

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG



Nguyễn Trọng Đạt

**NGHIÊN CỨU HỆ THỐNG BẢN SAO KỸ THUẬT SỐ VÀ
ỨNG DỤNG TRONG LĨNH VỰC SẢN XUẤT NÔNG NGHIỆP
THÔNG MINH**

LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT
(Theo định hướng ứng dụng)

HÀ NỘI – 2022

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG



Nguyễn Trọng Đạt

**NGHIÊN CỨU HỆ THỐNG BẢN SAO KỸ THUẬT SỐ VÀ
ỨNG DỤNG TRONG LĨNH VỰC SẢN XUẤT NÔNG NGHIỆP
THÔNG MINH**

Chuyên ngành: HỆ THỐNG THÔNG TIN

Mã số: 8.48.01.04

LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT
(Theo định hướng ứng dụng)

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC :
TS. NGUYỄN TRUNG KIÊN

HÀ NỘI - 2022

LỜI CAM ĐOAN

Tôi cam đoan đây là công trình nghiên cứu của riêng tôi.

Các số liệu, kết quả nêu trong luận văn là trung thực và chưa từng được ai công bố trong bất kỳ công trình nào khác.

Tác giả luận văn

Nguyễn Trọng Đạt

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN	i
MỤC LỤC.....	ii
DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CÁC CHỮ VIẾT TẮT	iv
DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ	v
CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ BẢN SAO KỸ THUẬT SỐ	4
1.1. Bản sao kỹ thuật số là gì?	4
1.2. Bản sao kỹ thuật số mang đến lợi ích gì.....	5
1.3. Kiến trúc hệ thống bản sao kỹ thuật số.....	8
1.4. Các công nghệ, kỹ thuật liên quan đến bản sao kỹ thuật số	11
1.5. Ứng dụng của bản sao kỹ thuật số trong thực tiễn.	15
1.5.1 Ứng dụng công nghệ bản sao kỹ thuật số trong lĩnh vực y tế.....	15
1.5.2 Ứng dụng công nghệ bản sao kỹ thuật số trong công nghiệp	16
1.5.3 Ứng dụng công nghệ bản sao kỹ thuật số trong thiết kế và xây dựng thành phố thông minh (smart city).....	17
1.5.4 Ứng dụng công nghệ bản sao kỹ thuật số trong nông nghiệp thông minh.20	
1.5.5 Tạo bản sao kỹ thuật số của Trái Đất để đối phó thảm họa	21
1.6. Ứng dụng bản sao kỹ thuật số trên thế giới.....	22
1.7. Kết luận chương.....	24
CHƯƠNG 2: NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG BẢN SAO KỸ THUẬT SỐ TRONG LĨNH VỰC SẢN XUẤT NÔNG NGHIỆP	24
2.1. Những thách thức gặp phải trong sản xuất nông nghiệp và xu hướng ứng dụng công nghệ số trong nông nghiệp.....	25
2.2. Bản sao kỹ thuật số trong nông nghiệp giải quyết vấn đề gì?	27
2.3. Cách áp dụng bản sao kỹ thuật số trong nông nghiệp như thế nào?	29

2.3.1 Bản sao kỹ thuật số ứng dụng trong theo dõi đất và công tác tưới tiêu	29
2.3.2 Bản sao kỹ thuật số ứng dụng trong quá trình canh tác	31
2.3.3 Bản sao kỹ thuật số ứng dụng trong quy trình sau thu hoạch	33
2.3. Kiến trúc bản sao kỹ thuật số trong nông nghiệp	36
2.4. Ứng dụng bản sao kỹ thuật số trong nông nghiệp trên thế giới và ở Việt Nam	37
2.5. Ứng dụng bản sao kỹ thuật số giải pháp cho các thách thức đặt ra với nông nghiệp Việt Nam	43
2.6. Kết luận chương	45
CHƯƠNG 3: NGHIÊN CỨU THỬ NGHIỆM ÁP DỤNG BẢN SAO KỸ THUẬT SỐ CHO MÔ HÌNH TRANG TRẠI	46
3.1. Mục tiêu thử nghiệm	46
3.2. Xác định yêu cầu bài toán	47
3.3. Xây dựng mô hình triển khai cho hệ thống	48
3.3.1 Các tác nhân	48
3.3.2 Đặc tả các yêu cầu chức năng	49
3.3.3 Đặc tả chi tiết các chức năng hệ thống	50
3.3.4 Thiết kế chức năng	52
3.4. Thiết kế hệ thống và chạy thử nghiệm/demo	64
3.4.1 Mô hình triển khai thử nghiệm	64
3.4.2 Thử nghiệm giải pháp	65
3.5. Kết luận chương	67
KẾT LUẬN	67
TÀI LIỆU THAM KHẢO	69

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CÁC CHỮ VIẾT TẮT

Viết tắt	Tiếng Anh	Tiếng Việt
DT	Digital Twin	Bản sao kỹ thuật số
IoT	Internet of Things	Mạng lưới vạn vật kết nối Internet
NASA	National Aeronautics and Space Administration	Cơ quan Hàng không và Vũ trụ Quốc gia
ERP System	Enterprise Resource Planning System	Hệ thống hoạch định nguồn lực doanh nghiệp
MES	Manufacturing Execution System	Hệ thống Điều hành Sản xuất
CAD	Computer Aided Design	Máy tính hỗ trợ thiết kế
BAM	Business Activity Monitoring	Giám sát hoạt động kinh doanh
FAO	Food And Agriculture Organization	Tổ chức Nông nghiệp và lương thực Liên Hiệp Quốc
AI	Artificial intelligence	Trí tuệ nhân tạo
GPS	Global Positioning System	Hệ thống định vị toàn cầu
ICT	Information & Communication Technologies	Công nghệ Thông tin & Truyền thông
MQTT	Message Queuing Telemetry Transport	Giao thức truyền thông điệp theo mô hình publish/subscribe
API	Application Programming Interface	Giao diện lập trình ứng dụng

DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ

Hình 1. 1 Bản sao kỹ thuật số	5
Hình 1. 2 Ví dụ đơn giản về bản sao kỹ thuật số	6
Hình 1. 3 Mô hình nguyên lý thực hiện bản sao kỹ thuật số	6
Hình 1. 4 Kiến trúc hệ thống cho bản sao kỹ thuật số	9
Hình 1. 5 Các công nghệ/kỹ thuật trong mô hình bản sao kỹ thuật số	12
Hình 1. 6 Bản sao kỹ thuật số ứng dụng trong y tế.....	16
Hình 1. 7 Bản sao kỹ thuật số ứng dụng trong công nghiệp	17
Hình 1. 8 Bản sao kỹ thuật số ứng dụng trong Smart City	18
Hình 1. 9 Bản sao kỹ thuật số ứng dụng trong Smart City	19
Hình 1. 10 Ứng dụng bản sao kỹ thuật số trong nông nghiệp	20
Hình 1. 11 Bản sao kỹ thuật số của Trái Đất	21
Hình 1. 12 Biểu đồ phát triển công nghệ của Gartner năm 2018.....	22
Hình 1. 13 Biểu đồ thị trường bản sao kỹ thuật số theo khu vực.....	23
Hình 1. 14 Biểu đồ phân bố thị phần của bản sao kỹ thuật số trong các lĩnh vực	23
Hình 2. 1 Sơ đồ về khái niệm bản sao kỹ thuật số cho nông nghiệp.	28
Hình 2. 2 Kiến trúc của khái niệm bản sao kỹ thuật số cho canh tác.	32
Hình 2. 3 Ứng dụng bản sao kỹ thuật số theo dõi sau thu hoạch xoài.....	35
Hình 2. 4 Kiến trúc bản sao kỹ thuật số trong nông nghiệp.....	37
Hình 3. 1 Biểu đồ dữ liệu	47
Hình 3. 2 Mô hình kiến trúc hệ thống bản sao kỹ thuật số trong nông nghiệp.....	48
Hình 3. 3 Ví dụ về giao diện người dùng.....	48
Hình 3. 4 Các tác nhân của hệ thống bản sao kỹ thuật số trong nông nghiệp	49
Hình 3. 5 Biểu đồ usecase	52
Hình 3. 6 Biểu đồ tuần tự chức năng đăng nhập.....	53
Hình 3. 7 Biểu đồ tuần tự chức năng bật tắt đèn chiếu sáng.....	53
Hình 3. 8 Biểu đồ tuần tự chức năng bật tắt máy bơm nước	53
Hình 3. 9 Biểu đồ tuần tự chức năng xem thông tin cây trồng.	54

Hình 3. 10 Kiến trúc hệ thống	55
Hình 3. 11 Thiết bị ESP32-wifi.....	56
Hình 3. 12 Thiết bị DHT21 cảm biến độ ẩm, ánh sáng	56
Hình 3. 13 Cảm biến độ ẩm đất.....	57
Hình 3. 14 Module Relay điều khiển 5v	57
Hình 3. 15 Module đo cường độ ánh sáng	57
Hình 3. 16 Mô tả sơ đồ khối thiết bị iot	58
Hình 3. 17 Sơ đồ kết nối linh kiện	59
Hình 3. 18 Hình chụp thiết bị sau khi chế tạo	59
Hình 3. 19 Tổ chức phần mềm giải pháp thử nghiệm.....	60
Hình 3. 20 Mô hình MVC	61
Hình 3. 21 Tổ chức phần mềm thử nghiệm	62
Hình 3. 22 Mô tả ý tưởng thử nghiệm áp dụng bản sao kỹ thuật số.....	63
Hình 3. 23 Mô hình triển khai thử nghiệm.....	64
Hình 3. 24 Giao diện web 3D khi tắt đèn và hiển thị thông tin cây trồng	65
Hình 3. 25 Giao diện web 3D khi bật đèn và hiển thị thông tin cây trồng	66

MỞ ĐẦU

Sản xuất nông nghiệp hiện đại không thể thực hiện được nếu không có thông tin cập nhật và chính xác về hoạt động của trang trại. Các trang trại ngày càng phải dựa vào các công nghệ kỹ thuật số như thiết bị cảm biến và giám sát, phân tích tiên tiến và thiết bị thông minh. Sản xuất nông nghiệp đang thay đổi nhanh chóng theo hướng các hệ thống canh tác thông minh, được thúc đẩy bởi tốc độ phát triển công nghệ như điện toán đám mây, Internet vạn vật, dữ liệu lớn, máy học, thực tế tăng cường và robot. Trong các hệ thống canh tác thông minh, nông dân có thể giám sát và điều khiển hoạt động từ xa, dựa trên thông tin kỹ thuật số (gần) thời gian thực thay vì quan sát trực tiếp và các công việc thủ công tại chỗ. Do đó, nông dân sẽ tự động được thông báo nếu có vấn đề, hoặc bất kỳ điều gì dự kiến sẽ xảy ra sai sót. Họ có thể kiểm tra tình hình hiện trường bằng cách xem hình ảnh kỹ thuật số về thực vật, động vật hoặc máy móc liên quan. Đồng thời, các thuật toán học máy tăng cường chế độ xem kỹ thuật số với các phân tích và lời khuyên dành riêng cho đối tượng. Nông dân có thể mô phỏng các hành động khắc phục và phòng ngừa cũng như đánh giá tác động của nó đối với đại diện kỹ thuật số. Cuối cùng, can thiệp đã chọn có thể được thực hiện từ xa và người nông dân có thể sử dụng lại chế độ xem kỹ thuật số để xác minh xem vấn đề (dự kiến) có được giải quyết hay không. Trong khuôn khổ đề tài này học viên giới hạn nghiên cứu về bản sao kỹ thuật số cho nông nghiệp thông minh.

Luận văn được bố cục gồm có các phần mở đầu, kết luận và 3 chương:

- Chương 1 – Tổng quan về bản sao kỹ thuật số
- Chương 2 – Nghiên cứu ứng dụng bản sao kỹ thuật số trong lĩnh vực sản xuất nông nghiệp.
- Chương 3 – Xây dựng mô hình bản sao kỹ thuật số cho 1 khu vực sản xuất Nông nghiệp thu nhỏ (3 loại cây trồng có nhu cầu chăm sóc khác nhau). Có thể giám sát và điều khiển từ xa các thông số môi trường sản xuất.
- Các kết luận cũng như hướng phát triển tiếp theo.

Tôi xin chân thành cảm ơn thầy giáo hướng dẫn TS. Nguyễn Trung Kiên đã tận tình chỉ bảo, hướng dẫn tôi trong suốt quá trình thực hiện luận văn. Xin cảm ơn các thầy cô và các bạn bè đã góp ý cho tôi để hoàn thành luận văn nghiên cứu này.

Trong quá trình thực hiện luận văn không tránh khỏi thiếu sót, do vậy tôi mong muốn nhận được ý kiến đóng góp để luận văn hoàn thiện hơn nữa.

Xin chân thành cảm ơn!

Học Viên

Nguyễn Trọng Đạt

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ BẢN SAO KỸ THUẬT SỐ

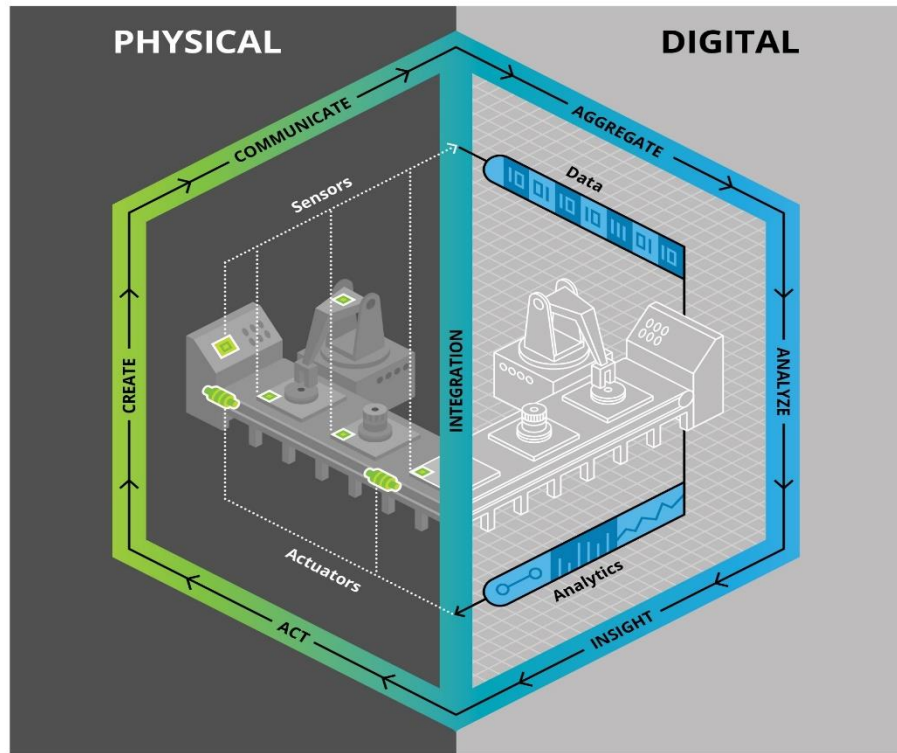
Chương này sẽ giới thiệu về khái niệm, đặc điểm, ứng dụng và các lợi ích vượt trội của bản sao kỹ thuật số.

1.1. Bản sao kỹ thuật số là gì?

Khái niệm về bản sao kỹ thuật số (Digital Twin - DT) được sơ khai từ những năm 60 của thế kỷ XX khi NASA lập mô phỏng cấp tốc hệ thống ảo cho Tàu vũ trụ Apollo 13 để giải cứu con tàu khi trở lại Trái đất. Mặc dù vậy, phải đến gần 40 năm sau thì việc phát triển kỹ thuật này mới thật sự được quan tâm, bắt đầu dưới những tên gọi khác nhau như Virtual Space, Digital Mirror, Digital Copy và cuối cùng là “Digital Twin”.

Trong cuộc cách mạng công nghệ 4.0, công nghệ bản sao kỹ thuật số đã bứt phá, trở thành một trong những hướng chiến lược công nghệ quan trọng hàng đầu cho rất nhiều lĩnh vực, từ sản xuất thông minh, năng lượng, xây dựng, hàng không, dầu khí, cho đến giao thông vận tải và viễn thông. Sự vươn lên mạnh mẽ của công nghệ bản sao kỹ thuật số được góp công không nhỏ bởi những công nghệ tiên tiến và thông minh hàng đầu khi tích hợp trong cùng IoT, trí tuệ nhân tạo (Artificial Intelligence), điện toán đám mây (Cloud computing), học máy (Machine Learning)...

Công nghệ bản sao kỹ thuật số là bản sao kỹ thuật số ảo của một vật thể hay một mô hình trên thực tế, nhưng khác với những mô phỏng số thông thường, bản sao kỹ thuật số này rất thông minh và có khả năng thu nhận và phân tích nguồn dữ liệu lớn, đa dạng từ vật thể thực tế. Giữa bản sao và vật thể thực tế có một luồng dữ liệu (dataflow) và thông qua các cảm biến trên hệ thống thực tế, bản sao được cập nhật để có thể theo dõi trạng thái của hệ thống theo thời gian thực. Nói cách khác, công nghệ bản sao kỹ thuật số được tích hợp trí tuệ nhân tạo, học máy và phân tích phần mềm với dữ liệu để tạo một mô hình mô phỏng số sống cập nhật và thay đổi khi các đối tượng vật lý thay đổi.



Source: Deloitte University Press.

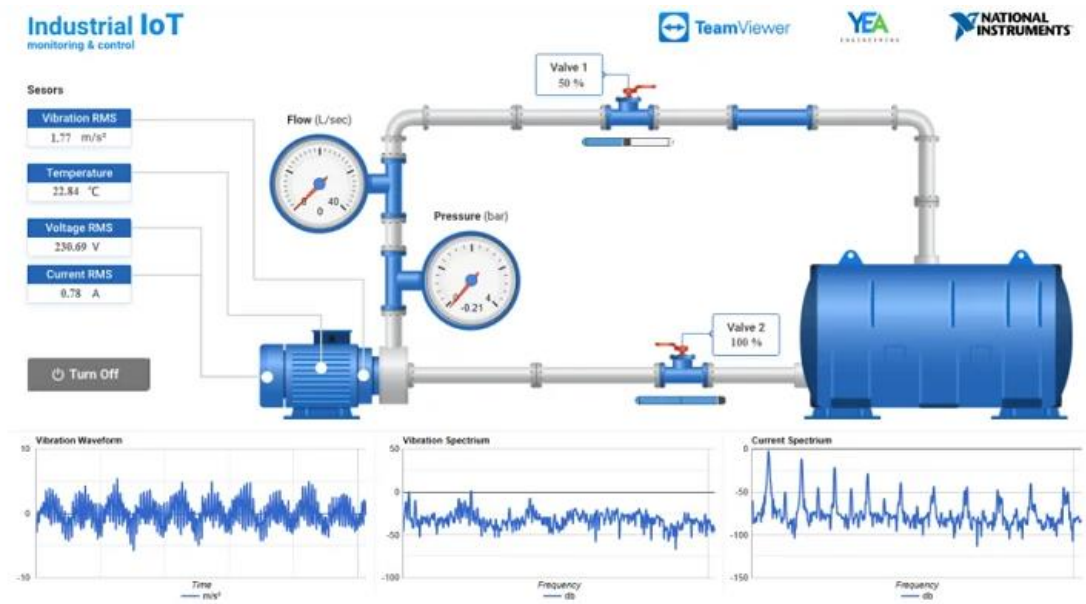
Deloitte University Press | dupress.deloitte.com

Hình 1. 1 Bản sao kỹ thuật số

Một bản sao kỹ thuật số liên tục học hỏi và cập nhật từ nhiều nguồn để mô tả trạng thái gần thời gian thực, điều kiện làm việc hoặc vị trí của nó, từ đó giúp đưa ra những chuẩn đoán chính xác về trạng thái của vật thể khi có bất kỳ biến động bất thường xảy ra. Mô hình số giúp cải thiện rất nhiều vật thể thực tế (như tối ưu hoá thiết kế của máy bay, ô tô, hay tự động hoá và tăng năng suất cho một dây chuyền sản xuất), nhưng đồng thời cũng tự cải thiện mình dựa vào dữ liệu mới cập nhật từ mô hình thực.

1.2. Bản sao kỹ thuật số mang đến lợi ích gì

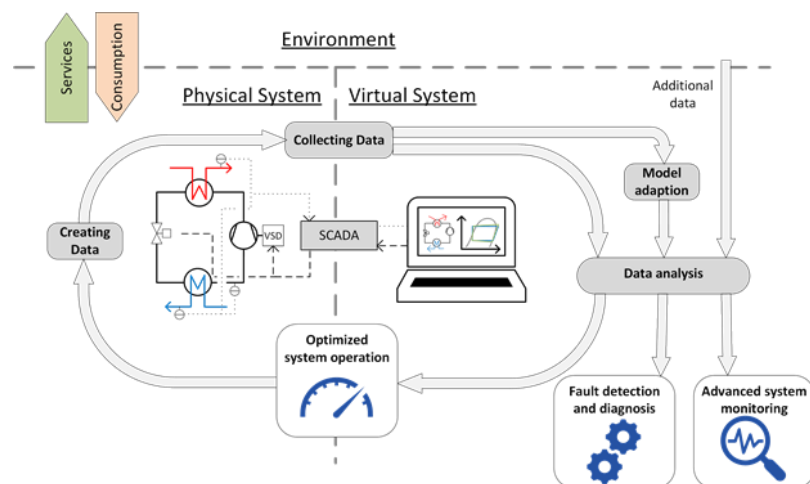
Để hiểu rõ về bản sao kỹ thuật số ta xem hoạt động của mô hình số của một máy bơm nước như hình dưới đây:



Hình 1. 2 Ví dụ đơn giản về bản sao kỹ thuật số

Giả sử cần đang theo dõi hệ thống điều khiển trạm bơm nước tự động ở một nơi nào đó (ví dụ ở giữa sa mạc), trong số các lỗi có thể gặp phải của hệ thống như sự gia tăng của áp lực (pressure) trong đường ống có thể gây ra hậu quả không hiệu quả hoặc thậm chí nguy hiểm. Theo cách thông thường, các kỹ thuật viên sẽ phải có mặt miễn là máy bơm đó đang chạy để đảm bảo áp lực ở mức có thể kiểm soát được.

Mô hình nguyên lý thực hiện bản sao kỹ thuật số cho ví dụ trên được thể hiện trong hình dưới:



Hình 1. 3 Mô hình nguyên lý thực hiện bản sao kỹ thuật số

Với hệ thống bản sao kỹ thuật số, các cảm biến IoT được gắn tại các điểm khác nhau cần giám sát của hệ thống, chẳng hạn nhiệt độ vỏ máy bơm; điện áp và dòng điện chạy qua máy; độ rung của máy, áp lực nước trong ống dẫn, tốc độ luồng nước.. Các dữ liệu từ các điểm giám sát này được truyền tới hệ thống trình diễn và thể hiện dữ liệu trực quan tại các điểm tương ứng trong một mô hình bằng phần mềm (hình trên). Với luồng dữ liệu chính xác được cập nhật liên tục từ hệ thống thực chúng ta có thể quan sát tình trạng hoạt động của hệ thống như là đứng quan sát trực tiếp tại chỗ vậy.

Với hệ thống phần mềm, ta có thể đặt ngưỡng cảnh báo cho mức áp lực trong đường ống trong một dải có thể chấp nhận được. Bất kỳ thứ gì nằm ngoài phạm vi đó đều có thể kích hoạt tự động việc cảnh báo tới kỹ thuật viên hoặc người quản lý về tình trạng đó. Nếu được cài đặt trước, hệ thống điều khiển từ xa có thể thực hiện tự động ngắt nguồn cung cấp điện hoặc một số hành động phòng ngừa sự cố khác, tránh trường hợp hỏng hóc có thể gây ra sự tổn kém. Tất cả dữ liệu đó sau đó sẽ đưa vào lưu phục vụ cho công tác bảo trì hiệu quả hơn.

Hệ thống bản sao kỹ thuật số tốt sẽ có khả năng thu thập chính xác, kịp thời, đầy đủ các dữ liệu từ các yếu tố cần giám sát và thể hiện một cách trực quan, dễ hiểu cho người vận hành đồng thời có một cơ chế hỗ trợ việc điều khiển phản hồi lại cho mô hình thực tế.

Bản sao kỹ thuật số mang lại một số lợi ích chính như sau:

- **Xác định rủi ro nhanh chóng.**

Với khả năng tạo ra một bản sao của quy trình sản xuất sản phẩm, Digital Twin hỗ trợ doanh nghiệp có thể đánh giá sản phẩm trước khi chúng được đưa ra thị trường. Digital Twin cho phép người dùng kiểm tra mọi bước đi của quy trình. Điều này giúp bạn nhanh chóng phát hiện những lỗi sai hoặc tình huống bất ngờ. Nhờ đó, việc đánh giá rủi ro được cải thiện nhanh chóng. Đồng thời, tốc độ phát triển sản phẩm mới và độ uy tín của quy trình sản xuất được nâng cao.

- **Tăng cường khả năng dự đoán.**

Bản sao kỹ thuật số là một hệ thống kép dựa trên cảm biến IoT. Vậy nên, chúng giúp doanh nghiệp phân tích dữ liệu một cách dễ dàng. Ngoài ra, người dùng sẽ chủ động hơn trong việc xác định rủi ro trong hệ thống. Việc này giúp doanh nghiệp lên kế hoạch bảo trì chính xác hơn. Đồng thời, bạn còn thúc đẩy hiệu quả sản xuất và giảm bớt chi phí bảo trì.

- **Giám sát từ xa.**

Trong thực tiễn công việc, bản sao kỹ thuật số cho phép người dùng theo dõi và kiểm soát hệ thống từ xa. Bên cạnh đó, bạn còn có thể truy cập chương trình này ở bất cứ đâu.

- **Tăng khả năng làm việc nhóm.**

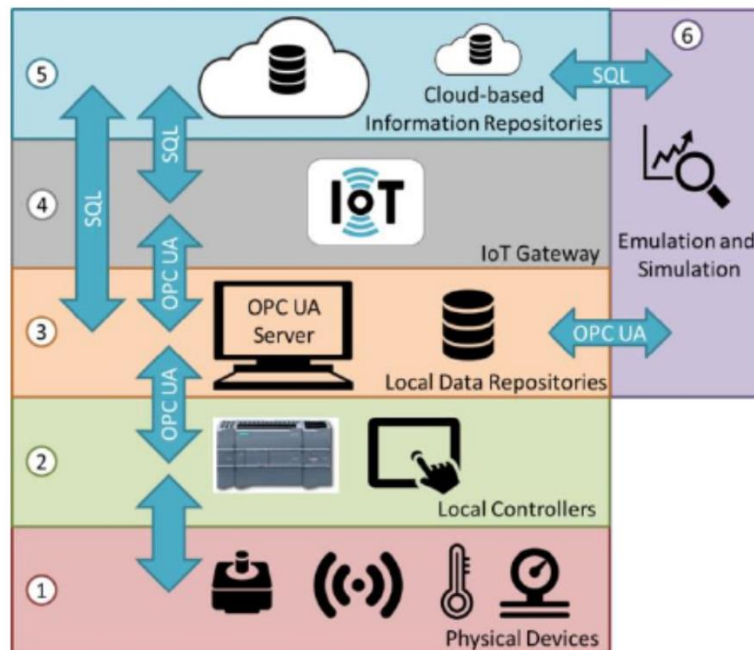
Bản sao kỹ thuật số giúp người dùng tự động hóa quy trình sản xuất. Ngoài ra, chúng còn cho phép người dùng truy cập vào hệ thống 24/7. Điều này giúp các chuyên viên kỹ thuật tập trung cộng tác với nhau. Nhờ đó, năng suất và hiệu quả hoạt động được cải thiện đáng kể.

- **Tiết kiệm chi phí.**

Bản sao kỹ thuật số làm giảm thiểu rủi ro đối với hoạt động sản xuất thực tế. Chúng cho phép người dùng thực hành và mô phỏng quy trình trong môi trường ảo. Hoạt động này thường sẽ dễ dàng, nhanh chóng và tiết kiệm hơn. Bạn có thể loại bỏ mọi rủi ro về quy trình làm việc cũng như đảm bảo sản phẩm sẽ chất lượng như mong đợi.

1.3. Kiến trúc hệ thống bản sao kỹ thuật số

Hình 1.4 minh họa dữ liệu / thông tin chuyển từ hệ thống vật lý hoặc hệ thống vật lý kép (Lớp 1) đến đám mây (Lớp 5) nơi nó được lưu trữ trong một kho thông tin có thể truy cập được trong không gian mạng. Thông tin cũng có thể truyền từ đám mây đến hệ sinh thái vật lý. Kiến trúc, trong lớp thứ tư của nó, có dữ liệu tùy chọn cho chức năng chuyển đổi thông tin. Lớp thứ sáu chứa phần mềm mô phỏng hoặc mô phỏng và các ứng dụng khác có thể sử dụng thông tin từ bản sao vật lý.



Hình 1. 4 Kiến trúc hệ thống cho bản sao kỹ thuật số

Lớp 1 và lớp 2 (Bản sao vật lý): Hai lớp đầu tiên trong hình 1.4 chứa lớp bản sao vật lý. Lớp 1 bao gồm các thiết bị vật lý khác nhau, chẳng hạn như thiết bị truyền động và cảm biến, có thể cung cấp hoặc tiêu thụ các tín hiệu đã thay đổi trước với bộ điều khiển cục bộ. Các bộ điều khiển cục bộ (Lớp 2) được coi là một lớp riêng biệt vì ngoài vai trò của chúng đối với bản sao vật lý, chúng có thể được sử dụng để cung cấp một số chức năng cụ thể cho bản sao kỹ thuật số. Bộ điều khiển phổ biến trong tự động hóa sản xuất là bộ điều khiển logic có thể lập trình được, nhưng bất kỳ bộ điều khiển nào có thể giao tiếp với Lớp 3 sẽ phù hợp với kiến trúc này.

Lớp 3 (Kho lưu trữ dữ liệu cục bộ): Lớp 3 trong kiến trúc chứa các kho lưu trữ dữ liệu nằm gần hệ bản sao vật lý. Dữ liệu trong Lớp 3 sẽ phản ánh các chi tiết của cặp bản sao vật lý, nhưng việc phân tích chuyên môn bổ sung có thể được thêm vào Lớp 2 cụ thể để cung cấp dữ liệu vì lợi ích của cặp bản sao kỹ thuật số. Tuy nhiên, có thể tốt hơn là thêm chức năng cần thiết cho bản sao kỹ thuật số trong Lớp 4, thay vì thay đổi Lớp 2, nếu bản sao vật lý đã tồn tại, có tính đến thời gian chết và rủi ro liên quan đến việc sửa đổi hệ thống đang hoạt động. Ngoài ra, nếu cặp bản sao kỹ thuật số

hướng đến nhiều kiến trúc khác nhau của cặp bản sao vật lý, thì sẽ tốt hơn nếu tính đến sự khác biệt trong Lớp 4.

Lớp 4 (Cổng IoT): Lớp 4 đóng vai trò là cửa ngõ giữa thế giới bản sao vật lý và thế giới được kết nối. Lớp này cung cấp cho việc chuyển đổi giữa dữ liệu trong Lớp 3 thành thông tin trong Lớp 5, tương ứng với chức năng thứ hai của kiến trúc 5C để tích hợp một hệ thống vật lý mạng. Trong một số tình huống, kiến trúc có thể được đơn giản hóa bằng cách bỏ qua Lớp 4, với Lớp 3 và 5 trực tiếp giao tiếp dữ liệu với nhau, khi chức năng được bổ sung bởi cổng là không cần thiết. Các vai trò điển hình của Lớp 4, liên quan đến luồng thông tin từ bản sao vật lý đến không gian mạng, là:

- Lấy thông tin từ dữ liệu có sẵn từ Lớp 3, chẳng hạn như tương quan dữ liệu đa chiều hoặc "dữ liệu thông minh" nơi các dạng data khác nhau được phân tích để đưa ra các quyết định tốt hơn trong tương lai.
- Chọn dữ liệu được truyền vào các kho dữ liệu để tránh các yêu cầu cơ sở dữ liệu quá mức.
- Chỉ chuyển dữ liệu hoặc thông tin phù hợp với từng kho dữ liệu cụ thể trong Lớp 5 đến kho lưu trữ đó.
- Ngăn chặn tắc nghẽn bằng thông bằng cách giới hạn số lượng dữ liệu được xử lý thông qua cổng mạng.
- Chuyển đổi dữ liệu từ nhiều loại kiến trúc bản sao thành thông tin ở định dạng chung chung hơn. Lớp 4 cũng có thể đóng những vai trò quan trọng trong luồng thông tin từ không gian mạng đến hệ sinh thái vật lý:
- Bảo vệ sự an toàn của cặp bản sao vật lý, ví dụ, đảm bảo rằng cặp bản sao vật lý ở trạng thái thích hợp trước khi các thay đổi được chỉ huy từ Lớp 6, qua Lớp 5, được truyền đến Lớp 3.
- Giải quyết xung đột về dữ liệu / thông tin đến từ các kho dữ liệu khác nhau trên Lớp 6 hoặc khi các thay đổi trên Lớp 3 và trên Lớp 6 không tương thích.

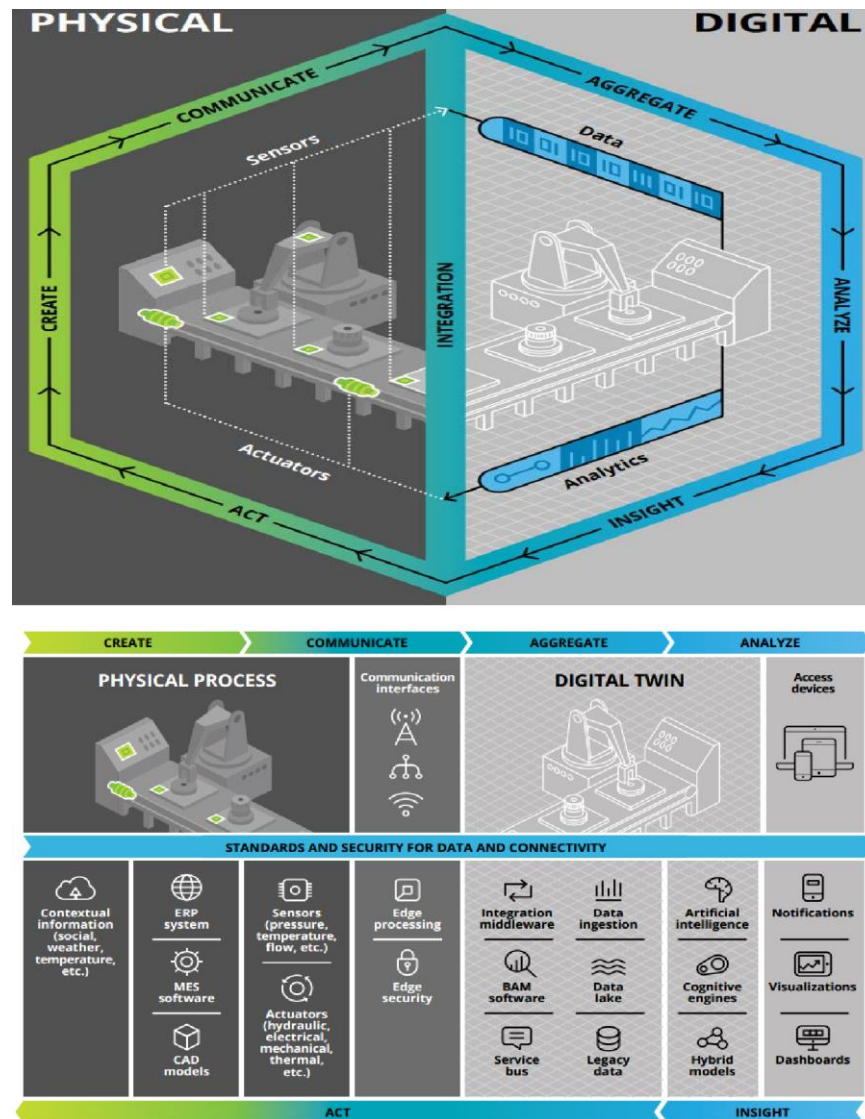
Lớp 5 (Kho lưu trữ thông tin dựa trên đám mây): Lớp 5 chứa các máy chủ cơ sở dữ liệu dựa trên đám mây hoạt động như kho lưu trữ thông tin cho thông tin của cặp bản sao vật lý và cặp bản sao kỹ thuật số. Thông tin thường sẽ ghi lại lịch sử của cặp

bản sao vật lý và trạng thái sẵn có hiện tại / mới nhất của thể chất, với độ trễ được thừa nhận. Nhiều kho lưu trữ được dự kiến vì các bên liên quan khác nhau có khả năng có nhu cầu thông tin khác nhau và quyền truy cập thông tin. Ví dụ: nhà phát triển của bản sao vật lý có thể yêu cầu quyền truy cập vào các thông số hiệu suất quan trọng, nhưng có thể muốn kiểm soát quyền truy cập vào thông tin đó, trong khi nhà máy sản xuất có thể yêu cầu lưu trữ thông tin đảm bảo chất lượng nhưng muốn giữ bí mật thông tin đó. Lưu trữ các kho lưu trữ này trên đám mây giúp tăng cường tính khả dụng, khả năng truy cập và tính kết nối của bản sao kỹ thuật số. Kiến thức chuyên môn cần thiết để quản lý một máy chủ cơ sở dữ liệu như vậy, có tính đến khả năng mở rộng, độ tin cậy và bảo mật, thường không có sẵn trong các doanh nghiệp sản xuất. Một số nhà cung cấp tự động hóa được cho là đang phát triển các kho lưu trữ dựa trên đám mây như vậy, nhưng các dịch vụ tương tự đã có sẵn từ nhiều nguồn khác.

Lớp 6 (Mô phỏng): Trong khi các Lớp từ 1 đến 5 cung cấp, theo một nghĩa nào đó, cơ sở hạ tầng cần thiết, thì sự thông minh của một cặp bản sao kỹ thuật số được thêm vào trong Lớp 6. Vì lớp này phụ thuộc nhiều vào ứng dụng thực tế, nên có thể chỉ định rất ít trong một kiến trúc chung. Lớp này có thể thực hiện bất kỳ vai trò nào của một cặp bản sao kỹ thuật số. Nói chung, những vai trò này sẽ dựa vào việc có quyền truy cập vào các mô hình hành vi hiện tại và mô phỏng (mô hình đó trong tương lai hoặc hành vi tiềm năng) của cặp bản sao vật lý. Một số vai trò sẽ yêu cầu phát triển phần mềm tùy chỉnh, nhưng một số có thể được thực hiện bằng cách sử dụng phần mềm mô phỏng thực vật có sẵn trên thị trường.

1.4. Các công nghệ, kỹ thuật liên quan đến bản sao kỹ thuật số

Rất nhiều kỹ thuật, công nghệ khác nhau có liên quan đến bản sao kỹ thuật số, các kỹ thuật và công nghệ này được sắp xếp trong mối quan hệ với các quá trình khác nhau trong bản sao kỹ thuật số như trong hình dưới:



Hình 1.5 Các công nghệ/kỹ thuật trong mô hình bản sao kỹ thuật số

- *ERP System:*

- Enterprise (doanh nghiệp): đây chính là đối tượng sử dụng của ERP system. ERP system liên kết các bộ phận, phòng ban chức năng trong doanh nghiệp vào trong một hệ thống máy tính duy nhất giúp các cán bộ nhân viên, cán bộ quản lý lãnh đạo có thể dễ dàng và kịp thời truy cập sử dụng, kiểm tra, kiểm soát trong giới hạn quyền của mình.

- Resource (nguồn lực): nguồn lực gồm nhân lực, vật lực và tài chính. Tuy nhiên, hiểu một cách chính xác trong ERP system thì Resource là tài nguyên, là tất cả phần cứng, phần mềm, dữ liệu của hệ thống mà con người có thể truy cập và sử dụng được. Và một khi doanh nghiệp đã ứng dụng ERP system vào trong hoạt động của mình tức là phải biến tất cả các nguồn lực đó thành tài nguyên
- Planning (hoạch định): là khả năng hoạch định chiến lược, kế hoạch trong kinh doanh của các doanh nghiệp. Planning trong ERP system hỗ trợ doanh nghiệp tính toán, dự báo, lập kế hoạch trong sản xuất, thu mua, cung ứng, xây dựng chính sách giá, chiết khấu,... một cách hiệu quả và chặt chẽ nhất, hạn chế tối đa những sai sót, nhầm lẫn trong xử lý nghiệp vụ.
- *MES software* là hệ thống máy tính giám sát khu vực sản xuất, kiểm soát, hậu cần, lịch sử sản phẩm xuyên suốt từ nguyên vật liệu đầu vào đến thành phẩm đầu ra theo thời gian thực. MES là một hệ thống tích hợp giám sát nhiều yếu tố cùng lúc (vật tư, con người, máy móc), quản lý chất lượng sản phẩm, tối ưu hóa quy trình sản xuất và nâng cao hiệu quả kinh doanh. Các chức năng chính của MES:
 - Quản lý chất lượng sản phẩm
 - Quản lý quy trình sản xuất
 - Tích hợp, số hoá các quy trình
- *CAD* là phần mềm hỗ trợ thiết kế, xây dựng các mô hình kỹ thuật, lắp ráp và xuất bản bản vẽ kỹ thuật cho các ngành nghề nhất định. Thông thường, để xây dựng được bản vẽ kỹ thuật bằng tay là điều hết sức phức tạp và tốn nhiều thời gian. Tuy nhiên, với sự trợ giúp của phần mềm CAD, việc thiết kế các bản vẽ cho từng ngành nghề như: cơ khí, xây dựng, kiến trúc. CAD gồm các module chính sau:
 - Modeling: Giúp các designer có thể vẽ phác thảo, dựng mô hình 3D theo ý muốn

- **Assembly:** Module giúp thực hiện việc lắp ráp sau khi các mô hình 2D, 3D đã được dựng xong thông qua các hình thức: lắp các cụm nhỏ thành cụm chi tiết lớn; lắp ráp các chi tiết đơn lẻ thành cụm chi tiết
 - **Drafting:** Hoàn thành bản vẽ kỹ thuật dựa trên các thông tin yêu cầu kỹ thuật như: mặt cắt, độ cứng, độ nhám
- *Edge processing* là một cách tối ưu hóa dữ liệu bằng cách xử lý dữ liệu ở cạnh của mạng lưới, gần nguồn của dữ liệu. Điều này giúp giảm thiểu giao tiếp qua băng thông cần thiết cho bộ cảm biến và hệ thống dữ liệu trung tâm thực hiện chức năng phân tích.
 - *Actuator* hay còn gọi là thiết bị truyền động, bộ truyền động là một loại động cơ được dùng để điều khiển một cơ cấu hoặc một hệ thống. Nó được vận hành bởi nguồn năng lượng như: điện hay khí nén và biến nguồn năng lượng ấy thành động năng.
 - *Sensor* (hay cảm biến) là một thiết bị cảm nhận, phát hiện và phản hồi với một số loại đầu vào từ môi trường vật lý. Một đầu vào cụ thể có thể là ánh sáng, âm thanh, nhiệt độ, độ ẩm, chuyển động, áp suất,.. v.v. từ các loại môi trường khác nhau sẽ có các loại cảm biến tương thích. Đầu ra của cảm biến (tín hiệu phản hồi) là tín hiệu được chuyển đổi thành các giá trị có thể đọc được trên màn hình hiển thị hoặc được truyền vào các bộ điều khiển, bộ xử lý để đọc hoặc xử lý thêm.
 - *Integration Middleware* (hay phần mềm trung gian tích hợp) đại diện cho các hệ thống phần mềm cung cấp các dịch vụ thời gian chạy để liên lạc, thực thi ứng dụng tích hợp, giám sát và vận hành. Chức năng chính của phần mềm trung gian là giúp phát triển ứng dụng đơn giản hơn. Điều này được thực hiện bằng cách cung cấp các tóm tắt lập trình phổ biến, che đậy sự không đồng nhất, cung cấp các hệ điều hành và phần cứng cơ bản và che giấu các chi tiết lập trình cấp thấp.
 - *BAM* (Business Activity Monitoring) là quá trình giám sát hoạt động kinh doanh thông qua phần mềm quản lý quy trình kinh doanh. Quản lý vận hành

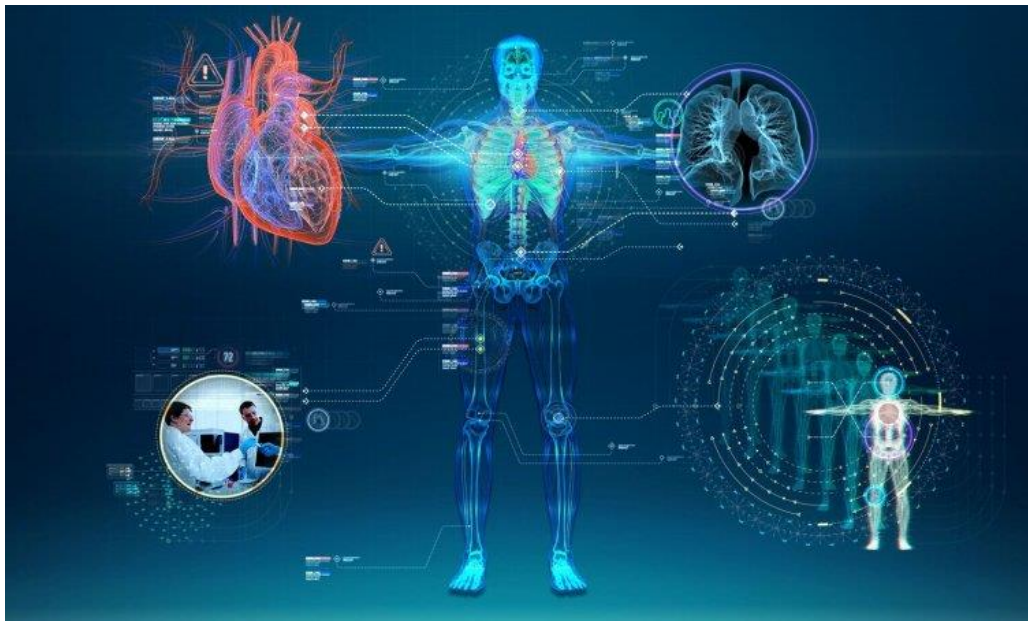
và quản lý cấp cao cấp nhận báo cáo BAM trong thời gian thực để đánh giá năng suất kinh doanh. hoạt động kinh doanh theo dõi cũng biết chắc liệu các máy tính đang làm việc với một mức độ tối ưu và khi họ cần phải được cập nhật; nó thậm chí có thể xác định xem liệu một doanh nghiệp cần phải áp dụng các phần mềm mới. Đây là loại giải pháp doanh nghiệp có thể được sử dụng cho một công ty ở mọi quy mô.

- *Data lake* là một kho lưu trữ trung tâm chứa một lượng lớn dữ liệu thô được giữ để sử dụng khi cần thiết. Vì dữ liệu được giữ nguyên gốc nên doanh nghiệp không cần phải đầu tư cho việc biến đổi, phân loại và lưu trữ dữ liệu đến khi có nhu cầu sử dụng.
- *Notification* là một tin nhắn, thông điệp được hiển thị trong một thời gian ngắn trên thanh trạng thái của thiết bị nhằm gây sự chú ý của người dùng. Nó tương tự như một tin nhắn thông thường (SMS), tuy nhiên nó khác SMS là dịch vụ này hiện nay là hoàn toàn miễn phí và cần có kết nối internet mới có thể gửi và nhận notification. và notification chỉ có thể gửi cho ứng dụng mà nhà phát triển đã đăng ký và người dùng có cài ứng dụng đó. Các notification này sẽ hiển thị trên thanh trạng thái của smartphone và tablet, thường thanh trạng thái ở phía trên cùng của màn hình. Thông thường một thông báo là được tự động kích hoạt nhằm thông báo tới người dùng là ứng dụng đó đã hoàn thành một công việc nào đó. Hoặc bạn có thể gửi thông tin khuyến mãi tới cho khách hàng của bạn, mời khách hàng tham gia một sự kiện nào đó...
- *Data ingestion* (nhập dữ liệu) là một quá trình thu thập, nhập và xử lý dữ liệu để sử dụng sau hoặc lưu trữ trong một cơ sở dữ liệu. Quá trình này thường bao gồm việc thay đổi những tập tin cá nhân bằng cách chỉnh sửa nội dung hoặc định dạng để chúng phù hợp với tài liệu lớn hơn.

1.5. Ứng dụng của bản sao kỹ thuật số trong thực tiễn.

1.5.1 Ứng dụng công nghệ bản sao kỹ thuật số trong lĩnh vực y tế

Trong chẩn đoán và chữa trị người bệnh, một bản sao kỹ thuật số 3D hoàn chỉnh của toàn bộ cơ thể người tạo ra từ các thông tin đầu ra của các hệ thống tia X, MRI và siêu âm. Bản sao này được dùng để chẩn đoán, đánh giá và chữa trị bệnh cho bệnh nhân. Dữ liệu 3D của khung xương có thể được dùng để tạo ra các bản sao dựa trên công nghệ in 3D hay việc tạo ra một bản sao hoàn chỉnh trái tim người giúp đưa ra các chẩn đoán chính xác và tìm ra phương pháp chữa trị tim hiệu quả.



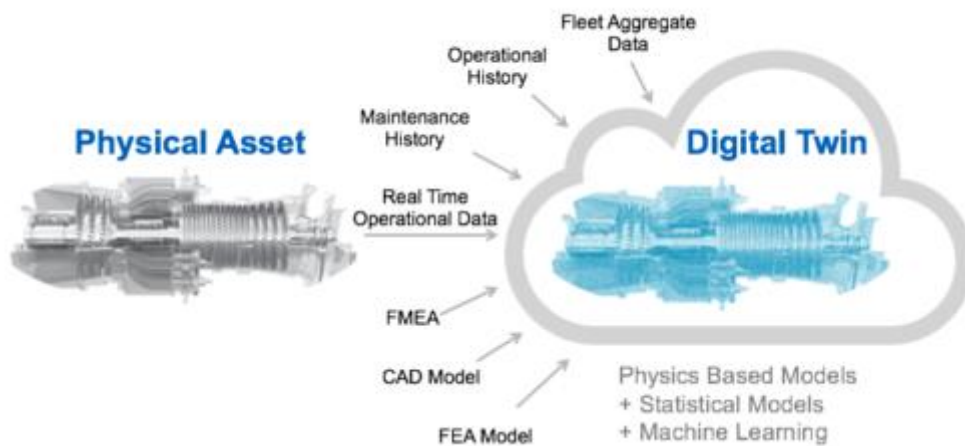
Hình 1. 6 Bản sao kỹ thuật số ứng dụng trong y tế

Trong ngành sản xuất dược phẩm, công nghệ bản sao kỹ thuật số dùng để mô hình hóa các quá trình sinh hóa phức tạp dựa trên các công nghệ cảm biến, IoT giúp các nhà sản xuất, điều chế dược phẩm tăng tốc đáng kể các quá trình sản xuất.

Bản sao kỹ thuật số cũng có thể được sử dụng để mô hình hóa các cơ sở y tế, bệnh viện nhằm xây dựng các kịch bản đối phó với các tình huống khám, chữa bệnh khác nhau. Với mỗi kịch bản được mô phỏng, các trung tâm y tế có thể đánh giá thời gian và chi phí cũng như phương án tối ưu trong tiếp nhận, phân loại và khám, chữa bệnh đáp ứng với số lượng bệnh nhân khác nhau.

1.5.2 Ứng dụng công nghệ bản sao kỹ thuật số trong công nghiệp

Đối với lĩnh vực công nghiệp sản xuất, công nghệ bản sao kỹ thuật số được ứng dụng khá nhiều trong nhiều lĩnh vực như thiết bị sản xuất, thiết kế dây chuyền sản xuất và tối ưu hóa quy trình sản xuất, cho phép các công ty kiểm tra sản xuất theo quy định của họ, phát hiện các lỗi hư hỏng và do đó tạo ra các sản phẩm hiệu quả hơn. Cấu trúc sản phẩm mô phỏng được tạo ra nhằm tìm cách nâng cao năng suất và chất lượng.



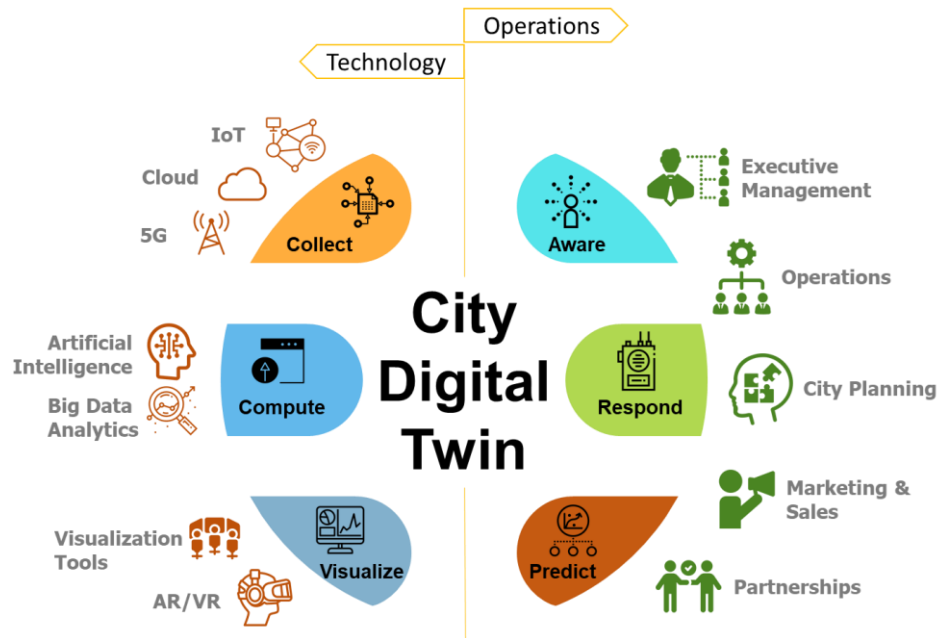
Hình 1. 7 Bản sao kỹ thuật số ứng dụng trong công nghiệp

Việc sử dụng bản sao kỹ thuật số trong cả quy trình công nghệ và dây chuyền sản xuất cũng được kỳ vọng sẽ giúp tiết kiệm thời gian và chi phí, cũng như phát triển, thử nghiệm, kiểm soát và giám sát quá trình tự động hóa. Các công ty điển hình trong ứng dụng công nghệ bản sao kỹ thuật số có thể kể đến như Tesla, Apple, Amazon, Siemen, Unilever, Adidas.

1.5.3 Ứng dụng công nghệ bản sao kỹ thuật số trong thiết kế và xây dựng thành phố thông minh (smart city)

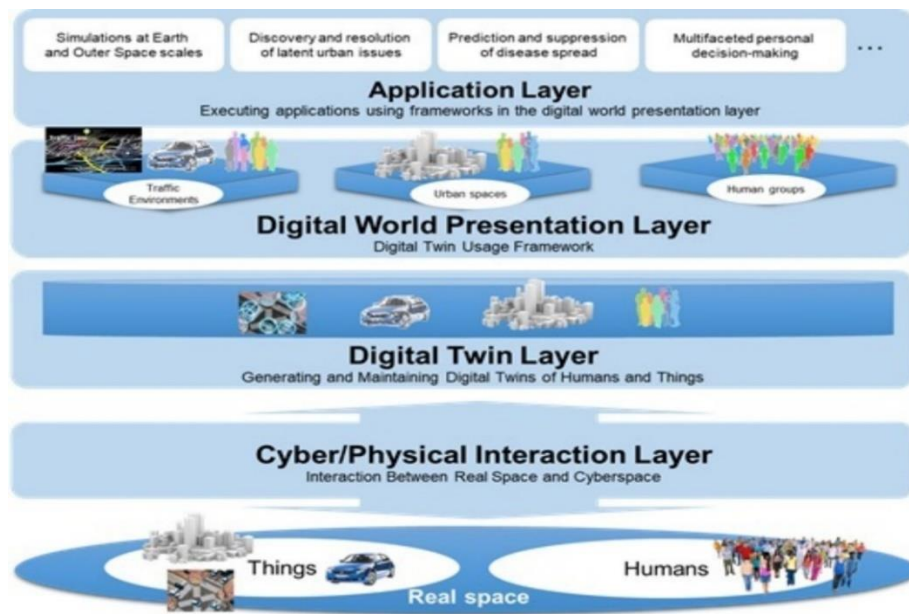
Bản sao kỹ thuật số ứng dụng trong thành phố thông minh, lập các quy hoạch khác nhau trên thành phố, tạo ra sự linh hoạt cho các nhà lập kế hoạch, đặc biệt là trong các dự án và sự kiện được lên kế hoạch thực hiện.

Các thành phố thông minh ứng dụng công nghệ Bản sao kỹ thuật số có thể giải quyết tốt các vấn đề tắc nghẽn giao thông, bố trí và sử dụng năng lượng mặt trời, tối ưu hóa chi phí di chuyển, năng lượng góp phần lập kế hoạch đầu tư thực tế hơn.



Hình 1. 8 Bản sao kỹ thuật số ứng dụng trong Smart City

Hình dưới minh họa áp dụng công nghệ bản sao kỹ thuật số trong thành phố thông minh nhằm xây dựng xã hội trong tương lai.



Hình 1. 9 Bản sao kỹ thuật số ứng dụng trong Smart City

Trong kiến trúc hình trên, mục đích của bản sao kỹ thuật số nhằm hướng đến giải quyết một số bài toán như:

- Khám phá và giải quyết các vấn đề đô thị (**Discovery and resolution of urban issues**): Bản sao kỹ thuật số của các thành phố và công dân của họ có thể được sử dụng để thu thập ẩn danh những trải nghiệm, văn hóa, giá trị, mong muốn và khiếu nại của công dân. Những bản sao kỹ thuật số này có thể được sử dụng để khám phá các vấn đề tiềm ẩn trong các thành phố thường không được chú ý như các giao lộ nguy hiểm và các khu vực có tỷ lệ tai nạn cao, đồng thời tìm ra các giải pháp tối ưu hóa cho tập thể.
- Mô phỏng ở quy mô trái đất và ngoài không gian (**Simulations at earth and outer space scales**): Các xã hội ảo trong không gian mạng sử dụng các bản sao kỹ thuật số quy mô lớn để tái tạo các điều kiện tự nhiên quy mô toàn cầu (khí hậu và trữ lượng tài nguyên) hoặc những thay đổi xã hội (dân số và GDP) để tạo ra các mô hình dự đoán có độ chính xác cao để mô phỏng và dự đoán tương lai gần.
- Dự đoán và kiểm soát dịch bệnh (**Prediction and control of diseases**): Để chống lại sự bùng phát của bệnh truyền nhiễm, xã hội ảo có thể được tạo ra trong

không gian mạng bằng cách kết hợp thông tin địa lý và giao thông với các cấp bản sao kỹ thuật số của những người lập bản đồ hoạt động và mô hình mối quan hệ của họ để đưa ra dự đoán chính xác về sự lây lan của bệnh nhiễm trùng. Điều này sẽ cho phép kiểm soát chủ động thời gian thực đối với đợt bùng phát bằng cách kiểm soát các luồng giao thông và con người. Có thể đưa ra quyết định về việc đóng cửa lớp học trong trường học hoặc học từ xa, và bằng cách cho phép tự động tìm kiếm và đặt trước các bệnh viện thích hợp nhất.

1.5.4 Ứng dụng công nghệ bản sao kỹ thuật số trong nông nghiệp thông minh.

Bản sao kỹ thuật số đưa phương thức canh tác thông minh lên các cấp độ mới về năng suất canh tác và tính bền vững. Sử dụng Bản sao kỹ thuật số làm phương tiện trung tâm để quản lý trang trại cho phép tách rời các luồng vật chất khỏi việc lập kế hoạch và kiểm soát.



Hình 1. 10 Ứng dụng bản sao kỹ thuật số trong nông nghiệp

Với công nghệ bản sao kỹ thuật số, nông dân có thể quản lý hoạt động từ xa dựa trên thông tin kỹ thuật số thời gian thực thay vì phải dựa vào quan sát trực tiếp vào các công việc thủ công tại chỗ. Điều này cho phép họ hành động ngay lập tức trong

trường hợp sai lệch (dự kiến) và mô phỏng tác động của các biện pháp can thiệp dựa trên dữ liệu thực tế.

1.5.5 Tạo bản sao kỹ thuật số của Trái Đất để đối phó thảm họa

Ví dụ điển hình và tham vọng dưới đây cho thấy tiềm năng ứng dụng của công nghệ bản sao kỹ thuật số trong giải quyết các thách thức lớn ở quy mô toàn cầu mà trước đây chưa có hướng giải quyết.



Hình 1. 11 Bản sao kỹ thuật số của Trái Đất

Các nhà khoa học đến từ Liên minh châu Âu (EU) tiến hành chương trình tạo ra mô phỏng kỹ thuật số của toàn bộ Trái Đất. Mục đích của họ là lập mô hình các xu hướng khí hậu có khả năng gây ra thảm họa. Dự án mang tên Destination Earth[17] là nỗ lực nhằm góp sức trung hòa carbon vào năm 2050 và dự kiến kéo dài 10 năm.

Dự án khai thác tiềm năng của mô hình bản sao kỹ thuật số với các nguồn tài nguyên trên Trái Đất và hiện tượng liên quan như biến đổi khí hậu, môi trường biển, vùng cực và băng quyển,... ở quy mô toàn cầu, đẩy nhanh chuyển giao năng lượng xanh, đồng thời giúp lên kế hoạch đối phó suy thoái môi trường và thiên tai.

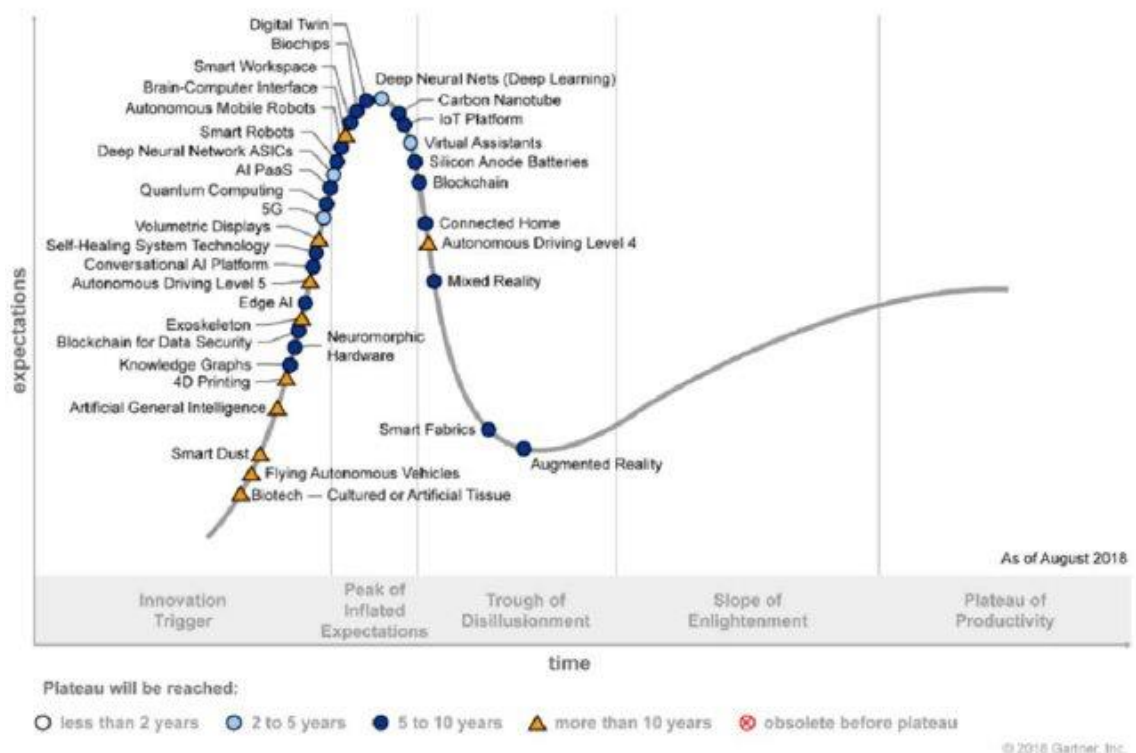
Để tạo ra bản sao kỹ thuật số của Trái Đất, các nhà khoa học sẽ sử dụng siêu máy tính và hệ thống dữ liệu đám mây để tận dụng công suất tính toán để chứa mô hình

Trái Đất với độ phân giải một kilomet. Do quá trình phát triển diễn ra chậm, mô hình sẽ được nạp dữ liệu quan sát Trái Đất và hoạt động của con người, xây dựng một ngân hàng thông tin thay đổi thường xuyên. Dựa vào đó, các nhà nghiên cứu có thể chạy các mô phỏng tương lai với nhiều tham số, giúp đối phó biến đổi khí hậu và cho phép các nhà làm luật lựa chọn lộ trình tối ưu.

Mô hình kỹ thuật số của Trái Đất cũng giúp dự đoán và chuẩn bị giải pháp trong trường hợp xảy ra siêu bão và những sự kiện thời tiết cực đoan khác, giảm nhẹ tác động tới quần thể dân cư.

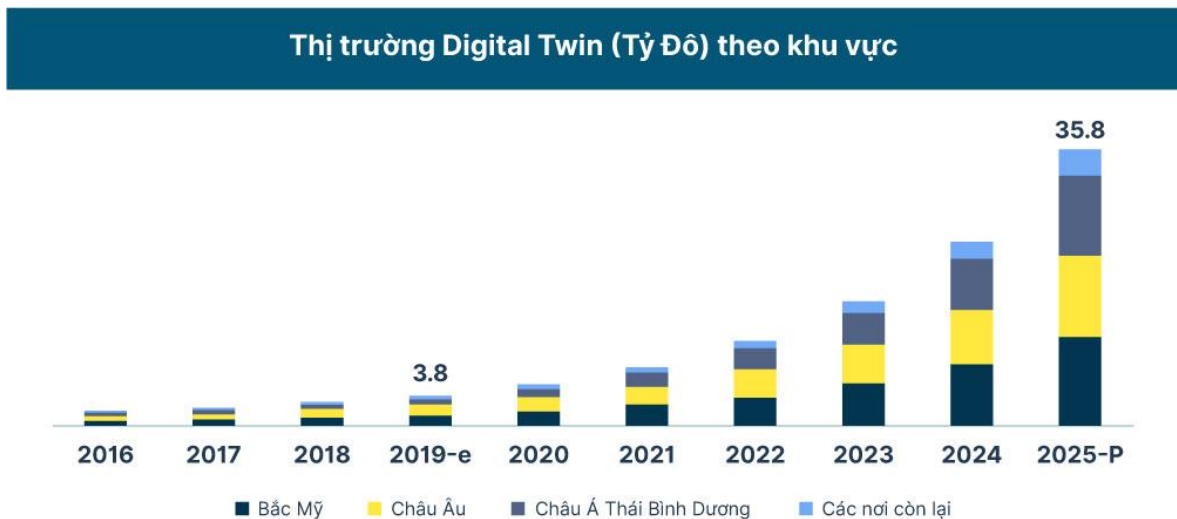
1.6. Ứng dụng bản sao kỹ thuật số trên thế giới

Trong biểu đồ phát triển công nghệ của Gartner năm 2018, bản sao kỹ thuật số nằm ở trên đỉnh kỳ vọng trong số các công nghệ số. Bản sao kỹ thuật số được dự báo là công nghệ của giai đoạn 5-10 năm tiếp theo sau đó.



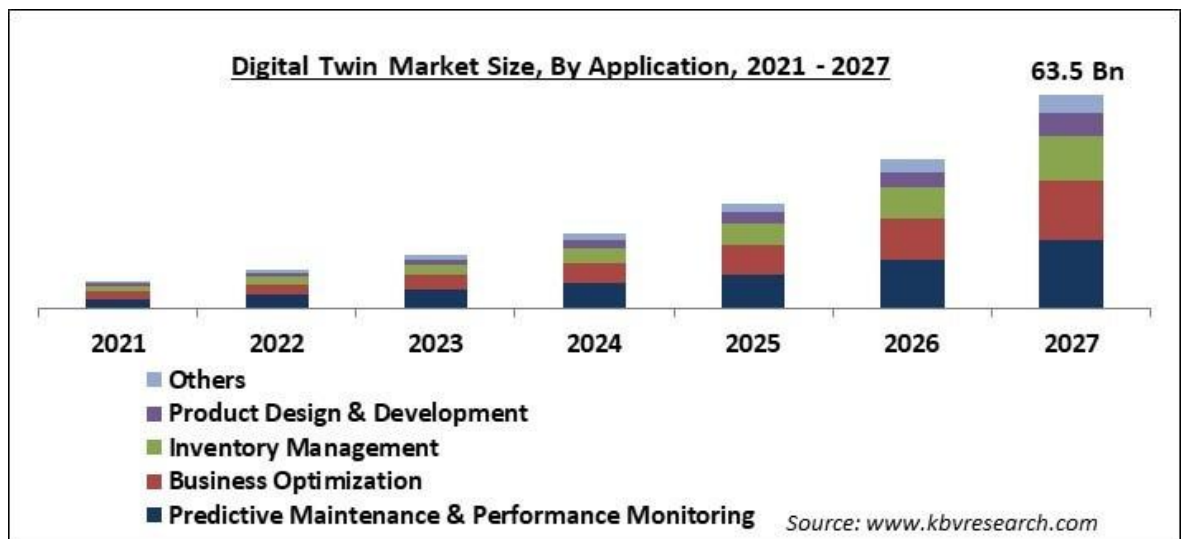
Hình 1. 12 Biểu đồ phát triển công nghệ của Gartner năm 2018

Thống kê [1] cho thấy thị trường bản sao kỹ thuật số trên thế giới đã đạt mức 3.8 billion USD vào năm 2019 và dự báo sẽ tiếp tục tăng trưởng nhanh và đạt con số gấp gần 7 lần vào năm 2025. Trong biểu đồ phía dưới cho thấy mức tăng của công nghệ này trên các khu vực chính: Bắc Mỹ, Châu Âu và châu Á Thái Bình Dương.



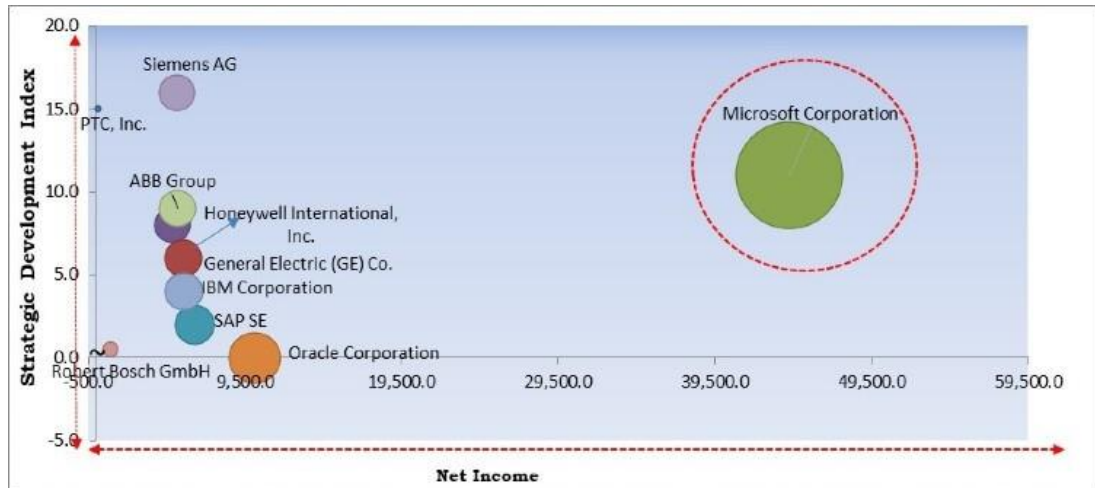
Hình 1. 13 Biểu đồ thị trường bản sao kỹ thuật số theo khu vực

Trong khảo sát của [18] , biểu đồ dưới cho thấy phân bố thị phần của bản sao kỹ thuật số trong các lĩnh vực khác nhau



Hình 1. 14 Biểu đồ phân bố thị phần của bản sao kỹ thuật số trong các lĩnh vực

Trong lĩnh vực bản sao kỹ thuật số (hình dưới), Siemens là công ty có chiến lược tiếp cận rõ nét tuy doanh thu còn nhỏ, trong khi đó Microsoft hiện là doanh nghiệp có net-income lớn nhất từ khai thác hướng đi này



1.7. Kết luận chương

Bản sao kỹ thuật số là một giải pháp tiên tiến trong ứng dụng công nghệ số trong giải quyết nhiều bài toán khó trong nhiều lĩnh vực. Bản sao kỹ thuật số giúp cho các hoạt động trong thế giới thực được đồng bộ và chính xác hơn với sự tham gia của bản sao trên môi trường số. Bản sao kỹ thuật số có tiềm năng và được dự báo sẽ phát triển mạnh trong thời gian tới.

Trong chương tiếp theo, học viên sẽ nghiên cứu, phân tích sâu hơn việc áp dụng bản sao kỹ thuật số trong lĩnh vực Nông nghiệp, đây là một lĩnh vực sản xuất đóng vai trò quan trọng trong nền kinh tế Việt Nam và vẫn còn tồn tại nhiều bài toán khó trên quy mô lớn cần có sự tham gia giải quyết bằng các giải pháp công nghệ tiên tiến thời gian tới.

CHƯƠNG 2: NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG BẢN SAO KỸ THUẬT SỐ TRONG LĨNH VỰC SẢN XUẤT NÔNG NGHIỆP

Chương 2 trình bày về ứng dụng bản sao kỹ thuật số trong lĩnh vực nông nghiệp. Đầu chương, học viên phân tích các vấn đề lớn còn gặp phải trong lĩnh vực sản xuất nông nghiệp nói chung mà công nghệ số với giải pháp bản sao kỹ thuật số có thể giúp giải quyết. Tiếp đó, chương trình bày về tiềm năng ứng dụng của bản sao kỹ thuật số đối với các khía cạnh khác nhau của sản xuất nông nghiệp như hoạt động tưới tiêu, hoạt động nuôi trồng, hoạt động chế biến sau thu hoạch.. Để nhấn mạnh cho sự cần thiết cho các nghiên cứu tiếp theo về ứng dụng bản sao kỹ thuật số ở Việt Nam học viên sẽ phân tích chỉ ra một số đặc trưng của nông nghiệp Việt Nam hiện tại và tiềm năng cũng như tính khả thi trong việc giải quyết bằng bản sao kỹ thuật số.

2.1. Những thách thức gặp phải trong sản xuất nông nghiệp và xu hướng ứng dụng công nghệ số trong nông nghiệp

Một trong những thách thức toàn cầu hiện nay là làm thế nào để đảm bảo an ninh lương thực cho dân số ngày càng tăng trên thế giới đồng thời đảm bảo sự phát triển bền vững lâu dài. Theo FAO, sản xuất nông nghiệp và thực phẩm sẽ cần phải phát triển để cung cấp cho dân số thế giới, sẽ đạt khoảng 10 tỷ người vào năm 2050 [8][10]. Do sự gia tăng dân số thế giới và nhu cầu thị trường về số lượng và tiêu chuẩn chất lượng sản phẩm cao hơn, vấn đề an ninh lương thực, tính bền vững, năng suất và lợi nhuận trở nên quan trọng hơn. Hơn nữa, áp lực kinh tế đối với ngành nông nghiệp, các vấn đề lao động, môi trường và biến đổi khí hậu ngày càng gia tăng. Do đó, việc nâng cao hiệu quả thông qua các công nghệ và kỹ thuật thông minh tích hợp hiệu quả đã được xem xét rộng rãi trong những năm gần đây.

Trong bối cảnh này, các công cụ nông nghiệp kỹ thuật số có thể hỗ trợ hiệu sâu hơn về các mối quan hệ qua lại trong hệ thống sản xuất nông nghiệp và hậu quả của các tác động lên hiệu suất của sản xuất nông nghiệp trong khi cân bằng sức khỏe và hạnh phúc của con người, xã hội và các khía cạnh môi trường và tính bền vững liên quan đến hệ thống nông nghiệp. Do những tiến bộ trong tạo dữ liệu, xử lý dữ liệu và tương tác giữa con người với máy tính, canh tác kỹ thuật số đã phát triển trong những năm gần đây [11]. Một trong những đặc điểm chính của số hóa trong nông nghiệp là

sự ra đời của Công nghệ Thông tin và Truyền thông (ICT), Internet vạn vật (IoT), kỹ thuật phân tích và diễn giải dữ liệu lớn, máy học và Trí tuệ nhân tạo (AI).

Việc thu thập và phân tích dữ liệu trong canh tác kỹ thuật số bằng các công nghệ thông minh đang hỗ trợ các phương pháp tiếp cận ra quyết định phức tạp [12]. Hướng đi này giúp nâng cao năng suất cuối cùng, giảm chi phí và tối ưu hóa quá trình ra quyết định. Hơn nữa, các công cụ CNTT-TT mang lại lợi thế cho việc quản lý trang trại, hiệu quả, kiểm soát chất lượng và chuỗi cung ứng thực phẩm. Chẳng hạn:

- AI và dữ liệu lớn hỗ trợ giám sát trang trại tốt hơn và chính xác, thu thập và phân tích dữ liệu, cải thiện việc khai thác thông tin từ các cảm biến cũng như quản lý trang trại. Ví dụ: sức khỏe và năng suất cây trồng có thể được theo dõi và kiểm soát bằng cách sử dụng AI tiên tiến và các kỹ thuật học sâu [13].
- Các phương pháp tiếp cận theo hướng dữ liệu lớn tăng cường khả năng ra quyết định tại trang trại, cải thiện năng suất cây trồng, giảm tổn thất và do đó, mang lại lợi ích cho nông dân.
- Công nghệ IoT và không dây cho phép truyền và giám sát dữ liệu thời gian thực trong canh tác kỹ thuật số. IoT, cùng với các hệ thống điện toán đám mây, có thể tạo điều kiện giao tiếp giữa các nền tảng phần mềm và cảm biến, các thiết bị máy móc, cây trồng và động vật trong canh tác kỹ thuật số.

Các phương pháp tiếp cận canh tác kỹ thuật số có thể cung cấp cho nông dân thông tin hữu ích về (I) việc sử dụng phân bón, hóa chất, hạt giống và chiến lược quản lý thủy lợi, (II) bảo vệ môi trường, (III) các giải pháp quản lý giám sát dịch hại, khí hậu và cây trồng, (IV) nhu cầu thị trường và điều kiện kinh doanh. Tuy nhiên, các hệ thống sản xuất nông nghiệp rất phức tạp, năng động và đòi hỏi sự quản lý phức tạp. Các phương pháp số hóa dự kiến sẽ cung cấp thêm khả năng giám sát, phân tích dữ liệu và tối ưu hóa, đồng thời hỗ trợ thêm cho việc ra quyết định.

Để nâng cao hiệu quả của các hệ thống này, một mô hình mới nổi đã được đề xuất và triển khai trong nông nghiệp kỹ thuật số, đó là mô hình bản sao kỹ thuật số.

2.2. Bản sao kỹ thuật số trong nông nghiệp giải quyết vấn đề gì?

Hệ thống vật lý hay thế giới vật chất trong nông nghiệp là một môi trường phức tạp và năng động và bao gồm các thông tin và đặc tính cơ bản của đối tượng hoặc thiết bị như hình dạng, vị trí, vật liệu và các đối tượng sống [14]. Hệ thống vật lý là một trong những thành phần quan trọng và một cặp bản sao kỹ thuật số, có thể là một thành phần riêng lẻ của một đối tượng hoặc toàn bộ đối tượng với các thành phần con nằm trong môi trường vật chất.

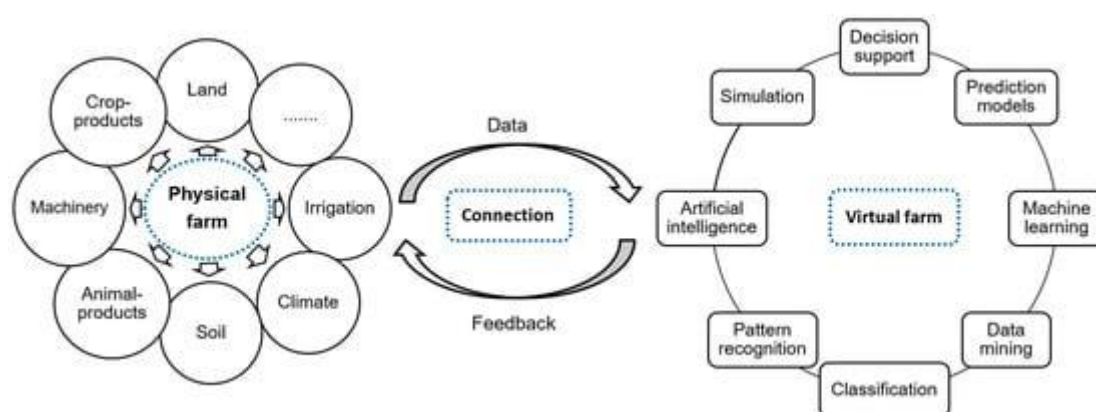
Thế giới vật chất trong nông nghiệp có thể là bản thân động vật hoặc nằm trong trang trại bao gồm các tòa nhà/khu vực nuôi trồng, quy trình cho ăn, số lượng động vật hoặc cây trồng có điều kiện đất đai, khí hậu và tưới tiêu khác nhau, robot và các thiết bị nông nghiệp, ví dụ như máy kéo, máy gặt và phân bón, cũng như người vận hành. Thế giới vật chất có thể bao gồm toàn bộ đối tượng (ví dụ: toàn bộ máy móc) hoặc phần phụ của đối tượng, hoặc một tài sản đơn lẻ của đối tượng được kết nối với các đối tượng khác. Trong bối cảnh nông nghiệp, hệ thống vật chất có thể là một số khía cạnh của hệ thống cây trồng, đất và hệ thống tưới tiêu, hoặc cơ thể động vật.

Thế giới vật lý đòi hỏi các công nghệ đo lường và cảm biến để thu thập và nhận dữ liệu từ đối tượng vật lý. Ví dụ về cặp bản sao kỹ thuật số trong nông nghiệp thông minh bao gồm cảm biến quang học cho màu lá cây và bệnh tật, cảm biến đất và thời tiết cho cây trồng, các cảm biến môi trường như nhiệt độ, độ ẩm, amoniac cho động vật, Hệ thống Định vị Toàn cầu (GPS) và các hệ thống vệ tinh định vị thời gian Thực để theo dõi robot nông nghiệp [15], và chuỗi cung ứng thực phẩm.

Sự kết nối giữa thế giới thực và ảo cho phép truyền dữ liệu giữa các hệ thống ảo (virtual world) và vật lý. Nó diễn giải dữ liệu thu thập được từ hệ thống vật lý và cập nhật trạng thái của hệ thống ảo, đồng thời chuyển phản hồi từ hệ thống ảo sang thế giới vật lý. Các thành phần kết nối có thể thay đổi tùy thuộc vào nguồn, loại và khối lượng dữ liệu, tốc độ và tốc độ truyền dữ liệu, cũng như độ trễ tối thiểu giữa thu thập dữ liệu và phản hồi. Các kỹ thuật không dây và IoT được sử dụng trong các khái niệm nông nghiệp bản sao kỹ thuật số để kết nối giữa thế giới vật lý và thế giới ảo.

Các mô hình và dữ liệu của thế giới vật chất được biểu diễn trong một hệ thống ảo. Thế giới ảo cũng có thể bao gồm các khái niệm xử lý và mô phỏng khác nhau, phần mềm, máy học, khai thác dữ liệu và các mô hình AI. Ở đây, việc xử lý và phân tích dữ liệu bằng các kỹ thuật AI để hỗ trợ việc ra quyết định và phản hồi cho hệ thống vật lý đã được một số nhà nghiên cứu đề xuất. Hệ thống bản sao kỹ thuật số (ảo) có thể mô phỏng và điều khiển hệ thống vật lý, tối ưu hóa một quy trình và dự đoán các vấn đề chưa thấy trong hệ thống vật lý. Ví dụ, bản sao kỹ thuật số cung cấp theo dõi thời gian thực về cỏ dại, sự phát triển của cây trồng và năng suất dự kiến thông qua bảng điều khiển đám mây cho nông dân.

Sơ đồ về khái niệm bản sao kỹ thuật số trong nông nghiệp được thể hiện trong Hình 2.1.



Hình 2. 1 Sơ đồ về khái niệm bản sao kỹ thuật số cho nông nghiệp.

Trong các hệ thống canh tác thông minh, nông dân có thể giám sát và điều khiển hoạt động từ xa, dựa trên thông tin kỹ thuật số (gần) thời gian thực thay vì quan sát trực tiếp và các công việc thủ công tại chỗ. Do đó, nông dân sẽ tự động được thông báo nếu có vấn đề, hoặc bất kỳ điều gì dự kiến sẽ xảy ra sai sót. Sau bàn làm việc hoặc điện thoại thông minh, họ có thể kiểm tra tình hình hiện trường hoặc ổn định bằng cách xem hình ảnh kỹ thuật số phong phú về thực vật, động vật hoặc máy móc liên quan. Đồng thời, các thuật toán học máy tăng cường chế độ xem kỹ thuật số với các phân tích và lời khuyên dành riêng cho đối tượng. Nông dân có thể mô phỏng các hành động khắc phục và phòng ngừa cũng như đánh giá tác động của nó đối với đại

diện kỹ thuật số. Cuối cùng, can thiệp đã chọn có thể được thực hiện từ xa và người nông dân có thể sử dụng lại chế độ xem kỹ thuật số để xác minh xem vấn đề (dự kiến) có được giải quyết hay không. Cũng có thể kỳ vọng rằng chu trình quản lý trang trại thông minh này ngày càng trở nên tự chủ, không cần sự can thiệp thủ công của người nông dân nữa. Tóm lại, bạn có thể nói rằng mọi đối tượng trong trang trại (ví dụ: cây trồng, đồng ruộng, con bò, thiết bị) đang được ảo hóa và ngày càng có thể được điều khiển từ xa.

2.3. Cách áp dụng bản sao kỹ thuật số trong nông nghiệp như thế nào?

2.3.1 Bản sao kỹ thuật số ứng dụng trong theo dõi đất và công tác tưới tiêu

Một bản sao kỹ thuật số của hệ thống đất và hệ thống tưới tiêu trong canh tác cung cấp dự báo và hiểu biết cơ bản về nhu cầu nước và các thành phần của đất để canh tác cây trồng.

Sức khỏe và năng suất cây trồng phụ thuộc vào chất lượng và đặc tính của đất. Theo dõi và đánh giá chất lượng đất để duy trì năng suất cây trồng là cơ sở của các chiến lược sử dụng đất trong các trang trại nông nghiệp. Thông tin chi tiết hơn về đất nông nghiệp có thể làm giảm tỷ lệ sử dụng phân bón hóa học và thuốc trừ sâu, do đó cải thiện nước dưới đất, bảo vệ môi trường và sức khỏe con người. Công nghệ kỹ thuật số đang hỗ trợ các nhà khoa học hiểu rõ hơn và nghiên cứu về đất trong nông nghiệp. Các cảm biến giám sát đất như độ ẩm, nhiệt độ, chất hữu cơ và cảm biến ô nhiễm đất đang đóng vai trò quan trọng trong nông nghiệp kỹ thuật số.

Sự tiến bộ của kiến thức và công nghệ (ví dụ: cảm biến không dây, IoT, AI) trong nông nghiệp kỹ thuật số có thể dẫn đến mô hình bản sao kỹ thuật số của đất trong nông nghiệp. Sự phát triển gần đây của kỹ thuật lập bản đồ đất kỹ thuật số có thể hỗ trợ các cặp bản sao kỹ thuật số bằng cách biểu diễn kỹ thuật số của kiến thức thu được từ đất dưới dạng ảo. Ví dụ, lập bản đồ đất kỹ thuật số có thể được sử dụng để mô tả

sự biến đổi của đất trong các cặp bản sao kỹ thuật số bằng cách sử dụng thông tin từ sự biến đổi phức tạp của đất ở độ sâu, thời gian cụ thể ...

Ngoài ra, quyết định về quản lý cây trồng phụ thuộc trực tiếp vào nhu cầu nước của cây trồng, tính chất của đất và sự sẵn có của nước. Để quản lý các yêu cầu về đất và cây trồng trong canh tác thông minh, các công nghệ kỹ thuật số đã được sử dụng để đáp ứng yêu cầu của các chiến lược quản lý nước thông minh hoặc chính xác. Mạng hệ thống không dây, IoT, điện toán biên, bộ điều khiển dựa trên thời tiết cục bộ và cảm biến đất là một số công cụ kỹ thuật số dựa trên hệ thống tưới thông minh. Các công cụ được đề cập có thể được sử dụng trong bản sao kỹ thuật số của đất và hệ thống tưới tiêu. Ví dụ, [7] đã phát triển một khái niệm bản sao kỹ thuật số để quản lý nước thông minh trong lĩnh vực nông nghiệp. Thông tin về cảm biến nhiệt độ không khí và mặt đất cũng như độ ẩm, độ ẩm của đất và ánh sáng xung quanh cũng như cảm biến vị trí không gian địa lý được thu thập. Một hệ thống IoT đã được sử dụng để kết nối đám mây và hệ thống vật lý. Một môi trường ảo bao gồm các công cụ và mô hình ra quyết định được thiết kế để thông báo dữ liệu được thu thập bởi thiết bị kết nối (hệ thống IoT) và gửi phản hồi đến hệ thống vật lý.

Việc quản lý nước và năng lượng, tích trữ và phân phối nước hợp lý trở nên thiết yếu hơn đối với sử dụng nước trong nông nghiệp và có thể được quản lý thông qua một hệ thống thủy lợi. Một bản sao kỹ thuật số của hệ thống nước kết hợp với dữ liệu lớn (big data) có thể giảm thiểu rủi ro và khám phá ra các mô hình tiêu thụ và lập kế hoạch vận hành tối ưu. Hơn nữa, trong một hệ thống tưới tiêu quy mô lớn, việc cải thiện hiệu quả sử dụng nước có thể bằng cách cố gắng giảm thất thoát nước. Bản sao kỹ thuật số cũng có thể được tạo ra bằng cách sử dụng các thử nghiệm tại hiện trường và phòng thí nghiệm của một mạng lưới hệ thống thủy lợi chung để đánh giá năng lượng, cơ sở bơm, thất thoát nước và hiệu quả sử dụng nước. Các thông tin từ hệ thống vật lý, tức là dữ liệu cơ sở hạ tầng, thông tin thu được thông qua phép đo từ xa, phân tích dữ liệu từ các thử nghiệm trong phòng thí nghiệm và đo đạc thực địa, cân bằng năng lượng, cân bằng nước và mô hình thủy lực trong hệ thống ảo. Người ta

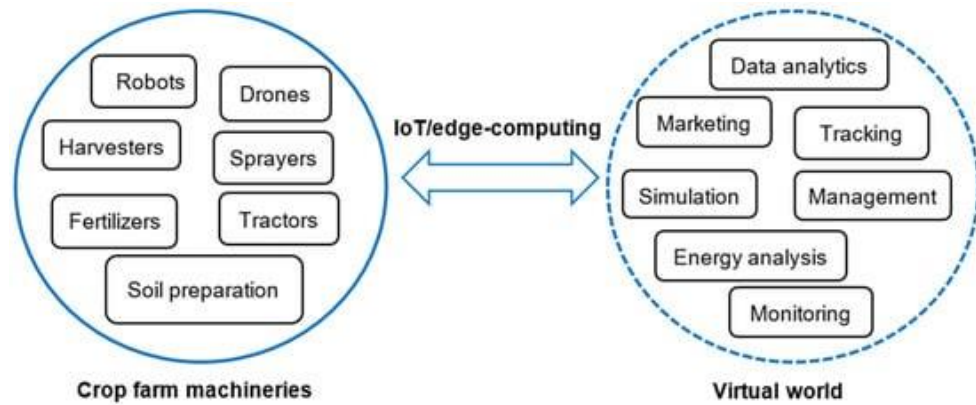
nhận thấy rằng bản sao kỹ thuật số của hệ thống quản lý thủy lợi có thể giúp chúng ta có thể hiểu được các quy trình của hệ thống, các chiến lược bảo trì và quản lý hệ thống thủy lợi một cách hiệu quả.

2.3.2 Bản sao kỹ thuật số ứng dụng trong quá trình canh tác

Việc sử dụng các công cụ kỹ thuật số trong canh tác, đặc biệt là máy móc nông nghiệp, ví dụ như máy kéo, máy gặt đập liên hợp, phân bón và máy phun, đóng một vai trò quan trọng trong việc nâng cao hiệu quả tổng thể bằng cách giảm chi phí nhiên liệu, phân bón, sức lao động của con người. Số hóa đã hiện đại hóa các chính sách ứng dụng và quản lý máy móc nông nghiệp bằng cách sử dụng thông tin thu thập được và các phương pháp phân tích dữ liệu tiên tiến. Nó cho phép tối ưu hóa hiệu suất và tăng cường sử dụng các công cụ tiên tiến trong sản xuất. Ví dụ, một máy nông nghiệp kỹ thuật số phải có thể hỗ trợ và hỗ trợ người lái bằng cách gửi và nhận dữ liệu thông qua cảm biến và công cụ ICT, cho phép sử dụng máy móc tốt nhất và tối ưu, đồng thời tạo điều kiện cho việc tự động hóa hoạt động của các thiết bị.

Việc ứng dụng AI, phân tích dữ liệu lớn, công nghệ không dây và IoT đã dẫn đến những thay đổi đáng kể trong vai trò công nghệ nông trại hướng tới sự phát triển của các hệ thống tự vận hành. Các máy móc nông nghiệp tự động được gắn cảm biến gắn trên máy móc nông nghiệp và các dữ liệu thu thập được chuyển qua nền tảng IoT. Sau đó, thông tin được phân tích bằng phân tích dữ liệu như AI, logic mờ và phân tích dữ liệu lớn để hỗ trợ nông dân, người tiêu dùng và thị trường. Ở đây, việc kết hợp các công cụ kỹ thuật số với máy móc tự động và robot có thể giúp nông dân thực hiện các hoạt động hiệu quả hơn và nâng cao chất lượng sản phẩm.

Ngày nay, với những tiến bộ trong công nghệ kỹ thuật số, các dữ liệu có thể được thu thập thời gian thực và các lệnh điều khiển cũng có thể thực hiện gần như tức thời. Nó cho phép liên lạc với hệ thống (ví dụ: máy móc và robot), mô phỏng tình trạng của hệ thống và giám sát hành vi và hoạt động cũng như tình hình bảo trì của máy móc (Hình 2.2).



Hình 2. 2 Kiến trúc của khái niệm bản sao kỹ thuật số cho canh tác.

Các phương pháp tiếp cận bản sao kỹ thuật số giúp tạo mô hình, thiết kế, mô phỏng và phát triển máy móc nông nghiệp nhằm mang lại những máy móc năng suất cao hơn về mặt năng lượng và hiệu quả sử dụng điện. Trong [9], một nền tảng bản sao kỹ thuật số có sẵn trên thị trường cho máy móc nông nghiệp có thể theo dõi máy móc trong thời gian thực, theo dõi mức tiêu thụ năng lượng, hiệu quả kinh tế của việc quản lý cây trồng và quỹ đạo của máy kéo bằng cách xem xét các điều kiện cụ thể của trang trại. Bản sao kỹ thuật số cũng có thể hỗ trợ việc đào tạo những người vận hành máy gặt chưa có tay nghề và mang lại những lợi ích kinh tế vĩ mô cao.

Trong các công nghệ canh tác kỹ thuật số, robot, với tư cách là một công nghệ quan trọng trong sản xuất cây trồng, đã đóng một vai trò thiết yếu trong quá trình số hóa và đang được chú ý nhiều hơn trong những năm gần đây. Để tối ưu hóa quá trình ứng dụng robot, giảm chi phí và tăng chất lượng và hiệu quả của sản phẩm, khái niệm bản sao kỹ thuật số có thể được sử dụng để ảo hóa môi trường robot. Bằng cách cung cấp các khả năng mô phỏng và vận hành từ xa, đồng thời mô hình hóa các tương tác khác nhau giữa robot và môi trường trong các khái niệm bản sao kỹ thuật số, độ chính xác, hiệu suất và tính linh hoạt có thể được nâng cao và giá thành sản phẩm cuối cùng có thể giảm xuống.

Tích hợp hệ thống bản sao kỹ thuật số với công nghệ và chiến lược quản lý trong canh tác có thể tạo ra một hướng đi mới về số hóa trong lĩnh vực nông nghiệp. Các chiến lược quản lý có thể được cải thiện và tối ưu hóa bằng cách cung cấp các dự báo

đáng tin cậy dựa trên các thông số chính trong các cặp bản sao kỹ thuật số. Hệ thống bản sao kỹ thuật số không chỉ có thể hoạt động như một hệ thống quản lý mà còn có thể được sử dụng để cách mạng hóa các chiến lược quản lý trang trại nông nghiệp. Ví dụ, bản sao kỹ thuật số đã được áp dụng trong nhà kính để khám phá, phân tích và trích xuất hành vi của nông dân. Dữ liệu cảm biến được phân tích bằng cách sử dụng các kỹ thuật học sâu để thiết lập các mô hình ra quyết định nhằm nhân rộng kinh nghiệm của các chuyên gia nổi tiếng để chuyển giao cho nông dân mới. Người ta thấy giải pháp này có thể cải thiện các chiến lược kiểm soát và quản lý trong canh tác cây trồng.

Ngoài ra, việc sử dụng hệ thống bản sao kỹ thuật số làm hệ thống hỗ trợ quyết định có thể mang lại lợi ích và được áp dụng cho các ứng dụng canh tác cây trồng, tối ưu hóa sản phẩm và hiệu suất hệ thống trang trại. Một mô hình bản sao kỹ thuật số đã được thực hiện trong nông nghiệp bền vững để giám sát và kiểm soát chất lượng sản phẩm, điều chỉnh các điều kiện môi trường, xác định dự báo và các kịch bản hỗ trợ quyết định. Do đó, chất lượng sản xuất cây trồng có thể được cải thiện do phân tích chi tiết và kiểm soát sự phát triển của cây trồng, và hiệu quả của các trang trại có thể được cải thiện do tự động hóa các quy trình hỗ trợ quyết định thông qua khái niệm bản sao kỹ thuật số đã phát triển. Bản sao kỹ thuật số cùng với các mô hình dự báo đã có thể cung cấp phản hồi cho nông dân để có kịch bản ra quyết định

2.3.3 Bản sao kỹ thuật số ứng dụng trong quy trình sau thu hoạch

Quá trình sau thu hoạch là một giai đoạn nông sản sau khi thu hoạch cho đến khi tiêu thụ sản phẩm có thể bao gồm nhiều khâu như: vận chuyển, làm khô, làm mát, bảo quản... Thông qua các phương pháp canh tác kỹ thuật số, quy trình sau thu hoạch có thể được hưởng lợi từ việc giảm thất thoát, cải thiện việc giám sát và tối ưu hóa quá trình chế biến thực phẩm, điều kiện bảo quản, tiếp thị, phân phối và vận chuyển.

Trong giai đoạn sau thu hoạch, các giải pháp kỹ thuật số cho phép giám sát chuỗi cung ứng nông sản thực phẩm theo thời gian thực để tăng cường độ bền vững và khả năng phục hồi của chuỗi cung ứng, đồng thời giảm thất thoát và lãng phí thực

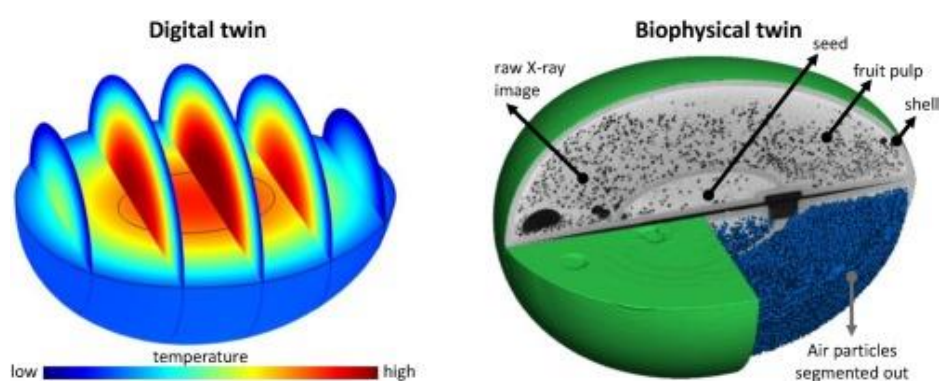
phẩm. Các công nghệ số có thể dùng trong giai đoạn này có thể kể đến như các nền tảng IoT hỗ trợ giảm thất thoát lương thực trong quá trình chế biến sau thu hoạch và theo dõi sản phẩm thông qua chuỗi cung ứng thực phẩm. Công nghệ AI và phân tích dữ liệu lớn cho phép xử lý, tối ưu hóa và quản lý dữ liệu trong các giai đoạn sau thu hoạch lương thực và cây trồng, đồng thời giảm lãng phí và cải thiện lợi nhuận tổng thể. Giải pháp công nghệ số hỗ trợ giám sát và kiểm soát các chỉ tiêu chất lượng của thực phẩm và nông sản trong quá trình chế biến sau thu hoạch... Tuy nhiên, các điều kiện môi trường khác nhau, các yếu tố chế biến và các tính năng động của sản phẩm nông nghiệp (ví dụ: hình dạng, kích thước), các thông số môi trường (ví dụ: nhiệt độ, độ ẩm), xử lý, vận chuyển và bảo quản sản phẩm có ảnh hưởng lớn đến chất lượng của quá trình sau thu hoạch.

Để khắc phục những vấn đề trên, phương pháp tiếp cận bản sao kỹ thuật số đã được sử dụng trong chế biến sau thu hoạch để liên tục theo dõi sản phẩm và cập nhật các công đoạn chế biến. Bản sao kỹ thuật số có thể giúp củng cố hệ thống kiến thức về bảo quản và chế biến sản phẩm nông nghiệp.

Bản sao kỹ thuật số trong quy trình sau thu hoạch có thể được định nghĩa là một đại diện kỹ thuật số của các sản phẩm nông nghiệp đã thu hoạch dựa trên thông tin thu thập được từ các sản phẩm. Ở đây, bản sao kỹ thuật số về chế biến thực phẩm có thể bao gồm: (I) dữ liệu được thu thập từ một hệ thống vật lý (hoạt động của quy trình thực phẩm) bằng các cảm biến đo lường các thuộc tính và biến số của sản phẩm và các thông số môi trường, (II) một nền tảng IoT để cung cấp cảm biến giao tiếp, lưu trữ dữ liệu và phân tích dữ liệu lớn, máy tính hiệu suất cao, (III) một nền tảng mô phỏng sử dụng dữ liệu đầu vào từ hệ thống vật lý để tối ưu hóa, thử nghiệm và xác nhận các mô hình, đồng thời cung cấp hỗ trợ quyết định trong thế giới ảo.

Để có lợi cho việc chế biến thực phẩm bằng cách phát triển các mô hình bản sao kỹ thuật số, điều quan trọng là phải bao gồm thông tin chính xác đại diện cho các quy trình sản xuất của sản phẩm, ví dụ: thiết bị, lao động và tạo ra các mô hình thực tế với tất cả các ranh giới và rào cản hiện gặp phải.

Trong [3], một bản sao kỹ thuật số của quả xoài đã được phát triển để mô phỏng và xác định các hành vi nhiệt và hóa sinh liên quan của quả thông qua chuỗi cung ứng sau thu hoạch. Trong nghiên cứu này, nhiệt độ không khí môi trường làm đầu vào đã được xem xét và các điều kiện chuỗi cung ứng thực tế được mô phỏng. Tác động của tốc độ không khí cao hơn đến tuổi thọ bảo quản, chiều dài dây chuyền lạnh và nhiệt độ không khí phân phối lên chất lượng trái cây cũng được xem xét trong mô hình này. Từ kết quả nghiên cứu, bản sao kỹ thuật số cho phép theo dõi và dự đoán tổn thất chất lượng trái cây phụ thuộc vào nhiệt độ, cải thiện quy trình làm lạnh và hậu cần, do đó, nó có thể giảm thất thoát thực phẩm. Hơn nữa, bản sao kỹ thuật số có thể giúp dự báo thời hạn sử dụng của các sản phẩm nông nghiệp thông qua dây chuyền bảo quản.



Hình 2. 3 Ứng dụng bản sao kỹ thuật số theo dõi sau thu hoạch xoài

Bài báo [16] đề xuất một mô hình bản sao kỹ thuật số cho chuỗi cung ứng thực phẩm tổng quát. Bản sao kỹ thuật số được phát triển của họ bao gồm: (I) một mạng dựa trên kiến thức từ khách hàng, nhà cung cấp và nhà máy, (II) một số thông số, ví dụ: trong sản xuất, vận chuyển, kho hàng, tìm nguồn cung ứng, chi phí vận chuyển và chính sách, (III) các thông số vận hành khác nhau, ví dụ, nhu cầu, chất lượng, hàng tồn kho mục tiêu và công suất của phương tiện. Tác giả thấy rằng bản sao kỹ thuật số được phát triển có thể được sử dụng để tối ưu hóa, mô phỏng và phân tích những thay đổi về hoạt động và hiệu suất trong chuỗi cung ứng thực phẩm.

Quá trình xử lý sau thu hoạch đã được cải thiện thông qua việc áp dụng các giải pháp kỹ thuật số trong vài năm qua. Tuy nhiên, việc sử dụng mô hình bản sao kỹ

thuật số đang được chú ý nhiều hơn trong chế biến thực phẩm sau thu hoạch do dự đoán chất lượng sản phẩm trong tương lai và giảm chi phí. Bản sao kỹ thuật số của quy trình sau thu hoạch có thể được phát triển để tạo mô hình, tối ưu hóa, đại diện và mô tả đặc điểm của thiết kế và các thông số vận hành như chất lượng, an toàn, thành phần, thời hạn sử dụng và tình trạng sản phẩm.

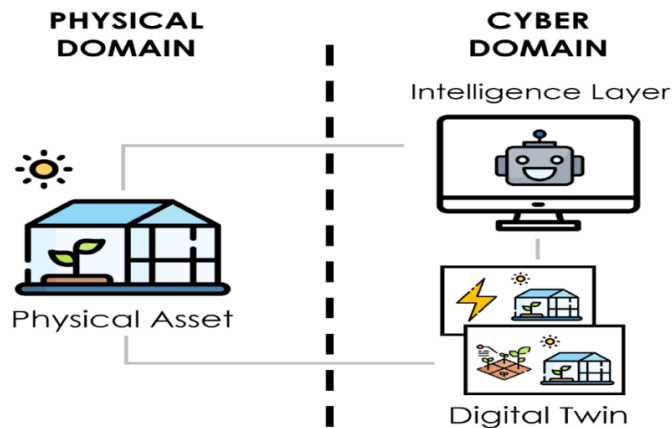
2.3. Kiến trúc bản sao kỹ thuật số trong nông nghiệp

Như phân tích bên trên, bản sao kỹ thuật số có thể sử dụng trong nhiều hoạt động khác nhau trong lĩnh vực sản xuất nông nghiệp. Tuy vậy, trong nông nghiệp thì quá trình sản xuất nông nghiệp (quá trình canh tác: nuôi, trồng) luôn đóng một vai trò có tính quyết định. Trong nội dung này, học viên sẽ nghiên cứu, phân tích kiến trúc bản sao kỹ thuật số mang tính điển hình hỗ trợ quá trình sản xuất nông nghiệp để làm rõ hơn việc ứng dụng công nghệ số trong hỗ trợ sản xuất theo hướng nông nghiệp thông minh.

Bản sao kỹ thuật số trong nông nghiệp cơ bản cũng có kiến trúc dựa trên mô hình kiến trúc hệ thống bản sao kỹ thuật số nói chung đã đề cập trong chương 1 của luận văn. Các điểm đặc trưng ở đây là các đối tượng được giám sát là các đối tượng của sản xuất nông nghiệp và có vòng đời sống sinh học phụ thuộc rất nhiều vào các yếu tố môi trường tự nhiên.

Kiến trúc bản sao kỹ thuật số trong nông nghiệp gồm:

- Physical Asset: Hệ thống mục tiêu để tối ưu hóa thông qua kiến trúc DT
- Intelligence Layer: Lưu trữ các quy tắc và kiến thức để lựa chọn trong số các lựa chọn thay thế được thử nghiệm trong DT
- Digital Twin: Hệ thống ảo được đồng bộ hoá với trạng thái của Physical Asset chịu trách nhiệm đánh giá các tình huống xảy ra khác nhau để có thể tối ưu hoá hệ thống



Hình 2. 4 Kiến trúc bản sao kỹ thuật số trong nông nghiệp

2.4. Ứng dụng bản sao kỹ thuật số trong nông nghiệp trên thế giới và ở Việt Nam

2.4.1 Trên thế giới:

Nhiều thành phố trên thế giới đang phát triển mô hình nông nghiệp thông minh bao gồm nông nghiệp theo chiều dọc, nhà kính thông minh và nông nghiệp mở dựa trên kết nối vạn vật (IoT) kết hợp với đội ngũ nông dân trẻ tuổi tri thức cao có khả năng tiếp cận với công nghệ GPS, quản lý nhiệt độ, hệ thống tưới nước tự động, nông nghiệp chính xác, quản lý dữ liệu để có thể làm biến đổi hệ thống sản xuất lương thực phẩm truyền thống. Nông nghiệp theo chiều dọc và nông nghiệp đô thị nói chung có lợi ích đáng kể cho các khu vực có nguồn lực để đầu tư. Tuy nhiên, giải pháp đơn lẻ này không giải quyết một vấn đề lớn hơn, như giúp mọi người tiếp cận đủ thực phẩm bổ dưỡng. Nông nghiệp theo chiều dọc không phải là giải pháp để giải quyết nạn đói trên toàn thế giới, nhưng chắc chắn là một phần không thể thiếu của giải pháp tổng thể. Năm 2017, thế giới đầu tư 10,1 tỉ USD vào công nghệ thực phẩm nông nghiệp, trong đó có 200 triệu USD tài trợ cho hình thức nông nghiệp theo chiều dọc. Rõ ràng, nông nghiệp đô thị đang và sẽ là một thành phần thiết yếu trong cách mà các quốc gia và thành phố tái cấu trúc hệ thống để có được nguồn cung cấp thực phẩm tươi sống sẵn có hơn, linh hoạt hơn và thân thiện hơn với môi trường.

Nhằm đảm bảo an toàn lương thực thực phẩm cho đô thị, nhiều thành phố trên thế giới bắt đầu thực hiện chính sách khuyến khích sự tăng trưởng của nông nghiệp đô

thị như một phần quan trọng của hệ thống lương thực phẩm địa phương, đặc biệt là sau khủng hoảng do đại dịch gây ra. Chẳng hạn, New York (Mỹ) đã có chính sách đầu tư 2 triệu USD để toàn bộ nhà hoặc khu phố thử nghiệm các công nghệ canh tác đô thị. Nhiều thành phố khác đã thông qua các quy tắc phân vùng và bắt đầu các chương trình để thúc đẩy mở rộng nông nghiệp đô thị. Tại Paris, sáng kiến thành phố có tên "Parisculteurs" hướng đến mục đích bao phủ mái nhà và tường với 100 héc ta không gian xanh đến năm 2020 và dành một phần ba không gian đó cho sản xuất thực phẩm. Các nhà khoa học Singapore khuyến khích phát triển trang trại đô thị như một phần của yêu cầu xây dựng xanh. Một số chuyên gia cho rằng, canh tác theo chiều dọc sẽ trở nên phổ biến trong đô thị thông minh của tương lai. Mô hình này đã được thử nghiệm thông minh ở Singapore, cây được trồng trong các tòa nhà cao tầng, cho lợi ích rất rộng, công nghệ rất mạnh và kết quả tốt. Nông nghiệp theo chiều dọc có những lợi thế mới, như sản xuất cây trồng quanh năm, không mất mùa liên quan đến thời tiết do hạn hán, lũ lụt, sâu bệnh; phương pháp hữu cơ, không thuốc diệt cỏ, thuốc trừ sâu hoặc phân bón; giảm đáng kể việc sử dụng nhiên liệu động cơ đầu tư cho máy kéo, máy cày, vận chuyển; cắt giảm vận chuyển, bảo vệ lương thực trong giai đoạn từ nông trại đến người tiêu dùng.

Ở Chicago, Mỹ, nông trại theo chiều dọc đang mọc lên ở các khu vực đô thị, một số trong các tòa nhà cũ đã được tái sử dụng cho nông nghiệp. Hoặc như ở New Jersey, một công ty nông nghiệp trong nhà đã thực hiện kế hoạch đột phá bằng một trang trại theo chiều dọc rộng 78.000 mét vuông, trồng 12 tầng rau diếp lá đỏ, cải xoăn, cải chíp, và các loại rau khác. Lợi ích lớn nhất của canh tác theo chiều dọc là bảo tồn nước. Hệ thống thủy canh và khí canh chỉ cung cấp lượng nước vừa đủ và được tuần hoàn nhờ hệ thống. Trung bình, các trang trại và nhà kính trong nhà sử dụng nước ít hơn ít nhất 70% so với cách thức trồng rau truyền thống. Mặt khác, chi phí vận chuyển có thể dễ dàng hơn, nên sản phẩm rau khi đến người tiêu dùng sẽ vẫn còn giữ độ tươi nguyên, ít bị bỏ đi do hư hỏng.

- Một số giải pháp điển hình

Bản chất phi tập trung và đa dạng của các mô hình canh tác đô thị là một yếu tố đóng góp chính cho ngành công nghiệp hiện đang đổi mới nhanh chóng và có khả năng trở thành một nguồn sản xuất thực phẩm bền vững. Những tiến bộ trong quy hoạch nông nghiệp đô thị đang diễn ra một cách từ từ. Các thành phố, cộng đồng, các ngành đang bắt tay để phát huy lợi thế của nông nghiệp - một phần không thể thiếu của thành phố thông minh.

Phát triển theo chiều dọc là bước đột phá trong sản xuất nông nghiệp, có 3 hướng áp dụng công nghệ chính là thủy canh; hệ thống canh tác thủy sản và tháp canh tác. Trang trại đô thị có thể đơn giản như khu vườn truyền thống ngoài trời, hoặc phức tạp như nông trại theo chiều dọc trong nhà, mà ở đó người nông dân hướng về phát triển không gian ba chiều. Những nông trang tương lai phức tạp này có thể được cấu hình theo một số cách, nhưng hầu hết trong số chúng chứa các hàng giá đỡ được lót bằng cây trồng trong đất, nước giàu dinh dưỡng hoặc đơn giản là không khí. Mỗi tầng được trang bị ánh sáng UV để mô phỏng hiệu ứng của mặt trời. Không giống như thời tiết khó lường của canh tác ngoài trời, trồng trong nhà cho phép nông dân điều chỉnh các điều kiện để tối đa hóa sự tăng trưởng.

Điểm đáng chú ý, Infarm - một công ty khởi nghiệp có trụ sở tại Berlin (Đức) xây dựng hệ thống nông nghiệp đô thị theo một cách thức khác, đó là trang trại mô-đun được đặt tại các địa điểm hướng tới khách hàng, như trường học, cửa hàng tạp hóa, nhà hàng và trung tâm mua sắm, cho phép khách hàng tự chọn sản phẩm. Đối tác của Infarm cũng có thể thêm nhiều mô-đun nếu muốn tăng sản lượng canh tác, trong khi việc sản xuất được theo dõi và kiểm soát thông qua nền tảng dựa trên đám mây. Về cơ bản, toàn bộ hoạt động canh tác theo phương thức này được xem là một dịch vụ, kết hợp phân tích IoT, Big Data và phân tích đám mây. Infarm hiện đang hợp tác với 25 nhà bán lẻ thực phẩm ở Mỹ, Pháp, Thụy Sĩ như Migros, Casino, Intermarche, Auchan, Selgros và AmazonFresh với tổng cộng hơn 200 trang trại tại cửa hàng, 150 trang trại trong các trung tâm phân phối. Năm 2019, Infarm đã huy động được 100 triệu USD để mở rộng các nhóm nghiên cứu và phát triển, bán hàng, vận hành.

- Một số giải thưởng nổi bật hướng này:

Bản sao kỹ thuật số cho nông nghiệp thông minh của Viện Công nghiệp Thông tin Đài Loan (III) đã được bình chọn vào danh sách Giải thưởng Top 100 nghiên cứu và phát triển công nghệ thế giới (R&D 100 Awards). Thông qua công nghệ “Bản sao kỹ thuật số cho nông nghiệp thông minh”, nông dân có thể chọn các tham số thiết bị dựa trên kinh nghiệm và sự quan sát tại chỗ, ngoài ra còn có thể tiến hành dự đoán mô phỏng trước khi sửa đổi để đưa ra phán đoán tối ưu nhất. Trong công nghệ bản sao kỹ thuật số, trí tuệ nhân tạo (AI) cũng sẽ học hỏi kinh nghiệm và kiến thức của nông dân để đạt được hiệu quả hỗ trợ hoạt động, tối ưu hóa các quyết định. Với ứng dụng này, dự kiến người nông dân có thể giảm bớt 50% chi phí và tăng 30% hiệu quả sản xuất [2]

2.4.2 Việt Nam:

Tại Việt Nam, công cuộc chuyển đổi số trong lĩnh vực Nông nghiệp đang diễn ra mạnh mẽ, nhiều giải pháp ứng dụng công nghệ số vào trong sản xuất nông nghiệp đã được triển khai. Mô hình có tính điển hình trong khai thác các công nghệ số trong sản xuất nông nghiệp là môi trường nhà lưới/nhà kính sản xuất nông nghiệp. Trong các mô hình này người ta dùng rất nhiều các công nghệ số như IoT, AI, Robot, Bigdata để hỗ trợ quá trình canh tác như theo dõi và kiểm soát các thông số môi trường, theo dõi sâu bệnh, thu hoạch tự động..

- List một số doanh nghiệp áp dụng công nghệ số lớn:
 - FPT Software
 - Viettel
 - Tập đoàn công nghệ CMC
 - Tập đoàn Bưu chính Viễn thông Việt Nam – VNPT
 - VNG
- Các doanh nghiệp cung cấp giải pháp lớn:

Sự hình thành các khu nông nghiệp CNC cùng sự tham gia của nhiều doanh nghiệp đã giúp Việt Nam phát triển bước tiếp theo là xây dựng nền nông nghiệp thông minh

với nhiều mô hình sản xuất nông nghiệp mới mẻ. Điển hình là mô hình canh tác lúa thông minh của Tập đoàn Rynan Holding JSC được khởi đầu ở Trà Vinh và đến nay đã lan rộng sang nhiều địa phương khác. Với mô hình này, việc quản lý, kiểm soát được nguồn nước bằng các hệ thống phao và điểm quan trắc nước thông minh. Đồng thời, sử dụng hệ thống bơm tưới thông minh bằng việc điều khiển từ xa qua mạng internet và sử dụng loại phân bón thông minh trong canh tác lúa. Mô hình canh tác lúa thông minh của Tập đoàn Rynan Holding JSC đã giúp giảm trên 30% lượng nước tưới; 50% nhân công, giống, sâu bệnh và trên 40% lượng phân bón, khí nhà kính cũng như giảm tác động do xâm nhập mặn; đồng thời, tăng lợi nhuận gần 20% so canh tác lúa thông thường. Bên cạnh đó là một loạt các mô hình sản xuất nông nghiệp thông minh khác như: Tưới nước thông minh, tự động bằng cảm biến được áp dụng ở Cần Thơ, Bến Tre; Làm phẳng mặt ruộng bằng công nghệ laser được áp dụng tại Long An, An Giang, Bạc Liêu; Mô hình luân canh lúa - tôm vùng ven biển được thực hiện ở Cà Mau, Bạc Liêu, Sóc Trăng, Trà Vinh; Kỹ thuật tưới ướt - khô xen kẽ được thực hiện tại Cần Thơ, Hậu Giang, An Giang, Vĩnh Long, Đồng Tháp, Bạc Liêu...

Tham gia và làm nền tảng cho sự phát triển của nông nghiệp thông minh ở Việt Nam là sự xuất hiện của các nhà ứng dụng công nghệ cung cấp ứng dụng IoT như: Công ty cổ phần dịch vụ công nghệ IoT - IoT Group, Công ty công nghệ DTT, tập đoàn FPT, Công ty Konexy, Công ty Hachi, Công ty Rynan Smart Fertilizer, Công ty TNHH Mimosa Technology, Công ty Microsoft Việt Nam, Agricheck... Cùng với đó là sự góp mặt của hơn 30 nhà sử dụng gồm các tập đoàn, doanh nghiệp, viện nghiên cứu và trường đại học, được tiếp cận với những trang thiết bị, công nghệ tiên tiến đang được nhiều nền nông nghiệp trên thế giới sử dụng hiệu quả như: Bộ cảm biến trong nhà kính, camera theo dõi sinh trưởng cây trồng, bộ điều khiển trung tâm, bộ cảm biến ngoài trời...

- Các địa phương áp dụng nhiều:

Trước những thiệt hại trên và để thích ứng với biến đổi khí hậu, Việt Nam đang nỗ lực học hỏi các nước, đẩy mạnh phát triển nông nghiệp thông minh phù hợp với

điều kiện thực tế trong nước, để hướng đến phát triển một nền nông nghiệp bền vững. Một trong những bước đi chiến lược đầu tiên của Việt Nam là tập trung phát triển nông nghiệp công nghệ cao (CNC). Đây là nền nông nghiệp được ứng dụng kết hợp những công nghệ mới, tiên tiến để sản xuất, nhằm nâng cao hiệu quả, tạo bước đột phá về năng suất, chất lượng nông sản. Theo thống kê, cả nước đã có 5 khu nông nghiệp công nghệ cao ở Hậu Giang, Phú Yên, thành phố Hồ Chí Minh, Lâm Đồng và Bạc Liêu và 46 doanh nghiệp được cấp giấy chứng nhận Doanh nghiệp nông nghiệp ứng dụng CNC. Các khu nông nghiệp ứng dụng CNC chủ yếu tập trung thực hiện hoạt động ứng dụng thành tựu nghiên cứu và phát triển CNC vào lĩnh vực nông nghiệp để thực hiện các nhiệm vụ: Chọn tạo, nhân giống cây trồng, giống vật nuôi cho năng suất, chất lượng cao; Phòng, trừ dịch bệnh; Trồng trọt, chăn nuôi đạt hiệu quả cao; Tạo ra các loại vật tư, máy móc, thiết bị sử dụng trong nông nghiệp; Bảo quản, chế biến sản phẩm nông nghiệp; Phát triển doanh nghiệp nông nghiệp ứng dụng CNC và phát triển dịch vụ CNC phục vụ nông nghiệp. Cùng với đó, gói tín dụng thương mại phát triển nông nghiệp CNC, nông nghiệp sạch đã thu hút hơn 16.800 doanh nghiệp tham gia với khoản đầu tư hơn 39.000 tỷ đồng.

Với phương châm “đi ngay, đi nhanh và đi chính xác, lựa chọn cây trồng, vật nuôi có lợi thế so sánh, công nghệ ứng dụng phù hợp với mục tiêu sản xuất kinh doanh là chính”; Lâm Đồng là địa phương thuộc “TOP” đầu cả nước về nông nghiệp thông minh 4.0. Toàn tỉnh Lâm Đồng hiện có 21 doanh nghiệp đã tiếp cận ứng dụng công nghệ IoT; big data; Blockchain; camera theo dõi sự sinh trưởng của cây, các loại thiết bị cảm biến môi trường, nhà kính có hệ thống tự động điều chỉnh; hệ thống cảm biến kết nối computer, smartphone, công nghệ đèn LED, công nghệ GIS... nhằm tận dụng tối đa lợi thế, phát triển nền nông nghiệp hiện đại. Đến nay, toàn tỉnh Lâm Đồng có gần 200 ha diện tích áp dụng quy trình sản xuất nông nghiệp thông minh 4.0 với những giải pháp phù hợp để tăng năng suất và giá trị sản phẩm cây trồng, vật nuôi; điển hình một số doanh nghiệp như: Công ty Dalat Hasfarm, Công ty cổ phần chè Cầu Đất Đà Lạt,... Sự mạnh dạn và nhanh chóng lựa chọn hướng đi nông nghiệp thông minh đã giúp nông nghiệp Lâm Đồng đạt được nhiều kết quả tích cực. Nhiều

doanh nghiệp, nông dân của tỉnh có thu nhập hàng tỷ đồng; giá trị nông sản cao hơn 1,5-2 lần so với cây trồng canh tác truyền thống; góp phần nâng cao hiệu quả sử dụng đất, nâng cao thu nhập cho nông dân và doanh nghiệp; chi phí lao động giảm, góp phần hạ giá thành sản phẩm, nâng cao năng lực cạnh tranh; kiểm soát được môi trường; đảm bảo cung ứng sản phẩm đáp ứng nông sản an toàn và thúc đẩy các đề án khởi nghiệp phát triển.

Trong các lĩnh vực khác, bản sao kỹ thuật số cũng bắt đầu được nghiên cứu chẳng hạn trong lĩnh vực sản xuất thông minh, đô thị thông minh, vận hành giám sát giao thông.

Mô hình bản **sao kỹ thuật số hầu như chưa được nghiên cứu** bài bản hay triển khai ứng dụng trong lĩnh vực nông nghiệp.

2.5. Ứng dụng bản sao kỹ thuật số giải pháp cho các thách thức đặt ra với nông nghiệp Việt Nam

Nông nghiệp là ngành sản xuất trọng yếu trong cơ cấu kinh tế của Việt Nam. Bên cạnh năng lực sản xuất dựa trên quy mô, Việt Nam đang chú trọng đẩy mạnh phát triển nông nghiệp công nghệ cao nhằm nâng cao năng suất, chất lượng để xây dựng thương hiệu nông sản Việt Nam trên toàn cầu.

Gần đây, trên cơ sở học tập các mô hình sản xuất nông nghiệp tiên tiến của các nước phát triển nhất là Isarel, các doanh nghiệp ở Việt Nam đang triển khai các mô hình sản xuất nông nghiệp trong nhà lưới, nhà kính và bước đầu mang lại một số hiệu quả. Tuy nhiên, mô hình này mới đang triển khai ở quy mô nhỏ với một số loại cây nhất định và chi phí đầu tư khá cao chưa phù hợp với sản xuất nông nghiệp Việt Nam.

Mô hình sản xuất nhà kính thường áp dụng cho một số loại cây trồng vật nuôi ngắn ngày và trong quy mô nhỏ. Rất khó áp dụng mô hình này cho các cây công nghiệp, các diện tích lớn và rải rác nhiều nơi. Việc sử dụng đại trà thiết bị IoT đòi hỏi chi phí cao về thiết bị, thiết bị dễ hỏng hóc trong điều kiện môi trường Việt Nam nên tăng chi phí của nhà sản xuất.

Sản xuất nông nghiệp ở VN rất đa dạng các loại cây trồng, vật nuôi. Các giống cây trồng vật nuôi công nghệ cao thường phức tạp, yêu cầu tuân thủ chặt chẽ. Nếu không nắm được quy trình cụ thể cho từng đối tượng sẽ khó kiểm soát quá trình. Các kinh nghiệm sản xuất của người nông dân Việt Nam không thể đáp ứng các yêu cầu này.

Trong công đoạn sản xuất giống, Việt Nam còn phụ thuộc khá nhiều vào nhập từ nước ngoài (ví dụ tôm giống). Giống là một khâu quan trọng trong đảm bảo chất lượng sản phẩm và mang lại lợi nhuận lớn. Nếu một nền nông nghiệp tiềm năng lớn như Việt Nam phụ thuộc vào giống từ nước ngoài sẽ mất đi nhiều ưu thế.

Nguồn lao động nông nghiệp của Việt Nam dồi dào nhưng những người có tay nghề cao rất hạn chế, khả năng tiếp cận công nghệ mới còn hạn chế, khó tham gia chuỗi sản xuất nông nghiệp công nghệ cao. Trong khi đó công tác đào tạo nhân công lao động tốn nhiều nguồn lực trong khi nguồn lao động này cũng dễ biến động.

Trong bối cảnh đó, học viên nhận thấy việc sử dụng công nghệ bản sao kỹ thuật số có thể giải quyết các thách thức trên, ý tưởng thực hiện bản sao kỹ thuật số như sau:

- Chuyển đổi số các đối tượng cây con và các quy trình sản xuất lên môi trường cloud, lập lịch chi tiết theo các hoạt động sản xuất,
- Ứng dụng linh hoạt (Adaptive) giữa nhân công và Internet vạn vật (IoT: Internet of Things) phù hợp với bài toán cụ thể trong việc thu thập dữ liệu từ môi trường thực tế,
- Đưa kỹ thuật dự báo với sự hỗ trợ của trí tuệ nhân tạo (AI: Artificial Intelligent) để kiểm soát bất thường,
- Giám sát sự tuân thủ của hoạt động thực tế với quy trình số nhằm phát hiện sai lệch.

Với một giải pháp mang đặc tính mô hình nền tảng (platform) hỗ trợ bản sao kỹ thuật số cho nhiều đối tượng như cây trồng, vật nuôi, ao, vườn, trang trại.. khác nhau sẽ giúp giải quyết các thách thức gặp phải bên trên:

- Với việc sản xuất giống: Nhà sản xuất có thể cài đặt nhiều quy trình số có sự điều chỉnh nhỏ áp dụng cho một loại giống cây trồng/vật nuôi, triển khai cho nhiều mẻ giống khác nhau. Trên cơ sở dữ liệu quan sát đầu ra của các mẻ giống này nhà sản xuất giống sẽ tìm ra quy trình tối ưu. Giải pháp bản sao kỹ thuật số cho phép thực hiện nhiều thử nghiệm đồng thời, các quy trình được kiểm soát chặt chẽ, chi tiết.. tránh được sự phức tạp trong sản xuất giống truyền thống.
- Bản sao kỹ thuật số giúp việc canh tác các cây trồng vật nuôi bám sát các quy trình chuẩn (dựa trên các nhắc nhở từ hệ thống ảo đến người nông dân hay việc ra lệnh cho máy móc). Việc này hướng đến hoạt động sản xuất nông nghiệp chính xác có tác dụng đảm bảo năng suất và chất lượng sản phẩm đầu ra.
- Với sự linh hoạt giữa áp dụng thiết bị IoT và nhân công trong điều kiện cụ thể (Ví dụ với việc canh tác cây công nghiệp dài ngày tại khu vực không có điện/internet) sẽ khắc phục được các hạn chế về điều kiện triển khai các công nghệ cao. Đồng thời, giúp khai thác nguồn nhân công có sẵn thay thế cho các thiết bị tự động đắt tiền và chưa khả thi.
- Bản sao kỹ thuật số của đối tượng nông nghiệp hoạt động trên môi trường số như đối tượng sống nông nghiệp (cây/con), có khả năng sinh ra các lời nhắc và hướng dẫn nhân công thực hiện các tác vụ cụ thể. Chức năng này nếu được sử dụng sẽ giúp việc đào tạo nguồn lao động nông nghiệp dễ dàng hơn, giải quyết được vấn đề thiếu lao động trong sản xuất nông nghiệp.

2.6. Kết luận chương

Việc sử dụng công nghệ bản sao kỹ thuật số đã giúp các nhà quản lý trang trại nông nghiệp nâng cao hiệu quả, sản lượng và giảm tổn thất. Bản sao kỹ thuật số được coi như là thế hệ tiếp theo của số hóa trong lĩnh vực nông nghiệp.

Mô hình bản sao kỹ thuật số có thể được sử dụng cho giám sát đất và tưới tiêu, canh tác, robot và máy móc nông trại cũng như chế biến thực phẩm sau thu hoạch. Việc triển khai các công nghệ hiện đại, chẳng hạn như AI, các mô hình thống kê và tối ưu hóa tiên tiến, phân tích dữ liệu lớn và mô phỏng ba chiều, mang lại nhiều khả năng cải tiến hơn nữa trong quản lý trang trại. Với thông tin liên tục và thời gian thực về các tài sản nông nghiệp, các mô hình ảo có thể dự đoán và giải quyết các vấn đề chưa thấy trên đồng ruộng. Nó có thể hỗ trợ nông dân giảm áp lực kinh tế lên ngành nông nghiệp và các vấn đề lao động, đồng thời giúp các nhà hoạch định chính sách chịu trách nhiệm về an ninh lương thực và bảo vệ môi trường, hướng tới củng cố ngành nông nghiệp.

Bản sao kỹ thuật số đã và đang được ứng dụng rộng rãi trong lĩnh vực nông nghiệp ở các nước tiên tiến nhưng hầu như chưa được nghiên cứu bài bản cũng như ứng dụng tại Việt Nam.

Chương tiếp theo học viên sẽ thực hiện xây dựng thử nghiệm mô hình bản sao kỹ thuật số trong nông nghiệp nhằm kiểm nghiệm khả năng thiết kế, thực hiện và triển khai giải pháp, kiểm nghiệm tính khả thi, phát hiện các vấn đề đặt ra cần giải quyết trong quá trình ứng dụng bản sao kỹ thuật số trong NN để có các khuyến nghị phù hợp.

CHƯƠNG 3: NGHIÊN CỨU THỬ NGHIỆM ÁP DỤNG BẢN SAO KỸ THUẬT SỐ CHO MÔ HÌNH TRANG TRẠI

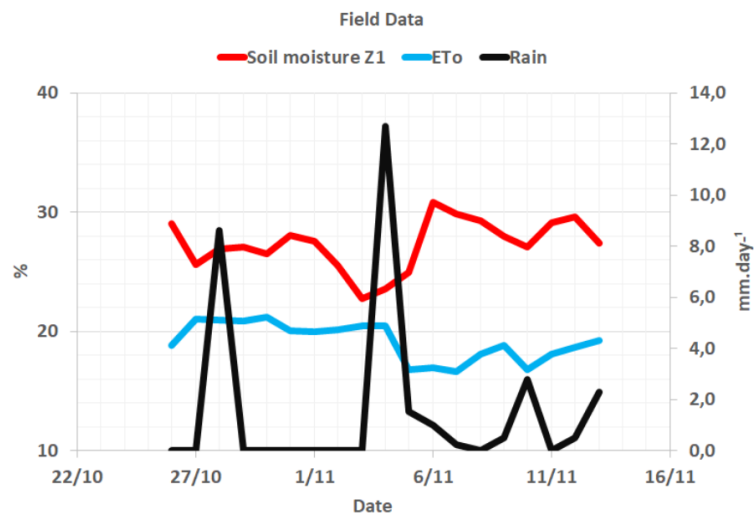
Chương này, học viên đề xuất một mô hình thử nghiệm bản sao kỹ thuật số cho mô hình trang trại thu nhỏ. Qua việc phân tích, thiết kế, thử nghiệm hệ thống học viên sẽ kiểm chứng lại tính khả thi trong triển khai một giải pháp bản sao kỹ thuật số cho nông nghiệp đồng thời đưa ra các khuyến nghị.

3.1. Mục tiêu thử nghiệm

- Hiểu sâu hơn về các lý thuyết về hệ thống bản sao kỹ thuật số đã trình bày ở các chương trước,
- Kiểm nghiệm các công nghệ liên quan và các vấn đề trong phát triển, tích hợp mô hình bản sao kỹ thuật số,
- Đưa ra các đề xuất khuyến nghị

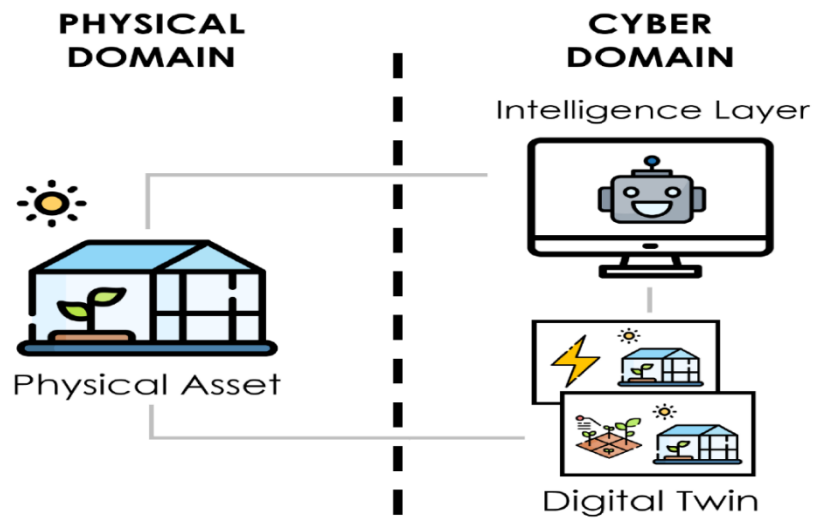
3.2. Xác định yêu cầu bài toán

- Xây dựng mô hình bản sao kỹ thuật số cho mô hình trang trại thu nhỏ. Có thể giám sát và điều khiển từ xa các thông số môi trường sản xuất



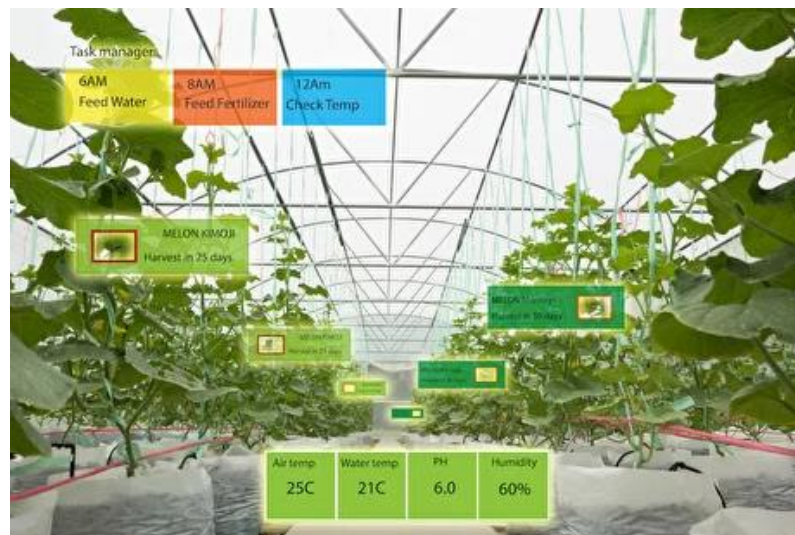
Hình 3. 1 Biểu đồ dữ liệu

- Mô hình kiến trúc tuân thủ mô hình hệ thống bản sao kỹ thuật số



Hình 3. 2 Mô hình kiến trúc hệ thống bản sao kỹ thuật số trong nông nghiệp

- Giao diện người dùng trực quan, dễ dùng



Hình 3. 3 Ví dụ về giao diện người dùng

- Chủ động chế tạo thiết bị và phát triển phần mềm

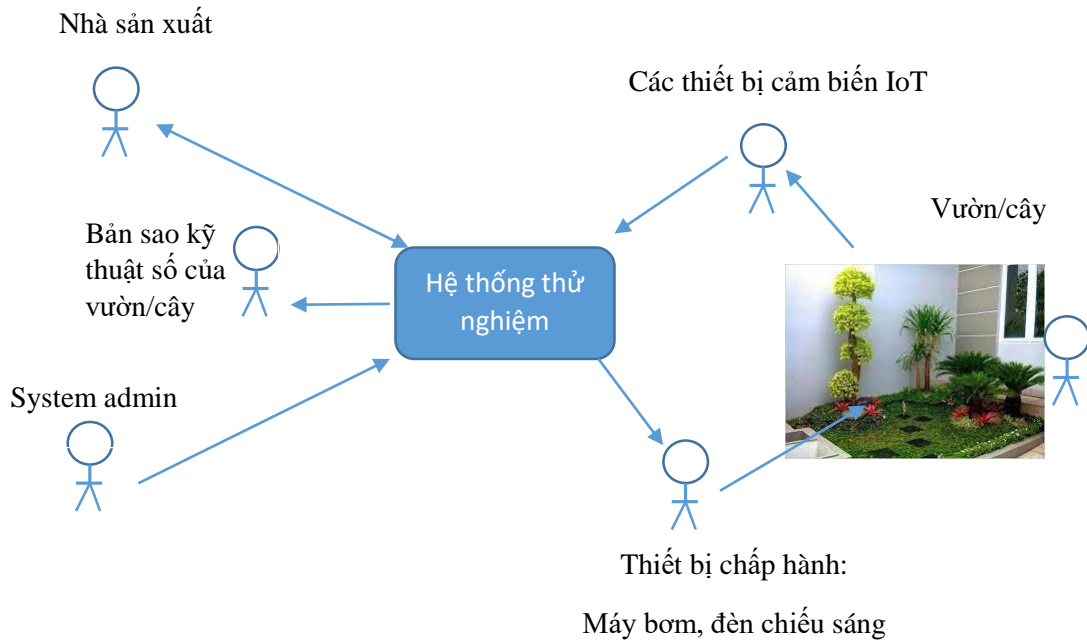
3.3. Xây dựng mô hình triển khai cho hệ thống

3.3.1 Các tác nhân

Giải pháp thử nghiệm gồm các tác nhân chính sau:

- Nhà sản xuất (người chủ của các khu vực canh tác)

- Cây trồng (các đối tượng sống cần giám sát)
- Hệ thống cảm biến IoT thu thập thông tin
- Hệ thống chấp hành (bật/tắt các thiết bị điều khiển thông số môi trường)
- Bản sao kỹ thuật số của đối tượng sống trên không gian số (dưới dạng 3D)
- Quản trị hệ thống (theo dõi hoạt động của hệ thống kỹ thuật)



Hình 3. 4 Các tác nhân của hệ thống bản sao kỹ thuật số trong nông nghiệp

3.3.2 Đặc tả các yêu cầu chức năng

Trong hệ thống gồm các chức năng sau:

- Đăng nhập/Đăng xuất
- Bật/tắt bóng đèn chiếu sáng
- Bật/tắt máy bơm nước
- Thu thập thông tin môi trường vườn cây
- Xem thông tin cây trồng

3.3.3 Đặc tả chi tiết các chức năng hệ thống

- Đăng nhập

Chức năng cho phép người dùng đăng nhập vào hệ thống.

Bảng 3.1: Kịch bản đăng nhập

STT	Tác nhân (Actor)	Hành động (Action)	Đầu ra (Output)
1	SystemAdmin, Nhà sản xuất	Kiểm tra xác thực tài khoản: - Người dùng đăng nhập hệ thống với tài khoản và quyền được cấp - Hệ thống xác thực quyền truy cập	- Thông báo cho người dùng nếu tài khoản không hợp lệ - Vào trang chủ nếu tài khoản hợp lệ

- Bật tắt bóng đèn chiếu sáng

Chức năng cho phép người dùng bật/tắt bóng đèn chiếu sáng cây trồng khi cây thiếu ánh sáng.

Bảng 3.2: Kịch bản Bật/tắt bóng đèn chiếu sáng

STT	Tác nhân (Actor)	Hành động (Action)	Đầu ra (Output)
1	System admin, Nhà sản xuất	- Đăng nhập hệ thống - Người dùng vào giao diện web của hệ thống và click vào Button Bật/Tắt đèn	- Button Bật/Tắt bóng đèn trên giao diện web 3D hiển thị và bóng đèn ảo cũng bật/tắt theo - Hệ thống gửi yêu cầu điều khiển lên server
2	Bóng đèn	- Bóng đèn nhận được lệnh điều	- Bóng đèn được bật tắt theo yêu cầu của hệ thống

		kiểm của hệ thống	
--	--	-------------------	--

- Bật/tắt máy bơm nước

Chức năng cho phép người dùng bật/tắt máy bơm nước để tưới cho cây trồng khi độ ẩm đất không đủ.

Bảng 3.3: Kịch bản Bật/Tắt máy bơm nước

STT	Tác nhân (Actor)	Hành động (Action)	Đầu ra (Output)
1	System admin, Nhà sản xuất	- Người dùng vào giao diện web của hệ thống và click vào Button Bật/Tắt máy bơm nước	- Button Bật/Tắt máy bơm nước trên giao diện web 3D hiển thị và máy bơm nước ảo cũng bật/tắt theo - Hệ thống gửi yêu cầu điều khiển lên server
2	Máy bơm nước	- Máy bơm nước nhận được lệnh điều khiển của hệ thống	- Máy bơm nước được bật tắt theo yêu cầu của hệ thống

- Xem thông tin cây trồng (Nhiệt độ, độ ẩm đất, ánh sáng)

Chức năng cho phép người dùng xem thông tin từng loại cây trồng khi click vào loại cây đó.

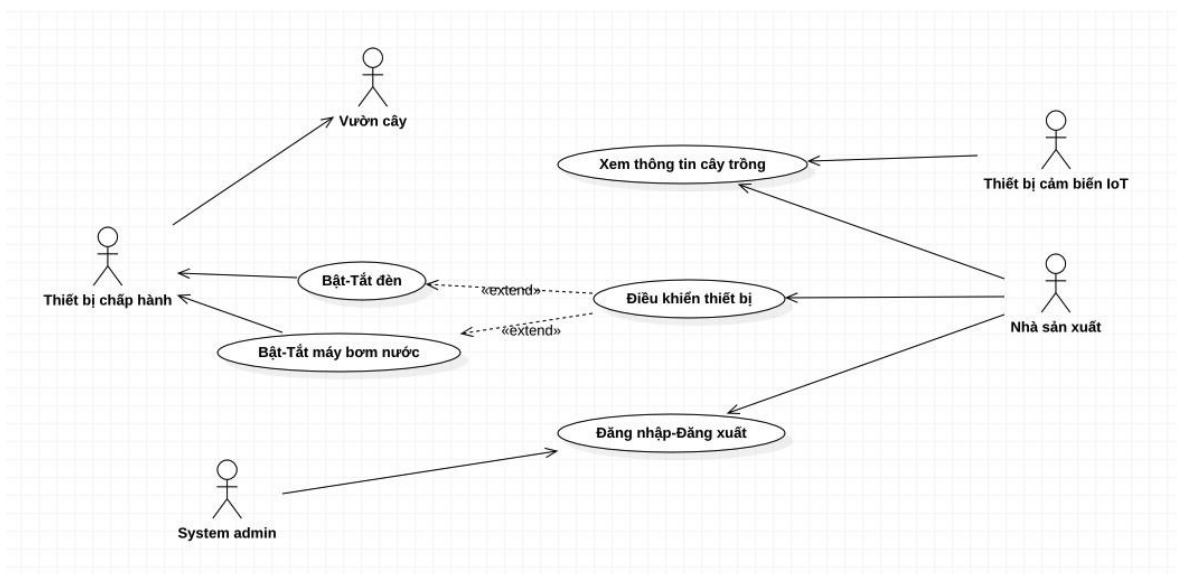
Bảng 3.4: Kịch bản xem thông tin cây trồng

STT	Tác nhân (Actor)	Hành động (Action)	Đầu ra (Output)
1	Các thiết bị cảm biến IoT	- Các thiết bị cảm biến IoT đo Nhiệt	- Các thiết bị cảm biến IoT lấy thông tin từ cây

		độ, độ ẩm đất, ánh sáng của cây trồng	trồng
2	Vườn cây trồng	- Thông tin của cây trồng được đo bởi các thiết bị IoT	- Thông tin của cây trồng được gửi lên server
1	System admin, Nhà sản xuất	- Người dùng vào giao diện web của hệ thống và click vào từng loại cây muốn xem thông tin	- Hệ thống gửi yêu cầu lên server. - Giao diện web 3D hiển thị bảng thông tin của cây trồng được chọn với dữ liệu được lấy từ server.

3.3.4 Thiết kế chức năng

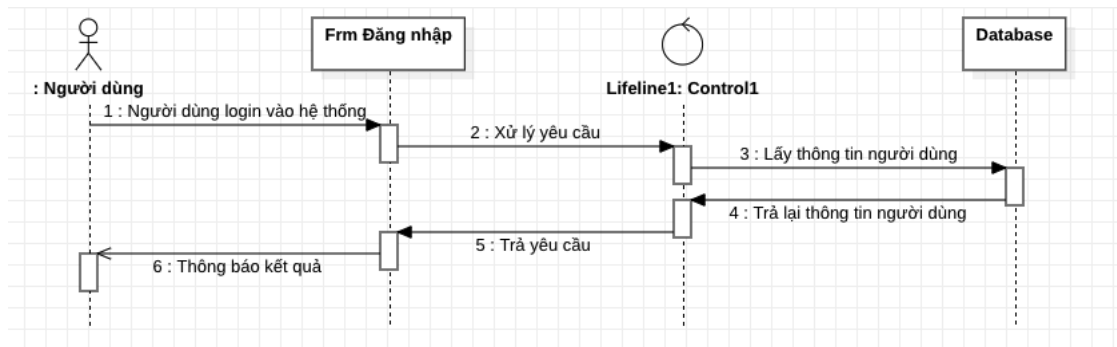
a. Biểu đồ usecase



Hình 3. 5 Biểu đồ usecase

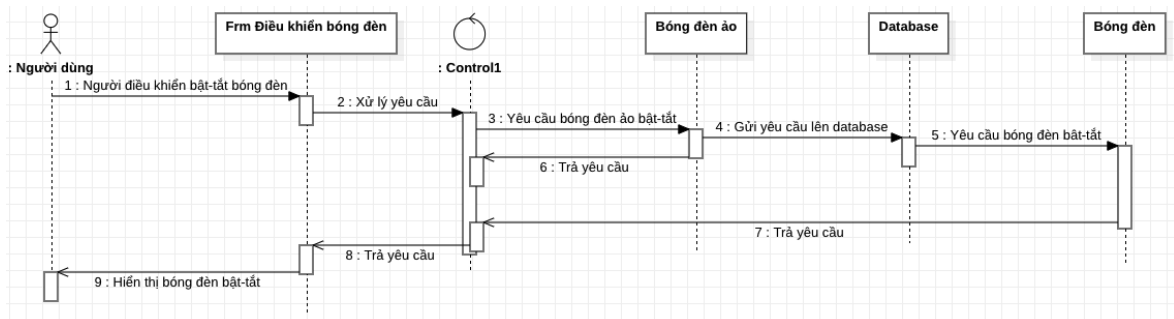
b. Biểu đồ tuần tự

❖ Biểu đồ tuần tự chức năng đăng nhập



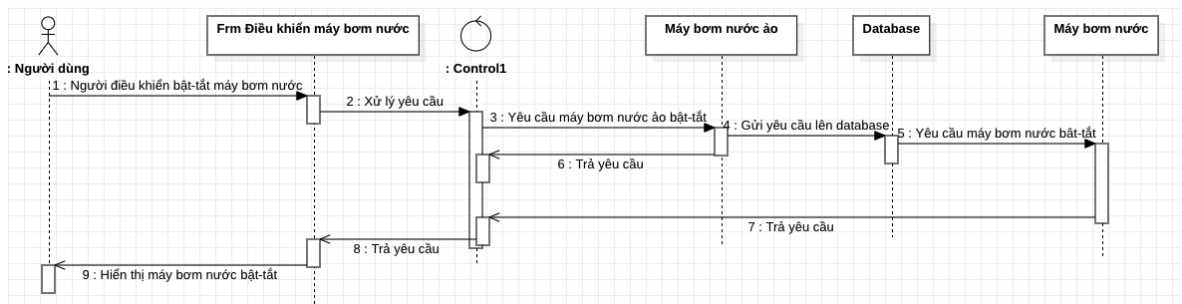
Hình 3. 6 Biểu đồ tuần tự chức năng đăng nhập

❖ **Biểu đồ tuần tự chức năng bật tắt đèn chiếu sáng.**



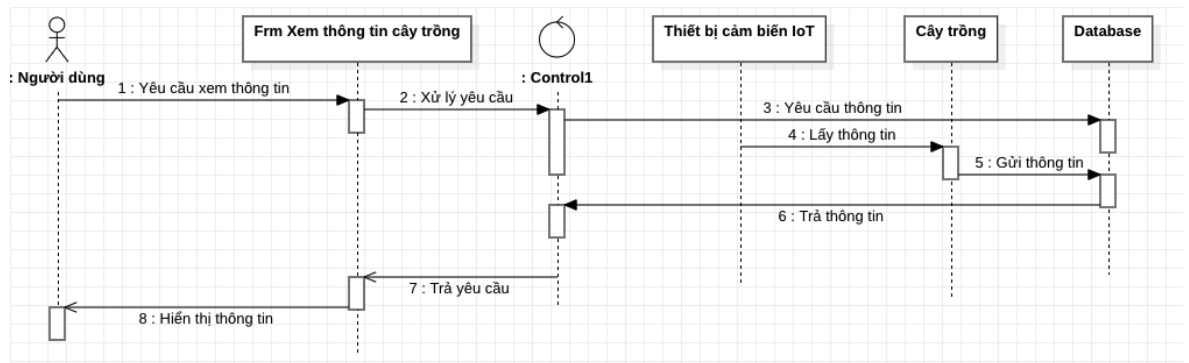
Hình 3. 7 Biểu đồ tuần tự chức năng bật tắt đèn chiếu sáng

❖ **Biểu đồ tuần tự chức năng bật/tắt máy bơm nước**



Hình 3. 8 Biểu đồ tuần tự chức năng bật tắt máy bơm nước

❖ **Biểu đồ tuần tự chức năng xem thông tin từng loại cây trồng.**



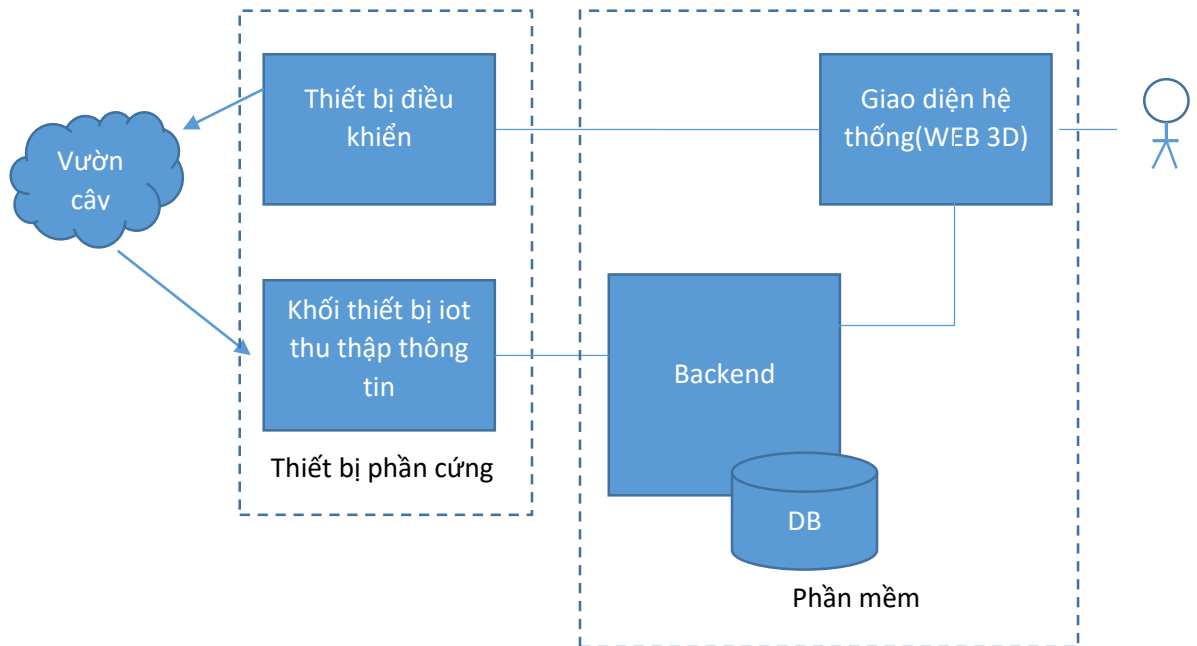
Hình 3. 9 Biểu đồ tuần tự chức năng xem thông tin cây trồng.

3.4 Xây dựng và tích hợp hệ thống

3.4.1 Kiến trúc chức năng hệ thống

Hệ thống tổ chức gồm :

- Phần cứng:
 - Các thiết bị iot để lấy thông tin cây trồng
 - Thiết bị điều khiển (Bóng đèn, máy bơm nước)
- Phần mềm:
 - Database lưu thông tin cây trồng
 - Giao diện web 3D hiển thị cây trồng và thiết bị điều khiển ảo



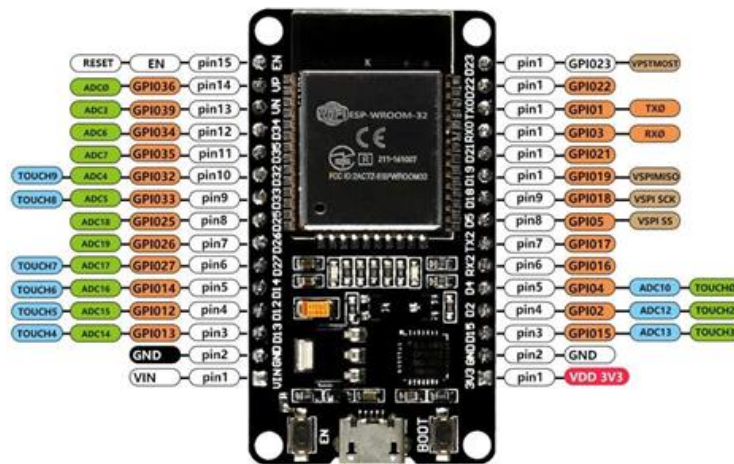
Hình 3. 10 Kiến trúc hệ thống

3.4.2 Chế tạo thiết bị phần cứng

Phần cứng thiết bị dùng cho thử nghiệm được chế tạo từ các thiết bị IoT phổ biến, bao gồm:

- Modul điều khiển và kết nối wifi: Sử dụng vi xử lý ESP32[6]

ESP32 ESP32S 30P



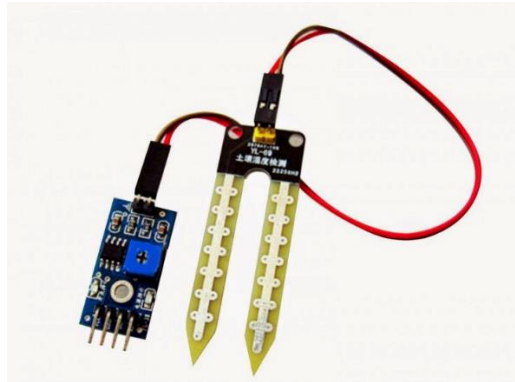
Hình 3. 11 Thiết bị ESP32-wifi

- Module cảm biến nhiệt độ, độ ẩm: sử dụng DHT21[5]



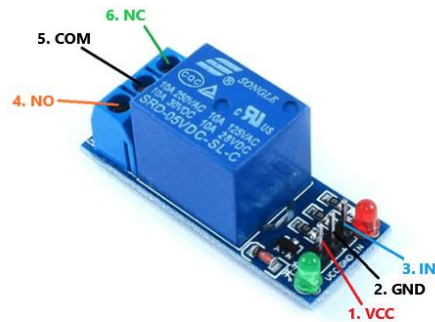
Hình 3. 12 Thiết bị DHT21 cảm biến độ ẩm, ánh sáng

- Module cảm biến độ ẩm đất: sử dụng Soil Moisture Sensor[4]



Hình 3. 13 Cảm biến độ ẩm đất

- Rơ le điều khiển đóng ngắt công tắc 220V



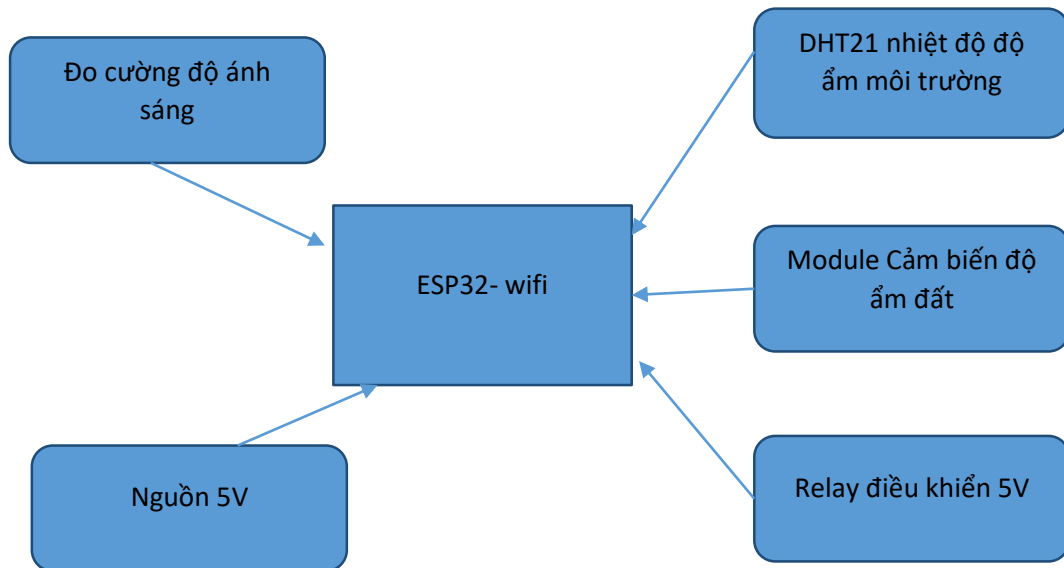
Hình 3. 14 Module Relay điều khiển 5v

- Module đo cường độ ánh sáng CDS Light Sensor[3]



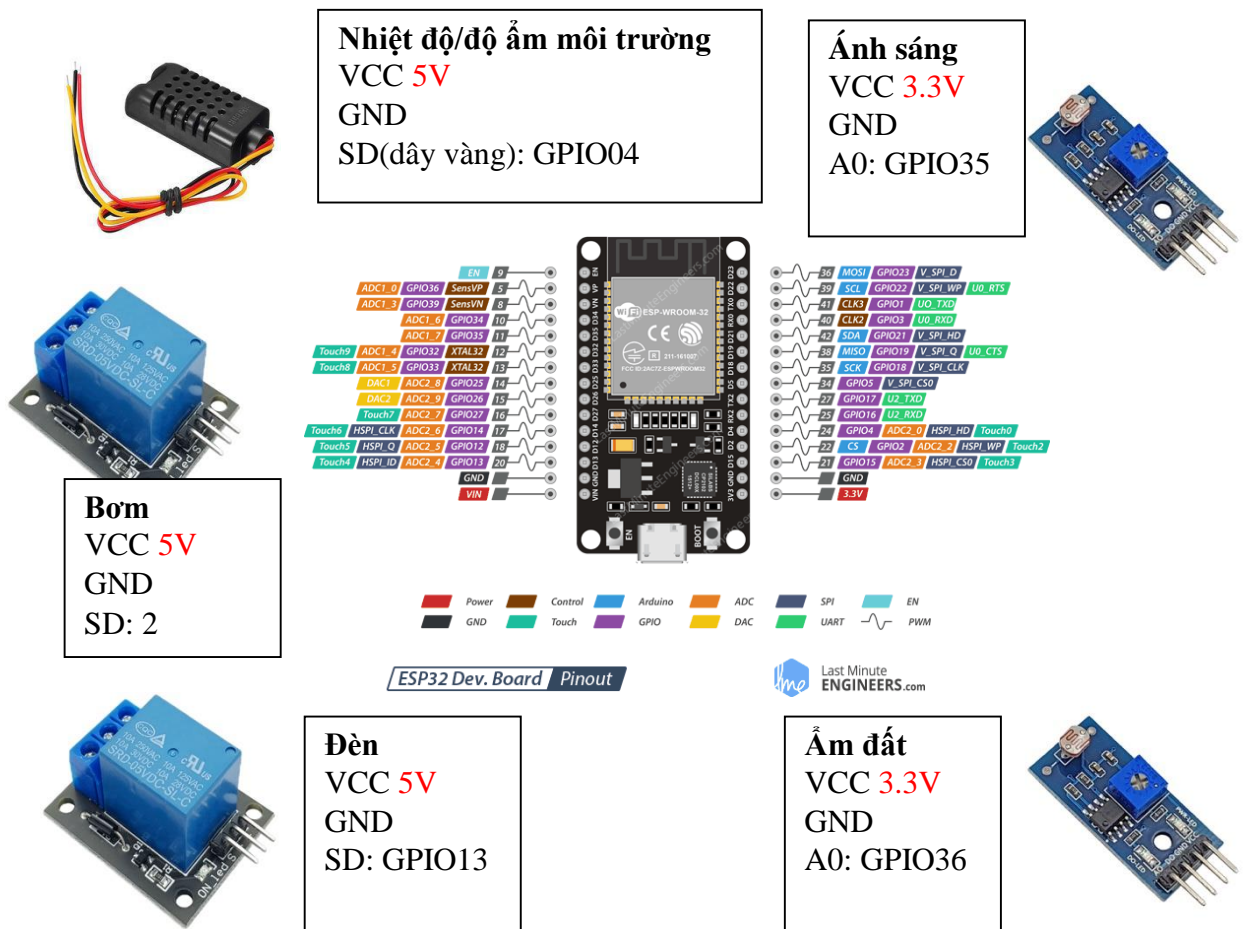
Hình 3. 15 Module đo cường độ ánh sáng

- Sơ đồ kết nối các linh kiện trong thiết bị phần cứng này như sau:



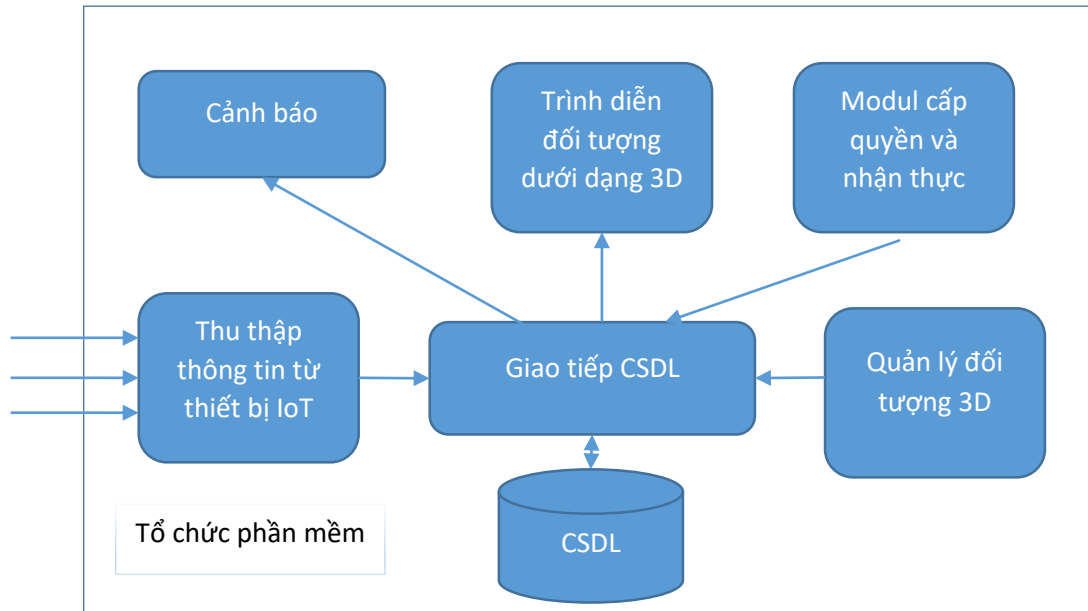
Hình 3. 16 Mô tả sơ đồ khối thiết bị iot

- Sơ đồ kết nối linh kiện



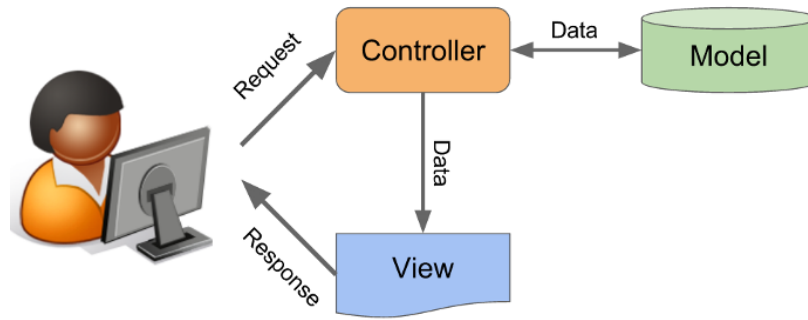
3.4.3 Phần mềm

Tổ chức phần mềm giải pháp thử nghiệm như hình dưới



Hình 3. 19 Tổ chức phần mềm giải pháp thử nghiệm

Phần mềm hệ thống sử dụng mô hình Model – View – Controller trong xây dựng hệ thống, đây là một mô hình kiến trúc phần mềm được tạo ra với mục đích quản lý và xây dựng dự án phần mềm có hệ thống hơn. Mô hình này được dùng khá rộng rãi và đặc biệt là trong các ngôn ngữ lập trình web. MCV được biết tới như kiến trúc khuôn mẫu, được xem như kiến trúc dựa trên các tầng (layer), đó là các tầng Controller, Model và View. Các tầng này đều có liên quan đến nhau, xem hình minh họa bên dưới.

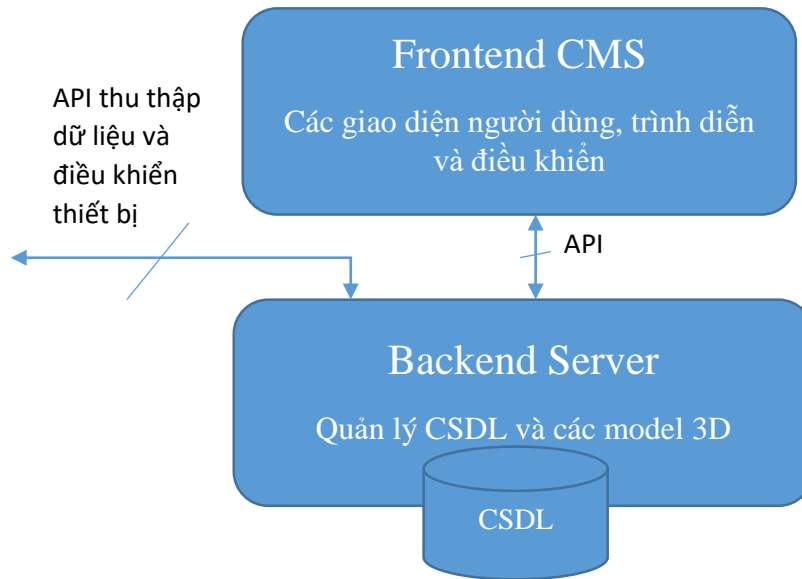


Hình 3. 20 Mô hình MVC

Trong mô hình trên:

- **Controller:** Các controller giữ vai trò điều khiển chính của chương trình. Một controller có trách nhiệm cho một luồng thực thi của chương trình. Trong các ứng dụng web cơ sở sử dụng MVC, nó tầng đầu tiên được gọi khi trình duyệt được truy cập URL.
- **Model:** Các Model giữ vai trò dữ liệu chính của chương trình như thông tin từ các đối tượng của cơ sở dữ liệu và các câu truy vấn SQL. Tất cả dữ liệu thu được từ các model; tuy nhiên các model không thể được gọi trực tiếp mà controller phải yêu cầu model cho đặc tả dữ liệu và rồi model thực thi các truy vấn và trả về dữ liệu cho controller.
- **Views:** View là tầng cuối cùng của kiến trúc MVC, đóng vai trò là giao diện của chương trình – GUI. Trong các ứng dụng web, nó chứa mã ở phía client như HTML, JavaScript, XML hay JSON, v.v. View là tầng người dùng có thể nhìn thấy được; trong khi các model, các controller là bị ẩn đi với người sử dụng.

Áp dụng mô hình MVC, phần mềm thử nghiệm được tổ chức thành 2 modul thành phần là Backend và Frontend như dưới đây:



Hình 3. 21 Tổ chức phần mềm thử nghiệm

Backend Server gồm:

- Cung cấp API gồm API điều khiển đèn và API get thông tin cây trồng
- Lưu trữ dữ liệu

Frontend gồm:

- Chức năng hiển thị hình ảnh thực tế của cây trồng
- Các chức năng điều khiển của người dùng ngoài không gian thực.

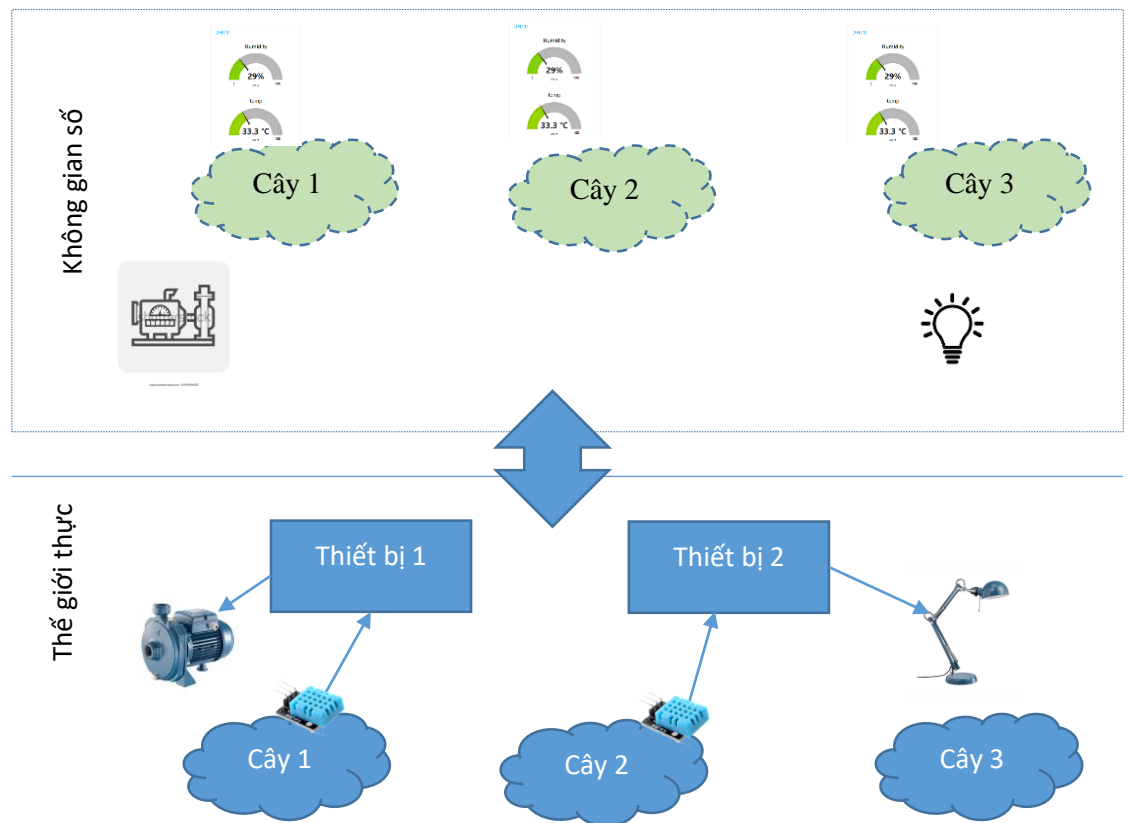
Về các mô hình 3D của các cây trồng:

- Các đối tượng 3D được sử dụng là các mô hình mẫu miễn phí 3D trên thư viện 3D (<https://sketchfab.com/>).
- Để sử dụng, chúng ta lấy các model về máy, chuyển dạng tương thích với web và tích hợp vào Frontend.

3.3.5 Thử nghiệm giải pháp

Trong phần này học viên muốn thể hiện ý tưởng về bản sao kỹ thuật số. Ở đây, một vườn cây nhỏ (gồm 3 cây khác nhau) được tích hợp đồng bộ với vườn cây (có 3 cây ảo) trên môi trường số. Nội dung thử nghiệm nhằm kiểm nghiệm:

- Có thể xem thông tin về vườn cây từ xa, cụ thể đến từng cây
- Mọi biến động về môi trường của các cây được cập nhật gần như tức thời lên môi trường số,
- Từ môi trường số có thể điều khiển các thiết bị đã cài đặt tại vườn cây.



Hình 3. 22 Mô tả ý tưởng thử nghiệm áp dụng bản sao kỹ thuật số

Học viên đã chế tạo 2 thiết bị phần cứng, mỗi thiết bị này:

- Điều thu thập được các thông số môi trường: Nhiệt độ, độ ẩm môi trường, độ ẩm đất và cường độ ánh sáng tại vườn cây.
- Mỗi thiết bị hiện tại hỗ trợ 1 kênh điều khiển thiết bị

Để giám sát/điều khiển được vườn cây thử nghiệm trên học viên cấu hình môi trường thử nghiệm như sau:

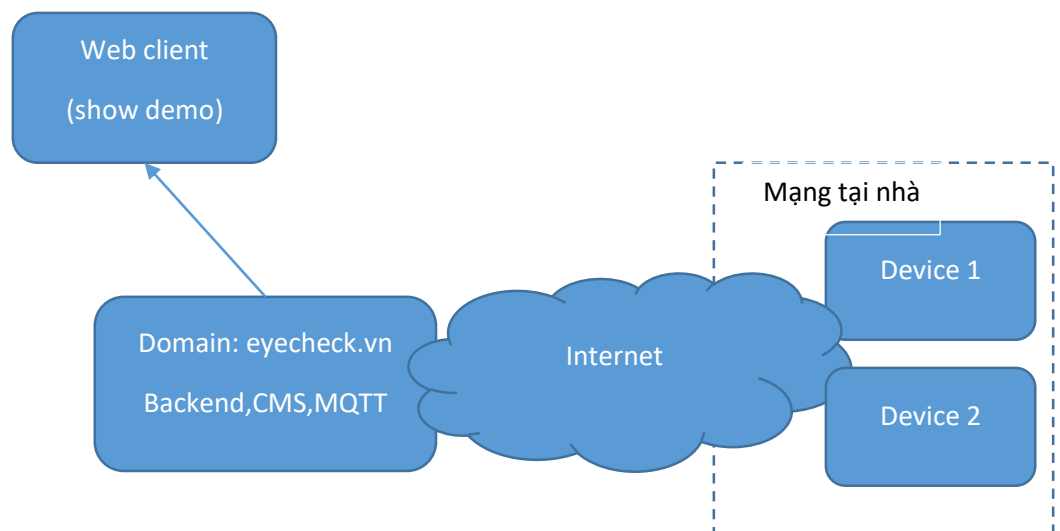
- 03 cây được đặt gần nhau trong cùng 1 vườn,
- Một đèn chiếu sáng chiếu chung cho cả vườn cây. Mỗi khi bật đèn thì cả khu vườn được chiếu sáng chung
- Một máy bơm dùng chung cho cả vườn: Mỗi khi tưới ẩm thì cả khu vườn được tưới,
- Các đầu đo thông số môi trường đặt tại 2 điểm khác nhau của vườn cây.

Học viên tạo 3 model cho 3 cây trên 3D store (<https://free3d.com> và <https://sketchfab.com>) như là mô hình số ứng với 3 cây ngoài thực địa để tích hợp vào giao diện điều khiển.

3.4. Thiết kế hệ thống và chạy thử nghiệm/demo

3.4.1 Mô hình triển khai thử nghiệm

Giải pháp trên sau khi tích hợp, kiểm tra được cài đặt trên môi trường mạng như sơ đồ hình dưới:



Hình 3. 23 Mô hình triển khai thử nghiệm

- Server <http://eyecheck.vn> là 1 máy chủ ảo được sử dụng để chạy các modul Backend, Frontend và MQTT server.
- Các thiết bị phần cứng device 1,2 được kết nối vào mạng wifi tại nhà của học viên.
- Laptop chạy webclient là máy sử dụng để demo chương trình

3.4.2 Thử nghiệm giải pháp

Sau khi triển khai, nhà sản xuất đăng nhập vào giao diện quản lý (<http://localhost:8080/>), kết quả như hình dưới: Trong hình dưới:



Hình 3. 24 Giao diện web 3D khi tắt đèn và hiển thị thông tin cây trồng

Cuộn xuống dưới sẽ xem được các thông tin liên quan khác đến các cây



Bật nút để mở đèn chiếu sáng, các thông số thu thập từ vườn cây sẽ thay đổi (hình dưới). Có thể làm tương tự và xem thông số độ ẩm.



Hình 3. 25 Giao diện web 3D khi bật đèn và hiển thị thông tin cây trồng

Học viên đã test thử các tình huống và giải pháp thử nghiệm đã đáp ứng đúng yêu cầu thiết kế. Các thiết bị phần cứng được điều khiển chính xác (nhưng độ trễ điều khiển có thể tới vài sec), các thiết bị thu thập thông tin môi trường hoạt động ổn định và cập nhật dữ liệu về hệ thống định kỳ 30 sec.

3.5. Kết luận chương

Trong thử nghiệm này học viên mới giới hạn nghiên cứu của mình với số đối tượng giám sát tương đối nhỏ và với các thông số đặc trưng cơ bản (nhiệt độ, độ ẩm đất, ánh sáng), qua quá trình xây dựng học viên thấy việc thiết kế và thực hiện một giải pháp bản sao kỹ thuật số là khả thi về kỹ thuật. Các kỹ thuật và công nghệ liên quan đến bản sao kỹ thuật số đều có thể tự xây dựng và mua được dễ dàng ở thị trường Việt Nam.

Trong thực tế sản xuất nông nghiệp, để bản sao kỹ thuật số có thể phát huy tác dụng thì giải pháp này cần mở rộng về số đối tượng được giám sát, số tham số cần giám sát và việc tổ chức phần mềm cho phép tổ chức đồng thời giám sát và điều khiển các tham số cho nhiều khu vực đồng thời. Hệ thống cũng cần hỗ trợ nhiều nhà sản xuất theo mô hình nền tảng (platform) để có khả năng hỗ trợ rộng rãi, giảm chi phí cho nhà sản xuất và thuận lợi trong vận hành nâng cấp.

Hiện tại, giải pháp cũng mới dừng lại ở việc tạo bản sao kỹ thuật số, các thao tác điều khiển nhằm thay đổi thông số môi trường thực địa vẫn do con người chủ động thực hiện. Để hướng đến sản xuất nông nghiệp chính xác, tuân thủ chặt chẽ các quy trình thì giải pháp cũng cần bổ sung ENGINE có khả năng RUN các quy trình được số hóa để tự động kiểm soát các hoạt động của đối tượng tuân theo các quy trình nuôi trồng tương ứng.

Một số vấn đề có thể gặp phải trong triển khai các thiết bị IoT trên thực địa đó là khả năng cấp nguồn nuôi, khoảng cách thu phát tín hiệu tự cảm biến đến bộ thu tín hiệu, độ bền và ổn định của các thiết bị này cũng cần được nghiên cứu kỹ hơn, ở trong thử nghiệm này các linh kiện sử dụng là các linh kiện dễ mua từ thị trường Việt Nam nên đôi khi trong hoạt động các thông số đo còn chưa thật sự chính xác.

KẾT LUẬN

Những kết quả đạt được của luận văn

Trong luận văn này học viên đã nghiên cứu, bám sát các nội dung đặt ra trong đề cương nghiên cứu, cụ thể:

Học viên đã nghiên cứu tổng quan về mô hình bản sao kỹ thuật số, đây là một mô hình kỹ thuật tiên tiến trong ứng dụng công nghệ số vào hỗ trợ giải quyết các bài toán có yêu cầu sự chính xác, đồng bộ, bản sao kỹ thuật số có tiềm năng ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau.

Với lĩnh vực nông nghiệp, trong khuôn khổ báo cáo này học viên đã phân tích được các mô hình áp dụng bản sao kỹ thuật số vào nâng cao năng suất, chất lượng của các sản phẩm nông nghiệp. Báo cáo cũng nghiên cứu về mô hình kiến trúc kỹ thuật của giải pháp bản sao kỹ thuật số phổ biến dùng trong nông nghiệp.

Để kiểm nghiệm khả năng làm chủ các công nghệ kỹ thuật trong bản sao kỹ thuật số và qua đó có thể đưa ra các đề xuất khuyến nghị về hướng ứng dụng công nghệ này học viên đã xây dựng một mô hình bản sao kỹ thuật số thu nhỏ áp. Giải pháp kỹ thuật ở đây tuân theo mô hình kiến trúc kỹ thuật phổ biến và học viên chủ động các công nghệ kỹ thuật liên quan khác trong việc hoàn thiện giải pháp.

Hướng nghiên cứu tiếp theo

Bản sao kỹ thuật số là công nghệ còn tương đối mới, các nghiên cứu của học viên trong khuôn khổ luận văn này mới là các nghiên cứu bước đầu. Trong thời gian tới, học viên mong muốn được tiếp tục nghiên cứu làm rõ thêm các vấn đề sau:

- Tự động hóa việc điều khiển các thiết bị nông nghiệp nhằm đảm bảo tuân thủ các quy trình canh tác, giảm bớt các thao tác vận hành của con người.
- Nghiên cứu về việc ứng dụng bản sao số trong tìm ra các quy trình canh tác tối ưu cho một cây trồng, vật nuôi cụ thể qua việc phân tích dữ liệu lớn hình thành từ quá trình canh tác.
- Nghiên cứu về các nền tảng công nghệ hỗ trợ triển khai bản sao kỹ thuật số trên quy mô lớn một cách dễ dàng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

❖ Tài liệu tiếng Anh

- [1]. Alves, R.G.; Souza, G.; Maia, R.F.; Tran, A.L.H.; Kamienski, C.; Soininen, J.P.; Aquino, P.T.; Lima, F. A digital twin for smart farming. In Proceedings of the 2019 IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC), Santa Clara, CA, USA, 8–11 September 2022; pp. 1–4.
- [2]. Burgos, D.; Ivanov, D. Food retail supply chain resilience and the COVID-19 pandemic: A digital twin-based impact analysis and improvement directions. *Transp. Res. E Logist. Transp. Rev.* **2021**, *152*, 102412.
- [3]. Defraeye, T.; Tagliavini, G.; Wu, W.; Prawiranto, K.; Schudel, S.; Kerisima, M.A.; Verboven, P.; Bühlmann, A. Digital twins probe into food cooling and biochemical quality changes for reducing losses in refrigerated supply chains. *Resour. Conserv. Recycl.* **2019**, *149*, 778–794.
- [4]. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). *Transforming Food and Agriculture to Achieve the SDGs*; FAO: Rome, Italy, 2018.
- [5]. Juarez, M.G.; Botti, V.J.; Giret, A.S. Digital Twins: Review and Challenges. *J. Comput. Inf. Sci. Eng.* **2021**, *21*, 030802.
- [6]. Mehrabi, Z.; McDowell, M.J.; Ricciardi, V.; Levers, C.; Martinez, J.D.; Mehrabi, N.; Wittman, H.; Ramankutty, N.; Jarvis, A. The global divide in data-driven farming. *Nat. Sustain.* **2021**, *4*, 154–160.
- [7]. Nasirahmadi, A.; Hensel, O. Department of Agricultural and Biosystems Engineering, University of Kassel, Toward the Next Generation of Digitalization in Agriculture Based on Digital Twin Paradigm. *Sensors* **2022**, *22*, 498. <https://doi.org/10.3390/s22020498>

- [8]. Nasirahmadi, A.; Wilczek, U.; Hensel, O. Sugar Beet Damage Detection during Harvesting Using Different Convolutional Neural Network Models. *Agriculture* **2021**, *11*, 1111.
- [9]. Tao F, Sui F, Liu A, Qi Q, Zhang M, Song B, Guo Z, Nee LuSCY, AY, (2019) Digital twin-driven product design framework. *Int J Prod Res* 57(12):3935–3953
- [10]. Wolfert, S.; Ge, L.; Verdouw, C.; Bogaardt, M.J. Big Data in Smart Farming—A review. *Agric. Syst.* **2017**, *153*, 69–80.
- [11]. [https://en.wikipedia.org/wiki/Destination_Earth_\(European_Union\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Destination_Earth_(European_Union))
- [12]. <https://www.kbvresearch.com/digital-twin-market/>

❖ Website

- [13]. <https://digital.fpt.com.vn/linh-vuc/nganh-nong-nghiep-thoi-dai-so.html>
 - [14]. <https://nspp.mofa.gov.tw/nsppvn/news.php?post=165021&unit=444&unitname=Tin-t%E1%BB%A9c-ch%C3%ADnh-ph%E1%BB%A7&postname=B%E1%BA%A3n-sao-k%E1%BB%B9-thu%E1%BA%ADt-s%E1%BB%91-cho-n%C3%B4ng-nghi%E1%BB%87p-th%C3%B4ng-minh-c%E1%BB%A7a-Vi%E1%BB%87n-C%C3%B4ng-nghi%E1%BB%87p-Th%C3%B4ng-tin-%C4%90%C3%A0i-Loan-gi%C3%A0nh-Gi%E1%BA%A3i-th%C6%B0%E1%BB%9Fng-R&D-Awards->
 - [15]. <https://hshop.vn/products/cam-bien-anh-sang-quang-tro-2>
 - [16]. <https://hshop.vn/products/cam-bien-do-am-dat-2>
 - [17]. <https://hshop.vn/products/cam-bien-do-am-nhiet-do-dht21>
- <https://hshop.vn/products/kit-rf-thu-phat-wifi-ble-esp32-nodemcu-luanode32-ai-thinker>