

ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ SỐ TRONG QUẢN LÝ VÀ GIÁM SÁT CÂY TRỒNG - VẬT NUÔI Ở KHU VỰC MIỀN NÚI PHÍA BẮC

Phan Thị Hoài
Trường Cao đẳng Điện Biên

Tóm tắt: Trong bối cảnh chuyển đổi số quốc gia, việc áp dụng công nghệ số trong quản lý và giám sát cây trồng - vật nuôi tại khu vực miền núi phía Bắc Việt Nam trở thành nhu cầu cấp thiết. Bài viết tập trung phân tích thực trạng, cơ hội và thách thức trong quá trình ứng dụng công nghệ số vào quản lý và giám sát cây trồng - vật nuôi ở khu vực miền núi phía Bắc.

Từ khóa: Công nghệ số; IoT; quản lý nông nghiệp; miền núi phía Bắc; truy xuất nguồn gốc.

APPLICATION OF DIGITAL TECHNOLOGY IN THE MANAGEMENT AND MONITORING OF CROPS AND LIVESTOCK IN THE NORTHERN MOUNTAINOUS REGION

Phan Thi Hoai
Dien Bien College

Abstract: In the context of national digital transformation, the application of digital technology in the management and monitoring of crops and livestock in the northern mountainous region of Vietnam has become an urgent need. This article focuses on analyzing the current situation, opportunities and challenges in the process of applying digital technology to the management and monitoring of crops and livestock in the northern mountainous region.

Keywords: Digital technology; IoT; agricultural management; northern mountainous region; traceability.

Nhận bài: 11/08/2025

Phản biện: 11/09/2025

Duyệt đăng: 16/09/2025

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Khu vực miền núi phía Bắc Việt Nam, bao gồm các tỉnh như Điện Biên, Lai Châu, Sơn La, Lào Cai, Hà Giang, được coi là vùng có tiềm năng to lớn về nông - lâm nghiệp và chăn nuôi. Đây là nơi sản xuất nhiều loại cây trồng đặc sản có giá trị cao (chè Shan tuyết, thảo quả, quế, mắc ca) và vật nuôi bản địa (trâu, bò, lợn, gà,...). Tuy nhiên, sản xuất nông nghiệp ở khu vực này vẫn chủ yếu dựa trên kinh nghiệm truyền thống, quy mô nhỏ lẻ, phân tán, công nghệ chế biến và bảo quản sau thu hoạch còn hạn chế. Địa hình đồi núi phức tạp, giao thông khó khăn, hạ tầng viễn thông chưa đồng bộ càng làm tăng chi phí, rủi ro và giảm khả năng tiếp cận thị trường của nông sản.

Hiện nay, cuộc Cách mạng công nghiệp 4.0 đang tạo ra một xu hướng mới trong phát triển nông nghiệp - xu hướng nông nghiệp số, nông nghiệp chính xác. Ở nhiều vùng đồng bằng và đô thị, các công nghệ như cảm biến IoT, hệ thống tưới thông minh, truy xuất nguồn gốc bằng mã QR, dữ liệu vệ tinh và máy bay không người lái đã chứng minh hiệu quả rõ rệt: giúp nâng cao năng suất, chất lượng nông sản, giảm chi phí, tăng khả năng tiếp cận thị trường. Đây là cơ hội quan trọng để những người sản xuất ở vùng khó khăn tiếp cận kỹ thuật hiện đại, tiên tiến, góp phần phát triển kinh tế địa phương.

Câu hỏi đặt ra là: làm thế nào để các công nghệ số vốn phát triển mạnh ở vùng thuận lợi có thể triển khai thành công trong bối cảnh đặc thù của miền núi phía Bắc, nơi điều kiện địa hình, khí hậu, tập quán canh tác, trình độ nhân lực và cơ sở hạ tầng đều có sự khác biệt đáng kể? Việc tìm lời giải cho câu hỏi này không chỉ có ý nghĩa khoa học, góp phần bổ sung cơ sở lý luận cho chuyển đổi số nông nghiệp ở địa bàn khó khăn mà còn có ý nghĩa thực tiễn sâu sắc, giúp nâng cao hiệu quả sản xuất, bảo vệ môi trường sinh thái, gia tăng thu nhập và cải thiện chất lượng cuộc sống cho người dân miền núi.

II. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Thực trạng ứng dụng công nghệ số trong quản lý và giám sát cây trồng vật nuôi ở khu vực miền núi phía Bắc

Trong bối cảnh chuyển đổi số quốc gia, nông nghiệp miền núi phía Bắc Việt Nam đã bắt đầu có những chuyển biến theo hướng ứng dụng công nghệ số. Thực tiễn tại các địa phương cho thấy bức tranh ứng dụng công nghệ số khá đa dạng nhưng vẫn mang tính manh mún. Ở tầm khu vực, các ứng dụng phổ biến hiện nay chủ yếu tập trung vào truy xuất nguồn gốc sản phẩm, sản xuất hữu cơ hoặc VietGAP, cùng một số khâu giám sát môi

trường trong nhà lưới. Các công nghệ hiện đại hơn như hệ thống IoT thu thập dữ liệu thời gian thực, máy bay không người lái (drone) phun thuốc hoặc chụp ảnh lập bản đồ, hay phân tích dữ liệu lớn (Big Data) để dự báo sâu bệnh, tối ưu hóa phân bón, tưới nước... mới chỉ được thí điểm ở vài nơi, chưa trở thành phổ biến trên toàn vùng. Nhiều địa phương đã quan tâm đưa giải pháp số vào sản xuất nhằm nâng cao chất lượng, giá trị và khả năng truy xuất nguồn gốc cho nông sản đặc sản. Tuy nhiên, nhìn chung mức độ ứng dụng mới ở giai đoạn khởi đầu, quy mô nhỏ lẻ, thiếu đồng bộ và chưa hình thành hệ thống quản lý tích hợp. Mỗi tỉnh đang tìm cách thử nghiệm giải pháp phù hợp với điều kiện tự nhiên và trình độ sản xuất, qua đó xuất hiện những tín hiệu tích cực nhưng đồng thời bộc lộ hạn chế về quy mô và tính đồng bộ.

Tại tỉnh Điện Biên, người dân và địa phương đã bắt đầu thử nghiệm các giải pháp tưới tiết kiệm nước cho cây lúa và cây cà phê; đây được xem là một bước khởi đầu của nông nghiệp chính xác trong vùng. Giải pháp này hướng tới việc tiết kiệm tài nguyên nước ở những khu vực có địa hình dốc và khí hậu có mùa khô kéo dài - điều kiện điển hình của nhiều huyện phía Tây và vùng biên giới như huyện Tuần Giáo, Mường Ảng. Việc ứng dụng các hệ thống tưới tự động tại một số diện tích hạn chế không chỉ giúp giảm chi phí nhân công mà còn góp phần cân bằng lượng nước tưới, tránh tưới thừa gây thoát nước, xói mòn đất. Tuy nhiên, đến nay các dự án này vẫn chủ yếu mang tính thử nghiệm trong hộ gia đình hoặc hợp tác xã nhỏ, thiếu các báo cáo chính thức công bố kết quả hiệu quả về mặt kinh tế, môi trường hay năng suất. Ở Lào Cai và Sơn La, các hợp tác xã rau an toàn đã ứng dụng cảm biến theo dõi nhiệt độ, độ ẩm trong nhà lưới để điều chỉnh điều kiện sinh trưởng, cho thấy nông dân đã bắt đầu tiếp cận công nghệ giám sát môi trường vi khí hậu để nâng cao chất lượng sản phẩm. Tại Hà Giang, Hợp tác xã Po Mỹ (huyện Đồng Văn) kết hợp quy trình sản xuất khép kín với tem, mã vạch truy xuất nguồn gốc, minh bạch thông tin sản phẩm. Sau ba năm triển khai, hợp tác xã đã phát triển 1.600 đàn ong bạc hà, sản lượng đạt 4.000 lít mật mỗi năm; nhờ ứng dụng công nghệ số, sản phẩm mật ong bạc hà Đồng Văn ngày càng được biết đến và tin tưởng trên thị trường (Tuyên giáo Hà Giang, 2023).

Tuy vậy, các mô hình trên vẫn chủ yếu mang tính thí điểm. Hạ tầng viễn thông, điện năng và Internet chưa đồng bộ do địa hình phức tạp; chi phí đầu tư và bảo trì thiết bị cao khiến hộ nông dân nhỏ lẻ e ngại áp dụng; nguồn nhân lực kỹ thuật và cán bộ khuyến nông còn thiếu kiến thức vận hành, phân tích dữ liệu; quy mô sản xuất nhỏ, phân tán làm thiếu liên kết chuỗi giá trị và chuẩn hóa dữ liệu. Thêm vào đó, các doanh nghiệp cung cấp công nghệ hoặc dịch vụ hỗ trợ chưa nhiều, chính sách ưu đãi và cơ chế hỗ trợ vốn còn hạn chế; tiêu chuẩn chứng nhận, truy xuất nguồn gốc phức tạp và chi phí cao; khí hậu khắc nghiệt, sương muối, mưa lũ theo mùa ảnh hưởng tới độ bền thiết bị và tính liên tục của dữ liệu. Đất đai dốc, manh mún làm khó lắp đặt hệ thống cảm biến quy mô lớn, trong khi dữ liệu từ các mô hình thí điểm vẫn phân tán, chưa liên thông; bảo mật và quyền lợi dữ liệu của nông dân cũng chưa được quan tâm đúng mức. Tất cả những yếu tố này khiến tiến trình triển khai còn chậm, các mô hình mới dừng ở mức thử nghiệm và chưa tạo ra tác động rộng rãi.

Thực trạng trên phản ánh một bức tranh vừa có cơ hội vừa có thách thức cho nông nghiệp miền núi phía Bắc trong quá trình chuyển đổi số. Một mặt, các mô hình tiên phong cho thấy công nghệ số hoàn toàn có thể áp dụng để nâng cao năng suất, chất lượng và giá trị sản phẩm, góp phần phát triển kinh tế địa phương. Mặt khác, những hạn chế về hạ tầng, tài chính, nhân lực và chính sách đang là rào cản khiến kết quả chưa tương xứng với tiềm năng. Việc nhận diện rõ thực trạng và nguyên nhân sẽ giúp các bên liên quan, từ chính quyền, doanh nghiệp đến hợp tác xã và nông dân, có cơ sở xây dựng giải pháp đồng bộ và khả thi hơn.

2.2. Các công nghệ số tiêu biểu có thể ứng dụng trong quản lý và giám sát cây trồng vật nuôi ở khu vực miền núi phía Bắc

Trong bối cảnh yêu cầu chuyển đổi số nông nghiệp ngày càng cấp thiết, việc ứng dụng công nghệ số trong quản lý và giám sát cây trồng, vật nuôi tại khu vực miền núi phía Bắc tuy đã được triển khai nhưng vẫn còn nhỏ lẻ, manh mún. Để khắc phục thực trạng này và tận dụng lợi thế địa hình, khí hậu cũng như cơ cấu sản xuất đặc thù

của vùng, cần nhận diện và triển khai một số nhóm công nghệ trọng tâm có khả năng thúc đẩy chuyển đổi số. Đây là những công nghệ đã chứng minh hiệu quả ở các địa phương khác hoặc đang được thí điểm tại một số khu vực, có tiềm năng nhân rộng nhằm nâng cao hiệu quả quản lý, giám sát cây trồng, vật nuôi, bao gồm:

Thứ nhất, hệ thống IoT và cảm biến môi trường là nền tảng quan trọng cho nông nghiệp chính xác. Các cảm biến có thể đo độ ẩm đất, nhiệt độ, lượng mưa và độ ẩm không khí theo thời gian thực để điều chỉnh lịch tưới tiêu, bón phân hoặc che chắn cây trồng trên địa hình dốc. Ở các huyện có mùa khô kéo dài như Mường Ảng (Điện Biên) hay Quỳnh Bạ (Hà Giang), các thiết bị này giúp giảm lãng phí nước, hạn chế xói mòn đất, đồng thời cung cấp cảnh báo sớm về sâu bệnh. Việc triển khai hệ thống cảm biến không chỉ nâng cao năng suất mà còn tạo ra cơ sở dữ liệu môi trường phục vụ nghiên cứu và dự báo.

Thứ hai, drone và bản đồ số là giải pháp phù hợp với địa hình đồi núi phức tạp, nơi việc phun thuốc thủ công hoặc kiểm tra diện tích lớn gặp nhiều khó khăn. Drone có thể hỗ trợ phun thuốc bảo vệ thực vật chính xác, theo dõi sinh trưởng cây trồng từ trên cao và lập bản đồ hiện trạng đất đai, từ đó giúp người sản xuất hoặc cơ quan quản lý có cái nhìn tổng thể hơn về vùng canh tác. Một số hợp tác xã chè tại Thái Nguyên hay Sơn La đã thử nghiệm thiết bị bay không người lái để giám sát nương chè, cho thấy khả năng áp dụng rộng hơn cho các cây đặc sản vùng cao như chè Shan tuyết, thảo quả, mắc ca.

Thứ ba, truy xuất nguồn gốc bằng mã QR hoặc blockchain là công nghệ quan trọng để nâng cao giá trị thương hiệu cho các nông sản đặc sản miền núi. Những sản phẩm như chè Shan tuyết Hà Giang, mật ong bạc hà Đồng Văn, thảo quả Lào Cai hay lợn, gà bản địa Sơn La có thể được gắn mã truy xuất nguồn gốc minh bạch quy trình sản xuất. Việc này không chỉ đáp ứng yêu cầu của thị trường trong và ngoài nước mà còn góp phần chống gian lận thương mại, nâng cao niềm tin người tiêu dùng. Thực tiễn ở Hợp tác xã Po Mỹ (Hà Giang) đã chứng minh rằng tem nhãn điện tử giúp mật ong bạc hà được nhận diện rõ ràng và tăng sản lượng tiêu thụ.

Thứ tư, hệ thống hỗ trợ ra quyết định (Decision Support Systems - DSS) có thể tích hợp và phân tích dữ liệu thời tiết, đất đai, dịch bệnh đặc thù miền núi để đưa ra khuyến nghị kỹ thuật chính xác cho từng khu vực hoặc từng hộ sản xuất. DSS giúp nông dân, hợp tác xã và cơ quan quản lý có cơ sở lựa chọn giống, thời vụ, liều lượng phân bón hay biện pháp phòng bệnh phù hợp hơn so với kinh nghiệm truyền thống, từ đó giảm rủi ro sản xuất.

Cuối cùng, các phần mềm quản lý trang trại chăn nuôi cho phép theo dõi chi tiết số lượng vật nuôi, chi phí thức ăn, lịch tiêm phòng và sinh sản của đàn trâu, bò, lợn hay gia cầm – những ngành chăn nuôi chiếm tỷ trọng lớn tại miền núi phía Bắc. Việc số hóa dữ liệu chăn nuôi không chỉ giúp chủ trang trại quản lý hiệu quả hơn mà còn cung cấp thông tin minh bạch khi tham gia các chuỗi cung ứng và các chương trình kiểm dịch.

Nhìn chung, các nhóm công nghệ trên tạo thành một hệ thống hỗ trợ toàn diện, từ giám sát môi trường, quản lý sản xuất, truy xuất nguồn gốc tới hỗ trợ ra quyết định phù hợp với điều kiện miền núi phía Bắc. Việc ứng dụng các nhóm công nghệ trên trong quản lý và giám sát cây trồng - vật nuôi ở miền núi phía Bắc không chỉ giúp nâng cao năng suất và chất lượng nông sản nhờ giám sát chính xác điều kiện sản xuất, mà còn tiết kiệm đáng kể nước, phân bón, lao động và giảm tác động tiêu cực tới môi trường. Các hệ thống cảm biến và phân tích dữ liệu tạo điều kiện cảnh báo sớm sâu bệnh, thiên tai hay dịch bệnh vật nuôi, qua đó hạn chế rủi ro sản xuất. Đồng thời, công nghệ truy xuất nguồn gốc góp phần đáp ứng tiêu chuẩn thị trường, nâng cao uy tín, mở rộng cơ hội xuất khẩu cho nông sản đặc sản miền núi.

2.3. Những khó khăn và thách thức khi triển khai các công nghệ số trong quản lý và giám sát cây trồng vật nuôi ở khu vực miền núi phía Bắc

Mặc dù các mô hình thí điểm đã cho thấy lợi ích rõ rệt, việc ứng dụng công nghệ số trong quản lý và giám sát cây trồng - vật nuôi ở miền núi phía Bắc vẫn gặp nhiều khó khăn.

Trước hết, hạ tầng cơ sở, đặc biệt là điện, mạng Internet và sóng di động ở nhiều xã vùng sâu, vùng cao chưa ổn định. Điện lưới chập chờn, đường truyền Internet yếu hoặc dễ bị gián đoạn

khi thời tiết khắc nghiệt đã làm giảm hiệu quả của các thiết bị IoT, camera giám sát, hay hệ thống truyền dữ liệu vốn đòi hỏi kết nối liên tục.

Nguồn nhân lực am hiểu công nghệ tại các địa phương miền núi cũng là điểm nghẽn lớn. Nhiều hợp tác xã thiếu cán bộ kỹ thuật có khả năng vận hành, bảo trì thiết bị, xử lý dữ liệu và phân tích thông tin phục vụ quyết định sản xuất. Điều này khiến thiết bị dễ bị hỏng hóc, không khai thác hết tính năng và làm giảm niềm tin của nông dân vào công nghệ số.

Ngoài ra, chính sách hỗ trợ tài chính, tín dụng và bảo hiểm rủi ro cho ứng dụng công nghệ số trong nông nghiệp miền núi chưa thực sự mạnh, trong khi tiêu chuẩn truy xuất nguồn gốc và chứng nhận sản phẩm sạch vẫn phức tạp và tốn kém. Thiếu cơ chế khuyến khích doanh nghiệp công nghệ đầu tư dịch vụ ở vùng khó khăn cũng khiến thị trường giải pháp công nghệ số chưa phát triển.

Những rào cản trên cho thấy, để chuyển đổi số trong nông nghiệp miền núi phía Bắc thực sự đi vào chiều sâu và mang lại hiệu quả bền vững, cần một hệ thống giải pháp đồng bộ hơn, từ hạ tầng, chính sách, tài chính, cho đến nâng cao năng lực kỹ thuật và thay đổi nhận thức của người dân. Đây chính là tiền đề để phân tiếp theo đề xuất các giải pháp cụ thể nhằm khắc phục khó khăn, thúc đẩy nhân rộng và nâng cao hiệu quả ứng dụng công nghệ số ở khu vực này.

2.4. Giải pháp thúc đẩy ứng dụng hiệu quả công nghệ số trong quản lý và giám sát cây trồng vật nuôi ở khu vực miền núi phía Bắc

Để vượt qua những khó khăn, thách thức đã phân tích và biến công nghệ số thực sự trở thành động lực phát triển nông nghiệp miền núi phía Bắc, cần triển khai đồng bộ nhiều nhóm giải pháp có sự phối hợp chặt chẽ giữa chính quyền địa phương, doanh nghiệp, cơ sở đào tạo và người dân.

Thứ nhất, phát triển các mô hình thí điểm phù hợp với đặc thù địa phương là bước khởi đầu quan trọng. Mỗi tỉnh, mỗi vùng sinh thái cần căn cứ vào lợi thế sản phẩm nông nghiệp chủ lực như lúa nương, cà phê Mường Ảng, chè Shan tuyết Bát Xát, thảo quả Hoàng Su Phì, ong bạc hà Đồng Văn, lợn đen hay gà Mông để lựa chọn triển khai ứng dụng công nghệ số trước. Mô hình thí điểm sẽ cho phép kiểm chứng tính khả thi và hiệu quả

kinh tế - kỹ thuật của các giải pháp công nghệ trong điều kiện địa phương; đồng thời hình thành các điển hình để học tập, chia sẻ kinh nghiệm và nhân rộng ra toàn vùng.

Thứ hai, đầu tư mạnh vào hạ tầng viễn thông và điện cần được coi là nền tảng cốt lõi của chuyển đổi số nông nghiệp. Chính quyền địa phương nên phối hợp với các nhà mạng và doanh nghiệp năng lượng mở rộng vùng phủ sóng 4G/5G, bổ sung trạm phát sóng sử dụng năng lượng mặt trời ở những nơi chưa có điện ổn định; đồng thời khuyến khích áp dụng các công nghệ truyền dẫn chi phí thấp như NB-IoT hoặc LoRa để kết nối cảm biến ở vùng sâu, vùng xa. Hạ tầng đường truyền và điện năng ổn định sẽ giúp hệ thống IoT, drone, camera giám sát hoạt động liên tục, nâng cao chất lượng dữ liệu thu thập và giảm gián đoạn trong quá trình sản xuất.

Thứ ba, chú trọng đào tạo và tập huấn kỹ năng số cho nông dân, cán bộ khuyến nông và sinh viên các trường Nông - Lâm trong vùng. Các khóa học cần được thiết kế theo hướng thực hành trực tiếp, diễn ra ngay tại mô hình trình diễn để học viên được thao tác trên thiết bị thật: cách lắp đặt, vận hành, bảo trì cảm biến, thu thập và phân tích dữ liệu, sử dụng phần mềm quản lý trang trại, truy xuất nguồn gốc sản phẩm. Việc gắn đào tạo kỹ năng số với các chương trình khuyến nông sẽ rút ngắn thời gian chuyển giao mô hình thành công từ dự án thí điểm ra cộng đồng.

Bên cạnh đó, khuyến khích hợp tác công - tư theo hướng doanh nghiệp công nghệ liên kết với hợp tác xã, tổ hợp tác để cung cấp thiết bị và dịch vụ theo hình thức thuê bao “as-a-service” thay vì nông hộ phải mua đứt. Mô hình này giúp giảm gánh nặng đầu tư ban đầu, đồng thời bảo đảm có đội ngũ kỹ thuật chuyên nghiệp của doanh nghiệp hỗ trợ vận hành, bảo trì, nâng cấp công nghệ định kỳ. Đây là giải pháp quan trọng để nông dân miền núi được tiếp cận công nghệ tiên tiến mà không lo khấu hao, hỏng hóc thiết bị.

Cuối cùng, tích hợp công nghệ số vào chương trình đào tạo nghề Nông - Lâm tại các trường cao đẳng, trung cấp trong vùng để chuẩn bị nguồn nhân lực cho chuyển đổi số nông nghiệp. Sinh viên được học về IoT, drone, phân tích dữ liệu, truy xuất nguồn gốc ngay từ khi còn trên ghế nhà

trường sẽ trở thành lực lượng nòng cốt triển khai, nhân rộng và tư vấn công nghệ số tại địa phương sau khi tốt nghiệp. Việc này đồng thời tạo ra cầu nối chuyển giao tri thức và công nghệ từ cơ sở đào tạo đến cộng đồng sản xuất nông nghiệp.

III. KẾT LUẬN

Việc ứng dụng công nghệ số trong quản lý và giám sát cây trồng - vật nuôi ở miền núi phía Bắc không chỉ là xu hướng tất yếu của chuyển đổi số nông nghiệp mà còn là cơ hội để khu vực này rút ngắn khoảng cách phát triển với đồng bằng. Thực tế triển khai những mô hình tiên phong ở một số tỉnh đã chứng minh tiềm năng nâng cao năng suất, chất lượng và giá trị nông sản đặc sản vùng núi,

đồng thời tiết kiệm tài nguyên, giảm lao động thủ công và tăng tính minh bạch thị trường.

Tuy nhiên, để biến tiềm năng thành động lực phát triển bền vững, các địa phương cần khắc phục đồng bộ những rào cản về hạ tầng, chi phí, nguồn nhân lực và cơ chế chính sách. Hệ thống giải pháp được đề xuất trong bài viết không chỉ nhằm tháo gỡ khó khăn trước mắt mà còn tạo nền tảng cho việc xây dựng hệ sinh thái nông nghiệp số đặc thù vùng miền, nơi người nông dân, hợp tác xã, doanh nghiệp và cơ quan quản lý cùng tham gia, chia sẻ dữ liệu và lợi ích. Đây chính là con đường để nông nghiệp miền núi phía Bắc phát triển theo hướng hiện đại, xanh và bền vững trong thời gian tới.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Cổng thông tin điện tử Bộ Nội vụ. (2023). *Chuyển đổi số nông nghiệp trong bối cảnh cách mạng công nghiệp 4.0. Quản lý Nhà nước*. Truy cập từ <https://vi.quanlynhanuoc.vn/qlnn/article/download/215/206/340>
2. Tạp chí Môi trường. (2022). *Bước đầu nghiên cứu đánh giá hiện trạng và đề xuất giải pháp phát triển nông nghiệp hữu cơ vùng Trung du và miền núi phía Bắc*. Truy cập từ <https://tapchimoitruong.vn/chuyen-muc-3/buoc-dau-nghien-cuu-danh-gia-hien-trang-va-de-xuat-giai-phap-phat-trien-nong-nghiep-huu-co-vung-trung-du-va-mien-nui-phia-bac-28795>
3. Kinh tế và Dự báo. (2023). *Phát triển mô hình nông dân số, cơ sở cho chuyển đổi số nông nghiệp tại khu vực Trung du miền núi phía Bắc*. Truy cập từ <https://kinhtevadubao.vn/phat-trien-mo-hinh-nong-dan-so-co-so-cho-chuyen-doi-so-nong-nghiep-tai-khu-vuc-trung-du-mien-nui-phia-bac-28843.html>
4. Bộ Khoa học và Công nghệ. (2024). *Ứng dụng công nghệ số là giải pháp đột phá cho nông nghiệp Việt Nam*. Truy cập từ <https://mst.gov.vn/ung-dung-cong-nghe-so-la-giai-phap-dot-pha-cho-nong-nghiep-viet-nam-197241224102500535.htm>
5. Viện Nghiên cứu Rau quả (FAVRI). (2023). *Ứng dụng công nghệ kết nối vạn vật (IoT) trong quản lý, giám sát sản xuất cho các hợp tác xã, tổ hợp tác sản xuất rau và hoa tại tỉnh Sơn La*. Truy cập từ <https://www.favri.org.vn/index.php/vi/tin-tuc/tin-tuc-cap-nhat/1159-ung-dung-cong-nghe-ket-noi-van-vat-iot-trong-quan-ly-giam-sat-san-xuat-cho-cac-hop-tac-xa-to-hop-tac-san-xuat-rau-va-hoa-tai-tinh-son-la>