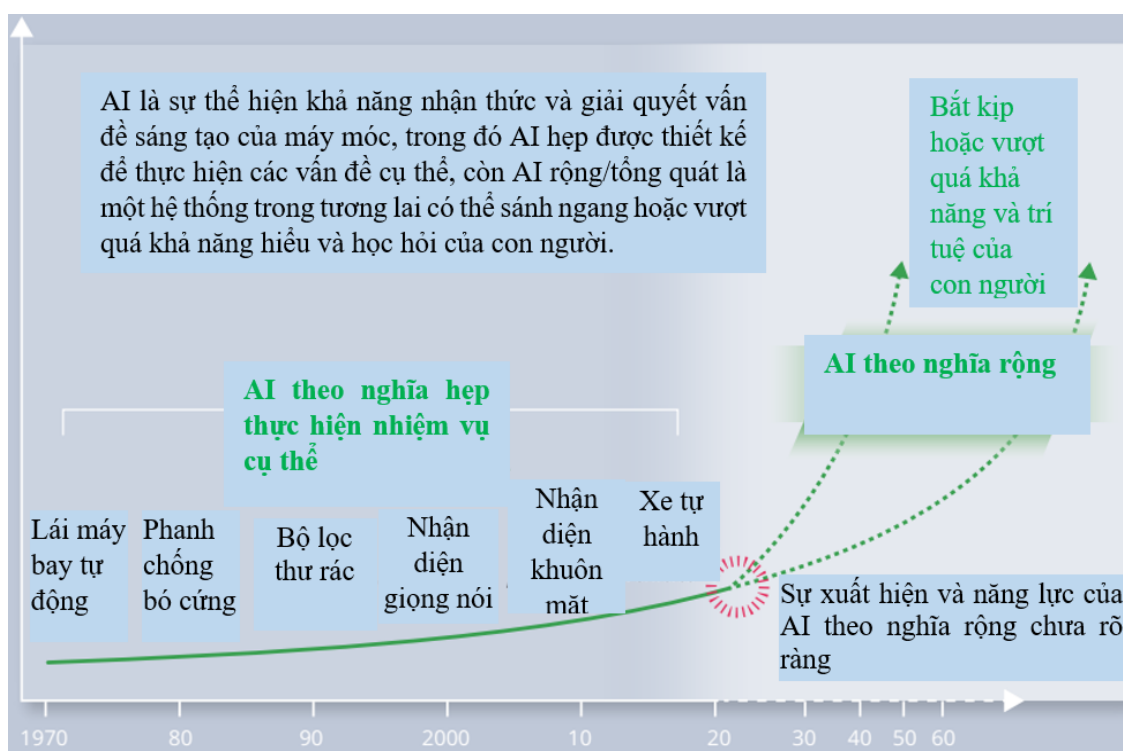
Thời gian để phát triển, triển khai trên thị trường, trưởng thành và sau đó ngừng sử dụng một sản phẩm công nghệ đang chuyển từ hàng thập kỷ sang vài năm, hàng năm và đôi khi nhanh hơn. Xu hướng ngày càng được thấy rõ là có một số tập đoàn và nhà nước đi đầu trong công nghệ mới nổi có thể triển khai và khai thác một công nghệ mới trước khi những tập đoàn và nhà nước khác bắt đầu bước vào giai đoạn khởi đầu. Những nước đang cố gắng bắt kịp, đặc biệt là ở các nước đang phát triển, có thể ngày càng buộc phải lựa chọn công nghệ trước khi ý nghĩa và lý do của những lựa chọn đó được hiểu đầy đủ, và việc mạo hiểm đầu tư của họ có thể dẫn tới “ngõ cụt” công nghệ hoặc bị tụt lại phía sau một cách vô vọng. Các nền kinh tế kế hoạch hóa, có thể có khả năng phản ứng nhanh hơn với sự phát triển công nghệ mới nổi, nhưng cũng có khả năng phải trả giá bằng việc giảm tính đa dạng và hiệu quả của công nghệ.

## **2. Các công nghệ đưa đến sự chuyển đổi**

### ***Trí tuệ nhân tạo trở thành chủ đạo***

Trí tuệ nhân tạo (AI) là sự thể hiện khả năng nhận thức và giải quyết vấn đề sáng tạo của máy móc chứ không phải con người hay động vật, từ ý nghĩa AI hẹp được thiết kế để giải quyết các vấn đề cụ thể đến AI rộng/tổng quát - một hệ thống trong tương lai có thể sánh ngang hoặc vượt quá khả năng hiểu và học hỏi của con người. Đến năm 2040, các ứng dụng AI, kết hợp với các công nghệ khác, sẽ mang lại lợi ích cho hầu hết mọi khía cạnh của cuộc sống, bao gồm cải thiện chăm sóc sức khỏe, giao thông an toàn và hiệu quả hơn, giáo dục được cá nhân hóa, phần mềm cải tiến cho các công việc hàng

ngày và tăng năng suất cây trồng nông nghiệp. Các nhà lãnh đạo chính trị và doanh nghiệp trên toàn thế giới đang tìm kiếm tài năng toàn cầu và đang rót các nguồn lực vào việc phát triển AI, với hy vọng là một trong những người đầu tiên sử dụng nó để định hình lại xã hội, nền kinh tế và thậm chí cả chiến tranh. Được kích hoạt bởi sự gia tăng đồng thời về dữ liệu chất lượng cao, khả năng tính toán và liên kết truyền thông tốc độ cao, AI sẽ thách thức các nhà lãnh đạo theo kịp và gặt hái những lợi ích trong khi giảm thiểu các tác động có hại, chẳng hạn như các mối đe dọa đối với quyền riêng tư và quyền tự do.



**Hình 2.** Lộ trình AI

Mặc dù nhiều ứng dụng công nghệ AI mới sẽ có sẵn trên toàn cầu, nhưng có những lợi thế không tương xứng cho các quốc gia có khả năng hỗ trợ, phát triển và áp dụng AI ngay bây giờ. Việc áp dụng rộng rãi AI, đặc biệt là trong chiến tranh, cũng làm tăng nguy cơ lạm dụng có chủ ý hoặc tham gia hoặc leo thang ngoài ý muốn.

### *Công nghiệp và lao động được chuyển đổi*

AI sẽ biến đổi hầu hết tất cả các ngành công nghiệp và phá vỡ cơ cấu lực lượng lao động toàn cầu, tạo ra các lĩnh vực việc làm mới, loại bỏ nhiều công việc khác và thúc đẩy sự phân phối lại kinh tế và xã hội đáng kể. Hợp tác giữa người và máy sẽ trở nên phổ biến đối với nhiều công việc trong tương lai. Để khai thác lợi thế của AI đồng thời giảm thiểu tỷ lệ thất nghiệp, các quốc gia và tập đoàn sẽ cần tập trung vào giáo dục và đào tạo lại lực lượng lao động của họ.

### *Dữ liệu sẽ là vua*

Các ngành và tổ chức phụ thuộc vào AI trong tương lai sẽ cần có lượng dữ liệu

không lồ để hoạt động hiệu quả và cạnh tranh. Các tổ chức, công ty và quốc gia đã đầu tư vào các phương thức để thu thập, phân loại, lưu trữ và kiểm tra dữ liệu sẽ có lợi thế. Lượng dữ liệu chưa từng có vào năm 2040 sẽ cung cấp những hiểu biết và khả năng tạo giá trị, nhưng cũng sẽ mở ra các vấn đề về quyền truy cập, quyền riêng tư, quyền sở hữu và kiểm soát dữ liệu khi các lĩnh vực cạnh tranh và xung đột ngày càng tăng.

#### *Bảo mật và quyền riêng tư được nhìn nhận lại*

Các khái niệm hiện tại về quyền riêng tư sẽ tiếp tục được phát triển, với việc các cá nhân cần chia sẻ nhiều thông tin cá nhân hơn để truy cập vào các ứng dụng và việc theo dõi trở nên phổ biến. Các chính phủ có khả năng khai thác dữ liệu gia tăng để theo dõi và thậm chí kiểm soát dân số của họ. Hơn nữa, nhiều công ty và tổ chức cũng sẽ có các công cụ mạnh mẽ như thao tác video hoặc giả tinh vi (deep fakes), để cải thiện hoạt động tiếp thị phù hợp hoặc thúc đẩy một vấn đề cụ thể. Các ứng dụng AI mới nổi cũng có thể trở thành mục tiêu tiềm năng để thao túng dữ liệu nhằm làm sai lệch kết quả đầu ra của chúng.

#### *Lo ngại về vấn đề đạo đức*

Sự phát triển của AI và mức độ tham gia của con người vào quá trình ra quyết định, nếu có, sẽ tiếp tục làm dấy lên những lo ngại về vấn đề đạo đức và các quan điểm về nghĩa vụ đạo đức có thể sẽ khác nhau trên toàn cầu. Ngoài ra, bản chất không rõ ràng của việc ra quyết định bằng AI làm tăng khả năng xảy ra sai lệch không chủ ý, phân biệt đối xử, kết quả không mong muốn hoặc định hướng sai có chủ ý. Hợp tác để nâng cao AI đáng tin cậy, với các quy trình ra quyết định minh bạch và rõ ràng, có thể cải thiện lòng tin và sự tự tin cho tất cả các bên. Mặc dù nhiều quốc gia sẽ phát triển các quy tắc nghiêm ngặt về việc sử dụng dữ liệu cá nhân, nhưng sẽ có tranh luận về việc liệu các quy tắc này có thể cùng tồn tại với việc thực hiện đầy đủ các khả năng của AI hay không.

#### *AI trong các hệ thống quân sự*

AI sẽ mang lại lợi thế mạnh mẽ cho các quốc gia kết hợp AI vào hệ thống quân sự của họ. AI sẽ nâng cao hiệu suất của các hệ thống vũ khí, phòng thủ và an ninh hiện có, cả vật lý và mạng, trong khi các kỹ thuật chống AI, được thiết kế để phủ nhận hoặc gây nhầm lẫn cho việc ra quyết định dựa trên AI, cũng có khả năng xuất hiện.

#### *Vật liệu và sản xuất thông minh đang xây dựng một thế giới mới*

Đến năm 2040, những tiến bộ trong nghiên cứu vật liệu mới, cùng với sản xuất thông minh, sẽ định hình lại quá trình sản xuất mọi thứ, từ hàng tiêu dùng đến hệ thống quân sự cao cấp, giảm chi phí, mở rộng năng lực, thay đổi chuỗi cung ứng và cho phép các tùy chọn thiết kế hoàn toàn mới. Thời kỳ thay đổi nhanh chóng mà chúng ta đang bước vào thường được gọi là Cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ tư vì tiềm năng cải thiện mức sống đồng thời có thể phá vỡ cơ cấu các ngành công nghiệp, việc làm, chuỗi cung ứng và mô hình kinh doanh truyền thống.

Vật liệu và sản xuất được liên kết chặt chẽ với nhau trong một chu kỳ phát triển tích cực (virtuous cycle) lâu đời, trong đó những tiến bộ trong động lực này thúc đẩy

động lực kia. Mặc dù chỉ riêng chu kỳ này có thể tiếp tục thúc đẩy tiến bộ trong nhiều thập kỷ tới, nhưng rất có thể nó sẽ được tăng tốc nhờ những tiến bộ hội tụ trong điện toán hiệu năng cao, mô hình hóa vật liệu, AI và vật liệu sinh học. Sự kết nối gia tăng sẽ bổ sung cho sự tăng trưởng này bằng cách cho phép các tiến bộ được phổ biến và tiếp cận trên toàn cầu.

#### *Gia tăng các tùy chọn thiết kế*

Sản xuất bồi đắp (AM), thường được gọi là in 3D, đang được sử dụng để chế tạo ngày càng nhiều loại vật liệu trong các cơ sở nhỏ hơn và ít chuyên môn hơn, mang lại khả năng sản xuất tiên tiến cho các công ty và cá nhân nhỏ lẻ trên toàn thế giới. Bất chấp một số rào cản kỹ thuật và vấn đề về độ tin cậy, AM đang thúc đẩy một cuộc cách mạng trong sản xuất hiện đại bằng cách cho phép tạo nguyên mẫu nhanh, các bộ phận tùy chỉnh cao, sản xuất tại chỗ và chế tạo các hình dạng mà trước đó không thể thực hiện được.

#### *Thích nghi nhanh chóng*

Những tiến bộ trong hệ thống thông tin, bao gồm mô hình tính toán và học máy, kết hợp với các hệ thống vật lý tiên tiến, chẳng hạn như Internet vạn vật trong ngành công nghiệp và robot tiên tiến, có khả năng cho phép các hệ thống sản xuất hợp tác, tích hợp đầy đủ trong thời gian thực để đáp ứng các điều kiện thay đổi trong nhà máy, trong mạng lưới cung cấp và nhu cầu.

#### *Thiết kế những gì bạn cần*

Công nghệ vật liệu ngày nay đang trải qua một quá trình chuyển đổi mang tính cách mạng, chuyển từ vật liệu có sẵn sang vật liệu và quy trình được tối ưu hóa được thiết kế cho các sản phẩm tùy chỉnh. Kết hợp với sản xuất bồi đắp (AM), công nghệ vật liệu theo thiết kế sẽ tạo ra những bước tiến lớn trong việc chế tạo mọi thứ từ máy bay đến điện thoại di động có hiệu năng mạnh hơn, trọng lượng nhẹ hơn và bền hơn.

#### *Các tính năng được tăng cường của vật liệu cho các ứng dụng mới*

Những thập kỷ tới sẽ chứng kiến những tiến bộ trong việc phát triển các vật liệu mới với các đặc tính không thể đạt được trước đây, cho phép nhiều ứng dụng đạt được các mức hiệu suất cao chưa từng có. Vật liệu hai chiều, siêu vật liệu và vật chất có thể lập trình sẽ có độ bền, tính linh hoạt, độ dẫn điện hoặc các đặc tính khác khác thường cho phép triển khai các ứng dụng mới.

#### *Công nghệ sinh học cho phép đổi mới sáng tạo nhanh chóng*

Năng lực điều khiển các hệ thống sinh học sẽ được tăng cường bởi những tiến bộ trong tự động hóa, thông tin và khoa học vật liệu, đang thúc đẩy đổi mới sáng tạo chưa từng có trong y tế, nông nghiệp, sản xuất và khoa học nhận thức. Đến năm 2040, những đổi mới sáng tạo trong công nghệ sinh học rất có thể sẽ giúp các xã hội giảm bớt bệnh tật, nạn đói và sự phụ thuộc vào hóa dầu, đồng thời sẽ thay đổi cách chúng ta tương tác với môi trường và với nhau. Các xã hội sẽ đứng trước thử thách để khai thác những tiến bộ có lợi này trong khi cũng phải giải quyết các mối quan tâm về thị trường, quy định,



an toàn và đạo đức xung quanh các công nghệ này, chẳng hạn như cây trồng và thực phẩm biến đổi gen.

Công nghệ sinh học có khả năng đóng góp đáng kể vào tăng trưởng kinh tế trong hai thập kỷ tới, có khả năng ảnh hưởng đến 20% hoạt động kinh tế toàn cầu vào năm 2040, đặc biệt là trong nông nghiệp và sản xuất, dựa trên tốc độ tăng trưởng kinh tế sinh học so với tổng sản phẩm quốc nội (GDP). Năm 2019, nền kinh tế sinh học của Hoa Kỳ đạt gần 1 nghìn tỷ USD, tương đương khoảng 5,1% tổng nền kinh tế, trong khi các ước tính của Liên minh Châu Âu và Liên Hợp Quốc từ năm 2017-2019, áp dụng định nghĩa rộng hơn về các hoạt động kinh tế sinh học, cho thấy công nghệ sinh học đóng góp 10% cho nền kinh tế của châu Âu.

**Bảng 1.** Lợi ích và rủi ro trong áp dụng công nghệ sinh học tiên tiến

<b>Lợi ích</b>	<b>Ứng dụng</b>	<b>Rủi ro</b>
Chẩn đoán sai giảm mạnh và kết quả chăm sóc sức khỏe được cải thiện.	<b>Y tế số/y học cá nhân hóa</b> Phương pháp điều trị y tế phù hợp sử dụng AI để kết hợp dữ liệu từ giải trình tự gen, chẩn đoán và theo dõi sinh học.	Lạm dụng hoặc thao túng dữ liệu sức khỏe cá nhân.
Điều trị y tế nhanh chóng, hiệu quả hơn.	<b>Sản xuất thuốc theo yêu cầu</b> Các liệu pháp dựa trên tế bào và gen, kết hợp với những cải tiến trong nghiên cứu và sản xuất thuốc, để đáp ứng bệnh nhanh hơn.	Tranh chấp về ưu tiên R&D ở các nước phát triển và đang phát triển.
Giảm sự chậm trễ và từ chối cấy ghép và sửa chữa nội tạng.	<b>In sinh học (Bioprinting) và cấy ghép dị loại (Xenotransplantation)</b> Sản xuất bồi đắp để “in” các bộ phận sinh học nhằm thử nghiệm y tế hoặc thay thế mô, phát triển các cơ quan tương thích của con người ở động vật để cấy ghép.	Khó tiếp cận cho đa số do chi phí trả trước cao.
Giảm đáng kể các bệnh do di truyền.	<b>Kỹ thuật sinh sản</b> Sử dụng các công nghệ gen để chọn và sửa đổi phôi người nhằm đạt được nhiều đặc tính và năng lực.	Các vấn đề về đạo đức và xã hội, bất bình đẳng trong tiếp cận.
Phương pháp điều trị mới cho rối loạn thần kinh; Phát triển, nâng cao nhận thức.	<b>Giao diện người – máy</b> Máy tăng cường các quá trình nhận thức của con người.	Căng thẳng giữa các cá nhân được tăng cường và không được tăng cường ứng dụng; Các lỗ hổng mạng/sinh học mới
Cải thiện tốc độ và độ tin cậy trong việc thiết kế và chế tạo các vật tư, thuốc mới.	<b>Sản xuất sinh học</b> Thiết kế sinh học và sản xuất các vật tư, thuốc men và thực phẩm nâng cao.	Tăng khả năng lạm dụng và tái cấu trúc lực lượng lao động.
	<b>Sinh vật tổng hợp (Synthetic organisms)</b>	

<b>Lợi ích</b>	<b>Ứng dụng</b>	<b>Rủi ro</b>
Sẵn sàng sản xuất các phân tử, vật liệu và phương pháp điều trị mới.	Những sinh vật có một phần đáng kể của bộ gen hoặc toàn bộ bộ gen đã được thiết kế hoặc chế tạo; Sinh vật biến đổi gen và các quy trình sinh học tạo ra vật tư và thuốc mới.	Tiềm năng cho các ứng dụng vũ khí hoặc lạm dụng tình cờ; Tác động môi trường chưa lường hết được.
Làm cho những vùng đất cằn cỗi hoặc cạn kiệt trở nên hiệu quả; Giảm thiểu các mối đe dọa do con người và tự nhiên gây ra đối với môi trường.	<b>Phục hồi môi trường</b> Can thiệp sinh thái quy mô lớn thông qua công nghệ sinh học; tái trồng rừng hoặc kỹ thuật đại dương tạo ra, điều chỉnh hoặc cứu các môi trường bị hư hại.	Những hậu quả ngoài ý muốn, có khả năng xảy ra đối với môi trường hoặc sức khỏe cộng đồng toàn cầu.
Dung lượng thực tế không giới hạn để lưu trữ dữ liệu lâu dài.	<b>Lưu trữ dữ liệu dựa trên ADN</b> ADN được sử dụng để mã hóa và lưu trữ dữ liệu.	Tăng tiềm năng giám sát xã hội dài hạn.
Gia tăng nhiều loại thực phẩm rẻ hơn, bổ dưỡng hơn được tạo ra với tác động môi trường thấp hơn.	<b>Chuyển đổi sản xuất nông nghiệp và thực phẩm</b> Các quy trình sản xuất chính xác tự động và các hệ thống trồng trọt - chăn nuôi tích hợp sử dụng các sinh vật biến đổi gen.	Giảm đa dạng sinh học, căng thẳng xã hội về biến đổi gen, tác động tới lực lượng lao động và gián đoạn chuỗi cung ứng.

### ***Siêu kết nối hợp nhất và sự thay đổi xã hội***

Đến năm 2040, thế giới sẽ có nhiều thiết bị, dữ liệu và tương tác hơn, liên kết tất cả các khía cạnh của cuộc sống hiện đại và vượt qua các ranh giới chính trị và xã hội. Việc tăng tốc độ và truy cập toàn cầu sẽ cung cấp cho các quốc gia, tập đoàn và thậm chí cả cá nhân các dịch vụ và tài nguyên từng bị giới hạn ở các quốc gia thịnh vượng. Thế giới siêu kết nối này là một tương lai đã bắt đầu xuất hiện; các mạng thế hệ tiếp theo, các cảm biến liên tục và vô số công nghệ sẽ hợp nhất với nhau trong một hệ thống toàn cầu với hàng tỷ thiết bị được kết nối. Ví dụ, các camera công cộng phổ biến hiện nay sẽ dẫn đến các thành phố thông minh trong tương lai, nơi các cảm biến quang học và cảm biến khác kết hợp với AI để giám sát con người, phương tiện và cơ sở hạ tầng trên toàn cầu.

Theo một số ước tính, Internet vạn vật hiện tại - tiền thân của tương lai siêu kết nối - sẽ đạt 64 tỷ đối tượng kết nối vào năm 2025, tăng từ 10 tỷ vào năm 2018, tất cả đều được giám sát theo thời gian thực. Trong tương lai, một thế giới siêu kết nối có thể hỗ trợ tới 1 triệu thiết bị trên mỗi km vuông với các hệ thống điện thoại di động thế hệ tiếp theo (5G), so với 60.000 thiết bị hiện có với các mạng di động hiện tại. Các cảm biến được nối mạng sẽ trở nên phổ biến; hơn 20 tỷ thiết bị đã hoạt động vào năm 2020 và

với các mạng mặt đất mới kết hợp với sự gia tăng các dịch vụ dựa trên không gian, dự kiến sẽ có hàng trăm tỷ và cuối cùng là hàng nghìn tỷ thiết bị có thể được kết nối trên toàn cầu.

#### *Tăng tốc thay đổi xã hội*

Quyền riêng tư và ẩn danh có thể biến mất một cách hiệu quả theo sự lựa chọn hoặc ủy quyền của chính phủ, vì tất cả các khía cạnh của cuộc sống cá nhân và nghề nghiệp đều được theo dõi bởi các mạng toàn cầu. Phương tiện truyền thông thời gian thực, được sản xuất hoặc tổng hợp có thể bóp méo sự thật và hiện thực hơn nữa, gây bất ổn cho xã hội ở quy mô và tốc độ vượt xa những thách thức về thông tin sai lệch hiện nay. Nhiều loại tội phạm, đặc biệt là những loại tội phạm có thể được theo dõi và quy kết bằng giám sát kỹ thuật số, sẽ trở nên ít phổ biến hơn trong khi các tội phạm mới và các hình thức phân biệt đối xử mới có thể phát sinh.

#### *Mô hình an ninh mạng mới*

Khả năng kết nối lớn hơn gần như chắc chắn sẽ làm tăng tính dễ bị tổn thương của các cá nhân, tổ chức và chính phủ được kết nối khi có sự hiện diện của hàng trăm tỷ thiết bị được kết nối làm tăng đáng kể các cuộc tấn công mạng - vật lý. Ngoài ra, việc thực thi an ninh mạng dựa trên biên giới địa lý có thể sẽ trở nên ít phù hợp hơn trong mạng lưới web ngày càng toàn cầu. môi trường phần mềm

### **3. Công nghệ mới thúc đẩy thương mại không gian**

#### *Khám phá không gian mở rộng*

Đến năm 2040, ngày càng nhiều quốc gia sẽ tham gia khám phá không gian như một phần của nỗ lực hợp tác quốc tế. Bằng cách đó, các quốc gia này sẽ có được uy tín quốc gia, cơ hội phát triển khoa học và kỹ thuật, và các lợi ích kinh tế tiềm năng. Mặc dù các chính phủ sẽ vẫn là nguồn tài trợ chính để hỗ trợ các hoạt động khám phá không gian quy mô lớn, nhưng vai trò của các tổ chức thương mại sẽ mở rộng đáng kể trong hầu hết các khía cạnh của hoạt động không gian. Các dự án thương mại sẽ cùng tồn tại và có thể hợp tác với các chương trình không gian do chính phủ tài trợ, thúc đẩy các công nghệ không gian.

#### *Trung Quốc trở thành một cường quốc không gian*

Đến năm 2040, Trung Quốc sẽ là đối thủ đáng kể nhất của Hoa Kỳ trong không gian, cạnh tranh trên các mặt trận thương mại, dân sự và quân sự. Trung Quốc sẽ tiếp tục theo đuổi con đường phát triển công nghệ vũ trụ độc lập với con đường của Hoa Kỳ và Châu Âu, đồng thời sẽ có các đối tác nước ngoài của riêng mình tham gia vào các hoạt động không gian do Trung Quốc dẫn đầu. Các dịch vụ không gian vũ trụ của Trung Quốc, chẳng hạn như Hệ thống định vị vệ tinh Bắc Đẩu (Beidou), sẽ được sử dụng trên khắp thế giới như một giải pháp thay thế cho các lựa chọn của phương Tây.

#### *Các hoạt động trên quỹ đạo trở nên thường xuyên*

Đến năm 2040, các chính phủ có thể sẽ tiến hành các hoạt động bảo dưỡng, lắp ráp

và sản xuất thường xuyên trên quỹ đạo, để hỗ trợ các hệ thống vũ trụ quốc gia và các nỗ lực quốc tế. Các công ty thương mại sẽ cung cấp các dịch vụ trên quỹ đạo, chẳng hạn như sửa chữa, khảo sát từ xa, di dời, tiếp nhiên liệu và loại bỏ mảnh vỡ. Các dịch vụ trên quỹ đạo sẽ được sử dụng để nâng cấp các vệ tinh, kéo dài tuổi thọ chức năng của chúng và cho phép các loại cấu trúc không gian mới, chẳng hạn như các thiết bị cực lớn hoặc phức tạp, nhưng chúng có thể cần sự hỗ trợ của chính phủ để thiết lập ngành.

#### ***AI đi vào không gian***

AI sẽ cho phép sử dụng sáng tạo các dịch vụ không gian bằng cách hỗ trợ vận hành các chòm vệ tinh lớn và khả năng nhận thức tình huống không gian. Trí tuệ nhân tạo cũng sẽ hỗ trợ tổng hợp và phân tích khối lượng lớn dữ liệu được thu thập liên tục, chất lượng cao, một phần được thúc đẩy bởi các hệ thống mặt đất và không gian siêu kết nối.

#### **4. Ý nghĩa rộng hơn của sự tiến hóa công nghệ**

##### ***Giải quyết vấn đề nhanh chóng***

Khi nỗ lực phát triển vắc-xin COVID-19 toàn cầu đã được thể hiện một cách hiệu quả, thì các công nghệ - thường được tích hợp theo những cách mới và giàu trí tưởng tượng - có thể nhanh chóng được áp dụng để giải quyết các nhu cầu khủng hoảng. Nghiên cứu cho phép phát triển nhanh chóng và chưa từng có vắc-xin COVID-19 hiệu quả được xây dựng dựa trên nhiều thập kỷ đầu tư cơ bản vào khoa học sức khỏe. Tương tự như vậy, những thách thức trong nhiều thập kỷ, chẳng hạn như biến đổi khí hậu, có thể được giải quyết bằng cách tập hợp các bộ giải pháp công nghệ.

##### ***Sức mạnh công nghệ như sức mạnh địa chính trị***

Công nghệ là một công cụ của sức mạnh quốc gia mà Hoa Kỳ đã dẫn đầu từ lâu thông qua các khoản đầu tư vào nghiên cứu, phát triển và đổi mới sáng tạo. Những thập kỷ tới sẽ chứng kiến sự cạnh tranh toàn cầu ngày càng tăng đối với các yếu tố cốt lõi của ưu thế công nghệ, chẳng hạn như nhân tài, tri thức và thị trường, có khả năng dẫn đến sự lãnh đạo công nghệ toàn cầu hoặc bá chủ công nghệ mới vào những năm 2030. Chuỗi cung ứng quốc tế phức tạp, sự phổ biến toàn cầu của đổi mới sáng tạo và đầu tư của các đối thủ ở vị trí địa lý khác nhau có thể cản trở hơn nữa việc các quốc gia đơn phương sử dụng công nghệ để đạt được mục tiêu của họ. Các điều kiện đã chín muồi cho cả hợp tác quốc tế lớn hơn cũng như các kiểu cạnh tranh và xung đột nhiều mặt mới có thể định hình kỷ nguyên sắp tới.

##### ***Làm trầm trọng thêm căng thẳng xã hội***

Tốc độ thay đổi công nghệ có thể làm gia tăng căng thẳng xã hội giữa những người có khả năng tiếp cận, khả năng và ý chí thích ứng với những người không thể hoặc không muốn thay đổi. Với sự phổ biến và áp dụng nhanh chóng của công nghệ, một số cá nhân, cộng đồng và quốc gia có thể đạt được những tiến bộ nhanh chóng trong khi những người khác có thể bị bỏ lại phía sau với rất ít hy vọng bắt kịp, làm trầm trọng thêm tình trạng bất bình đẳng trong và giữa các quốc gia.

Việc áp dụng công nghệ cũng có thể vượt quá quy định về đạo đức, tạo ra sự lo lắng xã hội và chia rẽ chính trị lâu dài. Những căng thẳng này có thể tăng thêm khi sử dụng tin nhắn được sản xuất hoặc được nhắm mục tiêu bởi AI, chẳng hạn như tin nhắn sử dụng công nghệ AI làm giả tinh vi (deep fakes).

### ***Làm phức tạp các mối quan hệ chính phủ - doanh nghiệp***

Quan hệ đối tác công-tư trong đầu tư, nghiên cứu và phát triển đóng vai trò quan trọng để đạt được nhiều đột phá và lợi thế về công nghệ, nhưng lợi ích cốt lõi của doanh nghiệp và quốc gia không tự nhiên phù hợp với nhau. Các công ty công nghệ lớn ngày càng có nguồn lực, phạm vi tiếp cận và tầm ảnh hưởng vượt xa các đối thủ, thậm chí vượt qua một số bang, quốc gia. Lợi ích quốc gia trong việc duy trì kiểm soát và lợi thế công nghệ cũng như bảo vệ an ninh quốc gia có thể mâu thuẫn với lợi ích doanh nghiệp trong việc mở rộng thị phần toàn cầu và tăng lợi nhuận.

### ***Tác động lớn tới các ngành công nghiệp và việc làm***

Tốc độ thay đổi công nghệ, đặc biệt là sự phát triển trong sản xuất tiên tiến, AI và công nghệ sinh học, có thể đẩy nhanh sự thay đổi đối với chuỗi cung ứng và sản xuất toàn cầu, loại bỏ một số phương thức sản xuất và việc làm, đồng thời đưa chuỗi cung ứng đến gần hơn với thị trường. Việc thay đổi chuỗi cung ứng có thể ảnh hưởng không tương xứng đến các nền kinh tế kém tiên tiến hơn, trong khi nhiều công việc mới sẽ yêu cầu người lao động có kỹ năng phải được cải thiện hoặc trang bị lại.

### ***Thúc đẩy quản trị mới, đe dọa tự do và quyền riêng tư***

Tương lai bão hòa về công nghệ và siêu kết nối sẽ cung cấp cho các nhà lãnh đạo và chính phủ các công cụ mới để giám sát người dân của họ, cho phép cung cấp dịch vụ và bảo mật tốt hơn nhưng cũng cung cấp các phương tiện kiểm soát tốt hơn. Các ứng dụng công nghệ trao quyền cho công dân giao tiếp, tổ chức và theo dõi sức khỏe của họ đang cung cấp lượng dữ liệu ngày càng tăng cho chính phủ và khu vực tư nhân. Các chính phủ, đặc biệt là các chính phủ độc tài, sẽ thực hiện các khả năng giám sát chưa từng có để thực thi luật pháp và cung cấp bảo mật trong khi theo dõi và hủy ẩn danh công dân cũng như các cá nhân có khả năng bị nhắm mục tiêu.

### ***Kích thích các cuộc tranh luận về sự cởi mở***

Triển vọng của một thế giới siêu kết nối sẽ kích thích các cuộc tranh luận và chia rẽ trong và giữa các quốc gia về lợi ích và rủi ro của các mạng kết nối mở. Khi các mạng toàn cầu ngày càng trở nên kết nối với nhau, việc duy trì một hệ thống khép kín hoặc tách biệt có thể khó khăn hơn và những nỗ lực ngăn chặn Internet rộng lớn hơn có thể cắt đứt hoàn toàn các hệ thống khép kín ra khỏi nền kinh tế toàn cầu.

### ***Các rủi ro***

Tiến bộ công nghệ có thể làm tăng số lượng các mối đe dọa hủy hoại cuộc sống trên quy mô toàn cầu, thách thức khả năng hiểu biết của con người về phạm vi và quy mô tiềm năng của các mối đe dọa này. Công nghệ đóng một vai trò trong cả việc tạo ra những rủi ro hiện hữu này và giảm thiểu chúng. Rủi ro do con người gây ra bao gồm

lạm dụng AI, tạo ra đại dịch, vũ khí công nghệ nano hoặc chiến tranh hạt nhân. Những sự kiện có xác suất thấp, tác động cao như vậy rất khó dự báo và tốn kém để ứng phó, nhưng việc xác định trước các rủi ro tiềm ẩn và phát triển các chiến lược giảm thiểu có thể mang lại khả năng phục hồi nhất định.

### **Kết luận**

Trong hai thập kỷ tới, mặc dù các công nghệ mới sẽ không xuất hiện đồng đều, nhưng chúng có khả năng tạo đột phá và động lực chung. Sự hội tụ ngày càng tăng của các lĩnh vực khác nhau và sự gia tăng của cạnh tranh toàn cầu sẽ giúp để tạo ra lợi thế đi đầu đang thúc đẩy sự xuất hiện của các công nghệ tiên tiến. Việc phổ biến kiến thức công nghệ, thiết lập tích cực các tiêu chuẩn để ưu tiên giải pháp công nghệ này hơn giải pháp công nghệ khác và thời gian phát triển sản phẩm ngày càng ngắn hơn sẽ dẫn đến việc ra quyết định nhanh chóng để tránh tụt hậu so với đối thủ cạnh tranh.

Mặc dù công nghệ ngày càng tiến bộ theo những cách không thể đoán trước, do được hình thành bởi những khó khăn bất ngờ và những đột phá không lường trước được, nhưng một số lĩnh vực công nghệ mang lại tiềm năng cho sự thay đổi mang tính chuyển đổi và cũng cho thấy một số hậu quả tiềm ẩn của công nghệ mới trong những thập kỷ tới. Các lĩnh vực AI, công nghệ sinh học, vật liệu và sản xuất, cho thấy lợi ích và rủi ro tiềm tàng của chúng một cách riêng lẻ và kết hợp trong việc tạo ra một thế giới siêu kết nối trong tương lai. Những tiến bộ trong các lĩnh vực này sẽ kết hợp với các công nghệ khác, chẳng hạn như lưu trữ năng lượng, sẽ định hình xã hội, nền kinh tế và có thể cả bản chất của quyền lực.

Lĩnh vực không gian vũ trụ vào năm 2040 sẽ kết hợp công nghệ mới nổi để giúp thúc đẩy thương mại hóa và đưa ra các ứng dụng mới. Các dịch vụ, chẳng hạn như truyền thông, điều hướng và hình ảnh vệ tinh, sẽ trở nên phổ biến cung cấp các khả năng được cải thiện, chi phí thấp hơn và hiệu quả ngày càng cao. Những nỗ lực của cả chính phủ và các chủ thể thương mại sẽ thiết lập các lĩnh vực cạnh tranh không gian mới, đặc biệt là giữa Hoa Kỳ và Trung Quốc.

Các công nghệ mới nổi đang nhanh chóng cải thiện nhiều trải nghiệm và khả năng của con người, nhưng ít nhất trong ngắn hạn, chính những công nghệ này có thể phá vỡ các hệ thống lâu đời và động lực xã hội, buộc các cá nhân, cộng đồng và chính phủ phải điều chỉnh và tìm ra những cách sống mới, cách làm việc và quản lý mới. Giống như với bất kỳ sự thay đổi nào, một số nước sẽ phát triển mạnh trong khi những nước khác sẽ gặp khó khăn, có khả năng phải đối mặt với sự bất bình đẳng và mất cân bằng ngày càng tăng. Các công nghệ mới nổi không chỉ tạo nên những sự phát triển tiếp theo mà còn có khả năng làm gia tăng thêm sự bất bình đẳng và mất cân bằng.

Sự phát triển mạnh mẽ của các công nghệ trên cũng đặt ra vô số vấn đề về đạo đức, xã hội và an ninh. Việc đánh giá các xu hướng công nghệ và ý nghĩa rộng lớn hơn của chúng là một thách thức vì các mốc thời gian vẫn chưa chắc chắn, con đường từ khoa

học cơ bản đến ứng dụng chuyên đổi có thể khó phân biệt và mối liên hệ giữa công nghệ và ý nghĩa tiềm năng rộng lớn hơn của nó có thể gián tiếp và phức tạp.

*P.A.T. (Nguồn: Global Trends 2040, The National Intelligence Council, 3/2021)*