

CÁCH MẠNG CÔNG NGHIỆP

Industrial revolution

ĐẶNG XUÂN THANH

Các cuộc cách mạng công nghiệp đã đi vào giáo trình lịch sử, nhưng cho đến nay vẫn có không ít tranh luận. Trong bối cảnh cuộc Cách mạng công nghiệp lần thứ tư đang tăng tốc, điều này có thể dẫn đến những hiểu lầm và ngộ nhận không đáng có cả về lý luận và thực tiễn. Nghiên cứu này mong muốn bổ khuyết phần nào những hạn chế đó, lý giải một cách hệ thống về cách mạng công nghiệp từ quan điểm kinh tế học tiến hóa.

Từ khóa: cấu trúc cách mạng công nghiệp, cách mạng tiền công nghiệp, cách mạng công nghiệp, Cách mạng công nghiệp lần thứ tư

The industrial revolutions have been mentioned in history textbooks, but so far there are still many debates. In the context that the fourth industrial revolution is accelerating, there are still misunderstandings in both theory and practice. This article aims to partially fill those limitations and systematically explain the industrial revolution from the point of view of evolutionary economics.

Keywords: structure of industrial revolution, pre-industrial revolution, industrial revolution, fourth industrial revolution.

1. Cấu trúc cách mạng công nghiệp

Cách mạng công nghiệp là những cao trào đổi mới sâu rộng về lực lượng sản xuất, gia tốc cho lực lượng sản xuất phát triển lên quy mô và trình độ mới. Điều này kéo theo một chuỗi những thay đổi to lớn. Quá trình đổi mới lan đến hạ tầng các quan hệ sản xuất, định hình lại cả thượng tầng chính trị - xã hội, văn hóa - tư tưởng. Các thay đổi tiếp tục lan tỏa làm chuyển dịch phân công lao động quốc tế, phân bố lại quyền lực giữa các quốc gia, phá vỡ cả trật tự thế giới. Khi những công nghệ mới trở nên phổ cập, các sản phẩm mới đã thành quen thuộc, thì nền kinh tế cũng mất động lực, thường rơi vào khủng hoảng cơ cấu. Đây là lúc cao trào đổi mới kết thúc, cuộc cách mạng công nghiệp đi vào giai đoạn bão hòa.

Để làm rõ cấu trúc của một cuộc cách mạng công nghiệp, trước hết cần hiểu

quá trình sáng tạo ra tri thức khoa học diễn ra như thế nào. Theo triết gia về lịch sử khoa học Thomas Kuhn, quá trình này không diễn ra tuần tự một chiều theo kiểu kế thừa, lũy tiến, mà theo các làn sóng, mỗi đợt trong số chúng đều trải qua các giai đoạn từ hình thành, xác lập, cạnh tranh, đến khủng hoảng và chuyển đổi mô thức khoa học. Mỗi mô thức được hiểu như là một tập hợp các nguyên lý, giả thuyết, khái niệm, phương pháp, quy luật, lý thuyết nền tảng được thừa nhận là đúng đắn làm khuôn mẫu chung cho mọi thao tác nghiên cứu phải tuân thủ (Kuhn, 1962). Khi một mô thức đã xác lập, nó được cộng đồng khoa học sử dụng ngày càng rộng rãi, trở thành chân lý phổ quát mà Kuhn gọi là “khoa học chuẩn tắc”.

Đặng Xuân Thanh, TS., Viện Hàn lâm Khoa học xã hội Việt Nam.

Nhưng thực tiễn không ngừng cung cấp những ngoại lệ, dị biệt, nghịch lý mới, tích tụ ngày càng nhiều mâu thuẫn không thể lý giải trong khuôn khổ mô thức hiện hành. Điều này kích thích việc tìm kiếm những giả thuyết mới, hình thành những quan điểm mới cạnh tranh, xung đột ngày càng gay gắt với những chân lý chuẩn tắc đã có, dẫn đến tình trạng khủng hoảng về lý luận. Bế tắc này được giải quyết khi có một loạt phát minh, khám phá mang tính cơ bản (macroinventions) phá vỡ mô thức cũ, mở đường cho cả một cao trào nghiên cứu, phát hiện (microinventions) tức là một cuộc cách mạng khoa học thực hiện bước ngoặt chuyển đổi sang mô thức mới.

Tuy nhiên, những khám phá, phát minh cơ bản làm thay đổi một mô thức khoa học thường không trực tiếp thúc đẩy lực lượng sản xuất phát triển. Lý do đơn giản là vì luôn có khoảng cách khá xa giữa những nguyên lý, định luật khoa học và các ứng dụng thực tế của chúng.¹ Để lấp đầy khoảng cách này, theo Joseph Schumpeter, cần có một công đoạn trung gian đòi hỏi những nỗ lực rất lớn gọi là

đổi mới giúp chuyển hóa các khám phá, phát minh thành các quy trình sản xuất mới, sản phẩm mới, thị trường mới, nguồn nguyên liệu mới, hay cơ cấu tổ chức sản xuất kinh doanh mới. Vai trò quyết định trong khâu đổi mới này, theo Schumpeter, thuộc về các doanh nghiệp – thực hiện việc kết nối khoa học với thị trường, tri thức với đầu tư, cụ thể hóa các nguyên lý, định luật khoa học thành vô số những ứng dụng công nghệ để biến đổi các nguồn lực thành sản phẩm. Về bản chất, đây chính là quá trình thương mại hóa các khám phá, phát minh (Sledzik, 2013).

Căn cứ vào tính mới và tác động thị trường, các đổi mới có thể phân chia thành bốn loại chính: đổi mới cơ bản, cốt lõi là những đột biến lớn về công nghệ tạo ra các ngành công nghiệp mới; đổi mới đột phá tạo ra các thị trường mới; đổi mới nâng cấp, tăng cường, bổ trợ tạo ra những sản phẩm nâng cấp mới cho thị trường cũ; đổi mới thường xuyên là việc áp dụng các sáng kiến, điều chỉnh liên tục nhằm duy trì vị thế cạnh tranh của sản phẩm, doanh nghiệp (bảng 1).

BẢNG 1: Ma trận các loại hình đổi mới

	Tính mới trung bình	Tính mới rất cao
Tác động thị trường trung bình	Đổi mới thường xuyên	Đổi mới nâng cấp
Tác động thị trường rất cao	Đổi mới đột phá	Đổi mới cơ bản, cốt lõi

Tương tự như việc các khám phá, phát minh khoa học cơ bản không xảy ra liên tục mà thường hội tụ vào những khoảng thời gian nhất định, hợp thành mô thức khoa học mới, các đổi mới cơ bản về công nghệ, theo Dosi (1982), cũng hiếm khi xảy ra, nhưng khi xảy ra thì thường tập hợp lại với nhau thành một mô thức công nghệ tức là tập hợp các quan điểm, phương thức, mẫu hình, phương tiện làm

thành khuôn khổ định hướng cho việc lựa chọn các vấn đề cần giải quyết và tìm kiếm

1. Quan điểm cho rằng, khoa học luôn đi trước dẫn dắt tiến bộ công nghệ là không chính xác. Trong nhiều trường hợp xảy ra điều ngược lại: chính những sáng chế công nghệ đã kích thích khoa học có những đột phá mới, ví dụ chế tạo ra động cơ hơi nước đã kích thích các phát minh về nhiệt động lực học, hay việc xây dựng các máy gia tốc lớn cho phép phát hiện ra những định luật vật lý mới.

các công nghệ để giải quyết các vấn đề đó. Về bản chất, mô thức công nghệ đặc trưng cho trình độ công nghệ, tức là mức độ, giới hạn hiệu suất sử dụng các nguồn lực. Mỗi mô thức công nghệ là một hệ thống phân cấp bao gồm một số cụm công nghệ đóng vai trò trụ cột, làm động lực cho sự phát triển của các ngành công nghiệp, tức là lực lượng sản xuất. Mỗi cụm công nghệ là một tổ hợp của một vài công nghệ cốt lõi và hàng loạt các công nghệ hỗ trợ cho phép chế tác ra những công cụ lao động hay phương tiện sản xuất mới để khai thác và chế biến các tư liệu sản xuất (bao gồm các nguyên liệu, năng lượng, đất đai, tài chính, lao động, thông tin, dữ liệu, ...). Khả năng kết hợp cộng hưởng (synergy)² giữa một số công nghệ cốt lõi là cơ chế căn bản biến các cụm công nghệ trở thành những nguồn động lực to lớn cho sự phát triển của nhiều ngành công nghiệp khác nhau. Ví dụ, cụm bánh xe nước, cối xay gió và đóng thuyền buồm ở một số nước Tây Âu vào thế kỷ thứ XV-XVI đã khởi đầu cho quá trình tiền công nghiệp hóa; hay sự phát triển của công nghệ vi mạch công suất cao, công nghệ “học sâu” và Internet kết nối vạn vật cung cấp dữ liệu lớn đã kích thích sự bùng nổ cuộc cách mạng trí tuệ nhân tạo từ thập niên 2010.

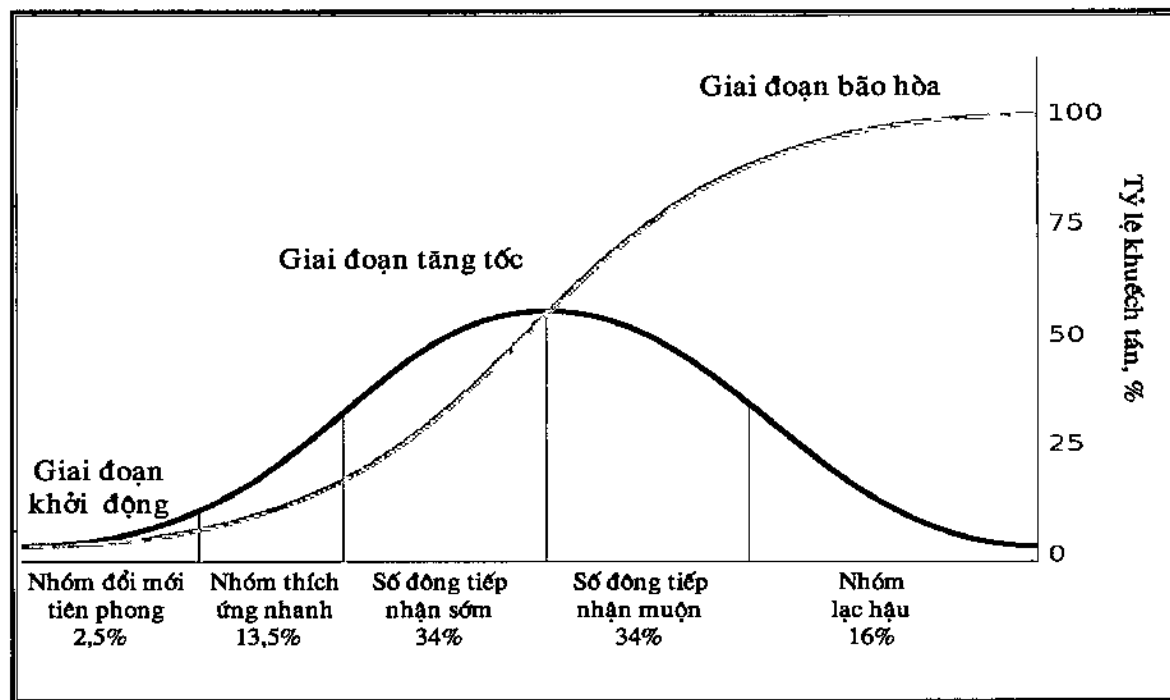
Tóm lại, mô thức công nghệ chính là cấu trúc cốt lõi của mỗi cuộc cách mạng công nghiệp. Một khi đã hình thành, mô thức công nghệ không chỉ làm chuyển dịch đường giới hạn khả năng sản xuất của nền kinh tế ra phía ngoài, mà còn định hình quỹ đạo tiến bộ công nghệ cho cả một thời đại phát triển lực lượng sản xuất nói chung. Dọc theo quỹ đạo đó, các doanh nghiệp, các nền kinh tế cạnh tranh với nhau, không ngừng cải tiến, nâng cấp công nghệ; bằng cách đó cách

mạng hóa kết cấu kinh tế, gây hiệu ứng “phá hủy mang tính sáng tạo”, đồng thời khuếch tán các đổi mới, lan tỏa cuộc cách mạng công nghiệp ra toàn cầu.

Quá trình khuếch tán các đổi mới từ người dùng này sang người dùng khác, doanh nghiệp này sang doanh nghiệp khác, ngành này sang ngành khác, theo Rogers (2003), diễn ra theo phân bố chuẩn Poisson với tốc độ tiếp nhận tương đương nhau qua năm giai đoạn tương ứng với năm nhóm đối tượng: (1) nhóm đổi mới tiên phong (2,5%) bao gồm những đối tượng sẵn sàng mạo hiểm đi tiên phong thực hiện R&D, biến các phát minh, khám phá thành các công nghệ và sản phẩm mới; (2) nhóm thích ứng nhanh (13,5%) là những đối tượng cấp tiến, nhanh chóng nắm bắt cái mới và thường đóng vai trò dẫn dắt xu thế tiếp nhận cái mới; (3) số đông tiếp nhận sớm (34%) là những đối tượng tương đối nhạy bén, nhận thức được giá trị của đổi mới, nhưng thận trọng, chỉ tiếp nhận cái mới khi có bằng chứng rõ ràng về hiệu quả; (4) số đông tiếp nhận muộn (34%) là những đối tượng tương đối bảo thủ, đánh giá thấp các đổi mới, chậm thay đổi; (5) nhóm lạc hậu (16%) gồm những đối tượng cực kỳ ngoan cố, có sức ỳ lớn, sợ thay đổi (hình 2, đường màu đen). Cũng theo Rogers (2003), để có thể lan tỏa ra toàn nền kinh tế, khuếch tán công nghệ, trước hết cần đạt được “ngưỡng tới hạn” ở mức 15-20%, tức là ở khoảng chuyển tiếp giữa nhóm thứ 2 và thứ 3, để trở thành quá trình tự duy trì.

2. Synergy còn được hiểu như là sự đồng vận, hợp lực, hiệp đồng tạo sức mạnh tổng hợp và tác động vượt trội so với tổng các tác động riêng lẻ hợp lại.

HÌNH 1: Quá trình khuếch tán đổi mới và phân kỳ cách mạng công nghiệp



Nguồn: Rogers (2003)

Dựa vào mô hình Rogers (2003) có thể chia mỗi cuộc cách mạng công nghiệp thành ba giai đoạn (hình 1, đường màu xám):

Giai đoạn khởi động đặc trưng bởi sự khuếch tán tuyến tính diễn ra với tốc độ tương đối chậm chạp. Đây là giai đoạn đặt nền móng cho mô thức công nghệ của cuộc cách mạng công nghiệp mới, tập trung vào hoạt động đổi mới cơ bản, hình thành các cụm công nghệ động lực. Tham gia vào giai đoạn này thường chỉ có một số ít các tổ chức, doanh nghiệp, quốc gia có năng lực đổi mới sáng tạo vượt trội, thực hiện đầu tư mạo hiểm để bứt phá lên phía trước về công nghệ. Tài nguyên đóng vai trò quyết định trong giai đoạn này không phải là nguồn vốn lớn hay đội ngũ chuyên gia đông, mà là một số rất ít các nhà nghiên cứu tinh hoa có khả năng sáng tạo ra những công nghệ cốt lõi. Về mặt thời gian, giai đoạn khởi động của

một cuộc cách mạng công nghiệp mới thường bắt đầu ngay trong thời kỳ chín muồi của cuộc cách mạng công nghiệp cũ, vì vậy các ngành mới xuất hiện vẫn phải dựa vào cơ sở hạ tầng trước đó.

Giai đoạn tăng tốc diễn ra khi mô thức công nghệ mới đã hình thành, các công nghệ cốt lõi đã được xác định, hoạt động đổi mới chuyển dần sang các công nghệ đột phá nhằm tạo lập thị trường, giành lợi thế độc quyền đối với các sản phẩm hoàn toàn mới. Hoạt động nhân bản, sao chép, học hỏi, bắt chước ngày càng mạnh, đẩy quá trình khuếch tán công nghệ tăng lên theo cấp số nhân, đồng thời gia tăng áp lực chuyển đổi sang mô thức công nghệ mới. Đến giữa giai đoạn này, các công nghệ cốt lõi và đột phá giảm dần, thay vào đó là sự bùng nổ của vô số những ứng dụng, cải tiến, tối ưu hóa, nâng cấp. Vai trò của một số rất ít các nhà nghiên cứu tinh hoa giảm đi, trong

khi lợi thế so sánh nhờ quy mô, hiệu suất, chất lượng chiếm ưu thế, đòi hỏi vốn đầu tư lớn, đội ngũ đông đảo các chuyên gia, kỹ sư, nhà quản lý, doanh nhân giỏi và thị trường lớn để triển khai. Các doanh nghiệp, quốc gia có khả năng tiếp cận, hấp thụ công nghệ mới để chuyển hóa thành năng suất, hiệu suất và chất lượng cao chiếm ưu thế. Cạnh tranh diễn ra ngày càng quyết liệt thông qua đầu tư ồ ạt vào vốn cố định, phát triển cơ sở hạ tầng mới phù hợp, mở rộng thị trường và các kênh phân phối. Giá thành giảm mạnh, đẩy nhanh quá trình khuếch tán công nghệ. Đến cuối giai đoạn này, hiệu suất biên đạt đỉnh, hoạt động mua bán-sáp nhập tăng lên.

Giai đoạn bão hòa bắt đầu khi các sản phẩm đã trở nên phổ cập, các công nghệ đã được chuẩn hóa và ứng dụng rộng rãi. Quá trình đổi mới chủ yếu tập trung vào các giải pháp thị trường, cắt giảm chi phí, cải tiến mẫu mã; tỷ suất lợi nhuận giảm xuống mức ngang bằng với những ngành truyền thống. Mensch (1984) cho rằng, trong giai đoạn này nhiều ngành chủ đạo mất đi lợi thế về hiệu suất cận biên, không còn đóng vai trò động lực, nền kinh tế thường rơi vào tình trạng trì trệ. Dòng vốn rút khỏi các lĩnh vực đã bão hòa nhưng không tìm được cơ hội đầu tư thường đổ vào một số lĩnh vực đầu cơ gây ra tình trạng phát triển bong bóng, kích thích khủng hoảng kinh tế mang tính cơ cấu. Các giải pháp tái cấu trúc kinh tế bao gồm cả hoạt động đổi mới sáng tạo sẽ chuẩn bị điều kiện cho một cuộc cách mạng công nghiệp tiếp theo (Gerhard Mensch, 1984).

Có thể mở rộng mô hình vòng đời sản phẩm của Vernon (1966) để giải thích quá trình khuếch tán công nghệ và lan truyền cuộc cách mạng công nghiệp trên thị trường quốc tế. Các nước dẫn đầu cuộc cách mạng công nghiệp có lợi thế

tương đối trong giai đoạn khởi động, nên thường trở thành những nhà xuất khẩu ròng sản phẩm mới. Posner (1961) chỉ rõ hơn rằng, tuy chưa thu được ngay lợi nhuận cao, nhưng các nước dẫn đầu luôn tạo được lợi thế so sánh bất thường gọi là “khoảng cách công nghệ”, cho phép duy trì vị thế độc quyền về các công nghệ cốt lõi trong một khoảng thời gian đủ dài để thu về lợi nhuận khổng lồ. Cơ sở của lợi thế so sánh này xuất phát từ việc sở hữu năng lực đổi mới đỉnh cao. Khoảng cách công nghệ giảm đi trong các giai đoạn tiếp theo do quá trình học hỏi, sao chép, mô phỏng diễn ra ngày càng rộng ở các nước đi sau; tầm quan trọng của năng lực phát minh, khám phá chuyển dần sang năng lực tiếp cận, hấp thụ, tiếp biến công nghệ mới để cải tiến, nâng cao năng suất, hiệu suất và chất lượng. Trong giai đoạn chín muồi của cách mạng công nghiệp, các công nghệ cốt lõi được chuẩn hóa thành máy móc, thiết bị, quy trình sản xuất cụ thể, nên có thể chuyển giao dễ dàng cho các nước đang phát triển. Lúc này, lợi thế về nhân tố đầu vào cơ bản như tài nguyên và lao động rẻ trở nên nổi trội. Khoảng cách về công nghệ giữa nhóm nước dẫn đầu và nhóm nước đi cuối thu hẹp. Các nước đi tiên phong trở thành các nước nhập khẩu ròng các sản phẩm đã trở nên phổ biến. Điều này cũng phù hợp với mô hình “đàn nhạn bay” của Akamatsu (1962) lý giải về quá trình đuổi bắt.

2. Các cuộc cách mạng tiền công nghiệp

Tuy còn nhiều tranh luận về các mốc thời gian nhưng đa số các nghiên cứu cho rằng, vào thời Tiên sử (từ khoảng 50 nghìn năm đến 12 nghìn năm trước Công nguyên) loài người có ba phát minh lớn đã làm nên cuộc Cách mạng đồ đá cũ (paleolithic revolution): kỹ năng sử dụng

lửa để sưởi ấm, làm chín thức ăn, xua đuổi thú dữ; khả năng chế tác các công cụ cầm tay bằng đá; năng lực ngôn ngữ cho phép hợp tác trên quy mô lớn. Từ góc độ lực lượng sản xuất, sự kết hợp mang tính cộng hưởng của ba phát minh này tạo ra lợi thế về hiệu suất săn bắt-hái lượm, đấu tranh sinh tồn và chuyển đổi năng lượng của các bầy người thông minh, đưa loài người từ vị trí khiêm tốn vượt lên dẫn đầu chuỗi thức ăn trong tự nhiên. Từ góc độ tiến hóa, sự kết hợp này không chỉ đẩy nhanh quá trình tiến hóa sinh học của loài người, mà còn mở ra kênh tiến hóa mới – tiến hóa văn hóa – đưa loài người hoàn toàn bứt khỏi các loài vật khác.

Từ khoảng 10 – 3 nghìn năm trước Công nguyên, ở nhiều vùng riêng rẽ như Đông Địa Trung Hải, Bắc Lưỡng Hà, đồng bằng sông Dương Tử, Trung Mỹ... đã diễn ra Cách mạng đồ đá mới hay còn gọi là Cách mạng nông nghiệp với việc phát minh ra công nghệ thuần hóa một số thực vật và động vật hoang dã, biến chúng thành cây trồng và vật nuôi. Trong vài thiên niên kỷ sau đó, hai cụm công nghệ trồng trọt và chăn nuôi hoạt động như những cỗ máy chuyển hóa năng lượng hiệu suất cao đã tạo động lực làm thay đổi phương thức sống du cư dựa vào săn bắn, hái lượm trong xã hội cộng sản nguyên thủy sang sản xuất nông nghiệp và cuộc sống định cư,³ tạo bước tăng nhảy vọt về dân số. Nông nghiệp trở thành hoạt động sản xuất chính, đất đai trở thành nguyên liệu chính, sức mạnh cơ bắp của con người và gia súc trở thành những nguồn năng lượng chính giúp con người giảm sự phụ thuộc hoàn toàn vào thiên nhiên như trước đây. Năng suất lao động cao hơn cho phép có được giá trị thặng dư, tích lũy thành tài sản – để giữ hay chiếm đoạt được chúng tất yếu đòi hỏi phải có quyền lực. Khoảng 4 – 3

ngìn năm trước Công nguyên, ở nhiều nơi trên thế giới mà trước tiên là Châu Á đã diễn ra quá trình kép: chiếm hữu tư liệu sản xuất chủ yếu là đất đai và sức lao động song hành cùng với tập trung quyền lực chính trị. Sự thúc đẩy lẫn nhau giữa hai quá trình này tạo thành động lực trung tâm của cuộc cách mạng xã hội – phân tầng xã hội thành các đẳng cấp, giai tầng có quyền lực khác nhau, làm suy yếu chế độ thị tộc. Cách mạng nông nghiệp cũng kéo theo cách mạng tôn giáo – các tôn giáo hữu thần và thiết chế của chúng mọc lên như nấm thay thế dần các tín điều vật linh vốn thống trị thế giới tâm linh của con người trong các xã hội nguyên thủy (Harari, 2018). Sự hình thành thế lực thống trị (ban đầu dưới hình thức thủ lĩnh và nhóm tùy tùng có vũ trang) và thầy cúng chuyên nghiệp, đã tách chức năng bảo đảm trật tự xã hội và trật tự tinh thần ra khỏi các gia đình và cộng đồng – đánh dấu sự khai sinh ra lĩnh vực dịch vụ, đồng thời tạo ra vòng lặp phản hồi tích cực giữa uy lực của sức mạnh và uy quyền của tôn giáo. Cơ chế vòng lặp này đã thúc đẩy sự tập trung của cải và quyền lực, dẫn đến sự xuất hiện của các nhà nước chiếm hữu nô lệ đầu tiên tại lưu vực một số dòng sông lớn ở Trung Quốc, Ba Tư, Assyria, Ai Cập ... Trong vài nghìn năm sau đó, sự bành trướng của một số nhà nước đầu tiên này thành các đế chế có liên quan chặt chẽ với việc xuất hiện một số ít các tôn giáo có tôn ty trật tự hùng mạnh dần chiếm chỗ của vô số các tôn giáo tổ chức lỏng lẻo trước đó.

3. Một số học giả nổi tiếng như Daron Acemoglu, James Robinson lại cho rằng, chính sự phân hóa xã hội thành các giai cấp mới là nguyên nhân dẫn đến lối sống định cư và tạo điều kiện cho việc xuất hiện hoạt động nông nghiệp (xem Acemoglu và Robinson, 2013).

Cho đến thời kỳ Trung Cổ, mặc dù lực lượng sản xuất đã có thêm nhiều tiến bộ dựa trên việc chế tác ra các công cụ bằng đồng, bằng sắt, sử dụng con lăn và bánh xe,..., còn quan hệ sản xuất ở nhiều nơi đã chuyển dần sang chế độ phong kiến⁴ – xóa bỏ phần nào chế độ chiếm hữu nô lệ, trao cho nông dân, tá điền hay nông nô đôi chút tự do, nhưng đất đai vẫn là tư liệu sản xuất chính, sức mạnh cơ bắp của con người và gia súc vẫn là nguồn năng lượng chính, nông nghiệp vẫn là hoạt động sản xuất chính. Trong nhiều thế kỷ, năng suất lao động hầu như không có sự cải thiện đáng kể, sản lượng lương thực phụ thuộc vào dân số và diện tích đất canh tác – những nhân tố thay đổi chậm chạp – cho thấy hầu như không có đột phá về công nghệ.

Vào nửa sau thời kỳ Trung Cổ, từ thế kỷ thứ XI, các cuộc thập tự chinh tạo ra nhu cầu lớn về hậu cần đường biển, kích thích lĩnh vực buôn bán có bước đột phá lớn bắt đầu từ các thành, bang của Ý như Venezia, Firenze, Milano, Genova, ... sau đó lan ra nhiều nơi khác ở Châu Âu, đưa đến cuộc Cách mạng thương mại, báo hiệu sự ra đời của chủ nghĩa tư bản dưới hình thức tích lũy vốn nguyên thủy cũng như quyền lực chính trị của tầng lớp thương nhân (Lopez, 1976). Gần như đồng thời, sự hình thành “tổ hợp công nghiệp” của các cối xay gió và bánh xe nước, kết nối với đủ loại máy móc giản đơn như bơm nước, xay nghiền, cưa xẻ, khoan, bào, xe sợi, bện thừng, dệt vải, đập cán kim loại... ở Vùng đất Thấp (ngày nay thuộc về Hà Lan, bắc nước Bỉ, Thượng Pháp), bán đảo Iberia (sau này là Tây Ban Nha và Bồ Đào Nha), quần đảo Albion (sau này là nước Anh) vào thế kỷ X-XI có thể coi như bước tiền công nghiệp hóa (pre-industrialization) đầu tiên trong lịch sử. (Landes, 2001) Các phát kiến lớn

về địa lý vào thế kỷ XV-XVI⁵ mở ra những thị trường khổng lồ, kích thích tổ hợp công nghiệp này phát triển mạnh với hàng nghìn cối xay gió và bánh xe nước, đặc biệt là các cụm công nghiệp đóng thuyền buồm, dệt vải và rèn đúc vũ khí, xuất hiện nhiều mô hình tổ chức công nghiệp sơ khai (proto-industries) như công trường thủ công, phường hội thủ công, xưởng thợ gia đình... (Kriedte và cộng sự, 2008). Kỹ thuật đi biển và định vị hàng hải cũng có những tiến bộ vượt bậc. Với việc thành lập các công ty liên hiệp Đông Ấn (VOC), Tây Ấn (WIC) mà thực chất là các tập đoàn thương mại cổ phần đa quốc gia độc quyền, hoạt động buôn bán đạt tới quy mô thế giới. Tầng lớp tư sản không ngừng lớn mạnh. Các quốc gia dẫn đầu làn sóng đổi mới này như Hà Lan, Tây Ban Nha, Bồ Đào Nha, sau đó là Pháp, Anh trở dậy thành các đế quốc hàng hải bành trướng xâm chiếm thuộc địa.

Như vậy, kết quả của làn sóng tiền công nghiệp hóa này và cách mạng thương mại là gỗ và sắt nổi lên như những nguyên liệu sản xuất thiết yếu; sức nước và sức gió trở thành những nguồn năng lượng quan trọng thay thế cho sức người và gia súc; chế biến gỗ, kim loại, dệt vải, công nghiệp thuyền buồm trở thành những ngành sản xuất tiên phong; giai cấp tư sản xuất hiện và lớn mạnh; chủ nghĩa tư bản trọng thương chiếm ưu thế; chủ nghĩa thực dân bắt đầu chi phối quan hệ quốc tế. Điều cơ bản khiến cho làn sóng tiền công nghiệp hóa này chưa trở thành

4. Chế độ phong kiến xuất hiện ở phương Đông từ khoảng 2000 năm trước Công nguyên, còn ở Châu Âu thì từ khoảng thế kỷ IX-XII sau Công nguyên.

5. Tìm ra tuyến đường biển đi vòng quanh Châu Phi qua Mũi Hảo Vọng đến Ấn Độ, khám phá ra Châu Mỹ, thực hiện chuyến đi vòng quanh thế giới...

một cuộc cách mạng công nghiệp đích thực có lẽ là bởi sức công phá của nó chưa đủ để làm đảo lộn cơ cấu kinh tế: nông nghiệp vẫn là ngành sản xuất chính, nông dân vẫn là lực lượng lao động chủ yếu, quan hệ chủ - thợ chưa thay thế quan hệ địa chủ - tá điền trong vai trò quan hệ sản xuất chi phối, chế độ phong kiến vẫn đóng vai trò chủ đạo. Phải đợi đến thế kỷ XVI-XVIII khi cuộc cách mạng khoa học đặt nền móng cho tư duy khoa học hiện đại và các cuộc Cách mạng tư sản đưa tầng lớp tư sản trở thành giai cấp thống trị ở nhiều nước Châu Âu, thì các điều kiện cho Cách mạng công nghiệp mới thực sự chín muồi.

Đáng lưu ý là từ cuối thế kỷ XVII, các nước đi sau trong làn sóng tiên công nghiệp hóa và thương mại hóa như Pháp, Anh đã vượt lên trước, trong khi các đế quốc đi đầu như Hà Lan, Tây Ban Nha đánh mất lợi thế cạnh tranh: Tây Ban Nha rơi vào khủng hoảng tài chính kéo dài, còn Hà Lan chuyển sang giai đoạn "hậu công nghiệp" – cung cấp dịch vụ tài chính.

3. Các cuộc cách mạng công nghiệp

Hai cuộc cách mạng công nghiệp nối tiếp nhau: lần thứ nhất (từ nửa cuối thế kỷ XVIII – nửa đầu thế kỷ XIX) và lần thứ hai (từ nửa cuối thế kỷ XIX – cuối thập niên 1960) đã đưa công nghiệp thay thế cho nông nghiệp trong vai trò động lực tăng trưởng chính; máy móc trở thành công cụ sản xuất chính; sắt thép trở thành nguyên liệu chính; đầu tiên là than đá sau đó là dầu lửa trở thành những nguồn năng lượng chính; quan hệ sản xuất giữa tư bản và lao động trở thành quan hệ sản xuất chủ yếu, chế độ tư bản thay thế cho chế độ phong kiến, chủ nghĩa tư bản công nghiệp chiếm ưu thế. Tại các nước tiến hành công nghiệp

hóa, quá trình đô thị hóa tăng tốc, lao động chuyển dịch mạnh từ nông thôn ra thành thị, từ nông nghiệp sang công nghiệp và dịch vụ.

Mô thức công nghệ cốt lõi của cuộc Cách mạng công nghiệp lần thứ nhất đặc trưng bởi quá trình cơ khí hóa dựa trên bốn cụm công nghệ chính là: khai khoáng (than, sắt), luyện kim (sắt), cơ khí (động cơ hơi nước) và chế biến (xe sợi và dệt vải). Các xí nghiệp lớn trở thành mô hình tổ chức sản xuất tiên tiến. Trong hơn một thế kỷ, nước Anh chiếm địa vị gần như độc tôn về công nghiệp, trở thành công xưởng đầu tiên của thế giới, phóng chiếu sức mạnh ra toàn cầu.

Quá trình lan tỏa cách mạng công nghiệp diễn ra khá chậm. Nước Mỹ với tư cách là thuộc địa của Anh bắt đầu công nghiệp hóa từ thập niên 1790 và chỉ đến khi cuộc Cách mạng công nghiệp lần thứ nhất đã bão hòa ở Anh, thì các nước Châu Âu lục địa như Bỉ, Pháp, rồi Đức, Áo từ thập niên 1850, sau nữa là Nhật Bản từ thập niên 1870, nước Nga từ thập niên 1890 mới bước vào con đường công nghiệp hóa.

Mặc dù phần lớn các nghiên cứu, phát minh cơ bản của cuộc Cách mạng công nghiệp lần thứ hai được thực hiện vào cuối thời kỳ Cách mạng công nghiệp lần thứ nhất, nhưng việc chuyển hóa chúng thành các công nghệ đột phá, chẳng hạn như hệ thống chiếu sáng bằng bóng đèn điện, động cơ điện, điện tín... chỉ được triển khai dồn dập từ thập niên 1870 – giai đoạn khởi đầu cho cuộc Cách mạng công nghiệp lần thứ hai. Mô thức công nghệ lần này đặc trưng bởi quá trình điện khí hóa với sáu cụm công nghệ trụ cột là: khai thác dầu lửa, luyện kim (thép, đồng), hóa chất, động cơ đốt trong, sản xuất và sử dụng điện năng (nhà máy

điện, điện chiếu sáng, động cơ điện), điện tử (điện tín, điện thoại, vô tuyến điện). Tổ chức sản xuất hàng loạt bằng phương pháp dây chuyền của Ford trở thành mô hình phổ biến. Các ngành mới như ô tô, hóa dầu, hàng không, hàng hải, vận tải đường bộ, thông tin liên lạc... thực sự bùng nổ. Từ thập niên 1900, nước Mỹ đã thay thế nước Anh trong vai trò “công xưởng” của thế giới. Các quốc gia dẫn đầu Cách mạng công nghiệp lần thứ hai như Mỹ, Đức và muộn hơn là Liên Xô đều trở thành các siêu cường chi phối và làm khuynh đảo trật tự thế giới. Hầu hết các nước tụt hậu, ngay cả những nước lớn như Trung Quốc, Ấn Độ, đều phải chịu những tổn thất nặng nề.

Hai cuộc cách mạng công nghiệp nối tiếp nhau đã làm thay đổi cơ bản quỹ đạo phát triển của lực lượng sản xuất thế giới từ tuyến tính sang hàm mũ, phát động một cao trào toàn cầu hóa kinh tế. Nhưng cùng với đó, công nghiệp hóa lại phá vỡ các cấu trúc xã hội, gây ra những rối loạn sâu sắc, đẩy nhiều quan hệ xã hội đến bờ vực khủng hoảng. Thiết chế gia đình và cộng đồng truyền thống bị thu hẹp nghiêm trọng, bởi sự bành trướng của nhà nước và thị trường. Quan hệ sản xuất giữa tư bản và lao động mâu thuẫn gay gắt, tạo điều kiện chín muồi cho thời đại cải cách và cách mạng xã hội. Sự kình địch giữa những quốc gia dẫn đầu làn sóng công nghiệp hóa đã dẫn đến ba cuộc chiến tranh quy mô thế giới, hai nóng, một lạnh. Chủ nghĩa tư bản, chủ nghĩa phát xít và chủ nghĩa xã hội đấu tranh quyết liệt.

Hai cuộc chiến tranh thế giới đã tạo ra những kích thích to lớn đối với đổi mới công nghệ, nhưng lại chủ yếu phục vụ nhu cầu chiến tranh, ví dụ như công nghệ tên lửa, động cơ phản lực, vũ khí hóa học, vũ khí hạt nhân, máy tính điện tử. Chiến

tranh Lạnh tiếp nối xu hướng trên – vừa thúc đẩy cuộc chạy đua vũ trang mà bản chất là chạy đua công nghệ giữa các thế lực đối đầu, vừa ngăn cản sự lan tỏa của công nghệ mới – trên thực tế đã kéo dài giai đoạn bão hòa của cuộc Cách mạng công nghiệp lần thứ hai ít nhất thêm bốn thập niên (từ thập niên 1920 đến thập niên 1960).

Gần như nghịch lý là hai làn sóng công nghiệp hóa tuy đã khiến cho tỷ trọng công nghiệp và công nhân tăng nhanh ở các nước Âu, Mỹ, nhưng không đủ nhanh để bù đắp cho sự sụt giảm còn nhanh hơn của tỷ trọng nông nghiệp và nông dân. Tăng trưởng của lĩnh vực dịch vụ chính là câu trả lời. Đô thị hóa bùng nổ và tầng lớp thị dân tăng lên khiến cho nhu cầu không chỉ đối với hàng hóa, mà còn cả dịch vụ cũng tăng theo, dẫn đến việc “thuê ngoài” ngày càng nhiều các hoạt động dịch vụ từ nấu ăn, cắt tóc, gội đầu, giải trí đến y tế, giáo dục, tín dụng, bảo hiểm, truyền thông, xây dựng... trước đây vốn chỉ đóng khung trong gia đình và cộng đồng. Riêng ở Mỹ, sản lượng và lao động nông nghiệp đã giảm liên tục từ trên 30% và 51% vào đầu cuộc Cách mạng công nghiệp lần thứ hai (năm 1880), xuống còn 7% và 10% vào đầu thập niên 1950; trong khi sản lượng và lao động công nghiệp chỉ tăng từ 33% và 23% lên mức đỉnh 42% và 37%; còn sản lượng và lao động dịch vụ lại tăng tương ứng từ 37% và 26% vượt mức 51% và 53%. Tuy nhiên, đô thị hóa và dịch vụ hóa là hệ quả phái sinh của công nghiệp hóa, chứ không phải là động lực dẫn dắt sự thay đổi – trong một thời gian dài năng suất lao động trung bình trong lĩnh vực dịch vụ rất thấp và hầu như không tăng, do thâm dụng quá nhiều lao động nông thôn di cư ra thành thị mà hầu hết là người lớn tuổi, phụ nữ và trẻ em.

Hai cuộc khủng hoảng dầu lửa kéo theo đại lạm phát trong thập niên 1970 đã giáng những đòn chí mạng vào hầu hết các cụm công nghệ thâm dụng năng lượng và nguyên liệu của cách mạng công nghiệp lần thứ hai (trừ cụm điện tử), dẫn đến sự sụt giảm năng suất lao động và hiệu suất sử dụng vốn. Giai đoạn tăng trưởng thần kỳ của kinh tế Nhật Bản, Đức kết thúc, mô hình kinh tế theo Keynes bất lực trước tình trạng đình lạm, kinh tế Liên Xô rơi vào “căn bệnh Hà Lan” – phụ thuộc trầm trọng vào khai khoáng và các công nghệ 2.0 nên ngày càng trì trệ. Khủng hoảng dầu lửa và tình trạng đình lạm cũng kích hoạt việc tìm kiếm những hướng đi mới, chẳng hạn Pháp đổ tiền xây dựng các nhà máy điện hạt nhân, Nhật Bản tập trung vào những công nghệ thu nhỏ tiết kiệm nguyên liệu và năng lượng. Từ góc độ tiến hóa công nghệ, các cuộc khủng hoảng dầu lửa xem như đã dọn đường cho cuộc cách mạng công nghiệp tiếp theo.

Trên thực tế, thập niên 1970 đánh dấu hai đổi mới cơ bản diễn ra tại Mỹ. *Thứ nhất*, là việc chế tạo ra vi mạch mở đầu cho cuộc cách mạng vi tính, biến máy tính điện tử từ công cụ chuyên dùng cho các tổ chức lớn thành công cụ lao động cá nhân. *Thứ hai*, là việc Mỹ chấm dứt bản vị vàng, thả nổi tỷ giá đồng đô la Mỹ, tự do hóa tài chính làm thay đổi mô thức vận hành của nền kinh tế tư bản; theo đó lợi nhuận và của cải phần lớn được làm ra nhờ đầu tư vào các công cụ đổi mới tài chính, hơn là vào các hoạt động sản xuất và thương mại truyền thống. Sự cộng hưởng của hai cụm công nghệ trên đã cách mạng hóa lĩnh vực tài chính – nhờ phổ cập giao dịch điện tử nên thị trường tài chính tăng trưởng bùng nổ, hàng loạt dịch vụ tài chính mới và công cụ tài chính phái sinh được áp dụng đại trà, nhiều

loại hình định chế tài chính mới ra đời. Tỷ lệ vốn hóa các tài sản tài chính trên GDP của Mỹ chỉ tăng từ 130% lên 170% trong giai đoạn 1950-1970, nhưng sau đó bứt tốc đạt 470% vào năm 2010. Các trung tâm công nghiệp truyền thống như Detroit, Pittsburg, Cleveland, Buffalo – biểu tượng của cuộc cách mạng lần thứ hai trở nên lu mờ trước Wall Street – biểu tượng của cuộc Cách mạng công nghiệp lần thứ ba. Xuất khẩu vốn tăng vọt, các dòng vốn bắt đầu chuyển dịch tự do xuyên quốc gia, đánh dấu sự khởi đầu cho quá trình toàn cầu hóa. Hệ thống chuyển tiền điện tử liên ngân hàng toàn cầu SWIFT cũng được thành lập vào năm 1974, thay thế cho cách chuyển tiền bằng nhắn tin telex trước đó. Đến thập niên 1980, đồng đô la Mỹ trở thành đồng tiền chủ chốt của thế giới, từ công xưởng của thế giới, Mỹ chuyển thành trung tâm tài chính toàn cầu.

Như vậy, đặc trưng cơ bản của làn sóng cách mạng công nghiệp lần thứ ba không phải là quá trình tự động hóa, cũng không phải là quá trình tin học hóa, càng không phải là khởi đầu cho nền kinh tế tri thức, xã hội thông tin hay xã hội “hậu công nghiệp”... như hàng loạt giả thuyết rộ lên trong các thập niên 1970-1980 đã cố gắng mô tả. Đúng là tại các nước phát triển, quá trình tự động hóa có bước tiến mới nhờ áp dụng điều khiển điện toán số; “lao động cổ cồn” thay thế cho “lao động cổ xanh” chiếm đại bộ phận lực lượng lao động; máy tính cá nhân được phổ cập khắp nơi; dịch vụ chiếm tỷ trọng áp đảo trong GDP, trong khi các ngành thâm dụng thông tin và tri thức như khoa học-công nghệ, giáo dục-đào tạo, thông tin - truyền thông... có vai trò ngày càng tăng, đến nỗi một số người tin rằng, từ nay sáng tạo khoa học, đổi mới kỹ thuật và sáng chế công nghệ

không những đã nhập làm một, mà còn trở thành lực lượng sản xuất trực tiếp. Những gì diễn ra sau đó đã chứng tỏ các giả thuyết trên là quá vội vàng. Thông tin, tri thức đơn giản chưa thể trở thành tư liệu sản xuất chính khi mà dữ liệu – cấp độ đầu tiên trong kim tự tháp dữ liệu → thông tin → tri thức → trí khôn – còn quá ít ỏi, tốc độ xử lý còn khá chậm. Bản thân giai đoạn từ thập niên 1970 đến đầu thập niên 1990 bị gọi là “mùa đông AI”, vì không có tiến bộ cơ bản nào về trí tuệ nhân tạo. Nghịch lý Solow về tốc độ tăng năng suất lao động tại Mỹ và các nước phát triển có sự sụt giảm nghiêm trọng trong suốt gần một phần tư thế kỷ, từ thập niên 1970 đến giữa thập niên 1990, bất chấp những khoản đầu tư rất lớn vào khoa học - công nghệ nhất là công nghệ thông tin và chỉ tăng trở lại trong giai đoạn 1994-2004, nhưng sau đó lại quay đầu giảm sút (Acemoglu và cộng sự, 2014), là bằng chứng cho thấy các thuyết thịnh hành trong những năm 1960-1980 về cách mạng tự động hóa hay cách mạng tin học hóa là quá lạc quan.

Trên thực tế, đặc trưng cơ bản của cuộc Cách mạng công nghiệp lần thứ ba là “tài chính hóa”, tức là quá trình chuyển dịch trọng tâm hoạt động kinh tế của các nước phát triển sang lĩnh vực tài chính. Đòn bẩy tài chính ngày càng lớn trở thành phương thức kinh doanh phổ cập đối với cả các doanh nghiệp và ngân hàng. Từ thập niên 1970, thu nhập thực tế của lao động tại Mỹ hầu như không tăng, trong khi thu nhập của vốn tăng nhanh khiến bất bình đẳng đi lên sau nửa thế kỷ đi xuống. Mặc dù tỷ trọng của lĩnh vực tài chính trong GDP của Mỹ chỉ tăng từ 2,8% vào năm 1950 lên 3,2% vào năm 1970, vượt qua lĩnh vực công nghiệp vào cuối thập niên 1980 và đạt 21% vào năm 2010, nhưng tầm quan

trọng của thị trường tài chính, các công cụ tài chính và các tổ chức tài chính trở nên bao trùm, chi phối toàn bộ nền kinh tế, dẫn đến sự tập trung cao độ của cải và quyền lực vào tay tư bản tài chính. Tài chính trở thành tư liệu sản xuất chính, tín dụng trở thành quan hệ sản xuất chi phối, chủ nghĩa tư bản tài chính tân tự do chiếm ưu thế đẩy lùi chủ nghĩa Keynes tại các nước phát triển; kiểm soát tài chính, tiền tệ trở thành vấn đề chính trị sống còn; toàn cầu hóa tài chính chi phối trật tự thế giới.

Cho đến trước cuộc khủng hoảng tài chính toàn cầu 2008-2009, quá trình tài chính hóa đã lan rộng sang tất cả các nước phát triển, trong khi theo dòng FDI, sản xuất công nghiệp chuyển dịch mạnh sang các nước đang phát triển. Điều này, một mặt dẫn đến tình trạng phi công nghiệp hóa, kéo theo mất việc làm, thu nhập và gia tăng bất bình đẳng ở các nước phát triển, mặt khác tạo thời cơ có một không hai cho các nước mới nổi như Trung Quốc vươn lên trở thành công xưởng tiếp theo của thế giới, thu ngắn khoảng cách về công nghệ, leo nhanh theo chuỗi giá trị, thách thức vị trí dẫn đầu về công nghệ của Mỹ và các nước phát triển. Nhiều bằng chứng cho thấy, quá trình tài chính hóa cũng gây tác động kìm hãm đổi mới sáng tạo trong lĩnh vực sản xuất và là một nguyên nhân quan trọng gây ra nghịch lý Solow – điều làm cho cao trào đổi mới này không hoàn toàn ăn khớp với khái niệm cách mạng công nghiệp. Cuối cùng, tài chính hóa là thủ phạm chính dẫn đến vụ sụp đổ bong bóng công nghệ cao tại Mỹ vào năm 2000 và cuộc Đại suy thoái kinh tế toàn cầu 2008-2009, đánh dấu sự bão hòa của cuộc Cách mạng công nghiệp lần thứ ba và sự suy yếu của chủ nghĩa tư bản tài chính tân tự do.

4. Cách mạng công nghiệp lần thứ tư

Cuộc khủng hoảng tài chính 2008-2009 đã tạo hiệu ứng kép, vừa đẩy nhanh quá trình chọn lọc các công nghệ cốt lõi thực sự có tiềm năng đột phá, vừa giải phóng nguồn vốn khỏi các lĩnh vực không còn lợi thế so sánh, tạo cú huých đầu tư trên toàn cầu cho nghiên cứu và phát triển các công nghệ mới.

Cho đến trước thời điểm đó, cụm công nghệ vi mạch đã có những bước tiến vượt bậc. Kể từ năm 1971, do mật độ mạch bán dẫn (số lượng transistor trên một đơn vị diện tích) luôn tăng gấp đôi sau mỗi chu kỳ 18 tháng theo “định luật Moore” nên công suất tính toán của các vi mạch liên tục tăng theo cấp số nhân⁶, đến cuối thập niên 1990 đã đạt mức 0,5 tỷ phép tính trên một giây. Chính những tiến bộ này đã hỗ trợ những người đi tiên phong về trí tuệ nhân tạo mô phỏng thành công mạng thần kinh của não bộ con người bằng mạng vi mạch đa tầng có khả năng “học sâu” thông qua các tệp dữ liệu đủ lớn. Có thể nói, sự kết hợp giữa vi mạch công suất cao và công nghệ học sâu đã giúp đưa đến bước ngoặt căn bản – thiết kế và đào tạo mạng neuron vi mạch thành trí tuệ nhân tạo. Vấn đề tiếp theo chính là tìm ra những nguồn dữ liệu số có quy mô lớn – dữ liệu càng lớn thì trí tuệ nhân tạo càng thông minh.

Đúng vào lúc dữ liệu trở thành yếu tố quyết định đối với trí tuệ nhân tạo thì cụm công nghệ internet cũng phát triển bùng nổ, có thể cung cấp nguồn dữ liệu dồi dào với chi phí rẻ. Trong một thời gian dài sau khi giao thức đầu tiên cho phép các máy tính kết nối dữ liệu với nhau ra đời vào năm 1969, internet vẫn chỉ là tập hợp một số mạng thông tin điện tử rời rạc quy mô nhỏ, được sử dụng như phương tiện trao đổi dữ liệu trong một số cơ quan quốc phòng, trường đại học ở Mỹ

và vài nước phương Tây.⁷ Chỉ sau khi giao thức HTTP và công nghệ Web được áp dụng vào nửa đầu thập niên 1990 thì cuộc cách mạng Internet mới thực sự bắt đầu, đưa số người dùng tăng vọt từ 2,6 triệu vào năm 1990 lên 44,4 triệu vào năm 1995, 413 triệu vào năm 2000 và gần hai tỷ vào năm 2010 (Roser và cộng sự, 2015), trở thành mạng lưới kết nối vạn vật (IoT) toàn cầu, cho phép hàng chục tỷ thiết bị trao đổi thông tin với nhau (M2M hay giao tiếp máy với máy). Cuộc cách mạng Internet kéo theo sự bùng nổ về dữ liệu: tổng lượng dữ liệu thế giới sản xuất và sử dụng vào năm 2000 chỉ vào khoảng 0,001 zettabytes, đến năm 2010 đã vượt quá 2,0 zettabytes⁸; mỗi giây thế giới lại sản xuất ra lượng dữ liệu nhiều gấp một nghìn lần dữ liệu của gần 130 triệu đầu sách đã từng được in ra trên thế giới⁹. Dữ liệu số được thu thập qua internet đã góp phần kích hoạt cuộc cách mạng AI; ở chiều ngược lại, việc ứng dụng AI cho phép “điện khí hóa” dữ liệu, tức là thu thập, khai thác dữ liệu lớn, xử lý, chiết xuất ra thông tin, khám phá ra tri thức mới có giá trị, biến dữ liệu thành nguyên liệu sản xuất quý giá.¹⁰

6. Liên quan chặt chẽ với “định luật Moore” là “định luật Kryder”, theo đó khả năng lưu trữ dữ liệu trên một đơn vị diện tích của chip nhớ luôn tăng gấp đôi sau mỗi 13 tháng; “định luật Butler” cho biết, tốc độ truyền dữ liệu theo đường cáp quang luôn tăng gấp đôi sau mỗi chín tháng.

7. Giai đoạn này còn gọi là thời kỳ tiền internet.

8. Đạt 64,2 zettabytes vào năm 2020 và dự báo đạt 181 zettabytes vào 2025 (Statista.com, June 7, 2021).

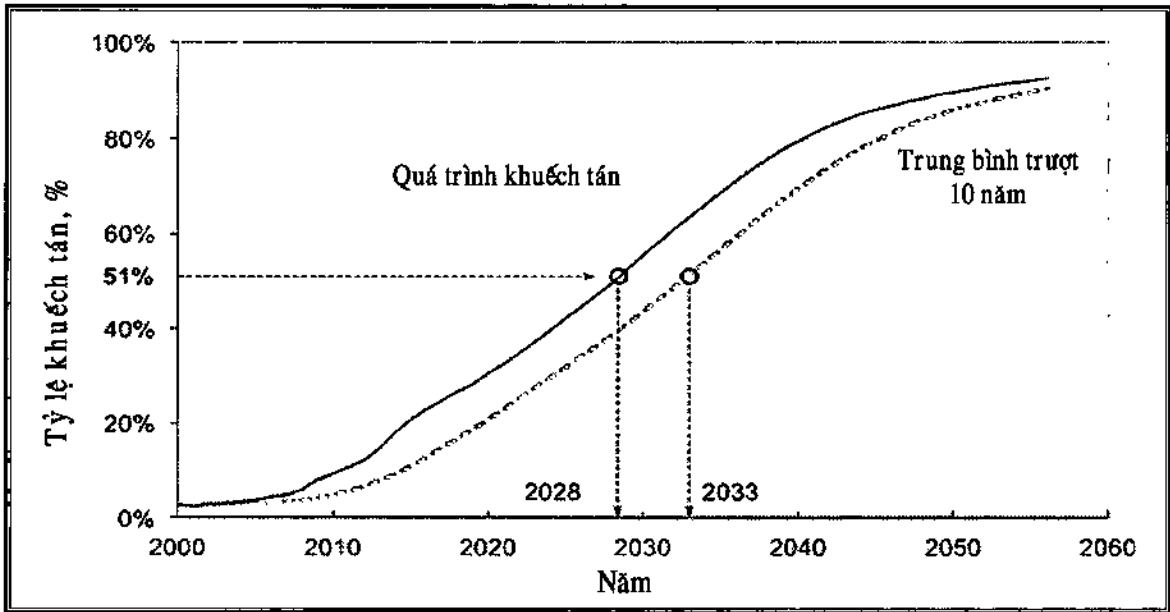
9. Năm 2020, số người dùng internet trên toàn cầu đã đạt 4,72 tỷ.

10. Ví dụ, gần đây nhất là vào cuối năm 2020, hệ thống trí tuệ nhân tạo AlphaFold của công ty DeepMind thuộc tập đoàn Google đã mô phỏng cấu trúc vật lý ba chiều với độ chính xác gần như tuyệt đối cho 350.000 protein của con người (98,5%) và nhiều loài sinh vật khác từ cơ sở dữ liệu đã biết (www.nature.com, 22 July, 2021).

Có thể nói, ba cụm công nghệ vi mạch, Internet kết nối vạn vật và trí tuệ nhân tạo đã hợp thành mô thức nền tảng của cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ tư đặc trưng cho quá trình số hóa – lấy dữ liệu số làm nguyên liệu sản xuất chính, trí tuệ nhân tạo là phương tiện sản xuất chính; kiểm soát dữ liệu số trở thành mục tiêu chính của cuộc cạnh tranh kinh tế, chính trị. Ba cụm công nghệ trên tạo bước phát triển cho những ngành công nghiệp mới

như điện thoại di động, mạng viễn thông (với sự bùng nổ lần lượt của mạng di động 1G, 2G, 3G, 4G và hiện nay là 5G¹¹), xe ô tô tự hành, máy bay không người lái, thực tại ảo, chuỗi khối, ... Nếu lấy thời điểm bắt đầu là thập niên 2000, thì đến nay cuộc Cách mạng công nghiệp lần thứ tư đã đi qua giai đoạn khởi động và bước vào giai đoạn tăng tốc theo cấp số nhân (hình 2) với các ứng dụng tuôn ra ồ ạt, kích thích cuộc chạy đua toàn cầu về chuyển đổi số.

HÌNH 2: Quá trình khuếch tán của cuộc Cách mạng công nghiệp lần thứ tư



Tuy nhiên, như đã phân tích, giai đoạn tăng tốc của cách mạng công nghiệp luôn đi kèm với sự chững lại của các đổi mới cơ bản. Trên thực tế, bất chấp một số tiến bộ gần đây trong việc sử dụng các vật liệu bán dẫn thế hệ thứ ba như gallium nitride (GaN), silicon carbide (SiC), hay việc chuyển từ vi mạch 2D sang 3D¹²..., định luật Moore được dự báo sẽ kết thúc trong mười năm tới khi công nghệ vi mạch bán dẫn tiến đến giới hạn vật lý. Chưa có bất cứ khám phá cơ bản nào đủ sức phá vỡ giới hạn của định luật Moore. Điện toán lượng tử hiện là lĩnh

vực duy nhất có tiềm năng vượt qua giới hạn tính toán của điện toán bán dẫn, nhưng được dự báo sẽ chỉ diễn ra vào giữa

11. Mạng di động vệ tinh Starlink của tập đoàn Tesla sẽ được đưa vào hoạt động từ cuối năm 2021. Mạng di động 6G được dự báo sẽ khai thác thương mại trước năm 2030.

12. Tháng 5-2021, hãng IBM công bố chip 2nm có mật độ 333 triệu mạch bán dẫn trên 1mm². Gần như đồng thời, nhóm các nhà khoa học từ Viện Công nghệ Massachusetts (MIT), Tập đoàn Sản xuất bán dẫn Đài Loan (TSMC) và Đại học Quốc gia Đài Loan (NTU) cũng thông báo đã đạt được bước đột phá về sản xuất chip 1nm.

thế kỷ này¹³. Vai trò trung tâm của Mỹ trong ngành công nghiệp vi mạch bán dẫn bị xói mòn do sự chuyển dịch ra nước ngoài hầu hết các công đoạn sản xuất (Conte và cộng sự, 2017).

Trong khi đó, như chuyên gia hàng đầu thế giới về trí tuệ nhân tạo Lee Kai-fu đã chỉ ra, giai đoạn của những khám phá cơ bản về học sâu tạo ra “AI hẹp” – tức là loại AI lấy dữ liệu từ một miền cụ thể để tối ưu hóa một mục tiêu cụ thể, dường như đã kết thúc. Những thành tựu mới về trí tuệ nhân tạo liên tiếp được công bố làm cho nhiều người có cảm tưởng rằng vẫn đang diễn ra những phát minh lớn, thực chất chỉ là những ứng dụng và cải tiến những gì đã được khám phá ra từ hơn hai thập niên trước. Chưa có bất cứ đột phá nào về “AI rộng” (Artificial General Intelligence, AGI) có khả năng xử lý dữ liệu đa miền cho phép tiệm cận với trí tuệ con người (Lee, 2020: 32-33).

Tóm lại, nơi mà chúng ta đang bước đến không phải là nền kinh tế dựa trên tri thức mà là nền kinh tế dựa vào dữ liệu số. Đúng như nhà khoa học tiên phong về công nghệ học sâu Terrence J. Sejnowski nhận xét, “người có nhiều dữ liệu nhất, cho dù là ai, sẽ chiến thắng” (Sejnowski, 2019), cạnh tranh nhằm kiểm soát dữ liệu diễn ra ngày càng quyết liệt. Các tập đoàn công nghệ hàng đầu như: Amazon, Facebook, Google của Mỹ hay như: Alibaba, Tencent, Baidu của Trung Quốc đã trở thành các cỗ máy thu thập dữ liệu khổng lồ cạnh tranh gay gắt để kiểm soát dữ liệu người dùng trên toàn cầu. Nhờ sở hữu những nhà nghiên cứu xuất chúng về trí tuệ nhân tạo, Mỹ có lợi thế trong giai đoạn đầu của cuộc cách mạng AI. Nhưng bước sang giai đoạn tăng tốc đòi hỏi dữ liệu lớn, lợi thế này đang chuyển dịch rất nhanh sang

Trung Quốc, nơi có quy mô thị trường nội địa khổng lồ, dữ liệu người dùng cực lớn và đội ngũ đông đảo các chuyên gia, kỹ sư, doanh nhân giỏi triển khai ồ ạt các ứng dụng AI. Trong cuộc đua về “AI hẹp”, Trung Quốc đang nhận được lợi tức ròng từ dân số lớn – dữ liệu nhiều hơn dẫn đến AI tốt hơn¹⁴. Trong khi chưa có đột phá nào về “AI rộng”, điều an ủi tạm thời đối với Mỹ và các nước phát triển là làn sóng tự động hóa thứ hai, tức là tự động hóa dựa trên “AI hẹp”, đang khiến cho sản xuất tại các nước này trở nên cạnh tranh hơn, từ đó có thể thúc đẩy xu hướng dòng đầu tư nhằm tái công nghiệp hóa nhờ việc áp dụng rộng rãi robot công nghiệp, thiết bị tự hành, sản xuất bằng công nghệ in 3D...

Nokia Bell Labs đã tính toán, giai đoạn tăng tốc của cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ tư sẽ kết thúc vào khoảng năm 2040-2045, sau đó là giai đoạn bão hòa từ giữa thế kỷ XXI (hình 2) (Sanjeev và cộng sự, 2017). Một số chuyên gia theo thuyết vị lai như Raymond Kurzweil, kỹ sư trưởng của Google, tiên đoán đến khoảng năm 2045 sẽ xuất hiện “điểm kỳ dị” (singularity) đánh dấu thời điểm siêu trí tuệ nhân tạo vượt qua trí tuệ con người (Kurzweil, 2005). Đây có thể là khởi đầu của một cuộc cách mạng công nghiệp tiếp theo, đặc trưng bởi “sự bùng nổ của trí tuệ” được kỳ vọng sẽ cung cấp các công nghệ giúp giải quyết vấn đề về

13. Hartmut Neven, lãnh đạo Quantum AI Lab của tập đoàn Google, tiên đoán công suất tính toán của điện toán lượng tử sẽ tăng theo hàm số mũ của hàm số mũ, vượt xa tốc độ tăng theo hàm số mũ của điện toán bán dẫn theo định luật Moore (Hartnett, 2019).

14. Trung Quốc đã vượt Mỹ về AI trong B2C do sở hữu dữ liệu người dùng lớn nhất, nhưng Mỹ vẫn dẫn trước Trung Quốc về AI trong B2B do sở hữu dữ liệu doanh nghiệp lớn và đầy đủ hơn.

cạn kiệt tài nguyên, biến đổi khí hậu, chữa trị các bệnh nan y, kéo dài tuổi thọ con người.

5. Kết luận

Sự phát triển dài hạn của lực lượng sản xuất diễn ra theo các làn sóng cách mạng công nghiệp mà bản chất là những cao trào đổi mới sâu rộng, tạo bước tiến nhảy vọt về năng suất và hiệu suất. Đổi mới là công đoạn trung gian rất quan trọng kết nối khoa học với thị trường, nghiên cứu với ứng dụng, biến các phát minh, khám phá thành công nghệ giúp tạo ra các giá trị mới. Khả năng tổ hợp và cộng hưởng giữa các công nghệ cốt lõi, làm hình thành một số cụm công nghệ trụ cột đóng vai trò động lực, là cơ chế căn bản dẫn đến sự bùng nổ của cách mạng công nghiệp. Các cụm công nghệ trụ cột hợp thành mô thức công nghệ nền tảng, quyết định quỹ đạo phát triển của cả cuộc cách mạng công nghiệp qua các giai đoạn khởi động, tăng tốc và bão hòa.

Cho đến nay, loài người đã trải qua ít nhất bảy cuộc cách mạng về lực lượng sản xuất từ Cách mạng đồ đá cũ, Cách mạng nông nghiệp, Cách mạng tiền công nghiệp và bốn cuộc cách mạng công nghiệp. Mỗi làn sóng đổi mới này đều đặc trưng bởi việc sử dụng một số tư liệu sản xuất chính, hình thành một số cụm sản xuất động lực, thực hiện “phá hủy mang tính sáng tạo” nền kinh tế, kéo theo chuỗi các thay đổi to lớn về hạ tầng quan hệ sản xuất, thượng tầng chính trị - xã hội, văn hóa - tư tưởng, quan hệ quốc tế và trật tự thế giới.

Để dẫn đầu cách mạng công nghiệp, các doanh nghiệp, quốc gia phải có năng lực đổi mới sáng tạo vượt trội cho phép bứt phá lên trước về công nghệ, nhanh chóng tích lũy sức mạnh, trở thành

những thế lực áp đảo. Tuy nhiên, cùng với quá trình khuếch tán công nghệ và tăng tốc cách mạng công nghiệp, thì lợi thế so sánh chuyển dịch về phía các doanh nghiệp, quốc gia có khả năng tiếp cận, hấp thu, tiếp biến công nghệ thành hiệu suất và chất lượng cao. Khi các sản phẩm đã chín muồi, phổ cập, giá cả giảm xuống, các công nghệ mới được chuẩn hóa và áp dụng đại trà thì cuộc cách mạng công nghiệp đi vào giai đoạn bão hòa, đặc trưng bởi bong bóng kinh tế và khủng hoảng cơ cấu. Đó chính là lúc các nước đi sau có lợi thế về nhân tố đầu vào như tài nguyên và lao động rẻ có cơ hội thu hẹp khoảng cách công nghệ với các nước dẫn đầu. Vì vậy, thành công hay thất bại của chiến lược đuổi bắt về công nghệ, phụ thuộc vào việc có xây dựng đủ năng lực đổi mới để thực hiện bứt phá “chuyển làn, vượt xe” vào đúng thời điểm hay không.

Cuộc Cách mạng công nghiệp lần thứ tư lấy dữ liệu số làm nguyên liệu chính, trí tuệ nhân tạo làm phương tiện sản xuất chính. Cho đến nay, làn sóng này đã đi qua giai đoạn khởi động và bước vào giai đoạn tăng tốc được dự báo sẽ kéo dài đến đầu thập niên 2030, tiếp tục mở rộng cho đến giữa thập niên 2040, sau đó đi vào giai đoạn bão hòa. Cuộc cạnh tranh về dữ liệu và trí tuệ nhân tạo đang ngày càng quyết liệt. Giống như vào thời của C. Mác, câu hỏi ai sẽ nắm quyền chiếm hữu, kiểm soát những tư liệu sản xuất này sẽ một lần nữa là “điều bí ẩn sâu kín nhất, nền móng ẩn khuất nhất của toàn bộ kết cấu xã hội” (Mác, 2020).

TÀI LIỆU TRÍCH DẪN

1. Acemoglu D. and Robinson J. A. (2013), Why nations fail. Bản dịch tiếng Việt Tại sao các quốc gia thất bại: Nguồn gốc của quyền lực, thịnh vượng và nghèo đói, Nxb. Trẻ.

2. Acemoglu D., Autor D., Dorn D., Hanson G. and Price B. (2014), 'Return of Solow Paradox? IT, Productivity, and Employment in US Manufacturing', *American Economic Review*, 104, No.5, May, pp. 394-399.
3. Akamatsu K. (1962), 'A historical pattern of economic growth in developing countries', *Journal of Developing Economies*, 1 (1): 3—25.
4. Conte T. M., DeBenedictis E. P., William S. M. and Hill M. D. (2017). Challenges to Keeping the Computer Industry Center in the US (Draft). Retrieved from: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1706/1706.10267.pdf>
5. Dosi G. (1982), 'Technological paradigms and technological trajectories', *Research Policy*, No.11, pp. 147-162. University of Sussex, North-Holland Publishing Company.
6. Harari Y. N. (2018), *Sapiens: A brief history of humankind*, Bản dịch Sapiens: Lược sử về loài người, Nxb. Tri thức.
7. Hartnett K. (2019), 'A new "law" to describe quantum computing's rise?', *QuantaMagazine*, June 18.
8. Kriedte P., Medick H. and Schlumbohm J. (2008), *Industrialization before industrialization (Studies in modern capitalism)*, Cambridge University Press.
9. Kuhn T. (1962), *The Structure of Scientific Revolutions*, University of Chicago Press. Bản dịch tiếng Việt *Cấu trúc các cuộc cách mạng khoa học*, Hà Nội, Nxb. Tri thức, 2008.
10. Kurzweil R. (2005), *The Singularity is Near: When Humans Transcend Biology*, New York: Viking.
11. Landes D. S. (2001), *The wealth and poverty of nations: Why some are so rich and some so poor*, Bản dịch tiếng Việt *Sự giàu và nghèo của các dân tộc: Vì sao một số giàu đến thế mà một số lại nghèo đến thế*. Hà Nội, Nxb. Thống kê.
12. Lee K. F. (2020), *AI superpowers*. Bản dịch tiếng Việt *Các siêu cường AI: Trung Quốc, Thung lũng Silicon và trật tự thế giới mới*, Nxb. Trẻ.
13. Lopez R. S. (1976), *The commercial revolution of the Middle Ages 950-1350*, New York: Cambridge University Press.
14. Mác C. (2020), *Tư bản*, quyển 3, phần VI, chương 47, mục II, Nxb. Chính trị Quốc gia.
15. Mensch G. (1984), *Theory of Innovations*, Lexington Books.
16. Posner M. V. (1961), 'International Trade and Technical Change', *Oxford Economic Paper*, Jahrgang 13, N.3, pp. 323-341.
17. Rogers E. M. (2003), *Diffusion of Innovations*, Fifth Edition. Simon and Schuster.
18. Roser M., Ritchie H., Ortiz-Ospina E. (2015), 'Internet', *OurWorldInData.org*. Retrieved from: <https://ourworldindata.org/internet>.
19. Sanjeev I., Kamat S., Prakash S. and Weldon M. (2017), 'Will productivity growth return in new digital era', *Bell Labs Technical Journal*, Volume 22, June. Publisher: Nokia Bell Labs.
20. Sejnowski T. J. (2019), *Deep Learning Revolution*. Bản dịch tiếng Việt: *Deep Learning – Cuộc cách mạng học sâu*, Nxb. Công thương.
21. Sledzik K. (2013), 'Schumpeter's View on Innovation and Entrepreneurship', *ResearchGate*, April. Doi:10.2139/ssrn.2257783.
22. Vernon R. (1966), 'International Investment and International Trade in the Product Cycle', *The Quarterly Journal of Economics*, Volume 80, Issue 2, May, pp. 190—207.

Ngày nhận bài: 02-7-2021
Ngày nhận bản sửa: 12-7-2021
Ngày duyệt đăng: 19-7-2021