

THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN VÀ GIÁM SÁT CHẤT LƯỢNG THÔNG SỐ MÔI TRƯỜNG BỂ NUÔI THỦY SẢN

Nguyễn Thị Thắm¹, Doãn Thanh Cảnh¹

TÓM TẮT

Ngày nay, việc ứng dụng công nghệ tự động hóa trong nuôi trồng thủy sản mang lại nhiều hiệu quả cho nhà đầu tư như: tiết kiệm được sức lao động, giảm rủi ro, nâng cao hiệu suất và chất lượng sản phẩm để phục vụ nhu cầu của thị trường. Bài báo này nghiên cứu hệ thống tích hợp điều khiển và giám sát môi trường nuôi trồng thủy sản đảm bảo các điều kiện sống để sinh vật có thể phát triển tốt nhất trong điều kiện khí hậu thay đổi thất thường. Hệ thống điều khiển và giám sát được xây dựng dựa trên thuật toán điều khiển PID, module Arduino kết hợp với một số thiết bị phụ trợ để lập trình, tính toán cài đặt thông số cho bộ điều khiển để thực hiện các yêu cầu về điều kiện môi trường sống cho vật nuôi. Đây là một hệ thống có thể thích hợp điều khiển và giám sát cho nhiều thông số và khắc phục được nhược điểm mà các bộ điều khiển trước đó chưa làm được. Các kết quả khi chạy thử nghiệm mô hình cho thấy hệ thống làm việc tin cậy, các tham số mà các cảm biến đo được gần sát với giá trị thực tế.

Từ khóa: Hệ thống điều khiển, hệ thống giám sát, bể nuôi thủy sản, thuật toán điều khiển PID.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nuôi trồng thủy sản đóng vai trò quan trọng trong nền kinh tế của nước ta hiện nay, nghề này đã giúp cải thiện đáng kể đời sống của người dân và đóng góp quan trọng trong các mặt hàng xuất khẩu chủ lực của Việt Nam thời kỳ hội nhập. Hiện nay, các mặt hàng thủy sản của nước ta luôn khẳng định được chất lượng trên thị trường quốc tế và được nhiều thị trường khó tính tin dùng [1]. Để đạt được thành quả này, ngành thủy sản luôn tìm hướng tiếp cận hiện đại trong quá trình nuôi để nâng cao năng suất và chất lượng sản phẩm. Tuy nhiên, để phát triển bền vững và có thể cạnh tranh lâu dài trên thị trường trong nước và thế giới, hiện nay các mô hình nuôi trồng thủy sản luôn áp dụng các công nghệ tiên tiến để mang lại hiệu quả cao trong quá trình sản xuất [1]. Trong thời đại công nghệ 4.0, một trong những công nghệ quan trọng là ứng dụng tự động hóa vào sản xuất nuôi trồng thủy hải sản để tạo ra môi trường nuôi bền vững cho người sản xuất, quá trình này tác động vào môi trường nuôi bằng cách kiểm soát tất cả các công đoạn trong quá trình nuôi, tạo môi trường thuận lợi nhất cho vật nuôi phát triển. Theo tài liệu [2] thì ứng dụng tự động hóa trong nuôi trồng thủy sản có thể tiết kiệm được chi phí đầu tư, tiết kiệm chi phí vận hành cũng như nâng cao được chất lượng sản phẩm, cụ thể: giảm khoảng 20% chi phí điện năng; giảm 50% chi phí nhân công; Gia tăng 5 - 10% sản lượng do vật nuôi phát triển tốt hơn trong môi trường tốt hơn; loại bỏ rủi ro do sự cố môi trường. Ngày nay đã có nhiều công nghệ đã áp dụng thành công

¹ Khoa Kỹ thuật Công nghệ, Trường Đại học Hồng Đức; Email: nguyenthitham@hdu.edu.vn

để có thể kiểm soát môi trường nuôi trồng thủy sản, các công nghệ này thường có giá thành cao, chủ yếu là nhập khẩu, và đặc điểm phổ biến của các công nghệ này là các hệ thống điều khiển còn riêng lẻ, chưa có sự tích hợp tối ưu trong mô hình [3]. Bài báo này sẽ nghiên cứu hệ thống điều khiển và giám sát các thông số nhiệt độ, mức nước, độ pH, độ mặn cho mô hình nuôi trồng thủy sản. Quá trình điều khiển được thực hiện thông qua bộ điều khiển PID kết hợp với module Arduino và công nghệ điều khiển qua sóng Wifi kết nối với điện thoại thông minh. Ưu điểm của hệ thống này là khả năng điều khiển nhiều thông số tích hợp trong cùng một bộ điều khiển, do đó hệ thống sẽ trở nên gọn nhẹ và tiện dụng hơn, ngoài ra hệ thống có thể điều khiển, giám sát quá trình vận hành môi trường nuôi ở mọi lúc, mọi nơi nhờ công nghệ kết nối với điện thoại thông minh. Các hoạt động mà nghiên cứu hướng tới để hiện thực hóa ý tưởng có thể kể đến như: điều khiển các thông số nhiệt độ môi trường, điều khiển ổn định mức nước, điều khiển hệ thống lọc nước tuần hoàn, điều khiển tự động để cấp đúng và đủ lượng thức ăn theo giờ. Để làm được điều này, hệ thống được trang bị bộ điều khiển PID, module arduino để điều khiển, hiển thị các thông số môi trường nuôi như: nhiệt độ, mức nước, làm sạch nước, cấp thức ăn tự động theo giờ, quan sát một số thông số quan trọng ảnh hưởng đến vật nuôi. Đây là những yếu tố then chốt để đảm bảo một môi trường sống khỏe mạnh cho vật nuôi phát triển. Quá trình thực nghiệm được trang bị dựa trên mô hình bể cá công nghiệp thu nhỏ với đầy đủ các tính năng trên. Kết quả thực nghiệm đã chứng minh thuật toán điều khiển đặt ra với yêu cầu thực tế.

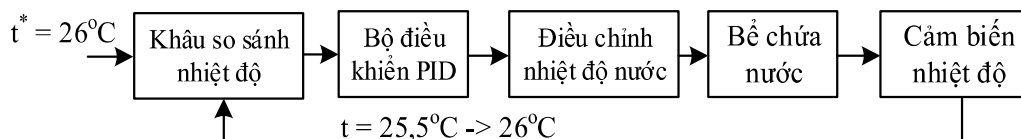
2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Hệ thống điều khiển và giám sát chất lượng thông số môi trường bể nuôi thủy sản được nghiên cứu dựa trên việc phân tích và tổng hợp lý thuyết kết hợp với việc xây dựng mô hình thực nghiệm. Để kiểm nghiệm các thuật toán điều khiển áp dụng cho các vấn đề thực tế, nghiên cứu được thực hiện trên bể cá dạng mô hình. Mô hình này được trang bị một hệ thống điều khiển để điều khiển các module riêng lẻ như: module điều khiển nhiệt độ, module điều khiển mức nước, module lọc nước tuần hoàn tự động, module cho cá ăn tự động, module giám sát thông số PH và độ mặn (DTS) của môi trường bể nuôi. Chức năng và cách thức hoạt động của từng module được thực hiện cụ thể như sau:

2.1. Module điều khiển nhiệt độ

Nhiệt độ môi trường nước là yếu tố quan trọng góp phần vào sự sinh trưởng và phát triển của vật nuôi thủy sản. Mỗi loại sinh vật sẽ thích hợp với một khoảng nhiệt độ môi trường sống nhất định, do đó bộ điều khiển có nhiệm vụ duy trì một khoảng nhiệt độ nhất định đối với môi trường nước. Trong mô hình này, nhiệt độ được cài đặt ở giá trị 25,5°C đến 26,5°C, nghĩa là khi nhiệt độ môi trường có cao hơn hoặc thấp hơn ngưỡng nhiệt độ trên thì nhiệt độ trong bể nuôi vẫn duy trì ở mức xung quanh giá trị 26°C.

Module điều khiển nhiệt độ được thực hiện bởi bộ điều khiển PID và các cảm biến nhiệt độ để đo nhiệt độ của môi trường nước, nguyên lý làm việc của bộ điều khiển PID được thể hiện chi tiết trong tài liệu [5], sơ đồ cấu trúc của hệ thống điều khiển nhiệt độ được thể hiện như hình 1.



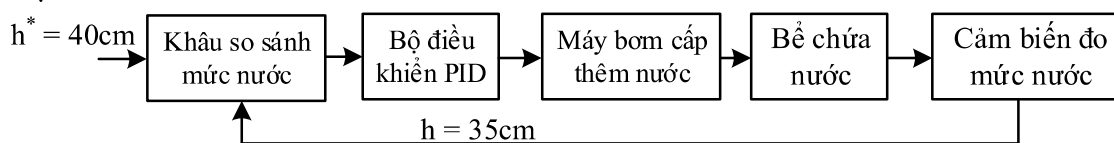
Hình 1. Sơ đồ cấu trúc của hệ thống điều khiển nhiệt độ

Trong quá trình hoạt động, cảm biến nhiệt độ liên tục đo nhiệt độ của môi trường nước, sau đó tín hiệu sẽ được phản hồi và so sánh với giá trị đặt là 26°C , khi phát hiện nhiệt độ môi trường nằm ngoài khoảng nhiệt độ $25,5^{\circ}\text{C}$ đến $26,5^{\circ}\text{C}$ thì bộ điều khiển PID sẽ tác động để điều chỉnh nhiệt độ nước về ngưỡng nhiệt độ đã chọn bằng cách cấp tín hiệu đến cơ cấu chấp hành để cung cấp nguồn nóng hoặc nguồn lạnh vào bể nước nhằm tăng hoặc giảm nhiệt độ bể nước bằng giá trị 26°C . Quá trình này luôn hoạt động liên tục và thường xuyên trong suốt quá trình vận hành hệ thống. Đối với môi trường nuôi ở nhiệt độ khác thì chỉ cần cài đặt lại thông số của bộ điều khiển PID và cho hệ thống hoạt động tương tự như quá trình trên.

2.2. Module điều khiển mức nước

Nước là yếu tố quan trọng hàng đầu để thủy sản có thể tồn tại và phát triển. Trong quá trình nuôi trồng thì lượng nước trong bể luôn bị thất thoát với nhiều nguyên nhân, khiến cho người nuôi phải theo dõi thường xuyên để cấp bù lại lượng nước thất thoát này, nếu không cấp lại lượng nước thất thoát sẽ ảnh hưởng đến quá trình sinh trưởng của vật nuôi. Để khắc phục điều này, mô hình được trang bị hệ thống điều khiển cấp nước tự động để bù lại lượng nước thất thoát trong quá trình vận hành và luôn duy trì mức nước trong bể ở một giá trị nhất định không đổi. Với điều kiện xây dựng mô hình thì mực nước cố định của bể nuôi luôn duy trì trong khoảng tối thiểu là 35cm và mức nước tối đa là 40cm.

Module điều khiển mức nước được thực hiện bởi bộ điều khiển PID và các cảm biến đo mức để đo mức nước trong bể, sơ đồ cấu trúc của hệ thống điều khiển nhiệt độ được thể hiện như hình 2.



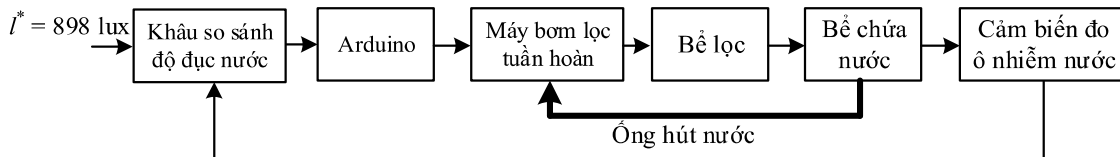
Hình 2. Sơ đồ cấu trúc của hệ thống điều khiển mức nước

Trong mô hình này, để thực hiện đo được mức nước trong bể, hệ thống sử dụng cảm biến siêu âm kết hợp với bộ điều khiển PID. Trong quá trình hoạt động, cảm biến siêu âm liên tục đo mực nước để so sánh với giá trị đặt trước, khi mức nước trong bể ở mức tối thiểu là 35cm thì cảm biến siêu âm phát hiện, gửi tín hiệu để so sánh với giá trị đặt, nếu sai lệch với giá trị đặt thì bộ điều khiển PID sẽ có nhiệm vụ triệt tiêu các sai lệch và gửi tín hiệu đến cơ cấu chấp hành, khi cơ cấu chấp hành nhận tín hiệu sẽ mở van cấp nước, nước trong bể sẽ được bổ sung, khi mức nước được bổ sung đến 40cm, cảm biến siêu âm sẽ phát hiện và gửi tín hiệu đến bộ điều khiển PID để tác động đóng van cấp nước, quá trình hoạt động luôn được cập nhật và theo dõi để bộ điều khiển làm việc và luôn đảm bảo được mức nước trong bể ở một thông số nhất định đảm bảo được môi trường sống ổn định cho thủy sản.

2.3. Module lọc nước tuần hoàn

Yếu tố then chốt trong sự sinh trưởng, phát triển của vật nuôi thủy sản đó là chất lượng môi trường nước. Một trong những yếu tố mà ảnh hưởng đến chất lượng nước đó là chất thải của vật nuôi trong quá trình nuôi dưỡng, nếu không được loại bỏ thì môi trường nước sẽ bị ô nhiễm và ảnh hưởng trực tiếp đến sự phát triển của vật nuôi. Do đó, bài toán đặt ra là các chất thải phát sinh trong bể phải được lọc để loại bỏ ra bên ngoài. Để đảm bảo được điều này, hệ thống được trang bị thiết bị lọc tuần hoàn được điều khiển bởi module Arduino và cảm biến quang có giá trị điện trở thay đổi theo cường độ ánh sáng, cấu tạo và nguyên lý hoạt động của module Arduino được trình bày trong tài liệu [6]. Trong nghiên cứu này, cảm biến sẽ được hiệu chỉnh để có thể đo được cường độ sáng trong khoảng $l = 0-1024$ lux. Khi đặt trong môi trường nước, cảm biến được cài đặt để báo tín hiệu ở mức $l = 796$ lux.

Quá trình điều khiển lọc nước tuần hoàn: thiết bị điều khiển arduino được nạp sẵn chương trình lập trình, sơ đồ cấu trúc điều khiển của hệ thống được mô tả như hình 3.



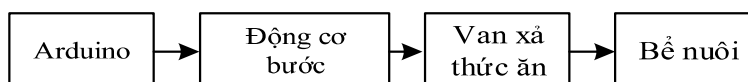
Hình 3. Sơ đồ cấu trúc của hệ thống điều khiển lọc nước tuần hoàn

Trong quá trình vận hành, chất thải từ vật nuôi và thức ăn dư thừa sẽ làm nước trong bể trở nên đục, khi nước đạt đến một độ đục giới hạn và cảm biến đo được cường độ sáng nhỏ hơn 796 lux, cảm biến quang sẽ phát hiện và gửi tín hiệu đến module arduino đã được cài đặt chương trình điều khiển để có thể tự động bật máy bơm để lọc nước, bộ phận lọc được thiết kế bên ngoài bể nuôi, khi nước trong bể đạt độ trong cần thiết ở mức 898 lux, cảm biến quang phát hiện và gửi tín hiệu về module Arduino để tác động tắt máy bơm. Quá trình được hoạt động liên tục trong suốt quá trình vận hành bể chứa

2.4. Module cấp thức ăn tự động

Đối với những mô hình nuôi thủy sản quy mô lớn, việc cho ăn là một công việc mất nhiều công sức và thời gian, để đảm bảo nhịp sinh trưởng cho vật nuôi tốt thì việc cho ăn đúng thời gian, đúng lượng thức ăn giữ vai trò quan trọng. Để đảm bảo yêu cầu đó, module cấp thức ăn tự động theo giờ được trang bị thiết bị điều khiển arduino, động cơ bước để điều khiển cấp thức ăn tự động cho vật nuôi, như vậy sẽ tiết kiệm nhân công và thời gian lao động, đồng thời kiểm soát lượng thức ăn giữ cho bể nuôi được sạch sẽ.

Quá trình điều khiển cấp thức ăn tự động được thực hiện bởi một chương trình lập trình nạp sẵn cho module arduino, chương trình này sẽ tính toán sẵn thời gian cho ăn, lượng thức ăn một cách chính xác theo yêu cầu.

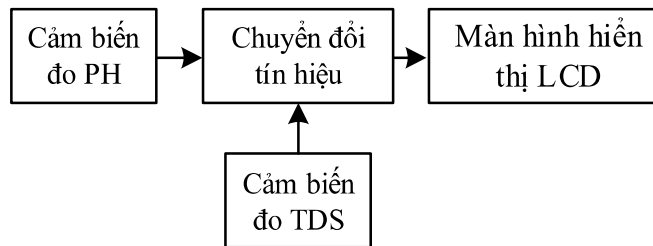


Hình 4. Sơ đồ cấu trúc của hệ thống điều khiển cấp thức ăn tự động

Quá trình hoạt động được thực hiện theo thời gian thực, khi đến giờ thiết bị arduino sẽ gửi tín hiệu đến động cơ bước được gắn với cơ cấu thả thức ăn được chứa sẵn thức ăn, tùy theo thời gian gửi tín hiệu tương ứng với số vòng quay của động cơ bước mà lượng thức ăn phù hợp sẽ được thả vào bể theo đúng tỷ lệ cho phép, đảm bảo một lượng vừa đủ cho vật nuôi, hạn chế được thức ăn dư thừa và tránh ô nhiễm môi trường nước. Quá trình này được thực hiện vào các khung giờ cố định theo nhu cầu cho ăn của vật nuôi. Quá trình này được thực hiện mỗi ngày trong suốt quá trình nuôi thủy sản, khi thủy sản lớn lên thì nhu cầu thức ăn lớn, khi đó chương trình sẽ được nạp lại tương ứng với việc tăng thêm lượng thức ăn thích hợp cho vật nuôi.

2.5. Module giám sát thông số môi trường nước

Việc giám sát chỉ tiêu môi trường nước là một nhiệm vụ quan trọng để kiểm soát nồng độ vi chất có trong nước để có giải pháp kịp thời trong trường hợp các chỉ số vượt ngưỡng cho phép. Đối với các vùng nuôi trồng dễ bị nhiễm phèn, nhiễm mặn thì quá trình giám sát chất lượng nước là một yếu tố quyết định đến hiệu quả nuôi trồng. Trong nghiên cứu này ngoài việc xây dựng các hệ thống điều khiển, bể nuôi được trang bị các thiết bị đo và hiển thị giá trị độ pH và độ mặn (DTS) cho bể cá, quá trình này được thực hiện bằng cách trang bị các cảm biến về độ pH, các cảm biến đo độ mặn, các cảm biến này được kết nối với các thiết bị hiển thị qua màn hình LCD. Khi các thông số vượt ngưỡng cho phép sẽ đưa ra cảnh báo đến điện thoại thông minh của người nuôi thông qua kết nối các thiết bị bằng sóng Wifi, việc này giúp cho quá trình giám sát các yếu tố môi trường trong ao nuôi một cách dễ dàng, nhanh chóng với độ tin cậy cao khi môi trường có sự thay đổi đột ngột, từ đó giúp người nuôi có thể thực hiện các can thiệp cần thiết để duy trì môi trường ao nuôi luôn ở trạng thái tốt nhất. Module gồm hệ thống các cảm biến đo nồng độ pH và độ mặn, hệ thống điều khiển arduino và màn hình LCD. Các cảm biến đo giá trị pH và độ mặn dưới dạng tín hiệu điện tương tự. Tín hiệu này sau đó được khuếch đại và chuyển đến khối Arduino. Arduino nhận tín hiệu, xử lý và chuyển tín hiệu tương tự thành tín hiệu số. Sau khi chuyển tín hiệu tương tự thành tín hiệu số, Arduino sẽ hiển thị kết quả lên LCD. Sơ đồ khối của hệ thống như Hình 5.



Hình 5. Module giám sát các thông số môi trường nước

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

Sơ đồ cấu trúc tổng thể của hệ thống được biểu diễn như hình 6. Mô hình thực nghiệm