

Giới thiệu về CÁCH MẠNG CÔNG NGHIỆP 4.0

✎ THOẠI NAM^(*,1), DƯƠNG NGỌC HIẾU^(*,2), NGUYỄN QUANG HÙNG^(**,3)

*: Trung tâm Kỹ thuật Điện toán, Trường Đại học Bách Khoa - Đại học Quốc gia Tp.HCM

** : Khoa Khoa học và Kỹ thuật Máy tính, Trường Đại học Bách Khoa - Đại học Quốc gia Tp.HCM

^{1,2,3}: {namthoai, dnhieu, nqhung}@hcmut.edu.vn.

1. Giới thiệu về Cách mạng công nghiệp lần thứ tư

Cách mạng công nghiệp lần thứ tư (CMCN 4.0) đang diễn ra trên thế giới để thúc đẩy các nền sản xuất công nghiệp đạt hiệu suất cao với chất lượng sản phẩm tốt và giá thành hạ, đồng thời có tác động trực tiếp đến các lĩnh vực dịch vụ và lưu thông hàng hóa cũng như có ảnh hưởng sâu rộng tới mọi mặt kinh tế - xã hội, an ninh - quốc phòng của các nước. CMCN 4.0 dựa trên nền tảng công nghệ số như Vạn vật kết nối (Internet of Things - IoTs), Trí tuệ nhân tạo (Artificial Intelligence - AI), Dữ liệu lớn (Big Data) để tối ưu hoá quy trình, phương thức sản xuất thông qua hệ thống sản xuất thực - ảo (Cyber-Physical Systems - CPS), và cùng các công nghệ có sự phát triển vượt bậc như công nghệ in 3D trong chế tạo sản phẩm, công nghệ sinh học, công nghệ vật liệu mới, công nghệ Nano, công nghệ tự động hoá, Robot... đang làm thay đổi căn bản nền sản xuất của thế giới.

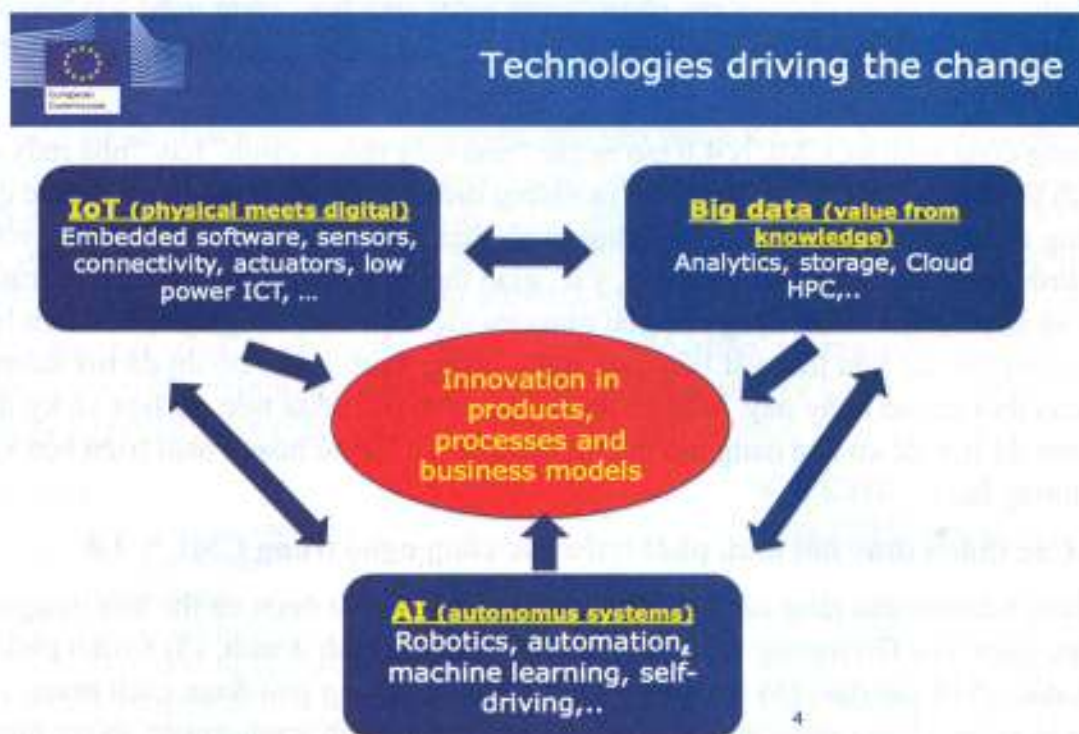
Trong công nghiệp, CMCN 4.0 tạo ra các “nhà máy thông minh” hay “nhà máy số”. Về kinh tế xã hội, CMCN 4.0 đang mở ra những điều kiện, cơ hội thuận lợi để các quốc gia/vùng miền xây dựng các đô thị thông minh dựa trên việc kết hợp và giải quyết tốt nhiều lĩnh vực khác nhau như giáo dục, y tế, giao thông, năng lượng, nước, môi trường, bán lẻ và xây dựng... Ứng dụng các giải pháp ưu việt dựa trên công nghệ tiên tiến IoTs, trí tuệ nhân tạo, dữ liệu lớn, vật liệu mới, năng lượng xanh... vào đô thị đã trở thành kỳ vọng của thời đại số ngày nay. Một đô thị thông minh phải dựa trên dữ liệu và kỹ thuật phân tích dữ liệu để có khả năng mô phỏng dự đoán và lập kế hoạch phát triển bền vững trong tương lai.

2. Các thách thức đổi mới, phát triển các công nghệ trong CMCN 4.0

Klaus Schwab cho rằng các thách thức trong CMCN 4.0 được cụ thể hoá trong từng lĩnh vực gồm: (1) Thị trường lao động; (2) Môi trường kinh doanh; (3) Chính phủ; (4) Người dân; (5) Giáo dục; (6) An ninh và quốc phòng. Trong giai đoạn cách mạng công nghiệp hiện tại, những nhân tố trong đem lại sức mạnh cạnh tranh truyền thống như thị trường chia sẻ, quy mô nền kinh tế, quyền tiếp cận tài nguyên được tích hợp và bổ sung

thêm những nhân tố mới là đổi mới sáng tạo, sở hữu trí tuệ, công nghệ tiên tiến và quyền tiếp cận tri thức. Trong giai đoạn hiện tại khi KHCN tiến rất nhanh trong CMCN 4.0 thì lực lượng lao động rẻ tiền không còn là một lợi thế như giai đoạn trước đây do rất nhiều việc đã và sẽ được máy móc thay thế. Con đường đi nhanh nhất để bù đắp khoảng cách công nghệ này chính là bài học của các nước khác đã làm là tận dụng triệt để thành tựu KHCN của các nước khác để đem về ứng dụng cho mình. Việc giải mã công nghệ và hướng đến làm chủ và phát triển công nghệ mới là chìa khóa phát triển của nhiều nước. Sự phát triển mạnh mẽ của KHCN giúp chúng ta giải quyết nhiều bài toán lớn trong công nghiệp cũng như trong kinh tế xã hội nhưng nó đòi hỏi trình độ và khả năng hợp tác đa ngành, liên ngành của các tổ chức. Việc đổi mới, làm chủ công nghệ, phát huy tính sáng tạo là yếu tố sống còn đối với doanh nghiệp trong giai đoạn CMCN 4.0. Nhu cầu đổi mới và phát triển công nghệ của các doanh nghiệp trong giai đoạn hiện tại rất lớn.

Trong CMCN 4.0 theo cách nhìn của Liên minh châu Âu (xem Hình 1) và xu hướng công nghệ nhìn từ doanh nghiệp như của công ty PwC (xem Hình 2), điểm chung là dựa trên 3 kỹ thuật công nghệ về *Vạn vật kết nối (IoTs)* để thu thập dữ liệu, *Dữ liệu lớn (Big data)* cung cấp khả năng lưu trữ & phân tích với các hệ thống máy tính mạnh và *Trí tuệ nhân tạo (Artificial Intelligence - AI)* cung cấp khả năng xử lý, phân tích dữ liệu thông minh ứng dụng vào tất cả các lĩnh vực. Để áp dụng hiệu quả trong sản xuất thì phải đi kèm với các kỹ thuật công nghệ tiên tiến như năng lượng mới, vật liệu mới, điện tử, tự động hoá, robot, môi trường...



Hình 1. Xu hướng công nghệ tương lai theo đề xuất của EU [1].

Industry 4.0 framework and contributing digital technologies

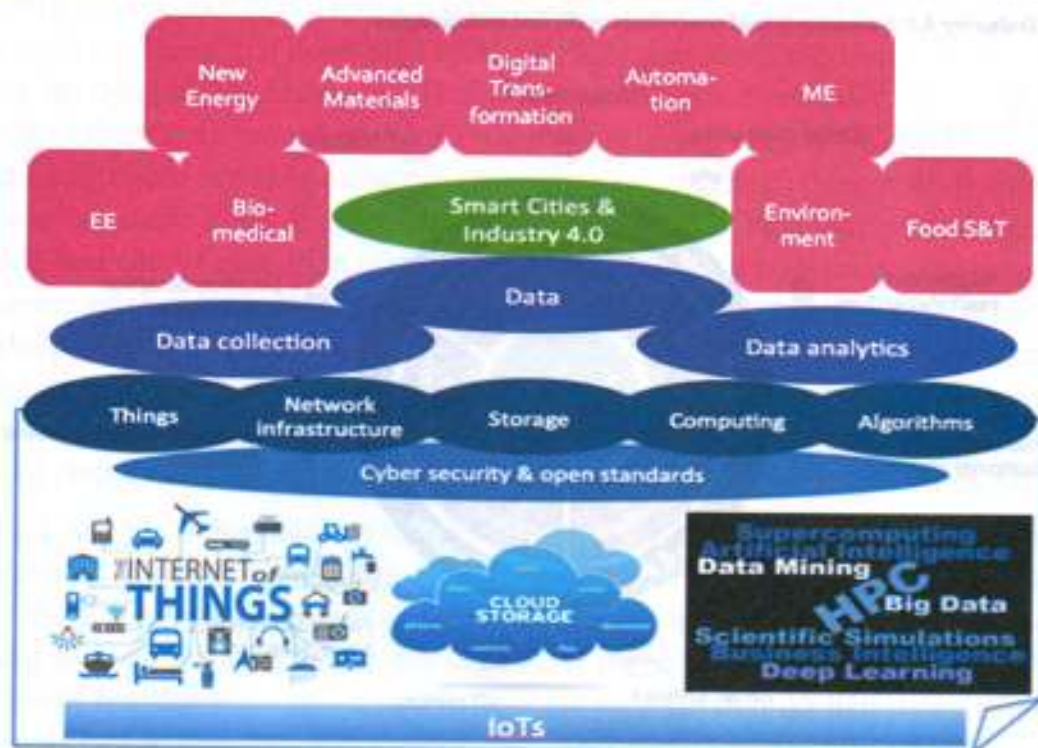


Hình 2. Xu hướng công nghệ trong CMCN 4.0 từ PwC [2]

Trí tuệ nhân tạo (Artificial Intelligence - AI): Trí tuệ nhân tạo là một lĩnh vực nghiên cứu có mục tiêu tạo ra những chương trình, máy móc, hay robot có khả năng của con người. Được hình thành từ những năm 1950s, trí tuệ nhân tạo tập trung giải quyết các bài toán cơ bản về khả năng của con người, ví dụ như, *nghe - nói* bằng ngôn ngữ tự nhiên (thính giác và sử dụng ngôn ngữ), *nhìn - hiểu* (thị giác), *thể hiện hành động* (đi đứng, di chuyển, lái xe, v.v.), *tiếp nhận, phân tích và suy diễn* với dữ liệu và *trí thức* (khả năng tư duy) và *khả năng học* (học tập).

Một điểm khá tương đồng giữa sự phát triển con người và trí tuệ nhân tạo đó là cả hai phía đều coi trọng vấn đề học tập. Trong lĩnh vực trí tuệ nhân tạo, sau mấy thập kỷ phát triển, cho đến nay các nhà nghiên cứu trong lĩnh vực trí tuệ nhân tạo đã hình thành và đang hoàn thiện một kỹ thuật học mới, đó là “Học sâu” (Deep Learning). Ba nhà khoa học Geoffrey Hinton, Yann LeCun và Yoshua Bengio nhận giải Turing năm 2018, được xem là giải Nobel trong lĩnh vực Tính toán, vì đóng góp xuất sắc để phát triển kỹ thuật Deep Learning trong thập niên 1990-2000 [3]. Có thể nói, Deep Learning đang và sẽ được dùng trong ứng dụng quan trọng và ảnh hưởng sâu rộng trong xã hội hiện nay.

Tuy vậy, nói một cách đúng đắn hơn, sự thành công của trí tuệ nhân tạo không chỉ đơn lẻ nhờ vào kỹ thuật học sâu. Công thức thành công trí tuệ nhân tạo ở các nước phát triển và các tập đoàn công nghệ lớn là dựa vào việc giải quyết tốt các thách thức ở những bài toán sau đây.



Hình 3. KHCN sử dụng trong Công nghệ 4.0 và Đô thị thông minh.

a) Bài toán dữ liệu:

Về mặt kỹ thuật, học sâu chỉ là một nâng cấp của kỹ thuật mạng nơron đã được nghiên cứu trước đó từ hàng chục năm. Tuy nhiên, với những cải tiến mới, nó cho phép học từ chính dữ liệu thô thu được từ các cảm biến; do đó, nó cho ra kết quả dự báo hay phân tích từ chính dữ liệu thô, không cần phải trải qua giai đoạn rút trích và biểu diễn các đặc trưng như kiểu cũ. Để thực hiện được việc học đó, học sâu cần một lượng lớn dữ liệu có gắn nhãn. Ví dụ, hàng triệu khung hình có nhãn, hàng giờ ghi âm thanh, hay trăm ngàn /triệu dòng văn bản có nhãn. Cần phải nói thêm rằng dữ liệu có nhãn khác với dữ liệu thô. Dữ liệu có nhãn là dữ liệu thô đã được đính kèm thông tin hữu ích (nhãn) do con người (chuyên gia) thực hiện để giúp kỹ thuật học sâu học được. Bản thân dữ liệu đã khó có thể thu thập, đặc biệt là dạng dữ liệu liên quan đến an ninh, tài chính, và y tế. Việc gắn nhãn cho những dữ liệu dạng này không chỉ cần một con người bình thường mà phải cần chuyên gia phân tích dữ liệu.

b) Bài toán về kiến trúc nơron:

Thay vì chỉ chồng vài lớp nơron như kiểu cũ, mạng nơron học sâu là một đồ thị tính toán phức tạp và chưa có công thức toán học nào đưa ra những dạng tính toán này. Các nghiên cứu gần đây trong lĩnh vực, các nhà nghiên cứu tìm tòi và cải tiến dần dần các kiến trúc tính toán. Song song với bài toán về kiến trúc, các nhà nghiên cứu cần phải

cải tiến các vấn đề liên quan đến kiến trúc này, như thiết kế các hàm lỗi (đánh giá) phù hợp hơn, lựa chọn siêu tham số tối ưu. Có thể nói, kiến trúc neuron là phần tinh túy nhất của kỹ thuật học sâu, nó yêu cầu một hàm lượng chất xám cao. Do đó, để giải quyết tốt bài toán này, các đơn vị nghiên cứu và đào tạo cần tăng cường năng lực cho các nhóm nghiên cứu để giải quyết từng loại bài toán cụ thể, như, thị giác máy tính, xử lý ngôn ngữ tự nhiên, v.v. Những nhóm như vậy góp phần đánh giá, cải tiến hay đề xuất kiến trúc neuron phù hợp cho bài toán của mình.

c) Bài toán về năng lực tính toán:

Một kiến trúc neuron hữu dụng cho một ứng dụng nào đó có thể có hàng chục hay hàng trăm triệu con số cần phải lựa chọn phù hợp trong quá trình huấn luyện. Kỹ thuật phổ biến nhất hiện nay để huấn luyện kiến trúc này là một kỹ thuật lặp dựa vào gradient. Để hoàn thành quá trình huấn luyện, nó cần phải lặp nhiều lần trên một lượng lớn dữ liệu, đó là lý do tại sao quá trình huấn luyện rất chậm. Nếu không có công nghệ tính toán phù hợp thì cần phải thời gian hàng tuần hay tháng mới huấn luyện xong kiến trúc mạng. Chính vì vậy, các tổ chức nghiên cứu về trí tuệ nhân tạo hiện nay đều trang bị máy tính có card đồ họa (GPU) mạnh để tăng tốc quá trình huấn luyện và cả quá trình sử dụng kiến trúc mạng trong thực tiễn. Thách thức cho bài toán này là tài chính, các đơn vị nghiên cứu rất cần sự đầu tư của nhà nước và hỗ trợ của doanh nghiệp để có thiết bị cho nghiên cứu.

d) Bài toán về con người:

Con người là yếu tố quyết định cho sự phát triển của trí tuệ nhân tạo nói riêng và của các vấn đề khác nói chung. Học sâu chỉ mới phát triển mạnh tại Việt Nam trong vòng vài năm trở lại đây; do đó, các thế hệ sinh viên tốt nghiệp từ 5 năm trở về trước chưa được trang bị kiến thức và kỹ năng đủ để khai thác kỹ thuật này. Mặt khác, nội dung về Trí tuệ nhân tạo đang được đào tạo tại các trường và viện cũng đang rất cũ, rất cần sự cập nhật. Tuy nhiên, nếu không có sự đầu tư đồng bộ, các trường và viện cũng rất khó có thể triển khai việc cập nhật; nếu miễn cưỡng có thể dẫn đến tình trạng học chay, thiếu máy móc và dữ liệu để khai thác.

Thực tiễn cho thấy, để phát triển trí tuệ nhân tạo và ứng dụng trí tuệ nhân tạo vào các lĩnh vực khác, người phát triển phải có kiến thức nhất định về lĩnh vực đó, và cũng như cần sự tham gia của chuyên gia trong lĩnh vực đó; điều này đặc biệt đúng với các lĩnh vực như y tế, an ninh và tài chính. Do đó, để giải quyết tốt bài toán này cần phải triển khai việc cập nhật chương trình đào tạo, theo hướng cập nhật những tiến bộ gần đây trong trí tuệ nhân tạo và theo hướng liên ngành hơn. Nên tổ chức những khóa đào tạo ngắn để giúp các cá nhân và doanh nghiệp cập nhật những tiến bộ gần đây trong trí tuệ nhân tạo.

Giải quyết tốt các bài toán nêu trên sẽ mở ra khả năng phát triển và ứng dụng trí tuệ nhân tạo một cách mạnh mẽ. Một số khả năng tiềm năng như được mô tả sau đây.

- *An ninh công cộng*: Trí tuệ nhân tạo có thể được sử dụng trong việc phân tích số liệu ở nhiều dạng khác nhau như, video, âm thanh, hình ảnh, và văn bản, từ nhiều nguồn

khác nhau để có thể nhận biết các hành vi có thể tác động xấu đến an ninh công cộng (như trộm cắp, gây rối, v.v.). Từ đó, các đơn vị chức năng có thể tiến hành các biện pháp giải quyết sớm nguy cơ. Ví dụ, thông qua việc phân tích hành vi qua ảnh video, hệ thống có thể nhận diện các đối tượng khả nghi, và đề xuất các biện pháp đề phòng phù hợp.

- *Y tế thông minh*: Hằng ngày lĩnh vực y tế sinh ra một lượng rất lớn dữ liệu, mỗi bác sĩ ở các bệnh viện trung tâm phải xử lý một lượng dữ liệu lớn. Trí tuệ nhân tạo có thể trợ giúp các bác sĩ những công việc tiêu tốn nhiều thời gian như xem xét và phân tích hình ảnh y khoa (các ảnh chụp CT, MRI, X-Ray, v.v.). Khi kết hợp với các mảng nghiên cứu khác như IoT và Big-data, trí tuệ nhân tạo hoàn toàn có thể giúp bác sĩ và các đơn vị chữa trị theo dõi bệnh nhân từ xa, cũng như đưa ra các cảnh báo can thiệp tức thời. Xa hơn, trí tuệ nhân tạo cũng có thể giúp đưa ra các phát đồ điều trị phù hợp cho từng bệnh nhân dựa vào việc phân tích và đối chiếu lịch sử điều trị.

- *Giao thông thông minh*: Với những tiến bộ hiện nay, trí tuệ nhân tạo hoàn toàn có thể trợ giúp tốt vấn đề an ninh giao thông, như phát hiện và định danh xe qua biển số một cách tự động, phát hiện các bất thường trong giao thông, đo đếm lưu lượng và ước lượng vận tốc, v.v.

- *Nông nghiệp*: Các hệ thống tưới tiêu thông minh, hệ thống giám sát và quản lý quá trình nuôi trồng một cách tự động, dự báo điều kiện môi trường nuôi trồng, sản lượng, nguy cơ dịch bệnh, v.v.

- *Thương mại điện tử*: Trí tuệ nhân tạo ứng dụng nhiều trong dự báo nhu cầu, hành vi mua hàng và sở thích của khách hàng, đặc biệt là trong lĩnh vực marketing trực tuyến.

- *Sản xuất*: Ứng dụng trong quản lý chuỗi cung ứng, dự báo nguồn hàng, quy hoạch nguồn nhân lực, các dây chuyền sản xuất thông minh, hệ thống robot tự động, v.v.

- *Tài chính*: Trong lĩnh vực tài chính, Trí tuệ nhân tạo được ứng dụng nhiều trong dự báo, quy hoạch nguồn tiền, phân tích đầu tư, v.v.

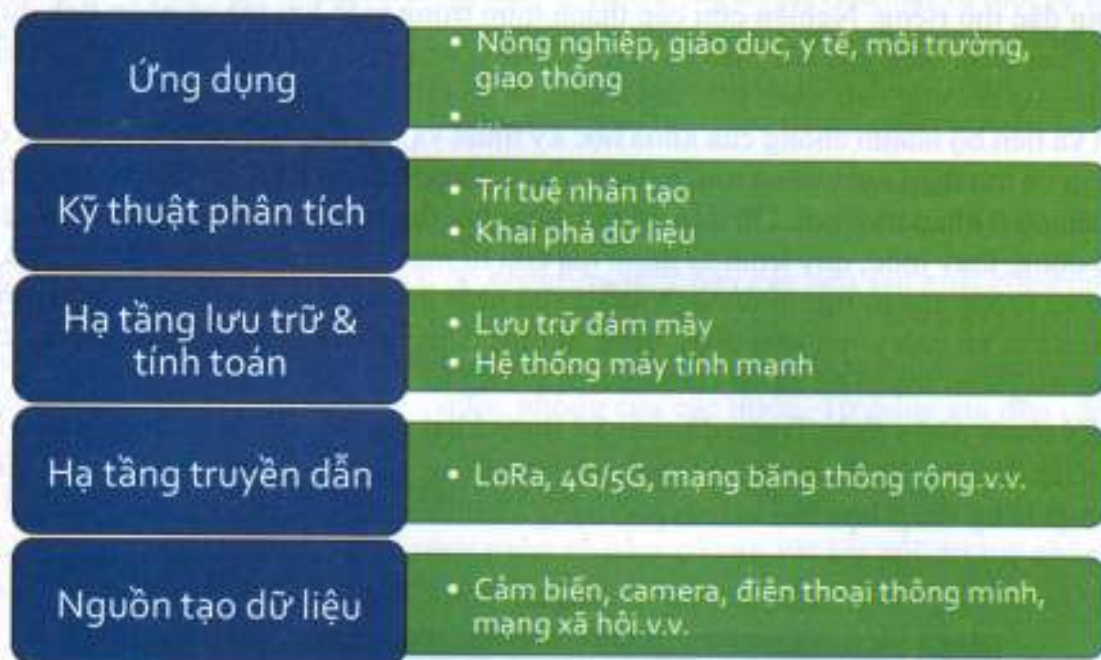
- *Giải trí*: Rất nhiều ứng dụng giải trí có ứng dụng Trí tuệ nhân tạo, tiêu biểu là các trò chơi cá nhân, trò chơi trực tuyến, các hệ thống giải trí đa phương tiện (như TV thông minh, lựa chọn nội dung theo sở thích người xem, v.v.).

Trí tuệ nhân tạo đang có tiềm năng lớn để có thể tự động hóa nhiều loại hình công việc, từ đó giảm tải cho con người, giảm chi phí hoạt động và tăng tính cạnh tranh. Chính vì vậy, tất cả các nước phát triển đều có những chương trình hành động khác nhau nhằm phát triển và ứng dụng trí tuệ nhân tạo.

3. Công nghệ triển khai CMCN 4.0

Việc áp dụng KHCN tiên tiến đem lại nhiều giá trị; đặc biệt trong giai đoạn CMCN 4.0. Nhìn tổng thể thì Công nghệ 4.0 là sự hội tụ của nhiều công nghệ khác nhau nhưng nhìn sâu hơn thì có một số công nghệ chủ đạo giúp tạo cầu nối CPS (Cyber-Physical System) giữa thế giới số (cyber-system) và thế giới thực (physical system): khả năng thu thập và phân tích dữ liệu.

Hình 4 trình bày phân tầng về chức năng và kỹ thuật, công nghệ sử dụng hiện tại được ứng dụng trong CMCN 4.0 cũng như đang sử dụng để phát triển đô thị thông minh. Có 5 lớp cơ bản bao gồm:



Hình 4. Thu thập và phân tích dữ liệu.

Để triển khai được các hạ tầng trên thì có thể nhìn theo hướng khác chính là cung cấp được 4 yếu tố: *Vận hành cảm biến, khả năng kết nối, năng lực lưu trữ & tính toán, xử lý dữ liệu lớn*. Hệ sinh thái dịch vụ phục vụ nhu cầu của các thành phố ngoài việc phân phối dịch vụ còn phải tạo ra môi trường, nghi thức, chuẩn mực để các ứng dụng công nghệ thông tin trực tiếp sử dụng dịch vụ được cung cấp, con người và các đơn vị kỹ thuật xã hội (socio-technical) cùng cộng tác một cách hiệu quả nhằm đem lại giá trị mới.

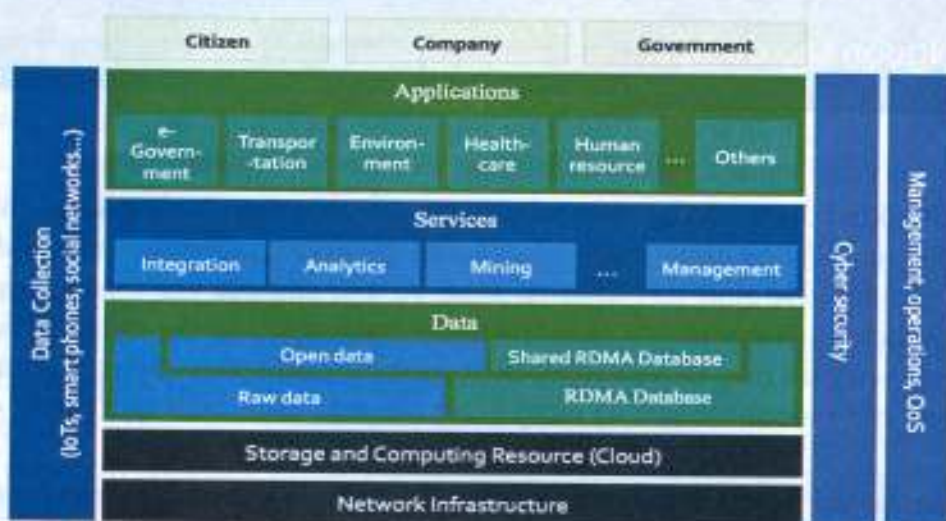
Nguồn tạo dữ liệu: Hệ thống cảm biến đóng vai trò quan trọng trong việc cung cấp thông tin về môi trường vật lý xung quanh. Thông tin này được xử lý để rút ra tham số định tính hoặc định lượng của môi trường, phục vụ các nhu cầu nghiên cứu khoa học kỹ thuật hay dân sinh và thường được gọi ngắn gọn là đo đạc, phục vụ trong truyền và xử lý thông tin, hay trong điều khiển các quá trình khác.

Hạ tầng truyền dẫn: Hạ tầng truyền dẫn được xem như là xương sống kết nối vạn vật, con người và quy trình sản xuất. Hạ tầng truyền dẫn đảm bảo quá trình truyền thông một cách thông suốt, an toàn và đảm bảo được thời gian đáp ứng về mặt dữ liệu thông tin giữa các thành phần tham gia vào hệ thống thông tin và truyền thông trong đô thị thông minh như: từ các hệ thống thu thập dữ liệu (data collection, sensing systems) đến hệ thống xử lý và phân tích dữ liệu (data processing and analytics) đến các hệ thống điều khiển sản xuất, kinh doanh, quản lý vận hành các dịch vụ (ví dụ y tế thông

minh, giao thông thông minh, giám sát nguồn gốc thực phẩm, an ninh và an toàn xã hội,...) đến từng công dân trong thành phố, người cần truy cập các thông tin cần thiết.

Hạ tầng lưu trữ và phân tích: Dữ liệu là nhân tố quan trọng trong hệ thống và có những đặc thù riêng. Nghiên cứu các thách thức trong việc lưu trữ và phân tích dữ liệu góp phần nhận diện các bài toán cụ thể và hướng đến giải pháp lưu trữ và phân tích dữ liệu hiệu quả trong ngữ cảnh IoTs nói chung và đô thị thông minh nói riêng. Với sự phát triển và tiến bộ nhanh chóng của khoa học kỹ thuật và các ứng dụng, lượng dữ liệu được sinh ra và thu thập ngày càng nhiều. Hơn nữa, chúng ta đang tiếp cận đến kỷ nguyên mà dữ liệu có ở khắp mọi nơi. Dữ liệu có thể được thu thập chẳng những từ cảm biến, thiết bị di động, máy móc, quy trình tự động mà còn từ mạng Internet, mạng xã hội, các giao dịch, sự tương tác từ người dùng. Vấn đề thứ nhất đặt ra là cần một công nghệ lưu trữ dữ liệu lớn và linh động như công nghệ lưu trữ đám mây. Vấn đề thứ hai là phải có hệ thống máy tính mạnh để xử lý khối dữ liệu khổng lồ.

Kỹ thuật phân tích: Trước đây các kỹ thuật khai phá dữ liệu được ứng dụng ở khâu này. Gần đây thì các thuật giải AI chiếm ưu thế trong giải quyết vấn đề phân tích dữ liệu đặc biệt là kỹ thuật học sâu vì tính phổ dụng và tính chính xác của kỹ thuật này.



Hình 5. Kiến trúc ICT cho Đô thị thông minh.

Hình 5 trình bày kiến trúc phân tầng về thông tin ứng dụng trong đô thị thông minh. Vai trò trung tâm của dữ liệu được thể hiện rõ. Dữ liệu phải được thu thập từ nhiều nguồn khác nhau, bằng nhiều phương pháp, phương cách khác nhau. Tất cả dữ liệu được lưu trữ tập trung và được xử lý trước khi được chia sẻ cho người dùng đầu cuối.

Tầng dịch vụ cung cấp các đầu mối để các đề án hoặc sáng kiến của đô thị cần vận dụng theo thể thức các nhu cầu về tính toán đều ở dạng dịch vụ (Internet-of-services). Các dịch vụ có thể ở mức cung cấp năng lực tính toán trong khi che giấu nền tảng kết nối, lưu trữ dữ liệu khổng lồ, các máy chủ mạnh và khả năng cảm biến linh hoạt - tạm

gọi là hạ tầng cốt lõi. Tầng dịch vụ nên được đặc tả ở dạng tổng quát nhưng cũng không thiếu chi tiết cụ thể.

An toàn và bảo mật thông tin đóng vai trò quan trọng trong việc bảo vệ một hệ thống nói chung và một hệ thống dịch vụ trong thành phố thông minh nói riêng. Các nghiên cứu an toàn và bảo mật thông tin sẽ được thực hiện ở nhiều mức khác nhau là ở “mức cảm biến”, “mức hạ tầng mạng và truyền thông”, “mức lưu trữ và phân tích dữ liệu” và cuối cùng là “mức ứng dụng và dịch vụ”.

4. Kết luận

CMCN 4.0 đang diễn ra với tốc độ nhanh và thúc đẩy các nền sản xuất công nghiệp đạt hiệu suất cao với chất lượng sản phẩm tốt và giá thành hạ, đồng thời có tác động trực tiếp đến các lĩnh vực dịch vụ và lưu thông hàng hóa cũng như có ảnh hưởng sâu rộng tới mọi mặt kinh tế - xã hội, an ninh - quốc phòng của các nước. Từ quốc gia đến cấp địa phương và từng doanh nghiệp đang phải đối mặt với CMCN 4.0 nên từng đơn vị cần có giải pháp hợp lý để biến nguy cơ thành cơ hội.

CMCN 4.0 dựa trên nền tảng công nghệ số gồm có vạn vật kết nối, trí tuệ nhân tạo, dữ liệu lớn để tối ưu hoá quy trình, phương thức sản xuất thông qua hệ thống sản xuất thực - ảo (CPS), và cùng các công nghệ có sự phát triển vượt bậc như công nghệ in 3D trong chế tạo sản phẩm, công nghệ sinh học, công nghệ vật liệu mới, công nghệ Nano, công nghệ tự động hoá, Robot.v.v. đang làm thay đổi căn bản nền sản xuất của thế giới. Nhà nước, doanh nghiệp và đại học cần nhận diện sớm để hình thành tư duy mới và có kế hoạch hành động cụ thể trong việc tiếp nhận và ứng dụng công nghệ mới trong một số lĩnh vực thế mạnh của địa phương để tạo lợi thế cạnh tranh.

Kỹ thuật công nghệ tiên tiến trong CMCN 4.0 đang được ứng dụng xây dựng đô thị thông minh nhằm giải quyết các vấn đề lớn về kinh tế, xã hội và công nghiệp. Chính phủ nên tập trung phát triển hạ tầng cốt lõi để phát triển CMCN 4.0 và đô thị thông minh gồm: hạ tầng cảm biến, hạ tầng mạng, hạ tầng lưu trữ & tính toán, hạ tầng dữ liệu, hạ tầng dịch vụ và trên đó là các ứng dụng hướng đến người dân, chính phủ và doanh nghiệp. Nguồn nhân lực địa phương và chính sách thu hút nhân tài rất quan trọng CMCN 4.0. Để giải pháp về CMCN 4.0 và đô thị thông minh tiến triển thì nhà nước phải là người khởi xướng nhưng phải liên kết với doanh nghiệp và các đại học thì giải pháp mới khả thi và triển khai bền vững./.

Tài liệu tham khảo:

- [1] Max Lemke, “Digitising European Industry: A key role for Europe’s digital competence centres”, I4MS 2016.
- [2] <https://www.pwc.co.za/en/publications/industry-40.html>, truy cập lần cuối: 07-07-2019.
- [3] Turing award 2018: <https://awards.acm.org/about/2018-turing>.