

Công nghệ kết nối trong sản xuất nông nghiệp thông minh và định hướng cho Việt Nam

Lưu Thị Quỳnh Trang¹, Vương Quang Huy¹, Vũ Minh Trung¹, Nguyễn Trường Sơn¹, Chu Đức Hà¹, La Việt Hồng², Phạm Minh Triển¹

¹Trường Đại học Công nghệ, Đại học Quốc gia Hà Nội

²Viện Nghiên cứu và Ứng dụng, Trường Đại học Sư phạm Hà Nội 2

Trong thời gian qua, những tiến bộ về điện tử, tự động hóa và công nghệ thông tin đã cho phép nâng cao hiệu quả canh tác và năng suất cây trồng. Trong đó, các nền tảng kết nối được sử dụng nhiều trong nhiều mô hình nông nghiệp thông minh để giám sát cây trồng, vật nuôi; quản lý nhà kho và vận hành thiết bị máy móc... Bài viết cung cấp thông tin khái quát về công nghệ kết nối và những ứng dụng của công nghệ này trong sản xuất nông nghiệp thông minh, trên cơ sở đó đề xuất định hướng áp dụng ở Việt Nam.

Công nghệ kết nối trong sản xuất nông nghiệp

Nền sản xuất nông nghiệp toàn cầu đang phải chịu áp lực từ hai bài toán lớn là gia tăng dân số và giảm sút diện tích đất canh tác. Trong bối cảnh đó, bên cạnh sự thay đổi về phần cứng của thiết bị sử dụng trong nông nghiệp, cần thiết phải có sự chuyển đổi số để giúp người nông dân sử dụng một cách hiệu quả và bền vững các nguồn tài nguyên. Công nghệ số có thể nâng cao khả năng ra quyết định, cho phép quản lý rủi ro và kiểm soát sự biến động, từ đó tối ưu hóa sản lượng và cải thiện giá trị kinh tế của quá trình canh tác [1, 2].

Ngày nay, cuộc khủng hoảng do đại dịch Covid-19 diễn ra trên toàn thế giới càng làm gia tăng áp lực đến sản xuất nông nghiệp trên 5 phương diện: tính hiệu quả, khả năng phục hồi, mức độ số hóa, tính nhanh nhạy và bền vững [3]. Ví dụ, sự đứt gãy về chuỗi cung ứng toàn cầu đã gây ra khủng hoảng cho sản xuất nông nghiệp ở các vùng nông thôn, thể hiện

rõ nét nhất ở việc cắt giảm đột ngột nhân công lao động. Điều này càng thúc đẩy sự chuyển biến mạnh mẽ của ngành sản xuất nông nghiệp, nhất là trong việc số hóa và tự động hóa rộng rãi hơn, từ đó thích ứng nhanh với bối cảnh chuyển đổi số toàn cầu.

Trong những năm gần đây, dữ liệu về các biến số thiết yếu trong sản xuất nông nghiệp, bao gồm trồng trọt (thông số về yếu tố đất, thời tiết, nguồn nước, sức khỏe và dinh dưỡng cây trồng) [4] và chăn nuôi (dữ liệu về thân nhiệt, sức khỏe vật nuôi, chế độ chăm sóc) [5] đã bắt đầu được quan tâm [6]. Song, chưa có nhiều cách tiếp cận thích hợp để giúp người nông dân hiểu được và xử lý những thông số này một cách tổng thể [6]. Hơn nữa, ở những vùng nông thôn kém phát triển, sự thiếu hụt về cơ sở hạ tầng là yếu tố khiến canh tác và chăn nuôi trở nên lạc hậu, thủ công, rất ít hoặc không có sự kết nối với các thiết bị tiên tiến. Một dẫn chứng là tại Hoa Kỳ - quốc gia tiên phong về công nghệ kết nối cũng chỉ có khoảng

1/4 số nông trại hiện sử dụng thiết bị kết nối để truy cập dữ liệu trên nền tảng mạng không dây thế hệ thứ 2 và 3 (sóng 2G/3G) hoặc các mạng IoT băng tần thấp. Những công cụ theo dõi và kiểm soát truyền thống trên đồng ruộng và trong nhà lưới vẫn tương đối đơn giản, chưa khai thác tất cả giá trị tiềm năng mà công nghệ kết nối có thể mang lại. Thực tế này đòi hỏi ngành nông nghiệp phải sử dụng đầy đủ các ứng dụng và phân tích kỹ thuật số, với độ trễ thấp, băng thông cao và độ tin cậy cao... [7]. Ví dụ, mạng IoT công suất thấp kèm theo các cảm biến giá rẻ được sử dụng rộng rãi trong canh tác thông minh (tưới tiêu và phun thuốc bảo vệ thực vật chính xác) [4], giám sát đàn gia súc lớn [5], quản lý nhà kho và hoạt động của các thiết bị tự động. Ngoài ra, các phương thức kết nối cũng đòi hỏi giảm thiểu độ trễ, độ phản hồi tuyệt đối và cải thiện sự ổn định, giúp vận hành tự động và chính xác máy móc và các thiết bị bay không người lái. Tất cả những vận hành này, với sự kết nối của các phương thức

Diễn đàn Khoa học và Công nghệ

truyền thông phù hợp, sẽ giúp quản lý, thực hiện và kiểm soát tốt các khâu trong hệ thống canh tác nông nghiệp chính xác.

Các công nghệ IoT ứng dụng trong mô hình sản xuất nông nghiệp thông minh thường sử dụng phương thức kết nối diện rộng năng lượng thấp (LPWAN, Low-power wide-area network) [8]. Đây là dạng kết nối băng thông thấp, phù hợp với kích thước gói tin nhỏ, có thời gian sử dụng pin lâu, vì vậy chi phí thấp hơn mạng di động và có phạm vi rộng hơn mạng không dây tầm ngắn. Sự phát triển của mạng LPWAN sẽ mang tới một lựa chọn mới cho truyền tải dữ liệu IoT nhằm đáp ứng mục đích tiêu thụ năng lượng thấp, kéo dài thời gian hoạt động của thiết bị đầu cuối, khả năng truyền tải với khoảng cách xa (hàng chục km). Trong số các công nghệ truyền thông LPWAN, phương thức LoRa và mạng LoRaWAN (Long-range wide-area network) là hai lựa chọn tiềm năng cho các ứng dụng quản lý nông trại thông minh [8, 9]. Tính đến cuối thập kỷ này, công nghệ kết nối trong nông nghiệp được kỳ vọng có thể bổ sung thêm hơn 500 tỷ USD vào GDP toàn cầu, giúp tăng năng suất 7-9% cho ngành nông nghiệp.

Tiềm năng của công nghệ kết nối trong việc gia tăng giá trị hàng hóa nông sản

Với sự phát triển của công nghệ kết nối, các khu vực nông trường rộng lớn có thể được khảo sát và quản lý dễ dàng hơn, chi phí cố định cho lắp đặt hệ thống IoT mang lại hiệu quả thiết thực hơn so với quy mô nông hộ nhỏ lẻ. Hơn nữa, hệ thống IoT đặc biệt thích ứng với việc giám sát tằm, vì vậy có thể áp dụng hữu hiệu hơn cho trồng trọt so với chăn nuôi.



Lắp đặt hệ thống bẫy sâu keo mùa thu thông minh trên ruộng ngô, sử dụng truyền thông LoRa để truyền tải dữ liệu theo thời gian thực tại Việt Nam.

Hiện nay, ứng dụng công nghệ kết nối trong nông nghiệp tập trung vào những vấn đề sau:

Giám sát cây trồng

Công nghệ kết nối cung cấp nhiều giải pháp khác nhau để làm tăng khả năng quan sát và chăm sóc cây trồng. Cụ thể, công nghệ này giúp tích hợp dữ liệu thời tiết, tưới tiêu và dinh dưỡng..., nên giúp cải thiện việc sử dụng tài nguyên và nâng cao năng suất nhờ việc xác định và dự đoán chính xác hơn các yếu tố đang thiếu hụt trong quy trình gieo trồng. Các cảm biến thông minh được sử dụng để theo dõi điều kiện đất có thể kết nối qua mạng LPWAN (điển hình như sóng LoRa), từ đó cung cấp thông số để bộ xử lý trung tâm điều chỉnh lượng nước và chất dinh dưỡng. Ví dụ, một thiết bị tự động bẫy sâu keo mùa thu (điển hình như loài *Spodoptera frugiperda*) hại ngô tự động đã được phát triển dựa trên việc tích hợp các cảm biến IoT vào hệ thống bẫy pheromone truyền thống. Theo

đó, dữ liệu môi trường (nhiệt độ, độ ẩm không khí) và số lượng sâu trưởng thành bị bẫy tại các thiết bị được báo cáo theo thời gian thực bằng truyền thông LoRa đến module thu phát tầm xa, sau đó gửi về lưu trữ đám mây thông qua internet hoặc mạng 3G/4G/5G. Những dữ liệu dạng này thường sử dụng phương thức truyền thông LoRa, với ưu điểm tiết kiệm năng lượng, khoảng cách truyền thông xa, nên các thiết bị giám sát cây trồng có thể tích hợp tấm pin năng lượng mặt trời để cung cấp năng lượng.

Một số loại cảm biến cũng có thể cung cấp hình ảnh từ các góc xa của cánh đồng để phát hiện và cảnh báo sớm về sâu bệnh hại, trong khi dạng ảnh đa phổ từ camera có thể theo dõi các đặc tính chất lượng của cây trồng, như hàm lượng đường và màu sắc trái cây [10, 11]. Hầu hết các công nghệ kết nối truyền thông không thể hỗ trợ truyền hình ảnh với mật độ cao các nốt cảm biến đến thiết bị phân tích hình ảnh tự động. Do đó, mạng IoT băng

thông hẹp (NB-IoT) và mạng 5G hứa hẹn sẽ giải quyết những vấn đề về băng thông đường truyền. Những công nghệ kết nối tiên tiến này được kỳ vọng có thể đem lại giá trị cho sản xuất nông nghiệp toàn cầu từ 130 đến 175 tỷ USD vào năm 2030.

Giám sát vật nuôi

Ngăn ngừa và phát hiện sự bùng phát dịch bệnh ở gia súc là rất quan trọng trong quản lý chăn nuôi quy mô lớn, nơi mà hầu hết các loài gia súc được nuôi trong các khu gần nhau [5]. Chip và cảm biến cơ thể đo nhiệt độ, mạch và huyết áp cùng với các chỉ số khác giúp phát hiện sớm bệnh, ngăn ngừa lây nhiễm đàn... Các thiết bị theo dõi sức khỏe và camera giám sát chuồng trại có thể kết nối thông qua mạng WiFi hoặc bluetooth, trong khi phương thức truyền thông LoRa phù hợp cho việc giám sát gia súc chăn thả trên diện tích rộng. Một dẫn chứng điển hình là thông qua kết nối LoRa hoặc WiFi, công nghệ gắn thẻ tai cho gia súc đang được sử dụng khá phổ biến để theo dõi nhiệt độ, sức khỏe và vị trí của từng cá thể. Trong khi đó, sóng 5G có thể được sử dụng vào việc quản lý nông trại chăn nuôi trên diện rộng bằng thiết bị bay không người lái có gắn camera. Tương tự như vậy, các cảm biến môi trường được lắp đặt và kết nối, từ đó có thể điều chỉnh tự động hệ thống thông gió hoặc sưởi ấm trong chuồng trại, cải thiện điều kiện sống của gia súc. Việc nâng cao năng lực giám sát các điều kiện tăng trưởng và sức khỏe của gia súc bằng các công nghệ kết nối thông minh được đánh giá có thể đem lại doanh thu 70-90 tỷ USD cho ngành chăn nuôi thế giới vào năm 2030.

Quản lý nhà kho và thiết bị máy móc

Các chip và cảm biến để theo dõi, đo lường mức silo và nhà kho có thể kích hoạt việc tự động sắp xếp lại, giảm chi phí tồn kho, cải thiện thời hạn sử dụng của nguyên liệu đầu vào, giảm tổn thất sau thu hoạch bằng cách giám sát và tự động tối ưu hóa các điều kiện bảo quản, đồng thời giảm tiêu thụ năng lượng [12]. Bên cạnh đó, tích hợp thị giác máy tính và các cảm biến vào hệ thống bảo trì có thể giúp giảm chi phí sửa chữa và kéo dài tuổi thọ của máy móc, thiết bị. Như vậy, công nghệ kết nối chủ yếu trong các nhà kho thường được lựa chọn là sóng 5G (phục vụ hoạt động của camera) và sóng WiFi hoặc bluetooth (phục vụ hoạt động của các thiết bị quan trắc môi trường). Các giải pháp như vậy có thể đạt được mức tiết kiệm chi phí 40 đến 60 tỷ USD vào năm 2030.

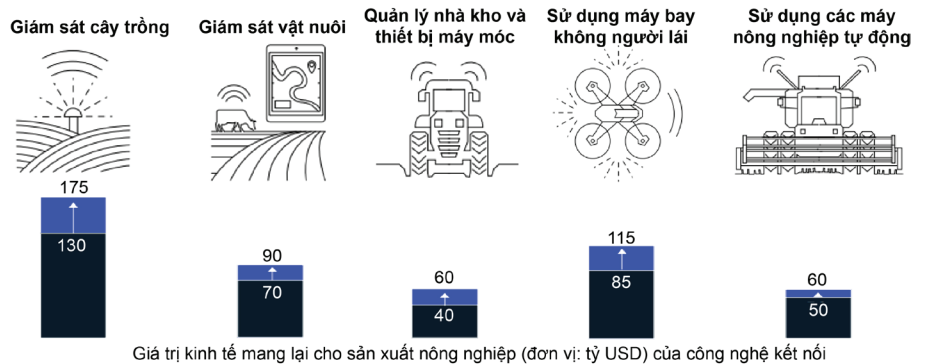
Sử dụng máy bay không người lái

Máy bay không người lái đã được áp dụng trong khoảng hai thập kỷ trở lại đây để hỗ trợ phun thuốc bảo vệ thực vật cho cây trồng. Giờ đây, các thế hệ máy bay không người lái tiên tiến tích hợp thị giác máy tính đã có khả năng khảo sát cây trồng và đàn gia súc trên các khu vực rộng lớn một cách nhanh chóng và hiệu

quả. Ví dụ, máy bay không người lái tích hợp camera có thể phân tích điều kiện thực địa và đưa ra các biện pháp can thiệp chính xác như cung cấp phân bón, chất dinh dưỡng và thuốc bảo vệ thực vật ở vị trí xác định. Máy bay không người lái cũng có thể được ứng dụng trong xác định cháy rừng, phát hiện cá thể động vật hoang dã và kiểm soát rác thải. Tất cả các ứng dụng của máy bay không người lái đều đòi hỏi tốc độ truyền tải dữ liệu nhanh, do đó ưu tiên băng thông truyền tải dữ liệu của sóng 4G/5G. Bằng cách giảm chi phí lao động và cải thiện năng suất, việc sử dụng máy bay không người lái có thể tạo ra giá trị 85-115 tỷ USD vào cuối thập kỷ này.

Sử dụng các máy nông nghiệp tự động

Sử dụng kết nối GPS kết hợp với thị giác máy tính và cảm biến có thể thúc đẩy việc triển khai máy nông nghiệp tự động và thông minh trên đồng ruộng một cách chính xác. Bên cạnh đó, các camera lắp đặt trên máy nông nghiệp cũng được kết nối thông qua sóng 4G/5G. Từ đó, người nông dân có thể vận hành đồng thời nhiều loại thiết bị trên ruộng từ xa, giải phóng thời gian và các nguồn lực khác. Máy móc tự động cũng hoạt động hiệu quả và chính xác hơn so với máy do



5 bài toán của công nghệ nông nghiệp áp dụng trong sản xuất nông nghiệp.

con người vận hành, điều này có thể tiết kiệm nhiên liệu và năng suất cao hơn. Tự động hóa máy móc thông qua công nghệ kết nối có thể giúp gia tăng giá trị 50-60 tỷ USD vào năm 2030 [13, 14].

Định hướng áp dụng công nghệ kết nối vào canh tác nông nghiệp ở Việt Nam

Bản chất quá trình chuyển đổi số trong nông nghiệp ở Việt Nam là sự thay đổi tổng thể và toàn diện của các hộ sản xuất nông nghiệp, trang trại, hợp tác xã và doanh nghiệp về cách thức tổ chức sản xuất, quản trị và kinh doanh dựa trên công nghệ số (dữ liệu lớn, IoT và điện toán đám mây) kết hợp không giới hạn với công nghệ vật liệu mới và công nghệ sinh học. Đồng thời, để tạo ra sự liên tục trong sản xuất - kinh doanh cũng như tăng năng suất và chất lượng, tiết kiệm nguồn lực, giảm chi phí, cần đảm bảo hiệu quả của việc giám sát, tính liên tục của chuỗi cung ứng theo thời gian thực. Do đó, áp dụng công nghệ kết nối vào sản xuất nông nghiệp ngay từ khâu “đồng ruộng” đến “bàn ăn” sẽ tạo nên sản phẩm nông sản sạch, chất lượng và minh bạch.

Thứ nhất, hệ thống cảm biến, robot, GPS, công cụ lập bản đồ và phần mềm phân tích dữ liệu kết hợp với công nghệ kết nối tiên tiến được xem là chìa khóa để vận hành máy móc tự động nhằm sử dụng hiệu quả yếu tố đầu vào (nguồn nước, thuốc bảo vệ thực vật, phân bón hữu cơ, giống) và tối ưu năng lượng. Với dữ liệu có dung lượng lớn (ảnh và video), mạng WiFi được khuyến cáo sử dụng trong mô hình có diện tích nhỏ, trong khi sóng 4G/5G phù hợp với các mô hình nông nghiệp thông minh có diện tích lớn, trong khi phương thức kết nối LPWAN được ưu tiên cho các dữ liệu quan trắc môi trường.

Thứ hai, áp dụng công nghệ cảm biến và dụng cụ kỹ thuật số vào sản xuất nông nghiệp thông minh sẽ tạo ra một cơ sở dữ liệu lớn về các thông số môi trường, dữ liệu cá thể cây trồng, vật nuôi và thủy sản. Phân tích dữ liệu về điều kiện tự nhiên, theo dõi các giai đoạn sinh trưởng của cây trồng và gia súc, tối ưu quy trình chăm sóc, phát hiện và cảnh báo dịch bệnh trong trồng trọt cũng như chăn nuôi được xem là những bài toán cụ thể cần giải quyết trong thời gian tiếp theo. Do vậy, khai thác - xử lý - biểu diễn - lưu trữ số liệu là rất cần thiết để người nông dân đưa ra những quyết định (dự đoán) dựa trên mô hình học máy.

Cuối cùng, việc phân loại dữ liệu để tập trung vào giao thức truyền thông phù hợp cho từng loại dữ liệu cần phải được ưu tiên trong quá trình xây dựng mô hình nông nghiệp thông minh. Sử dụng sóng 4G/5G (hướng đến 6G) và NB-IoT được xem là chìa khóa để bước vào thế giới IoT

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] L. Alzubaidi, et al. (2021), “Review of deep learning: concepts, CNN architectures, challenges, applications, future directions”, *J. Big Data*, **8(1)**, DOI: 10.1186/s40537-021-00444-8.

[2] L. Gong, et al. (2021), “Deep learning based prediction on greenhouse crop yield combined TCN and RNN”, *Sensors*, **21(13)**, DOI: 10.3390/s21134537.

[3] S. Hamid, M.Y. Mir (2021), “Global agri-food sector: challenges and opportunities in Covid-19 pandemic”, *Front. Sociol.*, **6**, DOI: 10.3389/fsoc.2021.647337.

[4] H. Yin, et al. (2021), “Soil sensors and plant wearables for smart and precision agriculture”, *Adv. Mater.*, **33(20)**, DOI: 10.1002/adma.202007764.

[5] K. Dineva, T. Atanasova (2021), “Design of scalable IoT architecture based on AWS for smart livestock”, *Animals*, **11(9)**, DOI: 10.3390/ani11092697.

[6] E. Navarro, N. Costa, A. Pereira (2020), “A systematic review of IoT solutions for smart farming”, *Sensors*, **20(15)**, DOI: 10.3390/s20154231.

[7] P. Hu, et al. (2021), “Coupling of machine learning methods to improve estimation of ground coverage from unmanned aerial vehicle (UAV) imagery for high-throughput phenotyping of crops”, *Funct. Plant Biol.*, **48(8)**, DOI: 10.1071/FP20309.

[8] R.K. Singh, et al. (2020), “Leveraging LoRaWAN technology for precision agriculture in greenhouses”, *Sensors*, **20(7)**, DOI: 10.3390/s20071827.

[9] G. Codeluppi, et al. (2020), “LoRaFarM: a LoRaWAN-based smart farming modular IoT architecture”, *Sensors*, **20(7)**, DOI: 10.3390/s20072028.

[10] A. Morales, et al. (2020), “A multispectral camera development: from the prototype assembly until its use in a UAV system”, *Sensors*, **20(21)**, DOI: 10.3390/s20216129.

[11] R. Ripardo Calixto, et al. (2021), “Development of a computer vision approach as a useful tool to assist producers in harvesting yellow melon in northeastern Brazil”, *Comput. Electron. Agric.*, **192**, DOI: 10.1016/j.compag.2021.106554.

[12] G.T. Alemu, et al. (2021), “Cost-benefit analysis of on-farm grain storage hermetic bags among small-scale maize growers in northwestern Ethiopia”, *Crop Prot.*, **143**, DOI: 10.1016/j.cropro.2020.105478.

[13] J. Sun, et al. (2019), “County-level soybean yield prediction using deep CNN-LSTM model”, *Sensors*, **19(20)**, DOI: 10.3390/s19204363.

[14] Z. Zhang, et al. (2019), “California almond yield prediction at the orchard level with a machine learning approach”, *Front. Plant Sci.*, **10**, DOI: 10.3389/fpls.2019.00809.