

SỰ RA ĐỜI, ĐẶC ĐIỂM, BẢN CHẤT CỦA CÁCH MẠNG CÔNG NGHIỆP 4.0

Cách mạng công nghiệp lần thứ tư (cách mạng công nghiệp 4.0) đã và đang diễn ra với tốc độ nhanh, nhiều diễn biến khó lường, tác động đến sự phát triển kinh tế - xã hội của nền kinh tế toàn cầu, trong đó có Việt Nam. Dưới tác động của công nghệ kết hợp giữa thế giới thực và ảo, những thách thức đặt ra đối với con người lớn hơn bao giờ hết. Các yêu cầu về nguồn nhân lực đối với từng ngành, từng lĩnh vực đang thay đổi theo hướng ngày càng coi trọng năng lực làm việc của người lao động với hệ thống công nghệ thông minh. Điều này đã và đang đặt ra những yêu cầu cần có những chính sách mạnh mẽ đối với hệ thống giáo dục và đào tạo của nước ta để có thể tạo ra nguồn nhân lực có năng lực chuyên môn, khả năng sử dụng công nghệ thông tin nhằm tận dụng được các cơ hội cũng như vượt qua những thách thức mà cuộc cách mạng công nghiệp này mang lại.

Cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ nhất diễn ra ở Anh vào thế kỷ XVIII cho đến nửa đầu thế kỷ XIX. Cuộc cách mạng này diễn ra khi chủ nghĩa tư bản ở Anh thắng lợi, đánh dấu bước ngoặt quan trọng trong quá trình sản xuất kinh tế ở Anh, đưa chủ nghĩa tư bản phát triển lên một giai đoạn cao hơn, mang lại sự biến đổi lớn trong nền kinh tế Anh và một số quốc gia khác trong khu vực châu Âu.

Cuộc cách mạng công nghiệp ở Anh đã diễn ra sau nhiều điều kiện tiền đề được hình thành. Điển hình là quá trình tích lũy tư bản, kết quả của cuộc cách mạng nông nghiệp và sự thành công của cách mạng chính trị ở Anh. So với các quốc gia khác ở châu Âu, quá trình tích lũy tư bản ở Anh được thực hiện mạnh mẽ và nhanh nhất thông qua sự bành trướng thuộc địa, mậu dịch hải ngoại và buôn bán nô lệ. Chính sự tích lũy tư bản này đã tạo ra những điều kiện vật chất để các hoạt động phát minh và cải tiến trong lĩnh vực sản xuất được thực hiện. Cuộc cách mạng trong lĩnh vực nông nghiệp cũng được cho là một tiền đề quan trọng. Việc nông dân bị tước đoạt ruộng đất chính là tách rời nông dân khỏi tư liệu sản xuất đã góp phần chuẩn bị sức lao động cần thiết cho sản xuất tư bản chủ nghĩa. Cùng với hai điều kiện quan trọng trên, sự thành công của cách mạng chính trị Anh là một điều kiện quan trọng không thể không đề cập tới khi chế độ phong kiến ở Anh bị lật đổ, mở đường cho chủ nghĩa tư bản phát triển. Chế độ chính trị mới ở Anh đã củng cố, phát triển nền kinh tế tư bản chủ nghĩa. Giai cấp tư sản Anh đã thực hiện nhiều biện pháp thúc đẩy phát triển công nghiệp và thương mại. Từ đó, cơ sở vật chất hiện đại đã được hình thành và

phát triển ở Anh. Bên cạnh những điều kiện này, cũng cần phải kể đến các điều kiện khác như vị trí giao thông thuận tiện, tầng lớp trung lưu giàu có, sự thừa thãi tài nguyên thiên nhiên,...

Cách mạng công nghiệp ở Anh là cuộc cách mạng kỹ thuật với nội dung phát minh ra máy móc, thay thế lao động thủ công bằng lao động máy móc. Những phát minh lớn trong các ngành công nghiệp bao gồm: công nghiệp nhẹ với những phát minh về thoi bay, máy quay sợi, máy dệt, máy kéo sợi chạy bằng sức nước; công nghiệp luyện kim với phát minh về nấu than cốc từ đá để luyện sắt, lò luyện gang; công nghiệp động lực với phát minh máy hơi nước; giao thông vận tải với sự ra đời của tàu thủy và tàu hỏa.

Do lao động thủ công được thay thế bằng lao động máy móc, số lượng sản phẩm, chất lượng và giá trị sản phẩm tăng lên, giá của sản phẩm cũng rẻ đi, đồng nghĩa với kết quả năng suất lao động tăng. Việc áp dụng các phát minh đi kèm với cải tiến không ngừng đã khiến cho nền kinh tế Anh phát triển mạnh. Nếu ở giai đoạn đầu thế kỷ XVIII (1700-1760), tỷ lệ tăng trưởng của sản xuất công nghiệp ở Anh và xứ Wales là khoảng 0,7-1%/năm và tỷ lệ tăng của GDP là 0,7%/năm thì đến giai đoạn đầu thế kỷ XIX (1831-1860), tỷ lệ này lần lượt là 3%/năm và 2,2- 2,5%/năm. Mức đầu tư theo % của thu nhập quốc dân cũng tăng từ mức 5% lên đến 11,3% và mức tăng của năng suất các nhân tố tổng hợp (TFP) cũng thay đổi từ mức 0,3%/năm lên 1%/năm trong hai giai đoạn đó (Crafts, năm 1985). Nước Anh trở thành cường quốc công nghiệp lớn nhất châu Âu vào thời gian này. Đồng thời, bản đồ địa lý của Anh cũng có sự thay đổi lớn. Nếu trước đây các trung tâm công nghiệp và các vùng đông dân tập trung ở miền Nam thì sau cách mạng công nghiệp, miền Bắc lại là nơi tập trung những thành phố lớn, phát triển và đông dân cư như Liverpool, Manchester, Birmingham. Cách mạng công nghiệp ở Anh cũng dẫn đến những thay đổi sâu sắc về mặt xã hội mà điển hình là thay đổi trong cấu trúc giai cấp của Anh: tư sản và vô sản trở thành hai giai cấp cơ bản trong xã hội. Công nhân bị bóc lột thậm tệ và phụ thuộc vào máy móc dẫn đến tình trạng đấu tranh đòi thay đổi sự thống trị của giai cấp tư sản. Các cuộc đấu tranh ban đầu diễn ra ở Anh (1811-1821, với phong trào đập phá máy móc), sau đó diễn ra không chỉ ở Anh (1836-1848, với phong trào Hiến chương) mà còn ở các quốc gia khác như Pháp (1831-1834) và Đức (1835-1837).

Cách mạng công nghiệp lần thứ hai diễn ra vào nửa cuối thế kỷ XIX và những năm đầu của thế kỷ XX (1871-1914). Có thể coi như đây chính là giai đoạn thứ hai

của cách mạng công nghiệp, do phạm vi phát triển các phát minh và áp dụng tiến bộ khoa học - kỹ thuật thay đổi mạnh mẽ sang các quốc gia khác mà điển hình là Đức, Mỹ và các quốc gia khác như Pháp, Italia, Nhật Bản; đồng thời, nội dung của các tiến bộ khoa học - kỹ thuật cũng thay đổi. Có thể nói, những tiến bộ kinh tế kỹ thuật của động lực máy hơi nước, tàu hơi nước, đường sắt của cách mạng công nghiệp lần thứ nhất đã tạo ra những điều kiện để những phát minh công nghiệp ở cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ hai này được hình thành.

Nội dung của cách mạng công nghiệp lần thứ hai là chuyển từ nền sản xuất cơ khí sang nền sản xuất điện - cơ khí và sang giai đoạn tự động hóa cục bộ trong sản xuất. Nhờ sự phát minh và sử dụng phổ biến xăng dầu, điện và thép mà động cơ đốt trong và một số máy móc sử dụng điện khác được phát minh. Đáng kể đến trong thời gian này là các phát minh như:

Phun khí nóng trong sản xuất sắt đã làm giảm tiêu hao nhiên liệu;

Quy trình luyện thép Bessemer cho phép có thể luyện thép tốt với giá rẻ và chính từ kết quả này kéo theo sự ra đời của các cầu lớn, đường sắt, tòa nhà cao tầng, tàu và các loại xe chiến đấu, vũ khí;

Từ tiến bộ về luyện thép đã khiến cho công nghệ sản xuất đường ray tàu hỏa được cải tiến, độ dài của đường ray được xây dựng dài hơn, trọng lượng nặng hơn, cho phép sử dụng đầu máy kéo nặng hơn, đi quãng đường xa hơn và tốc độ nhanh hơn. Tất cả những điều này làm cho tàu hỏa trở thành phương tiện vận tải phổ biến nhất vào thời điểm đó;

Năng lượng điện, bóng điện, nhà máy điện, điện khí được sử dụng, kéo theo những ứng dụng quan trọng trong lĩnh vực này như tàu điện và việc sản xuất ra nhiều hóa chất như nhôm, clo, natri hydroxide,...;

Máy công cụ tiêu hao điện năng được sử dụng để sản xuất hàng loạt với tiêu chuẩn quốc tế;

Việc sản xuất giấy được thực hiện hoàn thiện vào năm 1880 kéo theo sự ra đời và phổ biến việc sử dụng giấy, sách, báo; sản xuất dầu được phát triển với giếng dầu hiện đại đầu tiên được cho là tìm thấy ở Pennsylvania tại Mỹ, việc sử dụng dầu cho đèn và máy sửi được phổ biến rộng rãi đến khi được thay thế bằng điện vào năm 1890;

Hóa học phát triển với việc phát hiện ra thuốc nhuộm tổng hợp;

Sản xuất cao su và các sản phẩm từ cao su phát triển;

Sự ra đời của xe đạp hiện đại và bùng nổ sử dụng xe đạp vào năm 1890;

Ôtô được sáng chế lần đầu tiên vào năm 1886 và được Henry Ford sản xuất lần đầu tiên vào năm 1896;

Điện thoại được cấp bằng sáng chế vào năm 1876 và đài phát thanh năm 1897;

Phương pháp quản lý kinh doanh hiện đại theo Frederick Winslow Taylor cũng là một trong những phát hiện đáng kể vào thời gian này.

Với những tiến bộ khoa học - công nghệ và sự áp dụng phổ biến các phát minh nêu trên, cách mạng công nghiệp lần thứ hai mở đầu một kỷ nguyên sản xuất hàng hóa không lồ, đã có những tác động sâu sắc đến kinh tế - xã hội của các quốc gia. Giai đoạn 1870- 1890, tăng trưởng kinh tế ở các nước công nghiệp đạt mức cao chưa từng có trong các giai đoạn trước. Mỹ vượt các quốc gia trở thành cường quốc thịnh vượng nhất thế giới, về cơ cấu công nghiệp, các nhà lãnh đạo trong sản xuất công nghiệp ở Anh chiếm khoảng 24% tổng số các nhà sản xuất trên thế giới, tỷ lệ này đối với một số quốc gia khác là: Mỹ 19%, Đức 13%, Nga 9%, Pháp 7%. Chỉ tính riêng châu Âu chiếm 62% tổng số các nhà sản xuất công nghiệp trên toàn thế giới (Paul, năm 1982). Chất lượng cuộc sống được cải thiện đáng kể ở các nước công nghiệp, tăng năng suất cao dẫn đến giá cả của các mặt hàng giảm mạnh, mất mùa không dẫn đến nạn đói, tiến bộ trong y tế và vệ sinh làm cho tỷ lệ lây nhiễm bệnh và tình trạng tử vong giảm.

Cách mạng công nghiệp làm thay đổi đặc điểm địa lý của các quốc gia, dân số tại các trung tâm công nghiệp tăng mạnh. Chẳng hạn ở Anh, năm 1890, phần lớn dân cư ở Anh (trên 90%) là sống ở vùng đô thị (Grigg, năm 1992). Cơ cấu nghề nghiệp cũng bị thay đổi mạnh, tình trạng thất nghiệp cũng trở nên phổ biến hơn, biến động trong thương mại và công nghiệp làm cho kết cấu hạ tầng, cơ sở vật chất, máy móc thiết bị bị lỗi thời trong một khoảng thời gian rất ngắn.

Cách mạng công nghiệp lần thứ ba bắt đầu vào khoảng năm 1969, khi các tiến bộ về hạ tầng điện tử, máy tính, số hóa được phát minh và áp dụng cho đến những năm cuối của thế kỷ XX, khi cuộc khủng hoảng tài chính ở khu vực châu Á bắt đầu (năm 1997).

Nội dung của cách mạng công nghiệp lần thứ ba là sự thay đổi từ công nghệ điện tử và cơ khí sang công nghệ số, đánh dấu sự khởi đầu của thời đại thông tin.

Trọng tâm của cuộc cách mạng này là sản xuất hàng loạt và sử dụng rộng rãi các mạch logic kỹ thuật số và các công nghệ gồm máy tính, điện thoại di động, mạng internet. Các tiến bộ khoa học – kỹ thuật trong thời kỳ này điển hình là: mạng ARPANET (năm 1969), mạng cho phép gửi tin nhắn dạng chuyển mạch có sử dụng giao thức; các máy tính cá nhân, thiết bị chơi game cầm tay trong những năm 1970; sự phổ biến rộng rãi của máy tính và một số thiết bị điện tử sử dụng công nghệ số khác như máy rút tiền tự động, robot công nghiệp, đồ họa máy tính, âm nhạc điện tử, các hệ thống bảng thông báo, trò chơi video,...; điện thoại di động ra đời (năm 1983) và được thương mại hóa (năm 1991); internet được sử dụng ở Mỹ (năm 1984); máy ảnh kỹ thuật số ra đời (năm 1988) và bắt đầu được bán trên thị trường ở Nhật Bản (năm 1989) và Mỹ (năm 1990); mực kỹ thuật số được tạo ra (năm 1988) và lần đầu tiên được sử dụng (năm 1989); World-Wide-Web được phát minh (năm 1989) và được sử dụng rộng rãi (năm 1991), internet được sử dụng rộng rãi vào năm 1996, và đến năm 1999, hầu hết các nước đều có kết nối internet, trong đó riêng tại Mỹ, gần một nửa số người dân sử dụng internet.

Cách mạng kỹ thuật số đã làm các hoạt động trong một nền kinh tế được thay đổi sâu sắc. Cách thức các tổ chức trên toàn thế giới tương tác với nhau đã thay đổi hoàn toàn, trong đó các công ty nhỏ hoặc thậm chí các cá nhân cũng có thể tiếp cận được với các thị trường rộng lớn. Việc sử dụng công nghệ số trong quá trình sản xuất hoặc cung cấp dịch vụ và việc trao đổi thông tin diễn ra nhanh chóng hơn, dễ dàng và thuận tiện hơn đã làm cho năng suất và hiệu suất làm việc của các doanh nghiệp tăng đáng kể. Các hoạt động quản lý của các chính phủ cũng thay đổi, được thực hiện thông qua mạng internet thay vì trực tiếp như trước đây. Cách thức con người sinh hoạt trong đời sống hàng ngày cũng thay đổi từ việc mua bán đồ dùng đến các hoạt động giao tiếp khác. Bên cạnh đó, do kỹ thuật số trở thành phổ biến, vấn đề bảo mật thông tin cũng được đặt ra và là mối quan tâm cơ bản của các quốc gia.

Cách mạng công nghệ số tác động sâu sắc về mặt xã hội. Việc áp dụng các công nghệ số và tự động hóa hàng loạt kéo theo sự ra đời của nhiều nghề nghiệp đồng thời cũng làm giảm phạm vi hoạt động, thậm chí loại bỏ nhiều nghề mà điển hình như vận chuyển thư, thợ chụp ảnh dạo, rửa ảnh, kiểm soát vé,... Việc mở rộng trao đổi thông tin làm phát sinh các vấn đề có liên quan đến công dân, nhân quyền, xâm hại đời tư, bạo lực, tội phạm, khủng bố,... đòi hỏi cần phải được giải quyết. Ngoài ra, cũng có nhiều hệ lụy của cuộc cách mạng công nghệ số như việc bão hòa

thông tin, xu hướng tổn hại báo chí do ai cũng có thể trở thành nhà báo, việc ghi nhận thông tin dễ dàng cũng kèm theo việc xóa và thay đổi thông tin nhanh chóng nên sự xác thực của thông tin luôn đòi hỏi cần được bảo đảm.

Khái niệm công nghệ 4.0 hay là cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ tư lần đầu tiên được đề cập tại Hội chợ triển lãm công nghệ tại Hannover, Đức và sau đó thuật ngữ công nghệ 4.0 chính thức đưa vào Kế hoạch hành động chiến lược công nghệ cao được Chính phủ Đức thông qua vào năm 2012. Đức là quốc gia đầu tiên nhận diện cuộc cách mạng này và cũng là quốc gia đầu tiên trên thế giới có chiến lược để tận dụng các cơ hội cũng như hạn chế các tác động tiêu cực của cuộc cách mạng công nghiệp 4.0 trên cơ sở nhận ra sự thay đổi căn bản các phương thức sản xuất dưới sự kết hợp nhiều công nghệ, trong đó đặc biệt là công nghệ hệ thống và internet. Sau khi khái niệm cách mạng công nghiệp lần thứ tư được đề cập ở Đức, rất nhiều quốc gia trên thế giới cũng đưa ra những nhận định về sự hiện diện của cuộc cách mạng này cũng như những ảnh hưởng của nó. Nhiều cuộc hội thảo, diễn đàn trao đổi được tổ chức, nhiều công trình nghiên cứu, bài phân tích được công bố ở các nước như Anh, Mỹ, Pháp, Nhật Bản, Trung Quốc,... nhằm mục đích tìm hiểu những cơ hội mà cuộc cách mạng này mang đến để tận dụng; đồng thời cũng xem xét những thách thức mà cuộc cách mạng này mang lại để chuẩn bị đối phó. Vấn đề cách mạng công nghiệp lần thứ tư trở thành mối quan tâm chung khi Diễn đàn Kinh tế thế giới năm 2016 được tổ chức tại Thụy Sĩ vào ngày 20-23 tháng 01 năm 2016 đã lấy chủ đề thảo luận là “Làm chủ cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ tư”. Tại diễn đàn, Klaus Schwab, người sáng lập và là Chủ tịch điều hành của Diễn đàn Kinh tế thế giới đã giới thiệu về cuốn sách Cách mạng công nghiệp lần thứ tư cùng quan điểm là thế giới đang ở đỉnh cao của cuộc cách mạng này. 2.500 đại biểu từ hơn 100 quốc gia bao gồm các nhà lãnh đạo kinh doanh toàn cầu, các nguyên thủ quốc gia, các nhà trí thức và đại diện của các tổ chức phi chính phủ đã cùng tham gia thảo luận, dự đoán những thay đổi trong tương lai, sự thay đổi được kỳ vọng là xảy ra theo cấp số nhân cùng với những đột phá về khoa học - công nghệ được kỳ vọng sẽ thay đổi nền kinh tế - xã hội.

Như đã trình bày ở trên, cách mạng công nghiệp lần thứ nhất sử dụng năng lượng nước và hơi nước để cơ giới hóa sản xuất. Cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ hai sử dụng năng lượng điện, các động cơ điện để tạo ra các dây chuyền sản xuất hàng loạt. Cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ ba sử dụng công nghệ thông tin để tự động hóa sản xuất. Cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ tư xóa nhòa ranh giới

giữa các lĩnh vực vật chất, số hóa và sinh học, nó tạo ra sự liên kết giữa thế giới thực và ảo để thực hiện mọi việc theo cách thông minh và hiệu quả.

Như vậy, cách mạng công nghiệp lần thứ tư đã kết hợp hệ thống nhúng và quy trình sản xuất thông minh để mở đường cho một kỷ nguyên công nghệ mới, kỷ nguyên thay đổi cơ bản chuỗi giá trị và mô hình kinh doanh trong sản xuất công nghiệp, sản xuất thông minh được coi như một chuẩn mực của quá trình hoạt động. Trong quá trình sản xuất, máy móc hoạt động dựa trên công nghệ thông tin và truyền thông thông minh, các hệ thống và mạng lưới có khả năng độc lập trao đổi và trả lời các thông tin để quản lý các quá trình sản xuất công nghiệp.

Cách mạng công nghiệp lần thứ tư được hình thành dựa trên nền tảng của cuộc cách mạng số, đặc biệt là việc sử dụng phổ biến internet. Nội dung của cuộc cách mạng này là sự phát triển hệ thống liên kết thế giới thực và ảo trên cơ sở internet kết nối vạn vật (Internet of Things - IoT) và các hệ thống kết nối internet (Internet of Systems - IoS). Việc tạo ra trí thông minh nhân tạo đã giúp tạo ra mạng các đối tượng thông minh, cùng với việc quản lý quá trình độc lập hình thành tính năng mới cho hệ thống sản xuất. Cách mạng công nghiệp lần thứ tư thay đổi mô hình sản xuất từ tập trung sang phân cấp. Sản xuất công nghiệp không dừng lại ở việc con người tác động vào máy móc thiết bị để làm ra sản phẩm mà là sản phẩm tiếp xúc với máy móc thiết bị và giúp máy móc thiết bị biết là cần phải làm gì để hoàn thành sản phẩm.

Nói về vấn đề này, cũng cần đề cập đến một luồng quan điểm cho rằng, những tiến bộ khoa học – công nghệ hiện tại và kỳ vọng trong tương lai gần thực chất không phải là của một cuộc cách mạng mới mà vẫn là thành quả của cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ ba được thực hiện trên nền tảng kỹ thuật số (Rifkin, năm 2016). Tuy nhiên, cho đến nay nhìn chung quan điểm này nhận được rất ít sự ủng hộ. Có ba lý do lý giải tại sao lại cho rằng, cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ tư xuất hiện chứ không phải là sự kéo dài của cách mạng công nghiệp lần thứ ba, đó là tốc độ, phạm vi và các tác động của các hệ thống. Tốc độ của những bước đột phá hiện nay là chưa có tiền lệ trong lịch sử, nó được tính là tốc độ của hàm số mũ chứ không phải là tốc độ tuyến tính. Phạm vi ảnh hưởng của cuộc cách mạng này cũng rất rộng, từ việc thay đổi cách thức giao tiếp, quản lý của các chính phủ và các cơ quan quản lý nhà nước, thay đổi cách thức tương tác của các doanh nghiệp và cuối cùng là thay đổi những cách thức sinh hoạt của người dân. Sự ảnh hưởng rộng rãi và sâu sắc này

báo trước sự chuyển đổi của toàn hệ thống sản xuất, quản lý và quản trị của xã hội loài người.

Các xu thế chủ yếu của công nghệ trong cuộc cách mạng này có thể được chia thành ba nhóm thuộc về vật lý, kỹ thuật số và sinh học. Đối với công nghệ vật lý, các công nghệ chủ yếu đã được định hình ở thời điểm hiện tại là xe tự lái, công nghệ in 3D, rôbot cao cấp và các vật liệu mới. Đối với công nghệ kỹ thuật số, đó là sự kết hợp giữa các ứng dụng vật lý và ứng dụng kỹ thuật số để cho ra đời internet kết nối vạn vật, cảm biến và các giải pháp kết nối thế giới thực vào mạng không gian ảo cho phép con người giám sát, tối ưu hóa tài sản và các hoạt động đến mức chi tiết, hiệu quả. Công nghệ này làm biến đổi cách thức thực hiện công việc của tổ chức trong các ngành công nghiệp. Công nghệ sinh học cũng có nhiều đổi mới đáng kể, trong đó đặc biệt cần nói đến là những thành quả trong phát triển công nghệ di truyền học với những công việc có liên quan đến giải mã gen, kích hoạt, chỉnh sửa gen. Những phát triển vượt bậc này sẽ giúp mang lại ứng dụng không chỉ trong ngành y học mà cả trong nông nghiệp và sản xuất nhiên liệu sinh học. Với những phát triển vượt bậc về công nghệ, nhiều sản phẩm mới sẽ ra đời và có tác động sâu sắc đến đời sống của con người, mang lại những ứng dụng trong nhiều ngành, lĩnh vực. Báo cáo tại Diễn đàn Kinh tế thế giới năm 2015 đã xác định 21 sản phẩm công nghệ trong số những sản phẩm đó từ một cuộc điều tra 816 giám đốc điều hành, chuyên gia thuộc các lĩnh vực thông tin và công nghệ truyền thông như Bảng 1.1 dưới đây.

Bảng 1.1: Những sản phẩm công nghệ được kỳ vọng sẽ xuất hiện trước năm 2030

Năm	Công nghệ mới được kỳ vọng ra đời	Ý kiến đồng ý với thời gian xuất hiện (%)
2018	90% dân số có thể lưu trữ dữ liệu không giới hạn và miễn phí	91,0
2021	Mỹ sẽ có được sĩ rôbot đầu tiên	86,5
2022	Một nghìn tỷ cảm biến kết nối với internet	89,2
2022	10% dân số mặc quần áo kết nối internet	91,2
2022	Chiếc ô tô đầu tiên được sản xuất hoàn toàn bằng công nghệ in 3D	84,1

2023	Chiếc điện thoại di động cấy ghép vào người đầu tiên được thương mại hóa	81,7
2023	Chính phủ đầu tiên thay thế điều tra dân số bằng các nguồn dữ liệu lớn	82,9
2023	10% mắt kính kết nối với internet	85,5
2023	80% người dân có hiện diện số trên internet	84,4
2023	Lần đầu tiên có chính phủ thu thuế qua Blockchain	73,1
2023	90% dân số sử dụng điện thoại thông minh	80,7
2024	90% dân số thường xuyên truy cập Internet	78,8
2024	Lần đầu tiên thực hiện cấy ghép gan bằng công nghệ 3D	76,4
2024	50% lượng truy cập internet ở nhà liên quan đến các thiết bị gia dụng	69,9
2025	5% sản phẩm tiêu dùng được sản xuất bằng công nghệ 3D	81,1
2025	30% việc kiểm toán tại các công ty được thực hiện bằng trí tuệ nhân tạo	75,4
2025	Nhiều chuyến đi được thực hiện qua các phương tiện chia sẻ hơn là bằng các phương tiện cá nhân như hiện nay	67,2
2026	10% xe chạy tại Mỹ là xe tự lái	78,2
2026	Máy trí tuệ nhân tạo lần đầu tiên tham gia vào hội đồng quản trị công ty	45,2
2026	Thành phố đầu tiên với trên 50.000 dân sẽ không có đèn tín hiệu giao thông	63,7
2027	10% tổng GDP toàn cầu được lưu trữ trên Blockchain	57,9

Trong hơn ba thế kỷ qua, thế giới đang dần phát triển với những thay đổi sâu sắc về kinh tế - xã hội và tất cả những sự thay đổi đó đều nhờ vào các cuộc cách mạng công nghiệp. Trong một bài nghiên cứu trên trang www.researchgate.net, tiến sĩ Christoph Rathfelder của HSG IMIT đã đưa ra bối cảnh và các đặc trưng của từng cuộc cách mạng.

Hiện nay, chúng ta đang đi những bước đầu trong cách mạng công nghiệp 4.0 với những dự tính về sự hợp nhất của công nghệ, nhờ đó xóa bỏ ranh giới giữa các lĩnh vực kỹ thuật số, vật lý, sinh học. Cuộc cách mạng này ra đời do những yêu cầu đặt ra từ sự khủng hoảng tài chính và suy thoái kinh tế toàn cầu 2008 - 2009 với các nguy cơ về an ninh năng lượng và an ninh môi trường, sự cạnh tranh gay gắt giữa các nền kinh tế mới nổi nhờ chi phí lao động thấp tạo ra sức ép rất lớn trong việc cơ cấu lại nền kinh tế để tiếp tục duy trì vị thế kinh tế của các nước phát triển trên thế giới, yêu cầu đặt ra do sự già hóa dân số lao động và động lực từ sự phát triển mạnh mẽ của khoa học - công nghệ.

Tại Hội chợ triển lãm công nghệ tại Hannover, Đức năm 2011, cách mạng công nghiệp lần thứ tư hay còn được gọi là “cách mạng công nghiệp 4.0” lần đầu tiên được đề cập đến. Theo giáo sư Klaus Schwab, người sáng lập và Chủ tịch Diễn đàn Kinh tế thế giới, cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ tư là một thuật ngữ bao gồm một loạt các công nghệ tự động hóa hiện đại, trao đổi dữ liệu và chế tạo. Cách mạng công nghiệp 4.0 là cuộc cách mạng công nghiệp làm thay đổi công nghệ sản xuất và cách thức sử dụng công nghệ của các tổ chức thông qua việc ứng dụng hệ thống vật lý trong không gian ảo, internet kết nối vạn vật và internet trong quá trình cung cấp sản phẩm và dịch vụ. Cuộc cách mạng này mang đến những đột phá công nghệ trên nhiều lĩnh vực với tính năng xử lý thông tin và khả năng tiếp cận dữ liệu lớn.

Tuy nhiên, cách mạng công nghiệp 4.0 không chỉ là việc ứng dụng những công nghệ cao, có khả năng kết nối và tạo ra một mạng lưới trao đổi thông tin giữa tất cả mọi vật, mà phạm vi của nó rộng hơn rất nhiều bởi vì nó đem đến những làn sóng ứng dụng công nghệ mới trong tất cả các lĩnh vực trải rộng từ trình tự gen đến công nghệ nano, từ năng lượng tái tạo đến máy tính lượng tử. Chính sự kết hợp của các công nghệ mới này và việc đem chúng áp dụng vào các ngành vật lý kỹ thuật số và sinh học mới chính là thứ làm nên sự khác biệt của cuộc cách mạng công nghiệp lần này so với các cuộc cách mạng công nghiệp trước đây.

Cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ tư được dự tính sẽ có quy mô vô cùng lớn với tốc độ lan truyền theo cấp số nhân. Điều này có thể được chứng minh khi nhìn vào số liệu được đề cập đến trong cuốn Cách mạng công nghiệp lần thứ tư của Klaus Schwab. Cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ hai hiện nay vẫn chưa đến được với gần 17% dân số trên thế giới khi mà gần 1,3 tỷ người vẫn chưa được sử dụng điện. Cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ nhất và những thành tựu của nó cũng phải mất đến gần 120 năm mới có thể lan ra ngoài lãnh thổ châu Âu. Tuy nhiên, internet lại chỉ mất chưa đến một thập kỷ để lan truyền ra toàn cầu. Vì vậy, cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ tư sẽ ảnh hưởng mạnh mẽ và có tầm quan trọng không kém so với ba cuộc cách mạng trước đây. Nó sẽ thay đổi nhận thức của con người, tái tạo lại thế giới mà chúng ta đã biết và nó đặt ra yêu cầu về sự hiểu biết, định hướng đúng đắn về những điều cần thiết phải thay đổi nếu không muốn bị đào thải, thụt lùi trong xã hội mới.

Theo đó, có sự phát triển của các phương pháp đổi mới và thiết kế mới (đặc biệt là in 3D), các công nghệ trí tuệ nhân tạo, các công nghệ kinh doanh số, các công nghệ thông tin khác. Các xu hướng công nghệ này tập trung ở ba lĩnh vực vật lý, số hóa, sinh học.

Về vật lý, xu hướng về sự thay đổi của công nghệ vật lý chiếm vai trò chủ đạo trong cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ tư với rất nhiều các công nghệ đột phá (Hype Cycle, 2016, Gartner). Trong đó, có ba đại diện chính của xu hướng về phát triển công nghệ dễ dàng nhận thấy là: công nghệ in 3D, cảm biến, xe tự lái.

Công nghệ in 3D là công nghệ bao gồm việc tạo ra một đối tượng vật lý bằng cách in theo các lớp từ một bản vẽ hay một mô hình 3D có trước. Công nghệ này khác hoàn toàn so với chế tạo “trừ” - lấy đi các vật liệu thừa từ phôi ban đầu cho đến khi thu được hình dạng mong muốn. Ngược lại, công nghệ in 3D bắt đầu với vật liệu rời và sau đó tạo ra một sản phẩm ở dạng ba chiều từ mẫu kỹ thuật số.

Công nghệ in 3D được công bố từ cuối thế kỷ XX và tính đến nay không còn mới. Tuy nhiên, do đột phá trong nguyên liệu in cũng như cách thức in đã khiến cho công nghệ in 3D tiếp tục là một nội dung của cuộc cách mạng công nghiệp 4.0.

Khác với những máy in 3D đầu tiên được sử dụng nhỏ lẻ trong các xưởng sản xuất, công nghệ này đang được ứng dụng rộng rãi từ những ngành công nghiệp lớn như xây dựng, khai thác năng lượng đến những ngành công nghiệp nhỏ như y tế. Một số thành tựu của công nghệ in 3D phải kể đến như: nhà ở không sợ động đất ở

Trung Quốc (năm 2016), công nghiệp chế tạo nguyên tử ở Mỹ (năm 2016, Raytheon), mô cơ thể người ứng dụng trong cấy ghép (năm 2016),... Bên cạnh đó, sự phát triển của nguyên liệu mới cũng đã được ứng dụng làm nguyên liệu trong in 3D với những đặc điểm tính năng đột phá hơn.

Tiếp tục sự phát triển của công nghệ in 3D, các nhà nghiên cứu trên thế giới đang phát triển về công nghệ in 4D - công nghệ tạo ra một thể hệ sản phẩm có thể tự thích nghi, phản ứng lại theo sự thay đổi của môi trường, ví dụ thời tiết hay cơ thể người. Công nghệ này đang được dự đoán sẽ có ứng dụng mạnh trong ngành may mặc cũng như những sản phẩm được cấy vào trong cơ thể người.

Cảm biến, bộ cảm biến là thiết bị điện tử cảm nhận những trạng thái hay quá trình vật lý hay hóa học ở môi trường cần khảo sát và biến đổi thành tín hiệu điện để thu thập thông tin về trạng thái hay quá trình đó. Thông tin được xử lý để rút ra tham số định tính hoặc định lượng của môi trường, phục vụ nhu cầu nghiên cứu khoa học - kỹ thuật hay dân sinh và gọi ngắn gọn là đo đạc, phục vụ trong truyền và xử lý thông tin, hay trong điều khiển các quá trình khác.

Sự phát triển mạnh của công nghệ cảm biến mở ra khả năng cho công nghệ rôbot có thể hiểu và phản ứng mạnh hơn đối với môi trường. Nhờ đó, chúng có thể thực hiện nhiều công việc khác hơn như làm việc nhà, ví dụ WLtoys FI Lightweight 2.4G Robot được ra đời vào đầu năm 2016 nhờ sự cân bằng hoàn hảo với G-sensor. Hơn nữa, do tiến bộ công nghệ khác, robot đang trở nên thích nghi và linh hoạt hơn, với thiết kế cấu trúc và chức năng của nó được lấy cảm hứng từ các cấu trúc sinh học phức tạp (mở rộng của quá trình mô phỏng sinh học, trong đó mô hình và các chiến lược của tự nhiên được bắt chước lại).

Xe tự lái, mặc dù những chiếc xe ô tô không người lái đang tràn ngập các kênh tin tức nhưng hiện nay còn có rất nhiều các phương tiện tự lái khác bao gồm xe tải, máy bay, khí cầu hay tàu thuyền. Với những công nghệ như cảm biến hay sự phát triển của trí tuệ nhân tạo, công suất của các loại máy tự lái này được cải tiến khá nhanh chóng.

Theo Byrant Walker Smith, một chuyên gia về các khía cạnh pháp lý của lái xe tự động cho biết: “Phát triển lái xe tự động vào năm 2016 đã trở nên cụ thể hơn và tôi hy vọng những phát triển trong năm 2017 sẽ thậm chí còn nhiều hơn như vậy. Ngày càng có nhiều người trong lĩnh vực này đang nói, “just do it already” - không đầy đủ tự động bất cứ lúc nào bất cứ nơi nào, mà là cho các dự án thí điểm cụ thể”.

Năm 2016 là năm rất lớn trong mảng công nghệ chế tạo ô tô không người lái cùng với nhiều bước phát triển trong thế giới này. Ví dụ, taxi tự lái, được phát triển bởi NuTonomy tại Xingapo, đánh dấu vị trí đầu tiên trong việc cung cấp xe ô tô không người lái cho công chúng. Công ty có kế hoạch triển khai taxi tự lái xe thương mại tại Xingapo vào năm 2018 và nhằm mục đích mở rộng đến 10 thành phố trên thế giới vào năm 2020 (Digital Trends, ngày 24 tháng 5 năm 2016).

Một vài năm nữa khi những chiếc xe tự lái được thương mại hóa với chi phí thấp, nó có thể giúp ích cho các ngành công nghiệp khác nhau. Những lợi ích kỳ vọng lớn của xe tự lái bao gồm giảm căng thẳng lái xe, tính di động cho không điều khiển, tăng độ an toàn, tăng hiệu quả nhiên liệu và giảm thiểu ô nhiễm,... (Todd Litman, tháng 9 năm 2017).

Internet kết nối vạn vật, nhờ vào sự phát triển của công nghệ không dây, công nghệ vi cơ điện tử và internet trong cách mạng công nghiệp 4.0, internet kết nối vạn vật (IoT) đã xuất hiện. Thực tế, ý tưởng về IoT đã được đề cập từ nhiều thập kỷ trước và cụm từ IoT đã được đưa ra từ năm 1999 bởi Kevin Ashton. Tuy nhiên, IoT chỉ thực sự được chú ý và phát triển trong những năm gần đây, sau sự bùng nổ của smartphone và mạng không dây. Mạng lưới internet kết nối vạn vật có thể hình thành nên một thế giới trong đó tất cả mọi đồ vật, con người đều được kết nối với nhau, đều có thể trao đổi dữ liệu, thông tin, tác động đến nhau qua một mạng duy nhất. Mạng lưới kết nối duy nhất này có thể là wifi, mạng viễn thông băng rộng (3G, 4G), Bluetooth, ZigBee, hồng ngoại... IoT sẽ là mạng lưới chung kết nối người với người, người với thiết bị và thiết bị với thiết bị.

Tất cả các thiết bị và con người được kết nối với nhau qua một mạng sẽ hình thành nên các hệ thống thông minh và các hệ thống thông minh này sẽ kết nối với nhau thành một hệ thống thông minh lớn, hợp nhất, ví dụ như nhà thông minh, nhà máy thông minh hay thành phố thông minh. Từng thiết bị trong các hệ thống sẽ thu thập dữ liệu, sau đó các dữ liệu này sẽ được phân tích và sử dụng bởi con người hoặc các thiết bị khác. Đây chính là nền tảng và những mục tiêu hiện nay của IoT.

Tuy nhiên, để triển khai hệ thống liền mạch và nhất quán là vô cùng phức tạp, bởi các thiết bị vẫn chưa thống nhất với nhau trên cùng một nền tảng. Hơn nữa, nếu mọi thứ đều được kết nối với nhau chúng ta cũng có thể đối mặt với rủi ro khi có một sự cố làm ảnh hưởng đến toàn bộ hệ thống. Tuy đích đến hiện thực hóa IoT đến

mức lý tưởng trong mọi mặt còn rất xa nhưng các nhà khoa học vẫn đang làm việc không ngừng để dần dần từng bước loại bỏ các nhược điểm đang tồn tại.

Hiện nay cảm biến và giải pháp kết nối thế giới thực và ảo đang phát triển hơn bao giờ hết. Các cảm biến siêu nhỏ với giá thành rẻ và thông minh được ứng dụng từ trong sản xuất đến cuộc sống hằng ngày. Số lượng thiết bị được kết nối lên đến hàng tỷ và được dự đoán sẽ còn tiếp tục tăng thêm trong tương lai. Với sự phát triển vô cùng thuận lợi này, IoT được dự đoán sẽ làm thay đổi tất cả các ngành công nghiệp, cũng như cuộc sống của mỗi người trên thế giới.

Dữ liệu lớn (Big data) là cụm từ để chỉ một tập dữ liệu rất lớn và phức tạp sau đó sẽ được xử lý để lấy các thông tin thích hợp phục vụ cho việc ra quyết định nhanh chóng về các vấn đề như nâng cao hiệu quả, cắt giảm chi phí,... Điều làm cho Big data nổi bật so với các phương pháp phân tích khác là ba đặc trưng - 3Vs (Dung lượng - Volume, Tính đa dạng - Variety và Vận tốc - Velocity). Dung lượng là lượng dữ liệu, tính đa dạng là số lượng các loại dữ liệu về vận tốc là tốc độ xử lý các dữ liệu. Big data được chứng tỏ là vượt trội hơn các phương pháp phân tích trước đó ở cả ba đặc trưng trên.

Thống kê cho thấy, trong hai năm qua, khối lượng dữ liệu trên toàn cầu chiếm 90% dữ liệu kỹ thuật số được tạo ra từ sự ra đời của công nghệ kỹ thuật số và nó được dự đoán sẽ tăng lên khoảng 44 zettabyte (40 nghìn tỷ gigabyte) vào năm 2020. IoT sẽ có khả năng trở thành nhân tố quan trọng nhất giúp Big data phát triển, vì các thông tin được tạo ra trong IoT là rất lớn. Big data có thể ảnh hưởng đến mọi ngành nghề và nhiều khía cạnh trong cuộc sống. Big data không chỉ hữu ích trong kinh doanh, theo Viện Nghiên cứu Công nghệ Công nghiệp: “Trong cách mạng công nghiệp 4.0, phân tích Big data hữu ích cho việc dự báo, tính toán trong sản xuất và là một chủ đề lớn đối với sự phát triển công nghệ công nghiệp”. Dieter Becker, một chuyên gia về ô tô tại KPMG cho biết, sự liên kết và phân tích Big data thông minh sẽ trở thành một khu vực cốt lõi quan trọng về chuyên môn cho các nhà sản xuất ô tô.

Hơn nữa, Big data sẽ là một công cụ để phát triển kinh tế-xã hội trong tương lai. Chính phủ có thể áp dụng Big data dự đoán tỷ lệ thất nghiệp, xu hướng nghề nghiệp của tương lai để đầu tư cho những hạng mục phù hợp hoặc cắt giảm chi tiêu, kích thích tăng trưởng kinh tế, thậm chí dự đoán sự phát triển của mầm bệnh và khoanh vùng sự lây lan của bệnh dịch. Tuy nhiên, ngành công nghiệp Big data đã

có một số tranh cãi về việc sử dụng thông tin cá nhân của người khác cho mục đích kinh doanh. Ủy viên EU Margrethe Vestagar cho biết trong một bài phát biểu được đưa ra vào ngày 29 tháng 9 năm 2016: “Tương lai của Big data không chỉ là về công nghệ mà còn là về những vấn đề như bảo vệ dữ liệu, quyền của người tiêu dùng và cạnh tranh. Những vấn đề cần xử lý để giúp con người tự tin rằng Big data sẽ không làm hại họ”.

Blockchain được định nghĩa bởi PwC là: “Sổ cái kỹ thuật số được chia sẻ, hoặc một danh sách cập nhật liên tục của tất cả các giao dịch”, sổ cái phân cấp này giữ một bản ghi của mỗi giao dịch xảy ra trên một mạng phân phối đầy đủ hoặc mạng ngang hàng một cách công khai hoặc bí mật. Lợi thế lớn nhất của Blockchain là không có trung gian. Blockchain cho phép một cơ sở dữ liệu được chia sẻ trực tiếp mà không thông qua trung gian nào. Các giao dịch có bằng chứng chứng minh hiệu lực. Nói ngắn gọn, Blockchain là công nghệ sẽ giúp cho các giao dịch và các hoạt động trên internet trở nên minh bạch hơn. Hiện nay, Blockchain được sử dụng để ghi lại các giao dịch tài chính với tiền tệ kỹ thuật số như Bitcoin - ứng dụng phổ biến nhất của Blockchain. Tiềm năng của công nghệ Blockchain trong tương lai là rất lớn vì nó có thể được sử dụng trong các giao dịch khác như đăng ký giấy khai sinh, xác nhận tài liệu, văn bằng, giấy chứng nhận kết hôn, bầu cử,...

Về sinh học, sự phát triển của ngành sinh học trong những năm gần đây cũng rất đáng chú ý. Nhiều sự tiến bộ trong công nghệ sinh học cũng như trong việc giải trình tự gen đã đem đến những hình ảnh cho tương lai phát triển của ngành sinh học. Trong đó sinh học tổng hợp (Synthetic Biology) là bước tiến lớn tiếp theo trong ngành sinh học, bởi công nghệ này được phát triển quá nhanh, cho đến nay vẫn chưa có định nghĩa nào chính xác và được công nhận rộng rãi về nó. Một số diễn giải về công nghệ này thường được mọi người sử dụng là: “Sinh học tổng hợp là: a) thiết kế và tạo ra những bộ phận, thiết bị và hệ thống sinh học; và b) tái tạo những hệ thống sinh học trong tự nhiên, biến nó trở nên có lợi ích hơn” (theo Syntheticbiology.org); hay “Sinh học tổng hợp là kỹ thuật tổng hợp của những hệ thống sinh học phức tạp nhằm tạo ra những chức năng không có trong tự nhiên. Kỹ thuật này có thể được áp dụng ở tất cả các bộ phận trong hệ thống sinh học - từ những đơn phân tử đến toàn bộ tế bào, mô và nội tạng. Nó sẽ cho phép việc kiến tạo ra các hệ thống sinh học theo mục đích của con người” (theo nhóm chuyên gia cao cấp của Ủy ban châu Âu). Qua đó, có thể tóm lại rằng, sinh học tổng hợp là một công nghệ cho phép các nhà khoa học tạo ra các ADN, thiết kế các bộ phận sinh học

có thể làm ra những điều chưa từng có trong tự nhiên, hay nói cách khác là tạo ra những giống loài mới.

Sự phát triển của công nghệ sinh học tổng hợp có khả năng áp dụng cho mọi loại sinh vật bởi mọi loài trên trái đất, từ cây cối đến động vật và con người đều mang trong mình chuỗi ADN, thứ quyết định tất cả các hình thái và hoạt động của sinh vật. Qua đó có thể thấy, khả năng ứng dụng của công nghệ sinh học tổng hợp là không có giới hạn, từ việc tạo ra những loài thực vật có khả năng chống chịu lại thời tiết khắc nghiệt, đến việc thay đổi cấu tạo sinh học của động vật hay kể cả con người để miễn nhiễm với các bệnh nguy hiểm.

Rất nhiều căn bệnh nguy hiểm đều có mang yếu tố liên quan đến gen di truyền như bệnh tim mạch, huyết áp cao, tiểu đường hay ung thư, vì thế việc tìm ra một kỹ thuật dễ sử dụng, chi phí thấp để tái tạo lại bộ gen cho mỗi người sẽ thay đổi toàn bộ ngành sinh học mà chúng ta biết hiện nay.

Tuy rằng cho đến nay, kỹ thuật này chưa đạt được đến những khả năng như vừa nêu trên, nhưng đã có một số thành tựu đánh dấu sự phát triển mạnh mẽ của công nghệ sinh học tổng hợp này. Ví dụ việc các nhà khoa học đã có những bước đột phá, tiến gần đến việc có thể tạo ra loại sữa bò mang yếu tố đông máu (blood-clotting element) hay việc Craig Venter cùng đội nghiên cứu của mình đã sử dụng sinh học tổng hợp để tạo ra bộ gen nhỏ nhất (minimum-genome) và đưa nó vào một tế bào, tạo ra thứ mà họ gọi là “thực thể tổng hợp đầu tiên trên thế giới” (the world’s first synthetic life form).

In 3D sinh học (3D bioprinting) là một công nghệ đáng chú ý mang tinh thần kết hợp công nghệ của cách mạng công nghiệp 4.0. Với sự tăng cao về nhu cầu cấy ghép các bộ phận sinh học, in 3D sinh học được kỳ vọng sẽ cho con người khả năng tự làm ra các cơ quan sinh học, các bộ phận cơ thể để cấy ghép. Giống như công nghệ in 3D đã nêu trên, 3D bioprinting sẽ có thể tạo ra các phần thay thế với độ chính xác cao và phù hợp với từng đối tượng. Bởi vật liệu được sử dụng ở đây chính là các tế bào từ người cần cấy ghép, cho nên các sản phẩm được tạo ra sẽ giảm thiểu được khả năng bộ phận không phù hợp với cơ thể và bị đào thải. Hiện tại, công nghệ này đã được sử dụng và có một số thành tựu lớn như tạo ra da, xương, tim và mô mạch máu nhân tạo.

Thuật ngữ cách mạng công nghiệp lần thứ tư (hay cách mạng công nghiệp 4.0) khá mới khi lần đầu tiên được đề cập đến trên thế giới cách đây 5 năm. Tuy nhiên,

vì tầm quan trọng và cấp bách của cuộc cách mạng mà ngay sau khi được đề cập, chính phủ nhiều nước và vùng lãnh thổ trên thế giới đã có chiến lược đối phó với cuộc cách mạng này, chẳng hạn Nhật Bản với chính sách “Sáng kiến chuỗi giá trị công nghiệp”, Hàn Quốc với chiến lược “Sáng kiến đổi mới sản xuất 3.0”, Trung Quốc với “Made in China 2025”, Đài Loan với “Sáng kiến năng suất 4.0”,... Nhận thấy mức độ cấp bách cần phải nghiên cứu, các tổ chức và cá nhân bắt đầu nghiên cứu vấn đề này ở nhiều góc độ. Trong số đó, đáng kể đến là những nghiên cứu về tác động của cuộc cách mạng trong lĩnh vực sản xuất và đối với việc làm.

Theo Schwab (năm 2015, năm 2016), cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ tư là “sự kết hợp của công nghệ trong các lĩnh vực vật lý, số hóa và sinh học, tạo ra những khả năng hoàn toàn mới và có tác động sâu sắc đối với các hệ thống chính trị, xã hội, kinh tế của thế giới. Khi đó, một thế giới chạy bằng rôbot và máy tính với trí tuệ nhân tạo có thể phát triển tới mức thay thế con người trong việc phán đoán và quản lý các hệ thống phức tạp”.

Một số nhà khoa học của Việt Nam cho rằng, cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ tư sẽ có ba đặc trưng nổi trội gắn với những đột phá công nghệ trong ba thế giới:

Những tiến bộ căn bản trong thế giới thực (vật lý) với sự phát triển của các thiết bị tự động hoá, công nghệ in 3D, robô hiện đại và các dạng vật liệu mới.

Những bước tiến vượt bậc về thế giới số (ảo) làm tăng khả năng tương tác với thế giới thực nhờ phát triển của Internet of Things - IoT (internet kết nối vạn vật) và sự ra đời của các cảm biến hiện đại.

Những đột phá về thế giới sinh vật với việc xây dựng biểu đồ gen tiết kiệm rất nhiều nguồn lực tài chính và thời gian so với trước.

Trong khi đó, theo Deloitte (năm 2014), cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ tư sẽ có bốn đặc trưng, gắn với tính “tích hợp” của các công nghệ, cụ thể:

Xuất hiện mạng lưới dọc các hệ thống sản xuất thông minh, ví dụ như các nhà máy thông minh, hệ thống kho vận thông minh, marketing thông minh và các sản phẩm thông minh, sản phẩm có tính cá nhân hơn, có tính địa phương hơn.

Tích hợp theo chiều ngang bằng một thể hệ mới các mạng lưới tạo ra giá trị toàn cầu, bao gồm tích hợp các đối tác kinh doanh và khách hàng, tích hợp các mô hình kinh doanh, hợp tác mới xuyên quốc gia và lục địa.

Ứng dụng khoa học - kỹ thuật xuyên suốt toàn bộ chuỗi giá trị, từ khâu sản xuất cho tới khâu tiêu thụ sản phẩm (toàn bộ chu kỳ sống của sản phẩm).

Tăng tốc sản xuất thông qua công nghệ theo cấp số nhân (công nghệ có tính đột phá) làm cho giá thành giảm xuống rất thấp.

Theo Clark II và Cooke (năm 2014), cách mạng công nghiệp 4.0 là cuộc cách mạng công nghiệp xanh, gắn với những sự đột phá về năng lượng. Cụ thể là năng lượng tái sinh, dự trữ năng lượng, chia sẻ năng lượng linh hoạt và tích hợp vận tải. Những sản phẩm hàng hoá và dịch vụ xanh, thân thiện với môi trường, có năng suất cao hiện đã bắt đầu xuất hiện tại một số quốc gia phát triển, nhất là các nước Bắc Âu và Tây Âu. Tư tưởng chủ đạo của cuộc cách mạng công nghiệp xanh này là sự bền vững. Một số nền kinh tế có thể bắt đầu chuyển dịch sang một mô hình phát triển mới, có tên gọi “nền kinh tế tuần hoàn” (circular economy).

Tổng quát lại, có thể thấy cuộc cách mạng công nghiệp 4.0 sẽ là sự đột phá chưa từng có về sự tinh vi, về năng suất và có thể là chìa khóa để giải quyết những vấn đề về môi sinh của loài người.

Từ sự phát triển của khoa học - công nghệ, cách mạng công nghiệp 4.0 tác động mạnh mẽ đến mọi lĩnh vực trong cuộc sống. Có thể thấy được đặc trưng của cuộc cách mạng công nghiệp này như sau:

Có khả năng cộng tác chặt chẽ giữa người và máy móc. Cần phải nhấn mạnh đến vai trò quan trọng và khả năng thông minh của máy móc đến mức mối quan hệ giữa con người và máy móc là mối quan hệ cộng tác chứ không còn là điều khiển đơn thuần. Việc cộng tác được thực hiện dựa trên công nghệ thông tin được gọi là internet kết nối vạn vật (IoT);

Quá trình sản xuất có thể được nhìn thấy từ các hình ảnh ảo của nhà máy. Ảnh ảo của nhà máy được xây dựng bằng mô phỏng các quá trình thông qua các thiết bị cảm biến thông minh trong quá trình sản xuất. Mục đích của việc quan sát ảnh ảo là để giữ quá trình sản xuất càng có mức độ kết nối tự động cao và rõ ràng càng tốt thông qua một hệ thống được gọi là kết nối ảo và thực;

Nguyên tắc kiểm soát phân cấp được thực hiện triệt để. Việc tổ chức sản xuất tự động cao giữa người và máy móc và có thể quan sát được thông qua hệ thống kết hợp giữa thực và ảo cho phép các nhân viên trong nhà máy có thể đưa ra quyết định nhanh chóng, chính xác;

Năng lực sản xuất xét về mặt thời gian sẽ được cải thiện đáng kể do thời gian sản xuất rút ngắn bởi quy trình sản xuất được thực hiện một cách thông minh, các vấn đề phát sinh được giải quyết ngay tức thì. Đồng thời, các loại lãng phí trong quá trình sản xuất cũng được hạn chế, thậm chí loại bỏ;

Mô hình dịch vụ cấp tiến có tên gọi là internet mọi dịch vụ được sử dụng, tại đó công nghệ thông tin được sử dụng để giám sát và phân tích dữ liệu được thu thập từ các thiết bị thông minh. Quá trình sản xuất linh hoạt được tạo ra từ đó;

Khả năng tách biệt trở thành một đặc điểm độc đáo của hệ thống sản xuất linh hoạt. Các quá trình có thể được tách rời ra để giảm bớt tính phức tạp của hệ thống hoạt động, đặc biệt là những hệ thống có những quá trình dài. Khả năng tách biệt này cũng đi kèm với khả năng điều chỉnh máy móc thiết bị, từ đó mức độ thích ứng với các yêu cầu của khách hàng cao hơn.

Báo cáo của Diễn đàn Kinh tế thế giới năm 2016 cũng chỉ ra 9 khu vực/lĩnh vực chịu ảnh hưởng mạnh nhất của cách mạng công nghiệp lần thứ tư bao gồm: bán lẻ; các nhà máy sản xuất; ngành công nghiệp sản xuất phương tiện vận chuyển; nhà ở; văn phòng; nơi làm việc; các thành phố; môi trường sống; và đặc biệt yêu cầu về năng lực của nguồn nhân lực - một yếu tố đầu vào của quá trình sản xuất.

Đối với những tác động của cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ tư trong lĩnh vực sản xuất, vai trò và mối quan hệ giữa người và máy móc được đề cập; vấn đề năng suất và tăng trưởng trong lĩnh vực sản xuất dưới tác động của cách mạng công nghiệp lần thứ tư được phân tích; việc làm thế nào để điều hành số hóa trong khu vực sản xuất cũng được đề cập. Bên cạnh những nghiên cứu chung này, một số tác giả cũng tìm hiểu các tác động của cách mạng công nghiệp này trong phạm vi đất nước họ, chẳng hạn như nghiên cứu và đề xuất những sáng kiến đối phó với cách mạng công nghiệp lần thứ tư trong lĩnh vực sản xuất ở Nhật Bản (Nagasato và Yoshima, 2016) việc quản trị vận hành các cửa hàng ở Nhật Bản dưới tác động của cách mạng công nghiệp lần thứ tư (Takakuwa, 2016) hay ảnh hưởng của cách mạng công nghiệp đến lĩnh vực sản xuất ở Đức (German Trade and Invest, 2015). Những ảnh hưởng của cách mạng công nghiệp lần thứ tư đối với việc làm, các tác động của cuộc cách mạng này đến giáo dục và đào tạo nghề được dự đoán và phân tích (Institute of Technology Assessment, 2015), trong đó đề cập đến việc những năng lực và trình độ mới sẽ được ưu tiên, đặc biệt là năng lực công nghệ thông tin. Việc

chuẩn bị cho nguồn nhân lực ở các quốc gia nói chung được đề cập đến, hoặc ở một quốc gia cụ thể như Trung Quốc (Andrea, 2016).

Mặc dù nhìn nhận ở nhiều góc độ khác nhau về cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ tư nhưng tựu trung lại, các công trình nghiên cứu đều cho rằng, sức ảnh hưởng của cách mạng công nghiệp lần thứ tư trên các mặt kinh tế-xã hội của các quốc gia là rất lớn, các quốc gia cần nhận diện và có sự chuẩn bị cho mình để tận dụng cơ hội cũng như vượt qua những thách thức mà cuộc cách mạng mang lại. Đối với Việt Nam, thuật ngữ cách mạng công nghiệp lần thứ tư mới được đề cập đến trong vài năm gần đây. Cho đến nay, chưa có công trình nghiên cứu nào phân tích chi tiết những đặc điểm, ảnh hưởng của cuộc cách mạng cũng như những yêu cầu đối với giáo dục và đào tạo ở Việt Nam.

