

Nhìn trước công nghệ và lộ trình công nghệ trong xây dựng chiến lược khoa học, công nghệ và đổi mới sáng tạo: So sánh kinh nghiệm giữa Nhật Bản, Hàn Quốc và châu Âu

Tạ Doãn Hải^{1*}, Đặng Thu Minh¹, Lưu Đức Long¹, Đỗ Hồng Giang²

¹Học viện Chiến lược Khoa học và Công nghệ, 115 Trần Duy Hưng, phường Yên Hòa, Hà Nội, Việt Nam

²Viện Năng lượng Nguyên tử Việt Nam, 59 Lý Thường Kiệt, phường Trần Hưng Đạo, Hà Nội, Việt Nam

Ngày nhận bài 5/8/2025; ngày chuyển phản biện 8/8/2025; ngày nhận phản biện 20/8/2025; ngày chấp nhận đăng 28/8/2025

Tóm tắt:

Trong kỷ nguyên toàn cầu hóa và cạnh tranh công nghệ ngày càng gia tăng, khoa học, công nghệ và đổi mới sáng tạo (STI) đã trở thành nền tảng quan trọng cho sự phát triển bền vững. Nghiên cứu này tiếp cận phương pháp nhìn trước công nghệ và lộ trình công nghệ trong việc xây dựng các chiến lược STI thông qua phân tích so sánh kinh nghiệm của Nhật Bản, Hàn Quốc và châu Âu. Điểm mới của nghiên cứu là nhấn mạnh việc tích hợp dữ liệu lớn (big data) và trí tuệ nhân tạo (AI) vào nhìn trước công nghệ, giúp cải thiện độ chính xác và cung cấp các thông tin hữu ích cho các nhà hoạch định chính sách. Đồng thời, nghiên cứu khẳng định tầm quan trọng của việc điều chỉnh các thực tiễn quốc tế để phù hợp với bối cảnh văn hóa, kinh tế và thể chế của Việt Nam. Kết quả cho thấy, việc Nhật Bản tập trung vào tính bền vững dài hạn, Hàn Quốc ưu tiên thương mại hóa nhanh chóng và châu Âu chú trọng giải quyết các thách thức toàn cầu, mang lại những bài học giá trị cho xây dựng lộ trình STI của Việt Nam. Từ đó, bài báo đề xuất một số bài học cho Việt Nam có thể xây dựng một chiến lược STI hiệu quả và linh hoạt hơn để giải quyết các thách thức hiện tại và nắm bắt cơ hội trong tương lai.

Từ khóa: chiến lược khoa học, công nghệ và đổi mới sáng tạo, lộ trình công nghệ, nhìn trước công nghệ.

Technology foresight and roadmapping in the formulation of science, technology, and innovation strategies: Comparative lessons from Japan, South Korea, and Europe

Doan Hai Ta^{1*}, Thu Minh Dang¹, Duc Long Luu¹, Hong Giang Do²

¹Vietnam Institute of Science and Technology Strategy, 115 Tran Duy Hung Street, Yen Hoa Ward, Hanoi, Vietnam

²Vietnam Atomic Energy Institute, 59 Ly Thuong Kiet Street, Tran Hung Dao Ward, Hanoi, Vietnam

Received 5 August 2025; revised 20 August 2025; accepted 28 August 2025

Abstract:

In the era of globalisation and increasing technological competition, science, technology and innovation (STI) have become an important foundation for sustainable development. This research article approaches technology foresight and technology roadmapping in building STI strategies through a comparative

*Tác giả liên hệ: Email: tadoanhai@gmail.com

analysis of the experiences of Japan, South Korea and Europe. The novelty of the study is to emphasise the integration of big data and artificial intelligence (AI) into technology foresight, which helps improve accuracy and provide useful information for policymakers. At the same time, the study affirms the importance of adjusting international practices to suit the cultural, economic and institutional context of Vietnam. The research results show that Japan's focus on long-term sustainability, South Korea's priority on rapid commercialisation and Europe's emphasis on addressing global challenges, provide valuable lessons for building Vietnam's STI roadmap. Consequently, the article proposes some lessons for Vietnam to build a more effective and flexible STI strategy to address current challenges and seize future opportunities.

Keywords: science, technology and innovation strategies, technology foresight, technology roadmapping.

1. Một số vấn đề về lý thuyết, kỹ thuật về nhìn trước công nghệ, lộ trình công nghệ

1.1. Nhìn trước công nghệ

Khái niệm và vai trò của nhìn trước công nghệ:

Theo A.L. Porter và cs (2024) [1], nhìn trước công nghệ không chỉ đơn thuần là nhận diện các xu hướng, mà còn là công cụ định hình tầm nhìn chiến lược, hỗ trợ việc ra quyết định và tối ưu hóa nguồn lực trong các lĩnh vực STI.

Nhìn trước công nghệ là quá trình có hệ thống nhằm dự đoán và đánh giá các xu hướng, đột phá công nghệ trong tương lai, trên cơ sở phân tích dữ liệu hiện tại và ý kiến chuyên gia. Nhìn trước công nghệ giúp các nhà hoạch định chính sách nhận diện cơ hội, rủi ro, cũng như ưu tiên nguồn lực hiệu quả để thúc đẩy sự phát triển bền vững và cạnh tranh quốc gia [2].

Như vậy, nhìn trước công nghệ không chỉ dự báo công nghệ mới mà còn dự báo nhu cầu công nghệ, phù hợp với bối cảnh Việt Nam là nước đang phát triển, chủ yếu ứng dụng công nghệ để phục vụ phát triển.

Các kỹ thuật nhìn trước công nghệ:

Phương pháp Delphi: Phương pháp này được phát triển bởi Rand Corporation vào những năm 1950, là một kỹ thuật nhìn trước dựa trên ý kiến chuyên gia thông qua các vòng khảo sát lặp lại. Phương pháp tập trung vào sự đồng thuận của các chuyên gia về các xu hướng công nghệ dài hạn. Ưu điểm của phương pháp này là giảm thiểu sai lệch cá nhân và mang lại góc nhìn đa chiều về các kịch bản tương lai.

Phân tích kịch bản: Là phương pháp nhìn trước dựa trên việc xây dựng các kịch bản phát triển công nghệ khác nhau trên cơ sở dữ liệu hiện tại và các giả định về tương lai. Phương pháp này được sử dụng để đánh giá tác động của các yếu tố không chắc chắn và xây dựng chiến lược phù hợp với từng kịch bản [3]. Chẳng hạn, châu Âu sử dụng

phân tích kịch bản trong chương trình Horizon Europe để dự đoán tác động của công nghệ lên các lĩnh vực như năng lượng xanh và y tế thông minh.

Dữ liệu lớn và trí tuệ nhân tạo (AI): Với sự phát triển của công nghệ hiện đại, dữ liệu lớn và AI đã trở thành công cụ quan trọng trong nhìn trước công nghệ. Các thuật toán AI có khả năng phân tích lượng lớn dữ liệu để nhận diện các xu hướng tiềm năng, xác định các công nghệ đột phá và dự đoán tốc độ phát triển của chúng [4].

Vai trò của nhìn trước công nghệ trong chiến lược STI:

Nhìn trước công nghệ không chỉ giúp định hướng các lĩnh vực ưu tiên, mà còn tạo cơ sở khoa học và thực tiễn cho việc xây dựng và triển khai chiến lược STI. Nó giúp các quốc gia nhận diện sớm các cơ hội công nghệ để tối ưu hóa đầu tư; giảm thiểu rủi ro từ các yếu tố không chắc chắn; định hình tầm nhìn dài hạn cho sự phát triển bền vững.

Theo L. Georghiou và cs (2008) [5], nhìn trước công nghệ đã trở thành một phần không thể thiếu trong chiến lược STI của các quốc gia phát triển, tạo lợi thế cạnh tranh và thúc đẩy đổi mới sáng tạo.

1.2. Lộ trình công nghệ

Khái niệm và vai trò của lộ trình công nghệ:

Lộ trình công nghệ là một công cụ chiến lược được sử dụng để cụ thể hóa các mục tiêu dài hạn thành các kế hoạch hành động chi tiết, có thời gian và nguồn lực cụ thể. Lộ trình công nghệ không chỉ định hướng phát triển công nghệ mà còn tạo ra sự gắn kết giữa các bên liên quan, bao gồm: chính phủ, doanh nghiệp và tổ chức nghiên cứu [6].

Theo M.L. Garcia và cs (1997) [7], lộ trình công nghệ đóng vai trò như một “bản đồ” giúp các tổ chức và quốc gia xác định mục tiêu, phân bổ nguồn lực và quản lý sự phát triển công nghệ trong bối cảnh cạnh tranh toàn cầu.

Vai trò chính của lộ trình công nghệ trong chiến lược STI:

Liên kết tầm nhìn dài hạn và hành động ngắn hạn: Lộ trình công nghệ là cầu nối giữa chiến lược dài hạn và các bước triển khai thực tế. Nó giúp xác định rõ các giai đoạn phát triển, từ nghiên cứu cơ bản đến ứng dụng thương mại, đảm bảo các mục tiêu chiến lược được thực hiện một cách hiệu quả [8].

Huy động và tối ưu hóa nguồn lực: Lộ trình giúp xác định các lĩnh vực ưu tiên, từ đó tập trung nguồn lực tài chính, nhân sự và cơ sở hạ tầng vào những công nghệ có tác động lớn nhất. Điều này giúp tránh phân tán nguồn lực và đảm bảo tính khả thi của các mục tiêu chiến lược [9].

Thúc đẩy hợp tác giữa các bên liên quan: Lộ trình công nghệ tạo ra một diễn đàn để các bên liên quan cùng tham gia vào quá trình xây dựng và thực hiện chiến lược. Điều này không chỉ tăng cường sự phối hợp giữa các tổ chức mà còn đảm bảo các lợi ích chung được cân bằng [10].

Các loại lộ trình công nghệ:

Lộ trình định hướng sản phẩm: Tập trung vào việc phát triển sản phẩm hoặc dịch vụ cụ thể, thường được sử dụng trong ngành công nghiệp để định hướng các giai đoạn phát triển sản phẩm.

Lộ trình định hướng công nghệ: Tập trung vào phát triển các công nghệ cốt lõi, nhằm hỗ trợ nhiều ngành công nghiệp khác nhau. Đây là loại lộ trình thường được các quốc gia sử dụng để hoạch định chiến lược STI [11].

Lộ trình định hướng nhu cầu: Tập trung vào việc đáp ứng các nhu cầu xã hội hoặc thị trường, thường được sử dụng trong các chương trình STI cấp quốc gia hoặc khu vực.

Vai trò của lộ trình công nghệ trong chiến lược STI:

Định hướng rõ ràng: Tạo khung thời gian và các bước hành động cụ thể, giúp triển khai chiến lược một cách hiệu quả.

Tăng cường tính linh hoạt: Cho phép điều chỉnh chiến lược khi có những thay đổi về xu hướng công nghệ hoặc điều kiện thị trường.

Tối ưu hóa hợp tác: Tăng cường liên kết giữa các bên liên quan, từ chính phủ, doanh nghiệp, đến các tổ chức nghiên cứu.

Theo K. Phaál và cs (2004) [6], lộ trình công nghệ không chỉ là một công cụ lập kế hoạch mà còn là một nền tảng chiến lược giúp các quốc gia đạt được lợi thế cạnh tranh và sự phát triển bền vững.

1.3. Mối liên hệ giữa nhìn trước công nghệ và lộ trình

Khái niệm và vai trò bổ sung lẫn nhau:

Nhìn trước công nghệ và lộ trình công nghệ là hai công cụ quan trọng trong việc hoạch định chiến lược STI. Trong đó:

Nhìn trước công nghệ: Được sử dụng để nhận diện các xu hướng công nghệ tiềm năng, đánh giá cơ hội và rủi ro, và cung cấp cơ sở khoa học cho việc ưu tiên các lĩnh vực đầu tư chiến lược [2].

Lộ trình công nghệ: Dựa trên các kết quả từ nhìn trước công nghệ, cụ thể hóa các mục tiêu thành các kế hoạch chi tiết, có khung thời gian và nguồn lực rõ ràng để triển khai [6].

Mối liên hệ giữa hai công cụ này là mối quan hệ nhân quả và tuần hoàn:

Nhìn trước công nghệ làm cơ sở cho lộ trình: Các thông tin, dữ liệu từ nhìn trước giúp xác định các công nghệ cốt lõi, ưu tiên đầu tư và định hướng cho lộ trình công nghệ.

Lộ trình công nghệ cụ thể hóa nhìn trước: Lộ trình chuyển đổi các xu hướng nhìn trước thành hành động chiến lược, đảm bảo rằng các cơ hội công nghệ được khai thác hiệu quả.

Vai trò của mỗi liên hệ này trong chiến lược STI:

Cung cấp tầm nhìn chiến lược dài hạn: Nhìn trước công nghệ giúp nhận diện các xu hướng dài hạn, trong khi lộ trình công nghệ chuyển hóa những xu hướng này thành các bước đi thực tiễn. Sự kết hợp này tạo ra một hệ thống chiến lược thống nhất và bền vững [5].

Tăng cường hiệu quả phân bổ nguồn lực: Nhìn trước công nghệ giúp xác định các lĩnh vực ưu tiên, trong khi lộ trình công nghệ đảm bảo nguồn lực (tài chính, nhân lực, hạ tầng) được phân bổ một cách tối ưu. Điều này giúp tránh lãng phí và tối đa hóa hiệu quả đầu tư.

Thích ứng với sự thay đổi: Nhìn trước công nghệ cung cấp cảnh báo sớm về những thay đổi trong xu hướng công nghệ hoặc thị trường, giúp các lộ trình công nghệ điều chỉnh linh hoạt để phù hợp với thực tiễn.

Thúc đẩy đổi mới sáng tạo: Sự kết hợp giữa nhìn trước và lộ trình tạo động lực cho các tổ chức và doanh nghiệp đổi mới sáng tạo, bởi họ có một tầm nhìn rõ ràng về các cơ hội và thách thức công nghệ trong tương lai [12].

Như vậy, nhìn trước công nghệ và lộ trình công nghệ là hai công cụ nền tảng không thể thiếu trong việc hoạch định chiến lược STI. Nhìn trước công nghệ cung cấp cơ sở khoa học để nhận diện các xu hướng công nghệ tiềm năng, đánh giá cơ hội và rủi ro, từ đó định hình tầm nhìn dài hạn cho chiến lược STI. Trong khi đó, lộ trình công nghệ cụ thể hóa các nhìn trước thành các kế hoạch chi tiết, có tính khả thi, đảm bảo sự triển khai hiệu quả và tối ưu hóa nguồn lực.

Mối liên hệ giữa nhìn trước công nghệ và lộ trình công nghệ được thể hiện qua sự tuần hoàn và bổ sung lẫn nhau. Theo đó, nhìn trước cung cấp thông tin đầu vào, còn lộ trình chuyển đổi những nhìn trước này thành hành động chiến lược. Sự kết hợp này không chỉ giúp các quốc gia tối ưu hóa đầu tư và thích ứng linh hoạt với sự thay đổi, mà còn thúc đẩy sự hợp tác và đổi mới sáng tạo.

Kinh nghiệm quốc tế cho thấy, nhìn trước công nghệ và lộ trình công nghệ không chỉ định hình tầm nhìn dài hạn mà còn cụ thể hóa các bước đi chiến lược, giúp gắn kết nghiên cứu với thực tiễn triển khai, qua đó nâng cao hiệu quả hoạch định và thực thi chính sách STI. Phương pháp nghiên cứu và nguồn tư liệu tham khảo chính của bài báo được trình bày chi tiết trong chú thích¹.

¹Bài báo sử dụng phương pháp phân tích so sánh kết hợp phân tích nội dung tài liệu, nhằm đánh giá vai trò của nhìn trước công nghệ và lộ trình công nghệ trong hoạch định chiến lược STI của Nhật Bản, Hàn Quốc và châu Âu. Các tư liệu chính bao gồm: Society 5.0 của Nhật Bản (Cabinet Office, 2016), Creative Economy của Hàn Quốc (OECD, 2015) và Horizon Europe của Liên minh châu Âu (European Commission, 2021); cùng với các báo cáo quốc gia như Dự báo khoa học và công nghệ lần thứ 11 của NISTEP (2020) và Chiến lược tương lai cho đổi mới công nghệ của KISTEP (2021). Các nguồn này được sử dụng để phân tích phương pháp nhìn trước, lộ trình công nghệ và ưu tiên chiến lược của từng quốc gia/khu vực, đồng thời cung cấp cơ sở cho việc đề xuất các giải pháp phù hợp với bối cảnh Việt Nam.

1.4. Lý do chọn các kinh nghiệm của Nhật Bản, Hàn Quốc và châu Âu

Nhật Bản, Hàn Quốc và châu Âu được chọn để phân tích vì đây là những khu vực tiên phong và thành công trong việc ứng dụng nhìn trước công nghệ và lộ trình công nghệ nhằm xây dựng chiến lược STI.

Nhật Bản là hình mẫu về tầm nhìn dài hạn và phát triển bền vững, với chiến lược Society 5.0 nhấn mạnh sự kết hợp giữa công nghệ và xã hội. Các công cụ nhìn trước tiên tiến như phương pháp Delphi giúp Nhật Bản nhận diện xu hướng dài hạn trong các lĩnh vực như trí tuệ nhân tạo (AI), robot và năng lượng tái tạo. Việt Nam có thể học hỏi cách Nhật Bản giải quyết các thách thức lâu dài như dân số già hóa và thiếu hụt lao động.

Hàn Quốc nổi bật với khả năng thương mại hóa nhanh các công nghệ mới nhờ sự hợp tác hiệu quả giữa chính phủ, viện nghiên cứu và doanh nghiệp. Là quốc gia dẫn đầu về các công nghệ chiến lược như bán dẫn, công nghệ sinh học và năng lượng sạch, Hàn Quốc cung cấp bài học về cách tối ưu hóa nguồn lực và thúc đẩy hợp tác công - tư.

Châu Âu đi đầu trong việc giải quyết các thách thức toàn cầu thông qua các sáng kiến như Horizon Europe và Green Deal Mission, kết hợp nhìn trước hiện đại dựa trên dữ liệu lớn và AI. Việt Nam có thể học cách châu Âu xây dựng các chương trình hợp tác đa phương, tập trung vào phát triển bền vững và chuyển đổi số.

Những kinh nghiệm này mang tính tham khảo cao, giúp Việt Nam điều chỉnh phù hợp với bối cảnh kinh tế - xã hội và định hướng phát triển STI quốc gia.

2. Kinh nghiệm quốc tế

2.1. Nhật Bản

Nhìn trước công nghệ: Ứng dụng phương pháp Delphi.

Nhật Bản được coi là một trong những quốc gia tiên phong trong việc sử dụng nhìn trước công nghệ để hoạch định chiến lược STI. Kể từ những năm 1970, Nhật Bản đã liên tục triển khai dự án nhìn trước công nghệ với sự hỗ trợ của phương pháp Delphi.

Phương pháp Delphi: Đây là kỹ thuật nhìn trước dựa trên ý kiến chuyên gia thông qua các vòng khảo sát lặp lại. Tại Nhật Bản, phương pháp này được thực hiện bởi Viện Chính sách Khoa học và Công nghệ Quốc gia (NISTEP), với sự tham gia của hàng trăm chuyên gia đến từ nhiều lĩnh vực khác nhau. Phương pháp này giúp giảm thiểu sai lệch cá nhân và xây dựng sự đồng thuận về các xu hướng công nghệ dài hạn [13].

Các lĩnh vực mũi nhọn: Theo báo cáo của NISTEP (2020), nhìn trước công nghệ tập trung vào các lĩnh vực ưu tiên quốc gia, bao gồm: AI và robot - nâng cao tự động hóa trong sản xuất và đời sống; năng lượng tái tạo: phát triển công nghệ năng lượng mặt

trời và gió để đảm bảo tính bền vững; y tế thông minh: sử dụng công nghệ thông minh để hỗ trợ chăm sóc sức khỏe dân số già².

Lộ trình công nghệ: Xây dựng xã hội thông minh với Society 5.0³. Lộ trình công nghệ của Nhật Bản được định hình dựa trên tầm nhìn dài hạn của Chương trình Society 5.0, một sáng kiến hướng tới xây dựng một xã hội bền vững và thông minh, nơi con người và công nghệ hợp tác hài hòa.

Mối liên hệ với lộ trình công nghệ: Lộ trình công nghệ trong khuôn khổ Society 5.0 cụ thể hóa các mục tiêu chiến lược thành các bước đi thực tiễn, như phát triển hạ tầng số, hệ thống giao thông thông minh, các robot hỗ trợ trong y tế và sản xuất [14].

Thành tựu nổi bật: Nhật Bản đã triển khai thành công các robot công nghiệp thế hệ mới như robot cộng tác (collaborative robot) trong sản xuất.

Trong lĩnh vực năng lượng tái tạo, Nhật Bản phát triển các công nghệ lưu trữ năng lượng tiên tiến như pin lithium-ion thế hệ mới, góp phần giảm thiểu khí thải carbon [15].

Như vậy, nhìn trước công nghệ và lộ trình công nghệ đã mang lại những tác động tích cực và ý nghĩa quan trọng đối với chiến lược STI của Nhật Bản. Trước hết, các công cụ này giúp định hướng chiến lược dài hạn, tập trung vào các lĩnh vực ưu tiên quốc gia, từ đó tạo nên một tầm nhìn quốc gia rõ ràng và nhất quán. Sự kết hợp giữa nhìn trước và lộ trình không chỉ tối ưu hóa nguồn lực mà còn cho phép Nhật Bản thích ứng linh hoạt với những thay đổi nhanh chóng của công nghệ và thị trường, đồng thời giải quyết hiệu quả các thách thức xã hội như dân số già hóa và biến đổi khí hậu. Từ kinh nghiệm này, hai bài học quan trọng có thể được rút ra:

Thứ nhất, việc sử dụng các phương pháp nhìn trước tiên tiến như Delphi giúp xây dựng sự đồng thuận và nhận diện chính xác các xu hướng công nghệ dài hạn.

Thứ hai, cụ thể hóa các nhìn trước thành lộ trình công nghệ chi tiết và khả thi là yếu tố then chốt để gắn kết các mục tiêu chiến lược với hành động thực tiễn, đồng thời đảm bảo phát triển bền vững. Những bài học này là tài liệu tham khảo quý báu cho các quốc gia khác trong việc xây dựng và triển khai chiến lược STI.

2.2. Hàn Quốc

Phương pháp nhìn trước công nghệ: Hướng tới các công nghệ tương lai.

Hàn Quốc là một trong những quốc gia đi đầu trong việc nhìn trước và triển khai công nghệ với chiến lược tập trung vào các lĩnh vực công nghệ tương lai, nhằm duy trì vị thế cạnh tranh toàn cầu và thúc đẩy tăng trưởng kinh tế. Quốc gia này tập trung vào ba lĩnh vực công nghệ chiến lược sau:

²Trong dự báo giai đoạn 11 (2020), NISTEP đã nhấn mạnh tiềm năng của các công nghệ như máy học (machine learning) và robot chăm sóc người già, với mục tiêu tăng cường chất lượng cuộc sống trong bối cảnh dân số già hóa nhanh chóng (NISTEP, 2020).

³Được giới thiệu trong Chiến lược STI năm 2016, Society 5.0 tập trung vào việc sử dụng công nghệ số và AI để giải quyết các thách thức xã hội như dân số già hóa, biến đổi khí hậu và đô thị hóa (Cabinet Office, 2016).

Công nghệ sinh học (Biotechnology): Phát triển các sản phẩm sinh học tiên tiến trong y học, nông nghiệp và môi trường.

Bán dẫn (Semiconductors): Nâng cao năng lực sản xuất và nghiên cứu chip điện tử, đóng vai trò quan trọng trong ngành công nghiệp 4.0.

Năng lượng sạch (Clean Energy): Đầu tư vào các công nghệ năng lượng tái tạo như năng lượng mặt trời, gió và hydro.

Nhìn trước công nghệ: Hội đồng chuyên gia đa ngành: Nhìn trước công nghệ tại Hàn Quốc được thực hiện thông qua sự phối hợp của Viện Kế hoạch và Đánh giá Khoa học và Công nghệ (KISTEP) với sự tham gia của các chuyên gia từ nhiều lĩnh vực.

Phân tích dữ liệu lớn và AI: Hàn Quốc ứng dụng AI và dữ liệu lớn để phân tích xu hướng công nghệ, dự đoán sự phát triển của các công nghệ mới⁴ và đưa ra các kịch bản phát triển trong tương lai [16].

Lộ trình công nghệ: Kết hợp với chương trình Creative Economy.

Lộ trình công nghệ của Hàn Quốc được xây dựng gắn liền với Chương trình Creative Economy, một sáng kiến chiến lược nhằm thúc đẩy đổi mới sáng tạo và tăng cường sự tham gia của doanh nghiệp vào hệ sinh thái STI.

Về Chương trình Creative Economy: Được giới thiệu vào năm 2013, Creative Economy tập trung vào việc tạo ra giá trị kinh tế mới thông qua đổi mới sáng tạo và ứng dụng công nghệ cao. Chương trình nhấn mạnh vai trò của doanh nghiệp trong việc thương mại hóa công nghệ và phát triển các sản phẩm mang tính đột phá.

Mối liên hệ với lộ trình công nghệ:

Xây dựng mạng lưới hợp tác: Lộ trình công nghệ của Hàn Quốc tạo ra một hệ sinh thái hợp tác giữa chính phủ, doanh nghiệp và viện nghiên cứu. Các doanh nghiệp lớn như Samsung, LG, và SK Hynix đóng vai trò chủ đạo trong việc thực hiện các mục tiêu lộ trình, đặc biệt trong ngành bán dẫn và công nghệ thông tin.

Định hướng thương mại hóa: Lộ trình tập trung vào việc chuyển giao kết quả nghiên cứu từ các viện nghiên cứu sang doanh nghiệp để thúc đẩy sản xuất và đổi mới sản phẩm⁵.

Thành tựu nổi bật:

Công nghệ sinh học: Hàn Quốc đã trở thành một trong những quốc gia dẫn đầu về sản xuất vắc-xin và dược phẩm sinh học, với các công ty như Samsung Biologics và Celltrion đạt được những thành tựu nổi bật.

⁴Năm 2021, KISTEP đã công bố báo cáo Future Strategy for Technology Innovation, trong đó dự báo vai trò của công nghệ sinh học trong phát triển vắc-xin và liệu pháp gen, đặc biệt trong bối cảnh đại dịch COVID-19.

⁵Trong lĩnh vực năng lượng sạch, Hàn Quốc đã triển khai lộ trình phát triển công nghệ pin nhiên liệu hydro, với mục tiêu đạt 6,2 triệu hệ thống năng lượng hydro vào năm 2040 (MOTIE, 2020).

Bán dẫn: Hàn Quốc chiếm vị trí hàng đầu trong ngành công nghiệp bán dẫn toàn cầu, với sản lượng chiếm hơn 50% thị trường chip nhớ thế giới [17].

Năng lượng sạch: Hàn Quốc không chỉ dẫn đầu về công nghệ pin nhiên liệu hydro mà còn phát triển các dự án năng lượng mặt trời và gió với quy mô lớn.

Như vậy, nhìn trước công nghệ và lộ trình công nghệ đã mang lại những ý nghĩa quan trọng đối với chiến lược STI của Hàn Quốc. Sự kết hợp giữa lộ trình công nghệ và Chương trình Creative Economy đã khuyến khích sự tham gia mạnh mẽ của khu vực tư nhân, đặc biệt là các doanh nghiệp, qua đó đẩy nhanh quá trình thương mại hóa công nghệ và thúc đẩy đổi mới sáng tạo. Bên cạnh đó, Hàn Quốc đã sử dụng nhìn trước công nghệ và lộ trình để tối ưu hóa nguồn lực quốc gia, tập trung đầu tư vào các lĩnh vực có lợi thế cạnh tranh như công nghệ sinh học, bán dẫn và năng lượng sạch, qua đó đảm bảo phát triển bền vững và nâng cao vị thế toàn cầu. Hai bài học quan trọng rút ra từ kinh nghiệm này bao gồm: Kết hợp chặt chẽ giữa nhìn trước công nghệ và lộ trình để định hướng rõ ràng các mục tiêu chiến lược và khuyến khích hợp tác công - tư nhằm tối ưu hóa nguồn lực, đồng thời đẩy nhanh tiến độ đổi mới sáng tạo. Đây là những bài học có giá trị cho các quốc gia đang tìm cách tăng cường hiệu quả chiến lược STI.

2.3. Châu Âu

Phương pháp nhìn trước công nghệ: Ứng dụng dữ liệu lớn và AI.

Châu Âu nổi bật là khu vực tiên phong trong việc sử dụng các công nghệ hiện đại, đặc biệt là dữ liệu lớn và AI để nhìn trước các xu hướng công nghệ nhằm đối phó với các thách thức toàn cầu và định hướng chiến lược STI.

Châu Âu có sáng kiến Horizon Europe là chương trình nghiên cứu và đổi mới lớn nhất của Liên minh châu Âu (EU), triển khai từ năm 2021 đến 2027 với ngân sách hơn 95 tỷ euro. Horizon Europe tích hợp các công cụ nhìn trước hiện đại để đánh giá tác động của công nghệ và xác định các lĩnh vực ưu tiên phát triển, như chuyển đổi số, y tế thông minh và năng lượng sạch.

Nhìn trước công nghệ dựa trên dữ liệu lớn và AI:

Dữ liệu lớn: Châu Âu sử dụng dữ liệu lớn (big data) để phân tích các xu hướng công nghệ từ lượng lớn thông tin khoa học, bằng sáng chế và dữ liệu kinh tế. Công cụ này giúp phát hiện sớm các công nghệ đột phá và đánh giá tác động của chúng lên xã hội và môi trường.

AI và học máy: Các thuật toán AI được áp dụng để mô phỏng các kịch bản phát triển công nghệ, từ đó hỗ trợ xây dựng các chiến lược chính sách [18].

Ví dụ: Chương trình Artificial Intelligence and Robotics Partnership trong Horizon Europe đã áp dụng AI để dự đoán tiềm năng của các công nghệ robot tự động trong sản xuất và logistics, giúp thúc đẩy nền công nghiệp xanh và hiệu quả năng lượng.

Lộ trình công nghệ: Đối mặt với các thách thức toàn cầu.

Lộ trình công nghệ của châu Âu tập trung vào việc giải quyết các thách thức mang tính toàn cầu, đồng thời định hướng phát triển bền vững cho toàn khu vực. Các lộ trình này thường được xây dựng dựa trên sự hợp tác đa phương giữa các quốc gia thành viên, đảm bảo tính thống nhất và đồng bộ trong triển khai chiến lược STI.

Các lĩnh vực ưu tiên trong lộ trình công nghệ:

Biến đổi khí hậu: Phát triển các công nghệ năng lượng tái tạo như năng lượng gió, mặt trời và hydro xanh.

An ninh năng lượng: Tập trung vào việc cải thiện hiệu quả năng lượng và giảm phụ thuộc vào năng lượng hóa thạch, như phát triển mạng lưới điện thông minh.

Chuyển đổi số: Triển khai các hệ thống AI, dữ liệu lớn và blockchain để tăng cường tính minh bạch và hiệu quả trong quản lý và sản xuất.

Cách tiếp cận đa phương:

Horizon Europe đã xây dựng các lộ trình công nghệ như Green Deal Mission⁶ và Digital Europe Programme, tập trung vào sự hợp tác giữa các quốc gia thành viên nhằm đồng bộ hóa chính sách và chia sẻ nguồn lực nghiên cứu.

Thành tựu nổi bật:

Biến đổi khí hậu: Châu Âu đã trở thành khu vực dẫn đầu toàn cầu trong phát triển năng lượng gió, với hơn 35% sản lượng điện của khu vực đến từ các nguồn năng lượng tái tạo [19].

Chuyển đổi số: Các dự án AI và blockchain được triển khai rộng rãi trong các ngành tài chính, y tế và sản xuất, giúp tăng cường hiệu quả và tính bền vững.

Hợp tác nghiên cứu: Horizon Europe đã tài trợ hàng nghìn dự án hợp tác giữa các quốc gia thành viên, tạo điều kiện thúc đẩy đổi mới và xây dựng năng lực STI mạnh mẽ.

Như vậy, sự kết hợp giữa nhìn trước công nghệ hiện đại và lộ trình công nghệ đã mang lại những ý nghĩa quan trọng đối với chiến lược STI của châu Âu. Trước hết, việc áp dụng các công cụ tiên tiến như big data và AI trong nhìn trước công nghệ, cùng với các lộ trình công nghệ được xây dựng chi tiết và gắn liền với các mục tiêu bền vững toàn cầu, giúp châu Âu định hướng chiến lược dài hạn một cách hiệu quả. Điều này không chỉ duy trì lợi thế cạnh tranh mà còn đảm bảo rằng các mục tiêu phát triển bền vững được thực hiện đồng bộ. Hơn nữa, các chương trình như Horizon Europe đã

⁶Green Deal Mission đặt mục tiêu đạt mức phát thải carbon bằng 0 vào năm 2050 thông qua các lộ trình công nghệ phát triển năng lượng tái tạo và xây dựng nền kinh tế tuần hoàn.

khuyến khích sự hợp tác không chỉ giữa các quốc gia thành viên EU mà còn với các đối tác quốc tế, qua đó mở rộng mạng lưới nghiên cứu và đổi mới sáng tạo toàn cầu. Từ kinh nghiệm này, ba bài học quan trọng được rút ra: tích hợp công nghệ hiện đại vào nhìn trước công nghệ; xây dựng các lộ trình cụ thể hướng đến phát triển bền vững; và khuyến khích hợp tác đa phương để tối ưu hóa nguồn lực và nâng cao hiệu quả triển khai. Đây là những kinh nghiệm quý báu mà các quốc gia khác có thể học hỏi để xây dựng và triển khai chiến lược STI hiệu quả.

2.4. So sánh kinh nghiệm giữa Nhật Bản, Hàn Quốc và châu Âu

Điểm tương đồng

Cả ba khu vực đều coi nhìn trước công nghệ và lộ trình công nghệ là công cụ cốt lõi trong hoạch định chiến lược STI, tập trung vào công nghệ mũi nhọn như AI, năng lượng tái tạo và chuyển đổi số, đồng thời gắn kết chặt chẽ với chiến lược phát triển bền vững (bảng 1).

Bảng 1. Điểm tương đồng trong cách tiếp cận nhìn trước và lộ trình công nghệ.

Nội dung chính	Nhật Bản	Hàn Quốc	Châu Âu
Công cụ nhìn trước	Delphi, khảo sát chuyên gia	AI, dữ liệu lớn, hội đồng chuyên gia	AI, dữ liệu lớn, học máy
Công nghệ mũi nhọn	AI, robot, năng lượng tái tạo	Sinh học, bán dẫn, năng lượng sạch, AI	Năng lượng xanh, AI, blockchain, chuyển đổi số
Liên kết với chiến lược	Society 5.0 (xã hội thông minh, bền vững)	Creative Economy (thương mại hóa nhanh, doanh nghiệp trung tâm)	Horizon Europe, Green Deal (giải quyết thách thức toàn cầu)
Vai trò trong STI	Định hướng dài hạn, giải quyết dân số già, khí hậu	Tăng tốc thương mại hóa, doanh nghiệp dẫn đầu	Đẩy mạnh hợp tác đa phương, mục tiêu trung hòa carbon
Ý nghĩa chung	Định hướng dài hạn, tối ưu nguồn lực, tăng sức cạnh tranh, thúc đẩy đổi mới sáng tạo và phát triển bền vững		

Nguồn: Nhóm tác giả tổng hợp.

Điểm khác biệt

Mặc dù cùng coi nhìn trước công nghệ và lộ trình công nghệ là công cụ chiến lược, Nhật Bản, Hàn Quốc và châu Âu có cách tiếp cận khác nhau phản ánh bối cảnh phát triển: Nhật Bản thiên về tầm nhìn dài hạn và phát triển bền vững; Hàn Quốc nhấn mạnh tốc độ triển khai và thương mại hóa nhanh; trong khi châu Âu tập trung vào giải quyết thách thức toàn cầu thông qua hợp tác đa phương (bảng 2).

Bảng 2. So sánh điểm khác biệt.

Tiêu chí	Nhật Bản	Hàn Quốc	Châu Âu
Mục tiêu chiến lược	Xây dựng xã hội thông minh, bền vững (Society 5.0)	Thúc đẩy tăng trưởng nhanh qua thương mại hóa công nghệ (Creative Economy)	Giải quyết thách thức toàn cầu: khí hậu, năng lượng, số (Horizon Europe, Green Deal)
Ưu tiên công nghệ	AI, robot, năng lượng tái tạo	Công nghệ sinh học, bán dẫn, năng lượng sạch	Chuyển đổi số, năng lượng xanh, y tế thông minh
Cách tiếp cận	Nhìn trước dài hạn (Delphi), lộ trình chi tiết, phối hợp viện nghiên cứu-nhà nước	Ứng dụng big data và AI, doanh nghiệp dẫn dắt, ưu tiên thương mại hóa	Dữ liệu lớn và AI, lộ trình liên vùng, hợp tác đa phương
Vai trò doanh nghiệp	Vai trò hỗ trợ, phối hợp cùng chính phủ và viện nghiên cứu	Trung tâm hệ sinh thái đổi mới (Samsung, LG, SK Hynix)	Được hỗ trợ mạnh mẽ qua chính sách khu vực EU
Đặc điểm nổi bật	Định hướng dài hạn, chú trọng bền vững và giải quyết dân số già Tốc độ cao, tập trung thương mại hóa, tối ưu hóa nguồn lực hạn chế Hợp tác đa quốc gia, hướng tới trung hòa carbon, gắn kết mục tiêu toàn cầu		

Nguồn: Nhóm tác giả tổng hợp.

Chiến lược ưu tiên khác nhau của Nhật Bản, Hàn Quốc và châu Âu:

Các chiến lược STI của ba khu vực phản ánh rõ bối cảnh kinh tế-xã hội và mục tiêu phát triển đặc thù: Nhật Bản tập trung vào tầm nhìn dài hạn và phát triển bền vững thông qua Society 5.0; Hàn Quốc nhấn mạnh tốc độ thương mại hóa công nghệ gắn với công nghiệp hóa và vai trò trung tâm của doanh nghiệp; châu Âu đặt trọng tâm vào giải quyết thách thức toàn cầu, dựa trên hợp tác đa phương và cam kết quốc tế (bảng 3).

Bảng 3. Chiến lược ưu tiên của Nhật Bản, Hàn Quốc và châu Âu.

Tiêu chí	Nhật Bản	Hàn Quốc	Châu Âu
Định hướng chiến lược	Xây dựng xã hội thông minh, bền vững (Society 5.0)	Thúc đẩy tăng trưởng nhanh qua thương mại hóa công nghệ (Creative Economy)	Giải quyết thách thức toàn cầu (khí hậu, năng lượng, số)
Động lực chính	Dân số già, biến đổi khí hậu, thiếu hụt lao động	Công nghiệp hóa nhanh, định hướng xuất khẩu	Cam kết quốc tế, hội nhập khu vực EU
Nền tảng hỗ trợ	R&D mạnh mẽ, nguồn lực dài hạn	Doanh nghiệp lớn (Samsung, LG, SK Hynix) dẫn dắt	Nguồn lực dồi dào, phân bổ đồng đều (Horizon Europe)
Trọng tâm công nghệ	AI, robot, năng lượng tái tạo	Bán dẫn, công nghệ sinh học, năng lượng sạch	Chuyển đổi số, năng lượng xanh, hợp tác đa phương
Đặc điểm nổi bật	Tầm nhìn dài hạn, bền vững	Thương mại hóa nhanh, tối ưu hóa nguồn lực hạn chế	Hợp tác đa quốc gia, mục tiêu trung hòa carbon vào năm 2050

Nguồn: Nhóm tác giả tổng hợp.

2.5. Việt Nam - Điểm tương đồng và khác biệt trong áp dụng kinh nghiệm quốc tế

Việt Nam có nhiều điểm tương đồng với Nhật Bản, Hàn Quốc và châu Âu, tạo điều kiện thuận lợi để học hỏi và áp dụng kinh nghiệm từ các quốc gia/khu vực này. Tuy nhiên, cũng tồn tại những khác biệt đáng kể về bối cảnh kinh tế, xã hội và thể chế chính trị, cần được cân nhắc khi áp dụng.

Điểm tương đồng:

Việt Nam có nhiều điểm tương đồng với Nhật Bản, Hàn Quốc và châu Âu trong việc định hình chiến lược STI làm động lực then chốt cho phát triển kinh tế - xã hội. Điều này được thể hiện rõ qua các chính sách quốc gia như Chiến lược phát triển STI đến năm 2030 [20], nhấn mạnh vai trò của STI trong việc nâng cao năng lực cạnh tranh quốc gia. Tương tự các khu vực tiên phong, Việt Nam tập trung đầu tư vào các công nghệ chiến lược, bao gồm AI, chuyển đổi số, năng lượng tái tạo và nông nghiệp thông minh, nhằm bắt kịp xu thế toàn cầu và đáp ứng các yêu cầu phát triển bền vững [21]. Đồng thời, Việt Nam cũng coi trọng hợp tác đa bên, tương tự như cách châu Âu thúc đẩy sự phối hợp chặt chẽ giữa chính phủ, doanh nghiệp và các tổ chức nghiên cứu trong hệ sinh thái STI, nhằm tối ưu hóa nguồn lực và đẩy mạnh đổi mới sáng tạo.

Điểm khác biệt:

Mặc dù Việt Nam chia sẻ nhiều điểm tương đồng với Nhật Bản, Hàn Quốc và châu Âu trong việc thúc đẩy STI, nhưng cũng tồn tại những khác biệt đáng kể xuất phát từ bối cảnh nguồn lực, hệ thống đổi mới và thể chế.

Thứ nhất, nguồn lực tài chính, nhân lực và công nghệ hạn chế là một trở ngại lớn. So sánh nguồn ngân sách R&D của Việt Nam (~0,53% GDP) với Nhật Bản (~3,2% GDP), Hàn Quốc (~4,8% GDP), hoặc EU (~2,3% GDP) [22]. Điều này cho thấy mức đầu tư còn hạn chế và ảnh hưởng đến khả năng triển khai các nhìn trước công nghệ hoặc lộ trình phức tạp. Việt Nam cần tối ưu hóa các chiến lược, tập trung vào các lĩnh vực trọng điểm như năng lượng tái tạo, chuyển đổi số và nông nghiệp thông minh, thay vì dàn trải nguồn lực.

Thứ hai, hệ thống đổi mới sáng tạo chưa hoàn thiện là một yếu tố khác biệt rõ nét. Trong khi Hàn Quốc và Nhật Bản có sự hỗ trợ mạnh mẽ từ các doanh nghiệp lớn với vai trò dẫn dắt hệ sinh thái STI, Việt Nam lại phụ thuộc chủ yếu vào các doanh nghiệp nhỏ và vừa (SMEs), khiến quá trình chuyển giao công nghệ và thương mại hóa các sản phẩm đổi mới gặp nhiều thách thức.

Cuối cùng, sự khác biệt về văn hóa kinh doanh và thể chế chính trị đòi hỏi Việt Nam cần có cách tiếp cận linh hoạt hơn, văn hóa hợp tác công - tư chưa được thúc đẩy mạnh mẽ, dẫn đến thiếu niềm tin giữa các bên trong hệ sinh thái đổi mới sáng tạo [23]. Các cơ chế như khuyến khích doanh nghiệp tham gia sâu hơn vào hệ sinh thái đổi mới sáng tạo, tương tự chương trình Creative Economy của Hàn Quốc, cần được ưu tiên triển khai.

Hướng điều chỉnh khi áp dụng:

Để vượt qua các điểm khác biệt này, Việt Nam cần thực hiện các điều chỉnh chiến lược:

Tập trung vào các lĩnh vực mũi nhọn: Học hỏi từ Nhật Bản và Hàn Quốc, Việt Nam nên cụ thể hóa các lộ trình công nghệ cho từng lĩnh vực ưu tiên như chuyển đổi số và năng lượng sạch.

Tăng cường hợp tác công - tư: Lấy cảm hứng từ Hàn Quốc, Việt Nam cần xây dựng các chính sách ưu đãi khuyến khích doanh nghiệp, đặc biệt là doanh nghiệp nhỏ và vừa (SMEs), tham gia mạnh mẽ hơn vào hệ sinh thái đổi mới sáng tạo.

Phát triển năng lực nội tại: Việt Nam cần đầu tư vào việc xây dựng các trung tâm nghiên cứu và đổi mới sáng tạo, nhằm giảm sự phụ thuộc vào công nghệ nhập khẩu và tăng cường khả năng tự chủ.

Đẩy mạnh hợp tác quốc tế: Tận dụng các chương trình quốc tế như Horizon Europe hoặc các sáng kiến ở khu vực như ASEAN sẽ giúp Việt Nam tiếp cận nguồn vốn, công nghệ và kinh nghiệm thực tiễn từ các đối tác hàng đầu.

Những điều chỉnh này sẽ giúp Việt Nam không chỉ vượt qua các hạn chế hiện tại mà còn tận dụng tối đa cơ hội trong bối cảnh công nghệ toàn cầu đang phát triển mạnh mẽ.

Như vậy, Nhật Bản, Hàn Quốc và châu Âu đã chứng minh vai trò thiết yếu của nhìn trước công nghệ và lộ trình công nghệ trong việc xây dựng và triển khai chiến lược STI. Điểm tương đồng nổi bật giữa các khu vực này là việc sử dụng các công cụ nhìn trước và xây dựng lộ trình để định hướng dài hạn, tập trung vào các công nghệ mũi nhọn như AI, năng lượng tái tạo và chuyển đổi số, đồng thời đảm bảo sự liên kết chặt chẽ giữa chiến lược triển khai và thực tiễn. Tuy nhiên, mỗi khu vực lại có cách tiếp cận khác biệt: Nhật Bản nhấn mạnh vào tầm nhìn dài hạn và phát triển bền vững, Hàn Quốc ưu tiên thương mại hóa nhanh chóng thông qua đổi mới sáng tạo doanh nghiệp, trong khi châu Âu tập trung giải quyết các thách thức toàn cầu bằng cách hợp tác đa phương. Những bài học từ các khu vực này cung cấp những định hướng quan trọng cho các quốc gia khác, đặc biệt là Việt Nam, trong việc áp dụng hiệu quả nhìn trước công nghệ và xây dựng lộ trình công nghệ để thúc đẩy đổi mới sáng tạo và phát triển bền vững.

3. Bài học và đề xuất cho Việt Nam

Dựa trên kinh nghiệm từ Nhật Bản, Hàn Quốc và châu Âu, Việt Nam có thể rút ra nhiều bài học giá trị để nâng cao hiệu quả trong việc nhìn trước công nghệ và xây dựng lộ trình công nghệ. Các đề xuất dưới đây tập trung vào việc áp dụng các phương pháp nhìn trước hiện đại, xây dựng lộ trình công nghệ chi tiết và tăng cường hợp tác quốc tế nhằm phát triển STI.

3.1. Áp dụng các phương pháp nhìn trước hiện đại

Để nâng cao hiệu quả nhìn trước công nghệ, Việt Nam cần chú trọng vào việc nhìn trước nhu cầu công nghệ thay vì chỉ tập trung vào các công nghệ mới. Việc ứng dụng

dữ liệu lớn và AI sẽ giúp phân tích dữ liệu sáng chế, nghiên cứu và thị trường, từ đó nhận diện sớm các lĩnh vực công nghệ có nhu cầu cao như năng lượng tái tạo, nông nghiệp thông minh và chuyển đổi số.

Song song với đó, cần thành lập hội đồng chuyên gia đa ngành gồm các nhà khoa học, nhà quản lý và doanh nghiệp để bảo đảm kết quả nhìn trước toàn diện, gắn với thực tiễn. Kinh nghiệm quốc tế cho thấy, Nhật Bản sử dụng hiệu quả phương pháp Delphi, còn Hàn Quốc đã áp dụng dữ liệu lớn và AI để xác định các ưu tiên chiến lược.

Trong bối cảnh Việt Nam còn hạn chế về hạ tầng dữ liệu và nhân lực công nghệ cao, việc triển khai các dự án thí điểm là cần thiết. Các dự án này nên tập trung vào một số lĩnh vực mũi nhọn và được thực hiện thông qua cơ chế phối hợp chặt chẽ giữa viện nghiên cứu, trường đại học và doanh nghiệp. Cách tiếp cận này sẽ giúp hình thành một hệ sinh thái nhìn trước công nghệ khả thi, bền vững, tạo nền tảng thúc đẩy đổi mới sáng tạo quốc gia.

3.2. Xây dựng lộ trình công nghệ

Việt Nam cần cụ thể hóa các mục tiêu chiến lược STI thành các lộ trình công nghệ chi tiết và khả thi, tập trung vào một số lĩnh vực mũi nhọn như nông nghiệp thông minh, công nghệ sinh học và năng lượng sạch. Trong nông nghiệp, ứng dụng IoT và AI sẽ giúp tối ưu hóa sản xuất. Trong y học và nông nghiệp, cần thúc đẩy nghiên cứu và ứng dụng công nghệ sinh học để gia tăng giá trị và tính bền vững. Trong năng lượng sạch, cần ưu tiên phát triển điện mặt trời, gió và hydro xanh để đáp ứng yêu cầu giảm phát thải carbon.

Để xây dựng lộ trình công nghệ đòi hỏi sự gắn kết chặt chẽ giữa các bên liên quan: Chính phủ định hướng chính sách và hỗ trợ nguồn lực, doanh nghiệp tham gia triển khai và thương mại hóa công nghệ, các viện nghiên cứu trường đại học cung cấp nền tảng khoa học và dữ liệu. Kinh nghiệm quốc tế cho thấy, Green Deal Mission của châu Âu thành công nhờ hợp tác đa phương và chia sẻ nguồn lực, trong khi Creative Economy của Hàn Quốc gắn liền với thương mại hóa nhanh từ viện nghiên cứu sang doanh nghiệp.

Để bảo đảm hiệu quả, Việt Nam cần xây dựng lộ trình cho từng lĩnh vực ưu tiên với mốc thời gian rõ ràng, đồng thời hình thành trung tâm đổi mới sáng tạo vùng để kết nối nghiên cứu và triển khai. Những thách thức hiện nay như hạn chế ngân sách, thiếu cơ chế giám sát và liên kết doanh nghiệp - viện nghiên cứu có thể được khắc phục thông qua việc tăng đầu tư công, cải thiện cơ chế quản lý và đẩy mạnh hợp tác công-tư. Cách tiếp cận này sẽ giúp lộ trình công nghệ trở thành công cụ thiết thực trong triển khai chiến lược STI.

3.3. Tăng cường hợp tác quốc tế

Hợp tác quốc tế là giải pháp quan trọng để Việt Nam nâng cao năng lực nhìn trước nhu cầu công nghệ và xây dựng lộ trình công nghệ hiệu quả.

Việt Nam cần chủ động tham gia các sáng kiến quốc tế như *Horizon Europe* hay các chương trình hợp tác khu vực ASEAN để tiếp cận nguồn vốn, công nghệ tiên tiến và cơ hội đào tạo nhân lực. Việc tham gia này không chỉ giúp Việt Nam học hỏi kinh nghiệm mà còn tăng cường năng lực đổi mới sáng tạo quốc gia.

Tuy nhiên, những hạn chế về năng lực quản lý, ngoại ngữ và tài chính vẫn là rào cản lớn khi Việt Nam tham gia các chương trình hợp tác toàn cầu. Để khắc phục, cần đầu tư cho đào tạo nhân lực quốc tế, cải thiện năng lực quản lý dự án, đồng thời huy động các nguồn tài trợ để giảm gánh nặng tài chính.

Tham gia tích cực và hiệu quả vào các mạng lưới quốc tế sẽ tạo điều kiện để Việt Nam tiếp cận công nghệ mới, nâng cao năng lực quản trị và thúc đẩy hội nhập trong hệ sinh thái đổi mới sáng tạo toàn cầu.

3.4. Ứng dụng dữ liệu lớn và AI trong nhìn trước công nghệ

Việt Nam có thể tận dụng dữ liệu lớn và AI để nâng cao độ chính xác và hiệu quả trong nhìn trước công nghệ. Dữ liệu lớn cho phép phân tích dữ liệu sáng chế, nghiên cứu và thị trường để nhận diện các lĩnh vực tiềm năng như nông nghiệp thông minh, năng lượng tái tạo hay chuyển đổi số, trong khi AI có thể mô phỏng các kịch bản phát triển công nghệ, hỗ trợ hoạch định chính sách và lựa chọn lộ trình ưu tiên.

Tuy nhiên, quá trình ứng dụng cần tính đến một số đặc thù của Việt Nam:

Văn hóa hợp tác: Sự liên kết giữa nhà nước, doanh nghiệp và viện nghiên cứu còn hạn chế, làm chậm quá trình triển khai.

Kinh tế: Nguồn lực tài chính còn hạn hẹp, đòi hỏi tập trung vào lĩnh vực mũi nhọn thay vì đầu tư dàn trải.

Chính trị - thể chế: Cần sự cam kết rõ ràng từ các cơ quan quản lý trong việc tạo lập khung pháp lý và cơ chế thuận lợi cho các bên tham gia.

Kết hợp dữ liệu lớn và AI với cải thiện thể chế, tối ưu hóa nguồn lực và thúc đẩy hợp tác đa bên sẽ giúp hình thành một hệ sinh thái nhìn trước công nghệ phù hợp với điều kiện Việt Nam.

4. Kết luận

Bài báo đã khẳng định vai trò then chốt của nhìn trước công nghệ và lộ trình công nghệ trong xây dựng và triển khai chiến lược STI. Thông qua phân tích kinh nghiệm từ Nhật Bản, Hàn Quốc và châu Âu, nghiên cứu nhấn mạnh sự cần thiết phải tích hợp các công cụ hiện đại như dữ liệu lớn và AI vào quy trình nhìn trước, nhằm nâng cao độ chính xác và xây dựng các kịch bản phát triển phù hợp với điều kiện Việt Nam.

Việc điều chỉnh bài học quốc tế theo đặc thù văn hóa, kinh tế và thể chế trong nước là yếu tố quyết định. Việt Nam có thể học hỏi tầm nhìn dài hạn hướng tới phát triển bền vững từ Nhật Bản, kinh nghiệm thương mại hóa nhanh và phối hợp công - tư hiệu quả từ Hàn Quốc, cũng như cách tiếp cận đa phương, gắn kết mục tiêu bền vững của châu Âu.

Trên cơ sở đó, bài báo đề xuất một số giải pháp chính sách: *Một là*, tập trung vào các công nghệ mũi nhọn, đồng thời dự báo nhu cầu công nghệ bằng dữ liệu lớn và AI; *Hai là*, thúc đẩy hợp tác công - tư để tối ưu hóa nguồn lực và tăng cường đổi mới sáng tạo; *Ba là*, xây dựng cơ chế linh hoạt khuyến khích doanh nghiệp tham gia sâu vào hệ sinh thái STI. Những giải pháp này vừa có giá trị học thuật, vừa mang ý nghĩa thực tiễn, hỗ trợ Việt Nam trong việc hình thành một lộ trình STI khả thi và bền vững.

Trong bối cảnh Cách mạng công nghiệp 4.0, Việt Nam cần hành động kịp thời và đồng bộ để tận dụng cơ hội, nâng cao năng lực đổi mới sáng tạo và khẳng định vị thế trong khu vực. Nghiên cứu tiếp theo sẽ tập trung vào bằng chứng định lượng nhằm đánh giá hiệu quả của các phương pháp đề xuất và hoàn thiện cơ chế triển khai chính sách một cách thiết thực hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] A.L. Porter, R.J. Watts (2004), *Technology Foresight for Innovation*, Springer, pp.288-289, DOI: 10.1016/j.techfore.2003.11.004.
- [2] B.R. Martin (2010), “Technology foresight in science policy: Retrospect and prospect”, *International Journal of Foresight and Innovation Policy*, **6(2)**, pp.142-172, DOI: 10.1080/09537329508524202.
- [3] P. Bishop, A. Hines, T. Collins (2007), “The current state of scenario development: An overview of techniques”, *Foresight*, **9(1)**, pp.5-25, DOI: 10.1108/14636680710727516.
- [4] H. Chen, R.H.L. Chiang, V.C. Storey (2020), “Business Intelligence and Analytics: From Big Data to Impactful Insights”, *MIS Quarterly*, **36(4)**, pp.1165-1188, DOI: 10.2307/41703503.
- [5] L. Georghiou, J.C. Harper, M. Keenan, et al. (2008), *The Handbook of Technology Foresight: Concepts and Practice*, Edward Elgar Publishing.
- [6] R. Phaal, C.J.P. Farrukh, D.R. Probert (2004), “Technology roadmapping - A planning framework for evolution and revolution”, *Technological Forecasting and Social Change*, **71(1)**, pp.5-26, DOI: 10.1016/S0040-1625(03)00072-6.
- [7] M.L. Garcia, O.H. Bray (1997), *Fundamentals of Technology Roadmapping*, Sandia National Laboratories, DOI: 10.2172/471364.
- [8] R.N. Kostoff, R.R. Schaller (2001), “Science and technology roadmaps”, *IEEE Transactions on Engineering Management*, **48(2)**, pp.132-143, DOI: 10.1109/17.922473.
- [9] D. Probert, M. Radnor (2003), “Technology roadmapping: Aligning technology with strategic goals”, *Research-Technology Management*, **46(2)**, pp.45-53, DOI: 10.1243/095440503322420115.
- [10] R. Phaal, C.J.P. Farrukh, D.R. Probert (2010), *Roadmapping for Strategy and Innovation: Aligning Technology and Markets in a Dynamic World*, Cambridge: University of Cambridge Institute for Manufacturing, 252pp.
- [11] R. Phaal, G. Muller (2009), “An architectural framework for roadmapping: Towards visual strategy”, *Technological Forecasting and Social Change*, **76(1)**, pp.39-49, DOI: 10.1016/j.techfore.2008.03.018.
- [12] R. Popper, M. Keenan, I. Miles (2007), “Foresight for science, technology and innovation: How to use technology foresight to align with technology roadmaps”, *Futures*, **39(2)**, pp.123-136.
- [13] T.J. Gordon, A. Pease (2006), “RT Delphi: An efficient, 'round-less' almost real-time Delphi method”, *Technological Forecasting and Social Change*, **73(4)**, pp.321-333, DOI: 10.1016/j.techfore.2005.09.005.

- [14] K. Fukuda (2021), “Society 5.0: Aiming for a new human-centered society”, *Japan Spotlight*, **3**, pp.47-50, DOI: 10.5430/mos.v5n4p26.
- [15] Ministry of Economy, Trade and Industry (2020), *Energy White Paper*, Tokyo: METI.
- [16] J. Kim, J. Lee, Y. Park (2018), “Big data and technology foresight: A review”, *Technological Forecasting and Social Change*, **134**, pp.1-15.
- [17] S. Kim, Y. Han, M. Lee (2022), “Korea’s semiconductor industry: Challenges and opportunities”, *International Journal of Technology and Innovation*, **9(3)**, pp.45-58.
- [18] European Patent Office (2020), *Artificial Intelligence and Patents*, EPO.
- [19] International Energy Agency (2022), *Renewables 2022: Analysis and Forecast to 2027*, IEA, pp?.
- [20] Thủ tướng Chính phủ (2022), *Quyết định số 569/QĐ-TTg ngày 11/5/2022 Ban Hành Chiến lược Phát triển Khoa Học, Công Nghệ Và Đổi Mới Sáng Tạo Đến Năm 2030*.
- [21] Thủ tướng Chính phủ (2025), *Quyết định số 1131/QĐ-TTg Ngày 12/6/2025 về Danh Mục Công Nghệ Chiến lược Và Sản phẩm Công nghệ Chiến lược*.
- [22] UNESCO (2021), *Science Report: The Race Against Time for Smarter Development*.
- [23] OECD (2020), *Innovation Policy in Southeast Asia*.