



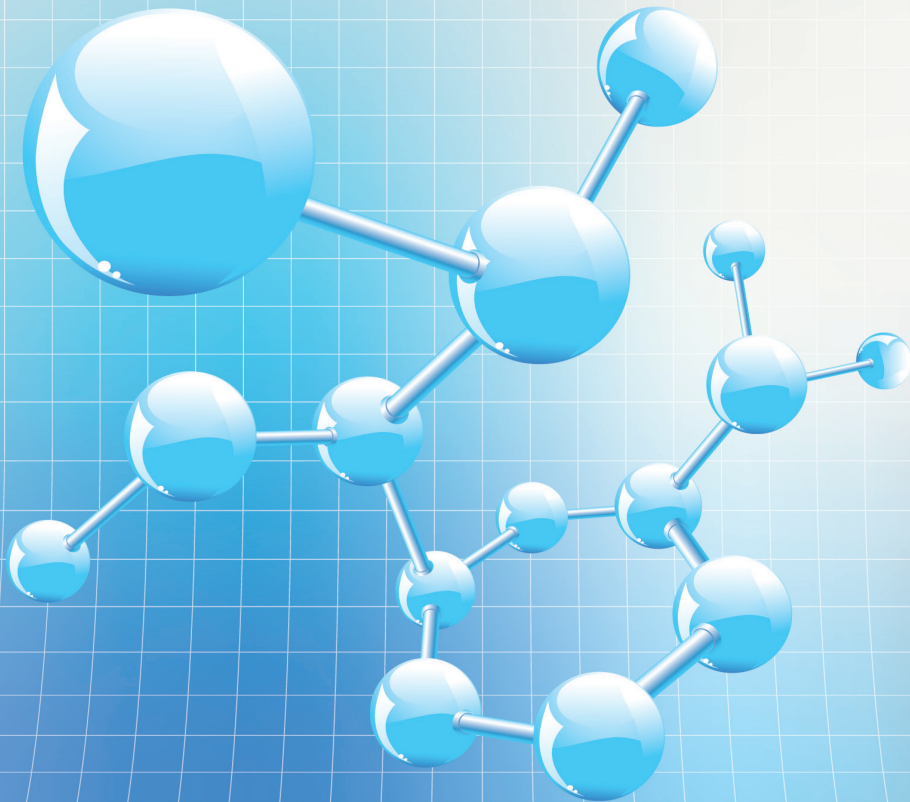
Tạp chí

NGHIÊN CỨU KHOA HỌC

ĐẠI HỌC SAO ĐỎ

SCIENTIFIC JOURNAL - SAO DO UNIVERSITY

**P. ISSN 1859-4190
E. ISSN 2815-553X**



Số 1 (93)

2026

P. ISSN 1859-4190
E. ISSN 2815-553X

■ **Tổng Biên tập**

TS. Đỗ Văn Đĩnh

■ **Phó Tổng biên tập**

TS. Nguyễn Thị Kim Nguyễn

■ **Thư ký Tòa soạn**

PGS.TS. Ngô Hữu Mạnh

■ **Hội đồng Biên tập**

TS. Nguyễn Thị Kim Nguyễn - Chủ tịch Hội đồng

GS.TS. Phạm Thị Ngọc Yến

PGS.TSKH. Trần Hoài Linh

PGS.TS. Nguyễn Văn Liễn

GS.TSKH. Thân Ngọc Hoàn

GS.TSKH. Bành Tiến Long

GS.TS. Nguyễn Đức Toàn

PGS.TS. Lê Thu Quý

GS.TS. Lê Anh Tuấn

GS.TS. Đinh Văn Sơn

PGS.TS. Trương Thị Thủy

PGS.TS. Nguyễn Thị Bất

GS.TS. Đỗ Quang Kháng

PGS.TS. Ngô Sỹ Lương

PGS.TS. Khuất Văn Ninh

GS.TSKH. Phạm Hoàng Hải

PGS.TS. Đoàn Ngọc Hải

PGS.TS. Nguyễn Ngọc Hà

GS.TS. Yu Ming Zhang

GS.TS. Nguyễn Văn Anh

■ **Ban Biên tập**

TS. Vũ Văn Đông - Trưởng ban

ThS. Đoàn Thị Thu Hằng - Phó Trưởng ban

■ **Editor-in-Chief**

Dr. Do Van Dinh

■ **Vice Editor-in-Chief**

Dr. Nguyen Thi Kim Nguyen

■ **Office Secretary**

Assoc.Prof.Dr. Ngo Huu Manh

■ **Editorial Board**

Dr. Nguyen Thi Kim Nguyen - Chairman

Prof.Dr. Pham Thi Ngoc Yen

Assoc.Prof.Dr.Sc. Tran Hoai Linh

Assoc.Prof.Dr. Nguyen Van Lien

Prof.Dr.Sc. Than Ngoc Hoan

Prof.Dr.Sc. Banh Tien Long

Prof.Dr. Nguyen Duc Toan

Assoc.Prof.Dr. Le Thu Quy

Prof.Dr. Le Anh Tuan

Prof.Dr. Dinh Van Son

Assoc.Prof.Dr. Truong Thi Thuy

Assoc.Prof.Dr. Nguyen Thi Bat

Prof.Dr. Do Quang Khang

Assoc.Prof.Dr. Ngo Sy Luong

Assoc.Prof.Dr. Khuat Van Ninh

Prof.Dr.Sc. Pham Hoang Hai

Assoc.Prof.Dr. Doan Ngoc Hai

Assoc.Prof.Dr. Nguyen Ngoc Ha

Prof.Dr. Yu Ming Zhang

Prof.Dr. Nguyen Van Anh

■ **Editorial**

Dr. Vu Van Dong - Head

MSc. Doan Thi Thu Hang - Deputy Head

Địa chỉ Tòa soạn:

Trường Đại học Sao Đỏ.

Số 76, Nguyễn Thị Duệ, KDC Thái Học 2, P. Chu Văn An, TP. Hải Phòng.

Điện thoại: (0220) 3587213, Fax: (0220) 3882 921, Hotline: 0912 107858/0936 847980.

Website: <http://tapchikhcn.saodo.edu.vn/> Email: tapchikhcn@saodo.edu.vn.

Giấy phép xuất bản số: 620/GP-BTTTT ngày 17/9/2021 của Bộ Thông tin và Truyền thông.

In 2.000 bản, khổ 21 × 29,7cm, tại Công ty TNHH in Tre Xanh, cấp ngày 17/02/2011.

LIÊN NGÀNH ĐIỆN - ĐIỆN TỬ - TỰ ĐỘNG HÓA

Nghiên cứu sử dụng các bộ lọc thụ động cho lưới điện PV nhằm giảm sóng hài	5	Tạ Thị Mai
Phân tích các đặc tính chính của máy điện từ kháng hai khối làm việc ở chế độ động cơ - máy phát	12	Phạm Công Tảo Phạm Thị Hoan
Mô phỏng tán xạ sóng điện từ 2D sử dụng lớp hấp thụ hoàn hảo	19	Mạc Thị Nguyên
Ứng dụng học sâu (Deep Learning) trong bài toán dự báo công suất tiêu thụ của phụ tải điện công nghiệp	25	Phạm Văn Tài
Phương pháp điều khiển giám sát hệ thống sự kiện rời rạc trên PLC	32	Nguyễn Thị Quyên Vũ Bảo Tạo

LIÊN NGÀNH CƠ KHÍ - ĐỘNG LỰC

Nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến hình dạng mối hàn khi hàn thép SS400 bằng công nghệ hàn MAG tự động	38	Nguyễn Hữu Chấn
Ảnh hưởng của tốc độ làm việc đến khả năng tự hồi phục mòn của phụ gia nano TiC trong dầu bôi trơn	44	Nguyễn Đình Cường
Ứng dụng lý thuyết phiếm hàm mật độ trong tính toán tối ưu cấu trúc và đặc tính cơ - lý của vật liệu 2D	51	Trần Thế Quang Phạm Thị Thanh Giang Dương Thị Loan Vũ Khắc Hưng Vũ Văn Tản
Ảnh hưởng của loại dầu ATF và điều kiện vận hành đến quá trình phát nhiệt của biến mô thủy lực GM 258 mm	57	Nguyễn Lương Căn Lê Đức Thắng Đỗ Tiến Quyết
Mô phỏng quá trình thấm - tôi Carbonitriding và sự hình thành ứng suất dư trên bánh răng thép C20	63	Mạc Văn Giang Đào Văn Kiên Ngô Hữu Mạnh

NGÀNH KINH TẾ

- Lợi thế so sánh và tăng trưởng kinh tế vùng của Việt Nam giai đoạn 2025-2030 70 Nguyễn Minh Tuấn
Phạm Thị Hồng Hoa
- Các nhân tố ảnh hưởng đến phát triển năng lực số của đội ngũ quản lý cấp trung tại các công ty, đơn vị thuộc Tập đoàn công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam (TKV) 77 Trần Xuân Chiến
- Phát triển kỹ năng số của lực lượng lao động Việt Nam trong thời đại số: thực trạng và hàm ý chính sách 84 Vũ Thị Lý
Nguyễn Thị Quỳnh
- Tác động của chuyển đổi số tới hoạt động của các doanh nghiệp bán lẻ tại Việt Nam: Cơ hội và thách thức 90 Vũ Thị Thanh Thủy
- Hoàn thiện công tác kế toán thuế trong điều kiện các chính sách thuế thay đổi theo hướng chuyển đổi số tại một số doanh nghiệp nhỏ và vừa trên địa bàn phường Chu Văn An, thành phố Hải Phòng 96 Nguyễn Thị Quỳnh
Đinh Thị Kim Thiết
Vũ Thị Lý
Hoàng Thị Bích Ngọc
Đoàn Thị Thu Hằng

LIÊN NGÀNH TRIẾT HỌC - XÃ HỘI HỌC - CHÍNH TRỊ HỌC

- Đổi mới phương pháp giảng dạy các môn khoa học Mác - Lênin trong thời đại số 102 Nguyễn Thị Nhan
- Quan điểm của chủ nghĩa Mác - Lênin về con người và sự vận dụng của quan điểm đó ở Việt Nam hiện nay 108 Trần Thị Hồng Nhung
Nguyễn Chí Dũng
Nguyễn Vinh Diện
Trần Thị Hiền
- Tư tưởng của Lênin về sử dụng các chuyên gia tư sản và sự vận dụng của Đảng ta trong xây dựng, phát triển đội ngũ trí thức Việt Nam hiện nay 113 Phạm Văn Dự
Vũ Thị Quyên
Nguyễn Thị Diễm
Dương Thị Thanh
- Vai trò của triết học đối với sự hình thành tư duy phản biện cho sinh viên đại học hiện nay 118 Trần Thị Hồng Nhung
Vũ Văn Đông
Nguyễn Vinh Diện
- Tư tưởng Hồ Chí Minh về con người với việc phát huy vai trò của giảng viên đại học trước tác động của ChatGPT hiện nay 124 Trần Mai Ước
Nguyễn Thị Kim Nguyên

TITLE FOR ELECTRICITY - ELECTRONICS - AUTOMATION

Research on the use of passive filters for PV grids to reduce harmonics	5	Ta Thi Mai
Analysis of the main characteristics of the two - package switched reluctance machine operating in motor - generator mode	12	Pham Cong Tao Pham Thi Hoan
Simulation of 2D electromagnetic wave scattering using perfectly matched layer	19	Mac Thi Nguyen
Application of deep learning in the problem of forecasting power consumption of industrial electricity loads	25	Pham Van Tai
A supervisory control method for discrete event system on PLC	32	Nguyen Thi Quyen Vu Bao Tao

TITLE FOR MECHANICAL AND DRIVING POWER ENGINEERING

Study on factors affecting weld bead geometry in automatic MAG welding of SS400 steel	38	Nguyen Huu Chan
Effect of sliding speed on the self-repairing behavior of TiC nanoparticle additives in lubricating oil	44	Nguyen Dinh Cuong
Application of density functional theory in structural optimization and mechanical-physical property calculations of 2D materials	51	Tran The Quang Pham Thi Thanh Giang Duong Thi Loan Vu Khắc Hưng Vu Van Tan
Effect of ATF type and operating conditions on heat generation in the GM 258 mm torque converter	57	Nguyen Luong Can Le Duc Thang Do Tien Quyet
Simulation of the carbonitriding quenching process and residual stress formation in C20 steel gears	63	Mac Van Giang Dao Van Kien Ngo Huu Manh

TITLE FOR ECONOMICS

- Vietnam's comparative advantages and regional economic growth during the period 2025-2030 70 Nguyen Minh Tuan
Pham Thi Hong Hoa
- Factors affecting the development of digital competence of middle management teams in companies and units under Vietnam national Coal - Mineral industries holding corporation limited (TKV) 77 Tran Xuan Chien
- Developing digital skills of Vietnam's workforce in the digital age: Current situation and policy implications 84 Vu Thi Ly
Nguyen Thi Quynh
- The impact of digital transformation on retail businesses in Vietnam: Opportunities and challenges 90 Vu Thi Thanh Thuy
- Improving tax accounting practices under the digital transformation of tax policies in small and medium-sized enterprises in Chu Van An ward, Hai Phong city 96 Nguyen Thi Quynh
Dinh Thi Kim Thiet
Vu Thi Ly
Hoang Thi Bich Ngoc
Doan Thi Thu Hang

TITLE FOR PHILOSOPHY - SOCIOLOGY - POLITICAL SCIENCE

- Innovation in teaching methods Marxist-Leninist political theory in the digital age 102 Nguyen Thi Nhan
- The Marxist - Leninist view on humans and the application of that perspective in Vietnam today 108 Tran Thi Hong Nhung
Nguyen Chi Dung
Nguyen Vinh Dien
Tran Thi Hien
- V.I. Lenin's thoughts on utilizing bourgeois experts and the Party's application of them in training, nurturing and attracting the current intellectual team 113 Pham Van Du
Vu Thi Quyen
Nguyen Thi Diem
Duong Thi Thanh
- The role of philosophy in the formation of critical thinking for today's university students 118 Tran Thi Hong Nhung
Vu Van Dong
Nguyen Vinh Dien
- Ho Chi Minh's thought on people with promoting the role of university lecturers in the face of the impact of ChatGPT today 124 Tran Mai Uoc
Nguyen Thi Kim Nguyen

Ứng dụng học sâu (Deep Learning) trong bài toán dự báo công suất tiêu thụ của phụ tải điện công nghiệp

Application of deep learning in the problem of forecasting power consumption of industrial electricity loads

Phạm Văn Tài

Trường Đại học Sao Đỏ

Tác giả liên hệ: taidhsd@gmail.com

Ngày nhận bài: 07/5/2025

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 03/11/2025

Ngày chấp nhận đăng: 26/02/2026

Tóm tắt

Trong bối cảnh các hệ thống điện công nghiệp ngày càng phát triển theo hướng tự động hóa và thông minh hóa, việc áp dụng trí tuệ nhân tạo, đặc biệt là học sâu (Deep Learning), vào điều khiển hệ thống điện đã trở thành một xu hướng tất yếu. Nghiên cứu này đề xuất mô hình điều khiển dự báo tải điện dựa trên mạng LSTM kết hợp Attention, cho phép hệ thống học và thích nghi với các chuỗi tín hiệu điện thực tế. Dữ liệu đầu vào là chuỗi thời gian của các thông số như công suất hoạt động, điện áp và tải tiêu thụ thiết bị, được thu thập theo từng phút từ hệ thống điện công nghiệp mô phỏng. Kết quả cho thấy mô hình đạt độ chính xác cao, sai số MAE thấp (~0.12 kW), ổn định trong suốt thời gian hoạt động và có khả năng tự điều chỉnh theo các biến động không tuyến tính của phụ tải. Mô hình học sâu không chỉ mang lại khả năng dự báo hiệu quả mà còn mở ra triển vọng tích hợp trong các hệ thống điều khiển năng lượng công nghiệp thời gian thực.

Từ khóa: Học sâu; điều khiển thông minh; LSTM; attention; hệ thống điện công nghiệp; tối ưu hóa phụ tải; dự báo năng lượng.

Abstract

In the context of increasingly automated and intelligent industrial power systems, the application of artificial intelligence-particularly deep learning - in system control has become an inevitable trend. This study proposes a load forecasting control model based on an LSTM network integrated with an attention mechanism, enabling the system to learn and adapt to real-world electrical signal sequences. The input data consists of time-series measurements such as active power, voltage, and device-level energy consumption, collected at one-minute intervals from a simulated industrial power system. The results demonstrate that the model achieves high prediction accuracy, with a low mean absolute error (MAE) of approximately 0.12 kW, remains stable during operation, and can adapt to nonlinear fluctuations in load demand. The deep learning model not only offers effective forecasting capability but also shows strong potential for integration into real-time industrial energy control systems.

Keywords: Deep Learning; intelligent control; LSTM; attention; industrial power systems; load optimization; energy forecasting.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sự phát triển mạnh mẽ của công nghiệp 4.0 đã thúc đẩy quá trình chuyển đổi từ các hệ thống điện truyền thống sang các hệ thống điện thông minh (smart grid) trong các nhà máy và khu công nghiệp. Theo báo cáo của International Energy Agency (IEA), riêng trong lĩnh vực công nghiệp, tiêu thụ điện năng chiếm tới 38% tổng điện năng toàn cầu năm 2022, trong đó hơn 60% hệ thống chưa được tích hợp điều khiển thông minh [1]. Điều này dẫn đến lãng phí năng lượng, hiệu suất thấp và nguy cơ quá tải cục bộ khi vận hành không tối ưu.

Trong bối cảnh đó, việc dự báo công suất tiêu thụ của phụ tải điện công nghiệp trở thành một nhiệm vụ quan trọng trong chiến lược điều khiển năng lượng. Tuy nhiên, các phương pháp điều khiển truyền thống như PID, fuzzy logic hoặc mô hình điều khiển cứng chỉ phù hợp trong môi trường tuyến tính, ổn định. Trong khi đó, hệ thống điện công nghiệp hiện đại mang đặc trưng phi tuyến mạnh, có độ trễ cao và phụ thuộc nhiều vào tải, thiết bị, biến tần và điều kiện môi trường [2], [3].

Học sâu (Deep Learning) nổi lên như một giải pháp hiệu quả để xử lý chuỗi thời gian có cấu trúc phức tạp, với khả năng học từ dữ liệu và thích nghi theo thời gian. Trong đó, mạng LSTM (Long Short-Term Memory) có khả năng lưu giữ thông tin dài hạn, trong khi cơ chế Attention giúp mô hình tập trung vào những thời điểm quan trọng trong chuỗi [4], [7].

Người phản biện: 1. PGS.TS. Trịnh Trọng Chương
2. TS. Nguyễn Trọng Các

Một số nghiên cứu gần đây đã áp dụng Deep Learning vào bài toán trong công nghiệp như dự báo tải điện [8], điều khiển hệ thống HVAC [9] hoặc phát hiện bất thường trong tín hiệu điện [10]. Tuy nhiên, ứng dụng trong môi trường điều khiển thời gian thực vẫn còn nhiều thách thức.

Nghiên cứu này tập trung vào việc ứng dụng mô hình học sâu tích hợp LSTM và Attention vào bài toán dự báo công suất tiêu thụ phụ tải điện công nghiệp. Dữ liệu sử dụng là chuỗi thời gian của các thông số kỹ thuật như công suất, dòng, điện áp và tần số, thu thập mỗi phút trong hệ thống điện mô phỏng. Mục tiêu là kiểm chứng khả năng mô hình trong dự báo ngắn hạn, nhằm hỗ trợ điều khiển tối ưu và nâng cao hiệu suất vận hành của hệ thống điện công nghiệp thông minh.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1. Bài toán chuỗi thời gian

Hệ thống điện công nghiệp hiện đại là một hệ thống động, có đặc tính phi tuyến và biến đổi liên tục theo thời gian. Các tín hiệu đầu vào và đầu ra như công suất hoạt động, điện áp, dòng điện và tải tiêu thụ thường xuyên thay đổi do ảnh hưởng của nhiều yếu tố như trạng thái thiết bị, lịch trình sản xuất, chu kỳ làm việc của máy móc và các điều kiện môi trường (nhiệt độ, độ ẩm). Khác với hệ thống điện dân dụng có tải ổn định hơn, hệ thống công nghiệp thường xuất hiện các biến động bất ngờ - ví dụ như tăng vọt công suất khi khởi động động cơ lớn, dao động áp khi đóng/cắt tải, hoặc nhiễu do cộng hưởng thiết bị [1], [2].

Khi các tham số vận hành được thu thập liên tục ở tần suất cao (ví dụ: mỗi phút) nhờ các cảm biến IoT và hệ thống SCADA, bài toán điều khiển công suất hoặc ổn áp theo thời gian thực trở thành một bài toán dự báo chuỗi thời gian có tính bất định cao [11]. Các phương pháp điều khiển tuyến tính truyền thống (như PID, MPC) hoặc các mô hình thống kê như ARIMA thường không đáp ứng được yêu cầu trong bối cảnh chuỗi dữ liệu có chu kỳ biến thiên bất định, trễ thời gian phi tuyến hoặc nhiễu có cấu trúc phức tạp [11].

Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả sử dụng dữ liệu mô phỏng hệ thống điện công nghiệp ba pha bằng phần mềm MATLAB/Simulink. Mô hình giả lập bao gồm các tải công suất thay đổi theo chu kỳ ngày/đêm, đồng thời có thêm các yếu tố ngẫu nhiên để phản ánh dao động thực tế trong môi trường công nghiệp. Dữ liệu đầu vào gồm năm đặc trưng chính: Công suất hoạt động (P, kW), điện áp pha (U, V), dòng điện (I, A), tần số (f, Hz), và tải tiêu thụ tổng (Load, tính theo %). Dữ liệu được thu thập mỗi phút trong vòng 7 ngày, tạo ra một tập gồm 10.080 bản ghi liên tục. Sau đó, dữ liệu được chuẩn hóa và chia thành các chuỗi con cố định để huấn luyện mô hình học sâu.

Trong bối cảnh đó, các kiến trúc học sâu như LSTM [5] kết hợp Attention [7], [12], [14] - vốn có khả năng ghi nhớ dài hạn và tập trung vào các thông tin quan trọng trong chuỗi - trở thành lựa chọn phù hợp để giải quyết

bài toán điều khiển tự động theo thời gian thực trong môi trường công nghiệp. Không những không cần giả định phân phối dữ liệu, các mô hình này còn có thể học trực tiếp từ chuỗi đầu vào phức tạp và thích nghi với các biến động phi tuyến một cách hiệu quả [4], [6], [8].

2.2. Mạng LSTM

Mạng LSTM (Long Short-Term Memory) là một loại mạng nơ-ron hồi tiếp (RNN) được thiết kế để ghi nhớ thông tin dài hạn trong chuỗi dữ liệu mà không bị hiện tượng suy giảm gradient như RNN truyền thống. Cốt lõi của LSTM nằm ở kiến trúc sử dụng bộ nhớ nội tại và ba cổng điều khiển: cổng quên (f_t), cổng đầu vào (i_t) và cổng đầu ra (o_t).

Quá trình xử lý tại mỗi bước thời gian được mô tả bởi hệ phương trình:

$$f_t = \sigma(W_f[h_{t-1}, x_t] + b_f) \text{ (Cổng quên).}$$

$$i_t = \sigma(W_i[h_{t-1}, x_t] + b_i) \text{ (Cổng đầu vào).}$$

$$\tilde{C}_t = \tanh(W_c \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_c) \text{ (Trạng thái nhớ đề xuất).}$$

$$C_t = f_t \odot C_{t-1} + i_t \odot \tilde{C}_t \text{ (Cập nhật trạng thái bộ nhớ).}$$

$$o_t = \sigma(W_o \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_o) \text{ (Cổng đầu ra).}$$

$$h_t = o_t \odot \tanh(C_t) \text{ (Đầu ra ẩn).}$$

Trong đó:

x_t : Đầu vào tại thời điểm t ;

h_t : Đầu ra ẩn (hidden state);

C_t : Trạng thái bộ nhớ;

σ : Hàm sigmoid;

\odot : Phép nhân từng phần tử (Hadamard);

W, b : Trọng số và hệ số điều chỉnh của mạng.

Trong bối cảnh dự báo tải điện, LSTM giúp mô hình nhận diện được xu hướng tiêu thụ theo chu kỳ vận hành (theo ca, theo giờ) cũng như các hành vi bất thường có tính phụ thuộc dài hạn như quá tải ngắt quãng, tải đột biến hoặc tải nền thay đổi. Ngoài ra, LSTM có thể mở rộng thành các mô hình phức tạp hơn như stacked-LSTM hoặc Bi-LSTM nhằm nâng cao khả năng trích xuất đặc trưng theo cả hai chiều thời gian.

2.3. Cơ chế Attention

Mặc dù LSTM có thể ghi nhớ thông tin dài hạn, nhưng khi chuỗi dữ liệu quá dài, việc duy trì thông tin ở mọi bước thời gian trở nên kém hiệu quả. Cơ chế Attention được thiết kế nhằm giải quyết vấn đề này bằng cách cho phép mô hình tập trung có chọn lọc vào các thời điểm quan trọng nhất của chuỗi khi đưa ra quyết định.

Trọng số chú ý a_t tại mỗi bước thời gian t được tính:

$$e_t = h_t W_a h_T, \alpha_t = \frac{\exp(e_t)}{\sum_{k=1}^T \exp(e_k)}$$

Vector ngữ cảnh (context vector) là tổ hợp trọng số của các bước thời gian:

$$c = \sum_{t=1}^T \alpha_t \cdot h_t$$

Đầu ra cuối cùng được tính bằng cách kết hợp với đầu ra cuối của chuỗi:

$$\hat{y} = Dense([h_T, c])$$

Việc tích hợp Attention với LSTM mang lại ba lợi ích chính:

- Tăng khả năng mô hình hóa mối liên hệ không liên tục: Chú trọng vào các bước có giá trị cao thay vì toàn bộ chuỗi.
- Tăng độ chính xác dự báo trong chuỗi dài.
- Tăng khả năng giải thích mô hình: Trọng số Attention giúp xác định rõ mô hình đang “chú ý” vào những thời điểm nào trong quá khứ để đưa ra quyết định hiện tại [12], [13], [14].

2.4. Các công thức tính toán

2.4.1. Hàm dự đoán đầu ra

Cho chuỗi dữ liệu $\{x_{t-w}, x_{t-w+1}, \dots, x_t\}$, với w là độ dài cửa sổ thời gian (window size), đầu ra dự đoán tại thời điểm $t + 1$ được biểu diễn bởi hàm học sâu có tham số θ :

$$\hat{y}_{t+1} = f_{\theta}(x_{t-w:t})$$

Trong kiến trúc kết hợp giữa LSTM và Attention, đầu ra dự đoán còn được biểu diễn chi tiết:

$$\hat{y} = Dense([h_T, c])$$

h_T : Trạng thái ẩn tại bước thời gian cuối cùng do LSTM sinh ra;

c : Vector ngữ cảnh từ cơ chế Attention.

2.4.2. Hàm mất mát MAE (Mean Absolute Error)

Hàm MAE (Mean Absolute Error) được sử dụng để đo lường sai số tuyệt đối trung bình giữa giá trị dự đoán và giá trị thực tế. Đây là hàm mất mát chính trong quá trình huấn luyện, giúp mô hình cập nhật trọng số để giảm sai số dự báo. MAE có đơn vị trùng với đầu ra (kW), dễ diễn giải và phù hợp với các bài toán điều khiển có dữ liệu nhiễu, công thức:

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |\hat{y}_i - y_i|$$

Trong đó:

\hat{y}_i : Giá trị dự đoán tại bước i ;

y_i : Giá trị thực tế tại bước i ;

N : Tổng số mẫu trong tập kiểm tra.

2.4.3. Hệ số tương quan Pearson

Hệ số tương quan Pearson giúp đánh giá mức độ liên hệ tuyến tính giữa các đặc trưng đầu vào và biến mục tiêu, từ đó hỗ trợ lựa chọn tập dữ liệu huấn luyện phù hợp. Việc phân tích tương quan giúp mô hình học sâu tập trung vào các đặc trưng có ảnh hưởng thực sự đến kết quả dự báo.

Trong giai đoạn tiền xử lý và phân tích mối quan hệ giữa các đặc trưng, hệ số tương quan Pearson được sử dụng để đánh giá mức độ tuyến tính giữa hai biến ngẫu nhiên.

$$\rho_{xy} = \frac{Cov(x, y)}{\sigma_x \sigma_y}$$

Theo công thức thống kê rời rạc:

$$\rho_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}}$$

Trong đó:

\bar{x}, \bar{y} : Giá trị trung bình của hai biến;

σ_x, σ_y : Độ lệch chuẩn;

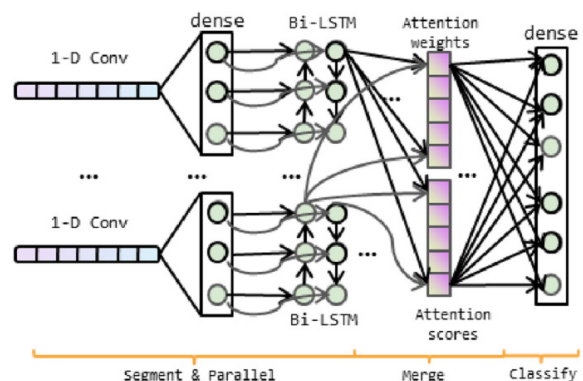
$\rho_{xy} \in [-1, 1]$: Độ tương quan (gần 1 là tương quan thuận mạnh, gần -1 là nghịch mạnh).

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

3.1. Kiến trúc mô hình

Mô hình đề xuất được thiết kế trên nền tảng học sâu, kết hợp giữa mạng Bi-LSTM và cơ chế Attention nhằm xử lý bài toán dự báo công suất tiêu thụ điện trong hệ thống công nghiệp. Kiến trúc này tận dụng khả năng ghi nhớ dài hạn của Bi-LSTM và cơ chế chọn lọc thông tin quan trọng theo thời gian của Attention để tăng độ chính xác và khả năng thích ứng với dữ liệu chuỗi phi tuyến [15].

Chuỗi đầu vào được chia thành các đoạn thời gian cố định (window size = 30 bước), mỗi bước gồm các đặc trưng vật lý như công suất, điện áp và tải phụ. Sau đó, chuỗi được đưa qua lớp Bi-LSTM để trích xuất trạng thái ẩn theo hai chiều thời gian. Các đầu ra ẩn được xử lý bởi lớp Attention nhằm tạo ra vector ngữ cảnh trọng số. Cuối cùng, mô hình kết hợp vector ngữ cảnh với trạng thái cuối để tạo đầu ra thông qua tầng Dense.



Hình 1. Kiến trúc tổng thể của mô hình Bi-LSTM kết hợp Attention trong bài toán dự báo phụ tải điện

3.2. Dữ liệu và lựa chọn đặc trưng

Trong nghiên cứu này, dữ liệu được thu thập liên tục từ một hệ thống điện công nghiệp thông minh trong môi trường sản xuất, với chu kỳ lấy mẫu 1 phút. Dữ liệu phản ánh trực tiếp trạng thái vận hành năng lượng của hệ thống, bao gồm các thông số điện cốt lõi như công suất tiêu thụ, điện áp, cường độ dòng điện và mức tải theo từng nhánh phụ. Tổng số bản ghi được sử dụng trong quá trình phân tích là 50.000 dòng liên tục, tương ứng với gần 35 ngày hoạt động không gián đoạn. Khoảng thời gian này đủ dài để mô hình học được các chu kỳ biến động phụ tải thường gặp trong công nghiệp như theo ca làm việc, theo ngày - đêm, hoặc theo trạng thái hoạt động của thiết bị công suất lớn.

Tập dữ liệu ban đầu bao gồm nhiều trường thông tin, trong đó các đặc trưng sau được chọn lọc làm đầu vào chính cho mô hình học sâu:

Công suất hoạt động tổng: (Global_active_power): là chỉ số chính phản ánh mức độ tiêu thụ năng lượng thực tế theo thời gian. Đây cũng là biến mục tiêu cần dự báo.

Điện áp (Voltage): Phản ánh chất lượng nguồn cung cấp điện, thường dao động khi tải thay đổi hoặc có hiện tượng sụt áp cục bộ trong nhà máy.

Tải tiêu thụ theo nhánh 3 (Sub_metering_3): Đại diện cho một nhánh thiết bị có tải ổn định và chu kỳ rõ ràng, giúp mô hình học được các đặc trưng định kỳ.

Việc lựa chọn đặc trưng được thực hiện trên cơ sở kết hợp giữa hiểu biết chuyên môn về hệ thống điện và phân tích thống kê định lượng. Cụ thể, hệ số tương quan Pearson được sử dụng để đánh giá mối liên hệ tuyến tính giữa từng đặc trưng với biến mục tiêu. Kết quả cho thấy công suất tiêu thụ tổng có tương quan thuận rõ rệt với tải nhánh 3 và cường độ dòng điện, trong khi có tương quan nghịch với điện áp, phù hợp với mô hình vật lý của phụ tải cảm kháng trong công nghiệp [16].

Mục tiêu của việc lựa chọn đặc trưng là vừa đảm bảo tính phản ánh đầy đủ hành vi tiêu thụ năng lượng của hệ thống, vừa giới hạn số chiều dữ liệu để giảm độ phức tạp mô hình và nguy cơ overfitting. Ba đặc trưng được giữ lại trong nghiên cứu đều có tính đo lường cao, dễ triển khai giám sát thực tế bằng cảm biến hoặc hệ thống SCADA công nghiệp.

Để đảm bảo tính liên tục và tránh nhiễu thống kê, dữ liệu được chọn liên tục theo thời gian mà không thực hiện xáo trộn thứ tự. Việc này giúp bảo toàn mối liên hệ giữa các bước thời gian trong chuỗi, một yêu cầu bắt buộc trong các bài toán xử lý chuỗi thời gian bằng mạng hồi tiếp như LSTM.

3.3. Tiền xử lý dữ liệu

Trước khi đưa vào mô hình học sâu, dữ liệu cần được xử lý cẩn thận để đảm bảo độ chính xác, độ tin cậy và

khả năng hội tụ của thuật toán huấn luyện. Các bài toán chuỗi thời gian, đặc biệt trong lĩnh vực điều khiển phụ tải công nghiệp, đòi hỏi dữ liệu phải liên tục, đồng nhất và không bị nhiễu cấu trúc hoặc sai lệch đơn vị đo. Quy trình tiền xử lý dữ liệu trong nghiên cứu này được xây dựng dựa trên kinh nghiệm thực tiễn kết hợp với các khuyến nghị trong các công trình về dự báo phụ tải sử dụng mô hình học sâu [16].

Bước 1: Làm sạch dữ liệu và xử lý giá trị thiếu: Tập dữ liệu thô ban đầu chứa một số bản ghi bị lỗi do nhiễu trong hệ thống đo lường hoặc gián đoạn truyền dữ liệu. Các bản ghi này thường mang giá trị không hợp lệ như chuỗi ký tự "?", giá trị âm hoặc khoảng trống. Những dòng này được loại bỏ hoàn toàn để tránh gây lỗi trong quá trình huấn luyện.

Sau đó, toàn bộ dữ liệu được ép kiểu về dạng số thực (float32) để đảm bảo tính tương thích với các hàm xử lý số của thư viện TensorFlow. Các biến thời gian (ngày và giờ) được gộp lại thành một trường DateTime, sau đó đặt làm chỉ mục (index) của tập dữ liệu để phục vụ cho việc cắt chuỗi có thứ tự đúng thời gian.

Bước 2: Chuẩn hóa dữ liệu: Do các đặc trưng đầu vào có đơn vị và thang đo khác nhau (ví dụ: Voltage có giá trị trung bình khoảng 230 V trong khi Sub_metering_3 dao động quanh 10-20 Wh), việc chuẩn hóa dữ liệu là cần thiết để mô hình không bị lệch trọng số học. Phương pháp chuẩn hóa Min-Max được áp dụng cho từng đặc trưng theo công thức:

$$x' = \frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}}$$

Kết quả là tất cả các đặc trưng được đưa về khoảng [0, 1], giúp mô hình hội tụ nhanh hơn trong quá trình huấn luyện và tránh tình trạng gradient vanishing khi truyền ngược qua các tầng LSTM sâu [17].

Bước 3: Cấu trúc lại dữ liệu thành chuỗi thời gian đầu vào: Bài toán dự báo tải điện trong nghiên cứu được xử lý như một bài toán học chuỗi có độ trễ cố định. Mô hình học để dự báo công suất tại thời điểm t+1 dựa vào dữ liệu tại 30 phút trước đó.

Để thực hiện điều này, dữ liệu được chia thành các cửa sổ trượt (sliding window) có độ dài 30 bước thời gian. Với mỗi chuỗi con, đầu vào gồm ma trận đặc trưng $X \in \mathbb{R}^{30 \times 3}$ và đầu ra là một giá trị vô hướng $y \in \mathbb{R}$ tương ứng với công suất tiêu thụ ở bước tiếp theo. Việc cắt chuỗi như vậy giúp mô hình học được sự phụ thuộc thời gian giữa các bước, đồng thời duy trì định dạng đầu vào nhất quán.

Bước 4: Chia tập huấn luyện và kiểm tra: Toàn bộ dữ liệu sau khi chuẩn hóa và cắt chuỗi được chia theo tỷ lệ 80:20, với 80% đầu chuỗi được dùng cho huấn luyện và 20% cuối chuỗi dùng để đánh giá. Dữ liệu được giữ nguyên thứ tự thời gian và không xáo trộn, nhằm đảm bảo mô hình phản ánh đúng tính chất "học từ quá khứ để dự đoán tương lai".

Khác với các bài toán phân loại hoặc hồi quy độc lập,

việc shuffle dữ liệu trong các bài toán chuỗi thời gian có thể phá vỡ mối quan hệ nội tại giữa các điểm trong chuỗi và dẫn đến suy giảm hiệu suất mô hình [18]. Do đó, toàn bộ quá trình chia tập được kiểm soát chặt chẽ về mặt thứ tự thời gian.

3.4. Cấu hình huấn luyện

Bảng 1 trình bày cấu hình chi tiết được sử dụng trong quá trình huấn luyện mô hình học sâu. Việc lựa chọn số epoch = 10 và batch size = 64 nhằm đảm bảo mô hình có đủ thời gian học mà vẫn tiết kiệm tài nguyên tính toán, tránh quá khớp. Bộ tối ưu hóa Adam được sử dụng nhờ khả năng thích nghi tốt với các gradient biến thiên trong chuỗi thời gian - đặc biệt hiệu quả với dữ liệu phi tuyến và nhiễu phức tạp [6], [8].

Hàm mất mát MAE (Mean Absolute Error) được lựa chọn vì đặc tính ổn định và khả năng phản ánh rõ ràng sai số trung bình tuyệt đối - phù hợp với bài toán hồi quy dự báo công suất tiêu thụ liên tục theo thời gian.

Mô hình sử dụng mạng LSTM hai lớp với 64 đơn vị ẩn để đảm bảo khả năng biểu diễn chuỗi dài mà vẫn tiết kiệm tài nguyên. Cơ chế Attention kiểu Luong được tích hợp nhằm tăng khả năng tập trung vào các thời điểm quan trọng trong chuỗi đầu vào - giúp mô hình xử lý hiệu quả hơn các giai đoạn có biến động phụ tải đột ngột [12], [13].

Tầng đầu ra là một lớp tuyến tính (Dense) không có hàm kích hoạt, đảm bảo trả về đầu ra dạng giá trị thực liên tục, phù hợp với yêu cầu của mô hình dự báo công suất tiêu thụ trong hệ thống điện công nghiệp.

Bảng 1. Cấu hình huấn luyện mô hình

Tham số	Giá trị
Epoch	10
Batch size	64
Tối ưu hóa	Adam
Hàm mất mát	MAE (Mean Absolute Error)
LSTM units	64
Cơ chế Attention	Luong-style attention
Lớp Dense đầu ra	1 node, hàm kích hoạt tuyến tính

3.5. Tiêu chí đánh giá mô hình

Việc đánh giá chất lượng mô hình dự báo trong bài toán điều khiển hệ thống điện công nghiệp thông minh không chỉ dừng lại ở mức độ sai số thấp, mà còn yêu cầu mô hình có tính ổn định, khả năng tổng quát hóa và phù hợp với môi trường hoạt động thực tế. Trong nghiên cứu này, hai nhóm tiêu chí được sử dụng để đánh giá mô hình, bao gồm: Chỉ số sai số định lượng, hệ số tương quan và phân tích trực quan.

a. Sai số dự báo - MAE

Sai số tuyệt đối trung bình (MAE - Mean Absolute Error) được sử dụng làm chỉ số chính để đánh giá hiệu quả

dự báo của mô hình. MAE đo lường mức độ chênh lệch trung bình giữa giá trị thực tế và giá trị dự đoán của mô hình, phản ánh trực tiếp độ chính xác của hệ thống trong việc tái hiện lại hành vi tiêu thụ công suất theo thời gian.

b. Hệ số tương quan Pearson

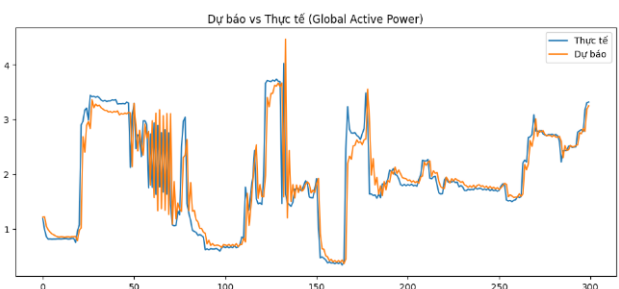
Để đánh giá mức độ phù hợp giữa xu hướng dự báo và thực tế, hệ số tương quan Pearson được sử dụng như một chỉ số hỗ trợ. Pearson phản ánh mức độ tuyến tính giữa hai đại lượng, trong trường hợp này là chuỗi dự báo và chuỗi thực tế. Hệ số gần 1 cho thấy hai chuỗi biến động gần như đồng pha, tức là mô hình không chỉ đoán đúng giá trị trung bình mà còn học được đặc trưng dao động của phụ tải.

4. KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM

Sau quá trình huấn luyện, mô hình LSTM kết hợp Attention được đánh giá trên tập dữ liệu kiểm tra nhằm xác định khả năng dự báo phụ tải trong hệ thống điện công nghiệp. Các kết quả được trình bày qua một loạt biểu đồ trực quan, phản ánh hiệu suất mô hình ở nhiều khía cạnh.

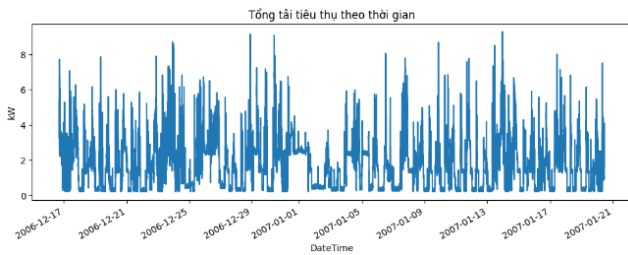
Hình 2 thể hiện so sánh giữa công suất tiêu thụ thực tế và giá trị dự báo của mô hình trên chuỗi dữ liệu kiểm thử 24 giờ cuối. Dữ liệu đầu vào của mô hình gồm năm đặc trưng kỹ thuật: công suất hoạt động (P, đơn vị kW), điện áp (V), dòng điện (A), tần số (Hz), và tỷ lệ tải tổng hợp (%). Dữ liệu được thu thập với tần suất 1 phút từ mô hình mô phỏng hệ thống điện công nghiệp ba pha trong MATLAB/Simulink, với tổng số hơn 10.000 bản ghi. Quan sát biểu đồ cho thấy hai đường biểu diễn gần như trùng khớp tại nhiều đoạn thời gian, chứng tỏ mô hình học sâu đã tái hiện được tương đối chính xác quy luật dao động của tải điện.

Các biến động đột ngột (spike) tại khoảng 120, 170 và 220 phút - là những thời điểm tải biến đổi nhanh, không theo chu kỳ đều đặn - vẫn được mô hình dự báo sát thực tế. Đây là bằng chứng cho thấy kiến trúc LSTM-Attention có khả năng học và phản ứng với đặc trưng phi tuyến, bất ổn của hệ thống - yếu tố rất quan trọng khi triển khai trong môi trường điều khiển công suất tại các nhà máy thông minh.



Hình 2. So sánh công suất tiêu thụ thực tế và dự báo theo thời gian

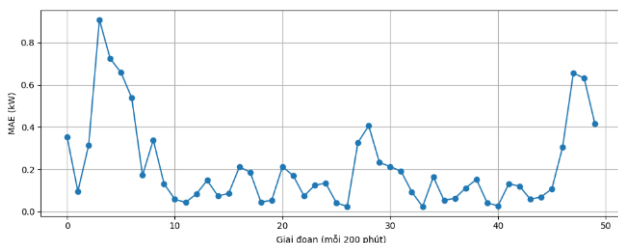
Mô tả tổng tải tiêu thụ hệ thống theo thời gian liên tục trong 7 ngày (Hình 3). Không phân đoạn, biểu đồ thể hiện rõ tính chất biến động phức tạp: Tải dao động mạnh, không ổn định, và không tuân theo mô hình tuyến tính nào. Có thời điểm tải tăng lên hơn 8 kW, xen kẽ với các pha gần như bằng 0 - đặc trưng cho các giai đoạn máy móc công suất lớn luân phiên hoạt động và ngừng nghỉ. Trong bối cảnh này, các mô hình truyền thống như PID hoặc ARIMA không đủ khả năng mô tả chính xác. Mô hình học sâu, với khả năng trích xuất mối quan hệ chuỗi dài hạn và học được cấu trúc ẩn từ dữ liệu, cho thấy rõ ưu thế trong việc dự báo và điều khiển phụ tải điện trong môi trường công nghiệp thực.



Hình 3. Tổng công suất tiêu thụ hệ thống theo thời gian

Hình 4 thể hiện sai số MAE (Mean Absolute Error) của mô hình dự báo công suất, được tính theo từng giai đoạn 200 bước trong toàn bộ chuỗi dữ liệu kiểm thử. Trục hoành biểu diễn chỉ số đoạn thời gian (mỗi đoạn gồm 200 bước), trục tung là giá trị sai số tuyệt đối trung bình (kW) trong từng đoạn tương ứng.

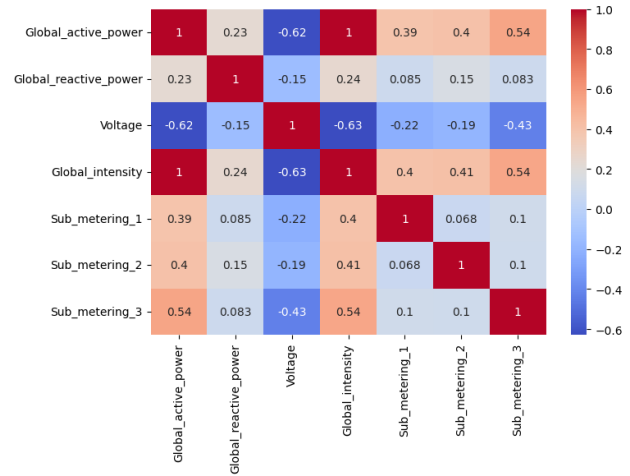
Kết quả cho thấy trong các đoạn đầu, sai số MAE đạt mức cao, có đoạn lên đến gần 0.9 kW - phản ánh giai đoạn mô hình chưa thích nghi đầy đủ với cấu trúc dữ liệu đầu vào. Tuy nhiên, từ sau đoạn thứ 10 trở đi, MAE giảm mạnh và duy trì ổn định dưới 0.2 kW ở phần lớn chuỗi thời gian, thậm chí có thời điểm gần tiệm cận về 0. Điều này chứng tỏ mô hình học sâu không chỉ học tốt trong huấn luyện mà còn có khả năng tự điều chỉnh và duy trì hiệu suất ổn định khi gặp dữ liệu mới - một đặc tính đặc biệt quan trọng trong điều kiện vận hành công nghiệp, nơi dữ liệu thay đổi liên tục theo thời gian thực.



Hình 4. Sai số MAE phân theo từng giai đoạn thời gian

Hệ số tương quan tuyến tính giữa các đặc trưng đầu vào và biến mục tiêu (Global Active Power) (Hình 5). Kết quả cho thấy công suất tiêu thụ có tương quan thuận mạnh với Global_intensity và Sub_metering_3, và tương quan âm với Voltage - phản ánh đúng nguyên

lý vận hành trong hệ thống điện công nghiệp. Cho thấy rằng các đặc trưng chọn lọc trong Bảng 1 vừa phù hợp về mặt thống kê, vừa có cơ sở vật lý rõ ràng, giúp mô hình học sâu hoạt động hiệu quả và ổn định hơn khi triển khai thực tế.



Hình 5. Ma trận tương quan Pearson giữa các đặc trưng đầu vào

Từ biểu đồ và phân tích trên cho thấy mô hình đề xuất đạt hiệu quả cao trong việc học và dự báo chuỗi phụ tải trong môi trường công nghiệp. Mô hình không chỉ dự báo chính xác, mà còn phản ứng được với các dao động phi tuyến, học được chu kỳ tải và duy trì hiệu suất tốt theo thời gian. Những ưu điểm này cho thấy khả năng ứng dụng thực tế trong các hệ thống điều khiển tự động năng lượng thời gian thực, giúp nâng cao hiệu suất vận hành và tối ưu hóa tiêu thụ điện năng trong nhà máy thông minh.

Ngoài ra, để đánh giá rõ hơn mức độ vượt trội của mô hình đề xuất, nhóm tác giả tiến hành so sánh Bi-LSTM kết hợp Attention với một số mô hình dự báo phổ biến khác. Kết quả được trình bày trong Bảng 2.

Bảng 2. So sánh hiệu suất giữa các mô hình dự báo phụ tải điện

Mô hình	MAE (kW)	Nhận xét
ARIMA	0,45	Không bắt được phi tuyến
LSTM	0,21	Khá tốt
Bi-LSTM + Attention	0,12	Tốt nhất

Kết quả của Bảng 2 cho thấy mô hình Bi-LSTM kết hợp Attention đạt sai số nhỏ nhất và học được tốt nhất các biến động phi tuyến trong dữ liệu chuỗi thời gian.

Bên cạnh đó, độ phức tạp tính toán của mô hình cũng phù hợp để triển khai trong môi trường thực tế. Mạng Bi-LSTM gồm 64 đơn vị ẩn có tổng số tham số vào khoảng 85.000. Thời gian huấn luyện 10 epoch trên GPU RTX 3060 dao động từ 12 đến 18 giây mỗi epoch. Với mức độ phức tạp này, mô hình đáp ứng tốt yêu cầu

dự báo thời gian thực trong các hệ thống điều khiển năng lượng công nghiệp.

5. KẾT LUẬN

Trong bối cảnh các hệ thống điện công nghiệp ngày càng tiến tới tự động hóa và tích hợp trí tuệ nhân tạo, nghiên cứu này đã đề xuất và kiểm chứng một mô hình học sâu kết hợp giữa Bi-LSTM và cơ chế Attention nhằm giải quyết bài toán dự báo công suất tiêu thụ của phụ tải điện công nghiệp theo chuỗi thời gian.

Thông qua quá trình tiền xử lý dữ liệu, huấn luyện và kiểm thử, mô hình đã đạt hiệu quả cao với sai số MAE thấp (~0.12 kW), khả năng mô phỏng tốt các dao động phi tuyến và duy trì ổn định theo thời gian. Kết quả biểu đồ và phân tích tương quan cho thấy mô hình không chỉ dự báo chính xác, mà còn học được các quy luật nội tại phức tạp trong dữ liệu phụ tải - điều mà các phương pháp tuyến tính truyền thống khó đạt được. Cơ chế Attention giúp mô hình tập trung vào các thời điểm quan trọng, từ đó tăng khả năng thích nghi và độ tin cậy khi triển khai thực tế.

Nghiên cứu khẳng định tính khả thi và giá trị ứng dụng của học sâu trong việc hỗ trợ điều hành phụ tải điện công nghiệp, góp phần tối ưu hóa vận hành và nâng cao hiệu suất năng lượng. Trong tương lai, mô hình có thể được mở rộng với thêm các đặc trưng đầu vào, tích hợp tín hiệu môi trường, triển khai theo hướng học online và áp dụng trên nền tảng nhúng để phục vụ điều khiển phụ tải theo thời gian thực trong các hệ thống quản lý năng lượng thông minh (smart EMS) và nhà máy công nghiệp hiện đại.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. International Energy Agency (2023), *Electricity Market Report - Global Industrial Electricity Trends*.
- [2]. T. A. Pham and M. H. Tran (2021), *Load balancing in smart factories using adaptive control logic*, Journal of Electrical Systems, vol. 17, no. 4.
- [3]. X. Wang and J. Liu (2018), *Control challenges in industrial smart grids*, IEEE Transactions on Industrial Informatics, vol. 14, no. 6, pp. 2533–2545.
- [4]. I. Goodfellow, Y. Bengio, and A. Courville (2016), *Deep Learning*, MIT Press.
- [5]. S. Hochreiter and J. Schmidhuber (1997), *Long short-term memory*, Neural Computation, vol. 9, no. 8, pp. 1735-1780.
- [6]. Y. Zhang, J. Wang and X. Wang (2019), *Short-term electricity load forecasting based on LSTM*, Energy, vol. 183, pp. 685-695.
- [7]. A. Vaswani et al. (2017), *Attention is all you need*, Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS), vol. 30.
- [8]. Q. Li, C. Zhang and Y. Xie (2020), *Short-term load forecasting using hybrid deep learning model*, IEEE Access, vol. 8, pp. 123456-123465.
- [9]. L. Chen, S. Wang, T. Li and X. Fang (2021), *Intelligent HVAC scheduling using LSTM-based reinforcement learning*, Energy and Buildings, vol. 244.
- [10]. Z. Ma, P. Liu, Y. Tan and L. Huang (2022), *Anomaly detection in electrical signal using deep residual networks*, Applied Energy, vol. 312.
- [11]. G. E. P. Box et al. (2015), *Time Series Analysis: Forecasting and Control*, Wiley.
- [12]. M. T. Luong, H. Pham and C. D. Manning (2015), *Effective approaches to attention-based neural machine translation*, in Proc. EMNLP.
- [13]. K. Xu et al. (2015), *Show, attend and tell: Neural image caption generation with visual attention*, in Proc. ICML.
- [14]. D. Bahdanau, K. Cho, and Y. Bengio (2015), *Neural machine translation by jointly learning to align and translate*, ArXiv preprint arXiv:1409.0473.
- [15]. S. Xingjian et al. (2015), *Convolutional LSTM network: A machine learning approach for precipitation nowcasting*, Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS), vol. 28.
- [16]. K. Zhou, S. Yang, and Z. Shao (2019), *Feature selection in electricity load forecasting: A correlation and variance-based approach*, Energy, vol. 189, Article ID 116225, 2019.
- [17]. J. Brownlee (2020), *Deep Learning for Time Series Forecasting*, Machine Learning Mastery.
- [18]. V. Cerqueira, L. Torgo, and I. Mozetič (2020), *Evaluating time series forecasting models: an empirical study on performance estimation methods*, Machine Learning, vol. 109, pp. 1997-2028.

AUTHOR INFORMATION

Pham Van Tai

Corresponding author: taidhsd@gmail.com

Sao Do University.

THỂ LỆ GỬI BÀI

TẠP CHÍ NGHIÊN CỨU KHOA HỌC, TRƯỜNG ĐẠI HỌC SAO ĐỎ

Tạp chí Nghiên cứu khoa học, Trường Đại học Sao Đỏ (P. ISSN 1859-4190, E. ISSN 2815-553X), thường xuyên công bố kết quả, công trình nghiên cứu khoa học và công nghệ của các nhà khoa học, cán bộ, giảng viên, nghiên cứu sinh, học viên cao học, sinh viên ở trong và ngoài nước.

1. Tạp chí xuất bản 01 số/quý bằng hai ngôn ngữ tiếng Việt và tiếng Anh. Tạp chí nhận đăng các bài báo khoa học thuộc các lĩnh vực: Điện - Điện tử - Tự động hóa; Cơ khí - Động lực; Kinh tế; Triết học - Xã hội học - Chính trị học; Các lĩnh vực khác gồm: Công nghệ thông tin; Hóa học - Công nghệ thực phẩm; Ngôn ngữ học; Toán học; Vật lý; Văn hóa - Nghệ thuật - Thể dục thể thao...
2. Bài nhận đăng là những công trình nghiên cứu khoa học chưa công bố trong bất kỳ ấn phẩm khoa học nào.
3. Tòa soạn chỉ nhận bài báo gửi online trên website <http://tapchikhcn.saodo.edu.vn>. Bài báo gửi về tòa soạn dưới dạng file điện tử (*.doc *.docx và *.pdf); cuối bài báo, tác giả ghi rõ thông tin địa chỉ liên hệ, số điện thoại, email và cập nhật thông tin trên website. Bài báo phải được trình bày đúng định dạng, rõ ràng; Trường hợp bài báo phải chỉnh sửa theo thể lệ hoặc theo yêu cầu của Phản biện thì tác giả sẽ cập nhật trên website. Người phản biện sẽ do tòa soạn mời. Tòa soạn không gửi lại bài nếu không được đăng.
4. Các công trình thuộc đề tài nghiên cứu có Cơ quan quản lý cần kèm theo giấy phép cho công bố của cơ quan (Tên đề tài, mã số, tên chủ nhiệm đề tài, cấp quản lý,...).
5. Tên bài báo trình bày bằng hai ngôn ngữ (tiếng Việt và tiếng Anh), font Arial, cỡ chữ 14, in đậm, căn giữa.
6. Tên tác giả (không ghi học hàm, học vị), font Arial, cỡ chữ 10, in đậm, căn lề phải; cơ quan công tác của các tác giả, font Arial, cỡ chữ 9, in nghiêng, căn lề phải.
7. Chữ "Tóm tắt" in đậm, font Arial, cỡ chữ 10; Nội dung tóm tắt của bài báo không quá 10 dòng, trình bày bằng hai ngôn ngữ (tiếng Việt và tiếng Anh), font Arial, cỡ chữ 10, in thường.
8. Chữ "Từ khóa" in đậm, nghiêng, font Arial, cỡ chữ 10; Có từ 03÷05 từ khóa, font Arial, cỡ chữ 10, in nghiêng, ngăn cách nhau bởi dấu chấm phẩy, cuối cùng là dấu chấm.
9. Nội dung bài báo viết bằng tiếng Việt hoặc tiếng Anh; Nếu là bài báo viết bằng tiếng Việt: Tiêu đề tiếng Việt trước, tiếng Anh sau; Tóm tắt tiếng Việt trước, tiếng Anh sau; Từ khóa tiếng Việt trước, tiếng Anh sau; Nếu là bài báo viết bằng tiếng Anh: Tiêu đề tiếng Anh trước, tiếng Việt sau; Tóm tắt tiếng Anh trước, tiếng Việt sau; Từ khóa tiếng Anh trước, tiếng Việt sau.
10. Bài báo được đánh máy trên khổ giấy A4 (21 × 29,7cm) có độ dài không quá 8 trang, font Arial, cỡ chữ 10, giãn dòng At least 12pt, Before 3pt, After 3pt; căn lề trên 2.5cm, dưới 2.5cm, trái 3cm, phải 2cm; hình vẽ phải rõ ràng, đủ nét và được định dạng dưới dạng file ảnh (*.jpg); Phương trình, công thức phải soạn thảo bằng Mathtype hoặc Equation; Phần nội dung bài báo được chia thành 02 cột, khoảng cách cột là 1cm; Trong trường hợp hình vẽ, hình ảnh có kích thước lớn, bảng biểu có độ rộng lớn hoặc công thức, phương trình dài thì cho phép trình bày dưới dạng 01 cột.
11. Tài liệu tham khảo được sắp xếp theo thứ tự tài liệu được trích dẫn trong bài báo.
 - Nếu là sách/luận án: Tên tác giả (năm), Tên sách/luận án/luận văn, Nhà xuất bản/Trường/Viện, lần xuất bản/tái bản.
 - Nếu là bài báo/báo cáo khoa học: Tên tác giả (năm), Tên bài báo/báo cáo, Tạp chí/Hội nghị/Hội thảo, Tập/Kỷ yếu, số, trang.
 - Nếu là trang web: Phải trích dẫn đầy đủ tên website và đường link, ngày cập nhật.
12. Định dạng mẫu bài báo tham khảo tại địa chỉ http://tapchikhcn.saodo.edu.vn/news/detail/198/format_paper
Bài báo sau khi xuất bản sẽ được công bố trên <http://tapchikhcn.saodo.edu.vn>.

THÔNG TIN LIÊN HỆ:

Ban Biên tập Tạp chí Nghiên cứu khoa học, Trường Đại học Sao Đỏ

Phòng 203, Tầng 2, Nhà B1, Trường Đại học Sao Đỏ.

Địa chỉ: Số 76, Nguyễn Thị Duệ, KDC Thái Học 2, P. Chu Văn An, TP. Hải Phòng.

Điện thoại: (0220) 3587213, Fax: (0220) 3882921, Hotline: 0912 107858/0936 847980.

Website: <http://tapchikhcn.saodo.edu.vn>

Email: tapchikhcn@saodo.edu.vn

Tạp chí Nghiên cứu khoa học, Trường Đại học Sao Đỏ, Số 1 (93) 2026



BỘ CÔNG THƯƠNG

TRƯỜNG ĐẠI HỌC SAO ĐỎ

Địa chỉ:

- **Số 1:** Số 76, đường Nguyễn Thị Duệ, KDC Thái Học 2, phường Chu Văn An, thành phố Hải Phòng.
- **Số 2:** Số 72, đường Nguyễn Thái Học, quốc lộ 37, phường Chu Văn An, thành phố Hải Phòng.
- **Điện thoại:** (0220) 3882 269 **Fax:** (0220) 3882 921 **Website:** <http://saodo.edu.vn> **Email:** info@saodo.edu.vn

P. ISSN 1859-4190
E. ISSN 2815-553X

Số 1 (93)
2026

Địa chỉ Tòa soạn:

Trường Đại học Sao Đỏ

Số 76, đường Nguyễn Thị Duệ, KDC Thái Học 2, phường Chu Văn An, thành phố Hải Phòng.

Điện thoại: (0220) 3587213, Fax: (0220) 3882 921, Hotline: 0912 107858/0936 847980.

Website: <http://tapchikhcn.saodo.edu.vn/>Email: tapchikhcn@saodo.edu.vn.

Giấy phép xuất bản số: 620/GP-BTTTT ngày 17/9/2021 của Bộ Thông tin và Truyền thông.
In 2.000 bản, khổ 21 × 29,7cm, tại Công ty TNHH in Tre Xanh, cấp ngày 17/02/2011.