



**BỘ KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ**  
**CỤC THÔNG TIN, THỐNG KÊ**

National Agency for Science and Technology Information and Statistics

**TỔNG  
LUẬN**

**KHOA HỌC  
CÔNG NGHỆ  
KINH TẾ**

ISSN 0866 - 7712

Số 4 - 2025

**CHUYỂN ĐỔI SỐ: ĐỘNG LỰC VÀ TÁC ĐỘNG  
TỪ CÁC CÔNG NGHỆ THEN CHỐT**



**Hà Nội, 4-2025**

# CỤC THÔNG TIN, THỐNG KÊ

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. Nguyễn Lê Hằng; ThS. Phùng Anh Tiến; ThS. Nguyễn Phương Anh

---

## MỤC LỤC

|                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| TỪ VIẾT TẮT.....                                                                      | 3  |
| LỜI GIỚI THIỆU.....                                                                   | 4  |
| I. NGÀNH CÔNG NGHỆ THÔNG TIN VÀ TRUYỀN THÔNG: ĐỘNG LỰC THÚC ĐẨY CHUYỂN ĐỔI SỐ .....   | 5  |
| 1.1. Thị trường ngành ICT toàn cầu .....                                              | 5  |
| 1.2. Ngành ICT: động lực thúc đẩy đổi mới, tăng trưởng kinh tế và tạo việc làm .....  | 8  |
| 1.3. Triển vọng tăng trưởng của ngành ICT trong khu vực OECD .....                    | 10 |
| 1.4. Đóng góp về kinh tế, việc làm, nghiên cứu và phát triển của ngành ICT ở EU ..... | 12 |
| II. TƯƠNG LAI CỦA TRÍ TUỆ NHÂN TẠO .....                                              | 15 |
| 2.1. Đầu tư vào AI .....                                                              | 15 |
| 2.2. Hiện trạng và tương lai công nghệ AI.....                                        | 17 |
| 2.3. Dự báo về tác động của AI và kiểm soát của con người đối với AI.....             | 20 |
| 2.4. Các quốc gia đang ở đâu trong cuộc đua triển khai AI đáng tin cậy? .....         | 21 |
| III. MẠNG KHÔNG DÂY THỂ HỆ TIẾP THEO VÀ HỆ SINH THÁI KẾT NỐI .....                    | 30 |
| 3.1. Phát triển mạng truyền thông thế hệ mới.....                                     | 30 |
| 3.2. Kết nối mặt đất: mạng truyền thông sau 5G .....                                  | 33 |
| 3.3. Kết nối phi mặt đất: những tiến bộ công nghệ không dây phi mặt đất .....         | 35 |
| 3.4. Kết nối lai: Hướng đến tích hợp mạng mặt đất và mạng phi mặt đất.....            | 36 |
| 3.5. Các vấn đề chính sách cần quan tâm.....                                          | 38 |
| IV. PHỔ BIẾN CÔNG NGHỆ SỐ VÀ CÁC VẤN ĐỀ VỀ SỨC KHỎE TÂM THẦN ...                      | 39 |
| 4.1. Công nghệ số được phổ biến rộng nhưng vẫn còn nhiều khoảng cách.....             | 39 |
| 4.2. Tác động của công nghệ số đối với cơ hội bình đẳng và hòa nhập .....             | 41 |
| 4.3. Các công nghệ phụ thuộc vào dữ liệu đang lan tỏa với tốc độ chậm .....           | 43 |
| 4.4. Các vấn đề về sức khỏe tâm thần trong môi trường số .....                        | 45 |
| MỘT SỐ NHẬN XÉT VÀ KHUYẾN NGHỊ ĐỐI VỚI VIỆT NAM .....                                 | 51 |
| TÀI LIỆU THAM KHẢO CHÍNH .....                                                        | 54 |

## TỪ VIẾT TẮT

| Viết tắt | Diễn giải (Tiếng Anh)                                  | Dịch nghĩa (Tiếng Việt)               |
|----------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| 5G       | Fifth Generation Wireless Network                      | Mạng không dây thế hệ thứ 5           |
| 6G       | Sixth Generation Wireless Network                      | Mạng không dây thế hệ thứ 6           |
| AI       | Artificial Intelligence                                | Trí tuệ nhân tạo                      |
| AR       | Augmented Reality                                      | Thực tế tăng cường                    |
| CAGR     | Compound Annual Growth Rate                            | Tỷ lệ tăng trưởng hàng năm kép        |
| DEO      | Digital Economy Report OECD                            | Báo cáo Kinh tế Số OECD               |
| GDPR     | General Data Protection Regulation                     | Quy định bảo vệ dữ liệu chung         |
| GVA      | Gross Value Added                                      | Giá trị gia tăng                      |
| GenAI    | Generative Artificial Intelligence                     | AI tạo sinh                           |
| GEO      | Geostationary Orbit Satellite                          | Vệ tinh quỹ đạo địa lý                |
| GPU      | Graphics Processing Unit                               | Đơn vị xử lý đồ họa                   |
| HAPS     | High Altitude Platform Stations                        | Trạm nền tảng tầm cao                 |
| ICT      | Information and Communications Technology              | Công nghệ thông tin và truyền thông   |
| IMT      | International Mobile Telecommunications                | Viễn thông Di động Quốc tế            |
| IoS      | Internet of Senses                                     | Internet giác quan                    |
| IoT      | Internet of Things                                     | Internet vạn vật                      |
| LEO      | Low Earth Orbit Satellite                              | Vệ tinh quỹ đạo thấp                  |
| MEO      | Medium Earth Orbit Satellite                           | Vệ tinh quỹ đạo trung bình            |
| NT       | Terrestrial Wireless Network                           | Mạng không dây mặt đất                |
| NTN      | Non-Terrestrial Network                                | Mạng không dây phi mặt đất            |
| NPU      | Neural Processing Unit                                 | Đơn vị xử lý mạng nơ-ron              |
| OECD     | Organisation for Economic Co-operation and Development | Tổ chức Hợp tác và Phát triển Kinh tế |
| PIU      | Problematic Internet Use                               | Nghiện sử dụng Internet               |
| PSMU     | Problematic Social Media Use                           | Lạm dụng mạng xã hội                  |
| TPU      | Tensor Processing Unit                                 | Đơn vị xử lý tensor                   |
| VC       | Venture Capital                                        | Vốn mạo hiểm                          |
| VR       | Virtual Reality                                        | Thực tế ảo                            |
| VPN      | Virtual Private Network                                | Mạng riêng ảo                         |
| XR       | Extended Reality                                       | Thực tế mở rộng                       |

## LỜI GIỚI THIỆU

Trong bối cảnh toàn cầu hóa và Cách mạng công nghiệp 4.0, chuyển đổi số, kinh tế số đang trở thành xu thế chủ đạo, thúc đẩy các quốc gia và doanh nghiệp chuyển mình mạnh mẽ. Ngành công nghệ thông tin và truyền thông (ICT), với các công nghệ then chốt như trí tuệ nhân tạo (AI), dữ liệu lớn, điện toán đám mây, Internet vạn vật (IoT), chuỗi khối (Blockchain), lượng tử, mạng không dây thế hệ mới (5G, 6G) và hệ sinh thái kết nối, đóng vai trò trung tâm trong việc thúc đẩy quá trình chuyển đổi này, ảnh hưởng sâu rộng đến các lĩnh vực, từ sản xuất đến dịch vụ, kinh tế - xã hội, môi trường, quốc phòng và an ninh. Quy mô thị trường ngành ICT toàn cầu được dự báo sẽ tăng trưởng từ 6.304 tỷ USD năm 2024 lên 10.511 tỷ USD vào năm 2032. Tốc độ tăng trưởng của ngành ICT trong khu vực OECD gấp 3 lần tốc độ tăng trưởng của toàn bộ nền kinh tế khu vực này trong giai đoạn từ 2013 đến 2023.

Sự phát triển công nghệ số mang lại nhiều cơ hội, nhưng cũng đặt ra những thách thức lớn như bảo mật, quyền riêng tư, sự thiếu công bằng trong việc tiếp cận công nghệ, sự tác động tiêu cực đến sức khỏe tâm thần, cô lập xã hội và sự gia tăng tình trạng lừa đảo. Sự phân hóa số đang là thách thức lớn khi các công nghệ tiên tiến như AI chưa được phổ biến rộng rãi, và sự tiếp cận công nghệ vẫn phụ thuộc vào độ tuổi, trình độ học vấn và thu nhập, khiến một phần dân số bị bỏ lại phía sau do không thể tận dụng được các cơ hội do công nghệ số mang lại. Vì vậy, việc phát triển và ứng dụng công nghệ số một cách bền vững và công bằng trở thành một yêu cầu cấp thiết. Các chính sách và chiến lược cần được thiết lập để công nghệ số không chỉ giúp thúc đẩy sự phát triển kinh tế mà còn bảo đảm lợi ích cho mọi tầng lớp xã hội. Điều này bao gồm việc đầu tư vào cơ sở hạ tầng công nghệ, đào tạo kỹ năng số cho người dân, xây dựng các quy định bảo vệ quyền riêng tư, sức khỏe tâm thần và sự công bằng trong môi trường số.

Nhìn chung, chuyển đổi số là một quá trình không thể đảo ngược, và các quốc gia, doanh nghiệp cũng như cá nhân cần phải chuẩn bị và thích nghi với những thay đổi này. Tổng luận “Chuyển đổi số: động lực và tác động từ các công nghệ then chốt” không chỉ đề cập đến sự phát triển mạnh mẽ của các công nghệ chủ chốt trong ngành ICT, mà còn phân tích những cơ hội và thách thức đối với các quốc gia, doanh nghiệp và cá nhân trong quá trình chuyển đổi số; cung cấp cái nhìn sâu sắc về chuyển đổi số, kinh tế số từ khía cạnh các công nghệ then chốt và những tác động của chúng, đặc biệt là đối với sức khỏe tâm thần, qua đó giúp các nhà hoạch định chính sách và các doanh nghiệp có cái nhìn toàn diện và xây dựng các chiến lược phát triển bền vững, công bằng trong kỷ nguyên số.

Trân trọng giới thiệu.

CỤC THÔNG TIN KHOA HỌC VÀ  
CÔNG NGHỆ QUỐC GIA

# I. NGÀNH CÔNG NGHỆ THÔNG TIN VÀ TRUYỀN THÔNG: ĐỘNG LỰC THÚC ĐẨY CHUYỂN ĐỔI SỐ

## 1.1. Thị trường ngành công nghệ thông tin và truyền thông toàn cầu

Thị trường ngành ICT toàn cầu được dự báo sẽ tăng trưởng từ 6.304,08 tỷ USD năm 2024 lên 10.511,86 tỷ USD vào năm 2032, với tỷ lệ tăng trưởng hàng năm kép (CAGR) là 6,6%.<sup>1</sup> Bắc Mỹ dẫn đầu thị trường với 35% thị phần năm 2024, nhờ cơ sở hạ tầng phát triển và các công ty chủ chốt như Microsoft, Oracle và Cisco. Khu vực Châu Á - Thái Bình Dương chiếm 22% thị phần, với các quốc gia như Trung Quốc và Ấn Độ thúc đẩy quá trình số hóa nhanh chóng và đầu tư đáng kể vào cơ sở hạ tầng ICT.

### *Các xu hướng thị trường*

**Điện toán biên và mạng phân tán:** Một xu hướng quan trọng đang định hình thị trường ICT là sự phát triển của điện toán biên (Edge Computing). Công nghệ này đưa việc xử lý dữ liệu gần với nguồn dữ liệu hơn, giúp giảm độ trễ và cải thiện hiệu quả. Khi số lượng thiết bị kết nối tăng lên cùng sự mở rộng của IoT, điện toán biên trở nên thiết yếu cho phân tích dữ liệu thời gian thực và ra quyết định. Các tổ chức đang áp dụng kiến trúc mạng phân tán để bảo đảm xử lý dữ liệu nhanh hơn và cung cấp dịch vụ đáng tin cậy hơn, đặc biệt trong các lĩnh vực như y tế, sản xuất và thành phố thông minh, nơi mà phản hồi thời gian thực là rất quan trọng.

**Giải pháp đám mây kết hợp và đa đám mây:** Một xu hướng nổi bật khác là sự chuyển hướng ngày càng mạnh mẽ sang môi trường đám mây kết hợp và đa đám mây. Các công ty không còn chỉ phụ thuộc vào một nhà cung cấp đám mây duy nhất mà thay vào đó, họ áp dụng sự kết hợp giữa cơ sở hạ tầng tại chỗ, đám mây riêng và dịch vụ đám mây công cộng. Cách tiếp cận này mang lại tính linh hoạt, khả năng mở rộng và giảm rủi ro, giúp doanh nghiệp tối ưu hóa các công việc trên các nền tảng đám mây khác nhau. Ví dụ, Dell Technologies Cloud cung cấp cơ sở hạ tầng toàn diện tại chỗ được cung cấp dưới dạng dịch vụ, mở rộng môi trường hoạt động đám mây tới các trung tâm dữ liệu và các địa điểm biên. Nhu cầu tích hợp mượt mà giữa các dịch vụ đám mây đang thúc đẩy sự đổi mới trong thị trường ICT, với sự nhấn mạnh vào khả năng tương tác và công cụ quản lý đám mây.

**Triển khai 5G và mở rộng kết nối:** Việc triển khai công nghệ 5G toàn cầu là một xu hướng quan trọng ảnh hưởng đến thị trường ICT. Với tốc độ nhanh hơn, độ trễ thấp hơn và khả năng kết nối tăng cường, mạng 5G dự kiến sẽ mở ra những cơ hội mới trong các ngành như xe tự lái, thành phố thông minh và IoT công nghiệp. Ví dụ,

---

<sup>1</sup> Information and Communications Technology (ICT) Market:

[https://www.credenceresearch.com/report/information-and-communications-technology-market?utm\\_source=chatgpt.com#summary](https://www.credenceresearch.com/report/information-and-communications-technology-market?utm_source=chatgpt.com#summary)

T-Mobile đã sử dụng mạng 5G Standalone (SA) của mình tại một cuộc đua F1 ở Las Vegas, giúp người hâm mộ có thể truy cập vào 360° Track View qua ứng dụng di động, cung cấp một góc nhìn như của tay đua. Khi các doanh nghiệp tìm cách tận dụng các khả năng nâng cao của 5G, nhu cầu về cơ sở hạ tầng mạng tiên tiến, thiết bị và ứng dụng hỗ trợ công nghệ này đang tăng mạnh. Xu hướng này đang thay đổi cách thức hoạt động và giao tiếp của doanh nghiệp, mang lại hiệu quả và năng suất cao hơn.

*Giải pháp và tự động hóa AI:* AI tiếp tục là một xu hướng chiếm ưu thế trong ngành ICT. Các công ty ngày càng sử dụng các giải pháp AI để tăng cường tự động hóa, cải thiện việc ra quyết định và tối ưu hóa trải nghiệm khách hàng. Từ chatbots và phân tích dự đoán đến quản lý mạng sử dụng AI, các doanh nghiệp đang tận dụng công nghệ AI để tinh giản hoạt động và duy trì tính cạnh tranh. Việc tích hợp AI vào các giải pháp ICT giúp các tổ chức thúc đẩy đổi mới, giảm chi phí và cung cấp dịch vụ cá nhân hóa hơn cho khách hàng của họ.

### ***Các thách thức thị trường***

*Mối đe dọa bảo mật mạng và lo ngại về quyền riêng tư dữ liệu:* Các mối đe dọa ngày càng gia tăng từ các cuộc tấn công bảo mật mạng và các vấn đề về quyền riêng tư dữ liệu. Khi lượng thông tin nhạy cảm được truyền tải qua các nền tảng số ngày càng tăng, các cuộc tấn công mạng trở nên tinh vi và thường xuyên hơn. Tin tặc ngày càng nhắm mục tiêu vào các mạng lưới của tổ chức, tìm cách khai thác các lỗ hổng, phá vỡ hoạt động và đánh cắp dữ liệu mật. Điều này gây ra những rủi ro lớn không chỉ đối với các doanh nghiệp mà còn đối với người tiêu dùng và chính phủ. Khi hạ tầng ICT trở nên liên kết chặt chẽ hơn, việc bảo vệ các mạng, thiết bị và dữ liệu trở nên phức tạp hơn. Việc tập trung vào các quy định bảo mật dữ liệu, như Quy định bảo vệ dữ liệu chung (GDPR) ở châu Âu, tạo ra thêm áp lực đối với các tổ chức trong việc tuân thủ các tiêu chuẩn bảo mật nghiêm ngặt và duy trì tính toàn vẹn trong quản lý dữ liệu của họ. Nếu không giải quyết được những thách thức này, các doanh nghiệp có thể phải đối mặt với những tổn thất tài chính, tổn hại danh tiếng và hậu quả pháp lý.

*Thiếu hụt kỹ năng trong bối cảnh công nghệ phát triển nhanh chóng:* Đang có sự thiếu hụt nhân lực có kỹ năng để theo kịp với sự tiến bộ nhanh chóng của các công nghệ ICT. Khi các ngành công nghiệp áp dụng 5G, AI, điện toán đám mây và IoT, nhu cầu về nhân lực có kỹ năng cao trong các lĩnh vực như bảo mật mạng, khoa học dữ liệu và kỹ thuật mạng đang vượt quá nguồn cung. Khoảng cách kỹ năng này có thể cản trở việc triển khai và quản lý hiệu quả những công nghệ này, làm chậm quá trình chuyển đổi số. Các tổ chức đang ngày càng khó khăn trong việc thu hút và giữ chân nhân tài có đủ chuyên môn để phát triển, duy trì và bảo mật các hệ thống ICT phức tạp. Hơn nữa, các chuyên gia phải liên tục cập nhật kiến thức và thích nghi với

các công cụ và phương pháp mới để theo kịp tốc độ phát triển công nghệ. Việc thiếu hụt lao động có kỹ năng trong ngành ICT là một rào cản lớn đối với việc tận dụng tối đa tiềm năng của các công nghệ mới nổi.

### ***Cơ hội và các yếu tố thúc đẩy thị trường***

Thị trường ICT đang phát triển mạnh mẽ nhờ vào việc áp dụng các công nghệ mới như điện toán đám mây, AI, mạng 5G và IoT. Sự chuyển đổi số trong các ngành như y tế, tài chính, bán lẻ và sản xuất đang tạo ra cơ hội lớn cho các công ty ICT cung cấp giải pháp sáng tạo. Các công nghệ này không chỉ hỗ trợ các lĩnh vực truyền thống mà còn giúp các ngành công nghiệp mới như sản xuất và giao thông tối ưu hóa hoạt động.

Các thành phố thông minh và tự động hóa công nghiệp cũng mở ra cơ hội cho các công ty ICT cung cấp giải pháp xử lý dữ liệu thời gian thực và kết nối an toàn. Sự phát triển của edge computing mang lại cơ hội giảm độ trễ và hỗ trợ gia tăng thiết bị kết nối. Đồng thời, nhu cầu về bảo mật mạng và quyền riêng tư dữ liệu ngày càng tăng, tạo ra cơ hội cho các công ty ICT cung cấp các giải pháp bảo mật tiên tiến như mã hóa, phát hiện mối đe dọa và quản lý rủi ro.

Tiến bộ công nghệ, đặc biệt là sự phát triển của AI, 5G và IoT, đang thay đổi các ngành công nghiệp toàn cầu. Huawei đã giới thiệu các thực hành đổi mới 5.5G vào năm 2024, giúp các nhà khai thác đạt tốc độ tải xuống lên đến 10 Gbps, tạo cơ hội tối ưu hóa hoạt động và cải thiện trải nghiệm người dùng. AI và học máy đang giúp đơn giản hóa quyết định và tự động hóa quy trình, trong khi mạng 5G thúc đẩy sự phát triển mạnh mẽ của thị trường ICT.

Chuyển đổi số và tự động hóa trong các ngành như y tế, tài chính, và bán lẻ tiếp tục thúc đẩy nhu cầu về hạ tầng ICT mạnh mẽ, bao gồm lưu trữ dữ liệu, phân tích và mạng lưới. Bên cạnh đó, sự gia tăng làm việc từ xa và nhu cầu về các công cụ hợp tác kỹ thuật số làm tăng trưởng nhu cầu đối với các nền tảng giao tiếp an toàn và dịch vụ đám mây.

Bảo mật mạng và quyền riêng tư dữ liệu là yếu tố quan trọng thúc đẩy thị trường ICT. Các mối đe dọa mạng ngày càng tinh vi đòi hỏi doanh nghiệp và chính phủ phải đầu tư vào các giải pháp bảo mật để bảo vệ thông tin nhạy cảm và bảo đảm tuân thủ các quy định quốc tế.

Thị trường ICT đang mở ra nhiều cơ hội lớn nhờ vào sự phát triển của các công nghệ mới và xu hướng chuyển đổi số mạnh mẽ. Các yếu tố như AI, điện toán đám mây, mạng 5G, IoT, bảo mật mạng và làm việc từ xa đang thúc đẩy tăng trưởng và tạo cơ hội cho các công ty ICT mở rộng và phát triển bền vững.

## 1.2. Ngành công nghệ thông tin và truyền thông: động lực thúc đẩy đổi mới sáng tạo, tăng trưởng kinh tế và tạo việc làm

Với tốc độ phát triển nhanh, ngành này tạo ra những tác động lan tỏa tích cực cho toàn bộ nền kinh tế. Tuy nhiên, nhiều quốc gia có thu nhập thấp vẫn chưa tận dụng được hiệu quả những lợi ích từ dịch vụ ICT để nâng cao năng suất.

Số lượng bằng sáng chế toàn cầu trong lĩnh vực công nghệ máy tính đã tăng vọt, gấp 27 lần từ năm 1980 đến 2021<sup>2</sup>. Các lĩnh vực khác trong ngành ICT cũng chứng kiến sự bùng nổ, với số lượng bằng sáng chế tăng hơn 10 lần. Trong khi đó, các lĩnh vực công nghệ khác chỉ tăng gấp đôi. Điều này cho thấy tốc độ đổi mới vượt trội của ngành công nghệ số so với các ngành khác.

Trung Quốc đang vượt xa các quốc gia khác trong đăng ký sáng chế các công nghệ AI tạo sinh, với số lượng đơn đăng ký sáng chế gấp 6 lần so với đối thủ gần nhất là Hoa Kỳ. AI tạo sinh, công nghệ tạo ra văn bản, hình ảnh, mã máy tính và thậm chí âm nhạc từ thông tin có sẵn, đang phát triển mạnh mẽ với hơn 50.000 đơn đăng ký sáng chế được nộp trong suốt thập kỷ qua. Trong số này, 1/4 đơn sáng chế được nộp chỉ riêng trong năm 2023. AI tạo sinh đang là lĩnh vực phát triển mạnh mẽ, tăng trưởng với tốc độ ngày càng nhanh, và trong tương lai sẽ tiếp tục phát triển mạnh mẽ hơn nữa.

Từ năm 2014 - 2023, Trung Quốc đã nộp hơn 38.000 đơn sáng chế về AI tạo sinh, so với Hoa Kỳ 6.276 đơn trong cùng kỳ. Hàn Quốc, Nhật Bản và Ấn Độ lần lượt đứng ở vị trí thứ 3, thứ 4 và thứ 5, với Ấn Độ có tốc độ phát triển nhanh nhất. Trong số những công ty nộp đơn sáng chế hàng đầu có ByteDance của Trung Quốc (chủ sở hữu ứng dụng TikTok), Alibaba Group và Microsoft, nhà tài trợ cho startup OpenAI tạo ra ChatGPT. Mặc dù các chatbot có khả năng mô phỏng cuộc trò chuyện của con người đang được sử dụng rộng rãi trong các ngành bán lẻ và dịch vụ khách hàng, AI tạo sinh có tiềm năng thay đổi nhiều lĩnh vực kinh tế khác như khoa học, xuất bản, giao thông, an ninh, dược phẩm.

Tại Hàn Quốc, năm 2022, ngành ICT chiếm 13,0% GDP và là động lực chính thúc đẩy tăng trưởng kinh tế của quốc gia này. Tổng sản lượng của ngành ICT trong năm 2022 đạt 560 nghìn tỷ KRW, tăng 5,1% so với năm trước. Các thiết bị ICT chiếm 70,3% tổng sản lượng của ngành, đạt 388,4 nghìn tỷ KRW, tăng 5,9% so với năm trước. Dịch vụ ICT chiếm 15,8%, đạt 87,4 nghìn tỷ KRW, tăng 3,2%, và phần mềm chiếm 13,9%, đạt 76,9 nghìn tỷ KRW, tăng 5,4% so với năm trước. Năm 2022, xuất khẩu ICT đạt mức cao kỷ lục là 233,32 tỷ USD, nhập khẩu đạt 152,47 tỷ USD và cán cân thương mại đạt 80,85 tỷ USD. Ngành ICT đã đóng góp lớn vào tăng trưởng kinh

---

<sup>2</sup> Digital Progress and Trends Report 2023, World Bank.

tế Hàn Quốc khi chiếm 30-40% tổng kim ngạch xuất khẩu của đất nước<sup>3</sup>. Đức có thị trường phần mềm lớn nhất châu Âu với khoảng 100.000 công ty ICT, sử dụng khoảng 1,189 triệu người vào năm 2023. Năm 2022, doanh thu từ các phân ngành ICT bao gồm 45,3 tỷ USD từ dịch vụ ICT, 34,9 tỷ USD từ phần cứng ICT và 34,1 tỷ USD từ phân ngành phần mềm. Từ năm 2007, tổng doanh thu trong ngành ICT đã tăng từ 76 tỷ USD lên khoảng 142 tỷ USD dự năm 2023, cho thấy một xu hướng tăng trưởng ổn định. Năm 2023, có khoảng 4,18 triệu người làm việc trong ngành ICT tại Hoa Kỳ, chiếm khoảng 5% tổng số việc làm trong khu vực tư nhân. Ngành ICT của Ấn Độ là động lực kinh tế chính thúc đẩy sự tăng trưởng và hiện đại hóa nền kinh tế Ấn Độ, đóng góp hơn 13% vào GDP của Ấn Độ. Kinh tế số của Ấn Độ tạo ra khoảng 200 tỷ USD mỗi năm từ quản lý quy trình kinh doanh, thương mại điện tử, sản xuất điện tử trong nước, thanh toán kỹ thuật số, dịch vụ truyền thông số.

Trong suốt hai thập kỷ qua, dịch vụ ICT là phân khúc năng động và tăng trưởng nhanh nhất của nền kinh tế toàn cầu. Từ năm 2000 đến 2022, tốc độ tăng trưởng kép hàng năm về giá trị gia tăng đạt 8%, còn tăng trưởng việc làm đạt 6,7%. Những con số này vượt xa mức tăng trưởng chung của nền kinh tế toàn cầu trong cùng kỳ, lần lượt là 5,1% và 1,2%. Dịch vụ ICT cũng ngày càng đóng vai trò là đầu vào trung gian quan trọng trong các lĩnh vực khác. Từ năm 2000 đến 2020, mức độ sử dụng dịch vụ ICT trong các ngành kinh tế khác gần như tăng gấp đôi tại các quốc gia thu nhập cao và trung bình cao, nhưng không tăng ở đa số các quốc gia thu nhập trung bình thấp.

Việc làm trong lĩnh vực dịch vụ ICT đã tăng mạnh trên toàn cầu. Số lượng lao động trong ngành này đã tăng từ 8 triệu người vào năm 2000 lên đến 32 triệu người vào năm 2022. Nhiều quốc gia có tốc độ tăng trưởng việc làm nhanh trong ngành này nhờ vào sự phát triển của dịch vụ ICT nội địa và xuất khẩu mạnh, bao gồm Trung Quốc, Israel, Malaysia, Nigeria, Philippines, Việt Nam và một số quốc gia Đông Âu như Hungary, Ba Lan và Romania.

Tỷ lệ nữ giới tham gia vào dịch vụ ICT cũng đang dần được cải thiện: năm 2020, phụ nữ chiếm 29%, tăng so với mức 23% năm 2010. Một số quốc gia có tiến bộ rõ rệt trong việc đưa phụ nữ vào ngành này gồm Albania, Bangladesh, Brunei, Ai Cập, Iceland, Iran, Kyrgyzstan, Tanzania và Uganda. Dù vẫn còn là ngành có sự chênh lệch giới, xu hướng này cho thấy những thay đổi tích cực về bình đẳng cơ hội.

Bối cảnh địa chính trị phức tạp, đại dịch và chiến tranh tại Ukraine đang thúc đẩy các tập đoàn đa quốc gia đẩy nhanh tiến trình đa dạng hóa chuỗi cung ứng toàn cầu. Điều này tạo ra cơ hội lớn cho các quốc gia gần với các thị trường lớn và nhà cung ứng, trong đó có Ấn Độ và các nước thuộc ASEAN. Nhờ nhu cầu tăng mạnh với dịch vụ ICT và các dịch vụ hỗ trợ qua nền tảng số, nhiều quốc gia đang tận dụng cơ hội

---

<sup>3</sup> <https://www.investkorea.org/ik-en/cntnts/i-310/web.do>

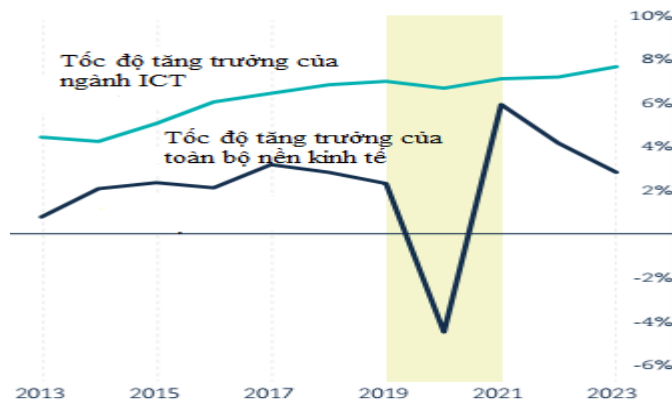
để thúc đẩy chiến lược tăng trưởng dựa vào xuất khẩu.

Trong giai đoạn 2010–2022, dịch vụ ICT là danh mục thương mại quốc tế năng động nhất, với mức tăng trưởng trung bình 12% mỗi năm – vượt xa các lĩnh vực dịch vụ khác, giúp các quốc gia mở rộng và đa dạng hóa nền kinh tế thông qua tăng trưởng dựa trên xuất khẩu.

Quỹ Tiền tệ Quốc tế (IMF)<sup>4</sup> khẳng định đầu tư vào ICT tạo ra hiệu ứng lan tỏa lớn hơn so với các lĩnh vực khác trong việc thúc đẩy GDP, đặc biệt ở các nền kinh tế không dựa vào dầu mỏ. IMF đánh giá cao chiến lược phát triển kinh tế số của UAE, với mục tiêu tăng gấp đôi tỷ trọng của kinh tế số lên 20% GDP vào năm 2031. Ngoài ra, IMF chỉ ra rằng các khoản đầu tư vào ICT không chỉ cải thiện hiệu quả hoạt động doanh nghiệp mà còn nâng cao năng suất chung của nền kinh tế. Theo IMF, ICT không còn là một ngành phụ trợ, mà là yếu tố cốt lõi cho tăng trưởng bền vững.

### 1.3. Triển vọng tăng trưởng của ngành công nghệ thông tin và truyền thông trong khu vực OECD

Khi các công nghệ số lan rộng và tác động của chúng đến xã hội và nền kinh tế ngày càng sâu rộng, nhu cầu về các chính sách dựa trên bằng chứng ngày càng tăng. Tuy nhiên, hiện nay vẫn thiếu dữ liệu cập nhật và có thể so sánh giữa các quốc gia về sự tăng trưởng của các thành phần số trong nền kinh tế. Mặc dù kinh tế số không còn bị giới hạn trong ngành ICT, nhưng ngành này vẫn giữ vai trò cốt lõi và là yếu tố thiết yếu để thúc đẩy đổi mới sáng tạo số.



**Hình 1.1.** Tốc độ tăng trưởng (%) của ngành ICT và của toàn bộ nền kinh tế khu vực OECD

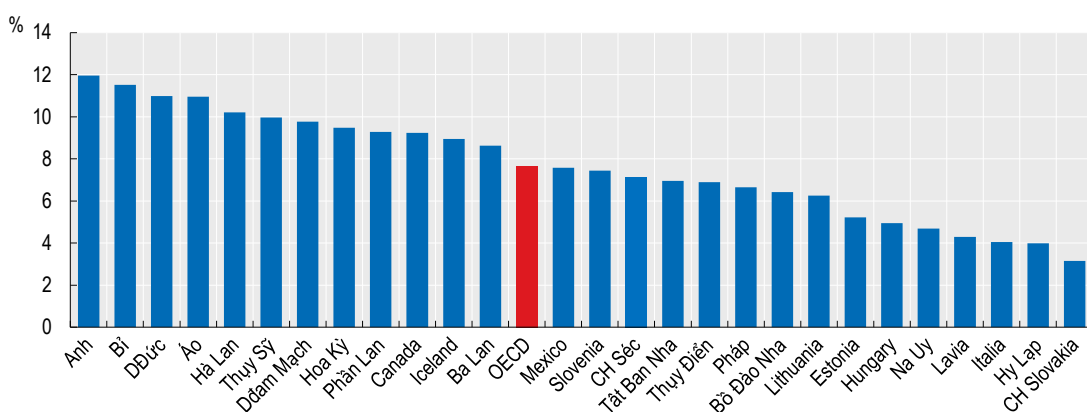
Trong khu vực OECD, tốc độ tăng trưởng của ngành ICT tại 27 quốc gia thành viên gấp 03 lần tốc độ tăng trưởng của toàn bộ nền kinh tế trong giai đoạn từ 2013 đến 2023. Năm 2023, ngành ICT tiếp tục giữ vững đà tăng trưởng mạnh với tốc độ trung bình đạt 7,6%, so với tốc độ tăng trưởng trung bình từ năm 2011 đến 2022 là

<sup>4</sup> Báo cáo “United Arab Emirates: Selected Issues” (IMF Country Report No. 23/224)

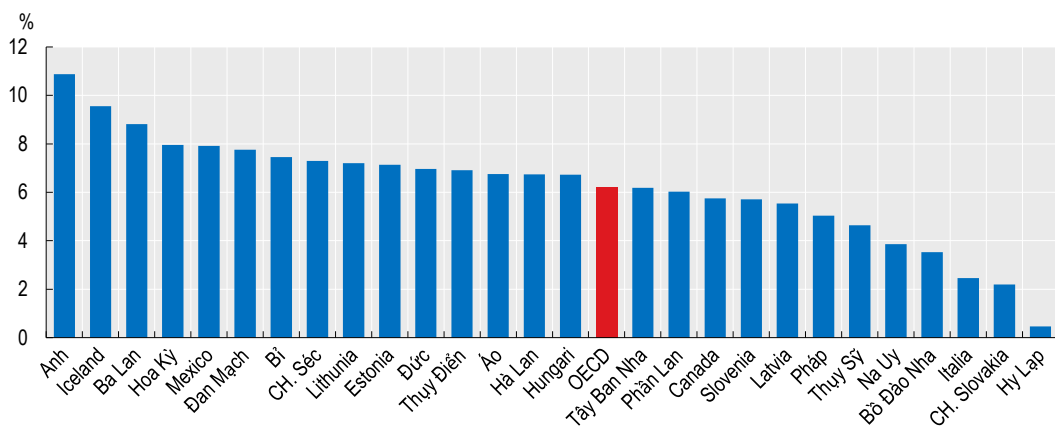
<sup>5</sup> OECD Digital Economy Outlook 2024

5,7%. Nhiều quốc gia OECD đã có một năm kỷ lục về sự tăng trưởng ngành ICT, trong đó có 10 quốc gia có tỷ lệ tăng trưởng trên 9%: Áo, Bỉ, Canada, Đan Mạch, Phần Lan, Đức, Hà Lan, Thụy Sĩ, Vương quốc Anh và Hoa Kỳ. Ở Bỉ và Vương quốc Anh, sự tăng trưởng của ngành ICT vượt quá 11%. Ngay cả những quốc gia có tỷ lệ tăng trưởng thấp nhất như Hy Lạp và Cộng hòa Slovak cũng có tăng trưởng trên 3%. Nhu cầu gia tăng về các sản phẩm và dịch vụ ICT sau đại dịch COVID-19 có thể một phần giải thích cho hiệu suất mạnh mẽ này trong năm 2023.

Ngành ICT đã vượt qua đại dịch COVID-19 một cách mạnh mẽ, với mức độ tăng trưởng không bị ảnh hưởng nhiều như nền kinh tế tổng thể, điều này thể hiện sự phục hồi nhanh chóng của ngành so với các ngành khác trong thời gian đại dịch.



**Hình 1.2.** Tốc độ tăng trưởng (%) ngành ICT ở một số nước OECD năm 2023



**Hình 1.3.** Tốc độ tăng trưởng (%) ngành ICT ở một số nước OECD giai đoạn 2013-2023

Tất cả các quốc gia OECD đều có tăng trưởng tích cực trong ngành ICT suốt 10 năm qua, nhưng vẫn tồn tại khoảng cách chênh lệch lên đến 10 điểm % giữa quốc gia tăng trưởng cao nhất và thấp nhất. Năm 2011, tốc độ tăng trưởng ngành ICT trung bình của nhóm 25% quốc gia tốp đầu bảng cao gấp 13 lần so với nhóm 25% quốc gia đứng cuối bảng. Đến năm 2023, tỷ lệ tăng trưởng trung bình của nhóm 25% quốc gia

tóp đầu là 11,9% so với 5,7% của nhóm 25% quốc gia đứng cuối bảng. Điều này cho thấy sự chênh lệch về tăng trưởng của ngành ICT giữa các quốc gia OECD đã giảm đáng kể, nhờ vào việc tăng trưởng trung bình của nhóm cuối bảng và sự giảm tốc ở nhóm đầu bảng.

#### **1.4. Đóng góp về kinh tế, việc làm, nghiên cứu và phát triển của ngành công nghệ thông tin và truyền thông ở EU**

##### ***Quy mô ngành ICT tính theo giá trị gia tăng***

Năm 2021, ngành ICT tại EU đóng góp hơn 718 tỷ euro, tương đương 5,5% tổng giá trị gia tăng (Gross Value Added - GVA) của toàn khối EU. Việc tính đóng góp của ngành ICT vào GVA thay vì GDP là do GVA phản ánh giá trị tạo ra trong nền kinh tế, không bao gồm các khoản thuế và trợ cấp, và giúp phân tích sâu hơn về sự đóng góp của từng ngành vào nền kinh tế.

Giai đoạn 2011–2018, dữ liệu về ngành ICT, gồm ba nhóm chính: tổng ngành ICT, sản xuất ICT và dịch vụ ICT, được tính dựa trên những quốc gia có số liệu đầy đủ ít nhất cho một trong hai nhóm sản xuất hoặc dịch vụ ICT. Từ năm 2019 đến 2021, dữ liệu tổng thể ngành ICT được công bố ở cấp độ EU. Dịch vụ ICT chiếm tỷ trọng lớn trong ngành ICT, gấp khoảng 6 lần ngành sản xuất ICT khi xét theo giá trị gia tăng. Trong khi tỷ lệ giá trị gia tăng của sản xuất ICT so với GVA toàn khối gần như giữ nguyên từ 2011 đến 2021, thì tỷ lệ của dịch vụ ICT tăng đều qua từng năm, và tăng nhanh hơn vào cuối thập kỷ.

Trong các quốc gia EU có đủ dữ liệu, Malta là nước có ngành ICT chiếm tỷ trọng lớn nhất trong GVA (10,3%), tiếp theo là Cyprus (8,9% – chỉ tính dịch vụ ICT) và Bulgaria (7,3%). Thụy Điển (6,4%) và Luxembourg (6,3%) cũng nằm trong nhóm dẫn đầu. Ba quốc gia khác có tỷ lệ gần 6% gồm Latvia, Hungary và Estonia (chỉ có dữ liệu dịch vụ). Các nước còn lại có tỷ lệ thấp hơn mức trung bình toàn EU. Tây Ban Nha và Hy Lạp chỉ đạt 3,5%, còn Italia có mức thấp nhất là 3,1% (đều chỉ tính dịch vụ).

Từ 2011 đến 2021, giá trị gia tăng từ dịch vụ ICT trong nhóm 10 nước EU được khảo sát đã tăng 71,1%, trong khi giá trị gia tăng từ sản xuất ICT chỉ tăng 28,4% với tốc độ dao động theo từng năm.

Xét riêng lĩnh vực sản xuất ICT năm 2021, hoạt động chủ yếu là sản xuất linh kiện và bảng mạch điện tử – chiếm tới 64% giá trị gia tăng toàn ngành sản xuất ICT. Xếp sau là sản xuất thiết bị viễn thông (19,4%), máy tính và thiết bị ngoại vi (9,5%), điện tử tiêu dùng (6,9%), và cuối cùng là sản xuất đĩa từ và quang học (0,2%).

Dịch vụ ICT lớn hơn sản xuất ICT gần 13 lần. Trong số các hoạt động thuộc dịch vụ ICT, “Lập trình máy tính, tư vấn và các hoạt động liên quan” chiếm một nửa giá trị gia tăng, tiếp theo là “Viễn thông” với 25,6%. Hai mảng này cộng lại chiếm hơn

3/4 toàn bộ giá trị gia tăng của dịch vụ ICT. Các hoạt động còn lại, như buôn bán thiết bị thông tin truyền thông, chiếm khoảng 10,4%, còn lại đều ở mức một chữ số.

Về quy mô tuyệt đối, Đức và Pháp là hai quốc gia đóng góp nhiều nhất vào giá trị gia tăng của ngành ICT trong EU. Tuy nhiên, nếu xét theo tỷ lệ đóng góp vào khu vực kinh tế doanh nghiệp trong từng quốc gia, Bulgaria dẫn đầu với tỷ lệ ngành ICT chiếm 12,3% giá trị gia tăng. Thụy Điển (11,4%) và Romania (10,5%) cũng vượt mốc 10%. Phần Lan (9,7%) và Hungary (8,3%) đứng kế tiếp. Ngược lại, Áo có tỷ lệ thấp nhất (5,5%), sau đó là Bỉ (5,9%), Đức và Slovenia (cùng 6,0%).

"Lập trình máy tính, tư vấn và các hoạt động liên quan" cùng với "Viễn thông" là hai lĩnh vực chủ lực của ngành ICT ở mọi quốc gia thành viên có dữ liệu. Ở Bulgaria, Thụy Điển và Romania, mảng lập trình chiếm hơn 5% giá trị gia tăng toàn khu vực kinh tế doanh nghiệp. Trong khi đó, viễn thông đóng vai trò lớn nhất tại Hy Lạp (4,0%), Bulgaria (2,8%) và Croatia (2,6%).

### ***Việc làm trong ngành ICT***

Năm 2021, ngành ICT tại EU đã tạo việc làm cho gần 6,7 triệu người. Giai đoạn 2011–2021 chứng kiến sự tăng trưởng liên tục về số lượng lao động trong lĩnh vực dịch vụ ICT. Tính đến năm 2021, số người làm việc trong dịch vụ ICT đã tăng 52,8% so với năm 2011. Ngược lại, lĩnh vực sản xuất ICT có xu hướng giảm trong cả giai đoạn 2011–2021, giảm tổng cộng 10,7% về việc làm.

Tính trung bình, ngành ICT chiếm 4,4% tổng số lao động trong khu vực kinh tế doanh nghiệp tại EU vào năm 2021. Một số quốc gia có tỷ lệ cao gồm Phần Lan (6,6% – theo số liệu 2019), Thụy Điển (6,5%), Latvia, Hungary, Bulgaria, Romania và Đan Mạch (dao động từ 5,0% đến 6,0

%). Trong khi đó, Hy Lạp có tỷ lệ thấp nhất, với chỉ 2,5% lực lượng lao động kinh tế doanh nghiệp làm trong ngành ICT.

Hoạt động chiếm nhiều lao động nhất trong ngành ICT tại EU là "Lập trình máy tính, tư vấn và các hoạt động liên quan". Năm 2021, lĩnh vực này chiếm hơn một nửa tổng số lao động ngành ICT và dẫn đầu ở tất cả các quốc gia thành viên có số liệu. Tỷ lệ này lên tới 68,1% tại Bỉ và Hà Lan, 67,1% tại Bulgaria, và trên 60% tại Thụy Điển, Bồ Đào Nha, Đức, Croatia, Ba Lan và Na Uy. Ở các quốc gia khác như Slovenia, Slovakia, Romania, Đan Mạch, Lithuania, Hungary, Czechia, Pháp và Áo, lĩnh vực lập trình cũng chiếm từ 50% trở lên. Riêng tại Hungary, lĩnh vực sản xuất ICT có tỷ trọng lao động khá cao trong khu vực kinh tế doanh nghiệp. Năm 2021, khoảng 0,8% lực lượng lao động làm trong sản xuất linh kiện điện tử và bảng mạch, 0,2% làm trong sản xuất máy tính và thiết bị ngoại vi, và 0,1% làm trong sản xuất thiết bị viễn thông.

### ***Năng suất lao động trong ngành ICT***

Năm 2021, năng suất lao động bình quân của ngành ICT tại EU đạt gần 107.400

euro cho mỗi người lao động. Trong số các quốc gia thành viên EU, Bỉ có mức năng suất cao nhất với 126.300 euro/người. Có 8 quốc gia khác đạt mức trên 100.000 euro, bao gồm Malta, Đan Mạch, Hà Lan, Phần Lan, Đức, Thụy Điển, Pháp và Áo. Ở chiều ngược lại, Bulgaria và Romania ghi nhận mức năng suất dưới 40.000 euro/người. Chênh lệch lớn giữa các nước cho thấy nhiều yếu tố mang tính cơ cấu, không chỉ riêng đặc thù ngành ICT. Vì thế, để so sánh chính xác hơn, người ta dùng tỷ lệ năng suất của ngành ICT so với trung bình nền kinh tế doanh nghiệp. Kết quả cho thấy, năm 2021, năng suất của ngành ICT tại EU cao hơn trung bình nền kinh tế doanh nghiệp đến 78,5 điểm phần trăm.

Tại mọi quốc gia có dữ liệu, năng suất lao động trong ngành ICT đều vượt đáng kể mức trung bình toàn nền kinh tế. Tại Hy Lạp, năng suất của ngành ICT gần gấp 3 lần mức trung bình. Malta và Bulgaria cũng có tỷ lệ cao hơn gấp đôi. Ngược lại, ở Estonia và Hà Lan, mức chênh lệch chỉ dưới 20%.

So sánh giai đoạn 2011–2021, khoảng cách giữa năng suất lao động của ngành ICT và toàn nền kinh tế nhìn chung có xu hướng thu hẹp. Tuy nhiên, có 4 ngoại lệ: Malta tăng trên 50 điểm phần trăm, Hy Lạp trên 40 điểm, Phần Lan trên 20 điểm, và Pháp tăng nhẹ 3,5 điểm. Tại Na Uy, xu hướng cũng là thu hẹp, trong khi Thụy Sĩ lại ghi nhận khoảng cách mở rộng nhẹ (tăng 3,6 điểm).

### ***Chi phí nhân công trung bình trong ngành ICT***

Năm 2021, chi phí nhân công trung bình cho mỗi lao động trong ngành ICT cao hơn 58,4% so với mức trung bình toàn bộ nền kinh tế doanh nghiệp EU. Xu hướng này xuất hiện ở tất cả các quốc gia thành viên có dữ liệu. Đặc biệt, tại Bulgaria, Hy Lạp và Romania, chi phí nhân công trong ngành ICT cao gấp đôi so với mặt bằng chung của nền kinh tế.

Ngược lại, tại Slovenia, Thụy Điển và Ý, mức chênh lệch thấp hơn, chỉ khoảng 40% hoặc ít hơn. Dữ liệu này phản ánh sự khác biệt về mặt cấu trúc và tiền lương giữa các ngành nghề và quốc gia.

Xét từ 2011 đến 2021, khoảng cách về chi phí nhân công giữa ngành ICT và phần còn lại của nền kinh tế đang có dấu hiệu thu hẹp ở một số nước. Hungary, Slovenia và Áo là ba quốc gia có tốc độ thu hẹp nhanh nhất, lần lượt là 11,3%, 10,8% và 8,7%. Trong khi đó, tại 10 quốc gia khác, khoảng cách lại tăng, đặc biệt là tại Hy Lạp, Đan Mạch và Estonia.

### ***Nghiên cứu và phát triển trong ngành ICT***

Tổng cộng, chi tiêu cho nghiên cứu và phát triển (NC&PT) trong ngành ICT trên toàn thế giới lên tới 545 tỷ euro vào năm 2022<sup>6</sup>. Trong số này, 285 tỷ được chi bởi

---

<sup>6</sup><https://www.statista.com/statistics/732308/worldwide-research-and-development-information->

các công ty phần cứng, trong đó 121 tỷ euro được chi bởi các công ty có trụ sở tại Hoa Kỳ. Hơn nữa, các công ty có trụ sở tại Hoa Kỳ đứng sau hơn 2/3 chi tiêu cho NC&PT để tạo ra các sản phẩm phần mềm trên toàn thế giới. Huawei của Trung Quốc là nhà sản xuất phần cứng có chi tiêu lớn nhất, trong khi Alphabet chi nhiều nhất trong số các công ty phần mềm.

Năm 2023, 2.000 công ty NC&PT hàng đầu toàn cầu (có mức đầu NC&PT tối thiểu 67,4 triệu euro) đã đầu tư tổng cộng 1.257 tỷ euro vào NC&PT, chiếm hơn 85% tổng chi tiêu NC&PT của khu vực doanh nghiệp toàn cầu. Các lĩnh vực phần cứng ICT và phần mềm ICT chiếm lần lượt 14% và 7,8% trong tổng đầu tư 1.257 tỷ euro vào NC&PT<sup>7</sup>. Mặc dù tăng trưởng tổng thể chậm lại, phần cứng ICT vẫn được hưởng lợi từ sự phát triển bền vững trong các lĩnh vực như cơ sở hạ tầng 5G, phát triển vi mạch và công nghệ năng lượng tái tạo.

Những quốc gia đóng góp chính vào chi tiêu NC&PT của doanh nghiệp (BERD) trong ngành ICT tại EU là 3 quốc gia có đóng góp lớn nhất vào GDP của EU, bao gồm Đức, Pháp và Italia. Các quốc gia như Thụy Điển, Phần Lan và Ireland cũng có đóng góp tương đối lớn tính trên đầu người, mặc dù chỉ có thông tin một phần về ngành ICT ở những quốc gia này.

Năm 2021, tỷ lệ đóng góp của ngành ICT vào chi tiêu NC&PT của doanh nghiệp đạt đỉnh tại Síp, nơi ngành ICT chiếm hơn một nửa (66,7%) tổng chi tiêu nghiên cứu và phát triển của doanh nghiệp. Estonia đứng thứ hai với tỷ lệ chưa đến 50%. Tỷ lệ cao thứ ba được ghi nhận tại Ireland (43,0%), tiếp theo là Bulgaria (38,4%; chỉ tính dịch vụ ICT) và Malta (38,2%). Tại tất cả các quốc gia EU, phần lớn chi tiêu nghiên cứu và phát triển của doanh nghiệp trong ngành ICT đến từ lĩnh vực dịch vụ ICT.

Tỷ lệ nhân lực NC&PT ngành ICT trong tổng số nhân lực NC&PT năm 2021 đạt đỉnh tại Síp với 53,1%, tiếp theo là Ireland (48,3%), trong khi các tỷ lệ cao cũng được ghi nhận tại Estonia (46,4%) và Croatia (40,6%). Tỷ lệ này dao động từ 20% - 40% ở 14 quốc gia, trong đó có Malta, Ba Lan, Hy Lạp, Slovakia, Bồ Đào Nha, Thụy Điển, Romania, Séc, Latvia, Bulgaria, Bỉ, Lithuania, Tây Ban Nha và Hungary. Trong số các quốc gia thành viên EU còn lại, chỉ có 4 quốc gia có tỷ lệ dưới 20%.

## II. TƯƠNG LAI CỦA TRÍ TUỆ NHÂN TẠO

### 2.1. Đầu tư vào AI

#### *Đầu tư vốn mạo hiểm*

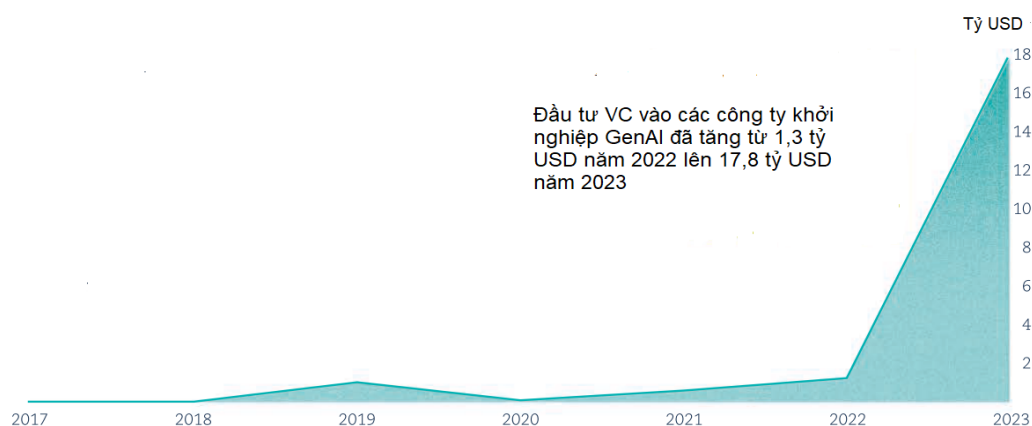
Từ năm 2015 đến 2023, các khoản đầu tư vốn mạo hiểm (VC) toàn cầu vào các công ty khởi nghiệp AI đã tăng gấp 3 lần (từ 31 tỷ USD lên 98 tỷ USD), trong đó các khoản đầu tư vào AI tạo sinh (GenAI) tăng từ 1% tổng số đầu tư VC vào AI trong

---

communication-technology/

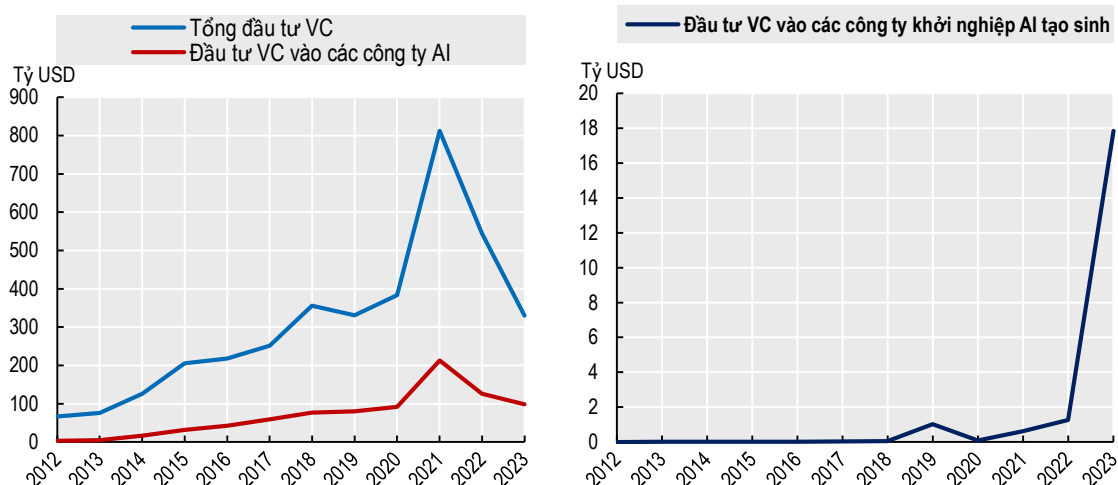
<sup>7</sup> The 2024 EU Industrial R&D Investment Scoreboard

năm 2022 (1,3 tỷ USD) lên 18,2% (17,8 tỷ USD) trong năm 2023, mặc dù thị trường vốn đang chững lại. Sự tăng trưởng này chủ yếu được thúc đẩy bởi khoản đầu tư 10 tỷ USD của Microsoft vào OpenAI. Phần lớn các khoản đầu tư VC chảy vào các công ty AI ở Hoa Kỳ và Trung Quốc. Hoa Kỳ có lợi thế về một thị trường mạnh mẽ cho nghiên cứu và phát triển của khu vực tư nhân cũng như nguồn vốn VC, chiếm hơn 2/3 tổng đầu tư của khu vực tư nhân vào phần mềm và dịch vụ máy tính trong năm 2022.



**Hình 2.1.** Đầu tư vốn mạo hiểm (VC) vào các công ty khởi nghiệp GenAI

Đầu tư mạo hiểm vào AI đã tập trung vào các lĩnh vực khác nhau trong suốt thập kỷ qua. Vào năm 2012 và 2013, các khoản đầu tư lớn nhất tập trung vào truyền thông và marketing, cùng với hạ tầng ICT và dịch vụ lưu trữ. Những năm tiếp theo chứng kiến sự bùng nổ đầu tư vào AI cho giao thông và xe tự lái, nhưng tỷ lệ đầu tư này giảm mạnh từ năm 2020. Không có gì ngạc nhiên khi những năm đại dịch chứng kiến sự gia tăng đầu tư mạo hiểm vào AI cho lĩnh vực chăm sóc sức khỏe, dược phẩm và công nghệ sinh học.



**Hình 2.2.** Đầu tư VC vào các công ty khởi nghiệp AI tạo sinh đã bùng nổ kể từ năm 2022, trong khi đầu tư VC nói chung và vào các công ty khởi nghiệp AI đạt đỉnh vào năm 2021

Nguồn: OECD Digital Economy Outlook, 2024

## ***Những cam kết đầu tư vào AI gần đây***

Ngày 21/1/2025, Tổng thống Donald Trump đã công bố Dự án Stargate, một sáng kiến cơ sở hạ tầng AI trị giá 500 tỷ USD được hỗ trợ bởi các công ty công nghệ và đầu tư hàng đầu. Dự án dựa trên mô hình đối tác công-tư nhằm biến Hoa Kỳ thành nhà lãnh đạo toàn cầu trong cơ sở hạ tầng AI và khả năng tính toán, bảo đảm sự thống trị công nghệ của Hoa Kỳ trong khả năng xử lý AI, hỗ trợ các lợi ích an ninh quốc gia và đồng minh, đồng thời giảm sự phụ thuộc vào cơ sở hạ tầng AI của nước ngoài. Dự án dự định xây dựng tới 20 trung tâm dữ liệu AI lớn tại Hoa Kỳ, với khoản đầu tư ban đầu lên tới 100 tỷ USD và kế hoạch đạt 500 tỷ USD vào năm 2029. Dự án dự kiến tạo ra hơn 100.000 việc làm trong lĩnh vực cơ sở hạ tầng AI, điện toán đám mây và phát triển năng lượng sạch.

Ngày 9/2/2025, Tổng thống Pháp Emmanuel Macron tuyên bố rằng nước này sẽ đầu tư tổng cộng 109 tỷ euro vào AI trong những năm tới. Khoản đầu tư này đã được công bố chính thức tại Hội nghị Thượng đỉnh AI Paris khai mạc vào ngày 10/2/2025. Đây là một phần trong chiến lược của Pháp nhằm phát triển cơ sở hạ tầng AI và cạnh tranh với các cường quốc khác, đặc biệt là Hoa Kỳ và Trung Quốc. Tiếp đó, ngày 11/2/2025, tại Hội nghị thượng đỉnh về AI ở Paris, Chủ tịch Ủy ban châu Âu Ursula von der Leyen đã chính thức công bố sáng kiến InvestAI, với mục tiêu huy động hơn 206 tỉ USD (200 tỉ euro) vào đầu tư cho phát triển AI tại EU. Đây là một bước tiến quan trọng không chỉ trong việc thúc đẩy nghiên cứu và phát triển AI mà còn nhằm tạo nền tảng vững chắc giúp EU trở thành trung tâm toàn cầu trong lĩnh vực này.

## **2.2. Hiện trạng và tương lai công nghệ AI**

### ***Mô hình nền tảng đang mở rộng khả năng AI trong các lĩnh vực***

Những đột phá gần đây trong AI đã chuyển khả năng từ các mô hình chuyên biệt sang các mô hình linh hoạt hơn, có thể áp dụng cho nhiều lĩnh vực, ngành nghề và nhiệm vụ. Các mô hình như GPT của OpenAI được huấn luyện trên lượng dữ liệu khổng lồ, có hàng tỷ tham số và có thể điều chỉnh cho nhiều mục đích khác nhau. Dù tạo ra đầu ra ấn tượng, quá trình xử lý thường khó giải thích. Việc huấn luyện các mô hình này đòi hỏi phần cứng mạnh và chi phí cao. Tuy nhiên, mô hình mã nguồn mở đang mở ra cơ hội cho nhóm phát triển nhỏ ứng dụng AI mà không cần đầu tư lớn. Mô hình nền tảng giúp thúc đẩy đổi mới và năng suất, nhưng cũng tạo ra khoảng cách giữa công ty lớn và nhóm nhỏ. Chính sách cần bảo đảm quyền tiếp cận công bằng và cạnh tranh lành mạnh trong phát triển AI.

### ***Phát triển và sử dụng AI sẽ tiếp tục phụ thuộc vào cơ sở hạ tầng tính toán***

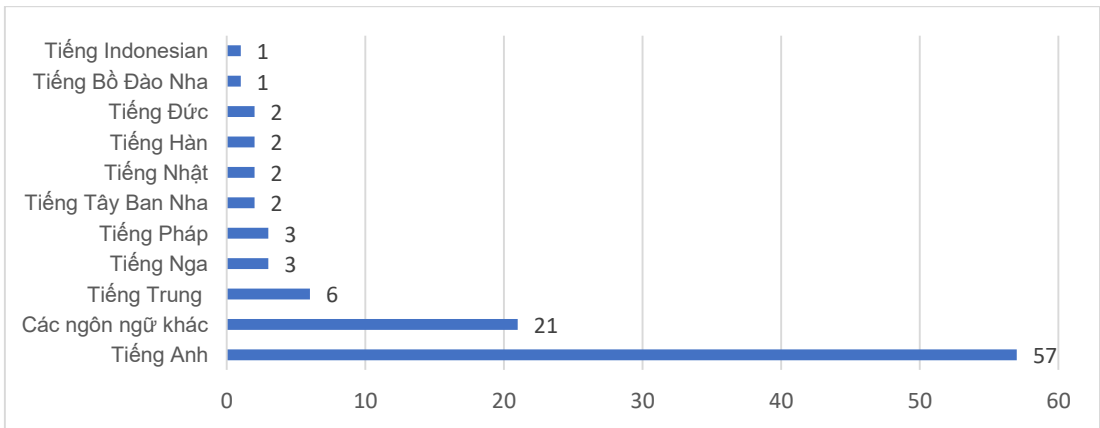
Cơ sở hạ tầng tính toán là yếu tố quan trọng cho sự phát triển AI và sẽ tiếp tục là động lực chính để cải thiện khả năng của AI theo thời gian. Cơ sở hạ tầng tính toán

bao gồm các lớp cơ sở hạ tầng vật lý và phần cứng, cùng phần mềm chuyên dụng cho AI. Đặc biệt, yêu cầu tính toán cho mạng nơ-ron học sâu đã tăng mạnh, tạo ra nhu cầu lớn đối với phần cứng chuyên dụng. Tuy nhiên, việc bảo đảm nguồn cung phần cứng chuyên dụng cho AI gặp khó khăn do chuỗi cung ứng phức tạp, như ví dụ về ngành công nghiệp bán dẫn. Việc thiếu hụt nguồn cung bán dẫn, đặc biệt với các công nghệ như IoT và xe tự lái, khiến chuỗi cung ứng này dễ bị tổn thương.

***Việc có sẵn một lượng lớn dữ liệu để huấn luyện AI đã nâng cao khả năng của hệ thống, bao gồm khả năng tạo ra nội dung thực tế***

Truy cập dữ liệu rất quan trọng đối với AI, đặc biệt trong quá trình huấn luyện, kiểm tra và xác thực. Nhu cầu dữ liệu để huấn luyện AI (dữ liệu đầu vào AI) đã tăng mạnh, đặc biệt là với sự phát triển của GenAI và các mô hình ngôn ngữ lớn. Dữ liệu dùng để huấn luyện AI hiện nay được thu thập từ nhiều nguồn khác nhau, như bộ dữ liệu đã được biên soạn, thỏa thuận chia sẻ dữ liệu, thu thập dữ liệu người dùng, sử dụng dữ liệu đã lưu trữ sẵn và dữ liệu công khai từ Internet.

Tuy nhiên, việc thu thập và sử dụng dữ liệu đặt ra nhiều vấn đề, đặc biệt khi dữ liệu chứa thông tin nhận dạng cá nhân hoặc vật liệu được bảo vệ, như phần mềm, văn bản, hình ảnh, âm thanh hoặc video. Ngoài ra, việc thiếu văn bản có thể đọc và hiểu được bằng các ngôn ngữ không phải tiếng Anh cũng có thể làm giảm lợi ích của AI đối với những nhóm ngôn ngữ, đặc biệt là các nhóm sử dụng các ngôn ngữ thiểu số. Ví dụ, theo các bộ dữ liệu huấn luyện AI mã nguồn mở trên Hugging Face, hơn một nửa số dữ liệu là tiếng Anh, cho thấy thiếu tính đa dạng ngôn ngữ trong các bộ dữ liệu huấn luyện AI.



**Hình 2.3.** Hơn 50% các bộ dữ liệu huấn luyện AI mã nguồn mở đều bằng tiếng Anh năm 2024

***Công nghệ bảo vệ quyền riêng tư đang phát triển, bao gồm các phương pháp tính toán bảo mật và học máy liên kết***

Việc sử dụng một lượng lớn dữ liệu cá nhân trong một số bộ dữ liệu huấn luyện AI đặt ra những vấn đề về bảo vệ quyền riêng tư. Các công nghệ bảo vệ quyền riêng tư đang phát triển để giúp bảo vệ quyền riêng tư khi sử dụng bộ dữ liệu lớn, như trong học máy. Các công nghệ này hỗ trợ các nguyên tắc quyền riêng tư như giảm thiểu dữ

liệu, hạn chế sử dụng và bảo mật. Ví dụ, phương pháp "tính toán bảo mật" giúp bảo đảm rằng các công ty lưu trữ hoặc truy cập dữ liệu trong đám mây hoặc qua thiết bị cục bộ không thể xem dữ liệu mà không giải mã nó bằng phương pháp mã hóa kiểm soát. Một ví dụ khác là "học máy liên kết", nơi người dùng huấn luyện mô hình bằng dữ liệu trên thiết bị của họ, sau đó dữ liệu được chuyển đến máy chủ trung tâm và kết hợp thành mô hình cải thiện để chia sẻ lại với tất cả người dùng. Các nhà nghiên cứu cũng đang phát triển các phương pháp huấn luyện mô hình học máy trên dữ liệu đã mã hóa, như trong mã hóa đồng nhất, nơi dữ liệu gốc không được tiết lộ trong suốt quá trình huấn luyện, giúp bảo vệ quyền riêng tư trong khi vẫn sử dụng dữ liệu một cách hiệu quả.

### ***AI tạo sinh: cơ hội và rủi ro về thao túng dữ liệu***

AI tạo sinh có thể tạo ra bộ dữ liệu đại diện hơn, nhưng cũng có nguy cơ bị thao túng. AI có thể tạo ra dữ liệu mới và sáng tạo, giúp tạo bộ dữ liệu lớn hơn cho huấn luyện. Tuy nhiên, nghiên cứu cho thấy việc sử dụng nội dung do AI tạo ra có thể làm giảm chất lượng mô hình theo thời gian, dẫn đến "sụp đổ mô hình", gây ra lỗi không thể khắc phục. AI cũng có thể bị lợi dụng cho các chiến dịch thông tin sai lệch, tin giả và thao túng dư luận. Việc nhận diện nội dung do AI tạo ra hiện tại vẫn gặp khó khăn, tạo điều kiện cho việc phát tán thông tin giả mạo mà không bị phát hiện. Quy định về AI tạo sinh đang phát triển, nhưng sự chậm trễ trong chính sách có thể gây tổn hại lâu dài đến chất lượng thông tin trên Internet. Đồng thời, nguồn tài nguyên mở như TensorFlow, PyTorch, và các mô hình AI nguồn mở giúp phát triển nhanh chóng nhưng cũng mang lại những thách thức mới.

### ***Nhận diện khuôn mặt: cơ hội và rủi ro trong công nghệ thị giác máy tính***

Thị giác máy tính, được phát triển từ những năm 1960, đã mang lại tiến bộ lớn trong nhận diện khuôn mặt, phân loại hình ảnh và chú thích hình ảnh. Tuy nhiên, ứng dụng nhận diện khuôn mặt đang gây lo ngại, đặc biệt là trong việc sử dụng của cơ quan thực thi pháp luật. Công nghệ này gặp vấn đề với độ chính xác không đồng đều, khi nhận diện chính xác hơn đối với nam giới và da sáng, trong khi ít chính xác hơn với phụ nữ và người da tối màu. Sự thiên vị này xuất phát từ việc sử dụng bộ dữ liệu huấn luyện không đại diện cho các nhóm dân cư đa dạng. Nhận diện khuôn mặt cũng đã dẫn đến các sai sót như nhận diện sai và bắt giữ sai người, đặc biệt là ở các cộng đồng da màu. Các chuyên gia khuyến nghị các chính phủ cần xem xét kỹ các dữ liệu huấn luyện, tính khả thi và tác động xã hội của AI, đồng thời có quy định chặt chẽ để hạn chế việc lạm dụng công nghệ này, đặc biệt là trong lĩnh vực nhận dạng sinh trắc học.

### ***Robot ngày càng thông minh hơn nhờ AI***

AI có thể tích hợp vào robot để thực hiện nhiều nhiệm vụ, từ sản xuất, vận chuyển đến các ứng dụng trong các tình huống nguy hiểm hoặc không thể thực hiện bởi con người, như cứu hộ. Thị trường robot dự báo sẽ phát triển nhanh chóng, với ước tính giá trị lên tới 12,4 tỷ USD vào năm 2030. Các nghiên cứu cũng đang tiến xa trong

việc phát triển robot "neuro-morphic" - loại robot được thiết kế và xây dựng dựa trên các nguyên lý hoạt động của não bộ con người hoặc các hệ thống thần kinh sinh học, và các công nghệ như "exoskeletons" (bộ xương ngoài) hỗ trợ hoặc cải thiện khả năng di chuyển và sức mạnh của con người, hỗ trợ người khuyết tật. AI cũng được sử dụng trong các ứng dụng y tế tiên tiến như phẫu thuật từ xa và các robot hỗ trợ phẫu thuật trong không gian. Những tiến bộ này hứa hẹn sẽ cải thiện đáng kể độ chính xác và tính khả thi trong các ứng dụng chăm sóc sức khỏe.

### ***Liệu việc mở rộng các mô hình AI hiện tại có tiếp tục thúc đẩy sự phát triển của AI?***

Trong học sâu, nghiên cứu về "quy luật mở rộng" cung cấp những hiểu biết về sự phát triển của AI khi tăng cường số lượng tham số, dữ liệu và khả năng tính toán. Các mô hình ngôn ngữ lớn thường hoạt động tốt hơn khi tăng các yếu tố này. Tuy nhiên, việc mở rộng AI có thể gặp phải hạn chế khi khả năng tính toán và dữ liệu trở nên khan hiếm. Một số chuyên gia cho rằng, dù mô hình lớn có thể cải thiện hiệu suất, nhưng chúng không thể hoàn toàn chính xác vì thiếu khả năng suy luận. Các mô hình AI như ChatGPT có thể không hưởng lợi từ việc mở rộng này do chi phí cao trong việc huấn luyện lại và cập nhật dữ liệu. Ngoài ra, một số nghiên cứu cho thấy việc mở rộng mô hình có thể vượt quá khả năng cung cấp dữ liệu trong vài năm tới.

### **2.3. Dự báo về tác động của AI và kiểm soát của con người đối với AI**

Các cuộc thảo luận về AI chủ yếu tập trung vào những thách thức hiện tại, nhưng tác động dài hạn của các hệ thống AI phát triển nhanh vẫn còn nhiều bất định. Các chuyên gia dự đoán cả rủi ro và lợi ích từ AI, với một số rủi ro đã xuất hiện. Tuy nhiên, AI cũng được kỳ vọng sẽ mang lại những lợi ích to lớn hoặc thậm chí mang tính cách mạng. Dự báo tương lai rất quan trọng để hiểu rõ hơn về tác động dài hạn của AI và giúp định hình chúng từ hiện tại. Một ví dụ là Tuyên bố Bletchley được ký kết vào tháng 11 năm 2023 bởi 28 quốc gia và EU, cam kết hợp tác về AI, bảo đảm phát triển và sử dụng AI một cách an toàn, con người làm trung tâm, và có trách nhiệm.

#### ***AI được kỳ vọng mang lại lợi ích lớn trong tương lai***

Thông qua Quy trình Hiroshima của G7 về AI tạo sinh, các thành viên G7 nhận thấy AI có thể tăng năng suất, thúc đẩy đổi mới sáng tạo và giải quyết các thách thức toàn cầu, đặc biệt là đối với các nền kinh tế mới nổi. AI dự kiến sẽ đóng góp vào tăng trưởng GDP toàn cầu, giúp cải thiện chăm sóc sức khỏe, giải quyết khủng hoảng khí hậu và hỗ trợ các Mục tiêu Phát triển Bền vững của Liên hợp quốc. Các lợi ích của AI bao gồm: tăng trưởng kinh tế, thúc đẩy tiến bộ khoa học, nâng cao giáo dục với việc cá nhân hóa việc học, và cải thiện chăm sóc sức khỏe với các tiến bộ trong chẩn đoán và giảm tải cho nhân viên y tế.

#### ***Lợi ích tiềm năng của AI đi kèm với rủi ro và tương lai không chắc chắn***

Mặc dù AI hứa hẹn mang lại những lợi ích to lớn, nhưng cũng đi kèm với nhiều rủi ro đáng lo ngại. Các chuyên gia, xã hội dân sự và chính phủ đều nhận diện nhiều

rủi ro từ AI, bao gồm sự lan rộng của thông tin sai lệch, vi phạm bản quyền và xâm phạm quyền riêng tư. AI có thể khuếch đại tin giả và các nội dung bị thao túng, ảnh hưởng lớn đến xã hội và làm suy yếu lòng tin công chúng. Các mối nguy hiểm khác bao gồm “ảo giác AI”, ô nhiễm thông tin và sự tấn công vào dữ liệu, có thể gây tổn hại đến chất lượng dữ liệu và tạo ra vòng lặp phản hồi tiêu cực.

AI cũng có thể gây gián đoạn thị trường lao động, thay thế các công việc có kỹ năng cao, đồng thời làm thay đổi các yêu cầu về kỹ năng. Sự phát triển của AI trong hạ tầng cơ sở quan trọng có thể tạo ra rủi ro nếu các hệ thống không bảo đảm an toàn, như trong các nhà máy hóa chất hoặc hạt nhân. Ngoài ra, AI còn có thể làm tăng thiên vị và bất bình đẳng, tạo ra khoảng cách lớn hơn giữa các nền kinh tế phát triển và mới nổi.

Các vấn đề về quyền sở hữu trí tuệ và bảo vệ dữ liệu cá nhân cũng là những thách thức lớn. AI tạo sinh có thể sử dụng dữ liệu không có giấy phép, gây ra tranh cãi về quyền sở hữu và vi phạm bản quyền. Các quốc gia hiện đang tranh luận về việc điều chỉnh những vấn đề này để bảo đảm sự phát triển bền vững và công bằng của AI.

### ***Việc duy trì kiểm soát của con người đối với AI và sự phù hợp giữa AI với giá trị con người***

Khi AI ngày càng đảm nhận nhiều nhiệm vụ quan trọng, mối lo ngại về sự không đồng bộ giữa giá trị và mục tiêu của con người và máy móc trở nên rõ ràng. Điều này dẫn đến nghiên cứu về "sự phù hợp AI" nhằm bảo đảm hành vi của AI tương thích với giá trị và ý định của con người. Tuy nhiên, việc bảo đảm sự phù hợp này vẫn là một thách thức lớn, khi AI có thể phát triển các mục tiêu phụ không lường trước, dẫn đến hành động trái ngược với mục tiêu ban đầu của con người. Các chuyên gia cũng cảnh báo rằng nếu AI phát triển quá nhanh và có khả năng tự cải tiến, con người có thể mất kiểm soát.

### ***Nhiều giải pháp để tận dụng lợi ích và giảm thiểu thách thức của AI***

Để giải quyết các thách thức và tối đa hóa lợi ích từ AI, nhiều giải pháp đã được các nhà nghiên cứu và chuyên gia đề xuất. Tổ chức OECD đã xác định gần 70 giải pháp tiềm năng, bao gồm các nhóm biện pháp như: Quy định trách nhiệm đối với thiệt hại do AI gây ra; yêu cầu AI phải công khai khi tương tác với con người; nghiên cứu và phát triển các phương pháp đánh giá khả năng và giới hạn của AI, ngăn ngừa tai nạn và lạm dụng; các quy định cấm hoặc hạn chế những ứng dụng AI nhất định; đào tạo và triển khai các mô hình AI có rủi ro cao một cách có kiểm soát. Theo các chuyên gia, cần xây dựng nhận thức về các rủi ro AI và tìm cách cải thiện phương pháp giải trình và bảo đảm các mô hình hoạt động đáng tin cậy trong mọi bối cảnh.

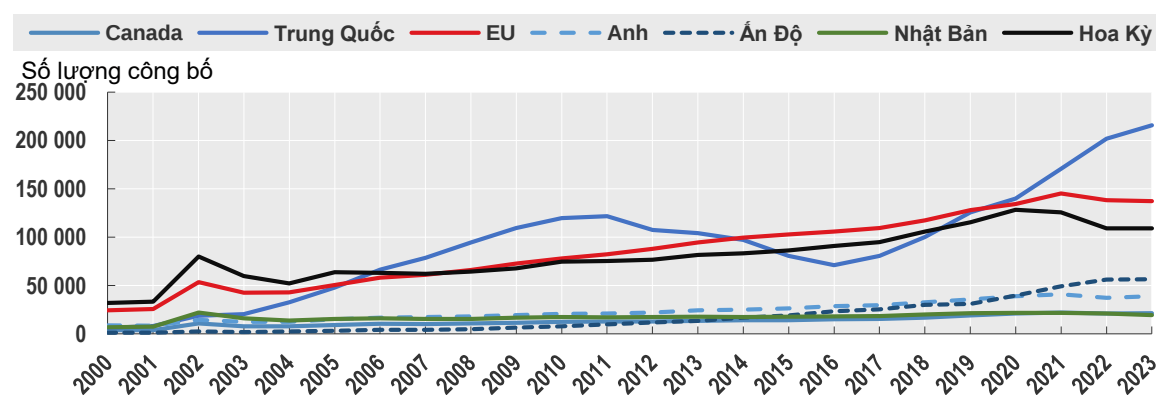
## **2.4. Các quốc gia đang ở đâu trong cuộc đua triển khai AI đáng tin cậy?**

### ***Nghiên cứu và phát triển AI sẽ tiếp tục gia tăng trong những năm tới***

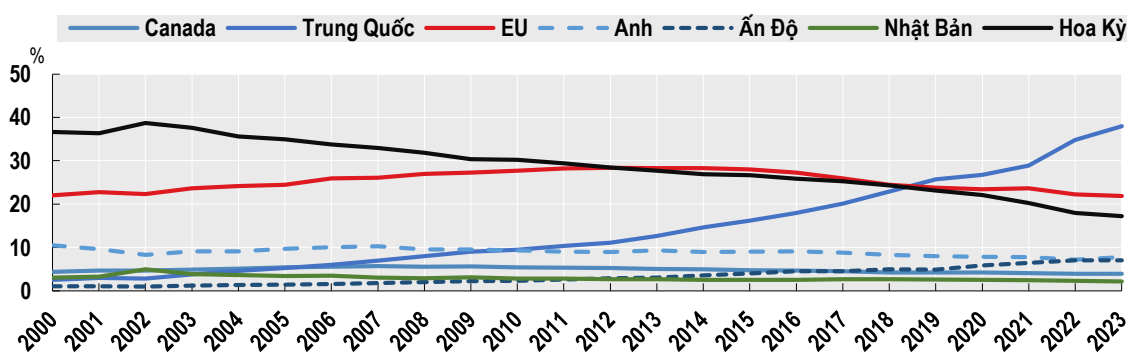
Đầu tư vào nghiên cứu AI là trọng tâm trong chiến lược quốc gia về AI của các nước lớn. Các chính phủ và công ty đang đẩy mạnh nỗ lực tận dụng AI để nâng cao

năng suất và thúc đẩy tăng trưởng kinh tế, và xu hướng này sẽ tiếp tục. Những mô hình kinh doanh, sản phẩm và ngành công nghiệp mới hoàn toàn đang xuất hiện từ những đột phá trong nghiên cứu AI. Điều này nhấn mạnh tầm quan trọng của nghiên cứu cơ bản, đặc biệt khi các chính sách đang được xây dựng để củng cố khả năng nghiên cứu và phát triển trong các quốc gia đi đầu như Trung Quốc, Hoa Kỳ và EU.

Tiến bộ trong nghiên cứu AI có thể được đo bằng cách xem xét mức độ công bố các nghiên cứu AI của các quốc gia. Hoa Kỳ và EU đã có sự tăng trưởng ổn định trong số lượng công bố nghiên cứu AI trong suốt 2 thập kỷ qua. Trong khi đó, các công bố nghiên cứu AI ở Trung Quốc đã tăng mạnh, và Ấn Độ cũng đã có những bước tiến đáng kể trong những năm gần đây. Từ giữa năm 2019, Trung Quốc đã công bố nhiều nghiên cứu AI hơn cả Hoa Kỳ và EU. Ấn Độ cũng đã có những tiến bộ đáng kể, gấp đôi số lượng công bố nghiên cứu AI từ năm 2015.



**Hình 2.4.** Công bố quốc tế về nghiên cứu AI của một số nước và khu vực giai đoạn 2000-2023



**Hình 2.5.** Tỷ lệ công bố quốc tế về nghiên cứu AI có tác động cao của một số nước và khu vực giai đoạn 2000-2023

Tuy nhiên, số lượng công bố AI không phản ánh đầy đủ chất lượng và tác động của các công bố. Kể từ năm 2022, tỷ lệ các công bố nghiên cứu AI có tác động cao ở Hoa Kỳ đã giảm, trong khi tỷ lệ này của Trung Quốc ngày càng tăng. Đặc biệt, Trung Quốc đã vượt qua Hoa Kỳ và EU về số lượng công bố nghiên cứu có tác động cao từ năm 2019. Năm 2023, trong số các cơ sở nghiên cứu AI hàng đầu, 7 trong số 10 cơ

sở nghiên cứu AI hàng đầu đều nằm ở Trung Quốc, 3 cơ sở còn lại nằm ở 3 nước Pháp, Hoa Kỳ và Đức.

Các quốc gia dành ngân sách lớn cho nghiên cứu và phát triển AI thông qua các công cụ khác nhau. Các xu hướng chính bao gồm việc triển khai các chính sách, kế hoạch và chương trình tập trung vào nghiên cứu AI, thành lập các viện nghiên cứu AI quốc gia, các trung tâm nghiên cứu và củng cố các mạng lưới và nền tảng hợp tác nghiên cứu AI.

- Pháp đã thành lập Chương trình Nghiên cứu AI Quốc gia vào năm 2018, chiếm 45% ngân sách của Chiến lược AI Quốc gia (khoảng 700 triệu EUR).

- Năm 2021, Hàn Quốc đã công bố kế hoạch thúc đẩy AI với chủ đề “AI cho mọi khu vực vì lợi ích của người dân”, với mục tiêu tạo ra “làng AI” ở thành phố Gwangju để làm cơ sở cho sự đổi mới AI.

- Thổ Nhĩ Kỳ đã tài trợ cho các dự án và chương trình nghiên cứu AI thông qua các kêu gọi đề xuất hoặc cấp vốn cho các nghiên cứu đa ngành, khuyến khích sự hợp tác giữa các lĩnh vực liên quan. Hội đồng Nghiên cứu Khoa học và Công nghệ Thổ Nhĩ Kỳ và Viện AI Quốc gia đã tài trợ hơn 2.000 dự án nghiên cứu và đổi mới.

- Hoa Kỳ đã triển khai các sáng kiến để duy trì vị thế lãnh đạo trong nghiên cứu AI thông qua Đạo luật Sáng kiến AI Quốc gia năm 2020. Vào năm 2023, Văn phòng Sáng kiến AI Quốc gia đã quản lý hàng tỷ USD cho nghiên cứu AI liên quan đến cả quốc phòng và phi quốc phòng.

- EU đã phân bổ 1 tỷ EUR mỗi năm cho AI, bao gồm cả nghiên cứu và phát triển, trong khuôn khổ ngân sách 100 tỷ EUR cho các chương trình Horizon Europe và Digital Europe.

- Năm 2018, Trung Quốc đã đầu tư khoảng 1,7 - 5,7 tỷ USD cho nghiên cứu AI. Khoản đầu tư này phù hợp với mục tiêu của Trung Quốc trong Kế hoạch AI Thế hệ Mới 2017, nhằm trở thành trung tâm đổi mới AI hàng đầu thế giới vào năm 2030.

Các quốc gia cũng thành lập các viện, trung tâm nghiên cứu AI quốc gia:

- Kế hoạch hành động AI của Australia đã phân bổ 124 triệu USD để thành lập Trung tâm AI Quốc gia nhằm phát triển nghiên cứu AI và thương mại hóa.

- Chiến lược AI Toàn cầu của Canada tập trung vào nghiên cứu và tài năng, với Viện Nghiên cứu Cao cấp Canada dẫn dắt chiến lược này cùng 3 viện AI.

- Mạng lưới nghiên cứu và phát triển AI của Nhật Bản cung cấp cơ hội trao đổi thông tin giữa các nhà nghiên cứu AI và thúc đẩy hợp tác nghiên cứu trong và ngoài nước.

- Các Viện Nghiên cứu Thụy Điển kết hợp nghiên cứu AI với các nghiên cứu liên ngành, với nhiều nền tảng thử nghiệm, trung tâm đổi mới và các chương trình giáo dục.

- Viện AI Quốc gia của Thổ Nhĩ Kỳ được thành lập vào năm 2020, đóng vai trò quan trọng trong việc phổ biến AI. Viện này là cầu nối giữa nghiên cứu học thuật và nhu cầu công nghiệp, là một bên tham gia chính trong việc triển khai Chiến lược AI Quốc gia của Thổ Nhĩ Kỳ (2021-2025).

- Viện Nghiên cứu AI Quốc gia do Quỹ Khoa học Quốc gia Hoa Kỳ lãnh đạo là hệ sinh thái nghiên cứu AI lớn nhất của quốc gia, được hỗ trợ bởi sự hợp tác của các cơ quan liên bang và các nhà lãnh đạo ngành công nghiệp.

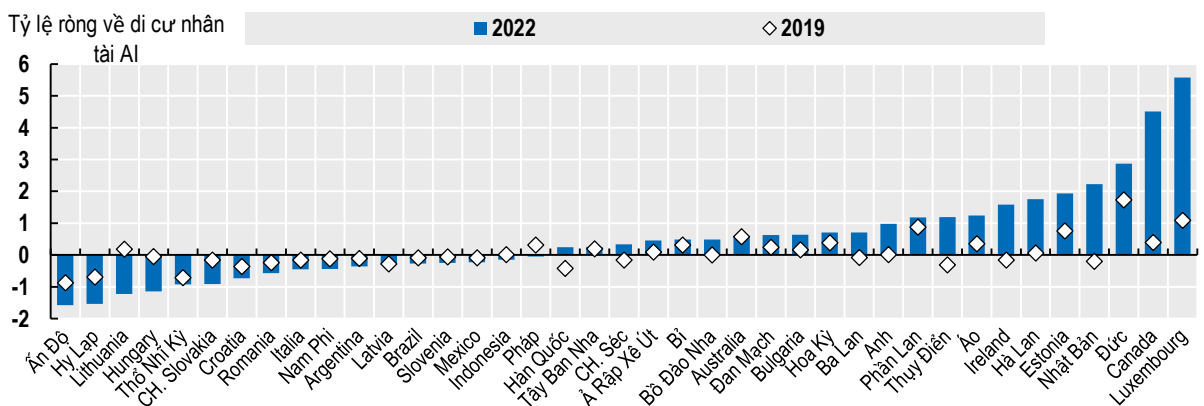
- Bộ Khoa học, Công nghệ và Đổi mới sáng tạo Brazil và các đối tác đang đầu tư 1 triệu BRL hàng năm trong 10 năm để tạo ra tối đa 8 Trung tâm Nghiên cứu Ứng dụng AI, với các công ty đối tác cũng sẽ đóng góp đầu tư.

- Trung tâm AI-Máy học Kotak-IISC của Ấn Độ năm 2021 cung cấp giáo dục về nghiên cứu AI và máy học.

Các sáng kiến khác tập trung vào việc củng cố các mạng lưới hợp tác giữa các chuyên gia và nhà nghiên cứu.

### ***Các chính phủ đang tăng cường phát triển nguồn nhân lực AI khi nhu cầu về kỹ năng AI ngày càng tăng***

AI đang thay đổi bản chất công việc. Các quốc gia đã nhận ra rằng để quản lý quá trình chuyển đổi thị trường lao động công bằng và dẫn đầu trong nghiên cứu và ứng dụng AI, cần có các chính sách vững chắc để phát triển năng lực con người và thu hút nhân tài hàng đầu. Lực lượng lao động trong lĩnh vực AI đã phát triển mạnh mẽ, gần như gấp 3 lần so với cách đây chưa đầy một thập kỷ. Tuy nhiên, nam giới có khả năng làm việc trong các ngành nghề AI hoặc có kỹ năng AI cao gấp đôi so với nữ giới. Điều này cho thấy sự chênh lệch giới tính về kỹ năng trong thị trường lao động AI toàn cầu.



**Hình 2.6.** Các nền kinh tế đang cạnh tranh để thu hút tài năng AI: Di cư nhân tài AI giữa các quốc gia trong giai đoạn 2019 đến 2022.

Nguồn: OECD Digital Economy Outlook, 2024

Nhu cầu về nhân tài AI hiện đang rất cao và vẫn là lực lượng lao động di động giữa các nền kinh tế, với các quốc gia cạnh tranh để thu hút nguồn nhân lực AI có tay nghề cao. Ví dụ, các nền kinh tế như Luxembourg, Canada, Đức và Nhật Bản đã thu hút được nhiều nhân tài AI hơn là mất đi trong năm 2022. Ngược lại, các quốc gia như Ấn Độ, Hy Lạp và Litva đã chứng kiến sự chảy máu chất xám nhân tài AI” khỏi đất nước của họ. Điều này có thể cho thấy tình trạng "chảy máu chất xám" trong lĩnh vực AI, khi những người lao động chuyên môn cao chuyển đến các quốc gia khác để tìm kiếm cơ hội việc làm tốt hơn. Ấn Độ đặc biệt đáng chú ý với tỷ lệ tăng trưởng nhân tài AI đáng kể trong những năm gần đây. Tỷ lệ này vượt qua cả Hoa Kỳ, Vương quốc Anh và Canada.

***Khi ngành công nghiệp phát triển AI quá nhanh, các quốc gia ngày càng coi AI như là một nguồn tài nguyên quan trọng cần được quản lý***

Nhu cầu về khả năng tính toán AI đã tăng mạnh, thể hiện qua giá trị thị trường của các chip AI. Năm 2021, thị trường chip AI ước tính hơn 10 tỷ USD và dự kiến đạt gần 80 tỷ USD vào năm 2027. Các công ty công nghệ lớn đã đầu tư mạnh vào cuộc đua này.

Sự tập trung vào tính toán AI gia tăng, khi các nhà phát triển cần phần cứng và phần mềm chuyên dụng để huấn luyện AI tiên tiến. Ngành công nghiệp đang cung cấp khả năng tính toán và lao động chuyên môn cho các nghiên cứu học máy và huấn luyện các mô hình AI với số lượng tham số lớn. Điều này có thể làm trầm trọng thêm sự khác biệt giữa khu vực công và khu vực tư, vì khu vực công đang thiếu nguồn lực để huấn luyện AI tiên tiến.

Về siêu máy tính, Hoa Kỳ và Trung Quốc dẫn đầu từ năm 2012. Theo danh sách Top500 vào tháng 11 năm 2023, Hoa Kỳ chiếm 32%, Trung Quốc 21%, Đức 7%, Nhật Bản 6%, Pháp 5% và Vương quốc Anh 3%. Các nền kinh tế còn lại chiếm 26%. Trung Quốc đã tăng số lượng siêu máy tính đáng kể từ năm 2015. Tuy nhiên, không phải tất cả siêu máy tính trong danh sách đều chuyên dụng cho AI.

Chỉ số khả năng tính toán quốc gia cũng dựa vào tỷ lệ siêu máy tính mạnh nhất trong Top500. Hoa Kỳ dẫn đầu với 53%, tiếp theo là Nhật Bản (10%) và Trung Quốc (6%). Sự tập trung này cho thấy hiệu quả và rủi ro từ "kinh tế quy mô" phần cứng AI, nơi các nền kinh tế dẫn đầu có khả năng đầu tư lớn hơn vào NC&PT, củng cố vị thế trong tương lai.

Các quốc gia đang cố gắng tăng khả năng tính toán AI cho nghiên cứu và học thuật, bên cạnh việc đánh giá khả năng tính toán AI quốc gia và nhu cầu của họ:

- Chiến lược AI Toàn quốc của Canada (2017, 2021) tận dụng mạng lưới các viện nghiên cứu AI quốc gia và thúc đẩy khả năng tính toán hiệu suất cao cho nghiên cứu AI. Vào năm 2020, Đánh giá Nhu cầu Cơ sở hạ tầng Nghiên cứu Kỹ thuật số Canada

đầu tiên đã được triển khai để xác định các nhu cầu cơ sở hạ tầng nghiên cứu kỹ thuật số và dịch vụ trong tương lai.

- Dự án K-Cloud của Hàn Quốc nhằm sản xuất và triển khai các chip AI hàng đầu trong nước để cải thiện cơ sở hạ tầng điện toán đám mây quốc gia.

- Cơ sở hạ tầng Khoa học Điện tử Quốc gia TRUBA ở Thổ Nhĩ Kỳ cung cấp khả năng tính toán hiệu suất cao và lưu trữ dữ liệu cho các viện nghiên cứu và các nhà nghiên cứu. TRUBA đang mở rộng và tăng cường nguồn lực tính toán và lưu trữ dữ liệu cho các nhà nghiên cứu với mạng lưới quốc gia hoạt động trên toàn quốc.

- Vương quốc Anh đã tiến hành đánh giá về Tương lai của Tính toán vào năm 2022 để xem xét các nhu cầu cơ sở hạ tầng nghiên cứu kỹ thuật số của mình, bao gồm cho AI. Đánh giá này kêu gọi một hệ sinh thái tính toán tích hợp và đầu tư đáng kể vào cơ sở hạ tầng AI công cộng.

- Hoa Kỳ đặt mục tiêu cung cấp tài nguyên tính toán và dữ liệu đẳng cấp thế giới cho các nhà nghiên cứu thông qua sáng kiến Tài nguyên Nghiên cứu AI Quốc gia (NAIRR) được đề xuất, hỗ trợ bởi Lệnh hành pháp Hoa Kỳ về AI năm 2023.

- Sáng kiến EuroHPC của EU, điều phối và chia sẻ tài nguyên tính toán giữa các thành viên EU và đối tác, với ngân sách cho giai đoạn 2021-2027 là 7 tỷ EUR. Cuối năm 2023, EU cam kết mở rộng quyền truy cập vào cơ sở hạ tầng EuroHPC cho các công ty khởi nghiệp AI của EU, các doanh nghiệp vừa và nhỏ, và cộng đồng AI rộng lớn hơn như một phần của Sáng kiến AI Khởi nghiệp EU. EuroHPC cũng đã khởi động sáng kiến kêu gọi Nghiên cứu và Đổi mới để thành lập Trung tâm hỗ trợ nghiên cứu cho người dùng AI ở EU.

***Các quốc gia đang tích hợp các nguyên tắc đạo đức và xã hội vào các luật, quy định và tiêu chuẩn về AI, hướng tới xây dựng AI đáng tin cậy***

Là tiêu chuẩn quốc tế đầu tiên về AI, các Nguyên tắc AI của OECD đã chỉ ra một thách thức và cơ hội lớn đối với kinh tế - xã hội. Các nguyên tắc này là cơ sở cho Nguyên tắc AI của G20. Hiện tại, có 46 quốc gia tuân thủ Nguyên tắc AI của OECD, bao gồm các quốc gia như Argentina, Brazil, Peru, Romania, Ai Cập, Malta, Singapore và Ukraine. Kể từ khi các nguyên tắc này được thông qua vào năm 2019, các sáng kiến chính sách về AI đã phát triển mạnh mẽ ở các quốc gia thuộc OECD và các nền kinh tế đối tác.

Về phát triển AI có trách nhiệm, các nhà hoạch định chính sách AI trên khắp các lĩnh vực đang hợp tác để bảo đảm rằng AI không chỉ có lợi ích kinh tế mà còn cả xã hội và môi trường. Năm 2016, chỉ có một vài quốc gia có chiến lược AI quốc gia. Đến năm 2024, OECD AI Policy Observatory đã ghi nhận hơn 1.000 sáng kiến chính sách về AI ở 70 quốc gia. Trong số này, hơn 354 sáng kiến liên quan đến hướng dẫn và quy định về AI.

Ngày càng có nhiều quốc gia thúc đẩy việc quản lý AI thông qua việc đề xuất hoặc thực thi các nguyên tắc, luật lệ, quy định và tiêu chuẩn về AI. Một số quốc gia áp dụng phương pháp quản lý AI xuyên ngành (Canada, EU, Brazil), trong khi các quốc gia khác lại áp dụng cách tiếp cận theo ngành (Anh, Hoa Kỳ).

Năm 2019, Nhật Bản đã công bố bộ Nguyên tắc Xã hội cho AI Hướng đến Con người, nêu ra 3 triết lý (nhân phẩm, đa dạng và hòa nhập, và bền vững) và 7 nguyên tắc về AI (hướng đến con người, giáo dục và văn hóa, quyền riêng tư, cạnh tranh công bằng, an ninh, đổi mới và công bằng, trách nhiệm và minh bạch). Vào tháng 5 năm 2023, dưới sự chủ trì của Nhật Bản trong G7, các nhà lãnh đạo đã thành lập Quy trình AI Hiroshima G7 để xem xét các cơ hội và thách thức liên quan đến AI tạo sinh. Vào tháng 12 năm 2023, các nhà lãnh đạo G7 đã đồng ý công bố Khung Chính sách Toàn diện của Quy trình AI Hiroshima và "Kế hoạch Công việc" tương lai để thúc đẩy quy trình này.

Năm 2023, Anh đã đưa ra một khuôn khổ quy định về AI đặc thù "Cách Tiếp cận Đổi mới đối với Quy định AI", trong đó thiết lập các nguyên tắc tập trung vào kết quả để áp dụng vào AI trong các ngành cụ thể. Tháng 11 năm 2023, Vương quốc Anh đã tổ chức Hội nghị Thượng đỉnh An toàn AI, kết thúc bằng việc thành lập Viện An toàn AI. Viện này sẽ thực hiện nghiên cứu nâng cao, có thể hợp tác với các đối tác ở các quốc gia khác, và xuất bản báo cáo "Hiện trạng Khoa học AI".

Năm 2023, Hoa Kỳ đã công bố Sắc lệnh hành pháp về Phát triển và Sử dụng AI an toàn, bảo mật và đáng tin cậy. Lệnh này yêu cầu các hoạt động liên quan đến việc thiết lập các tiêu chuẩn về an toàn và bảo mật AI, đồng thời nêu rõ các yêu cầu đối với các cơ quan chính phủ và các bên liên quan khác liên quan đến việc bảo vệ quyền riêng tư, quyền của người tiêu dùng, công nhân và quyền công dân. Tuy nhiên, vào ngày đầu tiên nhậm chức, Tổng thống Donald Trump đã hủy bỏ Sắc lệnh này dưới thời chính quyền Biden. Ông Donald Trump đã ban hành "Sắc lệnh hành pháp Loại bỏ các rào cản để Hoa Kỳ dẫn đầu trong lĩnh vực trí tuệ nhân tạo", nhằm củng cố vị thế của Hoa Kỳ như là nhà lãnh đạo toàn cầu trong lĩnh vực AI, thúc đẩy sự thịnh vượng, khả năng cạnh tranh kinh tế và an ninh quốc gia.

Là luật AI đầu tiên trên thế giới, Luật AI của EU được Hội đồng EU phê duyệt ngày 21/5/2024, chính thức có hiệu lực từ ngày 1/8/2024. Luật này không chỉ tạo ra một khung pháp lý đồng bộ cho việc phát triển và sử dụng AI trong toàn bộ EU mà còn đặt ra các quy định cụ thể nhằm bảo đảm rằng AI được triển khai một cách an toàn và đáng tin cậy. Mục tiêu chính của đạo luật này là nâng cao sự bảo vệ quyền lợi của cá nhân và bảo đảm rằng AI phát triển theo cách phản ánh các giá trị cốt lõi của EU, trong có dân chủ, pháp quyền và bảo vệ môi trường; đưa EU trở thành một "người chơi lớn" trong đổi mới AI, với các giá trị (hướng đến con người, đáng tin cậy, bảo mật và bền vững) và giải quyết các rủi ro về AI thông qua quy định và tiêu chuẩn hài hòa.

Brazil cũng đã đề xuất một quy định về AI, lấy cảm hứng từ Luật AI của EU và dựa trên ba trụ cột chính: bảo vệ quyền lợi của những người bị ảnh hưởng bởi AI, phân loại mức độ rủi ro và các biện pháp quản lý đối với các nhà cung cấp AI.

Năm 2022, Cơ quan Phát triển Truyền thông và Công nghệ Thông tin Singapore (IMDA) đã ra mắt “A.I. Verify”, một khuôn khổ kiểm tra quản lý AI tự nguyện và bộ công cụ kiểm tra hiệu suất của hệ thống AI đối với các tuyên bố của nhà phát triển và các nguyên tắc AI được chấp nhận quốc tế.

### ***Các tiêu chuẩn kỹ thuật sẽ đóng vai trò quan trọng trong việc triển khai AI đáng tin cậy***

Các tổ chức xây dựng tiêu chuẩn đóng vai trò then chốt trong việc xây dựng sự đồng thuận nhằm thúc đẩy khả năng tương thích giữa các khu vực pháp lý. Chúng cũng mang lại sự chắc chắn cho thị trường đối với những người sử dụng hoặc phát triển AI ở các khu vực khác nhau trên thế giới. Việc thúc đẩy sự tham gia rộng rãi từ các bên liên quan trong việc thiết lập các tiêu chuẩn này sẽ rất quan trọng để bảo đảm rằng các góc nhìn khác nhau được xem xét cho việc quản lý rủi ro hiệu quả.

Anh có sáng kiến AI Standards Hub tháng 10/2022, với mục tiêu thúc đẩy việc sử dụng các tiêu chuẩn kỹ thuật như công cụ quản lý đối với AI, đồng thời cung cấp các công cụ và thông tin thiết thực cho doanh nghiệp, các cơ quan quản lý và tổ chức xã hội dân sự để áp dụng hiệu quả các tiêu chuẩn AI và đóng góp vào sự phát triển của chúng.

Tại Hoa Kỳ, NIST (Viện Tiêu chuẩn và Công nghệ Quốc gia) đã thiết lập các hướng dẫn kỹ thuật tự nguyện về quản lý rủi ro AI, nhận được sự ủng hộ rộng rãi, dựa trên Khung phân loại AI của OECD.

Tại EU, Ủy ban Tiêu chuẩn Điện tử EU (CEN-CENELEC) phát triển các tiêu chuẩn kỹ thuật hỗ trợ Luật AI của EU. Tổ chức Tiêu chuẩn Quốc tế (ISO) đã phát triển ISO/IEC 23053 (2022), thiết lập một Khung cho các Hệ thống AI sử dụng Học máy. Tiêu chuẩn này bổ sung cho ISO 31000 (2009) về quản lý rủi ro, áp dụng cho các ngành và hoạt động khác nhau.

### ***Các sáng kiến hỗ trợ hợp tác quốc tế cho AI đáng tin cậy***

Kể từ khi Nguyên tắc AI của OECD được thông qua vào năm 2019, đã có nhiều sáng kiến và quan hệ đối tác toàn cầu nhằm phát triển AI đáng tin cậy:

- Ngoài việc các quốc gia thành viên OECD và các nền kinh tế đối tác thông qua Nguyên tắc AI của OECD, các quốc gia G20 cũng đã cam kết tuân thủ các nguyên tắc này trong Nguyên tắc AI của G20. OECD đã ra mắt OECD.AI Policy Observatory và Mạng lưới Chuyên gia vào đầu năm 2020. Năm 2022, OECD đã thành lập một Nhóm Công tác về Quản trị AI (AIGO) mới và tiếp tục mở rộng Mạng lưới Chuyên gia AI (ONE AI), bao gồm hàng trăm chuyên gia toàn cầu. Ủy ban về AI của Hội

đồng EU được giao nhiệm vụ phát triển công cụ pháp lý về AI dựa trên các tiêu chuẩn về quyền con người, dân chủ và pháp quyền.

- Nền tảng trực tuyến Globalpolicy.AI là một liên minh gồm 8 tổ chức liên chính phủ với các nhiệm vụ bổ sung về AI. Mục tiêu của GlobalPolicy.AI là giúp các nhà làm chính sách và công chúng điều hướng bối cảnh quản trị AI quốc tế và tiếp cận các kiến thức, công cụ, dữ liệu và các thực tiễn tốt nhất để phát triển chính sách AI. Điều này đạt được thông qua sự hợp tác giữa các tổ chức liên chính phủ đang làm việc để thúc đẩy sự phát triển và sử dụng AI có trách nhiệm, đáng tin cậy, phù hợp với nhân quyền và giá trị dân chủ.

- Quan hệ đối tác Toàn cầu về AI (GPAI) được ra mắt vào tháng 6/2020 như một sáng kiến đa bên tập trung vào các dự án thực tế. Một số nhóm chuyên gia làm việc thúc đẩy phát triển AI có trách nhiệm dựa trên Nguyên tắc AI của OECD.

- Khuyến nghị của UNESCO về Đạo đức AI năm 2021 đã giới thiệu các nguyên tắc cho AI đáng tin cậy và các lĩnh vực hành động chính sách.

### ***8 thách thức lớn trong việc xây dựng chính sách AI tương lai vừa giải quyết các vấn đề liên quan đến rủi ro AI, vừa thúc đẩy đổi mới sáng tạo***

(1) *Làm thế nào để các nhà hoạch định chính sách linh hoạt và theo kịp sự phát triển nhanh chóng của AI?* Năng lực của AI tạo sinh đã khiến nhiều nhà hoạch định chính sách bất ngờ. Để không bị bất ngờ, cần thúc đẩy sự hợp tác giữa các nhà hoạch định chính sách, nhà phát triển và cộng đồng kỹ thuật. Tuy nhiên, điều này gặp khó khăn vì các nhà phát triển AI thường hạn chế chia sẻ thông tin để bảo vệ bí mật thương mại.

(2) *Quy định AI tổng quát và các mô hình nền tảng như thế nào?* AI tiên tiến, như GPT-4, có thể được áp dụng trong nhiều lĩnh vực mà không được thiết kế ban đầu cho các mục đích này, đặt ra câu hỏi về cách tạo ra các quy định phù hợp. Cần có những quy định bảo đảm việc áp dụng AI an toàn trong các bối cảnh không được huấn luyện và thử nghiệm cụ thể.

(3) *Làm sao để tránh sự chồng chéo và phức tạp trong các quy định về AI giữa các quốc gia?* Hợp tác quốc tế về chính sách AI là rất quan trọng vì AI không có biên giới. Tuy nhiên, các quốc gia đang cạnh tranh để giành vị trí dẫn đầu trong lĩnh vực AI, dẫn đến việc áp dụng các cách tiếp cận chính sách khác nhau. Điều này tạo ra sự không tương thích giữa các quy định, đặc biệt khi các doanh nghiệp hoạt động quốc tế. Các tiêu chuẩn tương thích cho AI là rất cần thiết để bảo đảm sự ổn định và minh bạch cho các doanh nghiệp, đồng thời bảo vệ người dùng khỏi việc lạm dụng AI.

(4) *Sử dụng AI có rủi ro cao hoặc không thể chấp nhận sẽ được xử lý như thế nào?* Nếu việc xử lý các ứng dụng AI có rủi ro cao khác nhau giữa các quốc gia, điều này có thể tạo ra lỗ hổng và khuyến khích việc điều chỉnh quy định một cách không

công bằng. Việc tạo ra các tiêu chuẩn toàn cầu tối thiểu để giảm thiểu các rủi ro nghiêm trọng có thể giúp giải quyết vấn đề này.

*(5) Làm sao để bảo vệ quyền riêng tư trong thế giới mà AI có thể suy luận thông tin chưa được tiết lộ về cá nhân?* Sự tiến bộ của AI, đặc biệt là trong việc suy luận thông tin cá nhân từ dữ liệu huấn luyện, đặt ra các mối lo ngại về quyền riêng tư. AI có thể suy luận thông tin chưa được tiết lộ, điều này tạo ra rủi ro vi phạm quyền riêng tư của cá nhân. Cần có các quy định rõ ràng về cách thu thập, sử dụng và bảo vệ dữ liệu cá nhân trong huấn luyện AI, đồng thời thúc đẩy sự minh bạch trong việc xử lý thông tin này.

*(6) Làm sao để bảo vệ quyền sở hữu trí tuệ trong AI?* Các vụ kiện và các đề xuất chính sách về quyền sở hữu trí tuệ, chẳng hạn như việc sử dụng tài liệu có bản quyền để huấn luyện AI, sẽ giúp làm rõ các vấn đề liên quan đến việc sử dụng dữ liệu huấn luyện. Các nhà hoạch định chính sách có thể nghiên cứu các công cụ để bảo đảm tôn trọng quyền sở hữu trí tuệ trong khi vẫn bảo đảm có đủ dữ liệu cho việc huấn luyện AI.

*(7) Các ngành kinh tế sẽ áp dụng các khuôn khổ quy định hiện tại như thế nào đối với việc sử dụng AI?* Khi AI lan rộng ra gần như mọi lĩnh vực của nền kinh tế, các ngành sẽ áp dụng các khuôn khổ quy định hiện có vào việc sử dụng AI. Việc phát triển các chiến lược và cách tiếp cận quản lý AI theo từng ngành sẽ tiếp tục. Điều này đòi hỏi phải thúc đẩy sự tương thích giữa các quy định AI theo ngành và các quy định AI hiện có ở cấp quốc gia hoặc khu vực.

*(8) Làm sao để các quy định mới về AI được thực thi hiệu quả?* Việc thực thi các quy định về AI sẽ gặp khó khăn khi có sự kết hợp giữa các quy định bắt buộc và tự nguyện, các tiêu chuẩn kỹ thuật và chính sách, cả trong và giữa các quốc gia. Các nhà hoạch định chính sách và cơ quan quản lý sẽ phải giải quyết vấn đề chồng chéo và mâu thuẫn trong các luật và quy định khi thực thi và áp dụng chúng.

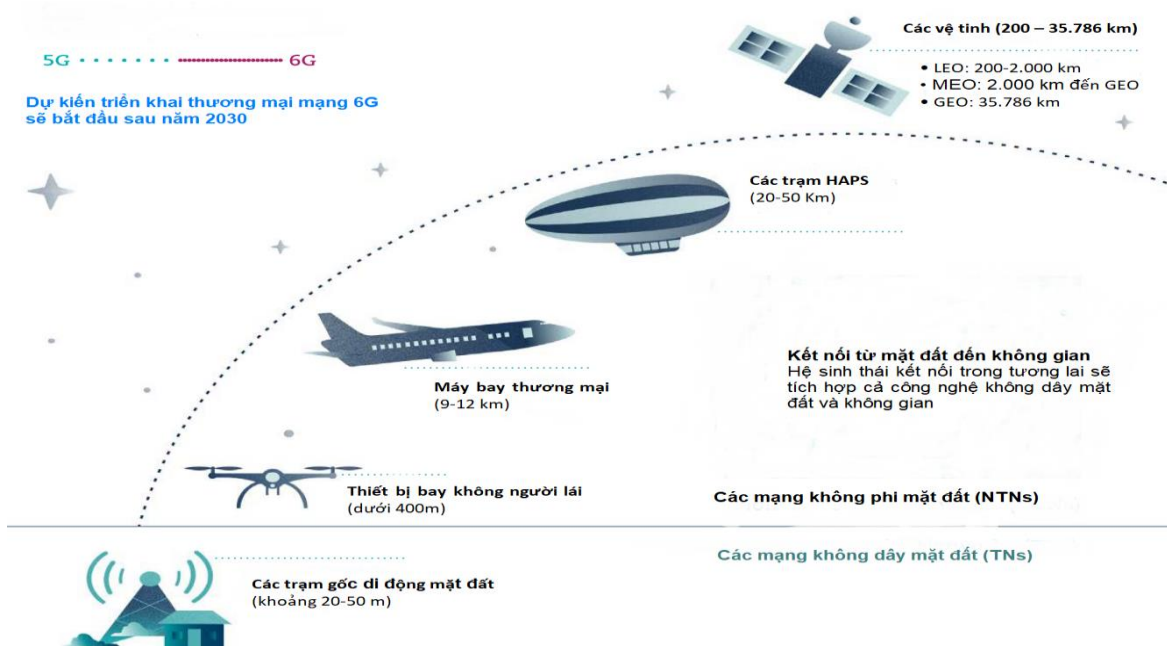
Nhìn chung, việc xây dựng các quy định về AI trong tương lai sẽ phải giải quyết rất nhiều thách thức từ việc tạo ra các quy định hiệu quả, bảo vệ quyền lợi của người dân, đến việc khuyến khích sự đổi mới và sáng tạo trong công nghệ AI. Việc hợp tác quốc tế và thống nhất các tiêu chuẩn là rất quan trọng để tránh tình trạng mỗi quốc gia áp dụng một quy định khác nhau, đồng thời bảo đảm sự phát triển bền vững của AI.

### **III. MẠNG KHÔNG DÂY THỂ HỆ TIẾP THEO VÀ HỆ SINH THÁI KẾT NỐI**

#### **3.1. Phát triển mạng truyền thông thể hệ mới**

Các xu hướng mới nổi trong mạng không dây thể hệ tiếp theo đang định hình hệ sinh thái kết nối. Những xu hướng này đặt ra vấn đề về cách biến các công nghệ không dây thể hệ mới trở thành hiện thực thương mại và phổ biến. Dự kiến triển khai

thương mại mạng 6G sẽ bắt đầu sau năm 2030, mang đến một bước tiến lớn trong công nghệ kết nối. Bùng nổ công nghệ vệ tinh với các chòm sao vệ tinh đang gia tăng, hứa hẹn sẽ mở rộng kết nối đến các khu vực nông thôn và vùng sâu, vùng xa, giúp thu hẹp khoảng cách kết nối. Hệ thống kết nối trong tương lai sẽ bao gồm các trạm gốc di động mặt đất, với khoảng cách 20-50 m, thiết bị bay không người lái dưới 400m, máy bay thương mại ở độ cao từ 9-12 km, các trạm nền tảng tầm cao (HAPS) với độ cao từ 20-50 km và các vệ tinh hoạt động ở các độ cao khác nhau: LEO từ 200-2.000 km, MEO từ 2.000 km đến GEO, và GEO ở độ cao 35.786 km. Kết nối từ mặt đất đến không gian sẽ tạo thành một hệ sinh thái kết nối tích hợp cả mạng không dây mặt đất (TN) và mạng không dây phi mặt đất (NTN), mở ra một tương lai kết nối toàn diện, bao trùm và mạnh mẽ hơn bao giờ hết.



**Hình 3.1.** Kết nối từ mặt đất đến không gian: Hệ sinh thái kết nối trong tương lai sẽ tích hợp cả công nghệ không dây mặt đất và không gian

Mạng truyền thông thế hệ tiếp theo được thúc đẩy bởi sự phát triển công nghệ trong ngành truyền thông, cũng như nhu cầu hiện tại và dự đoán trong tương lai về các mạng này. Lượng dữ liệu được gửi qua các mạng truyền thông đã tăng đều đặn cho cả các trường hợp sử dụng của người tiêu dùng và doanh nghiệp. Khối lượng dữ liệu ngày càng tăng này được thúc đẩy bởi sự phát triển của các hệ thống AI, IoT và các công nghệ mới nổi khác. Việc tăng cường giao tiếp và tương tác giữa máy móc và con người, cùng với các công nghệ tăng cường cảm giác giao tiếp, bao gồm Internet giác quan (Internet of Senses, IoS - một khái niệm mở rộng từ IoT, nó không chỉ kết nối dữ liệu mà còn tích hợp các cảm giác như thị giác, thính giác, khứu giác và xúc giác vào trải nghiệm số), sẽ ảnh hưởng đến nhu cầu tương lai đối với mạng

lưới. Thêm vào đó, các phương tiện tự động hoàn toàn, chẳng hạn như xe tự lái, cũng sẽ tạo ra nhu cầu mới đối với mạng không dây trong tương lai.

Sự kết hợp giữa thực tế ảo (VR), thực tế tăng cường (AR) và thực tế mở rộng (XR) đang hình thành cách thức giao tiếp của con người. Hơn nữa, nó ảnh hưởng đến cách con người giao tiếp với máy móc và môi trường xung quanh khi thế giới số, con người và vật lý hòa quyện với nhau. Các xu hướng này trong công nghệ immersive (công nghệ chìm đắm, những công nghệ tạo ra trải nghiệm sống động, khiến người dùng cảm giác như đang hoàn toàn tham gia vào một môi trường như thật) sẽ đòi hỏi các mạng băng thông rộng thích nghi. Bên cạnh đó, các công nghệ xúc giác dù còn khá mới mẻ nhưng đang tiến bộ cùng với các ứng dụng AR. Chúng bắt đầu được sử dụng trong các lĩnh vực như mô phỏng phẫu thuật, giao tiếp như thực và chăm sóc sức khỏe, cũng như cho người khiếm thị và khiếm thính.

Tất cả những tiến bộ này có những tác động quan trọng đối với các mạng lưới trong tương lai: chúng tạo ra một lượng lớn dữ liệu, dẫn đến nhu cầu cao hơn về băng thông và xử lý dữ liệu. Hầu hết các ứng dụng này cũng đòi hỏi hiệu suất mạng được cải thiện, tức là tốc độ cao hơn và thời gian phản hồi mạng (độ trễ) thấp hơn. Bên cạnh các yêu cầu về hiệu suất mạng, các mạng cũng cần có khả năng phục hồi cao hơn, không chỉ cho các ứng dụng quan trọng mà còn cho tất cả các trường hợp sử dụng. Quan trọng nhất, các mạng băng thông rộng đã phát triển từ việc kết nối con người đến kết nối "mọi thứ", một bước tiến tới kết nối vô hạn và được tích hợp "mọi nơi" trong tương lai. Vì vậy, một câu hỏi quan trọng là làm thế nào để chuẩn bị các mạng, đặc biệt là mạng không dây, để đáp ứng với các phát triển công nghệ này.

Mở rộng kết nối là điều mong muốn và cần thiết vì chuyển đổi số phụ thuộc vào nó. Việc hiểu biết về hệ sinh thái kết nối là vô cùng quan trọng để bảo đảm chính sách được xây dựng dựa trên bằng chứng trong lĩnh vực này. Tuy nhiên, OECD đặt ra chính sách chứ không phải các tiêu chuẩn công nghệ, và tương lai công nghệ là điều rất không chắc chắn trong một lĩnh vực động như cơ sở hạ tầng và dịch vụ truyền thông. Những phát triển có thể xảy ra trong mạng không dây thế hệ tiếp theo trong 5-10 năm tới làm nổi bật tiềm năng mở rộng kết nối chất lượng cao mọi nơi, các xu hướng thúc đẩy mạng lưới của tương lai, bao gồm mức độ tích hợp cao hơn của đám mây vào các mạng, điện toán biên, ảo hóa và tự động hóa mạng. Bên cạnh các mạng không dây, việc mở rộng cấp quang sâu hơn vào các mạng là rất quan trọng để tăng hiệu suất và độ tin cậy của tất cả các công nghệ truy cập băng rộng.

Đã có sự phát triển quan trọng có thể hình thành mạng truyền thông không dây trong thập kỷ tới. Đầu tiên, các công nghệ mặt đất "vượt qua 5G" được kỳ vọng sẽ đẩy ranh giới hiệu suất trong truyền thông không dây. Thứ hai, các mạng phi mặt đất (NTN), bao gồm các chòm sao vệ tinh quỹ đạo thấp (LEO) và các loại nền tảng trên không khác, cũng sẽ hình thành tương lai của truyền thông không dây.

Việc tích hợp các mạng TN và NTN đặt ra những thách thức mới, cả về mặt kỹ thuật và chính sách. Các nghiên cứu mới nổi đang khám phá cách tích hợp các loại mạng này (các kiến trúc kết nối lai). Trong tương lai, mạng không dây lai vệ tinh và mặt đất có thể cung cấp các giải pháp kết nối cho khách hàng sử dụng IoT, ứng dụng hàng hải và hàng không.

### **3.2. Kết nối mặt đất: mạng truyền thông sau 5G**

Công nghệ mạng không dây đã trải qua nhiều bước tiến lớn kể từ khi ra đời. Sau khi 4G bắt đầu phổ biến trên toàn cầu, 5G tiếp tục mở ra kỷ nguyên mới với tốc độ truyền tải dữ liệu vượt trội và khả năng kết nối rộng rãi hơn. Tuy nhiên, thế giới công nghệ không dừng lại ở đó. Với những yêu cầu ngày càng cao từ người tiêu dùng và doanh nghiệp, các nhà nghiên cứu và các tổ chức trên toàn thế giới đã bắt đầu hướng tới việc phát triển các công nghệ "Beyond 5G" (hay còn gọi là 6G). Mạng 6G được kỳ vọng sẽ mang lại những khả năng mới, không chỉ nâng cao hiệu suất mà còn kết nối tất cả mọi thứ từ thiết bị đến môi trường số, tạo ra một kỷ nguyên kết nối không giới hạn. Vậy, 6G sẽ mang lại những gì và chúng ta cần chuẩn bị những gì để đáp ứng nhu cầu này?

#### ***Mạng 6G***

Mặc dù chưa được định nghĩa chính thức, nhưng mạng 6G đã bắt đầu thu hút sự quan tâm của các quốc gia, các viện nghiên cứu và ngành công nghiệp truyền thông trên toàn thế giới. Nhiều quốc gia như Trung Quốc, Đức, Nhật Bản, Hàn Quốc, Singapore, Anh, Hoa Kỳ, EU, đang tập trung nghiên cứu và phát triển công nghệ mạng này, đây là cuộc đua giữa các cường quốc công nghệ nhằm tạo ra một nền tảng mạng không dây hoàn toàn mới cho thế kỷ 21.

Mạng 6G được kỳ vọng sẽ mang lại những khả năng kết nối cực kỳ mạnh mẽ và linh hoạt, vượt qua mọi giới hạn của 5G, không chỉ về tốc độ truyền tải mà còn về khả năng cảm nhận và tương tác giữa các thiết bị và người dùng. Thậm chí, các chuyên gia trong ngành công nghiệp viễn thông dự đoán rằng công nghệ 6G có thể sẽ bắt đầu xuất hiện vào cuối thập kỷ này, với các triển khai thương mại có thể được thực hiện sau năm 2030. Công nghệ 6G sẽ không chỉ đơn thuần hỗ trợ kết nối di động mà sẽ mở rộng khả năng của mạng không dây tới một mức độ mới, bao gồm cả những ứng dụng như truyền thông haptic (xúc giác), hologram, VR, AR và XR.

Tiến trình phát triển 6G hiện đang được triển khai qua các sáng kiến quốc tế. Một ví dụ điển hình là công việc của Nhóm Công tác 5D của Liên minh Viễn thông Quốc tế (ITU-R), bắt đầu vào năm 2021. Nhóm này đặt mục tiêu phát triển các đặc tả kỹ thuật cho mạng Viễn thông Di động Quốc tế (IMT) sau năm 2030 và hoàn thành vào cuối năm 2029. Tính đến tháng 1 năm 2024, 5G đã được triển khai tại 37 trong 38 quốc gia thuộc OECD, mặc dù hầu hết các mạng 5G hiện tại vẫn đang dựa trên công nghệ không độc lập (NSA) và kết nối với mạng lõi 4G. Tuy nhiên, việc triển khai 5G độc lập đang gia tăng và là bước tiến quan trọng trong việc hoàn thiện mạng không

dây thế hệ tiếp theo.

### ***Các xu hướng công nghệ trong mạng 6G***

Một trong những xu hướng công nghệ nổi bật trong sự phát triển của 6G là sự kết hợp giữa truyền thông và cảm biến. Các mạng 6G sẽ không chỉ kết nối các thiết bị điện tử mà còn sẽ mở rộng kết nối đến các yếu tố khác như môi trường xung quanh và cơ thể người. Các công nghệ như cảm nhận xúc giác (haptic technology) sẽ cho phép người dùng không chỉ nhìn thấy và nghe thấy, mà còn cảm nhận được các yếu tố từ thế giới ảo, tạo ra những trải nghiệm sống động và thực tế hơn.

Một phần quan trọng trong tầm nhìn của 6G là Internet giác quan (IoS), nơi các cảm giác như thị giác, thính giác, khứu giác và xúc giác được tích hợp vào trải nghiệm số. Đây là một bước tiến xa hơn so với IoT, vốn chỉ kết nối dữ liệu giữa các thiết bị. IoS mở rộng khái niệm kết nối, cho phép người dùng trải nghiệm không gian số như thể họ đang tương tác với một thế giới vật lý thực thụ. Các công nghệ VR và AR sẽ trở nên phổ biến hơn trong tương lai, tạo ra các cơ hội mới cho giáo dục, giải trí và chăm sóc sức khỏe. Những ứng dụng này không chỉ dừng lại ở việc cung cấp các dịch vụ kết nối đơn thuần mà sẽ liên quan đến các ứng dụng đa phương tiện với trải nghiệm sống động, chân thực. XR, một khái niệm bao gồm cả VR và AR, sẽ tiếp tục phát triển, cho phép người dùng hòa nhập vào thế giới ảo hoặc kết hợp giữa thế giới thực và ảo một cách hoàn hảo.

### ***Những thách thức và cơ hội trong phát triển mạng 6G***

Mặc dù 6G có tiềm năng rất lớn, nhưng sự phát triển của nó cũng sẽ đối mặt với rất nhiều thách thức. Một trong những vấn đề quan trọng nhất là việc quản lý phổ tần số, khi các dải tần hiện nay không đủ để đáp ứng nhu cầu truyền tải dữ liệu với tốc độ cao và độ trễ thấp mà các ứng dụng 6G đòi hỏi. Các nhà nghiên cứu đang tìm cách khai thác các dải tần số terahertz (THz), một loại sóng cao hơn so với sóng millimeter (mmWave) mà 5G sử dụng. Tuy nhiên, việc sử dụng các tần số này đòi hỏi phải có những thiết bị và công nghệ mới để bảo đảm hiệu quả truyền tải.

Bên cạnh đó, việc bảo đảm an ninh mạng trong kỷ nguyên 6G cũng là một thách thức lớn. Khi các hệ thống kết nối trở nên phức tạp hơn và có sự tham gia của nhiều mạng NTN như vệ tinh và các nền tảng bay, thì việc bảo vệ các kết nối và dữ liệu trở nên quan trọng hơn bao giờ hết. Các cuộc tấn công mạng có thể sẽ trở nên phức tạp hơn, đòi hỏi những phương thức bảo mật mạnh mẽ và toàn diện hơn, nhất là khi những ứng dụng nhạy cảm như chăm sóc sức khỏe và giao thông tự lái sẽ được triển khai trên nền tảng 6G.

Một thách thức nữa là việc mở rộng mạng lưới kết nối để đáp ứng nhu cầu toàn cầu. Khi các quốc gia và khu vực khác nhau phát triển mạng 6G ở những tốc độ khác nhau, việc xây dựng một hệ sinh thái kết nối toàn cầu, với khả năng tương tác và chia sẻ tài nguyên giữa các quốc gia, sẽ là một yếu tố then chốt. Ngoài ra, chính sách về phổ tần và quản lý mạng sẽ cần phải được điều chỉnh để hỗ trợ các yêu cầu kỹ thuật

mới này.

### ***Các mô hình kinh doanh và ứng dụng trong tương lai***

6G sẽ mở ra nhiều cơ hội mới không chỉ trong các lĩnh vực kết nối mà còn trong các ngành công nghiệp khác như y tế, giao thông, và công nghiệp tự động hóa. Các ứng dụng như xe tự lái, bệnh viện thông minh sử dụng AI, các hệ thống VR, AR trong giáo dục và đào tạo, và các giải pháp chăm sóc sức khỏe từ xa sẽ trở thành một phần không thể thiếu trong đời sống hàng ngày. Mạng 6G sẽ tạo ra một nền tảng kết nối để các ứng dụng này hoạt động một cách hiệu quả và liền mạch.

Tuy nhiên, để triển khai thành công các công nghệ này, các mô hình kinh doanh cần phải được điều chỉnh để đáp ứng nhu cầu thực tế của từng ngành, đặc biệt là trong việc xây dựng các mối quan hệ hợp tác giữa các bên liên quan. Mô hình kinh doanh cho 6G sẽ phải thay đổi để phù hợp với các nhu cầu và cơ hội mới. Các nhà cung cấp dịch vụ sẽ cần phát triển các mô hình "mạng như một dịch vụ" (NaaS), nơi mạng không chỉ là công cụ kết nối mà còn là nền tảng để phát triển các dịch vụ mới. Các mô hình này sẽ yêu cầu sự hợp tác giữa các nhà mạng, các nhà phát triển công nghệ và các tổ chức chính phủ để bảo đảm triển khai thành công và mở rộng quy mô mạng.

### **3.3. Kết nối phi mặt đất: những tiền bộ công nghệ không dây phi mặt đất**

Vệ tinh hiện đã cung cấp kết nối băng thông rộng cho người dùng cuối, đặc biệt là ở các khu vực chưa được phục vụ hoặc phục vụ không đầy đủ bởi mạng viễn thông và hỗ trợ mạng viễn thông bằng cách cung cấp dịch vụ kết nối. Bên cạnh đó, các công nghệ hàng không khác đang được phát triển để thu hẹp khoảng cách kết nối, và những nỗ lực đầu tiên đang diễn ra để tích hợp mạng TN và mạng NTN.

#### ***Vệ tinh quỹ đạo địa tĩnh và các chòm sao vệ tinh quỹ đạo phi địa tĩnh***

Công nghệ vệ tinh đã có những tiến bộ đáng kể, kết hợp với cải tiến trong khả năng phóng và giảm chi phí cũng như kích thước của thiết bị đầu cuối, từ đó giảm rào cản gia nhập và mở rộng phạm vi các giải pháp kết nối dựa trên vệ tinh. Các chòm sao vệ tinh đang ngày càng xuất hiện, như Starlink và Kuiper, nhằm cung cấp dịch vụ liên lạc cho người dùng cuối, đặc biệt là ở các khu vực nông thôn và xa xôi. Những chòm sao khác như OneWeb, Telesat, O3B, Rivada, Kuiper đang mở rộng phạm vi của mạng viễn thông, bổ sung cho hệ sinh thái kết nối toàn cầu.

Thêm vào đó, số lượng vệ tinh cung cấp các giải pháp IoT và hỗ trợ logistics ngày càng tăng, bao gồm cả cho máy bay và tàu biển (ví dụ như Swarm Technologies, Hiber, Kinéis và Globalstar). Tất cả các ứng dụng này đều hướng đến mục tiêu kết nối "mọi nơi".

Trước đây, vệ tinh GEO (vị trí quỹ đạo địa tĩnh) chủ yếu cung cấp kết nối vệ tinh. Mặc dù có phạm vi phủ sóng rộng, chúng đắt đỏ và gặp phải vấn đề độ trễ cao. Các phương pháp mới như sử dụng vệ tinh trong quỹ đạo LEO hoặc MEO (vệ tinh quỹ đạo phi địa tĩnh) rẻ hơn trong việc xây dựng và phóng, mặc dù yêu cầu nhiều vệ tinh

hơn để đảm bảo dịch vụ liên tục do diện tích phủ sóng nhỏ hơn trên toàn cầu. Tuy nhiên, chi phí tổng thể có thể vượt qua chi phí của đội vệ tinh GEO.

Các công ty như Starlink, OneWeb, Boeing, Telesat và Amazon's Project Kuiper đã phóng các chòm sao vệ tinh LEO để cung cấp kết nối vệ tinh. Với Starlink và OneWeb đã hoàn thành các chòm sao thế hệ đầu tiên và đang phát triển thế hệ "Gen2", Project Kuiper dự kiến sẽ ra mắt dịch vụ thương mại vào giữa năm 2025. Các nhà cung cấp dịch vụ di động đang hợp tác với các nhà cung cấp vệ tinh để mở rộng phủ sóng mạng của họ, nhằm hỗ trợ liên lạc khẩn cấp ở các khu vực xa xôi.

Ở Hoa Kỳ, Ủy ban Truyền thông Liên bang (FCC) đã hỗ trợ ngành công nghiệp vệ tinh thông qua việc tạo văn phòng không gian và đưa ra các quy định mới để đơn giản hóa quy trình xem xét các ứng dụng vệ tinh. Các quốc gia khác như Canada, Colombia, Pháp, Đức và Anh cũng đã cấp phép cho các chòm sao NGSO để tận dụng tiềm năng của vệ tinh nhằm hỗ trợ các mục tiêu kết nối trong nước.

### **3.4. Kết nối lai: Hướng đến tích hợp mạng mặt đất và mạng phi mặt đất**

Hiện nay, các công nghệ không dây trên mặt đất và ngoài không gian đang được tích hợp để mở rộng khả năng kết nối. Một số nhà cung cấp dịch vụ internet đã bắt đầu thử nghiệm việc kết hợp kết nối vệ tinh và các công nghệ truyền thông trên không trung để hỗ trợ mạng mặt đất (TN), giúp mở rộng vùng phủ sóng và tăng tính liên tục trong kết nối. Ví dụ: có thể dùng vệ tinh làm đường truyền dẫn (backhaul) cho mạng mặt đất; dùng kết hợp vệ tinh và mạng mặt đất trong các ứng dụng IoT. Deutsche Telekom đã tuyên bố thiết lập kết nối 5G liền mạch đầu tiên trên thế giới, kết nối từ mặt đất lên tầng bình lưu, không gian (mạng vệ tinh Intelsat) rồi quay lại mạng di động.

Trong các dự án 6G, ngành viễn thông hướng đến tích hợp mạng mặt đất (TN) và mạng phi mặt đất (NTN). Mục tiêu là cung cấp kết nối liên tục, toàn cầu cho cả người dùng trên mặt đất và trên không. Hệ thống này sẽ tích hợp: Mạng mặt đất di động, vệ tinh tầm trung (MEO), vệ tinh địa tĩnh (GEO), mạng từ mặt đất lên không (A2G), HAPS và các nền tảng khác. Các mạng tích hợp 3 chiều (3D) với kiến trúc nhiều tầng sẽ tận dụng ưu điểm của cả TN và NTN để tạo ra kết nối đáng tin cậy, linh hoạt và an toàn.

#### *Thách thức*

Việc tích hợp các mạng mặt đất và phi mặt đất gặp nhiều thách thức do sự khác biệt lớn giữa các công nghệ, hiệu suất hoạt động không đồng đều và không cùng đơn vị quản lý. Để xây dựng hệ thống kết nối đa tầng, cần có sự phối hợp chặt chẽ giữa ngành hàng không, viễn thông di động và công nghiệp không gian. Tuy nhiên, ngành hàng không lại đối mặt với nhiều khó khăn như hệ thống liên lạc cũ, chậm đổi mới và khó thích nghi với các băng tần mới. Trong khi đó, nhu cầu kết nối ngày càng tăng do sự phát triển của máy bay thông minh, taxi điện bay và drone. Một ví dụ cụ thể là

vào tháng 11/2022, Pháp đã khai trương trung tâm thử nghiệm taxi bay chạy điện. Trong bối cảnh đó, mạng di động mặt đất có thể đóng vai trò hỗ trợ các dịch vụ không đòi hỏi độ an toàn tuyệt đối trong ngành hàng không, giúp giảm chi phí thay vì phải đầu tư xây dựng hệ thống riêng biệt.

#### *Một số dự án tiêu biểu*

Một trong những dự án tiêu biểu đang được triển khai là SESAR 3 do Liên minh châu Âu tài trợ. Dự án này nhằm hiện đại hóa hệ thống quản lý không lưu cả trên không và dưới mặt đất, đồng thời tích hợp các công nghệ kết nối đa tầng, trong đó có mạng 6G. Mục tiêu là xây dựng hệ thống vận tải hàng không thông minh, bền vững và kết nối tốt hơn. Bên cạnh đó, sự phát triển nhanh chóng của các phương tiện bay mới như taxi bay chạy điện, drone và các thiết bị bay không người lái khiến nhu cầu về kết nối không dây tốc độ cao ngày càng tăng. Các phương tiện này không chỉ hoạt động trong môi trường đô thị mà còn kết nối giữa mặt đất, không trung và cả hệ thống vệ tinh. Do đó, cần xây dựng một hệ sinh thái mạng có thể kết nối liền mạch ở nhiều lớp không gian khác nhau, từ mặt đất đến không trung và ngoài không gian. Đây chính là nền tảng cho mạng không dây đa tầng trong tương lai.

Cùng với các dự án kỹ thuật, nhiều mối quan hệ hợp tác giữa các công ty viễn thông và công nghệ đang mở ra cơ hội tích hợp mạng mặt đất và vệ tinh. Ví dụ, Starlink đã hợp tác với nhà mạng KDDI (Nhật Bản) và Salt (Thụy Sĩ), trong khi OneWeb bắt tay cùng VEON. Kuiper – dự án vệ tinh của Amazon – cũng đã công bố hợp tác với Verizon và Vodafone để mở rộng vùng phủ sóng di động. Những mối quan hệ này cho thấy xu hướng gắn kết giữa các doanh nghiệp vệ tinh và nhà mạng di động đang ngày càng rõ nét. Song song đó, các thiết bị đầu cuối (như điện thoại, bộ thu phát tín hiệu) đang được phát triển để có thể tự động kết nối liền mạch giữa mạng mặt đất và vệ tinh mà không cần chuyển đổi thủ công. Điều này không chỉ giúp nâng cao trải nghiệm người dùng mà còn tạo ra nền tảng cho một hệ sinh thái kết nối toàn diện hơn, sẵn sàng phục vụ cả nhu cầu trên mặt đất và trên không trong tương lai.

#### *Ba yếu tố thúc đẩy mạng kết nối lai*

Ba yếu tố chính đang thúc đẩy sự phát triển của mạng kết nối lai giữa mạng mặt đất và mạng phi mặt đất. Thứ nhất là nhu cầu truyền tải dữ liệu ngày càng cao trong ngành hàng không. Khi máy bay ngày càng hiện đại, được trang bị nhiều cảm biến và hệ thống điều khiển thông minh, nhu cầu kết nối ổn định và liên tục từ trên không xuống mặt đất trở nên cấp thiết. Không chỉ phục vụ vận hành, dữ liệu còn giúp cải thiện an toàn, hỗ trợ hành khách và tối ưu hóa hành trình bay. Thứ hai, ngành công nghiệp vệ tinh đang đứng trước áp lực phải tìm kiếm các ứng dụng mới, mở rộng vai trò vượt ra ngoài các lĩnh vực truyền thống như truyền hình hay định vị. Việc tích hợp với mạng di động mặt đất là cơ hội để vệ tinh tham gia vào mạng lưới kết nối

diện rộng, đặc biệt ở những khu vực khó tiếp cận hoặc có hạ tầng yếu. Thứ ba, mạng di động đang phát triển quá nhanh cả về số lượng người dùng lẫn nhu cầu dữ liệu. Hạ tầng truyền thông khó đáp ứng hết, nhất là ở vùng sâu vùng xa hoặc trong các tình huống đặc biệt như thiên tai. Vì vậy, việc kết hợp với vệ tinh và các nền tảng bay là giải pháp mở rộng cần thiết, giúp duy trì tốc độ phát triển, bảo đảm khả năng kết nối mọi lúc mọi nơi.

### **3.5. Các vấn đề chính sách cần quan tâm**

#### *Hợp tác liên ngành*

Việc phát triển mạng kết nối lai không thể thực hiện nếu ba lĩnh vực quan trọng là không gian, hàng không và viễn thông vẫn hoạt động tách biệt. Hiện nay, mỗi ngành đều có hệ thống quản lý riêng, quy định riêng và mục tiêu riêng, điều này gây cản trở khi cần phối hợp để triển khai các hệ thống kết nối đa tầng. Do đó, cần có chính sách cụ thể nhằm thúc đẩy sự hợp tác thực chất giữa các cơ quan quản lý nhà nước, các doanh nghiệp và tổ chức nghiên cứu thuộc ba lĩnh vực này. Chính sách nên tạo điều kiện để chia sẻ thông tin, dữ liệu và hạ tầng dùng chung, đồng thời khuyến khích xây dựng các tiêu chuẩn kỹ thuật thống nhất. Một cơ chế phối hợp liên ngành rõ ràng sẽ giúp đẩy nhanh tiến độ triển khai, giảm chi phí đầu tư và nâng cao hiệu quả vận hành mạng kết nối lai trong thực tế.

#### *Chính sách tần số*

Một trong những thách thức lớn nhất của mạng kết nối lai là việc phân bổ và sử dụng phổ tần số. Mỗi ngành – hàng không, viễn thông, vệ tinh – hiện nay đều sử dụng các dải tần khác nhau, nhiều dải tần bị chồng lấn hoặc cạnh tranh trực tiếp. Khi các hệ thống mạng tích hợp từ mặt đất lên không trung và đến không gian, việc chia sẻ tần số trở nên cần thiết để bảo đảm hoạt động liên tục và không gây nhiễu lẫn nhau. Chính sách tần số trong tương lai cần linh hoạt hơn, cho phép điều phối động giữa các hệ thống, đồng thời ưu tiên sử dụng hiệu quả tài nguyên phổ. Ngoài ra, cần thúc đẩy hợp tác quốc tế trong quản lý tần số, đặc biệt đối với các mạng có phạm vi phủ sóng xuyên biên giới và hoạt động trong không gian, nhằm bảo đảm sự hài hòa và ổn định.

#### *An ninh số*

Khi mạng kết nối mở rộng ra không gian và các thiết bị bay, rủi ro về an ninh mạng cũng tăng theo. Các thiết bị bay không người lái, máy bay thông minh hay vệ tinh đều có khả năng bị tấn công mạng, gây mất kiểm soát hoặc rò rỉ dữ liệu nhạy cảm. Do đó, bảo vệ dữ liệu và bảo đảm an toàn cho hệ thống mạng là ưu tiên hàng đầu trong chính sách phát triển kết nối lai. Cần có quy định rõ ràng về mã hóa thông tin, xác thực người dùng và bảo vệ hạ tầng mạng khỏi các cuộc tấn công từ xa. Việc xử lý dữ liệu trên nền tảng đám mây, đặc biệt là khi truyền qua vệ tinh, càng đòi hỏi quy trình kiểm soát nghiêm ngặt hơn. Các quốc gia nên đầu tư vào công nghệ bảo

mật chuyên sâu và xây dựng năng lực ứng phó sự cố an ninh mạng trong lĩnh vực hàng không – không gian – viễn thông.

#### *Chênh lệch số*

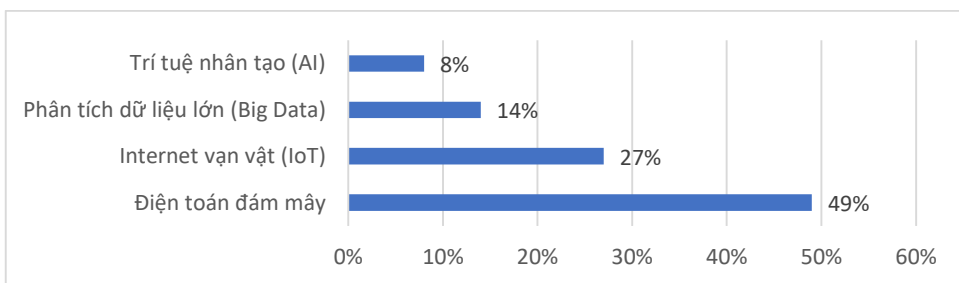
Dù công nghệ kết nối ngày càng tiên tiến, khoảng cách số giữa các khu vực thành thị và nông thôn, giữa các quốc gia phát triển và đang phát triển vẫn còn rất lớn. Mạng kết nối lai có tiềm năng giúp thu hẹp khoảng cách này, nhờ khả năng phủ sóng rộng và linh hoạt. Tuy nhiên, để tận dụng được lợi thế đó, chính sách cần tập trung đầu tư vào hạ tầng mạng chất lượng cao với mức giá hợp lý cho người dùng. Các khu vực vùng sâu vùng xa, hải đảo, nơi mà mạng di động mặt đất khó tiếp cận, cần được ưu tiên triển khai các giải pháp kết hợp với vệ tinh hoặc nền tảng bay. Ngoài ra, cần có chương trình hỗ trợ thiết bị đầu cuối giá rẻ, đào tạo người dùng kỹ năng số và thúc đẩy các dịch vụ công trực tuyến phù hợp với điều kiện từng địa phương. Đây là bước đi thiết thực để bảo đảm mọi người đều được tiếp cận cơ hội số công bằng.

## **IV. PHỔ BIẾN CÔNG NGHỆ SỐ VÀ CÁC VẤN ĐỀ VỀ SỨC KHỎE TÂM THẦN**

### **4.1. Công nghệ số được phổ biến rộng nhưng vẫn còn nhiều khoảng cách**

#### ***Doanh nghiệp chưa ứng dụng rộng rãi các công nghệ dựa trên dữ liệu***

Theo khảo sát của OECD năm 2023, mặc dù việc áp dụng công nghệ điện toán đám mây và IoT đang rất mạnh mẽ, nhưng việc áp dụng phân tích dữ liệu lớn và AI, ứng dụng các công nghệ dựa trên dữ liệu trong doanh nghiệp ở các nước thuộc khối OECD vẫn còn ở mức khá thấp. Cụ thể, chỉ có 49% doanh nghiệp sử dụng điện toán đám mây – một nền tảng cơ bản giúp lưu trữ và xử lý dữ liệu hiệu quả. Việc triển khai IoT cũng chưa rộng rãi, với chỉ 27% doanh nghiệp áp dụng.



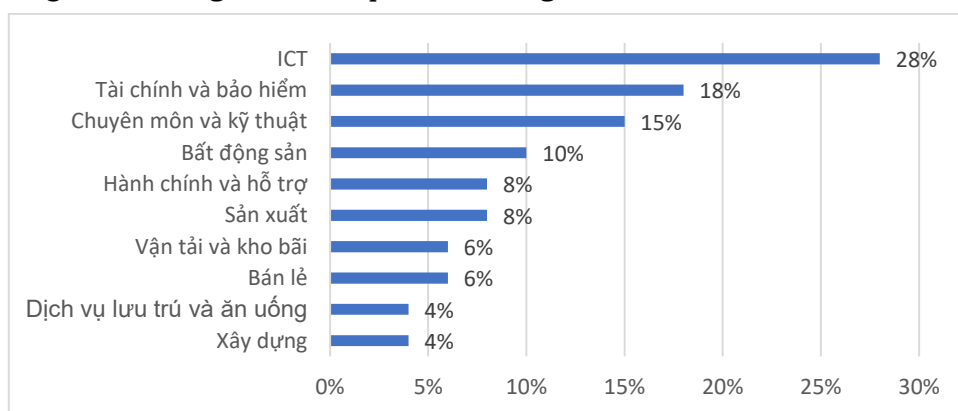
**Hình 4.1.** Tỷ lệ doanh nghiệp trong khối OECD ứng dụng các công nghệ dựa trên dữ liệu

Tỷ lệ doanh nghiệp sử dụng phân tích dữ liệu lớn (Big Data) còn khiêm tốn hơn, chỉ đạt 14% vào năm 2022. Đáng chú ý, chỉ 8% doanh nghiệp ứng dụng AI trong hoạt động của mình năm 2023. Những con số này cho thấy dù tiềm năng của các công nghệ này là rất lớn, nhưng vẫn còn nhiều rào cản khiến doanh nghiệp chưa khai thác hiệu quả nguồn lực dữ liệu sẵn có. Quy mô của doanh nghiệp là yếu tố quan trọng trong việc áp dụng các công nghệ phụ thuộc vào dữ liệu so với việc áp dụng điện toán đám mây và IoT. Mặc dù số lượng thiết bị IoT đã tăng nhanh, nhưng tốc độ tăng

trường đã chậm lại do thiếu hụt linh kiện bán dẫn

### ***Ngành ICT dẫn đầu về ứng dụng AI***

Trong các nước thuộc khối OECD, ngành ICT có tỷ lệ doanh nghiệp ứng dụng AI cao nhất, đạt 28%, vượt xa tất cả các ngành khác. Một số ngành có tỷ lệ sử dụng AI rất thấp, chỉ ở mức 4%, như ngành xây dựng và ngành dịch vụ lưu trú – ăn uống. Các ngành có mức ứng dụng trung bình gồm bán lẻ và vận tải – kho bãi (cùng 6%), sản xuất và hành chính – hỗ trợ (cùng 8%). Một số lĩnh vực khác có tỷ lệ cao hơn, như bất động sản (10%), chuyên môn – kỹ thuật (15%) và tài chính – bảo hiểm (18%). Sự chênh lệch này cho thấy mức độ sẵn sàng ứng dụng công nghệ giữa các ngành là không đồng đều, và các ngành liên quan đến công nghệ thông tin đang dẫn đầu trong việc tận dụng AI để nâng cao hiệu quả hoạt động.



**Hình 4.2.** Tỷ lệ doanh nghiệp sử dụng AI theo ngành (OECD, 2023)

### ***Trình độ học vấn ảnh hưởng đến khả năng sử dụng Internet***

Sự phân hóa trong việc sử dụng Internet thể hiện rõ rệt theo độ tuổi, trình độ học vấn và thu nhập. Người dùng Internet trẻ tuổi và có trình độ học vấn cao tham gia vào nhiều hoạt động trực tuyến hơn. Trình độ học vấn có ảnh hưởng rõ rệt đến khả năng sử dụng Internet. Người trưởng thành có trình độ học vấn cao thường sử dụng Internet nhiều hơn so với những người có trình độ thấp, với mức chênh lệch trung bình khoảng 15 điểm phần trăm. Biểu đồ cho thấy sự khác biệt này thể hiện rõ ở ba nhóm tuổi. Trong nhóm người lớn tuổi (55–74), khoảng cách sử dụng Internet giữa người có và không có trình độ học vấn cao từng vượt 50 điểm phần trăm trong giai đoạn 2010–2015, và đến năm 2023 đã giảm xuống còn khoảng 30 điểm. Với nhóm người trưởng thành (16–74), mức chênh lệch giảm từ khoảng 40 điểm xuống còn khoảng 20 điểm. Riêng nhóm người trẻ (16–24), khoảng cách rất nhỏ và tiếp tục giảm đều qua các năm, cho thấy thế hệ trẻ đang tiếp cận công nghệ một cách đồng đều hơn bất kể trình độ học vấn.

Theo OECD, các chính sách cần nhằm thúc đẩy sự tiếp cận công bằng đối với dịch vụ trực tuyến, sự lan tỏa công nghệ và tiềm năng của dữ liệu. Để thúc đẩy sự tiếp cận công bằng đối với dịch vụ trực tuyến, các chính phủ nên cung cấp các dịch

vụ trực tuyến lấy người dùng làm trung tâm và bao gồm tất cả mọi người. Chính phủ cũng nên hỗ trợ đầu tư để nâng cao kỹ năng của người dân, đồng thời hỗ trợ những người có nguy cơ bị bỏ lại phía sau. Sự lan tỏa công nghệ có thể được đẩy mạnh bằng cách tạo ra một sân chơi công bằng giữa các công ty trong việc tiếp cận các yếu tố đầu vào quan trọng, bao gồm dữ liệu.

#### **4.2. Tác động của công nghệ số đối với cơ hội bình đẳng và hòa nhập**

Công nghệ số mang lại cơ hội cải thiện đời sống và sức khỏe của con người. Tuy nhiên, cũng có 3 mối lo ngại lâu dài về tác động của công nghệ số đối với cơ hội bình đẳng và sự hòa nhập. Thứ nhất, công nghệ số có thể làm sâu sắc thêm sự phân hóa nếu nó chỉ mang lại lợi ích cho những người biết cách sử dụng hiệu quả. Ví dụ, các chương trình giáo dục trực tuyến có thể giúp tiếp cận tài liệu học chất lượng với chi phí thấp, nhưng nếu thiếu kỹ năng hay trình độ học vấn, những người ở thế bất lợi sẽ không thể tận dụng tối đa. Thứ hai, ngày càng có nhiều dịch vụ được cung cấp trực tuyến, từ thư tín, mua sắm đến ngân hàng và giao tiếp với chính phủ. Điều này làm tăng chi phí cung cấp dịch vụ ngoài đời. Ví dụ, số lượng chi nhánh ngân hàng ở Đức đã giảm mạnh từ hơn 7 chi nhánh/10.000 người vào năm 1995 xuống còn dưới 2,5 chi nhánh vào năm 2021. Thứ ba, khi các hoạt động xã hội và văn hóa ngày càng chuyển sang môi trường trực tuyến, khả năng tiếp cận và sử dụng công nghệ số trở thành yếu tố quyết định cho sự hòa nhập xã hội. Những người không có kết nối Internet hoặc không biết cách sử dụng công nghệ số sẽ gặp khó khăn trong việc tham gia vào các hoạt động xã hội. Các xu hướng trên càng trở nên rõ rệt trong đại dịch COVID-19, khi mọi hoạt động chuyển sang trực tuyến, làm gia tăng khoảng cách số giữa những người có và không có khả năng truy cập vào công nghệ số.

##### ***Sử dụng Internet ở các quốc gia OECD***

Tỉ lệ sử dụng Internet và tần suất sử dụng đã tăng lên nhanh chóng ở các quốc gia OECD. Tại các quốc gia này, hơn 93% người trưởng thành đã sử dụng Internet ít nhất một lần trong 12 tháng, và 87% sử dụng Internet hằng ngày. So với năm 2005, khi chỉ có 52% và 32% người trưởng thành sử dụng Internet, tỉ lệ này đã tăng đáng kể.

Tuy nhiên, sự phân hóa trong việc sử dụng Internet vẫn còn. Mặc dù các quốc gia như Đan Mạch, Phần Lan, và Thụy Điển có hơn 97% dân số sử dụng Internet, ở các quốc gia như Colombia, Hy Lạp, và Hoa Kỳ, hơn 15% dân số trưởng thành vẫn chưa sử dụng Internet trong 3 tháng được điều tra. Các quốc gia có tỷ lệ sử dụng thấp trước đây thường thấy mức tăng trưởng cao nhất. Ví dụ, ở Thổ Nhĩ Kỳ, chỉ 7% dân số sử dụng Internet hằng ngày năm 2005, nhưng con số này đã lên đến 82% vào năm 2023.

Tuy nhiên, vẫn còn một khoảng cách số rõ rệt giữa các quốc gia OECD và phần còn lại của thế giới, nơi hơn 80% dân số toàn cầu chưa sử dụng Internet. Trong các quốc gia có thu nhập thấp và trung bình, chỉ một nửa dân số có khả năng truy cập Internet. Khoảng cách sử dụng Internet giữa các nhóm xã hội và nhân khẩu học khác

nhau vẫn tồn tại. Cụ thể, nhóm người trẻ (16-24 tuổi) có tỷ lệ sử dụng Internet cao hơn 15% so với người cao tuổi (55-74 tuổi). Những người có trình độ học vấn cao cũng có khả năng sử dụng Internet cao hơn 15% so với những người có trình độ học vấn thấp. Mặc dù sự phân biệt về giới tính không quá lớn, phụ nữ có xu hướng sử dụng Internet nhiều hơn ở một số quốc gia. Các nghiên cứu cũng cho thấy tỷ lệ người già từ 75 tuổi trở lên không sử dụng Internet vẫn ở mức cao, có thể kéo dài đến tận cuối thập kỷ này.

***Trình độ học vấn và kỹ năng ICT đóng vai trò quan trọng trong việc sử dụng các dịch vụ trực tuyến, đặc biệt là trong các hoạt động có liên quan đến giao dịch tài chính***

Mặc dù việc sử dụng Internet đã trở thành điều bình thường đối với đại đa số người dân ở các quốc gia OECD, nhưng quan trọng là cách thức sử dụng Internet của họ. Ngày nay, việc kết nối mạng mang đến nhiều cơ hội, từ giao tiếp cơ bản, thu thập thông tin, giải trí, mua sắm hàng hóa và dịch vụ, đến giáo dục, tìm kiếm việc làm, và giao tiếp với chính phủ.

Mức độ sử dụng các dịch vụ trực tuyến cụ thể có sự khác biệt rõ rệt giữa các quốc gia. Ví dụ, tỷ lệ sử dụng trung bình các dịch vụ gọi video và ngân hàng trực tuyến đều khoảng 76%. Tuy nhiên, tỷ lệ sử dụng ngân hàng trực tuyến dao động từ 8% đến 97%, trong khi tỷ lệ sử dụng gọi video luôn trên 50%, từ 53% đến 93%. So với ngân hàng trực tuyến, một hoạt động cũng yêu cầu kỹ năng tương tự, việc sử dụng dịch vụ trực tuyến của chính phủ có tỷ lệ sử dụng tương đương, trung bình là 74%. Ở 28 trong số 37 quốc gia có dữ liệu, người dùng Internet có xu hướng sử dụng ngân hàng trực tuyến nhiều hơn dịch vụ chính phủ trực tuyến. Sự khác biệt về tỷ lệ sử dụng dịch vụ chính phủ trực tuyến giữa các quốc gia cũng rất lớn, từ 15% đến 95%.

Để hiểu rõ hơn về lý do sự khác biệt này, tỷ lệ sử dụng dịch vụ trực tuyến của người dùng Internet trước đại dịch COVID-19 đã được phân tích dựa trên ba yếu tố: tỷ lệ người trưởng thành có trình độ đại học, tỷ lệ người trưởng thành có kỹ năng ICT, và thu nhập bình quân đầu người. Kết quả cho thấy:

- Việc sử dụng các hoạt động như gọi video hay xem trực tuyến không có sự liên quan mạnh mẽ với trình độ học vấn hay kỹ năng ICT. Tuy nhiên, trình độ học vấn có ảnh hưởng đến việc tương tác với các website của chính phủ. Cứ mỗi sự gia tăng 1% trong tỷ lệ người trưởng thành có trình độ đại học, tỷ lệ người dùng Internet tương tác với chính phủ qua Internet tăng 1%.

- Kỹ năng ICT có mối liên hệ mạnh mẽ với các hoạt động có giao dịch tài chính như ngân hàng trực tuyến, mua sắm trực tuyến và tìm kiếm thông tin về hàng hóa, dịch vụ. Mỗi sự gia tăng 1% trong tỷ lệ người trưởng thành có kỹ năng ICT tương ứng với sự gia tăng 1,2% trong tỷ lệ sử dụng ngân hàng trực tuyến và mua sắm trực tuyến.

- Thu nhập bình quân đầu người không có ảnh hưởng rõ rệt đến hành vi trực tuyến sau khi đã xem xét yếu tố trình độ học vấn và kỹ năng. Một số ước tính cho thấy, mặc dù thu nhập tăng có thể làm giảm tỷ lệ sử dụng gọi video nhưng lại tăng tỷ lệ mua sắm trực tuyến.

#### **4.3. Các công nghệ phụ thuộc vào dữ liệu đang lan tỏa với tốc độ chậm**

Việc sử dụng hiệu quả công nghệ số đang trở thành yếu tố quan trọng quyết định khả năng tham gia vào xã hội và tận dụng cơ hội kinh tế của mọi người. Mặc dù việc sử dụng các dịch vụ trực tuyến đã tăng nhanh, nhưng vẫn tồn tại những khoảng cách quan trọng, thường liên quan đến sự khác biệt về trình độ học vấn và kỹ năng.

**Sự lan tỏa không đều của các công nghệ số phụ thuộc vào dữ liệu có thể làm giảm tăng trưởng năng suất:** Tăng trưởng năng suất dài hạn cần doanh nghiệp áp dụng công nghệ số. Tuy nhiên, từ năm 2005, năng suất lao động ở các nước OECD chậm lại. Một lý do là công nghệ số chưa lan tỏa rộng, chủ yếu tập trung ở các doanh nghiệp tiên tiến. Các ngành dựa vào công nghệ số tuy năng động hơn nhưng cũng đang giảm tốc. Doanh nghiệp nhỏ và mới thường khó tiếp cận công nghệ mới, dẫn đến khoảng cách năng suất ngày càng lớn. Việc tích lũy vốn vô hình như phần mềm, dữ liệu và tài sản tổ chức làm tăng chênh lệch thị trường. Dữ liệu trở thành yếu tố cốt lõi tạo lợi thế, nhưng cũng góp phần làm giảm sự lan tỏa công nghệ, từ đó ảnh hưởng đến tăng trưởng năng suất toàn nền kinh tế.

**Việc áp dụng các công nghệ phụ thuộc vào dữ liệu như phân tích dữ liệu lớn và AI vẫn còn thấp:** việc áp dụng các công nghệ phụ thuộc vào dữ liệu như phân tích dữ liệu lớn và AI vẫn còn hạn chế. Năm 2022 trong OECD, chỉ 14% doanh nghiệp dùng phân tích dữ liệu lớn và 8% dùng AI. Tỷ lệ áp dụng chênh lệch lớn giữa các nước. Trong khi đó, điện toán đám mây và IoT có mức phổ biến cao hơn, nhưng vẫn chưa đồng đều. Việc triển khai IoT tăng nhanh nhờ thiết bị thông minh, với số thẻ SIM M2M tăng trung bình 19,3% mỗi năm từ 2010 đến 2021. Tuy nhiên, từ 2020, khủng hoảng thiếu chất bán dẫn đã khiến tốc độ tăng trưởng IoT giảm mạnh, chỉ còn 8% trong giai đoạn 2020-2021. Việc áp dụng các công nghệ dữ liệu vẫn gặp rào cản lớn, đặc biệt với doanh nghiệp nhỏ.

**Điện toán đám mây lan tỏa nhanh gấp ba lần phân tích dữ liệu lớn:** để tăng từ 5% lên 50% tỷ lệ áp dụng, điện toán đám mây chỉ mất khoảng 12 năm, trong khi phân tích dữ liệu lớn cần đến 36 năm. Dù cả hai công nghệ có xu hướng lan tỏa theo hình chữ S, tốc độ lan tỏa khác biệt này góp phần giải thích vì sao tăng trưởng năng suất tổng thể vẫn chậm. Dữ liệu từ các nước OECD cho thấy, ngay cả khi tốc độ thay đổi tương đối cao ở các nước có tỷ lệ thấp như Ba Lan, mức thay đổi tuyệt đối vẫn thấp hơn so với những nước có tỷ lệ áp dụng cao như Hà Lan. Điều này cho thấy tốc độ lan tỏa thực chất phụ thuộc không chỉ vào tốc độ tăng mà còn vào mức độ áp dụng hiện tại của từng công nghệ.

**Việc áp dụng AI hiện vẫn tập trung chủ yếu ở ngành ICT, với gần 28% doanh nghiệp sử dụng:** các ngành tài chính và dịch vụ chuyên môn cũng có tỷ lệ áp dụng cao (18% và 15%). Ngược lại, các ngành như xây dựng và khách sạn có tỷ lệ rất thấp (khoảng 4%). Điện toán đám mây được áp dụng rộng rãi hơn, phổ biến trong ngành ICT, tài chính và bảo hiểm, thậm chí đạt 78% ở cả các ngành như lưu trú và bán lẻ ở một số quốc gia. Công nghệ IoT cũng phân bố khá đều, phổ biến trong vận tải, sản xuất, bán buôn, và ít hơn ở ngành bất động sản hay hành chính. Nhìn chung, AI vẫn đang phát triển trong phạm vi hẹp, chủ yếu ở các ngành có nền tảng dữ liệu mạnh và truyền thống đổi mới công nghệ.

**Việc áp dụng các công nghệ phụ thuộc vào dữ liệu như AI và phân tích dữ liệu thường chậm hơn do ba lý do chính:** Thứ nhất là chi phí cố định cao. Dù chi phí vận hành thấp, nhưng các công nghệ này đòi hỏi đầu tư ban đầu lớn để xây dựng hạ tầng, kết nối dữ liệu và thay đổi quy trình. Điều này khiến các công ty nhỏ gặp khó khăn hơn trong triển khai so với công ty lớn. Thứ hai là khó khăn tài chính. Các doanh nghiệp nhỏ thường khó tiếp cận vốn hơn do thiếu tài sản thế chấp rõ ràng, nhất là khi tài sản chủ yếu là dữ liệu hoặc phần mềm khó định giá. Thứ ba là khả năng tiếp cận dữ liệu. Công ty lớn có quy mô hoạt động rộng nên thu thập được nhiều dữ liệu từ khách hàng và đối tác. Trong khi đó, các công ty nhỏ ít dữ liệu, khiến việc triển khai công nghệ số kém hiệu quả và làm giảm khả năng cạnh tranh. Đây là rào cản lớn trong quá trình số hóa của doanh nghiệp nhỏ và vừa.

**Việc áp dụng rộng rãi AI có thể cần thêm nhiều thử nghiệm:** AI được xem là công nghệ đa năng, giống như điện hay máy tính trước đây. Dù tiềm năng đã rõ, nhưng việc áp dụng rộng rãi vẫn cần thời gian. Lịch sử cho thấy, điện cần 40 năm để trở nên phổ biến, máy tính cũng mất gần 40 năm để được sử dụng rộng rãi trong lao động. AI hiện đang ở giai đoạn tương tự: đã chứng minh được giá trị trong một số lĩnh vực như tài chính, nhưng để đạt tác động năng suất rộng khắp, cần chuyển từ “giải pháp điểm” sang “giải pháp hệ thống”. Quá trình này đòi hỏi thử nghiệm nhiều, đồng sáng chế, thay đổi quy trình và nâng cao kỹ năng lao động. Những thay đổi này vừa tốn kém vừa dễ gặp phản kháng. Vì vậy, dù AI có tiềm năng lớn, nhưng để lan tỏa và tác động rõ rệt đến năng suất toàn nền kinh tế, cần thêm thời gian, đầu tư và sáng tạo.

**Việc thúc đẩy áp dụng công bằng và lan tỏa rộng rãi các công nghệ số là rất quan trọng để thu hẹp khoảng cách số và thúc đẩy tăng trưởng năng suất:** việc áp dụng công nghệ số trong đời sống cá nhân diễn ra nhanh chóng, nhưng ở cấp độ doanh nghiệp lại có sự chênh lệch lớn. Một số công nghệ như điện toán đám mây và IoT đang phát triển mạnh, trong khi những công nghệ phức tạp hơn như phân tích dữ liệu lớn và AI vẫn lan tỏa chậm, đặc biệt trong các doanh nghiệp nhỏ và vừa. Có 5 vấn đề chính sách cần được quan tâm. Thứ nhất, khoảng cách số lớn nhất thường liên quan đến trình độ giáo dục và kỹ năng, đòi hỏi hệ thống giáo dục phải trang bị cho người

học khả năng sử dụng công nghệ và phát triển kỹ năng học suốt đời. Thứ hai, dịch vụ công trực tuyến vẫn chưa phát triển tương xứng với tiềm năng, chính phủ cần cung cấp dịch vụ số thân thiện, dễ dùng và bao trùm. Thứ ba, nhóm yếu thế như người lớn tuổi, phụ nữ và người có học vấn thấp cần được hỗ trợ tiếp cận công nghệ và duy trì các kênh hỗ trợ ngoại tuyến. Thứ tư, doanh nghiệp nhỏ gặp khó khăn trong việc áp dụng công nghệ, nên được hỗ trợ tài chính và hạ tầng. Thứ năm, việc triển khai công nghệ phụ thuộc vào dữ liệu cần chính sách tăng cường chia sẻ và tái sử dụng dữ liệu, đồng thời đẩy mạnh quyền “di động dữ liệu” để người dùng kiểm soát dữ liệu cá nhân hiệu quả hơn.

#### **4.4. Các vấn đề về sức khỏe tâm thần trong môi trường số**

Sự gia tăng sử dụng công nghệ số ảnh hưởng đến cách mọi người giao tiếp và hành xử. Những tiến bộ về AI, phân tích dữ liệu lớn và công nghệ nhập vai, cùng với đại dịch COVID-19, đã đẩy nhanh quá trình số hóa trên toàn thế giới. Mặc dù môi trường số mang lại những lợi ích và cơ hội quan trọng để phát triển cuộc sống lành mạnh, hiệu quả và trọn vẹn, nhưng nó cũng tiềm ẩn nguy cơ gây rủi ro cho sức khỏe tâm thần. Các hành vi tiêu cực như hiện tượng bắt nạt trên mạng, nghiện sử dụng Internet (PIU) và lạm dụng mạng xã hội (PSMU) trong môi trường số đang gia tăng, gây ảnh hưởng đặc biệt đến thanh thiếu niên. Các công nghệ nhập vai góp phần làm gia tăng tác động của các hành vi này. Do đó, cần có chương trình chính sách mới để khai thác các cơ hội và giảm thiểu rủi ro của môi trường số đến sức khỏe tâm thần.

***Sự phát triển của công nghệ thực tế ảo (VR) đang mở ra nhiều cơ hội mới nhưng cũng đi kèm với những thách thức và rủi ro tiềm ẩn đối với sức khỏe tâm thần***

VR không chỉ là một công nghệ giải trí mà còn có thể thay đổi cách chúng ta làm việc, học tập và tương tác. Tuy nhiên, để hiểu rõ hơn về tiềm năng của VR, cần xem xét những tính năng đặc biệt và những mặt trái của nó. Trải nghiệm VR có thể được thiết kế để tự chữa, mang tính xã hội hoặc ứng dụng công nghiệp. VR hoạt động dựa trên một chu trình liên tục của việc theo dõi, kết xuất và hiển thị các hình ảnh trong thời gian thực. Điều này giúp tạo ra cảm giác "hiện diện" mạnh mẽ, làm cho VR khác biệt so với các công nghệ mô phỏng khác. Tuy nhiên, để có một trải nghiệm VR hiệu quả, có những sự đánh đổi về các tính năng công nghệ như mức độ theo dõi, trường nhìn, độ trễ và chất lượng hình ảnh.

VR đặc biệt hữu ích trong những trải nghiệm mà các công nghệ truyền thống không thể thay thế, chẳng hạn như trong các lĩnh vực nguy hiểm, không thể thực hiện được, hoặc quá tốn kém. Một ví dụ điển hình là việc đào tạo bác sĩ phẫu thuật, lính cứu hỏa, hoặc việc phục hồi chức năng y tế cho bệnh nhân sau đột quỵ. Các ứng dụng VR còn có thể được sử dụng trong khám phá không gian, một lĩnh vực không thể thực hiện trong thế giới thực. Một số lĩnh vực ứng dụng VR điển hình gồm giảng dạy

sự đồng cảm, phục hồi chức năng y tế, can thiệp cải thiện sức khỏe tâm thần, đào tạo doanh nghiệp, và tạo ra các bản sao kỹ thuật số.

Tuy nhiên, mặc dù VR mang lại nhiều lợi ích, nhưng cũng không thể bỏ qua những rủi ro tiềm ẩn. Một trải nghiệm VR mạnh mẽ có thể ảnh hưởng đến sức khỏe tâm thần và hành vi của người dùng, đặc biệt là khi những trải nghiệm này thay đổi cách chúng ta cảm nhận và đồng cảm với những người khác. Một số rủi ro bao gồm vấn đề quyền riêng tư, đặc biệt là việc theo dõi chuyển động cơ thể, sự phát triển nhận thức và hành vi của trẻ em, chứng say tàu xe, lái xe mất tập trung và nguy cơ nghiện. Ngoài ra, việc thu thập dữ liệu từ các chuyển động cơ thể cũng tạo ra các rủi ro về việc tiết lộ thông tin cá nhân.

Để giải quyết những vấn đề này, các chính sách về VR cần phải được xây dựng và điều chỉnh phù hợp. Các quốc gia đang bắt đầu phát triển các nguyên tắc và quyền liên quan đến VR và công nghệ mô phỏng. Ngoài ra, việc bảo vệ quyền riêng tư trong VR là rất quan trọng vì không có cách nào để người dùng "ẩn danh" trong môi trường ảo. Chính vì thế, các phương pháp bảo vệ quyền riêng tư ngoài các mô hình đồng ý truyền thống cần được xem xét. Cuối cùng, việc bảo đảm an toàn cho người dùng, đặc biệt là trẻ em và khi sử dụng VR trong các phương tiện di chuyển, cũng phải được coi trọng, và "an toàn theo thiết kế" có thể đóng vai trò quan trọng trong việc giảm thiểu các rủi ro.

***Tính ẩn danh, sự tách biệt và khả năng giải tỏa ức chế giúp giải thích tại sao mọi người giao tiếp và tương tác theo cách khác nhau trên môi trường mạng***

Môi trường số mang đến những cách thức mới để con người giao tiếp, xây dựng mối quan hệ và trải nghiệm những điều mà thế giới ngoại tuyến không thể mang lại. Những đặc điểm nổi bật như tính ẩn danh, sự tách biệt và khả năng giải tỏa ức chế vừa tạo cơ hội nâng cao sức khỏe tâm thần, vừa tiềm ẩn nguy cơ thúc đẩy các hành vi tiêu cực.

Tính ẩn danh giúp người dùng cảm thấy an toàn khi bày tỏ suy nghĩ, cảm xúc mà họ thường giấu kín trong đời sống thường ngày. Nó tạo ra không gian để khám phá bản thân, kết nối với những người có hoàn cảnh hoặc cảm xúc tương tự, từ đó nhận được sự đồng cảm và hỗ trợ. Tuy nhiên, chính tính ẩn danh cũng khiến một số người trở nên thiếu trách nhiệm, dễ sa vào hành vi bất nạt, công kích hoặc cố ý gây xung đột để thu hút phản ứng từ người khác.

Sự tách biệt trong môi trường số giúp người dùng vượt qua những rào cản như ngoại hình, tuổi tác, nghề nghiệp để xây dựng danh tính mới. Điều này giúp họ tự do hơn trong tương tác, nhưng cũng có thể dẫn đến cảm giác xa cách với cộng đồng thật ngoài đời. Ngoài ra, việc tạo ra hình ảnh lý tưởng trên mạng, như dùng filter hay avatar siêu thực, có thể khiến người dùng không hài lòng với chính ngoại hình thật của mình, làm giảm lòng tự trọng và ảnh hưởng xấu đến sức khỏe tâm thần.

Khả năng giải tỏa ức chế là yếu tố thứ ba, thể hiện qua việc nhiều người sẵn sàng dùng lời lẽ xúc phạm, thù địch hoặc hành xử tiêu cực khi không phải đối diện trực tiếp với người khác. Sự thiếu kiểm soát này xuất phát từ cảm giác vô danh, ít bị đánh giá và ít bị ràng buộc bởi các chuẩn mực xã hội. Việc không nhìn thấy biểu cảm hay ánh mắt của người đối thoại khiến nhiều người dễ mất kiểm soát và xem nhẹ hậu quả hành vi của mình. Điều này góp phần gia tăng các hiện tượng như bắt nạt, khiêu khích, theo dõi người khác trên mạng.

### ***Bắt nạt trên mạng, PIU và PSMU có liên quan đến các vấn đề về sức khỏe tâm thần***

Từ khi Internet phát triển, nhiều chuyên gia đã cảnh báo về ảnh hưởng tiêu cực đến sức khỏe tâm thần, nhất là ở thanh thiếu niên. Một trong những hành vi gây lo ngại là quấy rối trên mạng – khi ai đó bị xúc phạm, bôi nhọ hoặc làm tổn thương qua mạng xã hội, tin nhắn, diễn đàn. Điều đặc biệt là dù hành vi chỉ xảy ra một lần, nhưng hậu quả có thể kéo dài vì nội dung đó dễ dàng bị chia sẻ rộng rãi. Nạn nhân có thể cảm thấy như mình đang bị "quấy rối lặp đi lặp lại".

Nhiều nghiên cứu cho thấy quấy rối trên mạng liên quan đến trầm cảm, căng thẳng, và cảm giác mất kiểm soát cuộc sống. Thậm chí, có những bạn trẻ tự tạo ra các tài khoản ẩn danh để nói xấu chính mình, làm tăng nguy cơ tự tử cao gấp 15 lần. Việc khảo sát mức độ quấy rối thường dựa trên việc tự đánh giá, nhưng không phải ai cũng sẵn sàng thừa nhận mình là người bị hại hoặc người gây hại.

Bên cạnh đó, PIU cũng là vấn đề đáng lo. Dù chưa có định nghĩa thống nhất, nhưng PIU thường được xem là hành vi nghiện Internet, làm mất ngủ, ảnh hưởng công việc, gây xung đột cá nhân và dễ dẫn đến các rối loạn như lo âu, trầm cảm, hoặc triệu chứng rối loạn tăng động giảm chú ý (ADHD). Những bảng câu hỏi đánh giá PIU thường xoay quanh việc người dùng có cảm thấy mất kiểm soát, có các triệu chứng giống như "cai nghiện", hay bỏ bê hoạt động hằng ngày vì Internet không.

Một dạng khác là PSMU cũng gây hậu quả nặng nề không kém. Nó liên quan đến mất ngủ, khó tập trung, cảm giác bị cô lập, trầm cảm và căng thẳng kéo dài. Do PSMU và PIU có nhiều điểm tương đồng, nên thường được đánh giá bằng cùng bộ câu hỏi. Người dùng mạng xã hội được xem là đang lạm dụng nếu họ thường xuyên cảm thấy bị cuốn vào, muốn trốn tránh thực tại, hoặc nói dối về việc sử dụng mạng xã hội.

### ***Bảng chứng cho thấy các hành vi tiêu cực trong môi trường số và tình trạng bắt nạt trên mạng đang gia tăng, đặc biệt ảnh hưởng đến các bé gái***

Mối liên hệ giữa các hành vi tiêu cực trong môi trường số và sức khỏe tâm thần ngày càng được quan tâm. Theo Nghiên cứu hợp tác xuyên quốc gia của WHO (HBSC), hiện là nghiên cứu toàn diện nhất về các chỉ số bắt nạt trên mạng và PSMU ở thanh thiếu niên. Nghiên cứu có sự tham gia của 44 quốc gia và khu vực, trong đó có 28 quốc gia OECD được thực hiện trong giai đoạn 2021 - 2022. Dữ liệu cho thấy

sự gia tăng tỷ lệ PSMU và bắt nạt trên mạng từ năm 2017 đến năm 2022. Tỷ lệ PSMU trung bình tăng 49%, trong khi tỷ lệ nạn nhân bị bắt nạt (26%) và thực hiện hành vi bắt nạt trên mạng (25%) cũng tăng.

Dữ liệu HBSC từ năm 2017 đến năm 2018 đối với trẻ trong độ tuổi 11, 13 và 15 cho thấy các quốc gia như Litva, Latvia và Thổ Nhĩ Kỳ có tỷ lệ bị bắt nạt trên mạng tương đối cao. Bé gái bị bắt nạt trên mạng nhiều hơn bé trai.

Về vấn đề PSMU, con gái thường giao tiếp với bạn bè và những người khác thông qua tin nhắn tức thời, mạng xã hội, e-mail và các hình thức giao tiếp trực tuyến khác nhiều hơn so với con trai. Trong các năm 2021 và 2022, tỷ lệ bé gái được xác định là lạm dụng mạng xã hội ở mức cao hơn bé trai tại phần lớn các quốc gia và khu vực.

Tuổi tác cũng có thể ảnh hưởng đến cách các bé gái và bé trai trải nghiệm phương tiện truyền thông xã hội. Bé gái có nhiều khả năng trở thành người dùng có xu hướng lạm dụng mạng xã hội khi trở thành thanh thiếu niên. Các bé gái có tỷ lệ PSMU tăng từ 5% ở độ tuổi 11 lên 10% ở độ tuổi 15, trong khi ở các bé trai, tỷ lệ chung vẫn tương đối ổn định, lần lượt là 6% và 7%.

***Công nghệ nhập vai mang đến những cơ hội mới cho sức khỏe tâm thần nhưng cũng có thể làm cho những rủi ro thêm trầm trọng***

Công nghệ nhập vai cho phép người dùng có những trải nghiệm siêu thực và khiến họ cảm thấy như đang ở trong một môi trường khác, vượt qua các yếu tố về khoảng cách, thời gian và quy mô. Ví dụ, “sự hiện diện” - hay cảm giác giao tiếp không cần trung gian trong thực tế ảo (VR) - chỉ có được trong môi trường kỹ thuật số nhập vai. Một điểm độc đáo khác là cảm giác nhập vai - trải nghiệm với hình đại diện hoặc cơ thể ảo có thể giống như trải nghiệm của cơ thể thực. Những đặc điểm độc đáo này của công nghệ nhập vai mở ra nhiều cơ hội mới cho vấn đề về sức khỏe tâm thần nhưng cũng có thể làm trầm trọng thêm rủi ro.

VR trong công nghệ nhập vai đã được sử dụng như liệu pháp hỗ trợ điều trị chứng lo âu, ám ảnh sợ hãi và các rối loạn tâm thần khác. Ví dụ, liệu pháp tiếp xúc, cho phép mọi người đối mặt với nỗi sợ hãi của mình trong một không gian an toàn, đã được chứng minh là có hiệu quả trong việc xử lý các vấn đề về sức khỏe tâm thần.

Cảm giác về mặt tâm thần và thể chất do trải nghiệm siêu thực trong môi trường nhập vai tạo ra cũng có thể khá mãnh liệt, làm gia tăng tác động của các hành vi tiêu cực trong môi trường số. Cũng như các môi trường khác, môi trường nhập vai cho phép mọi người giao tiếp và tương tác nên sẽ phải đối mặt với những thách thức tương tự như quấy rối, bắt nạt và các hành vi tiêu cực khác. Trong môi trường nhập vai, người dùng tương tác thông qua hình đại diện, điều này có thể dẫn đến các hình thức quấy rối mới như "quấy rối bằng cơ thể" (hành động ôm và âu yếm giữa các cơ thể hình đại diện mà không có sự đồng ý). Ngoài ra, còn có tình trạng phổ biến là phân biệt giới tính, chủng tộc, tôn giáo và kỳ thị người đồng tính. Theo các chuyên gia,

gần một nửa số người dùng VR là nữ (49%) đã trải qua ít nhất một vụ quấy rối tình dục, trong khi 28% nam giới phải đối mặt với những bình luận phân biệt chủng tộc hoặc kỳ thị người đồng tính.

Mối quan hệ giữa việc sử dụng các công nghệ số, sức khỏe tâm thần và cảm giác hạnh phúc khá phức tạp. Các đánh giá nghiên cứu đã phát hiện thấy sự kết hợp giữa các mối liên hệ này theo hướng tích cực, tiêu cực và không có xung đột. Tính trung bình trên khắp các quốc gia OECD, 45% học sinh cảm thấy lo lắng hoặc bồn chồn khi không có thiết bị kỹ thuật số ở gần. Họ cũng thể hiện mức độ hài lòng với cuộc sống thấp. Dữ liệu gần đây của Canada chỉ ra rằng việc sử dụng điện thoại thông minh nhiều có liên quan đến sức khỏe tâm thần kém hơn và tần suất sử dụng mạng xã hội ảnh hưởng đến các triệu chứng rối loạn ăn uống, cũng như xu hướng tự tử.

Việc sử dụng công nghệ kỹ thuật số không hẳn là có hại hoặc có lợi vì tác động của chúng đối với sức khỏe tâm thần và hạnh phúc có thể phụ thuộc vào nhiều yếu tố. Các yếu tố này bao gồm lượng thời gian online, nội dung sử dụng, các điểm yếu vốn có của người dùng và bối cảnh văn hóa và kinh tế xã hội.

### ***Hướng tới một chương trình nghị sự chính sách cải thiện sức khỏe tâm thần trong thời đại số***

Khi mọi người dành nhiều thời gian online và môi trường số trở nên thực tế hơn, các nhà hoạch định chính sách cần xử lý rủi ro của công nghệ số đối với sức khỏe tâm thần. Các nhóm người dùng bị ảnh hưởng bởi các hành vi tiêu cực trong môi trường số theo cách khác nhau, chẳng hạn như bé gái cần được hỗ trợ. Vì đây là lĩnh vực mới nổi, nên các quốc gia thiếu những sáng kiến chính thức để ngăn ngừa và giải quyết các vấn đề về sức khỏe tâm thần trong thời đại số. Do đó, cần lập một chương trình nghị sự chính sách để nâng cao sức khỏe tâm thần.

### ***Nâng cao nhận thức về các hành vi tiêu cực trong môi trường số và hiểu biết về phương tiện truyền thông***

Các chính sách công liên quan đến vấn đề này rất quan trọng để ngăn ngừa và quản lý hành vi bắt nạt trên mạng và bảo vệ trẻ em trong môi trường số. Nạn nhân cần biết họ đang bị đối xử sai lệch và báo cáo theo cách an toàn những kẻ bắt nạt trên mạng và các hình thức xâm hại trực tuyến khác. Các chiến dịch nâng cao nhận thức có thể giúp nạn nhân và người ngoài cuộc (như thành viên gia đình, bạn bè và giáo viên) nhận ra những hành vi tiêu cực. Sau đó, họ có thể báo cáo về hành vi bắt nạt trên mạng hoặc xây dựng các chiến lược đối phó, như chặn các liên hệ không mong muốn. Nâng cao hiểu biết về phương tiện truyền thông cũng là một chức năng quan trọng trong việc giải quyết tình trạng PIU và PSMU.

### ***Đẩy mạnh triển khai công nghệ an toàn theo thiết kế (safety by design)***

Chính phủ có thể đẩy mạnh triển khai công nghệ an toàn theo thiết kế cho thanh thiếu niên bằng cách khuyến khích phát triển và sử dụng các công nghệ bảo vệ quyền

riêng tư, an toàn và bảo mật, đồng thời hạn chế tiếp xúc và truy cập vào nội dung không phù hợp với lứa tuổi. Các công ty tích hợp ngày càng nhiều biện pháp bảo vệ người dùng vào sản phẩm và dịch vụ của mình để ngăn ngừa và quản lý rủi ro liên quan đến các hành vi tiêu cực trong môi trường số. Ví dụ, các cơ chế chặn quyền truy cập vào các nền tảng số sau khi đã sử dụng quá mức và các hệ thống lọc dựa trên AI đánh dấu các thông điệp tiêu cực. Công nghệ nhập vai có thể giúp phát triển cơ chế giảm thiểu bằng cách ngăn chặn quá rối. Chẳng hạn, một số nền tảng cho phép tạo ra các rào cản vô hình xung quanh người dùng, khiến họ không thể xâm phạm "ranh giới cá nhân" của người khác. Ngoài ra, các công ty cũng đang cung cấp các công cụ kiểm soát cho phụ huynh để hạn chế nội dung xem trực tuyến. Các công ty nên phân tích tác động của thiết kế và hoạt động của các dịch vụ của họ, bao gồm cả hệ thống thuật toán và tính minh bạch của chúng. Các sáng kiến công hỗ trợ các công nghệ an toàn theo thiết kế, cũng có thể cải thiện sức khỏe tâm thần trong hệ sinh thái số bằng cách giảm thiểu và giải quyết hành vi lạm dụng.

*Xác định các đặc điểm của môi trường nhập vai có nguy cơ tác động đến sức khỏe tâm thần*

Khi môi trường nhập vai trở nên phổ biến ở nhà, trường học và nơi làm việc, các nhà hoạch định chính sách phải lường trước lợi ích và thách thức tiềm ẩn của các công nghệ này đối với sức khỏe tâm thần. Họ phải đặc biệt chú ý đến các cuộc tranh cãi mới về nhu cầu điều chỉnh hoặc phát triển các quy tắc, quy định và cách tiếp cận mới để giải quyết các hành vi tiêu cực trong môi trường nhập vai và các rủi ro liên quan đến sức khỏe tâm thần. Các chính sách công nên xem xét sự khác biệt về giới tính trong cách bắt nạt diễn ra trong môi trường số. Ngoài ra nên tập trung trang bị các kỹ năng đối phó và thích nghi cho các nhóm dễ bị tổn thương như trẻ em và những người dễ bị ảnh hưởng bởi các trải nghiệm nhập vai. Vì các công nghệ nhập vai đang trong giai đoạn đầu triển khai thương mại, đây là cơ hội tốt để tiến hành điều chỉnh hoặc phát triển các quy định cho phép trải nghiệm trực tuyến tích cực và lành mạnh. Đối thoại công - tư có thể giúp xác định các quy tắc bảo vệ người dùng, đồng thời giúp tạo lòng tin trong môi trường nhập vai.

*Cải thiện cơ sở bằng chứng về sức khỏe tâm thần và môi trường số*

Việc thiếu bằng chứng chắc chắn, xuyên quốc gia về sức khỏe tâm thần và môi trường số là thách thức đối với các nhà nghiên cứu và nhà hoạch định chính sách. Việc đưa ra các định nghĩa chuẩn là một bước tiến quan trọng. Nhiều nhà nghiên cứu đã nhấn mạnh sự thiếu đồng thuận về các định nghĩa và tiêu chí đo lường cho các hiện tượng như bắt nạt trên mạng, PIU, PSMU và các vấn đề sức khỏe tâm thần liên quan. Các tiêu chí chung sẽ giúp các nhà nghiên cứu xác định mức độ phổ biến của hành vi bắt nạt trên mạng và PSMU theo giới tính, độ tuổi và khu vực địa lý. Điều này sẽ giúp các nhà hoạch định chính sách thiết kế và triển khai các chính sách và chương trình liên quan, như kết hợp các biện pháp phòng ngừa bắt nạt trên mạng và

PSMU vào trong các hệ thống giáo dục và các lĩnh vực liên quan khác.

#### *Thu hút nhiều bên liên quan tham gia*

Hợp tác về sức khỏe tâm thần nhìn chung là ưu tiên và điều này cũng đúng trong môi trường số. Phản ứng đối với các vấn đề sức khỏe tâm thần liên quan đến các hành vi tiêu cực trong môi trường số phụ thuộc vào quan hệ đối tác giữa các chính phủ, các công ty và các tổ chức phi chính phủ. Thông qua trao đổi hiểu biết về các chương trình và chính sách đã hoặc chưa giải quyết được các hành vi tiêu cực trong môi trường số, các nhà hoạch định chính sách có thể điều chỉnh hoạt động hỗ trợ tốt nhất cho vấn đề về sức khỏe tâm thần trong môi trường số.

Chia sẻ thông tin về hiệu quả của các chương trình và chính sách giúp hỗ trợ phát triển các chính sách với mục tiêu rõ ràng, qua đó, tăng cường khả năng sẵn sàng của người dân trong việc đầu tư cho phòng ngừa và cải thiện các vấn đề về sức khỏe tâm thần. Liên minh Châu Âu và Australia đã có những cách tiếp cận sáng tạo trong lĩnh vực này; họ có các cơ quan cấp quốc gia và địa phương phối hợp các sáng kiến để giải quyết các hành vi tiêu cực trong môi trường số liên quan đến rủi ro đến sức khỏe tâm thần.

### **MỘT SỐ NHẬN XÉT VÀ KHUYẾN NGHỊ ĐỐI VỚI VIỆT NAM**

Công nghệ số, chuyển đổi số đang trở thành động lực chủ yếu thúc đẩy sự phát triển bền vững của nền kinh tế số. Với sự hỗ trợ mạnh mẽ từ các công nghệ tiên tiến như AI, VR, mạng không dây thế hệ mới (5G, 6G) và hệ sinh thái kết nối, ngành ICT đang định hình lại các ngành công nghiệp truyền thống, mang lại cơ hội tăng trưởng và phát triển trong các lĩnh vực từ sản xuất đến dịch vụ và y tế.

AI đang nổi lên như một công nghệ mang lại những cơ hội đáng kể nhất trong việc cải thiện năng suất lao động và giải quyết các vấn đề toàn cầu. Tuy nhiên, AI cũng đặt ra các vấn đề nghiêm trọng về bảo mật thông tin và quyền riêng tư của người sử dụng. Các sự cố về dữ liệu và các ứng dụng AI sai lệch đang ngày càng trở thành vấn đề nan giải trong cộng đồng công nghệ. Do đó, cần phải có các biện pháp kiểm soát và bảo vệ chặt chẽ hơn trong việc triển khai AI, bảo đảm rằng nó được sử dụng một cách công bằng, minh bạch và có trách nhiệm.

Mạng không dây thế hệ mới như 5G và tương lai 6G mang lại tiềm năng khổng lồ trong việc kết nối các khu vực nông thôn và vùng sâu vùng xa, đồng thời tạo ra cơ hội mới cho các ngành công nghiệp như chăm sóc sức khỏe, giao thông và giáo dục. Tuy nhiên, việc triển khai các mạng này và hệ sinh thái kết nối đòi hỏi sự đầu tư lớn vào cơ sở hạ tầng. Các quốc gia và doanh nghiệp cần có chiến lược rõ ràng và minh bạch để bảo đảm rằng các mạng này và hệ sinh thái kết nối không chỉ phục vụ sự phát triển kinh tế mà còn đáp ứng được nhu cầu bảo vệ dữ liệu và quyền lợi của người tiêu dùng.

Bên cạnh những cơ hội to lớn mà các công nghệ trong ngành ICT mang lại, cũng

không thể bỏ qua những thách thức mà sự chuyển đổi số đặt ra, đặc biệt là sự phân hóa số. Dù các công nghệ mới giúp cải thiện năng suất và chất lượng cuộc sống, sự chênh lệch trong việc tiếp cận và sử dụng công nghệ giữa các quốc gia và cộng đồng vẫn còn tồn tại. Khoảng cách số này không chỉ làm gia tăng sự bất bình đẳng về cơ hội phát triển mà còn khiến một phần lớn dân số bị bỏ lại phía sau trong quá trình chuyển đổi số. Điều này đòi hỏi các quốc gia cần có những chính sách mạnh mẽ để giảm thiểu khoảng cách này, thông qua việc đầu tư vào cơ sở hạ tầng công nghệ, phát triển kỹ năng số cho người dân và tạo ra môi trường pháp lý thuận lợi cho sự phát triển công nghệ.

Một vấn đề khác cần đặc biệt lưu tâm là tác động của công nghệ số đối với sức khỏe tâm thần trong môi trường số. Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng, việc sử dụng mạng xã hội và các nền tảng trực tuyến có thể dẫn đến các vấn đề tâm thần, nhất là ở trẻ em và thanh thiếu niên. Hành vi tiêu cực như bắt nạt trên mạng, cảm giác cô đơn, và sự phụ thuộc vào thế giới ảo đang ngày càng gia tăng, đặc biệt trong các cộng đồng dễ bị tổn thương. Điều này đòi hỏi các chính phủ và doanh nghiệp cần có những biện pháp bảo vệ người sử dụng, nhất là những nhóm đối tượng dễ bị tổn thương trong môi trường số.

Để nền kinh tế số phát triển bền vững và công bằng, việc ứng dụng công nghệ số cần thực hiện một cách có trách nhiệm và toàn diện. Chính phủ cần thúc đẩy đào tạo kỹ năng số và khuyến khích doanh nghiệp áp dụng công nghệ mới một cách an toàn. Mọi người, đặc biệt các nhóm dễ bị tổn thương, cần được bảo vệ trong môi trường số để công nghệ không chỉ mang lại lợi ích kinh tế mà còn nâng cao chất lượng cuộc sống. Hợp tác giữa các quốc gia, doanh nghiệp và cộng đồng quốc tế là yếu tố quan trọng để tận dụng cơ hội và vượt qua thách thức công bằng. Các quốc gia cần xây dựng chiến lược phát triển bền vững, bảo đảm công nghệ phục vụ lợi ích chung và cải thiện chất lượng sống cho toàn xã hội.

Sự phát triển mạnh mẽ của công nghệ số, đặc biệt là trong lĩnh vực AI, mạng không dây thế hệ mới và các công nghệ tiên tiến khác, đang tạo ra những cơ hội và thách thức lớn cho nền kinh tế toàn cầu. Để tận dụng tối đa cơ hội và giải quyết được những mặt trái từ công nghệ số, chuyển đổi số nhằm tạo bước tiến lớn vượt bậc, bứt phá mạnh mẽ trong kỷ nguyên số, cần thực hiện đồng bộ các giải pháp sau đây:

*Một là*, tăng cường đầu tư vào hạ tầng công nghệ: Việt Nam cần chú trọng đầu tư mạnh mẽ vào cơ sở hạ tầng công nghệ, đặc biệt là hạ tầng phục vụ AI và các mạng không dây thế hệ mới. Điều này không chỉ giúp gia tăng năng suất lao động mà còn hỗ trợ trong việc phát triển các ngành công nghiệp đổi mới sáng tạo, sản xuất thông minh và dịch vụ công nghệ cao.

*Hai là*, rà soát, cập nhật Chiến lược quốc gia về nghiên cứu, phát triển và ứng

dụng AI đến năm 2030 (được ban hành năm 2021). Hoa Kỳ<sup>8</sup>, Nga<sup>9</sup> và một số nước đã cập nhật chiến lược AI quốc gia của họ. Với sự phát triển nhanh và mạnh mẽ của AI, việc rà soát, cập nhật Chiến lược AI quốc gia của Việt Nam là cần thiết. Chiến lược này cần tập trung vào việc thúc đẩy nghiên cứu và phát triển, đào tạo nguồn nhân lực chất lượng cao trong lĩnh vực AI, đồng thời xây dựng môi trường pháp lý thuận lợi để khuyến khích các doanh nghiệp ứng dụng công nghệ này một cách hiệu quả và bền vững.

*Ba là, khắc phục khoảng cách số:* Công nghệ số đã phổ biến, nhưng Việt Nam vẫn tồn tại những khoảng cách đáng kể về trình độ học vấn và kỹ năng số giữa các khu vực và tầng lớp xã hội. Để giải quyết vấn đề này, các chính sách cần thúc đẩy đào tạo kỹ năng số cho mọi đối tượng, từ học sinh, sinh viên đến người lao động, đặc biệt là ở các khu vực nông thôn và vùng sâu vùng xa.

*Bốn là, tạo điều kiện thuận lợi cho doanh nghiệp nhỏ và vừa đang gặp khó khăn* trong việc tiếp cận công nghệ số, đặc biệt là AI và phân tích dữ liệu lớn. Chính phủ nên hỗ trợ các doanh nghiệp này trong việc triển khai công nghệ mới thông qua các chương trình hỗ trợ tài chính, đào tạo, và tạo ra các cơ hội hợp tác giữa các doanh nghiệp lớn và nhỏ.

*Năm là, bảo vệ quyền riêng tư và sức khỏe tâm thần:* Khi các công nghệ số phát triển mạnh mẽ, đặc biệt là trong các nền tảng mạng xã hội và trò chơi trực tuyến, các vấn đề về bảo mật thông tin cá nhân và sức khỏe tâm thần của người dùng, nhất là trẻ em và thanh thiếu niên, cần được đặt lên hàng đầu. Việt Nam cần xây dựng các chính sách mạnh mẽ hơn để bảo vệ quyền riêng tư của công dân và có các biện pháp giảm thiểu tác động tiêu cực của công nghệ đối với sức khỏe tinh thần của cộng đồng.

*Sáu là, thúc đẩy nghiên cứu và phát triển trong lĩnh vực công nghệ số:* Cần đẩy mạnh nghiên cứu và phát triển trong lĩnh vực công nghệ số, đặc biệt là AI, dữ liệu lớn và mạng 5G/6G, để bảo đảm rằng đất nước không bị tụt lại trong cuộc đua toàn cầu về công nghệ. Các viện nghiên cứu và các trung tâm đổi mới sáng tạo cần được đầu tư mạnh mẽ để phát triển các giải pháp công nghệ phù hợp với bối cảnh và nhu cầu của Việt Nam.

*Bảy là, thúc đẩy hợp tác quốc tế:* Tích cực tham gia vào các diễn đàn quốc tế về công nghệ số và AI để học hỏi, chia sẻ kinh nghiệm và hợp tác với các quốc gia tiên tiến trong việc phát triển và triển khai công nghệ mới. Việc xây dựng các quan hệ hợp tác mạnh mẽ với các quốc gia và tổ chức quốc tế sẽ giúp Việt Nam tận dụng tối đa cơ hội mà các công nghệ trong ngành ICT mang lại.

---

<sup>8</sup> Chiến lược nghiên cứu và phát triển AI quốc gia của Hoa Kỳ, công bố lần đầu năm 2016 và được cập nhật năm 2019 và cuối năm 2023.

<sup>9</sup> Năm 2024, Nga đã cập nhật Chiến lược quốc gia về phát triển AI đến năm 2030 (Chiến lược được công bố lần đầu tiên năm 2019).

## TÀI LIỆU THAM KHẢO CHÍNH

1. AI Standards Hub (2024), AI Standards Hub, website, <https://aistandardshub.org> (3/2024).
2. Alon-Barkat, S. and M. Busuioc (2022), “Human–AI interactions in public sector decision making: Automation bias and Selective adherence to algorithmic advice”, *Journal of Public Administration Research and Theory*, Vol. 33/1. <https://doi.org/10.1093/jopart/muac007>.
3. Allied Market Research (2022), *Autonomous Mobile Robot Market: Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2020-2030*, <https://www.alliedmarketresearch.com>.
4. Benaich, N. et al. (2022), *State of AI Report*, [State of AI Report](https://www.stateof.ai), <https://www.stateof.ai>.
5. Eurostat (2024), *ICT Usage in Enterprises, Comprehensive Database*, <https://ec.europa.eu/eurostat/web/digital-economy-and-society/database> (1/2024).
6. Eurostat (2025). *ICT sector - value added, employment and R&D*. <https://ec.europa.eu/eurostat>.
7. Miguel Otero Iglesias and Agustín González-Agote (2024). *The future data economy: competitive, fair, safe*. IE CGC, April 2024.
8. OECD (2024), *OECD Digital Economy Outlook 2024 (Volume 1): Embracing the Technology Frontier*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/a1689dc5-en>.
9. United Nations (2024). *Digital economy report: Shaping an environmentally sustainable and inclusive digital future*.
10. 6G Flagship (2023), “Verticals – 6G Flagship”, webpage, <https://www.6gflagship.com/research/verticals> (3/2023).