

NÔNG NGHIỆP 4.0: BẢN CHẤT, XU HƯỚNG VÀ MỘT SỐ GỢI Ý CHÍNH SÁCH

Đỗ Kim Chung

Khoa Kinh tế và Phát triển nông thôn, Học viện nông nghiệp Việt Nam

Email: dokimchung.hua@gmail.com

Ngày gửi bài: 18.10.2017

Ngày chấp nhận: 07.11.2017

TÓM TẮT

Cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ 4 đang diễn ra trong nông nghiệp ở nhiều nước và khởi đầu ở Việt Nam. Bài viết này thảo luận bản chất và các hợp phần của Nông nghiệp 4.0 cũng như xu hướng đổi mới và phát triển công nghệ trong các lĩnh vực kinh tế và quản lý, quản lý tài nguyên thiên nhiên mà môi trường, trồng trọt, chăn nuôi, thủy sản, chế biến, bảo quản, khuyến nông và marketing trong nông nghiệp 4.0. Bài viết cũng chỉ ra được các lợi ích, các cơ hội và thách thức của Nông nghiệp 4.0 đồng thời đề xuất một số gợi ý chính sách cho phát triển bền vững Nông nghiệp 4.0 ở Việt Nam.

Từ khóa: Cách mạng công nghiệp lần thứ 4, công nghiệp 4.0, nông nghiệp 4.0, xu hướng đổi mới công nghệ.

Agriculture 4.0: Nature, Tendencies and Policy Implications

ABSTRACT

The fourth industrial revolution in agriculture has been widely adopting in many countries and has just started in Vietnam. This paper discusses nature and interrelated components of the Agriculture 4.0 and tendencies in technology innovation and development in agricultural economics, natural resources and environmental management, crop, animal and aquaculture production, food storage and processing, marketing and agricultural extension. The paper also points out some benefits and challenges of the Agriculture 4.0 and provides policy recommendation for sustainable development of Vietnam's Agriculture 4.0.

Keywords: The fourth industrial revolution, Industry 4.0, Agriculture 4.0, tendencies in technology innovation and development.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ 4 (CMCN 4.0) đang diễn ra ở nhiều nước, trong đó nước ta đã tạo ra được sự phát triển và thay đổi toàn diện, sâu sắc các ngành, lĩnh vực của nền kinh tế - xã hội, đặc biệt là nông nghiệp. Là một nước có thế mạnh làm nông nghiệp, Việt Nam cần phải nhận thức cho được bản chất, sự thay đổi công nghệ và tác động của cuộc CMCN 4.0 tới nông nghiệp, từ đó thay đổi chiến lược phát triển để phát huy được các tác động tích cực, hạn chế các ảnh hưởng tiêu cực, đảm bảo cho nông nghiệp phát triển bền vững. Đỗ Kim Chung (2017) đã có nghiên cứu về đặc điểm, tác động của CMCN 4.0 và đề xuất hàm ý chính sách cho sự phát triển kinh tế xã hội. Tuy vậy,

cho đến giờ, vẫn chưa có nghiên cứu chuyên sâu nào về bản chất và đặc trưng của CMCN 4.0 trong nông nghiệp. Bài viết này xin thảo luận những đặc điểm cơ bản của cuộc CMCN 4.0 trong nông nghiệp và nội hàm nền Nông nghiệp 4.0 (NN 4.0), xu hướng công nghệ, các lợi ích và thách thức của NN 4.0, từ đó đề xuất các định hướng chính sách để tạo ra sự phát triển bền vững nền NN 4.0 ở nước ta.

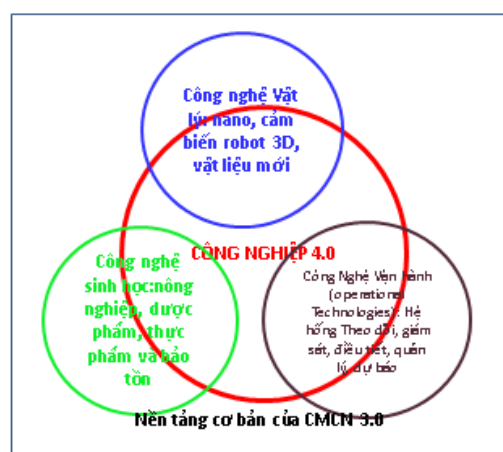
1.1. Cách mạng công nghiệp lần thứ 4 và nông nghiệp 4.0

Sự phát triển của văn minh loài người nói chung và nông nghiệp nói riêng được đánh dấu bằng 4 cuộc cách mạng công nghiệp. Cuộc cách mạng công nghiệp (CMCN) lần thứ nhất khởi đầu ở nước Anh năm 1784 với sự ra đời của nền

công nghiệp dựa trên công nghệ máy thủy lực và động cơ hơi nước đã làm thay đổi căn bản không những các ngành dệt may, chế tạo cơ khí, giao thông vận tải mà còn cả nông nghiệp, tạo tiền đề cho nền nông nghiệp cơ khí hóa ở các khâu canh tác từ sản xuất, chế biến và vận chuyển. Cuộc CMCN lần thứ hai diễn ra ở giai đoạn 1871 - 1914 với sự ra đời và ứng dụng động cơ điện và dây chuyền sản xuất hàng loạt đã tạo ra cơ hội cho nền nông nghiệp điện khí hóa, phát triển các dây chuyền công nghệ chế biến nông sản, tạo ra giá trị và năng suất lao động cao hơn trước đó. Cuộc CMCN lần thứ ba bắt đầu từ năm 1969 tạo ra sự phát triển sâu rộng của các ngành trong đó có nông nghiệp bằng việc ứng dụng máy tính và tự động hóa. Dưới tác động của cuộc cách mạng này, nông nghiệp đã có sự thay đổi về chất. Công nghệ trồng trọt (gọi là cách mạng xanh) bắt đầu từ Mỹ, công nghệ chăn nuôi (gọi là cách mạng trắng) bắt đầu từ Ấn Độ. Với hai cuộc cách mạng này, nông nghiệp được phát triển vượt bậc, đặc biệt là công nghệ giống cây trồng và vật nuôi, ứng dụng máy tính và tự động hóa các quá trình canh tác và chế biến tạo ra năng suất cao hơn giai đoạn trước. Cuộc CMCN lần thứ tư mở đầu với danh từ **“Industry 4.0 - Công nghiệp 4.0 - CN4.0”** tại Đức năm 2011 và được ghi trong Chương trình phát triển công nghệ của Chính phủ Đức năm 2013. Tháng 1 năm 2015, CN4.0 chính thức trở thành trào lưu đổi mới công nghệ của các nước tại Diễn đàn kinh tế thế giới ở Davos. CMCN 4.0 có trọng tâm là nền Công nghiệp 4.0 với sự phát triển và kết hợp của Công nghệ vật lý (Physical Technologies - PT) và Công nghệ sinh học (Biological Technologies - BT), Công nghệ vận hành (operational technologies - OT) (I-Scoop, 2017; Đỗ Kim Chung, 2017). Sự kết hợp của CN4.0 với các nhóm công nghệ trên lại với nhau, làm mờ ranh giới giữa công nghệ vật lý, kỹ thuật số và công nghệ sinh học (Klaus Schwab, 2017). Trên nền tảng thành quả của cách mạng công nghiệp lần thứ 3, cuộc CMCN 4.0 gồm bốn trụ cột CN4.0, PT, BT và OT (Hình 1).

Cũng như các ngành khác, CMCN 4.0 đã và đang diễn ra trong nông nghiệp. Từ bốn trụ cột

của CMCN 4.0 đã nêu trên có thể thấy những nét riêng của CMCN 4.0 trong nông nghiệp như sau. Danh từ **“Industry 4.0 - Công nghiệp 4.0”** - theo nghĩa tiếng Anh, không thuần túy là ngành công nghiệp theo nghĩa thông thường (manufacturing) mà bao hàm tất cả các ngành và lĩnh vực của nền kinh tế xã hội (agriculture, tourism, trade and services industries...). Vì thế, **nền nông nghiệp vận dụng thành quả của CMCN 4.0 được gọi là “Nông nghiệp 4.0 - NN 4.0”**. Yếu tố cốt lõi của NN 4.0 là công nghệ thông tin (Information technology-IT), công nghệ số (Digital Technology - DT) và trí tuệ nhân tạo (Artificial Intelligence - AI). Vì thế, **Nông nghiệp 4.0** còn được gọi là Nông nghiệp thông minh (Smart Agriculture) (FAO, 2017), Nông nghiệp số (Digital Agriculture) (Walker, 2017; Nguyễn Văn Sánh, 2017) và Nông nghiệp công nghệ cao (High-tech Agriculture) (Trần Đức Viên, 2017; Nguyễn Xuân Trạch, 2017). NN 4.0 là nền nông nghiệp ứng dụng thành tựu của CN4.0 để số hóa và hiện thực hóa các nông trại, các phân xưởng, các chuỗi giá trị đã được kết nối, tập trung và thông minh trong môi trường tương tác thực và ảo, đảm bảo cho quá trình sản xuất - kinh doanh diễn ra liên tục, hiệu quả và bền vững. Theo nghĩa đó, dựa trên cấu thành của CMCN 4.0 ở trên, có thể thấy rõ những đặc trưng cơ bản của NN 4.0 như sau:



Hình 1. Cấu thành của cách mạng công nghiệp 4.0

Nguồn: Đỗ Kim Chung, 2017

1.1.1. Công nghiệp 4.0 trong nông nghiệp

1. Công nghệ rô bốt tự động (Autonomous robots): Công nghệ rô bốt thực hiện các khâu và quá trình canh tác tự động như gieo trồng, chăm sóc, vắt sữa, phối trộn thức ăn, chế biến nông sản... đã được phát triển vượt bậc, có khả năng tương tác hữu hiệu với nhau và làm việc trực tiếp hiệu quả với con người và sẽ được ứng dụng rộng rãi trong các nông trại, cơ sở chế biến, các phân xưởng thông minh để sản xuất kinh doanh, thực hiện các tác nghiệp chuẩn xác và hiệu quả.
2. Mô phỏng (Simulations): Công nghệ mô phỏng có thể giúp xây dựng, thử nghiệm các quyết định, các thiết kế dựa trên nền tảng số liệu thực và một thế giới thực trong các mô hình ảo, được dùng phổ biến để dự tính, dự báo thị trường, sự biến đổi khí hậu, thời tiết, tính toán các phương án sản xuất, chế tạo, chọn lọc và tạo giống cây và con trong thế giới ảo trước khi có sự thay đổi thực diễn ra, do đó, hạn chế rủi ro, tăng được hiệu suất, năng suất và chất lượng.
3. Kết hợp các hệ thống ngang và hệ thống dọc (Horizontal and Vertical Systems integration): Với phát triển cao của DT và AI, các nông trại, doanh nghiệp, các cơ quan quản lý nhà nước sẽ liên kết với nhau chặt chẽ theo chiều đứng và chiều ngang để tối ưu hóa quá trình ra quyết định, quản lý và điều hành, tăng hiệu lực và hiệu quả của chuỗi giá trị trong nông nghiệp vì có sự liên kết ngang trong nội bộ của từng nhóm tác nhân và giữa các tác nhân trong chuỗi giá trị với nhau.
4. Internet vạn vật (The industrial internet of things - IOT): Sự phát triển cao của IT đã cho phép nhiều thiết bị chuyên dùng, di động kết nối và giao diện hiệu quả với nhau, dưới sự điều hành của trung tâm điều khiển một cách tập trung, giúp phi tập trung hóa sự phân tích và ra các quyết định kịp thời, tăng hiệu lực, hiệu suất trong sản xuất - kinh doanh nông nghiệp (IoT MarketPlace, 2017; AggreGate: Internet of Thing Integration Flatfom, 2017).
5. Siêu an ninh mạng (Cyber security): Với sự kết nối ngày càng tăng thì nhu cầu bảo vệ và bảo mật các hệ thống công - nông nghiệp, chuỗi giá trị từ sản xuất đến bàn ăn ngày càng tăng. Do vậy, đảm bảo an ninh, phát triển các giao diện tin cậy và nhận diện nhanh chóng các lỗ hổng trong bảo mật các quá trình sản xuất - kinh doanh ngày càng trở nên cấp thiết.
6. Đám mây điện toán (The clouds): Công nghệ này đã được phát triển để lưu giữ, chia sẻ nhanh và hữu hiệu thông tin về khách hàng, thị trường, sản xuất - kinh doanh giữa các bộ phận trong một doanh nghiệp, giữa các doanh nghiệp trên cùng một địa bàn (tỉnh, vùng, quốc gia, các châu lục), tiết kiệm được chi phí lưu giữ và chia sẻ dữ liệu.
7. Chế tạo tích lũy (Additive Manufacturing): Các công nghệ chế tạo tích lũy mà đặc biệt là công nghệ in 3D được dùng để tạo nguyên mẫu và tạo ra từng bộ phận cấu thành của sản phẩm sẽ được sử dụng rộng rãi trong thiết kế các máy móc, nông cụ, nhà xưởng và mô phỏng các quá trình sinh học để chọn tạo giống cây trồng và vật nuôi một cách hiệu quả.
8. Thực tế ảo (Augmented reality): Các hệ thống dựa trên thực tế ảo sẽ hỗ trợ lựa chọn vật tư, thiết bị, hàng hóa và gửi hướng dẫn sử dụng, bảo trì, sửa chữa thông qua các thiết bị di động và giúp cải thiện việc ra các quyết định, quy trình làm việc, khuyến nông và chuyển giao công nghệ không bị giới hạn bởi không gian, thời gian và quy mô.
9. Cơ sở dữ liệu và phân tích quy mô lớn (Big data and analytics): Trong bối cảnh phát triển nông nghiệp hiện nay, việc thu thập, phân tích kỹ càng các số liệu như thiên tai, thời tiết, thị trường, khách hàng, công nghệ... từ rất nhiều nguồn khác nhau, trên các quy mô khác nhau (phân xưởng, nông trại, tập đoàn, tỉnh, vùng, quốc gia, châu lục, toàn cầu..) sẽ là khả thi.

1.1.2. Công nghệ vật lý (Physical Technology) trong nông nghiệp

Trong nền CN4.0, các công nghệ vật lý như Công nghệ nano (nanotechnology), công nghệ

cảm biến (Sensor Technology) và các vật liệu mới (graphene, skyrmions...) đã có sự phát triển vượt bậc. Công nghệ nano đã có sự đột phá trong thiết kế, phân tích, chế tạo và ứng dụng các cấu trúc, thiết bị và hệ thống bằng việc điều khiển hình dáng, kích thước trên quy mô nanomet (1nm=10⁻⁹m), làm tăng tỉ trọng gói (packing density). Công nghệ này có nhiều tiềm năng chế tạo những sản phẩm và vật liệu mới để tạo ra các máy móc, thiết bị, nông cụ, vật liệu làm nhà xưởng, nông trại phục vụ cho quá trình canh tác và chế biến với sức bền cao, chịu đựng trong mọi hoàn cảnh bất lợi, tăng hiệu dụng và thân thiện hơn với môi trường. Công nghệ cảm biến (Sensor Technology) đã có bước đột phá quan trọng về âm thanh, nhiệt, hình ảnh, ánh sáng, thời gian và được ứng dụng nhiều trong lĩnh vực internet vạn vật, chế tạo, điều khiển và tự động hóa các quá trình sản xuất - kinh doanh và quản lý ở phạm vi một nông trại, vùng, quốc gia và toàn cầu, giúp tự động quan trắc, cảnh báo và xử lý kịp thời, chính xác các diễn biến về môi trường, từng cá thể trên đồng ruộng hay trại nuôi và toàn vùng. Tế bào quang điện (Solar cells) được phát triển sử dụng pin mặt trời, giúp điều hành quá trình quản lý sinh vật được chính xác và hiệu quả.

1.1.3. Công nghệ sinh học (Bio-technology) trong nông nghiệp

CMCN 4.0 đã tạo điều kiện cho hàng loạt công nghệ sinh học như các công nghệ gen, công nghệ tế bào, công nghệ chỉ thị phân tử... có bước phát triển mới. Sự phát triển cao của công nghệ sinh học đã ra đời công nghệ “chỉnh sửa gen - Gen editing” để có thể thêm hay bớt axit Deoxyribonucleic (DNA) tại các vị trí chính xác trong bộ gen để tạo ra giống cây trồng có khả năng kháng lại dịch hại. Công nghệ “Phát động gen - Gen drive” tạo ra khả năng điều khiển biến đổi di truyền cụ thể đối với quần thể dịch hại, từ đó, tác động vào cách thức sinh tồn, khả năng sinh sản hoặc các đặc điểm khác của cây trồng, vật nuôi theo hướng làm suy giảm quần thể dịch hại, giảm tiềm năng gây hại (Walker, 2017). Gần đây, việc số hoá trong sinh học phân tử đã trở nên dễ dàng với giá rẻ hơn rất nhiều

(Hồ Tú Bảo, 2017). Lĩnh vực tin - sinh học - dựa cơ sở dữ liệu lớn, con người có thể phân tích nguồn dữ liệu sinh học khổng lồ, trong thời gian ngắn và chính xác là nền tảng cho những tiến bộ của công nghệ sinh học, mở ra nhiều triển vọng cho quản lý thiên tai, khí hậu thời tiết, tài nguyên thiên nhiên nông nghiệp, lâm nghiệp, thủy sản và chế biến. Nhờ đó, các ngành nông lâm nghiệp, thủy sản, chế biến và thực phẩm, bảo vệ môi trường đã có bước tiến căn bản (Đỗ Kim Chung, 2017).

1.1.4. Nhóm công nghệ vận hành (Operational Technology) trong nông nghiệp

Dưới tác động của CMCN 4.0, công nghệ vận hành như phân tích và ra quyết định, kế hoạch, quản trị tác nghiệp, điều hành và giám sát một quá trình sản xuất một sản phẩm, vận hành các nông trại, các phân xưởng, các chuỗi giá trị nông sản đã được thay đổi về chất. Quá trình quản lý một chuỗi giá trị cả theo chiều ngang và chiều dọc đã và đang được chuyển đổi từ công nghệ quản lý truyền thống sang công nghệ điều hành và quản trị số gắn kết các hệ thống số với hệ thống thực, giữa các hệ thống sản xuất-kinh doanh thực và hệ thống ảo trên nền tảng của IoT. Công nghệ điều hành là “bà đỡ” cho sự phát huy hiệu quả của công nghệ vật lý, công nghệ sinh học trên nền tảng của CN4.0. Hệ thống nông nghiệp thông minh đã được phát triển để tự động tính toán nhu cầu nước, dinh dưỡng của cây trồng và vật nuôi và các yếu tố cần thiết khác, giúp ra các quyết định kịp thời và hiệu quả.

Như vậy, NN 4.0 là nền sản xuất - kinh doanh thông minh đặc trưng bởi sự tích hợp không ranh giới giữa các lĩnh vực công nghệ của CN 4.0, công nghệ vật lý, công nghệ sinh học và công nghệ điều hành trong các lĩnh vực về giống, nuôi trồng, chăm sóc, thu hoạch, vận chuyển, chế biến, bảo quản, phân phối, marketing và tiêu dùng thực phẩm nông sản, tạo ra sự liên kết, hoạt động hữu hiệu của các hệ thống liên kết giữa thế giới thực và thế giới ảo để làm tăng giá trị và lợi ích của các tác nhân

tham gia vào chuỗi giá trị nông sản, tạo điều kiện nông nghiệp được phát triển bền vững.

1.2. Xu hướng công nghệ trong nền nông nghiệp 4.0

Dưới tác động của CMCN 4.0, công nghệ nông nghiệp đang có sự thay đổi vượt bậc ở tất cả các lĩnh vực theo hướng năng suất và hiệu quả, thân thiện hơn với môi trường. Dưới đây xin trình bày một số xu hướng công nghệ trong các ngành và lĩnh vực của nền Nông nghiệp 4.0:

Trong NN 4.0, *công nghệ quản lý nông nghiệp* như lập kế hoạch, phân tích, dự báo và lựa chọn các chính sách nông nghiệp được thay đổi với độ chính xác và tính khả thi cao trên cơ sở ứng dụng thành quả của công nghệ cảm biến, IoT, phân tích dữ liệu lớn và đám mây điện toán. Công nghệ mô phỏng có thể tạo ra mô hình thị trường với các kịch bản khác nhau về tài nguyên, biến đổi khí hậu bằng số liệu thực trong môi trường ảo để lựa chọn các phương án chính sách phù hợp cho phát triển nông nghiệp. Các phần mềm quản lý nông nghiệp thông minh tích hợp quản trị, kỹ thuật và tài chính đã được xây dựng, giúp nông dân tối đa hóa lợi nhuận và giảm thiểu rủi ro trong sản xuất - kinh doanh.

Trong *Quản lý tài nguyên thiên nhiên và môi trường*: Công nghệ dự báo thời tiết thông minh iMetos (internet Meterological System) đã được phát triển để quan trắc, thu thập, phân tích, dự báo và cảnh báo sớm thời tiết. Công nghệ viễn thám, cảm biến và định vị toàn cầu được phát triển để xác định, phân tích, đánh giá, chia sẻ thông tin về tình hình khí hậu, thời tiết, tài nguyên thiên nhiên, giúp đánh giá nhanh, chính xác các diễn biến về thời tiết khí hậu, thiên tai diễn ra trên quy mô toàn cầu, từng khu vực, từng quốc gia, từng tỉnh và vùng cả trong ngắn hạn và dài hạn với độ chính xác cao (Nguyễn Thanh Tuyên và cs., 2017; iMetos Việt Nam, 2017; Mosleh *et al.* (2015).

Trong *thủy lợi*, Hệ thống quan trắc và cảnh báo xâm nhập mặn được phát triển để theo dõi và cảnh báo độ mặn của nước trên các kênh rạch hoặc cửa biển, tự động kích hoạt máy bơm nước vào trữ hay tưới tiêu trực tiếp khi có độ mặn

dưới ngưỡng an toàn. Công nghệ điều hành liên hồ chứa thông minh được đặt tại các vị trí khác nhau từng hồ chứa trong một hệ thống hồ, sông của một vùng và liên vùng để quan trắc và giám sát tình hình thời tiết khí hậu, tự động cập nhật các thông tin, truyền dữ liệu liên tục và tức thời đến trung tâm điều hành để quyết định xả lũ ở từng hồ khi có nguy cơ vượt ngưỡng cho phép hay đóng lại để trữ nước khi đã xả ở ngưỡng an toàn. Công nghệ tưới nhỏ giọt (drip irrigation) được phát triển trên cơ sở sử dụng công nghệ cảm biến, giám sát tình trạng độ ẩm đất và không khí, mức độ cần nước của cây trồng, diễn biến nhiệt độ, ánh sáng để tự động tưới đảm bảo đủ lượng nước cây cần và tiết kiệm nước, tạo điều kiện cho cây phát triển nhanh.

Trong *trồng trọt* đã có sự thay đổi hẳn về công nghệ, các hệ thống canh tác diễn ra trong nhà kính sử dụng vật liệu nano, được tổ chức khép kín từ làm đất gieo, trồng chăm bón, quản lý nước, cây trồng, dinh dưỡng và dịch hại đều thông qua rô bốt và các thiết bị cảm biến, cập nhật số liệu thực và thời gian thực qua IoT để quản lý hiệu quả các nông trại. Công nghệ In vitro đã thay đổi về chất: việc số hoá trong sinh học phân tử dễ, nhanh hơn và rẻ hơn¹, giúp nhân nhanh các loại giống cây trồng giữ nguyên đặc tính ưu việt của chúng (Bùi Mạnh Cường, 2017). Công nghệ nhà màng sử dụng các vật liệu nano thân thiện với môi trường, bền và rẻ đã được phát triển, được dùng rộng rãi ở những nơi thời tiết bất thuận, giúp phát triển nông nghiệp nhà kính, trái vụ, đảm bảo năng suất và chất lượng. Công nghệ đèn LED được sử dụng đồng bộ trong canh tác kỹ thuật cao (Phạm S, 2017). Hệ thống quản lý giám sát bảo vệ thực vật đã được phát triển (Plant protection monitoring system - PPDMS) là sự tích hợp giữa Trạm thời tiết thông minh (iMetos) và Trạm cảnh báo côn trùng điện từ (internet Trap-iTrap) và hệ thống thông tin địa lý (GIS) dùng để dự báo và lưu trữ thông tin về nhiệt độ, độ ẩm, bức xạ, tốc độ gió, lượng mưa, độ ẩm đất, độ ướt lá cây, diễn biến về các loại bệnh hại.

¹ Một hệ gene có thể được số hoá trong vài giờ với chi phí ít hơn 1.000 USD (Hồ Tú Bảo, 2017)

iTrap cung cấp thông tin kịp thời về các loại côn trùng như ruồi đục quả, rầy, sâu đục thân hai chấu. PPDMS sẽ được ứng dụng rộng rãi trong tương lai để thu thập, phân tích, lưu trữ và truyền tải các thông tin về dịch hại tới người dùng qua các thiết bị di động. Các bộ Test Kit đã được phát triển để chẩn đoán nhanh bệnh hại cây trồng (Cục bảo vệ Thực vật, 2017). Công nghệ cảm biến kết hợp với IoT được đặt tại các cánh đồng cho phép người sản xuất biết được địa hình, tình hình nước, độ ẩm, nhiệt độ đồng ruộng, biến động của hệ sinh thái đồng ruộng, dinh dưỡng và sức khỏe cây trồng, dinh dưỡng đất để ra các quyết định canh tác kịp thời, giúp cập nhật lưu trữ nhật ký nông vụ điện tử với thời điểm, số lượng, chất lượng đầu vào đã được sử dụng làm cơ sở cho truy xuất nguồn gốc sản phẩm (Đặng Mậu Chiến và cs., 2017). Công nghệ ảnh vệ tinh kết hợp với công nghệ cảm biến và radar giúp tăng cường năng lực quản lý đồng ruộng theo thời gian thực, số liệu thực và thực tế thực, cho phép chụp ảnh xuyên mây, không bị ảnh hưởng của thời gian hay thời tiết đã được nghiên cứu để giám sát trồng lúa (Mosleh, 2015). Cảm biến Smart Orchard-Semios được thiết kế và đặt ở vườn cây đo độ ẩm không khí, sương mù, tình trạng lá ướt và tình hình dịch bệnh (IoT Smart Farming, 2017).

Trong *chăn nuôi và thú y*, công nghệ đã được đổi mới. Các trại chăn nuôi, hầm khí sinh học được xây dựng bằng các vật liệu nano siêu bền, an toàn với môi trường. Các quá trình chăn nuôi từ cho ăn, cho uống, dọn chuồng, khai thác sản phẩm được tự động hóa bằng các rô bốt, gia súc được theo dõi và chăm sóc bằng các thiết bị cảm biến. Toàn bộ các tác nghiệp được số hóa và truyền qua IoT tới chủ trại chăn nuôi qua thiết bị di động. Công nghệ tự động nhận dạng (Radio Frequency Identification - RFID) hay chip điện tử Afitag được thiết kế gắn vào từng cá thể vật nuôi để theo dõi, giám sát tình hình sức khỏe gia súc (động dục, thai sản, tình trạng dinh dưỡng, khả năng phát sinh dịch bệnh) và môi trường chuồng trại, tự động cập nhật, thông báo cho nhà quản lý qua thiết bị di động để quản lý gia súc kịp thời. Các thông tin thu được từng cá thể vật nuôi tiếp tục

được xử lý và chuyển sang khâu phối trộn thức ăn bằng rô bốt dựa trên phần mềm chuyên dụng (như RationAll) cho từng nhóm vật nuôi. Hệ thống chăn nuôi đã được tự động hóa bằng rô bốt từ khâu nhập vật nuôi, phân loại, quản lý vi khí hậu ở từng ô nuôi, phối hợp nhịp nhàng giữa cung cấp nước uống, vệ sinh chuồng trại, xử lý chất thải bằng công nghệ nano. Hệ thống lọc khí sử dụng vật liệu nano được phát triển để hấp phụ H_2S , tích hợp cảm biến đo nồng độ H_2S , NH_3 , kiểm tra thành phần khí sau khi lọc, có van điều khiển lượng khí vào và ra sau khi lọc giúp xử lý được môi trường ở các trại chăn nuôi (Đặng Mậu Chiến và cs., 2017). Sự phát triển cao của công nghệ sinh học và nano đã cho ra đời công nghệ mới trong thú y: Công nghệ chẩn đoán phát hiện bệnh chỉ trong một ống nghiệm, được áp dụng để chẩn đoán bệnh ở thực địa mà không cần đến máy ổn nhiệt hay máy đọc kết quả; công nghệ chẩn đoán phát hiện một nhóm bệnh nhờ có sự tích hợp công nghệ Proteomic, tổng hợp ologo và công nghệ nano thành tổ hợp “multiplex” để hình thành chip chẩn đoán, có thể đồng thời phát hiện hàng chục vi sinh vật gây hại khác nhau. Năm 2015, Canada đã công bố thành công sử dụng chip phát hiện cùng lúc 8 kiểu gây hội chứng rối loạn với 34 chủng vi sinh vật phổ biến ở nước này. Mỹ công bố một chip mới có khả năng xác định sự có mặt của 8.101 loại vi sinh vật gây bệnh khác nhau. Các công nghệ này đã và sẽ làm tăng hiệu lực, hiệu quả của công tác quản lý sức khỏe vật nuôi (Nguyễn Minh Không, 2017).

Trong *nuôi trồng thủy sản*, các công nghệ gen, tế bào, sinh học phân tử đã được phát triển trong chọn tạo giống thủy sản chất lượng và có khả năng chống chịu với môi trường bất thuận: Dung dịch nano bạc (Ag) được sử dụng cho lọc nước, khử khuẩn ở ao hồ, đầm nuôi thủy sản. Hệ thống tạo và sục khí ôxy với hạt siêu nhỏ (micro-nano) cho các ao nuôi, hiệu quả và tiết kiệm; hệ thống cảm biến nano quan trắc và đánh giá chất lượng nước trong ao, đầm nuôi hải sản được phát triển (Đặng Mậu Chiến, 2017); Các vật liệu nano được dùng trong xây dựng lồng bè, làm lưới và các thiết bị nuôi trồng đánh

bất có khả năng chống chịu với độ mặn, bão gió, dòng chảy mạnh (Mai Văn Tài, 2017). Hệ thống nuôi tuần hoàn (Recycling Aquaculture System - RAS), công nghệ biofloc, công nghệ enzyme, vi sinh, hóa sinh, sản xuất vắc xin, nhà màng đã được phát triển và ứng dụng ở khâu nuôi trồng thủy sản (Trần Đình Luân, 2017).

Trong bảo quản chế biến nông sản và thực phẩm, công nghệ giám sát và điều khiển môi trường trên nền tảng cảm biến không dây cho hệ thống kho bảo quản, chế biến đã được phát triển để giám sát nhiệt độ, độ ẩm tương đối, nồng độ khí CO₂ lưu trữ, truyền nhận dữ liệu từ các nút cảm biến về máy tính qua IoT. Nhờ vậy, tăng chất lượng bảo quản, giảm hao hụt và chi phí bảo quản nông sản, thực phẩm. Hệ thống cấp đông (IQF), Hệ thống làm đá vảy, đá khô, dây chuyền chế biến liên hoàn, máy phân cỡ, lạng da, máy rà kim loại, máy đóng gói hút chân không đã được xây dựng và ứng dụng trong khâu chế biến thủy sản. Hệ thống tế bào sống (Cells Alive System - CAS), công nghệ cấp đông siêu nhanh, công nghệ sấy chân không, sấy bức xạ hồng ngoại, bảo quản nông sản, thủy sản bằng phương pháp ngủ đông, bao gói kín (Modified Atmosphere Packaging) sẽ được ứng dụng để tăng cao chất lượng sản phẩm trong chế biến (Trần Đình Luân, 2017).

Khuyến nông sử dụng IoT đã được phát triển: Hệ thống này đã số hóa các thông tin về giá, đặc điểm của các loại đầu vào, các loại nông sản, kỹ thuật trồng trọt, chăn nuôi, chế biến, các thông tin về dịch hại, cách chữa trị, quản lý thông qua IoT và cung cấp cho người dân dưới dạng tin nhắn qua các thiết bị di động, kết hợp với chuyên gia để tư vấn qua tổng đài, giải đáp thắc mắc khi dân có nhu cầu. Công nghệ này có thể cá thể hóa thông tin cho từng nông trại với từng loại cây trồng hoặc vật nuôi cụ thể và lưu lại toàn bộ lịch sử phát triển của cây trồng, vật nuôi của mỗi thuê bao. Điều này giúp cho người tư vấn nắm được tình hình sẽ có những lời khuyên sát thực và hiệu quả. Rút ngắn được thời gian, nguồn lực khi tương tác với nông dân thay vì phải đến tận nơi như cách làm truyền thống. Công nghệ này đã và đang được áp dụng rộng rãi ở các nước phát triển.

Trong *marketing và tiêu thụ nông sản*, công nghệ Quản lý chuỗi thực phẩm nông sản thông minh (smart Agrifood value chain management) đã được phát triển trên nền tảng IoT, công nghệ kết hợp các hệ thống ngang và hệ thống dọc và công nghệ cảm biến, giúp tạo ra sự điều tiết và liên kết hữu hiệu giữa khách hàng - người bán lẻ - chế biến - bảo quản - thu gom - sản xuất, giữa các thành viên trong một nhóm tác nhân với nhau, đảm bảo cho quá trình vận hành chuỗi giá trị nông sản diễn ra liên tục và hiệu quả. Các hoạt động marketing được tiến hành bằng phương thức trực tuyến, giúp tiếp cận sát hơn tới nhu cầu của người tiêu dùng và tạo ra sự tiện lợi cho người tiêu dùng, không cần đến các điều kiện về mặt bằng như cách làm truyền thống. Hệ thống truy xuất trực tuyến - AgriCheck đã được xây dựng trên cơ sở tích hợp số liệu thời gian thực về quá trình sản xuất, chế biến nông sản, xác định nhãn mác, nguồn gốc của sản phẩm, các thông tin về phân phối, giúp quản trị bán hàng, kho hàng, phát hiện hàng giả, giúp nhận dạng chính xác truy xuất nguồn gốc nông sản phẩm và điều hành tốt hơn quản trị bán hàng. Chỉ bằng một điện thoại thông minh, người tiêu dùng có thể biết ngay truy xuất nguồn gốc của sản phẩm mà họ định mua.

1.3. Lợi ích và thách thức của nông nghiệp 4.0

Tốc độ lan truyền công nghệ trong CMCN 4.0 của nền kinh tế nói chung và nông nghiệp nói riêng đang diễn ra ở cấp số nhân và trên quy mô toàn cầu (James, 2016). Sở dĩ vậy là vì NN 4.0 có những lợi ích sau đây (I-scoop, 2017; Gerbert, 2015; Zengele, 2017; Đỗ Kim Chung, 2017):

- Góp phần tạo ra các sản phẩm mới, dịch vụ mới;
- Điều kiện làm việc tốt hơn vì ít lệ thuộc vào không gian và thời gian;
- Kết nối được khách hàng, tăng hiệu quả hoạt động của chuỗi giá trị;
- Làm tăng năng suất và chất lượng, tiết kiệm nguồn lực, giảm chi phí;
- Tạo ra nhiều cơ hội cho người tiêu dùng lựa chọn;

- Tạo cơ hội việc làm cho lao động có kỹ năng;
- Các giao dịch minh bạch và tiện lợi hơn, đảm bảo lợi ích các bên;
- Giúp tái cơ cấu các ngành kinh tế, đổi chiến lược tăng trưởng từ dựa vào tài nguyên sang đổi mới và sáng tạo.

Vì những lợi ích đó, nhiều nước ở châu Âu, châu Mỹ và châu Á đã có chương trình cụ thể về CN 4.0 nói chung và NN 4.0 nói riêng (Đỗ Kim Chung, 2017). NN 4.0 đã và đang được đầu tư nhiều nguồn lực và được chú trọng ở nhiều nước như Israel, Mỹ, Hà Lan, Đức, Israel, Nhật Bản, Đài Loan, Ấn Độ, Trung Quốc... (Nguyễn Thị Lan và cs., 2017 và Phạm S, 2017). Tuy nhiên, NN 4.0 cũng tạo ra những thách thức lớn sau (Gustafson, 2016; Fealy, 2017; Đỗ Kim Chung, 2017):

- Môi trường cạnh tranh sẽ ngày càng gay gắt, không phải trong một vùng, một quốc gia mà cả toàn cầu;
- Các quốc gia có nền nông nghiệp chủ yếu dựa vào đất đai và lao động rẻ sẽ khó khăn hơn vì khả năng hấp thụ công nghệ và đổi mới sáng tạo thấp, năng suất lao động thấp;
- Ít tạo cơ hội việc làm cho lao động thiếu kỹ năng.

1.4. Nông nghiệp 4.0 ở Việt Nam và một số định hướng chính sách

- Việt Nam đã và đang bước đầu phát triển nền Nông nghiệp 4.0 với những điều kiện thuận lợi sau:
- Công nghệ số, nhất là công nghệ internet vạn vật được phát triển khá nhanh, tạo điều kiện và mở ra các cơ hội khởi nghiệp và ra đời các sản phẩm mới và dịch vụ mới. Đến năm 2016, Việt Nam có tổng số người sử dụng internet lên 50,05 triệu, chiếm 53% dân số (We Are Social, 2017).
- Chính phủ và các địa phương thể hiện quyết tâm chính trị cao để tái cơ cấu nông nghiệp theo hướng nền nông nghiệp chất lượng cao².

² Ngày 27/6/2017, Ban Kinh tế Trung ương đã tổ chức diễn đàn Kinh tế Việt Nam 2017 với chủ đề Phát triển nông nghiệp chất lượng và hiệu quả để chia sẻ các kinh nghiệm cho xây dựng một nền nông nghiệp công nghệ cao. Ngày 14/10/2017,

- Trong một số ngành và lĩnh vực đã bước đầu ứng dụng có hiệu quả công nghệ NN 4.0³.

Tuy nhiên, cũng có một số thách thức lớn dưới đây đang đặt ra cho Việt Nam trong phát triển NN 4.0:

- Trên thị trường trong nước và thế giới, cầu về nông sản ngày càng tăng cả về số lượng và nghiêm ngặt hơn về chất lượng, sự cạnh tranh ngày càng gay gắt⁴. Điều này đòi hỏi nền nông nghiệp phải phát triển theo hướng ứng dụng nhanh và có hiệu quả công nghệ của nông nghiệp 4.0 vào thực tiễn;
- Trình độ ứng dụng công nghệ trong nông nghiệp còn thấp. Nhiều ngành và lĩnh vực của nông nghiệp vẫn chưa đạt trình độ của CMCN lần thứ 2;
- Tỷ trọng lao động nông nghiệp trong tổng lao động xã hội còn cao (41,9% vào năm 2016). Đại đa số nguồn nhân lực chưa đáp ứng được yêu cầu của việc áp dụng các thành tựu của NN 4.0⁵.

Hội nông dân Việt Nam tổ chức Diễn đàn nông dân Việt Nam lần thứ 2: Nông dân sẵn sàng với Nông nghiệp 4.0 tại Hà Nội.

³ Công nghệ gen, sinh học phân tử đã được phát triển để tạo giống cây trồng, vật nuôi, chẩn đoán và quản lý dịch bệnh ở Học viện Nông nghiệp Việt Nam, các viện nghiên cứu và Trường đại học khác. Công nghệ iMetos đã bước đầu được ứng dụng; Hệ thống AgriOne của Viettel đã số hóa và cung cấp thông tin về nông nghiệp cho nông dân qua các thiết bị di động; Phần mềm quản lý nông nghiệp thông minh đã được Công ty Mimosa TEK ứng dụng ở thành phố Hồ Chí Minh, Tây Ninh, Đồng Nai, Đà Lạt, Gia Lai, Nghệ An (Nguyễn Thanh Tuyền, 2017). Trang trại TH đã gần *chíp điện tử Afitag* vào bò để quản lý động dục, phát hiện triệu chứng viêm vú trước 4 ngày, phân loại bò theo tình trạng sinh sản, năng suất, trên cơ sở đó đã tự động hóa quy trình vắt sữa - khép kín (Thái Hương, 2017). *Hệ thống cảm biến nano, dung dịch nano bạc (Ag) được sử dụng hiệu quả trong thủy sản* (Đặng Mậu Chiến, 2017). AgriCheck được áp dụng trong sản xuất kinh doanh giống cây nông nghiệp (Nguyễn Đức Trường, 2017). Dùng cơ sở dữ liệu đám mây cho chế biến tôm ở Tập đoàn Minh Phú tạo ra sản phẩm tôm đạt chuẩn vào các thị trường khó tính (Lê Văn Quang, 2017), sử dụng IoT và công nghệ cảm biến trong sản xuất rau và hoa quả ở Đà Lạt (Phạm, 2018).

⁴ Dân số thế giới năm 2017 là 7,6 tỷ người, tỷ lệ người thiếu đói là 12% (876 triệu); dự kiến đến năm 2050 dân số sẽ tăng tới 9,8 tỷ người, sản lượng nông nghiệp phải tăng thêm tới 70% để đáp ứng yêu cầu đó (Liên Hợp quốc, 2017)

⁵ Ở Mỹ tỷ lệ lao động nông nghiệp trong tổng lao động xã hội này là 0,86%, Úc 1,7%, Pháp 1,63%, Nhật 3,0, Hà Quốc 4,8%, Philippines 20,3%, Thái Lan 32,9%. Tỷ lệ lao động nông thôn ở nước ta được đào tạo chỉ đạt 11,2%, năng suất lao động chỉ bằng 1 - 1,5% so với các nước phát triển (Nguyễn Văn Bộ, 2017)

- Số doanh nghiệp đầu tư vào nông nghiệp ít, quy mô nhỏ bé⁶. Hộ nông dân vẫn là đơn vị cơ bản, thiếu vốn, kiến thức, sản xuất thủ công và manh mún (69% số hộ có quy mô đất nông nghiệp dưới 0,5 ha) (Nguyễn Văn Tiến, 2017);
- Môi trường kinh doanh chưa thật sự phát triển (Năm 2016 - 2017, Việt nam đang đứng thứ 60 trong 130 quốc gia về năng lực cạnh tranh quốc gia (Diễn đàn kinh tế thế giới, 2017);
- Nhận thức về NN 4.0 chưa đầy đủ. Mặc dù có chính sách phát triển nông nghiệp công nghệ cao (NNCNC), nhưng chú trọng nhiều hơn các dự án đầu tư hạ tầng của khu NNCNC, chú ý quy mô diện tích lớn (100 ha trở lên) bỏ qua quy mô nhỏ và vừa, chưa chú trọng nông trại quy mô nhỏ, chưa đầu tư thích đáng vào nghiên cứu, ứng dụng, chuyển giao và tạo ra chuỗi giá trị sản phẩm bền vững (Trần Đức Viên, 2017; Đỗ Kim Chung, 2017)⁷. Điều này có thể hạn chế đến khả năng ứng dụng, hấp thụ các thành quả của CMCN 4.0.

Trước bối cảnh trên, để phát triển bền vững nông nghiệp 4.0, cần thực hiện các giải pháp sau:

1. Tiếp tục tái cơ cấu nông nghiệp, đổi mới đầu tư công và dịch vụ công theo hướng chuyển nền nông nghiệp chủ yếu dựa vào đất đai và lao động rẻ sang nền nông nghiệp đổi mới và sáng tạo để vừa đón đầu và nắm bắt được các thành tựu của nền NN 4.0, phát huy được các tác động tích cực của NN 4.0 vừa điều chỉnh để hạn chế tối đa các tác động tiêu cực của sự thay đổi này;
2. Thực hiện ưu tiên phát triển NN 4.0 ở các nơi có điều kiện nhưng không loại trừ các

hình thái sản xuất nông nghiệp truyền thống. Cần lựa chọn các công nghệ phù hợp, phù hợp với trình độ dân trí và trình độ kinh tế - xã hội của từng vùng, miền cụ thể gắn với thị trường

3. Tập trung đầu tư vào đổi mới và sáng tạo, nghiên cứu, ứng dụng và chuyển giao các công nghệ phù hợp với đặc điểm và điều kiện Việt Nam theo hướng tạo ra chuỗi giá trị nông sản thực phẩm bền vững, tạo cơ hội cho tất cả nông dân, trang trại và doanh nghiệp với quy mô sản xuất khác nhau được tham gia. Cần đầu tư một chương trình công nghệ NN 4.0 phát triển bởi người Việt nam “Made by Vietnam” (không phải là “Made in Vietnam”) và cần đầu tư nghiên cứu, phát triển nhân lực để nhanh chóng làm chủ các công nghệ nhập khẩu.
4. Thừa nhận và phát triển thị trường đất đai, nhất là đất nông nghiệp để phát triển nông nghiệp hàng hóa, khắc phục tình trạng manh mún như hiện nay
5. Khuyến khích khởi nghiệp trong NN 4.0, nâng cao năng lực hấp thụ công nghệ và đổi mới, sáng tạo ở các lĩnh vực sản xuất, kinh doanh, chế biến, marketing các sản phẩm nông lâm thủy sản, tăng liên kết giữa doanh nghiệp, cơ quan nghiên cứu, đào tạo, hình thành vườn ươm công nghệ để nhân rộng
6. Đổi mới phương thức, nội dung giáo dục và đào tạo bằng việc tích hợp các xu hướng và thành tựu của CMCN 4.0 vào nội dung chương trình giáo dục, đào tạo và hướng nghiệp để có lực lượng lao động có khả năng tiếp cận, phát triển và ứng dụng được các thành quả nền NN 4.0
7. Chú trọng bồi dưỡng kiến thức và kỹ năng đối với đội ngũ lao động nông nghiệp hiện hành để có thể đáp ứng được yêu cầu áp dụng các thành quả của NN 4.0 và khắc phục những tác động tiêu cực của CMCN 4.0.
8. Tiếp tục hỗ trợ và cung cấp tín dụng cho nông dân, các doanh nghiệp, trang trại trong phát triển và ứng dụng công nghệ 4.0 ở tất cả các lĩnh vực trong chuỗi nông sản thực phẩm.

⁶ Dưới 2% số doanh nghiệp của cả nước đầu tư vào nông nghiệp với số vốn đầu tư dưới 1% tổng số vốn đầu tư (Nguyễn Văn Tiến, 2017)

⁷ Có những quan điểm cho rằng để phát triển NNCNC phải phát triển các ‘cánh đồng’ nhà kính nhà lưới với được trang bị hiện đại và tự động hóa. Vì thế, nhiều nguồn lực của Nhà nước đã được đầu tư để xây dựng các mô hình NNCNC. Từ năm 2004 đến tháng 12/2015, cả nước đã có 34 khu NNCNC đã và đang được xây dựng tại 19 tỉnh thuộc 7 vùng kinh tế. Đến 2016, chỉ có 1 khu NNCNC (rau, hoa ở Đà Lạt) có lãi rõ, 3 khu gồm Củ Chi, thành phố Hồ Chí Minh; An Thái, Bình Dương và Suối Dầu, Khánh Hòa hoạt động có thể tự tồn tại được; còn 30 khu chưa hoặc không hiệu quả (Trần Đức Viên, 2017).

2. KẾT LUẬN

Nông nghiệp 4.0 là nền sản xuất - kinh doanh thông minh đặc trưng bởi sự tích hợp không ranh giới giữa các lĩnh vực công nghệ của CN 4.0, công nghệ vật lý, công nghệ sinh học và công nghệ điều hành trong các lĩnh vực về giống, nuôi trồng, chăm sóc, thu hoạch, vận chuyển, chế biến, bảo quản, phân phối, marketing và tiêu dùng thực phẩm nông sản, tạo ra sự liên kết, hoạt động hữu hiệu của các hệ thống liên kết giữa thế giới thực và thế giới ảo để làm tăng giá trị và lợi ích của các tác nhân tham gia vào chuỗi giá trị nông sản, tạo điều kiện cho nông nghiệp được phát triển bền vững. Xu hướng cơ bản trong đổi mới công nghệ trong nền Nông nghiệp 4.0 là sự kết hợp chặt chẽ giữa các loại công nghệ (công nghệ số, trí tuệ nhân tạo, vật lý và sinh học) để số hóa toàn bộ quá trình sản xuất - kinh doanh nông nghiệp, đảm bảo cho hoạt động kinh doanh diễn ra liên tục và hiệu quả. Nông nghiệp 4.0 có nhiều lợi ích, đã và đang được phát triển ở nhiều nền kinh tế. Bên cạnh các cơ hội thuận lợi, Việt nam phải vượt qua nhiều thách thức lớn trong phát triển nền NN 4.0 như đòi hỏi ngày càng gắt gao về nông sản thực phẩm và cạnh tranh ngày càng gay gắt, trình độ công nghệ còn thấp, môi trường kinh doanh chưa thực sự phát triển, nhận thức về NN 4.0 còn hạn chế. Vì vậy, để phát triển được NN 4.0, Việt nam cần tiếp tục tái cơ cấu nông nghiệp để đón được các thành tựu của CMCN 4.0 và hạn chế được tác động tiêu cực, cần thực hiện chương trình đổi mới sáng tạo, phát triển công nghệ phù hợp, tạo điều kiện thuận lợi cho ứng dụng công nghệ của nền NN 4.0 như môi trường khởi nghiệp, thu hút doanh nghiệp đầu tư vào nông nghiệp, phát triển thị trường đất đai, tín dụng, đổi mới đào tạo và phát triển nguồn nhân lực cho nông nghiệp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- AggreGate: Internet of Thing Integration Platform (2017). IoT Solutions for Agriculture, trên <http://aggregate.tibbo.com/industries/agriculture>.
- Bùi Mạnh Cường (2017). Ứng dụng công nghệ cao trong nghiên cứu, sản xuất ngô trên thế giới và Việt Nam, Diễn đàn Kinh tế Việt Nam 2017, Hà nội ngày 27/6/2017, trang 245-256.
- Đặng Mậu Chiến (2017). Thực trạng chính sách phát triển công nghệ cao, triển vọng và thành tựu ứng dụng trong thực tiễn phát triển nông nghiệp ở Việt Nam và trên thế giới, Diễn đàn kinh tế Việt Nam 2017, ngày 27/6/2017.
- Đỗ Kim Chung (2017). Cách mạng công nghiệp lần thứ 4: Bản chất, tác động và một số định hướng chính sách cho phát triển kinh tế xã hội, Nghiên cứu Kinh tế, 9(472): 3-11.
- Cục bảo vệ thực vật (2017). Phát triển ứng dụng công nghệ cao bảo vệ cây trồng trong tái cơ cấu nông nghiệp theo hướng bền vững và hiệu quả, Diễn đàn Kinh tế Việt Nam 2017, Hà nội ngày 27/6/2017, trang 189-193.
- Daniel Walker (2017). High-tech Agricultural Development in Australia and Some Ideas for Vietnam, Vietnam Economic Forum 2017, pp. 214-220.
- Diễn đàn kinh tế thế giới (2017). Báo cáo cạnh tranh toàn cầu năm 2017.
- iMetos Việt Nam (2017). Ứng dụng công nghệ iMetos quản lý khí hậu tự động và các giải pháp tổng hợp ứng phó với biến đổi khí hậu và giảm nhẹ thiên tai phục vụ sản xuất nông lâm bền vững, <http://thoitiethannong.vn/dubao>, truy cập ngày 12/10/2017.
- IoT MarketPlace (2017). Libelium Smart Agriculture solution at the Smart Garden in Colombian Microsoft office, <http://www.libelium.com/libelium-smart-agriculture-solution-at-the-smart-garden-in-colombian-microsoft-office/>
- IoT Smart Farming (2017). Filter and Discover IoT Agriculture Resources, <https://www.postscapes.com/smart-agriculture/>
- I-Scoop (2017). Industry 4.0: the fourth industrial revolution - guide to Industrie 4.0, trên <https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/>
- FAO (2017). Climate-Smart Agriculture, <http://www.fao.org/climate-smart-agriculture>
- Jess Fealy (2017). View From the Paddock, Queensland Country Life, <http://www.queenslandcountrylife.com.au/story/4590064/farming-and-the-fourth-industrial-revolution/>
- James C. Collins (2016). Agriculture and the Fourth Industrial Revolution: Building a Smarter, More Sustainable Food System, <http://foodsecurity.dupont.com/2016/03/23/agriculture-and-the-fourth-industrial-revolution-building-a-smarter-more-sustainable-food-system/>
- Hồ Tú Bảo (2017). Hiểu về Cách mạng công nghiệp lần thứ 4, <http://vnexpress.net/tin-tuc/khoa-hoc/hieu-ve-cach-mang-cong-nghiep-lan-thu-4-3574624.html>, truy cập ngày 24 tháng 8 năm 2017.
- Klaus Schwab (2017). Diễn đàn Kinh tế Thế Giới

- Liên hợp quốc (2017). Triển vọng dân số thế giới, Báo cáo của Ủy ban kinh tế xã hội, ngày 21/6/2017, Rome.
- Mosleh K., Hassan Q. and Chowdhury E. (2015). Review Application of Remote Sensors in Mapping Rice Area and Forecasting its Production: A review Mostafa, Sensors-2015, pp. 760-791.
- Nguyễn Văn Bộ (2017). Ứng dụng công nghệ trong nền Nông nghiệp 4.0, Diễn đàn nông dân Việt Nam lần thứ 2: Nông dân sẵn sàng với Nông nghiệp 4.0 ngày 14/10/2017, Hà Nội, trang 43-56.
- Nguyễn Minh Không (2017). Công nghệ cao trong lĩnh vực thú y, bảo vệ sức cho người và động vật, Diễn đàn Kinh tế Việt Nam 2017, Hà nội ngày 27/6/2017, trang 269-277.
- Nguyễn Thị Lan, Nguyễn Việt Long, Hoàng Hiệp và Trần Hiệp (2017). Thách thức và định hướng đào tạo nhân lực cho nền nông nghiệp 4.0, Diễn đàn nông dân Việt Nam lần thứ 2: Nông dân sẵn sàng với Nông nghiệp 4.0 ngày 14/10/2017, Hà Nội, trang 57-63.
- Nguyễn Văn Sánh (2017). Ứng dụng nông nghiệp thông minh phát triển ngành hàng lúa gạo Việt Nam: Dựa vào kinh nghiệm quốc tế và trong nước, Diễn đàn kinh tế Việt Nam 2017, Hà nội ngày 27/6/2017, trang 221-232
- Mai Văn Tài (2017). Phát triển và ứng dụng công nghệ cao: Hướng phát triển bền vững tất yếu của ngành nuôi cá biển, Diễn đàn kinh tế Việt Nam 2017, Hà nội ngày 27/6/2017, trang 278-293.
- Nguyễn Văn Tiến (2017). Phát triển nông nghiệp Việt Nam trong xu thế cách mạng công nghiệp 4.0, Diễn đàn nông dân Việt Nam lần thứ 2: Nông dân sẵn sàng với Nông nghiệp 4.0 ngày 14/10/2017, Hà Nội, trang 7-14.
- Nguyễn Đức Trường (2017). AgriCheck giải pháp truy xuất nguồn gốc tích hợp chống giả trong thời đại công nghệ 4.0, Diễn đàn nông dân Việt Nam lần thứ 2: Nông dân sẵn sàng với Nông nghiệp 4.0 ngày 14/10/2017, Hà Nội, trang 90-94.
- Nguyễn Thanh Tuyền và Trương Hữu Trung (2017). Vai trò của công nghệ thông tin trong xây dựng một nền nông nghiệp thông minh trong ứng đáp ứng biến đổi khí hậu ở Việt Nam, Diễn đàn kinh tế Việt Nam 2017, Hà Nội ngày 27/6/2017, trang 76-93.
- Nguyễn Xuân Trạch (2017). Xu hướng và giải pháp phát triển nông nghiệp công nghệ cao bền vững, Hội thảo về Nông nghiệp công nghệ cao trong bối cảnh công nghiệp hóa và hiện đại hóa, Vĩnh Phúc ngày 10/8/2017.
- Nguyen, T.T. H., De Bie, Ali A., Smaling, E.M. A., Chu. T. H. (2012). Mapping the irrigated rice-cropping patterns of the Mekong Delta, Vietnam through hyper-temporal SPOT NDVI image analysis, International Journal of Remote Sensing, 33: 415-434.
- Thái Hương (2017). Kinh nghiệm thực tiễn và hướng phát triển sản xuất nông nghiệp ứng dụng công nghệ cao ở Tập đoàn TH, Diễn đàn Kinh tế Việt Nam 2017, Hà nội ngày 27/6/2017, trang 306-312.
- Phạm Huân (2017). Dùng dữ liệu “đám mây” cho sản xuất và chế biến tôm, Diễn đàn nông dân Việt Nam lần thứ 2: Nông dân sẵn sàng với Nông nghiệp 4.0 ngày 14/10/2017, Hà Nội, trang 88-89.
- Thembeke Zengele (2017). The Future of Agriculture in the 4th Industrial Revolution, <https://www.linkedin.com/pulse/future-agriculture-4th-industrial-revolution-thembeka-zengele>.
- Trần Đình Luân (2017). Định hướng phát triển ứng dụng công nghệ cao trong lĩnh vực thủy sản, Diễn đàn Kinh tế Việt Nam 2017, Hà nội ngày 27/6/2017, trang 233-244.
- Oliviere Scalabre (2017). Embracing Industry 4.0 and Rediscovering Growth, Boston Consulting Group, (B.C.G) in <https://www.bcg.com/expertise/capabilities/operations/embracing-industry-4.0-rediscovering-growth.aspx>.
- Philipp Gerbert, Markus Lorenz, Michael Rüßmann, Manuela Waldner, Jan Justus, Pascal Engeland Michael Harnisch (2015). Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries, BCG, April 2015.
- Phạm S (2017). Nhà nông Việt tận dụng gì với NN 4.0, Diễn đàn nông dân Việt Nam lần thứ 2: Nông dân sẵn sàng với Nông nghiệp 4.0 ngày 14/10/2017, Hà Nội, trang 43-56.
- Phạm Thị Mai Thy (2016). Ứng dụng ảnh vệ tinh VNREDSat-1 trong giám sát hiện trạng sử dụng đất nông nghiệp khu vực Tây Nam bộ, Viện hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.
- Sara Gustafson (2016). The digital revolution in agriculture: Progress and constraints trên <http://www.ifpri.org/blog/digital-revolution-agriculture-progress-and-constraints>.
- Trần Đức Viên (2017). Tích tụ ruộng đất để phát triển nông nghiệp công nghệ cao: Khuyến nghị chính sách, Tia sáng ngày 25/5/2017, <http://tiasang.com.vn/-dien-dan/Tich-tu-ruong-dat-va-phat-trien-nong-nghiep-CNC-Khuyen-nghi-chinh-sach-10689>.
- We Are Social (2017). Digital in 2017 - Southeast Asia & Vietnam trên <https://wearesocial.com/special-reports/digital-southeast-asia-2017>. Truy cập ngày 7 tháng 9 năm 2017.
- World Economic Forum (2016). “The Future of Jobs: Employment, Skills, and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution.