

Phát triển mới về công nghệ lượng tử từ kinh nghiệm các quốc gia

TS NGUYỄN HỒNG QUANG - LÊ TRUNG KIÊN

Bộ Ngoại giao

11:07, ngày 23-07-2026

TCCS - Đột phá mang tính bước ngoặt thời gian qua đang đưa công nghệ lượng tử bước vào giai đoạn tăng tốc ứng dụng. Sự phát triển nhanh chóng của công nghệ lượng tử không chỉ làm sâu sắc thêm cạnh tranh chiến lược giữa các cường quốc, mà còn góp phần định hình cấu trúc ảnh hưởng về công nghệ mới trên thế giới. Trong bối cảnh đó, công nghệ lượng tử vừa mở ra cơ hội phát triển quan trọng, vừa đặt ra thách thức chiến lược mới đối với nhiều quốc gia.

Công nghệ lượng tử bao gồm một loạt ứng dụng và phát triển mới trong các lĩnh vực, như siêu vị trí (superposition) và rối lượng tử (entanglement), cho phép xử lý thông tin theo cách hoàn toàn khác với máy tính cổ điển. Trong khi máy tính cổ điển lưu trữ dữ liệu dưới dạng bit 0 hoặc 1, bit lượng tử (qubit) có thể dưới dạng bit 0 hoặc 1, hoặc cả hai một cách đồng thời. Khả năng này cho phép bit lượng tử hiện hữu dưới trạng thái không xác định, thực hiện nhiều phép tính đồng thời nhanh hơn nhiều lần so với máy tính cổ điển. Nhờ đó, công nghệ lượng tử có thể giải quyết bài toán phức tạp trong mô phỏng vật liệu, tối ưu vận hành, bảo mật thông tin và trí tuệ nhân tạo (AI) mà máy tính truyền thống khó đáp ứng. Đặc điểm này khiến công nghệ lượng tử trở thành một nền tảng chiến lược của thế kỷ XXI, mở ra cơ hội cách mạng hóa nhiều lĩnh vực, từ y tế, năng lượng, tài chính đến quốc phòng⁽¹⁾.

Từ nghiên cứu đến ứng dụng

Trong những năm gần đây, công nghệ lượng tử liên tục ghi nhận những đột phá ấn tượng, từ nâng cao năng lực phân cứng đến ứng dụng trong truyền thông siêu bảo mật, mở ra hướng đi mới từ nghiên cứu lý thuyết đến triển khai thực tiễn.

Một là, từ cuối năm 2024 đến đầu năm 2025, các tập đoàn công nghệ lớn của Mỹ, như Google, đã đạt bước tiến quan trọng trong việc sửa lỗi chip lượng tử, thông qua mô hình “bit lượng tử khả dụng” (logical qubit). Đây được xem là bước ngoặt quan trọng, mở đường cho việc đưa máy tính lượng tử từ nghiên cứu thử nghiệm vào đời sống thực, góp phần tăng độ tin cậy trong tính toán lượng tử. Tập đoàn IBM cũng công bố lộ trình ra mắt máy tính lượng tử kháng lỗi cấp công nghiệp vào năm 2029 và đang vận hành chip lượng tử “condor” với 1.121 qubit, đạt khả năng tính toán và tốc độ xử lý nhanh nhất thế giới⁽²⁾.

Hai là, tháng 10-2025, nhóm Google Quantum AI - đơn vị nghiên cứu máy tính lượng tử và AI trực thuộc Tập đoàn Google, công bố thuật toán “Quantum Echoes”, chạy trên chip lượng tử “Willow”. Thuật toán này giúp máy tính lượng tử giải quyết một số bài toán nhất định nhanh hơn khoảng 13.000 lần so với siêu

máy tính “Frontier”, được xem là siêu máy tính mạnh nhất thế giới hiện nay⁽³⁾. Điều này cho thấy ưu thế của công nghệ lượng tử đã được hiện thực hóa trong thực tiễn, với năng lực xử lý một số bài toán vượt xa khả năng của máy tính cổ điển. Các chuyên gia của Tập đoàn Google dự báo ứng dụng thương mại đầu tiên của máy tính lượng tử có thể xuất hiện trong vòng 5 năm tới, mở ra triển vọng đưa công nghệ lượng tử vào đời sống.

Ba là, đầu năm 2024, Trung Quốc công bố máy tính lượng tử siêu dẫn Origin Wukong thế hệ thứ ba, sử dụng chip nội địa Ngộ Không 72qubit⁽⁴⁾. Năm 2025, Đại học Khoa học Công nghệ Trung Quốc ra mắt chip lượng tử siêu dẫn Zuchongzhi 3.0 (105 qubit) và hãng Origin Quantum giới thiệu hệ điều khiển lượng tử Tianji 4.0 với hơn 500qubit⁽⁵⁾. Tháng 11-2025, hai doanh nghiệp công nghệ của Trung Quốc là Chip Hub for Integrated Photonics Xplore (CHIPX) và Turing Quantum giới thiệu chip lượng tử quang tử tích hợp, có tốc độ xử lý nhanh hơn khoảng 1.000 lần so với GPU thông thường⁽⁶⁾. Bước tiến này cho thấy Trung Quốc đang phát triển hướng đi riêng, tập trung vào ứng dụng thực tiễn nhằm cạnh tranh với các nước phương Tây trong cuộc chạy đua về công nghệ lượng tử.

Bốn là, một số tập đoàn công nghệ của Mỹ đã thử nghiệm kết hợp siêu máy tính với chip lượng tử để nâng cao hiệu quả tính toán. Đi đầu trong xu hướng này là NVIDIA- tập đoàn công nghệ có vốn hóa lớn nhất thế giới. Tháng 3-2025, NVIDIA công bố siêu máy tính AI thế hệ mới Blackwell, lần đầu tiên tích hợp năng lực tính toán lượng tử trực tiếp vào nền tảng siêu máy tính. Đồng thời, NVIDIA thành lập Trung tâm Nghiên cứu lượng tử gia tốc tại thành phố Bót-xton (Mỹ) để phát triển mô hình “hybrid quantum-classical”, kết hợp tính toán lượng tử và máy tính cổ điển. Đặc biệt, NVIDIA ra mắt NVQLink kết nối trực tiếp bộ xử lý lượng tử (QPU) với bộ xử lý đồ họa (GPU) và bộ xử lý trung tâm (CPU), cho phép máy tính lượng tử và siêu máy tính cổ điển trao đổi dữ liệu với độ trễ rất thấp⁽⁷⁾. Một số đánh giá công bố trên tạp chí Nature Physics và báo cáo McKinsey (tháng 10 và 11-2025) cho rằng, NVQLink đã tạo nền tảng quan trọng để công nghệ lượng tử nhanh chóng tiến vào ứng dụng trong thực tiễn và thương mại hóa⁽⁸⁾.

Năm là, lĩnh vực truyền thông lượng tử và bảo mật thông tin cũng có bước tiến đáng kể. Công nghệ phân phối khóa lượng tử (QKD), phương thức trao đổi khóa mã hóa an toàn tuyệt đối dựa trên nguyên lý của cơ học lượng tử, đã chuyển từ giai đoạn thử nghiệm trong phòng thí nghiệm sang triển khai thực tế. Hiện nay, Trung Quốc đã xây dựng mạng QKD liên đô thị lên đến hàng nghìn ki-lô-mét. Nhiều doanh nghiệp châu Âu cũng thương mại hóa thiết bị QKD phục vụ lĩnh vực tài chính và quốc phòng⁽⁹⁾.

Tiến bộ trên cho thấy, công nghệ lượng tử đang đi vào đời sống nhanh hơn dự báo. Sự kết hợp giữa siêu máy tính, chip lượng tử và AI không chỉ tăng cường năng lực huấn luyện AI, mà còn giúp tối ưu hóa thuật toán và thiết kế vật liệu với tốc độ vượt trội. Năng lực tính toán vượt trội của lượng tử mở ra giới hạn mà máy tính cổ điển khó có thể đạt được, đồng thời thúc đẩy sự hội tụ giữa

điện toán lượng tử, AI và vật liệu bán dẫn, rút ngắn đáng kể chu kỳ nghiên cứu và triển khai ứng dụng.

Nhiều chuyên gia so sánh tốc độ phát triển của công nghệ lượng tử hiện nay với sự bùng nổ của ChatGPT vào năm 2022, khi bước đột phá trong AI nhanh chóng lan tỏa vào đời sống. Trong thời gian tới, thế giới có thể chứng kiến làn sóng ứng dụng lượng tử rộng khắp trong lĩnh vực trọng yếu, như vật liệu, năng lượng, y sinh và tối ưu hóa vận hành hạ tầng. Quy mô và tốc độ lan tỏa của công nghệ mới này có thể vượt xa mọi dự đoán, tạo ra tác động chiến lược quan trọng về kinh tế, khoa học - công nghệ và an ninh quốc gia. Khi đi vào ứng dụng, công nghệ lượng tử hứa hẹn cách mạng hóa nhiều lĩnh vực quan trọng trên cơ sở được khai thác hiệu quả. Cụ thể là:

Về quốc phòng - an ninh, lượng tử cung cấp thể hệ giải pháp bảo mật mới. Chính phủ các nước có thể sử dụng mạng lượng tử để trao đổi thông tin giữa cơ quan liên quan đến yêu cầu bảo mật thông tin với mức an toàn gần như tuyệt đối. Cảm biến lượng tử gắn trên vệ tinh hoặc thiết bị do thám có độ chính xác cao, giúp phát hiện sớm mục tiêu, thay đổi hiệu quả trình sát và thu thập thông tin.

Về giao thông - vận tải, nhờ khả năng thử nghiệm hàng loạt phương án đồng thời, máy tính lượng tử phù hợp với bài toán tối ưu hóa tuyến đường và luồng vận tải. Đơn cử như, trong ngành bưu chính, Nhật Bản đã thử sử dụng máy tính D-Wave để tính toán lộ trình giao hàng, cắt giảm khoảng 30% quãng đường so với trước đây. Trong tương lai, lượng tử có thể tối ưu hóa giao thông đô thị, nâng hiệu quả kho vận của doanh nghiệp và tự động điều phối mạng lưới xe tự lái.

Về tài chính - phân tích dữ liệu lớn, máy tính lượng tử giúp ngân hàng và quỹ đầu tư phân tích danh mục đầu tư, tìm ra cơ hội sinh lời tối ưu trong hàng triệu khả năng mà máy tính cổ điển mất nhiều thời gian mới thực hiện được. Hệ thống lượng tử cũng hỗ trợ phát hiện gian lận trong giao dịch nhanh hơn nhờ khả năng xử lý đồng thời khối lượng dữ liệu lớn.

Về y tế - dược phẩm, máy tính lượng tử có thể mô phỏng chính xác cấu trúc phân tử, rút ngắn quá trình tìm kiếm thuốc mới và vật liệu tiên tiến từ 10 - 15 năm xuống còn vài tháng hoặc vài tuần. Việc phát triển vật liệu siêu dẫn thế hệ mới hoặc pin lưu trữ năng lượng hiệu quả hơn trở nên khả thi. Trong lĩnh vực y sinh, công nghệ lượng tử giúp giải mã trình tự gene của từng cá nhân nhanh chóng, mở đường cho y học cá thể hóa và xây dựng phác đồ điều trị riêng theo bộ gene mỗi người.

Về viễn thông - công nghệ thông tin, bên cạnh nâng cao bảo mật liên lạc qua QKD, công nghệ lượng tử hướng tới xây dựng internet lượng tử toàn cầu, kết nối máy tính lượng tử với máy tính cổ điển thông qua kênh lượng tử, tạo ra mô hình “điện toán đám mây lượng tử”. Trong tương lai, người sử dụng có thể truy cập sức mạnh tính toán lượng tử để thực hiện tác vụ vượt khả năng máy tính cá nhân, tương tự như sự bùng nổ internet trong những ngày đầu.

Công nghệ lượng tử trong cạnh tranh chiến lược và cấu trúc ảnh hưởng mới

Sự tiến bộ vượt bậc về ứng dụng công nghệ trong thời gian qua đã kích hoạt một làn sóng đầu tư quy mô lớn vào lĩnh vực lượng tử trên phạm vi toàn cầu. Tính đến năm 2025, tổng mức đầu tư công của chính phủ các nước trên thế giới cho công nghệ lượng tử đã vượt ngưỡng 55 tỷ USD⁽¹⁰⁾, phản ánh nhận thức ngày càng rõ ràng lượng tử không còn là vấn đề nghiên cứu thuần túy, mà đã trở thành trụ cột mới của sức mạnh tổng hợp quốc gia và năng lực cạnh tranh chiến lược.

Thứ nhất, hiện nay, Trung Quốc là quốc gia dẫn đầu về đầu tư công cho công nghệ lượng tử. Ngân sách Trung Quốc dành riêng cho lĩnh vực này đã đạt khoảng 17 tỷ USD⁽¹¹⁾. Bên cạnh đó, Trung Quốc thành lập quỹ công nghệ quy mô 1 nghìn tỷ nhân dân tệ, tương đương khoảng 138 tỷ USD, nhằm thúc đẩy doanh nghiệp công nghệ mũi nhọn, trong đó lượng tử được xác định là lĩnh vực then chốt. Mức đầu tư lớn và có tính dài hạn này cho thấy tham vọng của Trung Quốc trong việc vươn lên nắm giữ vị trí dẫn đầu về công nghệ nền tảng, coi lượng tử là công cụ bảo đảm an ninh quốc gia, tự chủ công nghệ và lợi thế chiến lược trong tương lai.

Thứ hai, nếu Trung Quốc là quốc gia dẫn đầu về đầu tư công cho công nghệ lượng tử thì Mỹ giữ vai trò dẫn đầu toàn cầu nhờ hệ sinh thái khu vực tư nhân đặc biệt năng động. Hàng loạt tập đoàn công nghệ lớn của Mỹ, như Google, IBM, Microsoft, Amazon, Intel cùng quỹ đầu tư mạo hiểm đã và đang đầu tư hàng tỷ USD vào dự án nghiên cứu và doanh nghiệp khởi nghiệp về lượng tử. Song song với đó, Chính phủ Mỹ chủ động xây dựng khung chính sách hỗ trợ dài hạn thông qua Đạo luật Sáng kiến lượng tử quốc gia, chiến lược an ninh mạng hậu lượng tử và cơ chế tài trợ nghiên cứu quy mô lớn. Cách tiếp cận kết hợp giữa đầu tư nhà nước, đổi mới tư nhân và điều phối chính sách giúp Mỹ duy trì lợi thế công nghệ trong giai đoạn chuyển tiếp sang kỷ nguyên lượng tử⁽¹²⁾.

Thứ ba, Liên minh châu Âu (EU) triển khai chương trình “Quantum Flagship” với ngân sách khoảng 1 tỷ ơ-rô cho giai đoạn 2018 - 2028, tập trung kết nối viện nghiên cứu hàng đầu với doanh nghiệp khởi nghiệp nhằm tạo ra sức mạnh cộng hưởng trong toàn khối. Nhật Bản đầu tư khoảng 7,4 tỷ USD cho chương trình lượng tử quốc gia, tận dụng thế mạnh truyền thống về phần cứng, vật liệu và sản xuất chính xác, đồng thời mở rộng hợp tác quốc tế để không bị tụt lại phía sau trong cuộc đua công nghệ mới⁽¹³⁾.

Thứ tư, nhiều quốc gia, như Hàn Quốc, Ấn Độ, Ca-na-đa, Xin-ga-po và Ô-xtrây-li-a đã xây dựng chiến lược lượng tử quốc gia với ngân sách từ vài trăm triệu đến vài tỷ USD. Đáng chú ý, một số nước đang phát triển, như Thái Lan, Nam Phi, Các Tiểu vương quốc Ả-rập Thống nhất cũng bắt đầu khởi động chương trình lượng tử quốc gia. Điều này cho thấy, công nghệ lượng tử không còn là “cuộc chơi” riêng của các cường quốc, mà dần trở thành một mặt trận cạnh tranh toàn cầu.

Cùng với làn sóng đầu tư, cạnh tranh chiến lược trong lĩnh vực lượng tử giữa các cường quốc ngày càng gay gắt. Hiện nay, Mỹ và các đồng minh, như EU, Nhật Bản, Hàn Quốc giữ ưu thế trong phần lớn lĩnh vực, từ phần cứng đến thuật toán, hệ sinh thái nghiên cứu. Các nước này đang thúc đẩy hình thành một mạng lưới hợp tác lượng tử chặt chẽ, đồng thời xây dựng chuỗi cung ứng linh kiện then chốt và kiểm soát nghiêm ngặt việc xuất khẩu công nghệ cốt lõi. Cách tiếp cận này có nhiều điểm tương đồng với chiến lược đã được Mỹ áp dụng trong lĩnh vực bán dẫn.

Ngược lại, mặc dù Trung Quốc khởi động muộn hơn, nhưng đã đạt được nhiều tiên bộ đáng kể, đặc biệt trong lĩnh vực truyền thông lượng tử, với việc triển khai mạng lưới phân phối khóa lượng tử qua vệ tinh và liên đô thị quy mô lớn. Trong tính toán lượng tử, Trung Quốc sở hữu nhiều nhóm nghiên cứu mạnh và doanh nghiệp khởi nghiệp tiềm năng, đồng thời đẩy mạnh nội địa hóa công nghệ nhằm giảm phụ thuộc vào các nền tảng phương Tây. Việc phát triển chip lượng tử quang và hệ điều khiển qubit nội địa phản ánh rõ quyết tâm làm chủ thành phần cốt lõi, tránh nguy cơ bị gián đoạn bởi biện pháp kiểm soát công nghệ từ bên ngoài.

Bên cạnh cơ hội, công nghệ lượng tử đặt ra rủi ro chiến lược chưa từng có đối với an ninh và ổn định kinh tế - xã hội toàn cầu. Theo giới chuyên gia, trong khoảng một thập niên tới, máy tính lượng tử đủ mạnh có thể phá vỡ hệ mã hóa đang bảo vệ hạ tầng thông tin quan trọng, như internet, ngân hàng, năng lượng và quốc phòng. Nguy cơ này buộc quốc gia gấp rút chuyển sang thuật toán mã hóa kháng lượng tử, nếu không muốn đối mặt với khả năng mất an toàn thông tin trên diện rộng. Việc làm chủ công nghệ lượng tử sẽ tạo khả năng nắm giữ thế hệ cảm biến siêu nhạy và mạng liên lạc bảo mật cao, qua đó tạo ra ưu thế vượt trội về trinh sát, chỉ huy và điều hành cả trong lĩnh vực dân sự và quân sự. Nhận thức rõ điều này, nhiều nước châu Âu đã chủ động nâng cấp hạ tầng mã hóa và triển khai tiêu chuẩn an toàn hậu lượng tử nhằm đi trước một bước trong phòng thủ chiến lược⁽¹⁴⁾.

Trong bối cảnh các cường quốc tăng tốc chạy đua phát triển công nghệ lượng tử, các quốc gia khác đứng trước lựa chọn giữa việc nghiêng về một cực công nghệ hay tìm cách cân bằng và đa dạng hóa quan hệ. Nếu hệ sinh thái lượng tử toàn cầu bị phân tách thành các khối đối lập thì những nước đứng ngoài có nguy cơ bị gạt khỏi chuỗi giá trị công nghệ mới, hạn chế khả năng tiếp cận nguồn lực và thị trường. Chính vì vậy, nhiều quốc gia đang phát triển đang khẩn trương xây dựng chiến lược lượng tử quốc gia, đẩy mạnh hợp tác đa phương nhằm tham gia sớm vào “cuộc chơi” và tránh nguy cơ tụt hậu trong cấu trúc quyền lực công nghệ đang hình thành.

Một số hàm ý về phương diện chính sách

Trước viễn cảnh công nghệ lượng tử được dự báo có thể làm biến đổi sâu sắc cấu trúc ảnh hưởng về công nghệ và kinh tế toàn cầu, các quốc gia đang phát triển đứng trước yêu cầu định vị rõ vai trò trên bản đồ lượng tử thế giới, đồng thời cân nhắc những lựa chọn chiến lược nhằm tránh nguy cơ bị gạt ra ngoài làn sóng công nghệ mới đang hình thành.

Xét về thực trạng, hiện nay, phần lớn quốc gia đang phát triển mới ở giai đoạn khởi đầu của tiến trình tiếp cận công nghệ lượng tử. Hoạt động trong lĩnh vực này chủ yếu tập trung nghiên cứu lý thuyết, trong khi năng lực phát triển phần cứng lượng tử cũng như triển khai ứng dụng thực nghiệm vẫn còn hạn chế. Nguyên nhân chủ yếu xuất phát từ rào cản về hạ tầng nghiên cứu và nguồn lực tài chính. Các thiết bị quan trọng phục vụ nghiên cứu lượng tử, như hệ thống làm lạnh ở nhiệt độ siêu thấp, linh kiện quang học độ chính xác cao hay nền tảng đo lường chuyên dụng, đòi hỏi mức đầu tư lớn, vượt quá khả năng của nhiều cơ sở nghiên cứu tại quốc gia đi sau.

Tuy vậy, nhiều quốc gia đang phát triển vẫn sở hữu lợi thế tiềm năng về nguồn nhân lực trẻ và nền tảng then chốt của khoa học lượng tử. Cùng với đó, một số cơ sở giáo dục đại học và doanh nghiệp công nghệ đã bắt đầu quan tâm và triển khai hoạt động đầu tư ở mức thí điểm cho đào tạo và nghiên cứu lượng tử. Mặc dù hệ sinh thái lượng tử vẫn ở giai đoạn khởi đầu, nhưng với định hướng phù hợp và đầu tư có trọng tâm, các quốc gia này vẫn có dư địa để từng bước tiếp cận và hòa nhập vào xu thế phát triển chung của công nghệ lượng tử toàn cầu.

Trên bình diện chính sách, thách thức lớn nhất đối với các quốc gia đang phát triển bắt nguồn từ hạn chế về nguồn lực, trong bối cảnh khoảng cách công nghệ với các cường quốc đã bị nới rộng đáng kể. Công nghệ lượng tử là lĩnh vực có mức độ rủi ro cao, đòi hỏi tầm nhìn chiến lược dài hạn cùng cam kết đầu tư bền bỉ. Trong khi đó, các quốc gia đi trước đã tích lũy lợi thế vượt trội về tài chính, hạ tầng nghiên cứu và nguồn nhân lực chuyên sâu. Tuy nhiên, tiến trình phát triển của công nghệ lượng tử nhìn chung vẫn đang ở giai đoạn đầu. Giai đoạn 5 - 10 năm tới thường được xem là “cửa sổ chiến lược”, trong đó quốc gia đi sau vẫn còn khả năng từng bước thu hẹp khoảng cách và xác lập vị trí phù hợp trong chuỗi giá trị lượng tử toàn cầu, với điều kiện lựa chọn được định hướng chính sách và trọng tâm phát triển đủ tập trung.

Từ thực tiễn trên, một số hàm ý chính sách đối với quốc gia đang phát triển trong bối cảnh công nghệ lượng tử tăng tốc cần được cân nhắc.

Một là, sớm xây dựng chiến lược quốc gia về công nghệ lượng tử với tầm nhìn dài hạn, xác định rõ mục tiêu, lộ trình triển khai và lĩnh vực ưu tiên. Chiến lược này không chỉ dừng ở tuyên bố định hướng, mà còn cần gắn với phân bổ nguồn lực cụ thể nhằm phát triển hạ tầng nghiên cứu, hình thành nhóm nghiên cứu nòng cốt và từng bước đào tạo đội ngũ nhân lực chuyên sâu. Trong điều kiện

nguồn lực còn hạn chế, đầu tư cần được triển khai trọng tâm, tránh dàn trải và chạy theo xu hướng hình thức.

Hai là, chủ động đánh giá và ứng phó sớm với rủi ro an ninh phát sinh từ sự phát triển của công nghệ lượng tử. Một thách thức nổi bật là nguy cơ hệ mã hóa hiện hành có thể bị phá vỡ khi máy tính lượng tử đạt đủ năng lực tính toán. Vì vậy, việc rà soát mức độ an toàn của hạ tầng thông tin trọng yếu và xây dựng lộ trình chuyển đổi sang giải pháp mã hóa kháng lượng tử là yêu cầu mang tính phòng ngừa chiến lược, nhằm giảm thiểu rủi ro dài hạn đối với an ninh và ổn định kinh tế - xã hội.

Ba là, hợp tác quốc tế giữ vai trò đặc biệt quan trọng trong quá trình phát triển năng lực lượng tử của nước đi sau. Việc tham gia mạng lưới nghiên cứu khu vực và toàn cầu, thiết lập quan hệ hợp tác với các trung tâm nghiên cứu lượng tử hàng đầu trên thế giới, cũng như tạo điều kiện cho đào tạo nguồn nhân lực ở nước ngoài có thể giúp rút ngắn đáng kể quá trình tích lũy tri thức và kinh nghiệm. Bên cạnh đó, cần có chính sách kết nối và thu hút đội ngũ chuyên gia trình độ cao, bao gồm cả cộng đồng trí thức ở nước ngoài, nhằm từng bước hình thành lực lượng nhân lực nòng cốt cho lĩnh vực lượng tử.

Bốn là, thay vì theo đuổi mục tiêu toàn diện và tốn kém như tự phát triển máy tính lượng tử hoàn chỉnh, các quốc gia đang phát triển có thể cân nhắc lựa chọn cách tiếp cận theo hướng “ngách” trong chuỗi giá trị lượng tử toàn cầu. Cách tiếp cận này tập trung vào một số khâu cụ thể có giá trị gia tăng và phù hợp với năng lực sẵn có, chẳng hạn phát triển phần mềm và thuật toán ứng dụng lượng tử, nghiên cứu linh kiện quang học, vật liệu lượng tử hoặc thành phần kỹ thuật phụ trợ cho hệ thống lượng tử. Chiến lược “ngách” không chỉ giúp quốc gia đang phát triển tham gia hiệu quả vào thị trường toàn cầu, mà còn từng bước tích lũy tri thức và củng cố năng lực tự chủ chiến lược về khoa học - công nghệ.

Năm là, xây dựng cơ chế điều phối và quản trị công nghệ lượng tử ở cấp quốc gia, bảo đảm sự gắn kết giữa nghiên cứu khoa học, phát triển công nghiệp và hoạch định chính sách. Theo đó, tạo lập đầu mối điều phối thống nhất, hoàn thiện khung pháp lý cho nghiên cứu, chuyển giao và ứng dụng công nghệ lượng tử, đồng thời lồng ghép yếu tố đạo đức, an ninh và kiểm soát rủi ro trong quản trị. Một cơ chế quản trị hiệu quả sẽ giúp tránh tình trạng manh mún, trùng lặp trong đầu tư, nâng cao khả năng tận dụng và dẫn dắt nguồn lực trong nước và ngoài nước phục vụ mục tiêu phát triển dài hạn và bền vững.

Nhìn tổng thể, công nghệ lượng tử đang nổi lên như một nền tảng mang tính cách mạng, có khả năng định hình lại trật tự kinh tế - công nghệ và tương quan sức mạnh giữa các quốc gia trong những thập niên tới. Tương tự điện, máy tính hay internet trong lịch sử, lượng tử có thể tạo ra thực thể dẫn đầu mới. Việc sớm nắm bắt xu thế, tăng tốc đầu tư và triển khai, hành động có trọng tâm và chiến lược rõ ràng sẽ giúp quốc gia, nhất là quốc gia đang phát triển, tận dụng làn sóng

công nghệ lượng tử, tránh nguy cơ bị đứng ngoài “cuộc chơi” trong kỷ nguyên mới của ứng dụng thành tựu khoa học - công nghệ./.

(1) Xem: Nguyễn Việt Lâm: “Quan hệ quốc tế lượng tử: Lý thuyết, thực tiễn và những vấn đề đặt ra hiện nay”, *Tạp chí Cộng sản*, số 1.033, tháng 3-2024, tr. 104 - 111

(2) Xem: IBM Newsroom: “IBM Debuts Next-Generation Quantum Processor & IBM Quantum System Two, Extends Roadmap to Advance Era of Quantum Utility” (Tạm dịch: IBM giới thiệu bộ xử lý lượng tử thế hệ mới và hệ thống IBM Quantum System Two, mở rộng lộ trình để thúc đẩy kỷ nguyên ứng dụng lượng tử), *IBM*, ngày 4-12- 2023, <https://newsroom.ibm.com/2023-12-04-IBM-Debuts-Next-Generation-Quantum-Processor-IBM-Quantum-System-Two,-Extends-Roadmap-to-Advance-Era-of-Quantum-Utility>

(3) Xem: Hartmut Neven: “Our Quantum Echoes algorithm is a big step toward real-world applications for quantum computing” (Tạm dịch: Thuật toán Quantum Echoes đánh dấu một bước tiến lớn trong việc đưa điện toán lượng tử vào các ứng dụng thực tế), *Google Keyword Blog*, ngày 22-10-2025, <https://blog.google/technology/research/quantum-echoes-willow-verifiable-quantum-advantage/>

(4) Zhu Lixin: “China’s Origin Wukong quantum computer becomes world’s first to fine-tune billion-parameter AI model” (Tạm dịch: Máy tính lượng tử Ngộ Không của Trung Quốc trở thành hệ thống đầu tiên trên thế giới tinh chỉnh thành công mô hình AI quy mô hàng tỷ tham số), *China Daily*, ngày 7-4-2025, <https://www.chinadaily.com.cn/a/202504/07/WS67f3a2bba3104d9fd381df3e.html>

(5) Xem: USTC News: “Zuchongzhi-3: A 105-Qubit Superconducting Quantum Processor with 10^{15} times Speedup in Circuit Sampling” (Tạm dịch: Zuchongzhi-3: Bộ xử lý lượng tử siêu dẫn 105 qubit với mức tăng tốc gấp 10^{15} lần trong bài toán lấy mẫu mạch lượng tử), *Đại học Khoa học Công nghệ Trung Quốc*, ngày 3-3-2025, <https://en.ustc.edu.cn/info/1007/5015.htm>

(6) Xem: Dannie Peng: “Quantum chip gives China’s AI data centres ‘1,000-fold’ speed boost: award-winning team” (Tạm dịch: Chip lượng tử giúp các trung tâm dữ liệu AI của Trung Quốc tăng tốc “gấp 1.000 lần”: theo nhóm nghiên cứu đoạt giải), *South China Morning Post*, ngày 13-11-2025, <https://www.scmp.com/news/china/science/article/3332604/quantum-chip-gives-chinas-ai-data-centres-1000-fold-speed-boost-award-winning-team>

(7) Xem: Pranav Gokhale: “Inflection + NVIDIA NVQLink: Connecting our Sqaale Quantum Computer to AI Supercomputers in Real Time” (Tạm dịch:

Inflection + NVIDIA NVQLink: Kết nối máy tính lượng tử SqaLe của chúng tôi với các siêu máy tính AI theo thời gian thực), *Inflection Blog*, ngày 28-10-2025, <https://inflection.com/inflection-nvidia-nvqlink-connecting-our-sqaLe-quantum-computer-to-ai-supercomputers-in-real-time/>

(8) Xem: Nature Physics, số tháng 10-2025, <https://www.nature.com/nphys/volumes/21/issues/10#Articles>

(9) Xem: “Quantum Initiatives Worldwide 2025” (Tạm dịch: Các sáng kiến về công nghệ lượng tử trên toàn cầu năm 2025), *Qureca*, ngày 15-10-2025, <https://www.quireca.com/quantum-initiatives-worldwide/>

(10) Xem: “Quantum Initiatives Worldwide 2025” (Tạm dịch: Các sáng kiến về công nghệ lượng tử trên toàn cầu năm 2025), *Tlđđ*

(11) Antonia Hmadi: “China’s long view on quantum tech has the US and EU playing catch-up” (Tạm dịch: Tầm nhìn dài hạn của Trung Quốc về công nghệ lượng tử đang khiến Mỹ và EU phải chạy theo), *Mercator Institute for China Studies*, ngày 12-12-2024, <https://merics.org/en/report/chinas-long-view-quantum-tech-has-us-and-eu-playing-catch>

(12) Xem: Matt Swayne: “Senators, Quantum Leaders Back \$2.7 Billion National Quantum Initiative Reauthorization Act” (Tạm dịch: Các thượng nghị sĩ và giới lãnh đạo ngành lượng tử ủng hộ Đạo luật tái phê chuẩn Sáng kiến Lượng tử quốc gia trị giá 2,7 tỷ USD), *The Quantum Insider*, ngày 4-12-2024, <https://thequantuminsider.com/2024/12/04/senators-quantum-leaders-back-2-7-billion-national-quantum-initiative-reauthorization-act/>

(13) Antonia Hmadi: “China’s long view on quantum tech has the US and EU playing catch-up” (Tạm dịch: Tầm nhìn dài hạn của Trung Quốc về công nghệ lượng tử đang khiến Mỹ và EU phải chạy theo), *Tlđđ*

(14) Xem: “Infosecurity Magazine: NATO Completes Quantum-Safe Comms Test” (Tạm dịch: Infosecurity Magazine: NATO hoàn tất thử nghiệm hệ thống liên lạc an toàn trước tấn công lượng tử), ngày 2-11-2023, <https://www.infosecurity-magazine.com/news/nato-completes-quantum-safe-comms/>