

TỔNG QUAN VỀ CÔNG NGHỆ IoT VÀ XỬ LÝ ẢNH TRONG CHĂM SÓC SỨC KHỎE VẬT NUÔI

Nguyễn Thái Học¹, Phạm Văn Hùng², Nguyễn Thị Duyên¹,
Lê Xuân Hải^{3*}, Đặng Hữu Anh¹, Bùi Quý Việt¹,

Tóm tắt: Ngành chăn nuôi Việt Nam có vai trò rất quan trọng trong sản xuất nông nghiệp, nó có thể chiếm tỷ trọng cao (tới 35% trong năm 2016) tổng sản phẩm quốc nội mà ngành nông nghiệp đạt được. Tuy nhiên, ngành chăn nuôi Việt Nam đang phải đối mặt với nhiều dịch bệnh nguy hiểm trên vật nuôi. Để giảm thiểu nguy cơ dịch bệnh và phát hiện sớm các triệu chứng nhiễm bệnh, kịp thời đưa ra biện pháp điều trị cho vật nuôi, các nước có nền chăn nuôi phát triển như Nhật Bản, Hàn Quốc, Hà Lan, Bỉ, Hoa Kỳ, ... đã đang ứng dụng nhiều công nghệ thông minh và hiệu quả (như công nghệ y sinh, công nghệ Internet vạn vật (IoT), công nghệ xử lý ảnh) vào các quá trình chăm sóc, giám sát vật nuôi. Trong giới hạn bài viết này, chúng tôi phân tích một số thành tựu cơ bản trong việc ứng dụng công nghệ xử lý ảnh và IoT trong việc tự động giám sát điều khiển các quá trình chăn nuôi gia súc gia cầm. Chúng tôi cũng đưa ra những phân tích việc ứng dụng công nghệ xử lý ảnh dựa trên ảnh thân nhiệt vật nuôi để giám sát sức khỏe với những ưu nhược điểm của từng phương pháp cụ thể.

Từ khóa: Trang trại thông minh; IoT trong nông nghiệp; Công nghệ xử lý ảnh ; Camera đo thân nhiệt.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Mạng lưới Vạn vật kết nối Internet (tiếng Anh: Internet of Things, viết tắt IoT) là một liên mạng, trong đó, các thiết bị: có thể là một con người với một vài bộ phận cơ thể được cấy ghép từ các thiết bị nhân tạo, có thể là con vật nuôi với các vòng đeo có tích hợp các bộ đo và truyền các thông số sinh hóa, hoặc có thể là bất kỳ đối tượng nào đó có khả năng kết nối mạng máy tính giúp cho các thiết bị này có thể thu thập và truyền tải dữ liệu. Chính vì lẽ, đó IoT đã và đang được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực như trong sản xuất công nghiệp [1, 2], trong chăm sóc y tế [3, 4], trong quân sự, an ninh [5, 6] và đặc biệt trong sản xuất nông nghiệp [7-9].

Trong bối cảnh thế giới hiện tại, với sự phát triển mạnh mẽ của nhiều công nghệ mới (như công nghệ y sinh, công nghệ thông tin, công nghệ vật liệu mới, ...) đã và đang tiếp sức cho IoT ngày một lớn mạnh, giúp IoT có thể tự động theo dõi các chỉ số sinh hóa trên cơ thể vật nuôi từ xa một cách chính xác. Từ đó giúp cho việc thông minh hóa các quá trình chăm sóc, chuẩn đoán từ xa tình trạng sức khỏe vật nuôi. Với những lợi ích này, việc ứng dụng công nghệ IoT, kết hợp công nghệ xử lý ảnh trong chăm sóc, giám sát vật nuôi đang là một nhu cầu tất yếu góp phần ứng dụng cuộc cách mạng 4.0 trong sản xuất nông nghiệp. Liên tục giám sát tình trạng sức khỏe vật nuôi, kịp thời chuẩn đoán, phát hiện sớm bệnh dịch sẽ góp phần xây dựng một chuỗi sản xuất nông nghiệp bền vững, cung cấp ra thị trường nhiều nông sản như thịt, trứng sữa, có giá trị dinh dưỡng cao và đặc biệt giúp quản lý, minh bạch hóa nguồn gốc xuất xứ nông sản. Trong khuôn khổ bài viết này, chúng tôi sẽ cung cấp, phân tích việc ứng dụng một số công nghệ mới vào việc tự động hóa các quá trình chăm sóc vật nuôi ở các nước có kỹ thuật nông nghiệp tiên tiến trên thế giới. Từ đó xây dựng một số giải pháp hiệu quả áp dụng cho ngành chăn nuôi ở Việt Nam.

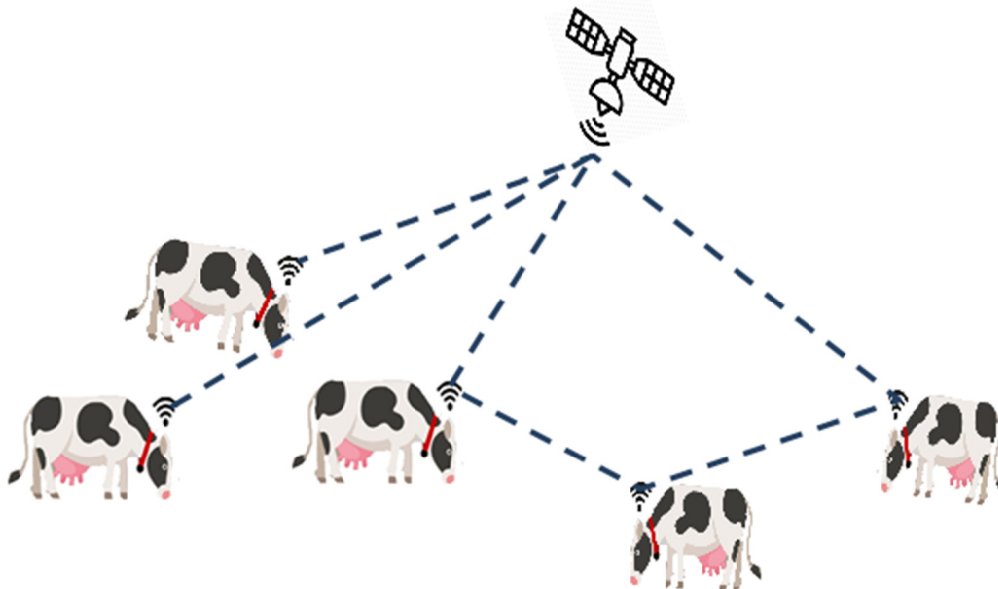
2. ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ IoT TRONG CHĂM SÓC GIA SÚC GIA CẦM

Trong chăn nuôi, với việc tích hợp các hệ thống xử lý thông tin từ xa [4], IoT cũng đã chứng tỏ được việc giúp tăng hiệu quả cho các trang trại chăn nuôi gia súc gia cầm. Chẳng

hạn trong chăn nuôi bò tại các trang trại [10], thay vì việc thường xuyên phải kiểm tra sức khỏe định kỳ cho cả đàn bò hàng ngàn con, các chủ trang trại đã đeo vào chân (cổ) vật nuôi một chiếc vòng cảm biến có tuổi thọ pin lên tới 10 năm để giám sát sức khỏe của từng con.



Hình 1. Cảm biến sinh hóa và định vị GPS được gắn trên các vòng đeo vật nuôi [11].



Hình 2. Ứng dụng mạng cảm biến không dây trong việc giám sát các chỉ số sinh hóa trên cơ thể vật nuôi [11].

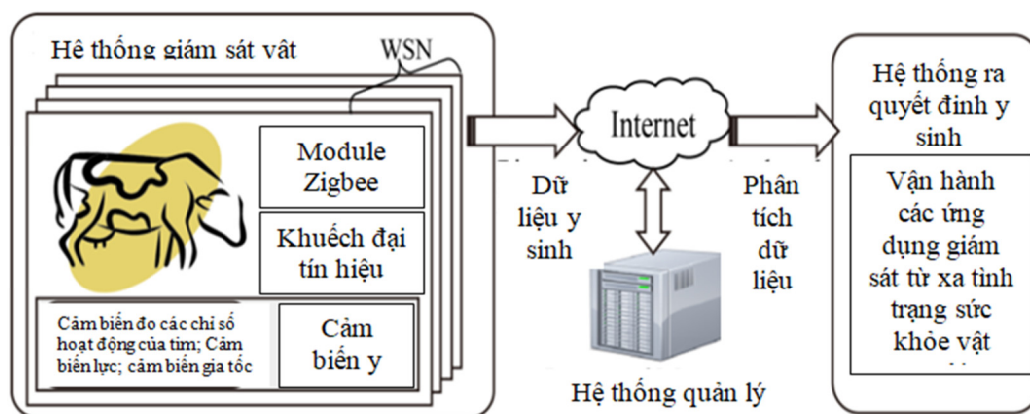
Chiếc vòng cảm biến có nhiệm vụ vô cùng đơn giản, đó là đếm số bước chân bò mỗi ngày, và liên tục gửi dữ liệu về hệ thống quản lý dữ liệu trung tâm của chủ trang trại thông qua các trạm thu phát tín hiệu không dây. Các trạm thu phát tín hiệu này được lắp đặt ở các vị trí trong trang trại sao cho không bỏ lọt bất kỳ con bò nào khỏi tầm kiểm soát.

Từ các dữ liệu đếm bước chân được thiết bị cảm biến gửi về, hệ thống quản lý dữ liệu có thể phân tích, xác định được tình trạng sức khỏe của từng con bò. Những dấu hiệu bất thường đầu tiên về sức khỏe của bò sẽ thể hiện ngay qua số bước chân, và lập tức được giám sát chặt chẽ hơn. Nhờ có các dữ liệu cập nhật liên tục này, người quản lý trang trại có thể xác định được chính xác vị trí của con bò đang ốm. Sau đó, bằng cách kiểm tra thông qua hệ thống camera hoặc đến quan sát trực tiếp, người chăn bò sẽ quyết định cá thể bò nuôi đó có cần chăm sóc y tế từ các bác sỹ thú y hay không. Nhờ vậy, các chi phí về khám thú y định kỳ sẽ được giảm thiểu, chi phí nhân công chăn bò hàng ngày cũng được tiết

kiệm. Quan trọng hơn, các vấn đề về bệnh dịch của đàn bò hàng ngàn con sẽ được phát hiện từ rất sớm và dễ dàng khoanh vùng, dập dịch một cách hiệu quả.

Tuy nhiên để công nghệ cảm biến dạng đeo này hoạt động hiệu quả cần sự hỗ trợ của một nền cơ sở hạ tầng đầy đủ và hiện đại. Tín hiệu đo được từ cảm biến sẽ truyền về bộ thu thập, dữ liệu khi đó được xử lý và được đẩy lên mạng cho các quá trình điều khiển, giám sát từ xa. Trong trường hợp cảm biến hồng ngoại hay vì một nguyên nhân nào đó làm nhiễu tín hiệu hay đường truyền tín hiệu bị gián đoạn sẽ ảnh hưởng đến chất lượng hoạt động của toàn hệ thống. Hơn nữa việc đeo cảm biến bên ngoài cơ thể vật nuôi chỉ có thể đo được một số thông số sinh hóa cơ bản như nhịp tim, cường độ hoạt động, số bước đi hay tọa độ vật nuôi mà không thể cung cấp chính xác sự thay đổi các chỉ số sinh hóa (như nồng độ oxy bão hòa trong máu, nồng độ cortisol trên cơ thể vật nuôi,...).

Để khắc phục được các hạn chế trên, các nhà khoa học Hàn Quốc [12] đã phát triển thành công hệ thống giám sát các chỉ số sinh hóa trên cơ thể vật nuôi dựa trên cảm biến y sinh kết hợp với mạng cảm biến không dây hoạt động dựa trên chuẩn Zigbee. Mô hình hệ thống được thể hiện trên hình 3.

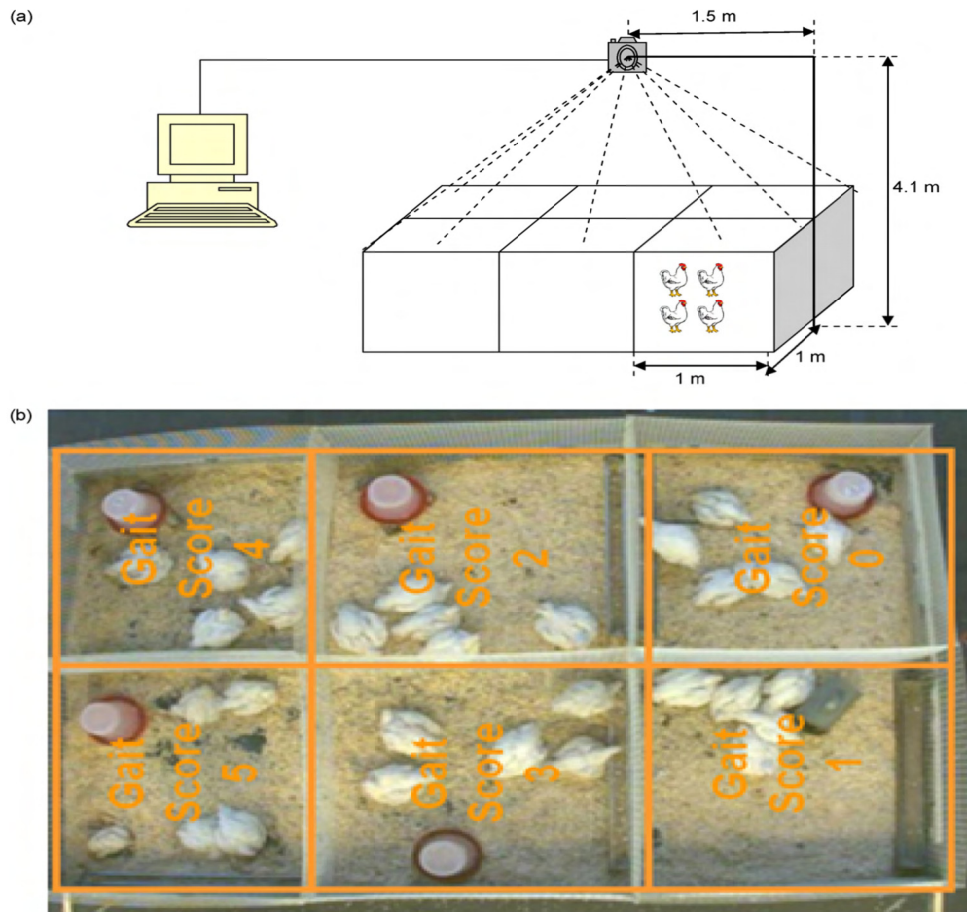


Hình 3. Hệ thống giám sát các chỉ số sinh hóa trên cơ thể vật nuôi [12].

Trong nghiên cứu này, các tác giả đã thiết kế chế tạo hệ thống có thể đo được các chỉ số sinh hóa (nhịp tim, tình trạng hô hấp, tốc độ dịch chuyển của vật nuôi) với kích thước nhỏ và có khả năng truyền tín hiệu không dây theo chuẩn Zigbee. Với công nghệ này, cho phép hệ thống có thể ghép nối thành mạng gồm nhiều thiết bị với nhau và với mạng internet, với độ bảo mật cao. Do đó, đây là giải pháp hữu hiệu cho các bài toán điều khiển thông minh trong sản xuất nông nghiệp. Hơn nữa theo chuẩn Zigbee cho phép hệ thống tiết kiệm năng lượng tối đa và rất phù hợp vào các ứng dụng theo dõi chỉ số sinh hóa trên vật nuôi khi cấy ghép trực tiếp hệ thống trên cơ thể vật nuôi.

Tuy nhiên, công nghệ truyền tải tín hiệu không dây Zigbee vẫn còn tồn tại một số hạn chế như tín hiệu không thể truyền xa và xuyên qua vật cản mạnh được. Khi đó, tín hiệu sẽ bị suy giảm và cần các bộ thiết bị kích sóng.

Trong chăn nuôi gia cầm, việc ứng dụng rộng rãi công nghệ tiên tiến vào việc giám sát các quá trình sinh trưởng phát triển của con vật nuôi cũng đã và đang thu được nhiều thành quả nổi bật [13, 14]. Trong nghiên cứu [13], các tác giả đã ứng dụng công nghệ xử lý ảnh trong việc tự động đánh giá thang điểm giáng đi của gà thịt. Để đánh giá sự hiệu quả của hệ thống, các tác giả đến từ Vương quốc Bỉ đã đồng thời thực hiện hai thí nghiệm (đánh giá bằng mắt từ các chuyên gia chăn nuôi và đánh giá bằng công nghệ xử lý ảnh) để đánh giá thang điểm giáng đi trên cùng một đàn gà thịt. Hệ thống ứng dụng công nghệ xử lý ảnh của nghiên cứu được lắp đặt như trong hình 4.

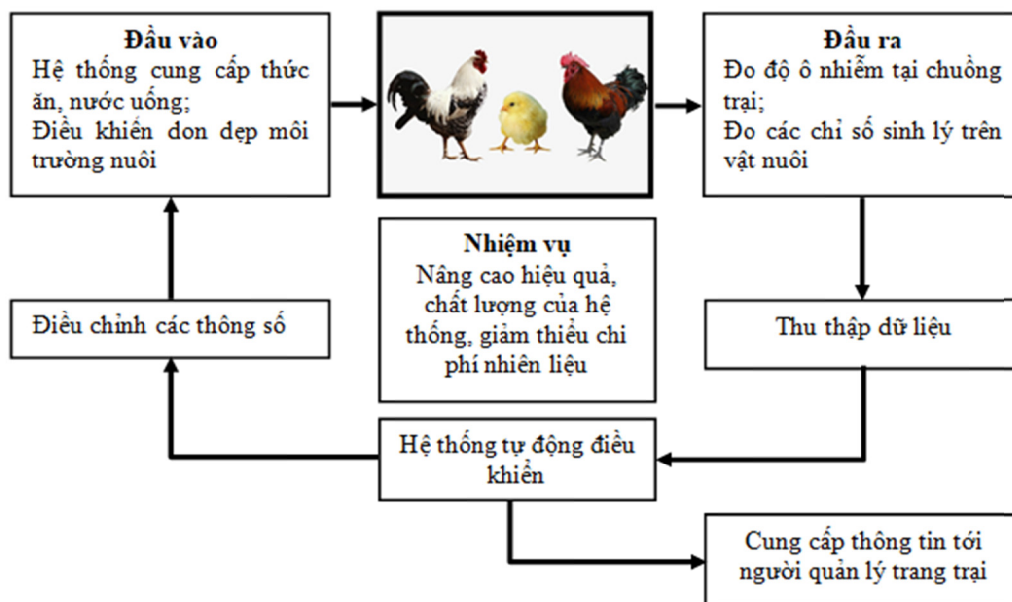


Hình 4. Ứng dụng mạng công nghệ xử lý ảnh trong đánh giá thang điểm dáng đi của gà thịt [13].

Trên hình 4.a, các tác giả đã sử dụng một camera đặt ở độ cao 4.1 m liên tục quan sát đàn gà trong lồng có 6 ngăn với mỗi ngăn là 5 con. Tín hiệu từ camera (là hình ảnh đàn gà từ trên cao hình 4.b) luôn được truyền về máy tính để phân tích kết quả trong việc đánh giá thang điểm dáng đi của gà thịt. Kết quả nghiên cứu cho thấy, hệ thống tự động giám sát bằng camera đã thu được những kết quả tốt hơn trong việc tự động đánh giá dáng đi của gà thịt dựa trên các hoạt động của đàn gà mà đã thu được từ camera. Với mối quan hệ giữa các hoạt động và thang điểm đánh giá đưa ra từ nghiên cứu này đã giúp cho người quản lý trang trại kịp thời điều chỉnh từ xa các chế độ chăm sóc, khẩu phần ăn sao cho phù hợp với từng ngăn chuồng gà. Tuy nhiên hạn chế của phương pháp ứng dụng công nghệ xử lý ảnh này chỉ có thể ước lượng trọng lượng vật nuôi từ khung xương của chúng thu được từ ảnh camera. Do đó, việc lắp đặt vị trí camera rất quan trọng để sao cho thu được hình ảnh thể hiện trung thực kích thước vật nuôi trên một mặt phẳng. Ngoài ra số lượng camera sẽ tăng lên khi chuồng gà được sắp xếp xa nhau trong các không gian riêng biệt.

Trong nghiên cứu [15], các tác giả đã nghiên cứu, xây dựng mô hình trang trại thông minh. Hệ thống hoạt động dựa trên việc giám sát nhiều thông số như tình trạng sức khỏe vật nuôi, thông số môi trường tại nơi nuôi nhốt để từ đó đưa ra các giải pháp chăm sóc vật nuôi, dọn dẹp chuồng trại đồng thời đưa ra những chỉ dẫn, cảnh báo cho người quản lý trang trại từ xa. Mô hình trang trại thông minh được thể hiện trong sơ đồ khối hình 5. Với nhiệm vụ nâng cao hiệu quả, giảm thiểu chi phí phi nhiên liệu khi vận hành mô hình trang

trại, các thông số môi trường cũng như trên cơ thể vật nuôi liên tục được cập nhật giám sát. Khi có bất kỳ hiện tượng bất thường nào thì hệ thống điều khiển sẽ điều chỉnh các chế độ hoạt động của các hệ thống như thông gió, cung cấp thức hay đơn giản là hệ thống vệ sinh môi trường.



Hình 5. Mô hình trang trại thông minh [15].

Trong bảng 1 dưới đây thể hiện một số nghiên cứu nổi bật có ứng dụng công nghệ IoT và công nghệ xử lý ảnh trong chăm sóc gia súc gia cầm ở các nước có ngành chăn nuôi phát triển trên thế giới.

Bảng 1. Nghiên cứu nổi bật ứng dụng công nghệ IoT và xử lý ảnh trong chăn nuôi.

Công trình nghiên cứu	Mô tả hệ thống
[13]	Ứng dụng công nghệ xử lý ảnh trong việc tự động đánh giá thang điểm đáng đi của gà thịt
[15]	Xây dựng mô hình trang trại thông minh dựa trên việc giám sát tình trạng sức khỏe vật nuôi
[16]	Đánh giá hiệu quả của các mô hình gà đẻ trong các hệ thống chăn nuôi khác nhau và điều kiện môi trường khác nhau dựa trên công nghệ xử lý ảnh
[17]	Phân tích, xác định nhiễm trùng đường hô hấp ở lợn bằng hệ thống phân tích tiếng ho
[18]	Giám sát, điều khiển các thông số môi trường (nhiệt độ, độ ẩm, ánh sáng, và nồng độ CO ₂) trên các trang trại chăn nuôi gia súc gia cầm bằng mạng cảm biến không dây.
[19]	Ước lượng trọng lượng gà thịt dựa vào kết quả phân tích ảnh kỹ thuật số
[20]	Phân tích tập tính của gà mới đẻ (trong vòng hai tuần tuổi) bằng công nghệ xử lý ảnh
[21]	Giám sát điều khiển ở các nông trang bằng các cảm biến nhận dạng đối tượng bằng sóng vô tuyến

[22]	Xây dựng, phát triển mô hình trang trại thông minh
[23]	Phát triển thiết bị cảm biến để phát hiện hormone sinh dục progesterone
[24]	Tự động phát hiện và nhận biết các bệnh suy yếu mạn tính trên lợn sử dụng dữ liệu âm thanh trong các hệ thống giám sát âm thanh vật nuôi
[25]	Tự động phát hiện hiện tượng động dục trên bò bằng hệ thống giám sát âm thanh
[26]	Phát triển hệ thống không dây để phát hiện sớm trạng thai ở bò bằng việc đo sự thay đổi nhiệt độ thân nhiệt của vật nuôi
[27]	Phát hiện và phân loại độ stress trên gà đẻ bằng hệ thống phân tích âm thanh
[28]	Phát triển hệ thống phân tích tiếng kêu của lợn nhằm phát hiện các trạng thái bất thường của sức khỏe vật nuôi
[29]	Phát triển cảm biến không dây để phát hiện hiện tượng động dục trên bò
[30]	Ước lượng trọng lượng của lợn nuôi bằng thiết bị thị giác

Việc ứng dụng công nghệ thông minh trong các quá trình chăm sóc gia súc, gia cầm đã thể hiện được những ưu thế vượt trội so với các phương pháp chăn nuôi truyền thống.

Ở Việt Nam, việc áp dụng hệ thống thông minh trong các quá trình chăm sóc gia súc, gia cầm đã xuất hiện rải rác ở một số tập đoàn sản xuất nông nghiệp lớn như Vinamilk, TH true milk, Vineco,...

Như TH true milk đã đầu tư, nhập toàn bộ hệ thống điều phối chế độ dinh dưỡng (Afimilk), hệ thống quản lý đàn bò (Afikim, Afitag) từ Israel. Đặc biệt Afitag bao gồm các chip điện tử gắn ở chân cho phép hệ thống có thể thu thập nhiều dữ liệu liên quan đến tình trạng sức khỏe của mỗi cá thể bò, giúp cho việc phát hiện sớm nhiều biểu hiện lâm sàng khi mỗi cá thể bị nhiễm bệnh nhất là bệnh viêm vú.

Tuy nhiên, để ứng dụng những mô hình hiện đại này vào điều kiện Việt Nam đang gặp một số trở ngại đáng kể. Như mô hình chăm nuôi gia súc gia cầm ở nhiều trang trại còn nhỏ lẻ. Thiếu hoặc điều kiện hạ tầng chưa đáp ứng được các quá trình thông minh hóa của hệ thống. Đặc biệt trở ngại lớn nhất mà các mô hình thông minh này chưa phát triển rộng rãi ở Việt Nam đó là kinh phí đầu tư, duy trì hệ thống lớn. Tiêu hao nhiều năng lượng, hệ thống cần đội ngũ quản lý vận hành có trình độ cao. Trong khi nông sản của hệ thống thông minh có giá chênh lệch không lớn so với các hệ thống truyền thống có chất lượng không cao. Do đó kéo dài thời gian thu hồi vốn của các hệ thống thông minh này.

Để thúc đẩy mô hình trang trại thông minh, nhà nước cần đưa ra thể chế, chính sách phù hợp. Hỗ trợ vốn cũng như thúc đẩy quá trình mở rộng thị trường tiêu thụ nông sản trong và ngoài nước.

3. ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ XỬ LÝ ẢNH TRONG PHÁT HIỆN SỚM NHỮNG TRIỆU TRỨNG BẤT THƯỜNG TRÊN CƠ THỂ VẬT NUÔI BẰNG PHƯƠNG PHÁP ĐO THÂN NHIỆT

Tự động hóa quá trình đo các thông số sinh lý trên cơ thể vật nuôi đã trở nên rất quan trọng cho các nghiên cứu lâm sàng trên vật nuôi đó, đồng thời kết quả đo đạc cũng giúp cho người chăn nuôi biết chính xác và kịp thời tình trạng sức khỏe vật nuôi để kịp thời đưa ra các giải pháp ngăn chặn dịch bệnh. Trong các thông số sinh lý, sinh hóa đo được trên cơ thể thì thân nhiệt vật nuôi tương trưng rất dễ đo được. Tuy nhiên trên thực tế, khi đo thân nhiệt ở một số động vật hung dữ hay động vật được che phủ bởi phần lớn lớp sừng dày, thì quá trình đo sẽ gặp phải rất nhiều khó khăn. Để đo được thân nhiệt vật nuôi chúng ta thường có 2 giải pháp là (1) đo bằng phương pháp trực tiếp tức là đưa thiết bị đo tiếp

xúc với bộ phận cơ thể vật nuôi, và (2) đo bằng phương pháp đo không tiếp xúc thông qua sử dụng cảm biến đo nhiệt từ xa qua bức xạ nhiệt. Ngoài ra, tùy thuộc vào loài vật nuôi, vị trí cần đo, giải nhiệt độ cần đo, và độ chính xác phép đo mà chúng ta có thể chọn loại cảm biến như cặp nhiệt điện, điện trở nhiệt hay cảm biến nhiệt loại bức xạ sao cho phù hợp. Trong phần này chúng tôi sẽ phân tích ưu nhược điểm của từng phương pháp đo, ở từng loại cảm biến nhiệt được sử dụng trong các nghiên cứu ứng dụng công nghệ IoT và công nghệ xử lý ảnh vào các quá trình chăn nuôi gia súc gia cầm.

3.1. Cơ chế sinh nhiệt trên cơ thể vật nuôi

Thân nhiệt phản ánh rất nhiều đặc tính sinh lý, sinh hóa của cơ thể vật nuôi (như dinh dưỡng cơ thể, vật nuôi no hay đói, mức độ hoạt động (chạy, nhảy,...), vật nuôi có bị kích động không, hay đơn giản vật nuôi có bị stress hay không). Mỗi khi các đặc tính sinh lý, sinh hóa trên thay đổi, cũng làm nhiệt độ thân nhiệt của vật nuôi biến đổi. Vậy, cơ chế sinh nhiệt trên cơ thể sống hoạt động như thế nào? Khi nắm được bản chất của việc sinh nhiệt trên cơ thể sống ở các loài khác nhau, hay đơn giản ở các vị trí khác nhau trên cơ thể sẽ giúp chúng ta tạo ra những bộ đo thân nhiệt phù hợp, có độ chính xác cao.

Theo nhiều nghiên cứu lâm sàng cho thấy, thân nhiệt ở một số loại động vật có vú hay gia cầm biến đổi trong hai quá trình chính sau: (1) Thân nhiệt sẽ thay đổi rất lớn tùy thuộc vào sự hoạt động của một số bộ phận chính trên cơ thể như não, tim, gan thận,... Trong đó, khi hoạt động bình thường, các bộ phận chính của cơ thể này có thể sinh ra lên đến 60% lượng nhiệt của toàn cơ thể; (2) Quá trình biến đổi thân nhiệt thứ hai đó là kết quả của quá trình bù trừ giữa sự sinh nhiệt bởi hoạt động của các múi cơ trên cơ thể và sự mất nhiệt ở các bộ phận cơ thể khác. Ở đây có thể dễ dàng thấy, thông qua dòng máu lưu thông, nhiệt độ cơ thể sẽ mất đi thông qua dẫn, bức xạ, đối lưu hay bay hơi thông qua các vết thương. Do đó, thân nhiệt sẽ biến đổi rất lớn phụ thuộc vào các thông số sinh lý, sinh hóa bên trong cơ thể và bên ngoài môi trường sống tác động lên cơ thể đó. Dựa vào nguyên lý này thì một số bộ phận gây tổn hao nhiệt nhiều nhất trên cơ thể gia súc gia cầm có thể kể như là mũi, tai, da, chân, lớp vảy, ...[43].

Ngoài ra, các trạng thái đặc biệt của cơ thể như trong quá trình động dục, mang thai, hay thời gian tuần đầu sau đẻ cũng làm tăng thân nhiệt rõ rệt [44]. Thân nhiệt vật nuôi cũng có thể biến đổi rõ rệt do các quá trình hô hấp, tiêu hóa [45] hay loại và cường độ vận động [46] của chúng. Theo kết quả nghiên cứu [47, 48], khi bị nhiễm bệnh hoặc bị thương, cơ thể vật nuôi thường có thân nhiệt cao và có thể xuất hiện một số đốm, vết hoặc đám đỏ bất thường trên cơ thể. Ví dụ như những bệnh đỏ ở lợn gồm Dịch tả lợn, Tụ huyết trùng, Phô thương hàn lợn và Đóng dấu lợn.

3.2. Vị trí đo thân nhiệt

Như chúng ta đã biết, thân nhiệt sẽ phản ánh tình trạng sức khỏe của vật nuôi. Ngoài ra nó còn thể hiện tình trạng tâm lý (bị stress, hoảng loạn,...) hay cường độ vận động của vật nuôi. Câu hỏi đặt ra là ta cần đo thân nhiệt thông qua nhiệt độ của các bộ phận phía sâu trong cơ thể (gọi là nhiệt độ lõi) như tim, gan, não,..., hay là phần lớp cơ giữa nội tạng và bề mặt da phía ngoài thể (gọi là nhiệt độ lớp trung gian), hay chỉ là phần da trên bề mặt cơ thể (gọi là nhiệt độ bề mặt)? Mỗi bộ phận cơ thể sẽ thể hiện một nhiệt độ nhất định. Vậy, để thăm khám cho từng bộ phận của cơ thể thì việc xác định vị trí đo thân nhiệt cũng cần xác định chính xác. Trong nghiên cứu [49] chứng minh rằng, để đáp ứng với nhiệt độ nóng ngoài môi trường, mạch máu của động vật sẽ bị giãn ra tạo ra sự cân bằng giữa nhiệt độ lõi với nhiệt độ bề mặt trên cơ thể vật nuôi. Như vậy, vị trí đo thân nhiệt có thể đưa ra làm ba phần:

- a. Đo nhiệt độ lõi thông qua các loại cảm biến có thể đo được nhiệt độ của các bộ phận

sâu bên trong cơ thể như tim, gan, não, hệ thống nội tiết.

b. Đo nhiệt độ lớp trung gian thông qua các cảm biến có thể đo được nhiệt độ của các bộ phận sâu phía trong lớp da với khoảng cách nhất định. Trong trường hợp này ta có thể cấy ghép các thiết bị đo nhiệt sâu hơn bề mặt da 2 cm là có thể đo được nhiệt độ lớp trung gian này.

c. Đo nhiệt độ bề mặt thông qua các cảm biến có thể đo được nhiệt độ bề mặt da cơ thể. Trong trường hợp này ta có thể cài đặt thiết bị ngoài da hoặc cấy ghép với độ sâu không quá 1 cm so với bề mặt da cơ thể.

3.3. Phương pháp đo thân nhiệt

Như trình bày ở trên, để đo thân nhiệt cơ thể vật nuôi, thông thường, chúng ta có hai cách đó là đo bằng phương pháp đo tiếp xúc trực tiếp và phương pháp đo không tiếp xúc. Mỗi phương pháp có những ưu điểm và nhược điểm nhất định. Trong mục này chúng tôi sẽ cung cấp cái nhìn tổng quan về hai phương pháp nói trên.

3.3.1. Đo thân nhiệt vật nuôi bằng phương pháp đo tiếp xúc

Đây là phương pháp đo nhiệt độ khi mà thiết bị đo (phần tử nhạy của cảm biến) tiếp xúc trực tiếp với bộ phận cơ thể vật nuôi. Ví dụ để đo thân nhiệt chúng ta thường kẹp cảm biến nhiệt trực tiếp vào tai, phía dưới cánh, đút vào lỗ hậu môn, hay cấy ghép trực tiếp thiết bị đo vào cơ thể vật nuôi.

Ưu điểm: Phương pháp đo này thường cho kết quả nhanh, chính xác hơn so với phương pháp đo không tiếp xúc do hạn chế được các nhiễu tác động lên quá trình đo. Ngoài ra sau khi cấy ghép lên cơ thể và thả vật nuôi ra ngoài môi trường ta vẫn thu được tín hiệu từ thiết bị đo, giúp cho việc nghiên cứu các thuộc tính, thói quen hay khả năng vận động của vật nuôi.

Nhược điểm: Để cấy ghép lên cơ thể vật nuôi thì kích thước của thiết bị đo phải đủ nhỏ trong khi nguồn nuôi phải đủ dung lượng để duy trì hoạt động của thiết bị trong một khoảng thời gian đủ dài. Do đó, vật nuôi cung cấp cho các thiết bị này cần được chọn lọc sao cho hệ thống hoạt động hiệu quả. Hơn nữa khi cấy ghép lên cơ thể sống, sau một thời gian cơ thể có thể sẽ đào thải thiết bị ra ngoài hoặc không thì có thể gây tổn thương lên vị trí cấy ghép đó. Một trở ngại rất lớn của phương pháp này, đó là, cần phải tác động trực tiếp lên cơ thể vật nuôi gây kích động, tạo ra hoảng loạn thậm chí hiện tượng xóc xuất hiện ảnh hưởng xấu đến quá trình sinh trưởng, phát triển của vật nuôi.

3.3.2. Đo thân nhiệt vật nuôi bằng phương pháp đo không tiếp xúc

Đây là phương pháp dùng thiết bị đo từ xa sự thay đổi thân nhiệt. Tức là thiết bị đo không tiếp xúc trực tiếp lên cơ thể vật nuôi. Theo nguyên lý thì khi một vật có nhiệt độ thay đổi làm cho các tia bức xạ hồng ngoại phát ra từ vật đó thay đổi. Do đó các cảm biến có thể đo từ xa sự tán xạ các nguồn tia này mà có thể biết được thân nhiệt của vật nuôi. Thông thường phương pháp này dùng các cảm biến hồng ngoại, phát hiện các tia bức xạ, hay đơn giản là các camera nhiệt để xác định từ xa thân nhiệt vật nuôi.

Ưu điểm: Do không tiếp xúc trực tiếp với cơ thể vật nuôi nên không gây kích động lên vật nuôi, giảm ảnh hưởng xấu đến vật nuôi. Ngoài ra do không tiếp xúc nên thiết bị đo có thể có kích thước đủ to, dung lượng bộ nhớ đủ lớn, và nguồn cung cấp phù hợp cho các hệ thống theo dõi từ xa và lâu dài hiện tượng biến đổi thân nhiệt của vật nuôi.

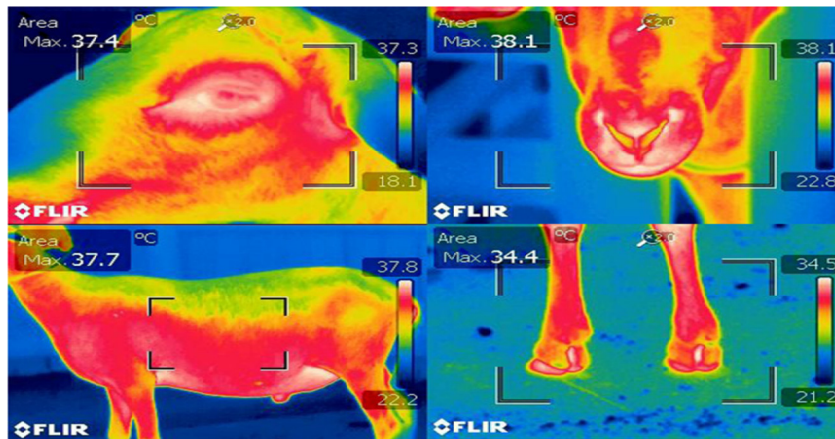
Nhược điểm: Khi vật nuôi dịch chuyển ra khoảng cách xa vị trí đặt thiết bị đo sẽ làm độ chính xác của phép đo giảm mạnh do các tác động nhiễu của môi trường. Ngoài ra độ chính xác của phép đo sẽ giảm khi vật nuôi dịch chuyển trong vùng có nhiều nguồn phát nhiệt khác.

Trong bảng 2, thể hiện một số nghiên cứu ứng dụng công nghệ IoT và công nghệ xử lý ảnh trong việc tự động đo thân nhiệt vật nuôi để phục vụ các bài toán thông minh hóa các quá trình trong chăn nuôi.

Bảng 2. Một số nghiên cứu việc tự động đo thân nhiệt vật nuôi.

Công trình nghiên cứu	Đối tượng	Phương pháp đo	Loại cảm biến	Mục đích đo
[44]	Bò thịt	Tiếp xúc	Nhiệt điện trở	Nghiên cứu mối quan hệ giữa thân nhiệt trong thời kỳ mang thai và động dục ở bò
[46]	Chó	Tiếp xúc	Giao động thạch anh	Để đo thân nhiệt ở loài chó, các tác giả đã chế tạo ra cảm biến nhiệt có kích thước như viên thuốc hình con nhộng, được bao phủ bởi lớp silicon. Khi đó, cho con vật nuốt vào dạ dày để đo nhiệt độ bên trong chúng.
[48]	Bò	Không tiếp xúc	Camera hồng ngoại	Sử dụng camera nhiệt hồng ngoại chụp liên tục trong thời gian 45 phút ảnh mặt của vật nuôi để xác định thân nhiệt của chúng
[50]	Bò	Tiếp xúc	Nhiệt điện trở	Đo thân nhiệt nhằm mục đích nghiên cứu các trạng thái sinh lý trên cơ thể vật nuôi
[51]	Lợn	Tiếp xúc	Nhiệt điện trở	Đo và đối chứng nhiệt độ ở bàng quang, màng nhĩ và trực tràng trên cơ lợn khỏe và lợn mang bệnh
[52]	Thỏ	Không tiếp xúc	Nhiệt hồng ngoại	Thân nhiệt đo được từ cảm biến nhiệt hồng ngoại bằng phương pháp đo không tiếp xúc sẽ được dùng để kiểm chứng với kết quả của các loại cảm biến khác khi chúng cùng đo một đối tượng.
[53]	Bò sữa	Tiếp xúc	Nhiệt điện trở	So sánh nhiệt độ ở các bộ phận trên cơ thể bò sữa.
[54]	Bò sữa	Tiếp xúc	Nhiệt điện trở	Đo nhiệt độ âm đạo của bò sữa để đánh giá sự ảnh hưởng kiểu gen của bò lên thân nhiệt khi được chăn thả trong vùng có khí hậu nắng nóng
[55]	Lợn	Tiếp xúc	Nhiệt điện trở	Cùng lúc cấy các thiết bị đo nhiệt ở 6 vị trí khác nhau trên cơ thể lợn để xác định thân nhiệt của chúng
[56]	Bò	Tiếp xúc	Nhiệt điện trở	Đo sự biến đổi nhiệt độ ở màng nhĩ bò khi thay đổi hàm lượng dinh dưỡng thức ăn và trong điều kiện nhiệt độ môi trường cao.
[57]	Bò	Tiếp xúc	Nhiệt điện trở	Phát triển hệ thống đo nhiệt độ trực tràng của gia súc
[58]	Bò	Không tiếp xúc	Camera hồng ngoại	Sử dụng camera nhiệt hồng ngoại để giám sát thân nhiệt của bò ở các trang trại thông minh
[59]	Bò	Tiếp xúc	Nhiệt điện trở	Cấy thiết bị đo dưới gia vật nuôi để đo thân nhiệt
[60]	Bò	Không tiếp xúc	Camera hồng ngoại	Sử dụng camera nhiệt hồng ngoại để phát hiện bệnh hô hấp ở bò

Tuy nhiên để chẩn đoán, phát hiện sớm dấu hiệu nhiễm bệnh trên vật nuôi bằng việc đo thân nhiệt trực tiếp sẽ gặp nhiều khó khăn. Do đó, kỹ thuật dùng máy ảnh nhiệt hồng ngoại để đo thân nhiệt vật nuôi thông qua phân tích phổ ảnh đã và đang là phương pháp hiệu quả giúp phát hiện sớm và từ xa các cá thể vật nuôi bị nhiễm [61-64]. Ưu điểm nổi bật của phương pháp này là không tiếp xúc trực tiếp với cơ thể vật nuôi (phương pháp không xâm lấn), không gây stress cho vật nuôi khi đang chẩn đoán tình trạng sức khỏe của chúng. [62] đã sử dụng ảnh thân nhiệt trên các vùng cơ thể và phân tích phổ ảnh thân nhiệt cừu nhằm xác định tình trạng stress nhiệt cũng như dự đoán các chỉ số sinh lý trên cơ thể cừu (hình 6).

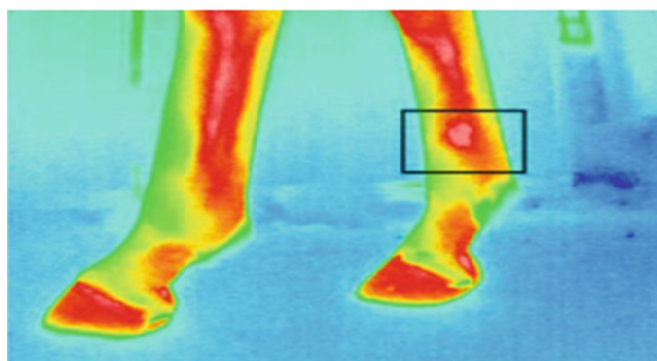


Hình 6. Sử dụng ảnh thân nhiệt trên các vùng cơ thể cừu để dự đoán các chỉ số sinh lý.

Mức độ stress của vật nuôi trước khi giết mổ là thông số quan trọng ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng thịt thành phẩm. Mức độ stress của vật nuôi có mối liên quan đến các chỉ số sinh hóa trong máu và thân nhiệt của chúng. Do đó, việc giám sát sự thay đổi nhiệt độ thân nhiệt vật nuôi trong các quá trình chăm sóc, vận chuyển là hết sức quan trọng.

Ở lợn, bằng việc đo nhiệt độ trên tai, các tác giả đã chứng tỏ rằng, chúng có mối tương quan với sự tập trung của hooc môn nội tiết tố cortisol và hooc môn này được tiết ra từ tuyến thượng thận để phản ứng lại stress ở vật nuôi [63]. Gần đây, công nghệ xử lý ảnh cũng đã được áp dụng thành công để nhận diện khuôn mặt của lợn, từ đó, có thể phát triển ra nhiều hướng phát hiện dấu hiệu bệnh sớm thông qua sự thay đổi về trạng thái khuôn mặt [65].

Ở ngựa, [64] đã đề xuất sử dụng ảnh thân nhiệt để phát hiện những vùng bị nhiễm trùng hoặc những dấu hiệu bất thường đặc biệt ở vùng chân và móng của ngựa. Trong hình 7 thể hiện sự viêm, nhiễm trùng trong khung hình chữ nhật ở chân ngựa có thể phát hiện được bằng công nghệ xử lý ảnh.



Hình 7. Phát hiện vùng viêm, nhiễm trùng ở chân ngựa từ ảnh nhiệt.

4. KẾT LUẬN

Ứng dụng công nghệ kỹ thuật cao trong sản xuất nông nghiệp nói chung và trong chăn nuôi nói riêng đã và đang là một xu thế tất yếu của rất nhiều nền nông nghiệp tiên tiến trên thế giới. Bởi chỉ có những nền nông nghiệp thông minh với các thiết bị làm việc chính xác sẽ giúp nâng cao hiệu quả sản xuất, tạo ra nhiều loại nông sản đáp ứng được các yêu cầu khắt khe của người tiêu dùng trên toàn thế giới. Ngành chăn nuôi và thú y Việt Nam cần chủ động, sáng tạo phát huy tiềm năng vốn có của mình đồng thời tiếp nhận có chọn lọc các công nghệ hiện đại sao cho phù hợp với các điều kiện sản xuất trong nước. Rất nhiều dịch bệnh đang xảy ra trên vật nuôi tại Việt Nam đòi hỏi người chăn nuôi quan tâm kỹ hơn đến sức khỏe đàn vật nuôi. Việc ứng dụng công nghệ cao trong đánh giá, chẩn đoán và kiểm soát bệnh vật nuôi nên được nghiên cứu và áp dụng trong tương lai gần bởi sự cần thiết của nó và sự thuận lợi về mặt nền tảng công nghệ thông tin cao mà Việt Nam đang sở hữu. Trước mắt, công nghệ IoT hoàn toàn có thể áp dụng được trong việc xác định thân nhiệt của vật nuôi, nhằm phân loại vật nuôi bị stress hay bị sốt và cần đưa đến giải pháp cách ly để điều trị.

Lời cảm ơn: Nhóm tác giả cảm ơn sự tài trợ về kinh phí của Học viện Nông nghiệp Việt Nam trong khuôn khổ đề tài trọng điểm cấp học viện năm 2020.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Ferrari, P., Flammini, A., Rinaldi, S., Sisinni, E., Maffei, D., & Malara, M. (2018). "Impact of quality of service on cloud based industrial IoT applications with OPC UA". *Electronics*, 7(7), 109.
- [2]. Lesi, V., Jakovljevic, Z., & Pajic, M. (2019, April). "Reliable industrial IoT-based distributed automation". In *Proceedings of the International Conference on Internet of Things Design and Implementation* (pp. 94-105).
- [3]. Alqahtani, F. H. (2018). "The application of the Internet of Things in healthcare". *Int. J. Comput. Appl.*, 180, 19-23.
- [4]. Dziak, D., Jachimczyk, B., & Kulesza, W. J. (2017). "IoT-based information system for healthcare application: design methodology approach". *Applied Sciences*, 7(6), 596.
- [5]. Fraga-Lamas, P., Fernández-Caramés, T. M., Suárez-Albela, M., Castedo, L., & González-López, M. (2016). "A review on internet of things for defense and public safety". *Sensors*, 16(10), 1644.
- [6]. Johnsen, F. T., Zieliński, Z., Wrona, K., Suri, N., Fuchs, C., Pradhan, M., ... & Marks, M. (2018, May). "Application of IoT in military operations in a smart city". In *2018 International Conference on Military Communications and Information Systems (ICMCIS)* (pp. 1-8). IEEE.
- [7]. Jayaraman, P. P., Yavari, A., Georgakopoulos, D., Morshed, A., & Zaslavsky, A. (2016). "Internet of things platform for smart farming: Experiences and lessons learnt". *Sensors*, 16(11), 1884.
- [8]. Kamiński, C., Soininen, J. P., Taumberger, M., Dantas, R., Toscano, A., Salmon Cinotti, T., ... & Torre Neto, A. (2019). "Smart water management platform: Iot-based precision irrigation for agriculture". *Sensors*, 19(2), 276.
- [9]. Ray, P. P. (2017). "Internet of things for smart agriculture: Technologies, practices and future direction". *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*, 9(4), 395-420.
- [10]. Neethirajan, S. (2017). "Recent advances in wearable sensors for animal health management". *Sensing and Bio-Sensing Research*, 12, 15-29.
- [11]. Handcock, Rebecca N., et al. "Monitoring animal behaviour and environmental interactions using wireless sensor networks, GPS collars and satellite remote

- sensing." *Sensors* 9.5 (2009): 3586-3603.
- [12]. Park, Myeong-Chul, and Ok-Kyoon Ha. "Development of effective cattle health monitoring system based on biosensors." *Adv. Sci. Tech* 117 (2015): 180-185.
- [13]. Aydin, Atilla, et al. "Application of a fully automatic analysis tool to assess the activity of broiler chickens with different gait scores." *Computers and Electronics in Agriculture* 73.2 (2010): 194-199.
- [14]. Corkery, Gerard, et al. "Incorporating smart sensing technologies into the poultry industry." *Journal of World's Poultry Research* 3.4 (2013): 106-128.
- [15]. Wathes, C. 2007. "Precision livestock farming for animal health, welfare and production". Tartu: Estonian University of Life Sciences, Jõgeva Plant Breeding Institute, Estonian Research Institute of Agriculture.
- [16]. Barbosa Filho JAD, Silva IJO and Silva MAN. 2008. "Welfare evaluation by image analysis of laying hens in different breeding systems and environmental".
- [17]. Ferrari, Sara, et al. "Cough sound analysis to identify respiratory infection in pigs." *Computers and electronics in agriculture* 64.2 (2008): 318-325.
- [18]. Dong, Fangwu, and Naiqing Zhang. "Wireless sensor networks applied on environmental monitoring in fowl farm." *International Conference on Computer and Computing Technologies in Agriculture*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2009.
- [19]. Mollah, Md Bazlur R., et al. "Digital image analysis to estimate the live weight of broiler." *Computers and Electronics in Agriculture* 72.1 (2010): 48-52.
- [20]. Cordeiro, M. B., Tinoco, I. F. F., De Mesquita, R. M. & De Sousa, F. C. 2011. "Digital image analysis for young chicken's behavior evaluation". *Engenharia Agricola*, 31, 418-426
- [21]. T. Fukatsu, T. Nanseki, "Farm Operation Monitoring System with Wearable Sensor Devices Including RFID", INTECH Open Access Publisher, 2011.
- [22]. Banhazi, Thomas M., et al. "Precision Livestock Farming: Precision feeding technologies and sustainable livestock production." *International Journal of Agricultural and Biological Engineering* 5.4 (2012): 54-61.
- [23]. Zia, Asif I., et al. "Sensor and instrumentation for progesterone detection." 2012 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference Proceedings. IEEE, 2012.
- [24]. Chung, Yongwha, et al. "Automatic detection and recognition of pig wasting diseases using sound data in audio surveillance systems." *Sensors* 13.10 (2013): 12929-12942.
- [25]. Chung, Y., et al. "Automatic detection of cow's oestrus in audio surveillance system." *Asian-Australasian journal of animal sciences* 26.7 (2013): 1030.
- [26]. Nograles, Abdul Hadi H., and Felicito S. Caluyo. "Wireless system for pregnancy detection in cows by monitoring temperature changes in body." 2013 IEEE 9th International Colloquium on Signal Processing and its Applications. IEEE, 2013.
- [27]. Lee, Jonguk, et al. "Stress detection and classification of laying hens by sound analysis." *Asian-Australasian journal of animal sciences* 28.4 (2015): 592.
- [28]. Vandermeulen, Joris, et al. "Discerning pig screams in production environments." *PLoS One* 10.4 (2015).
- [29]. Andersson, L. Mattias, et al. "Wearable wireless estrus detection sensor for cows". *Computers and Electronics in Agriculture* 127 (2016): 101-108.
- [30]. Sa, Jaewon. "Detection of Low-Weight Pigs using a Top-View Camera." *The fourth International Conference on Information Science and Cloud Computing*. Vol. 264. SISSA Medialab, 2016.
- [31]. Edmonson, A. J., Lean, I. J., Weaver, L. D., Farver, T., & Webster, G. (1989). "A

- body condition scoring chart for Holstein dairy cows*". Journal of dairy science, 72(1), 68-78.
- [32]. Alvarez, J. R., Arroqui, M., Mangudo, P., Toloza, J., & Jatip, D. (2017). "Advances in Automatic Detection of Body Condition Score of Cows: A Mini Review". J Dairy Vet Anim Res, 5(4), 00149.
- [33]. Bewley, J. M., Peacock, A. M., Lewis, O., Boyce, R. E., Roberts, D. J., Coffey, M. P., ... & Schutz, M. M. (2008). "Potential for estimation of body condition scores in dairy cattle from digital images". Journal of dairy science, 91.
- [34]. Krukowski, M. (2009). "Automatic determination of body condition score of dairy cows from 3D images". Skolan för datavetenskap och kommunikation, Kungliga Tekniska högskolan.
- [35]. Azzaro, G., Caccamo, M., Ferguson, J. D., Battiato, S., Farinella, G. M., Guarnera, G. C., ... & Licitra, G. (2011). "Objective estimation of body condition score by modeling cow body shape from digital images". Journal of dairy science, 94(4), 2126-2137.
- [36]. Bercovich, A., Edan, Y., Alchanatis, V., Moallem, U., Parmet, Y., Honig, H., ... & Halachmi, I. (2013). "Development of an automatic cow body condition scoring using body shape signature and Fourier descriptors". Journal of dairy science, 96(12), 8047-8059.
- [37]. Salau, J., Haas, J. H., Junge, W., Bauer, U., Harms, J., & Bielecki, S. (2014). "Feasibility of automated body trait determination using the SR4K time-of-flight camera in cow barns". SpringerPlus, 3(1), 225.
- [38]. Fischer, A., Luginbühl, T., Delattre, L., Delouard, J. M., & Faverdin, P. (2015). "Rear shape in 3 dimensions summarized by principal component analysis is a good predictor of body condition score in Holstein dairy cows". Journal of dairy science, 98(7), 4465-4476.
- [39]. Spoliansky, R., Edan, Y., Parmet, Y., & Halachmi, I. (2016). "Development of automatic body condition scoring using a low-cost 3-dimensional Kinect camera". Journal of dairy science, 99(9), 7714-7725.
- [40]. Halachmi, I., Klopčič, M., Polak, P., Roberts, D. J., & Bewley, J. M. (2013). "Automatic assessment of dairy cattle body condition score using thermal imaging". Computers and electronics in agriculture, 99, 35-40.
- [41]. Shelley, A. N. (2016). "Incorporating machine vision in precision dairy farming technologies". PhD thesis, University of Kentucky.
- [42]. Anglart, D. (2014). "Automatic estimation of body weight and body condition score in dairy cows using 3D imaging technique". Master's thesis.
- [43]. Tattersall, G. J., and V. Cadena. "Insights into animal temperature adaptations revealed through thermal imaging." The Imaging Science Journal 58.5 (2010): 261-268.
- [44]. Cooper-Prado, M. J., et al. "Relationship of ruminal temperature with parturition and estrus of beef cows." Journal of animal science 89.4 (2011): 1020-1027.
- [45]. Montanholi, Y. R., et al. "Assessing feed efficiency in beef steers through feeding behavior, infrared thermography and glucocorticoids." animal 4.5 (2010): 692-701.
- [46]. Angle, T. Craig, and Robert L. Gillette. "Telemetric measurement of body core temperature in exercising unconditioned Labrador retrievers". Canadian Journal of Veterinary Research 75.2 (2011): 157-159.
- [47]. McCafferty, Dominic J. "Applications of thermal imaging in avian science." Ibis 155.1 (2013): 4-15.
- [48]. Stewart, M., et al. "Noninvasive assessment of autonomic activity for evaluation of

- pain in calves, using surgical castration as a model.*" Journal of dairy science 93.8 (2010): 3602-3609
- [49]. Torrao, N. A., et al. "Assessment of the use of temperature-sensitive microchips to determine core body temperature in goats." Veterinary Record 168.12 (2011): 328-328.
- [50]. Prendiville, Daniel J., et al. "Radiotelemetry systems for measuring body temperature". Teagasc, 2002.
- [51]. Hanneman, S. K., J. T. Jesurum-Urbaitis, and D. R. Bickel. "Comparison of methods of temperature measurement in swine." Laboratory animals 38.3 (2004): 297-306.
- [52]. Chen, Patty H., and Charles E. White. "Comparison of rectal, microchip transponder, and infrared thermometry techniques for obtaining body temperature in the laboratory rabbit (*Oryctolagus cuniculus*)." Journal of the American Association for Laboratory Animal Science 45.1 (2006): 57-63.
- [53]. Bewley, JM., et al. "Comparison of reticular and rectal core body temperatures in lactating dairy cows." Journal of dairy science 91.12 (2008): 4661-4672.
- [54]. Dikmen, S., et al. "Genotype effects on body temperature in dairy cows under grazing conditions in a hot climate including evidence for heterosis." International journal of biometeorology 53.4 (2009): 327-331.
- [55]. Lohse, Louise, et al. "A study on the applicability of implantable microchip transponders for body temperature measurements in pigs." Acta Veterinaria Scandinavica 52.1 (2010): 29.
- [56]. Mader, T. L., et al. "Tympanic temperature in confined beef cattle exposed to excessive heat load." International journal of biometeorology 54.6 (2010): 629-635.
- [57]. Reuter, R. R., et al. "Development of a self-contained, indwelling rectal temperature probe for cattle research." Journal of animal science 88.10 (2010): 3291-3295.
- [58]. Poikalainen, V., et al. "Infrared temperature patterns of cow's body as an indicator for health control at precision cattle farming." Agronomy Research Biosystem Engineering Special 10.1 (2012): 187-194.
- [59]. Reid, E. D., et al. "Correlation of rectal temperature and peripheral temperature from implantable radio-frequency microchips in Holstein steers challenged with lipopolysaccharide under thermoneutral and high ambient temperatures." Journal of animal science 90.13 (2012): 4788-4794.
- [60]. Schaefer, A. L., et al. "The non-invasive and automated detection of bovine respiratory disease onset in receiver calves using infrared thermography." Research in veterinary science 93.2 (2012): 928-935.
- [61]. Gade, R., & Moeslund, T. B. (2014). "Thermal cameras and applications: a survey". Machine vision and applications, 25(1), 245-262.
- [62]. McManus, C., Tanure, C. B., Peripolli, V., Seixas, L., Fischer, V., Gabbi, A. M., ... & Costa Jr, J. B. G. (2016). "Infrared thermography in animal production: An overview". Computers and Electronics in Agriculture, 123, 10-16.
- [63]. Warriss, P. D., Pope, S. J., Brown, S. N., Wilkins, L. J., & Knowles, T. G. (2006). "Estimating the body temperature of groups of pigs by thermal imaging". Veterinary Record, 158(10), 331-334.
- [64]. Yanmaz, L. E., Okumus, Z., & Dogan, E. (2007). "Instrumentation of thermography and its applications in horses". J Anim Vet Adv, 6(7), 858-62.
- [65]. Hansen, M. F., Smith, M. L., Smith, L. N., Salter, M. G., Baxter, E. M., Farish, M., & Grieve, B. (2018). "Towards on-farm pig face recognition using convolutional neural networks". Computers in Industry, 98, 145-152.

ABSTRACT

**A SURVEY ON INTERNET OF THINGS, IMAGE PROCESSING APPLICATIONS
AND CHALLENGES FOR ANIMAL HEALTH MANAGEMENT**

The livestock sector in Vietnam plays an important role in agriculture, which accounts for 35 percent of the total gross domestic product of the agricultural sector in 2016. Unfortunately, the Vietnamese livestock industry is facing many animal disease outbreaks. In order to reduce the impact of disease and early catch the signs of illness in animals, some developed countries (e.g., Japan, South Korea, Netherlands, Belgium, USA) have used various emerging technologies such as Biosensors, Internet of Things (IoT), Image processing, for livestock monitoring. This review paper presents a review of recent advances in livestock monitoring. A comprehensive tabular overview of different approaches in monitoring animal health using thermal imaging cameras is presented with key issues. Although having significant benefits in livestock monitoring, this area has still some challenges which are investigated in this paper.

Keywords: Smart farming; IoT applications in agriculture; Image processing; Thermal imaging camera.

Nhận bài ngày 20 tháng 02 năm 2020

Hoàn thiện ngày 12 tháng 3 năm 2020

Chấp nhận đăng ngày 10 tháng 4 năm 2020

Địa chỉ: ¹Học viện Nông nghiệp Việt Nam;

²Đại học Công nghiệp Hà Nội;

³Cao đẳng Xây dựng Công trình đô thị.

*Email: xhaicuw.edu.vn@gmail.com.