**THÔNG TIN VỀ KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU**

Tên luận án: Dự báo phụ tải hệ thống điện

Chuyên ngành: Kỹ thuật điện Mã số: 62520202

Họ tên nghiên cứu sinh: Dương Ngọc Hùng

Người hướng dẫn khoa học:

PGS. TS. Nguyễn Minh Tâm

PGS. TS. Phan Thị Thanh Bình

Cơ sở đào tạo: Trường Đại học Sư Phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh

1. **Tóm tắt nội dung**

Ngày nay nhu cầu điện năng luôn biến đổi và có xu hướng gia tăng. Điện năng đóng vai trò quan trọng trong việc đảm bảo sự ổn định phát triển kinh tế xã hội và an ninh chính trị của quốc gia, vấn đề cần được quan tâm là sự thiếu hụt năng lượng, đặc biệt nhu cầu năng lượng điện. Trong một số giờ cao điểm, hệ thống điện phân phối không đáp ứng nhu cầu tiêu thụ điện năng, khách hàng phải mua điện với giá cao khi tham gia vào thị trường điện. Điện lực phải cải tạo việc nâng cấp đường dây truyền tải và phân phối, hoặc họ lắp đặt thêm các trạm biến áp nhằm đáp ứng nhu cầu phụ tải trong giờ cao điểm. Bên cạnh đó, ngành điện cần phải giải quyết tốt bài toán dự báo phụ tải ngắn hạn và dài hạn. Nó đóng vai trò quan trọng trong công tác điều độ hệ thống điện quy hoạch đầu tư phát triển và vận hành hệ thống điện. Ngoài ra, nhu cầu tiêu dùng điện năng phản ánh sự phát triển của nền kinh tế quốc dân. Vì vậy, dự báo phụ tải điện là một bộ phận của dự báo phát triển kinh tế và khoa học kỹ thuật. Nếu dự báo phụ tải quá thừa so với nhu cầu sử dụng, hậu quả là phải huy động các nguồn dự phòng đắt tiền lớn hơn mức cần thiết. Ngược lại, nếu dự báo phụ tải quá thấp so với nhu cầu dẫn đến kết quả nguồn dự phòng thấp, làm giảm an toàn hệ thống cung cấp điện, công ty điện lực không đáp ứng được nhu cầu điện cho các hộ tiêu thụ gây thiệt hại nền kinh tế.

Trong những nghiên cứu trước đây đã có nhiều phương pháp nhằm giải quyết bài toán dự báo phụ tải nói chung, đây là một dạng bài toán khó, phụ thuộc nhiều yếu tố đầu vào. Hiện nay, điện lực đang giải quyết bài toán dự báo phụ tải chủ yếu bằng các phương pháp dự báo truyền thống, mang tính kinh nghiệm. Các hướng nghiên cứu gần đây, cùng với sự phát triển khoa học máy tính và trí tuệ nhân tạo để giải bài toán dự báo phụ tải. Mạng nơron hay mạng học sâu giữ một vai trò quan trọng trong việc phát triển các giải pháp dự báo phụ tải hiệu quả hơn, dựa vào các ưu điểm của mạng học sâu như: cấu trúc xử lý song song, khả năng học và ghi nhớ, khả năng tự học và tổng quát hoá. Mạng học sâu đã được nghiên cứu và ứng dụng thành công trong lĩnh vực như ước lượng trong nhận dạng mẫu, dự báo... Trong nghiên cứu này chủ yếu tập trung thực hiện xây dựng mô hình mạng học sâu và ứng dụng để giải quyết bài toán dự báo phụ tải (phụ tải đỉnh và dự báo đồ thị phụ tải). Nhằm đưa ra các thông số cần thiết cho công tác vận hành, lập phương thức điều độ hệ thống điện, và cân bằng giữa công suất phát – công suất tiêu thụ. Dựa vào các yêu tố tác động đến phụ tải, luận án đã chọn dữ liệu ngõ vào cho bài toán dự báo phụ tải đỉnh là phụ tải đỉnh trong ngày và nhiệt độ. Đối với dự báo đồ thị phụ tải là sản lượng điện theo giờ và nhiệt độ trong ngày. Các yếu tố mùa, ngày làm việc, thứ bảy và chủ nhật, các ngày đặc biệt trong năm cũng được xem xét đến. Tác giả sử dụng bộ dữ liệu quá khứ của khu vực lưới điện Tiền Giang để áp dụng cho mô hình đề xuất.

Đối với bài toán dự báo phụ tải công suất đỉnh, luận án đã lần lượt nghiên cứu ứng dụng giải thuật dự báo: LSTM (Long Short Term Memory), mô hình kết hợp CNN-LSTM (Convolutional Neural Networks - Long Short Term Memory), Wavenet (phép biến đổi wavelet kết hợp với mạng tích chập), và GCN-GRU (Graph Convolutional Networks - Gated Recurrent Units). Trong quá trình thực hiện dự báo đối với tất cả các mô hình thì kết quả của giải thuật GCN-GRU có sai số MAPE = 0,0006, mô hình có sai số bé.

Đối với bài toán dự báo đồ thị phụ tải, luận án đã lần lượt nghiên cứu ứng dụng giải thuật dự báo: LSTM, mô hình kết hợp CNN-LSTM, Wavenet, FF-DNN kết hợp R-DNN, Seq2Seq-LSTM, và phép biến đổi Wavelet kết hợp với mô hình HHO-GCN-LSTM. Trong quá trình thực hiện dự báo đối với tất cả các mô hình thì kết quả của giải thuật Wavelet-HHO-GCN-LSTM có sai số MAPE = 0,5473, mô hình có độ chính xác cao.

1. **Những đóng góp mới của đề tài**

**Đóng góp 1:**

Đề xuất được mô hình mạng kết hợp tích chập đồ thị với đơn vị cổng hồi quy GCN-GRU, mô hình này sử dụng GCN trích xuất các đặc điểm từ dữ liệu có tính chất đồ thị, GRU xử lý sự phụ thuộc theo thời gian, nó được thể qua các bước. Trích xuất đặc trưng lấy thông tin từ dữ liệu dưới dạng đồ thị, biểu diễn đặc trưng theo chuỗi thời gian của dữ liệu để đưa vào mô hình GRU, huấn luyện mô hình, cuối cùng là kiểm tra và đánh giá hiệu suất mô hình. Dựa vào tính ưu việt của mô hình GCN-GRU xử lý đồng thời sự phụ thuộc không gian và thời gian của dữ liệu, vì vậy bài toán dự báo phụ tải dùng phương pháp này được cải thiện sai số RMSE và MAPE so với phương pháp dự báo khác. Mô hình huấn luyện được dùng số liệu từ lưới điện Tiền Giang. Ngõ vào của mô hình dự báo là các đỉnh Pmax/ngày, nhiệt độ/giờ và yếu tố ảnh hưởng trên mùa, cũng như các ngày đặc biệt trong năm. Kết quả của giải thuật có sai số bé, cụ thể MAPE = 0,0006 so với các mô hình khác. Ngoài ra mô hình huấn luyện cải thiện được thời gian dự báo.

Bên cạnh việc cải thiện độ chính xác dự báo, mô hình GCN-GRU còn mang lại một số ưu điểm quan trọng so với các phương pháp truyền thống. Thứ nhất, việc tích hợp mạng tích chập đồ thị (GCN) giúp khai thác mối quan hệ không gian giữa các điểm dữ liệu trong lưới điện, điều mà các mô hình học sâu tuần tự như LSTM hay CNN-LSTM chưa tối ưu hóa. Thứ hai, đơn vị cổng hồi quy (GRU) cho phép mô hình ghi nhớ thông tin trong chuỗi thời gian một cách hiệu quả, giảm thiểu vấn đề biến mất gradient khi làm việc với dữ liệu dài hạn.

*Đóng góp này đã được công bố trong bài báo nghiên cứu khoa học:*

1. **Duong Ngoc Hung**, Nguyen Minh Tam, Nguyen Thanh Hoan. and Tran Thanh Phong. “Application of Seasonal Trend Decomposition using Loess and Long Short- Term Memory in Peak Load Forecasting Model in Tien Giang”. Engineering, Technology & Applied Science Research. 13, 5 (Oct. 2023), 11628–11634. DOI:https://doi.org/10.48084/etasr.6181.

**Đóng góp 2:**

Luận án đề xuất được mô hình mạng kết hợp, mô hình này áp dụng bộ lọc Wavelet để tiền xử lý dữ liệu cho HHO-GCN-LSTM, trong nghiên cứu có xem xét đến độ tin cậy của nguồn dữ liệu quá khứ thu thập được. Ngoài ra, luận án sử dụng hàm mật độ xác suất (Probability Density Function - PDF) để đánh giá phân bố dữ liệu theo xác suất, hàm PCA (Principal Component Analysis) phân tích, phân loại dữ liệu thành các thành phần tương quan, và Dendrogram phân cấp và phân nhóm dữ liệu. Cuối cùng, áp dụng bộ lọc Wavelet lên các nhóm dữ liệu khác nhau (được phân tách đảm bảo tương đối đồng dạng phân phối chuẩn – dựa vào đồ thị PDF) để tiền xử lý dữ liệu, kết hợp với phương pháp đề xuất HHO-GCN-LSTM cho bài toán dự báo đồ thị ngày. Thuật toán HHO nhằm tối ưu hoá cho hàm mục tiêu, cập nhật trọng số trong quá trình tạo mô hình huấn luyện. Bộ nhớ ngắn/dài hạn LSTM xử lý dữ liệu chuỗi thời gian.

Mô hình huấn luyện được dùng số liệu từ lưới điện Tiền Giang. Ngõ vào của mô hình dự báo là sản lượng/giờ, nhiệt độ/giờ và yếu tố ảnh hưởng trên mùa. Kết quả của giải thuật có độ chính xác cao MAPE =0,5473. Nghiên cứu đã so sánh kết quả của mô hình dự báo với các mô hình LSTM, CNN-LSTM, Wavenet, mạng học sâu kết hợp FF-DNN và R-DNN, mạng kết hợp Seq2Seq-LSTM, mô hình đề xuất có sai số vượt trội.

Bên cạnh việc đạt được sai số thấp hơn so với các mô hình truyền thống, mô hình Wavelet-HHO-GCN-LSTM mang lại nhiều ưu điểm nổi bật trong bài toán dự báo đồ thị phụ tải. Trước hết, bộ lọc Wavelet giúp phân tách dữ liệu thành các thành phần tần số khác nhau, loại bỏ nhiễu và trích xuất đặc trưng hữu ích trước khi đưa vào mô hình học sâu, giúp cải thiện đáng kể chất lượng đầu vào. Tiếp theo, thuật toán tối ưu HHO được sử dụng để tinh chỉnh các tham số của mô hình, giúp tối ưu hóa quá trình huấn luyện, giảm thiểu sai số và tăng cường khả năng hội tụ.

Ngoài ra, sự kết hợp của GCN và LSTM trong mô hình giúp khai thác triệt để mối quan hệ không gian và thời gian của dữ liệu phụ tải. GCN có khả năng học được cấu trúc của dữ liệu dưới dạng đồ thị, phù hợp với đặc trưng liên kết phức tạp giữa các trạm biến áp, khu vực tiêu thụ điện. Trong khi đó, LSTM giúp ghi nhớ thông tin theo chuỗi thời gian, đặc biệt hữu ích trong việc dự báo phụ tải với dữ liệu có sự thay đổi theo mùa và theo giờ.

*Đóng góp này đã được công bố trong bài báo nghiên cứu khoa học:*

1. **Hung Duong Ngoc**, Hoan Nguyen Thanh, and Tam Nguyen Minh, “Short term load forcast using deep learning,” 2019 Innov. Power Adv. Comput. Technol. i-PACT 2019, Mar. 2019, doi: 10.1109/I-PACT44901.2019.8960036.
2. **Dương Ngọc Hùng**, Nguyễn Tùng Linh, Nguyễn Thanh Hoan, Nguyễn Minh Tâm. “Mô hình kết hợp HHO-GCN-LSTM ứng dụng trong dự báo đồ thị phụ tải cho lưới điện nhỏ,” Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Công Nghiệp Hà Nội, vol. 58, no. 4, pp. 8-15, 2022, [Online]. Available: https://jst-haui.vn/media/30/uffile-upload-no-title30857.pdf.
3. **Dương Ngọc Hùng**, Nguyễn Tùng Linh, and Nguyễn Minh Tâm, “So sánh thuật toán tối ưu của mạng wavenet trong bài toán dự báo phụ tải điện - Compare the optimal algorithms for wavenet applications in load forecasting”, Tạp chí Khoa học và công nghệ đại học Thái Nguyên, Tập 228, Số 07 (2023), doi: https://doi.org/10.34238/tnu- jst.6956.
4. **Ngoc Hung Duong**, Minh Tam Nguyen, Tung Linh Nguyen, Thanh Hoan Nguyen, and Thanh Duy Nguyen. “Applying seq2seq-lstm in a short-term load forecasting model for the power grid in Tien Giang”. TNU Journal of Science and Technology, 228(14), 290–301. https://doi.org/10.34238/tnu-jst.9060
5. **Ngoc Hung Duong**, Minh Tam Nguyen, Tung Linh Nguyen, Thanh Hoan Nguyen, and Thanh Duy Nguyen. “Application of combining data preprocessing with wavelet filtering for GCN-LSTM network with HHO optimization algorithm in load forecasting mode”. TNU Journal of Science and Technology, vol. 229, no. 06, pp. 160–169, 2024, https://doi.org/10.34238/tnu-jst.9875

Thành phố Hồ Chí Minh, ngày 10 tháng 3 năm 2025

Nghiên cứu sinh

**Dương Ngọc Hùng**