

XÂY DỰNG THIẾT KẾ VÀ THI CÔNG MÔ HÌNH THỰC HỆ LÒ NHIỆT DÙNG MẠNG NƠN

Lê Thành Nam, Kim Anh Tuấn
Trường Đại học Trà Vinh

Tóm tắt: Lò nhiệt được sử dụng trong ngành nhiệt luyện, một khâu quan trọng của ngành cơ khí; ngoài ra, nó còn được sử dụng rộng rãi trong rất nhiều ngành nghề sản xuất khác như: sấy gỗ, nướng bánh, Điều khiển, khống chế và giám sát nhiệt độ trong lò càng chính xác, khả năng đáp ứng càng nhanh sẽ là một trong những yếu tố quan trọng quyết định chất lượng của sản phẩm.

Mục đích chính là điều khiển ổn định nhiệt độ trong mô hình lò. Để đạt được hiệu quả cao thì chúng ta phải tìm hiểu mạng nơron và điều khiển hệ lò nhiệt dùng mạng nơron. Phân tích, thiết kế mô phỏng theo mô hình toán trên Matlab. Tìm hiểu hệ thống điều khiển dựa trên cơ sở máy tính PC và xây dựng giải thuật điều khiển bằng mạng nơron. Thiết kế hệ thống và thi công bộ điều khiển hệ lò nhiệt dùng mạng nơron trên máy tính. Chạy thử nghiệm cho kết quả bằng mô hình thực.

Từ khóa: lò nhiệt, mạng nơron

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A REAL-TIME FURNACE MODEL CONTROLLED BY NEURAL NETWORKS

Le Thanh Nam, Kim Anh Tuan
Tra Vinh University

Abstract: Industrial furnaces are widely used in heat treatment—a crucial process in the mechanical engineering industry. In addition, they are commonly applied in various other production fields such as wood drying, baking, and more. The more accurate the temperature control and monitoring, and the faster the system's response, the greater the impact on product quality. The main objective of this research is to stabilize the temperature control in a furnace model. To achieve high performance, it is essential to study neural networks and apply them in the control of the furnace system. The study involves analyzing and simulating the mathematical model using MATLAB, exploring PC-based control systems, and developing control algorithms based on neural networks. The system is then designed and implemented with a neural network-based controller running on a computer. Experimental tests are conducted using the physical model to evaluate performance.

Keywords: furnace, neural networks

Nhận bài: 15/04/2025

Phản biện: 14/05/2025

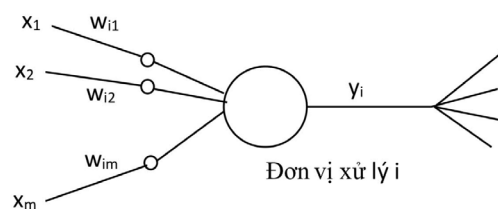
Duyệt đăng: 17/05/2025

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong lĩnh vực điều khiển tự động, lò nhiệt là một hệ thống phi tuyến được ứng dụng rộng rãi trong nhiều ngành sản xuất như nhiệt luyện, sấy gỗ, nướng bánh,... Việc điều khiển và ổn định nhiệt độ chính xác trong lò là yếu tố then chốt ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm. Tuy nhiên, các phương pháp điều khiển truyền thống thường gặp khó khăn khi áp dụng cho hệ phi tuyến có nhiều nhiễu và đặc tính thay đổi theo thời gian. Trong khi đó, mạng nơron nhân tạo với khả năng học hỏi, thích nghi và xử lý dữ liệu phi tuyến hiệu quả đã mở ra hướng tiếp cận mới trong việc thiết kế hệ điều khiển thông minh. Việc xây dựng và thi công mô hình thực tế hệ lò nhiệt sử dụng mạng nơron không chỉ góp phần nâng cao chất lượng đào tạo mà còn mang ý nghĩa thực tiễn trong việc triển khai các hệ thống điều khiển hiện đại tại cơ sở sản xuất.

Mạng nơron nhân tạo là mạng được xây dựng bằng cách mô phỏng cách tổ chức và phương pháp xử lý thông tin trong hệ nơron con người. Hệ nơron con người chứa khoảng từ 1011 đến 1014

nơron được cấu trúc trong nhiều lớp, mỗi nơron được xem như một đơn vị xử lý. Lớp vào của hệ được kết nối với các phần tử cảm biến như tai, mắt, mũi, miệng, da, vân vân và lớp ra được kết nối với các phần tử cơ như chân và tay. Giữa lớp vào và lớp ra là các lớp ẩn, tín hiệu nhận được từ lớp vào gửi đến các lớp ẩn xử lý và ra quyết định ở lớp ra để điều khiển các phần tử cơ. Cấu trúc của một nơron sinh học được mô tả như hình 1.1.



Hình 1.1: Mô hình Nơron nhân tạo

Cấu trúc của một nơron sinh học gồm có các ngõ vào dendrites, thân nơron và ngõ ra axon. Thân nơron tổng hợp tất cả các thông tin từ các ngõ vào dendrites, xử lý và ra quyết định ở ngõ ra axon. Synapse cho phép kết nối tín hiệu giữa ngõ ra của nơron này với ngõ vào của nơron khác.

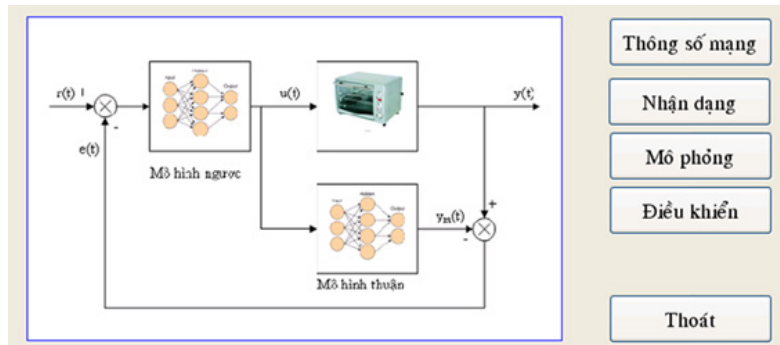
Tín hiệu truyền từ neuron này đến neuron khác là tín hiệu điện áp, điện áp âm ứng với tín hiệu ức chế, điện áp dương ứng với tín hiệu kích động và điện áp zero là không có sự kết nối giữa hai neuron. Lượng tín hiệu qua synapse được gọi là cường độ kết nối. Để xây dựng mô hình neuron nhân tạo giống như mô hình neuron sinh học, McCulloch và Pitts [1943] đã đề xuất mô hình neuron nhân tạo đầu tiên với một phần tử xử lý trong mạng như

được mô tả ở hình 1.1.

II. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Mô phỏng điều khiển Neuron theo mô hình toán của hệ lò nhiệt trên Matlab

Dưới đây là màn hình chính chương trình điều khiển, màn hình cài đặt thông số các mạng điều khiển và nhận dạng, màn hình cài đặt thông số ngõ vào điều khiển mong muốn do sử dụng ngôn ngữ lập trình Matlab viết ra.



Hình 2.1: Mô hình toán của hệ lò nhiệt trên Matlab

2.2. Nhận dạng hệ thống lò nhiệt và mô hình hóa bằng phương pháp thực nghiệm

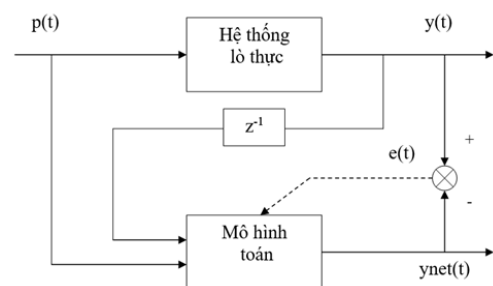
Mô hình hóa hệ thống lò bằng phương pháp thực nghiệm dùng mạng neuron nhận dạng hệ thống, sau đó mô phỏng điều khiển dựa trên mô hình toán nhận dạng được. Việc nhận dạng bao gồm các bước sau:

Cấp cho lò công suất P.

Lấy mẫu nhiệt độ của lò với chu kỳ lấy mẫu 0,25s sau đó lưu thành tập mẫu cho việc huấn luyện mạng.

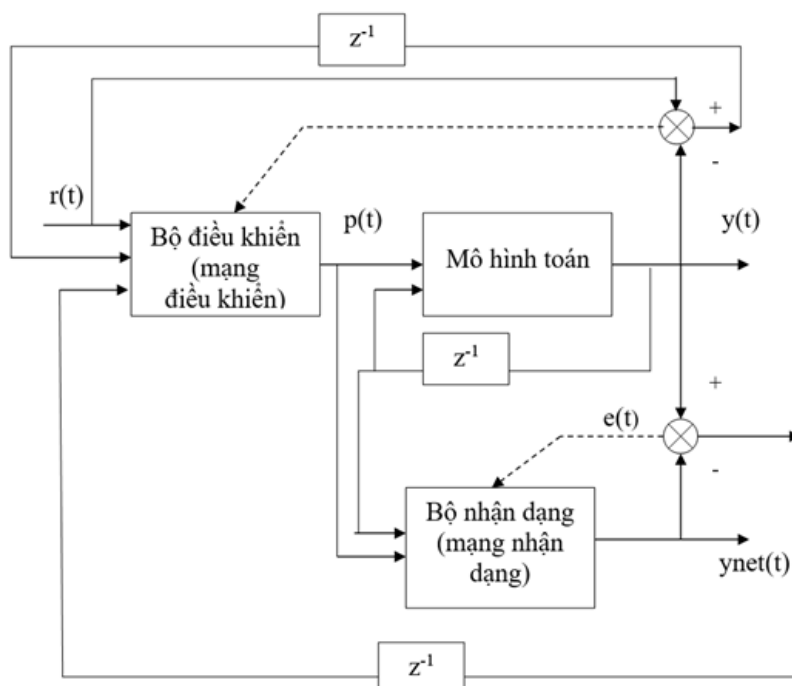
Huấn luyện mạng dựa trên tập mẫu này.

Sơ đồ huấn luyện mạng nhận dạng đặc tuyến của lò.



Hình 2.2: Sơ đồ huấn luyện mạng nhận dạng đặc tuyến của lò

2.3. Xây dựng hệ điều khiển neuron bằng mô hình toán



Hình 2.3: Sơ đồ huấn luyện mạng nhận dạng đặc tuyến của lò

2.4. Xây dựng giải thuật học cho hệ điều khiển neuron bằng mô hình toán

Thuật toán học lan truyền ngược sai số (BP) dựa vào việc khái quát các quy luật delta đã được đưa ra bởi Rumelhart (1986) để hiệu chỉnh các trọng số của các cung liên kết trong quá trình huấn luyện mạng.

Lan truyền ngược là phương pháp cho phép xác định tập trọng tốt nhất của mạng để giải một bài toán được cho. Việc áp dụng phương pháp này là một quá trình lặp đi lặp lại nhiều lần hai tiến trình chính: lan truyền tiến để thực hiện ánh xạ và lan truyền ngược sai số để cập nhật các trọng.

Các trọng của mạng là các hệ số của mô hình. Phương pháp giảm Gradient được dùng để cập nhật những hệ số này sao cho giảm thiểu sai số của mô hình. Sai số được đo bằng phương pháp sai số trung bình bình phương là phương pháp thường được sử dụng để xây dựng các mô hình.

Sai số trung bình bình phương thường được sử dụng để đo lường sự trùng khớp giữa ánh xạ cần xây dựng với hàm đích được cho trước thông qua tập mẫu.

Thuật toán học lan truyền ngược sai số BP:

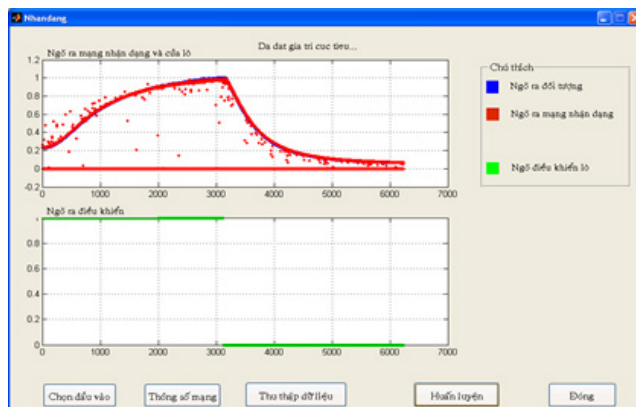
Bước 1: Chọn tốc độ học $\eta > 0$, sai số cực đại

Bước 2: Khởi động:

Gán sai số $E = 0$

Gán biến chạy $k = 1$

Gán các trọng số $\omega_{ij}(k), v_{qj}(k)$ ($i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}; q = \overline{1, l}$) bằng giá trị ngẫu nhiên



nhỏ bất kì.

Bước 3: Truyền thuận dữ liệu tính ngõ ra của mạng với tín hiệu vào là $x(k)$:

$$\text{Lớp ẩn: } net_q(k) = \sum_{j=1}^m v_{qj}(k) x_j(k) \quad (q = \overline{1, l})$$

$$z_q(k) = a_h(net_q(k)) \quad (q = \overline{1, l})$$

$$\text{Lớp ra: } net_i(k) = \sum_{q=1}^l \omega_{iq}(k) z_q(k) \quad (i = \overline{1, n})$$

$$y_i(k) = a_o(net_i(k)) \quad (i = \overline{1, n})$$

Bước 4: Lan truyền ngược sai số cập nhật trọng số của mạng:

$$\text{Lớp ra: } \delta_{oi}(k) = [(d_i(k) - y_i(k))][a'_o(net_i(k))] \quad (i = \overline{1, n})$$

$$\omega_{iq}(k+1) = \omega_{iq}(k) + \eta \delta_{oi}(k) z_q(k)$$

$$(i = \overline{1, n}; q = \overline{1, l})$$

$$\text{ẩn: } \delta_{hq}(k) = [\sum_{i=1}^n \delta_{oi}(k) \omega_{iq}(k)] a'_h(net_q(k)) \quad (q = \overline{1, l})$$

$$v_{qj}(k+1) = v_{qj}(k) + \eta \delta_{hq}(k) x_j(k)$$

$$(j = \overline{1, m}; q = \overline{1, l})$$

Bước 5: Tính sai số tích lũy:

$$E = E + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (d_i(k) - y_i(k))^2$$

Bước 6: Nếu $k < K$ thì gán $k = k+1$ và trở lại bước 3

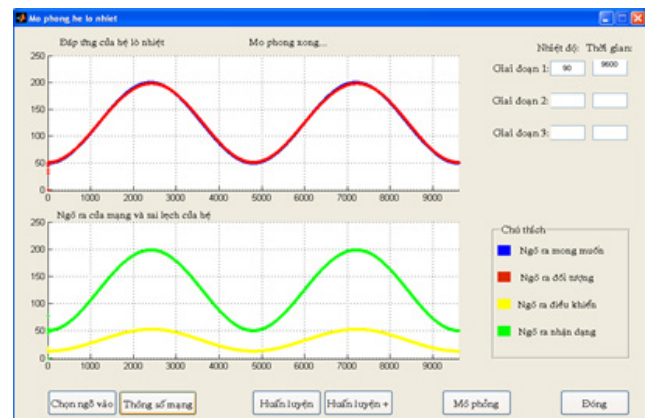
Nếu $k = K$ thì tiếp tục bước 7

Bước 7: Kết thúc một chu kỳ huấn luyện.

Nếu $E < E_{\max}$ thì kết thúc quá trình học.

Nếu $E > E_{\max}$ thì gán $E = 0$, $k = 1$ và trở lại bước 3 bắt đầu một chu kỳ huấn luyện mới.

III. Kết quả mô phỏng bằng mô hình toán



Hình 2.4: Kết quả mô phỏng bằng mô hình toán

Đây là kết quả việc huấn luyện các mạng thuận và nghịch dùng trong mô phỏng mô hình toán cũng là một mạng neuron xấp xỉ phương trình toán của hệ đã nhận dạng được ở bước trước để đạt kết quả như mong muốn.

Kết quả mô phỏng cho thấy ta đã có thể điều khiển chính xác ngõ ra của hệ theo nhiệt độ mong

muốn và sai số trong khoảng $[-1, +1]$ độ C.

III. KẾT LUẬN

Với kết quả đạt được từ thực nghiệm như đã trình bày sơ bộ về cơ bản đã hoàn thành được yêu cầu đặt ra của một hệ thống điều khiển nhiệt độ. Độ vọt lố của hệ ở mức 100C và sai số xác lập trong khoảng $\pm 10C$. Vấn đề ở đây ta chỉ dừng lại

ở mức độ một mô hình thí nghiệm và giải thuật điều khiển trên máy tính mà chưa đi sâu vào thực hiện một mô hình có thể sử dụng trong thực tế được ngay mà không cần phát triển thêm nữa, hướng phát triển là ta thực hiện tiếp các chương trình điều khiển với giao diện, cấu trúc lưu trữ dữ liệu, đánh giá, so sánh hoặc trình bày dữ liệu thực

tế hơn hoặc sử dụng vi điều khiển với giải thuật điều khiển nơron để giảm giá thành cho phù hợp với từng ứng dụng cụ thể. Các mạch điện, bộ điều khiển, cảm biến hay bộ lái công suất được thiết kế tích hợp thành một hệ thống nhất hoàn chỉnh sẽ có tính ứng dụng trong thực tế cao hơn so với mô hình sử dụng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Đức Thành (2003), *Đo lường và điều khiển bằng máy tính*, Nhà xuất bản Đại học quốc gia Tp. Hồ Chí Minh.
2. Nguyễn Đức Thành (2004), *Matlab ứng dụng trong điều khiển*, Nhà xuất bản Đại học quốc gia Tp. Hồ Chí Minh.
3. Huỳnh Thái Hoàng (2006), *Hệ thống điều khiển thông minh*, Nhà xuất bản Đại học quốc gia Tp. Hồ Chí Minh.
4. Dương Minh Trí (2001), *Cảm biến và ứng dụng*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ Thuật.
5. Nguyễn Đình Thúc, Hoàng Xuân Hải (2000), *Giáo trình mạng trí tuệ nhân tạo mạng Nơron phương pháp và ứng dụng*, Nhà xuất bản Giáo dục.
6. Bùi Công Cường – Nguyễn Doãn Phước (2006), *Hệ mờ, mạng nơron và ứng dụng*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ Thuật.
7. Dubois, D. and Prade, H. (1980), *Fuzzy Sets and Systems*, Academic Press, N.Y.
8. Kosko, B. (1992), *Neural Networks and Fuzzy Systems*, Prentice Hall, N.J.
9. C.J Lin (2004), *Fuzzy Sets and Systems*.