

ỨNG DỤNG MẠNG NƠON SONG TUYẾN TRONG BÀI TOÁN DỰ BÁO PHỤ TẢI ĐIỆN phần 2

Trần Thị Hoàng Oanh⁽¹⁾, Trần Hoàng Linh⁽²⁾

Đông Sĩ Thiên Châu⁽¹⁾, Nguyễn Kỳ Tài⁽²⁾

(1) Viện Nghiên cứu Phát triển Năng lượng

(2) Trường Đại học Bách Khoa, ĐHQG-HCM

(Bài nhận ngày 26 tháng 03 năm 2007, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 29 tháng 10 năm 2007)

TÓM TẮT: Bài báo trình bày một hướng thực hiện xây dựng tập dữ liệu huấn luyện mạng nơon cho bài toán dự báo phụ tải ngắn hạn để tăng độ chính xác và giảm sai số dự báo. Mạng nơon có cấu trúc là mạng song tuyến như trong [1]. Mục đích giảm sai số trong trường hợp có những yếu tố làm ảnh hưởng đến kết quả dự báo như: yếu tố ngày, yếu tố thời tiết... Số liệu dùng trong bài báo là số liệu thực tế của hệ thống điện Tp. Hồ Chí Minh.

1. GIỚI THIỆU

Xây dựng tập dữ liệu đầu vào là một phần quan trọng trong bài toán huấn luyện mạng nơon nhằm mang lại kết quả có độ chính xác cao. Trong bài báo này trình bày một hướng thực hiện xây dựng tập dữ liệu huấn luyện mạng nơon cho bài toán dự báo phụ tải ngắn hạn hệ thống điện thành phố Hồ Chí Minh để đạt được kết quả dự báo chính xác và giảm sai số dự báo.

Mục tiêu của nghiên cứu này dựa trên những điểm ưu việt của cấu trúc mạng nơon toàn phương [1] để xây dựng tập dữ liệu huấn luyện tích hợp nhiều yếu tố tác động đến kết quả dự báo nhưng kích thước tập huấn luyện không tăng lên như vậy sẽ làm giảm thời gian huấn luyện mạng.

2. MÔ HÌNH MẠNG NƠON TOÀN PHƯƠNG

Hàm ước lượng đầu ra của một hệ được mô tả dưới dạng toàn phương song tuyến với các quan hệ vào ra:

$$\begin{aligned} \hat{y}_{k+1} = & C_0 + C_1 \sum_{i=0}^{N_a} a_i (u_{k-i})^a + C_2 \sum_{i=0}^{N_b} b_i (\hat{y}_{k-i})^b + C_3 \sum_{i=0}^{N_d} \sum_{j=0}^{N_d} d_{ij} (u_{k-i} u_{k-j})^c \\ & + C_4 \sum_{i=0}^{N_c} \sum_{j=0}^{N_c} c_{ij} (\hat{y}_{k-i} \hat{y}_{k-j})^d + C_5 \sum_{i=0}^{N_g} \sum_{j=0}^{N_g} g_{ij} (u_{k-i} \hat{y}_{k-j})^e \end{aligned} \quad (1)$$

Trong đó:

$\hat{y}_k$ là tín hiệu ngõ ra ước lượng,

u_k là tín hiệu ngõ vào,

$\{a_i\}_{i=1}^{N_a}, \{b_i\}_{i=1}^{N_b}, \{c_{ij}\}_{i=1, j=1}^{N_c}, \{d_{ij}\}_{i=1, j=1}^{N_d}, \{g_{ij}\}_{i=1, j=1}^{N_g}$ là các thông số của hệ thống.

$C_0 \div C_5, \alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon$ là các hằng số.

Khi cho $\alpha, \beta, \chi, \delta, \varepsilon$ bằng 1, $C_0 = 0$, $C_1 \div C_5$ bằng 1, phương trình (1) chuyển về dạng mô hình song tuyến:

$$\hat{y}_{k+1} = \sum_{i=0}^{N_a} a_i u_{k-i} + \sum_{i=0}^{N_b} b_i \hat{y}_{k-i} + \sum_{i=0}^{N_d} \sum_{j=0}^{N_d} d_{ij} u_{k-i} u_{k-j} + \sum_{i=0}^{N_c} \sum_{j=0}^{N_c} c_{ij} \hat{y}_{k-i} \hat{y}_{k-j} + \sum_{i=0}^{N_g} \sum_{j=0}^{N_g} g_{ij} u_{k-i} \hat{y}_{k-j} \quad (2)$$

Trong phương trình (2), nếu các hệ số $g_{ij} = 0$, khi đó phương trình mô tả sẽ là:

$$\hat{y}_{k+1} = \sum_{i=0}^{N_a} a_i u_{k-i} + \sum_{i=0}^{N_d} \sum_{j=0}^{N_d} d_{ij} u_{k-i} u_{k-j} + \sum_{i=0}^{N_b} b_i \hat{y}_{k-i} + \sum_{i=0}^{N_c} \sum_{j=0}^{N_c} c_{ij} \hat{y}_{k-i} \hat{y}_{k-j} \quad (3)$$

Khi cho các hệ số $c_{ij} = 0, d_{ij} = 0, g_{ij} = 0$, thì (3) trở thành mô hình đơn tuyến:

$$\hat{y}_{k+1} = \sum_{i=0}^{N_a} a_i u_{k-i} + \sum_{i=0}^{N_b} b_i \hat{y}_{k-i} \quad (4)$$

3. PHÂN TÍCH BÀI TOÁN DỰ BÁO PHỤ TẢI

Để việc huấn luyện mạng chính xác cần phải đưa vào trong tập huấn luyện những yếu tố liên quan ảnh hưởng đến kết quả huấn luyện, tuy nhiên việc huấn luyện còn gặp những vấn đề sau:

Muốn việc huấn luyện chính xác cần nhiều thông số huấn luyện.

Thông số huấn luyện không chính xác do các mẫu huấn luyện thu thập không chính xác hoặc bị nhiễu, hoặc bị các yếu tố khác ảnh hưởng đến làm sai mẫu huấn luyện.

Các yếu tố tác động đến thông số huấn luyện thường không tuyến tính và có ảnh hưởng lẫn nhau, trong thông số này có bao hàm cả các thành phần của những thông số khác.

Trên thực tế việc huấn luyện, dạy học có những đặc điểm:

- Việc tăng kích thước tập huấn luyện sẽ làm tăng thời gian học tập, nếu trong tập huấn luyện có nhiều sai số thì việc huấn luyện sẽ không thu được kết quả cao. Thầy dạy dõ có nhiều sai sót trong quá trình dạy học thì cho dù cho thầy bắt học sinh làm nhiều bài tập học sinh cũng không khá lên được.

- Một người thầy có kiến thức rộng sâu và chính xác sẽ tốt hơn nhiều thầy dạy nhiều môn khác nhau, vì người thầy đó biết tổng hợp những kiến thức cần thiết tăng hiệu quả việc học của học sinh.

- Trong học tập các môn học thường có mối liên thông với nhau. Một sự việc xảy ra có nhiều yếu tố tác động vào và các yếu tố này tác động có độ mạnh yếu khác nhau. Đồng thời chúng có thể kết hợp với nhau làm tăng hiệu quả tác động nhưng cũng có thể triệt tiêu lẫn nhau làm giảm hiệu quả tác động lên sự việc. Nếu kể đến hết các yếu tố và những mối quan hệ giữa chúng rất khó khăn và không thể thực hiện được.

- Mạng nơron trong quá trình học nhận các thông số của tập huấn luyện, qua quá trình học tự động xây dựng được mối quan hệ giữa các yếu tố với nhau, việc học này cũng giống như quá trình tích lũy kinh nghiệm – giống như người công nhân được huấn luyện công việc. Mặt

khác việc học này không giống như quá trình tư duy của nhà khoa học, kết quả nhận được từ mạng nơron không phải là kết quả của sự tư duy. Trong quá trình học nếu có tư duy giúp cho việc học nhanh chóng và kết quả tốt hơn.

Việc phân tích dữ liệu trước khi đưa vào huấn luyện chính là bước tư duy xây dựng phương pháp học sao cho việc huấn luyện đạt kết quả tốt nhất, giúp cho quá trình học được nhanh chóng chính xác, loại bỏ những nhiễu có thể làm cho quá trình học kéo dài.

Ví dụ về việc sử dụng năng lượng điện: Việc sử dụng điện hàng ngày ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố hay nói cách khác có nhiều yếu tố làm cho thay đổi việc tiêu thụ điện năng của các phụ tải.

Ở những nước nhiệt đới như nước ta, khi thời tiết thay đổi nhiệt độ tăng lên, nhu cầu sử dụng điện tăng, đây là vấn đề tất yếu do nhu cầu sử dụng làm mát, nhu cầu này không chỉ có trong dân dụng mà cả trong công nghiệp, các thiết bị điện cần phải tăng cường làm mát. Việc tăng nhiệt độ lên 1°C so với nhiệt độ trung bình thì mức độ ảnh hưởng của việc tăng nhiệt độ này đến việc thay đổi mức tiêu thụ điện năng thế nào? Phụ tải sẽ tăng thế nào? Hoặc khi nhiệt độ tăng lên $2-3^{\circ}\text{C}$ so với nhiệt độ trung bình thì phụ tải sẽ tăng như thế nào? Chắc chắn có một vấn đề là phụ tải tiêu thụ điện sẽ không tăng tuyến tính, nhưng sự thay đổi không tuyến tính này được thể hiện như thế nào? Cách lập bài toán để các thành phần không tuyến tính này ra sao? Đây cũng là vấn đề không dễ giải quyết.

Ngay trong việc thay đổi nhiệt độ môi trường, quá trình tăng giảm nhanh hay chậm của nhiệt độ theo thời gian cũng ảnh hưởng đến việc tiêu thụ điện năng của phụ tải, chắc chắn là sự thay đổi công suất tiêu thụ điện của phụ tải theo thời gian sẽ khác nhau trong hai quá trình tăng giảm nhiệt độ xảy ra nhanh và tăng giảm nhiệt độ xảy ra từ từ. Trên thực tế, thời tiết đang nóng nực, nếu có mưa, thời tiết mát dịu khi đó mức độ tiêu thụ điện năng của phụ tải sẽ giảm xuống, tuy nhiên mức độ giảm công suất tiêu thụ này khác với mức độ giảm công suất tiêu thụ do việc giảm nhiệt độ khí quyển vào ban đêm.

Nhưng vào ban đêm việc tải tiêu thụ điện năng thấp hơn so với ban ngày không chỉ do yếu tố thời tiết mà còn do tập quán và quy luật sử dụng điện, điều hiển nhiên là vào ban đêm mức độ sử dụng điện ít đi nhưng mức độ tiêu thụ điện năng này phụ thuộc nhiều vào các yếu tố nào trong hai yếu tố ban đêm và yếu tố nhiệt độ? Việc giảm sử dụng điện phụ thuộc vào các yếu tố này theo tỷ lệ là bao nhiêu? Vấn đề này cũng không dễ xác định.

Yếu tố độ ẩm cũng là thành phần ảnh hưởng đến mức độ tiêu thụ điện năng, môi trường có độ ẩm lớn hơn thường làm tăng nhiệt độ dẫn đến việc tăng lượng điện năng tiêu thụ của các phụ tải.

Các yếu tố có sự ảnh hưởng ít hay nhiều vào thành phần dự báo không dễ gì định lượng, vì các thành phần này có thể có những mối ảnh hưởng lẫn nhau, như đã nói ở trên giữa độ ẩm và nhiệt độ có mối ảnh hưởng với nhau và có tác động ở mức độ nào đó đến việc tiêu thụ điện năng của các phụ tải.

Các yếu tố ảnh hưởng đến kết quả dự báo khó có thể xem xét riêng biệt hoặc tách rời. Tuy nhiên vấn đề xét mối ảnh hưởng của từng yếu tố đến kết quả dự báo có thể thực hiện dựa trên mạng nơron. Khi sử dụng mạng nơron, các thành phần tham dự vào quá trình học được phân tích thành các thành phần và có hệ số phù hợp theo phương trình (1). Để tăng mức độ ảnh hưởng của các thành phần, một biện pháp là thêm các thành phần này vào tập dữ liệu đầu vào, phương pháp này làm kích thích đầu vào tăng lên. Với cách xây dựng tập đầu vào toàn phương theo phương trình (1) cho phép vừa xét đến yếu tố phi tuyến của số liệu đầu vào vừa xét đến mối ảnh hưởng lẫn nhau của các dữ liệu vừa làm tăng cường tính hiện diện của dữ liệu.

Mục tiêu của bài toán dự báo là dự báo được chính xác yếu tố cần dự báo, còn các yếu tố khác trong quá trình giải bài toán có thể cũng được xác định, nhưng ở đây không cần quan tâm đến các thành phần ngoài thông số cần dự báo. Ví dụ như bài toán dự báo phụ tải, trong dự báo phụ tải có yếu tố nhiệt độ, tuy nhiên kết quả cần các yếu tố liên quan không phân tích định lượng mà chỉ đưa vào làm các thành phần và mạng nơron qua quá trình tự học đưa ra được thông số thể hiện mối ảnh hưởng đó, thông số này là thông số nội bộ trong mạng, không cần thiết thể hiện ra do các thông số này không có nhu cầu sử dụng.

Để tăng độ chính xác cho bài toán dự báo, các thông số dự báo cần có giá trị ngang nhau để trong tính toán các thông số có sai số tương đương.

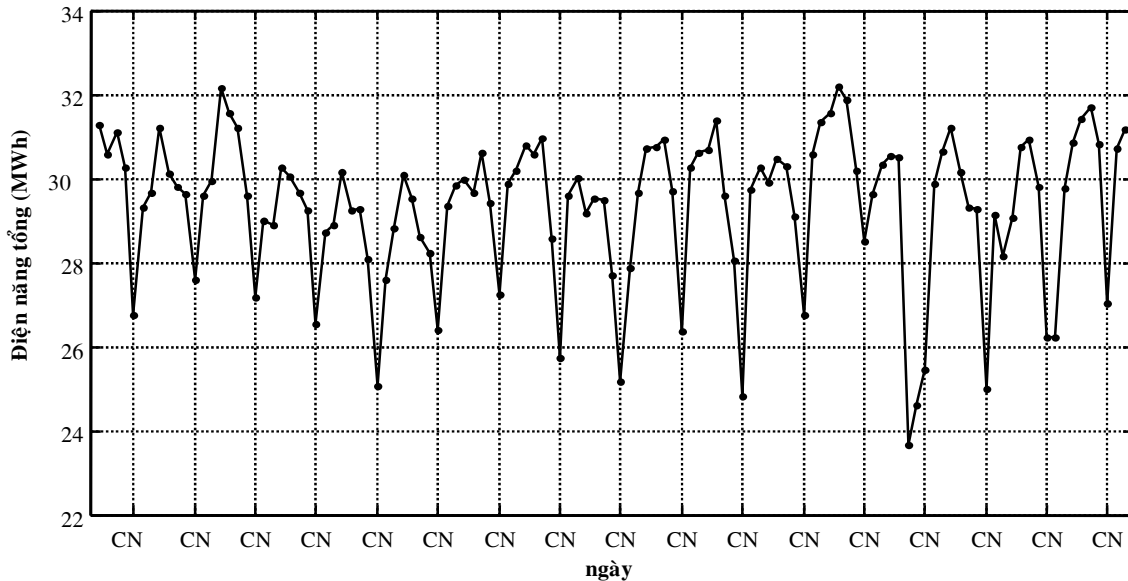
Các thông số công suất phụ tải có tính chất là chuỗi dữ liệu tuần tự theo thời gian nên khi áp dụng dữ liệu này vào dự báo phụ tải sử dụng thuật toán nơron toàn phương thì phương trình (1) được mô tả cụ thể là:

$$\hat{y}_{k+1} = C_0 + C_1 \sum_{i=0}^{N_g} a_i(u_{k-i}) + \sum_{i=0}^{N_k} b_i(\hat{y}_{k-i}) + \sum_{i=0}^{N_g} \sum_{j=0}^{N_g} g_{ij} \cdot \text{sign}(u_{k-i})(u_{k-i} \hat{y}_{k-j})^{1/2} \quad (5)$$

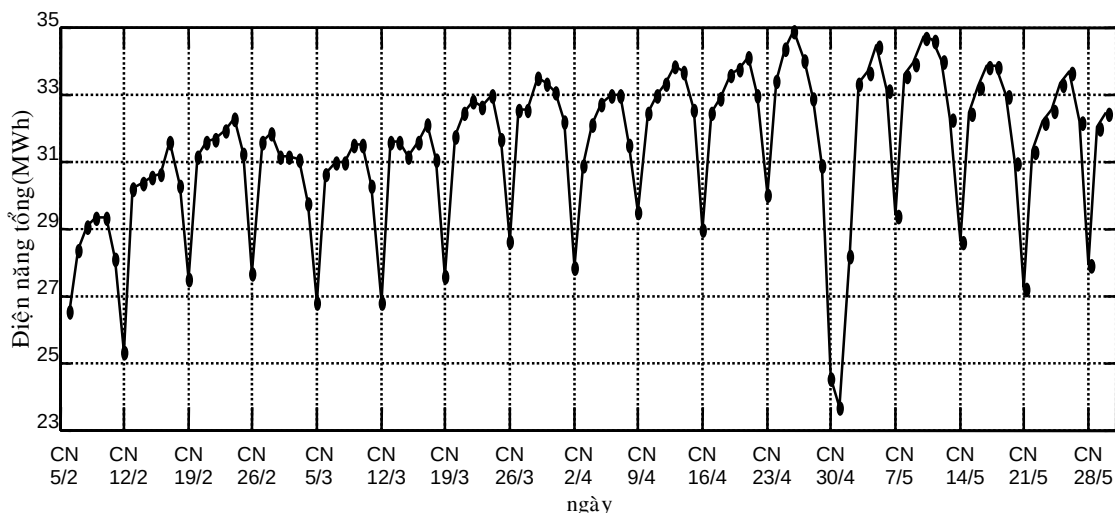
4. NHẬN XÉT VÀ ĐÁNH GIÁ CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG TRONG BÀI TOÁN DỰ BÁO PHỤ TẢI

4.1. Khảo sát ảnh hưởng của yếu tố thứ tự ngày đến bài toán dự báo phụ tải

Đồ thị hình 1a biểu diễn mức tiêu thụ điện năng tổng trong ngày của toàn thành phố Hồ Chí Minh tính từ 0 đến 24 giờ mỗi ngày trong khoảng thời gian từ thứ 4(1/5/2005) đến thứ 4(28/9/2005). Hình 1b biểu diễn mức tiêu thụ điện năng tổng trong ngày của toàn thành phố Hồ Chí Minh tính từ 0 đến 24 giờ mỗi ngày trong khoảng thời gian từ 5/2/2006 đến 30/5/2006.



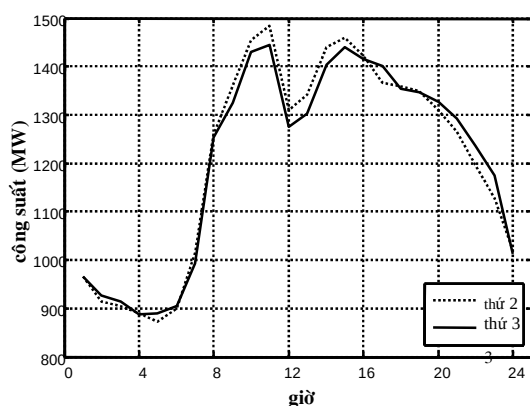
Hình 1a: Đồ thị biểu diễn điện năng tiêu thụ hàng ngày từ 1/5/2005 đến 28/9/2005



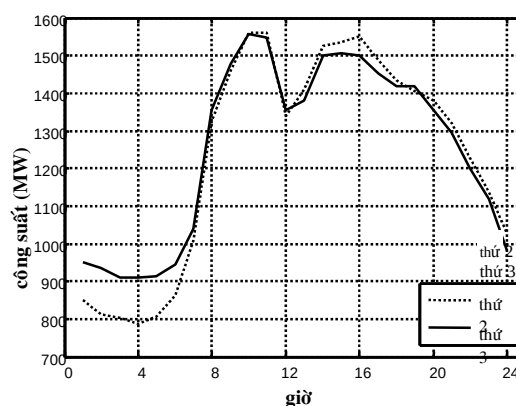
Hình 1b: Đồ thị biểu diễn điện năng tiêu thụ hàng ngày từ 5/2/2006 đến 30/5/2006

Căn cứ trên đồ thị hình 1a có thể rút ra một số nhận xét về phụ tải điện khu vực Thành phố Hồ Chí Minh như sau:

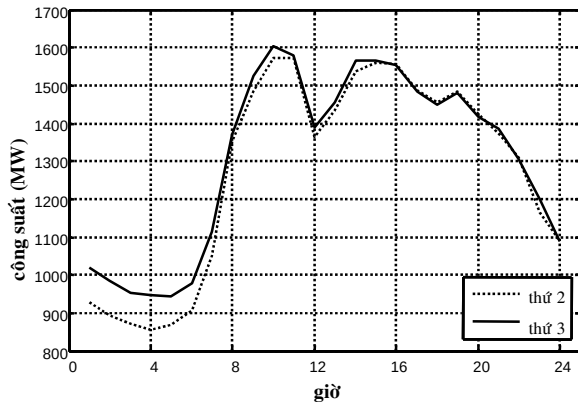
- Thông thường trong các ngày nghỉ điện năng tiêu thụ thường thấp hơn các ngày làm việc.
- Mức tiêu thụ điện năng trong các ngày chủ nhật là thấp nhất.
- Mức tiêu thụ điện năng ngày thứ hai hàng tuần thường thấp hơn các ngày làm việc khác. Sáng sớm thứ hai, mức độ tiêu thụ công suất của phụ tải thấp hơn so với các ngày bình thường khác do ngày trước là ngày chủ nhật – ngày nghỉ, như trên các hình 3, 4 và 5 các đường chấm chấm biểu diễn đồ thị phụ tải ngày thứ hai, các đường liền nét biểu diễn đồ thị phụ tải ngày thứ ba, khoảng thời gian từ 1 giờ sáng đến trước 7 giờ sáng các ngày thứ hai phụ tải thường thấp hơn các giờ tương ứng trong ngày thứ ba.
- Vào các ngày giữa tuần, mức tiêu thụ thường là cao nhất, nhất là vào các ngày thứ tư, thứ năm hàng tuần và điện năng tiêu thụ thường giảm thấp vào các ngày cuối tuần và đầu tuần.



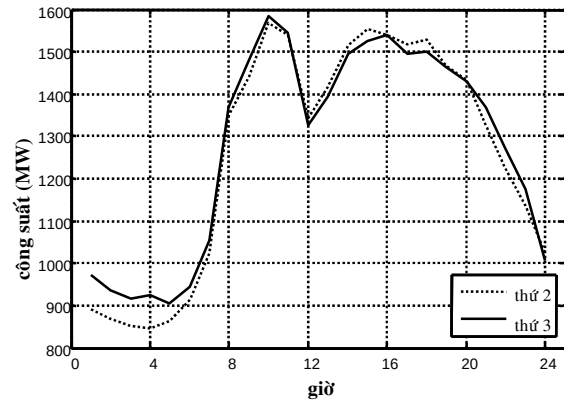
Hình 2: Đồ thị phụ tải ngày thứ hai (20/6/2005) và thứ ba (21/6/2005)



Hình 3: Đồ thị phụ tải ngày thứ hai (25/7/2005) và thứ ba (26/7/2005)



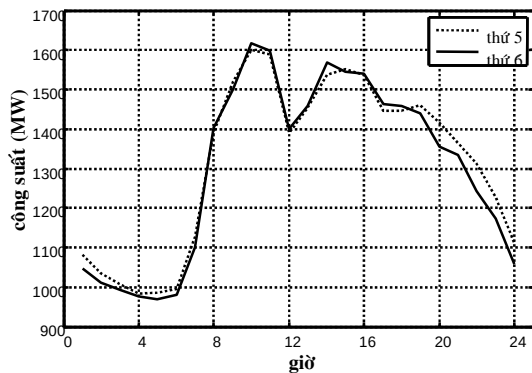
Hình 4: Đồ thị phụ tải ngày thứ hai (22/8/2005) và thứ ba (23/8/2005)



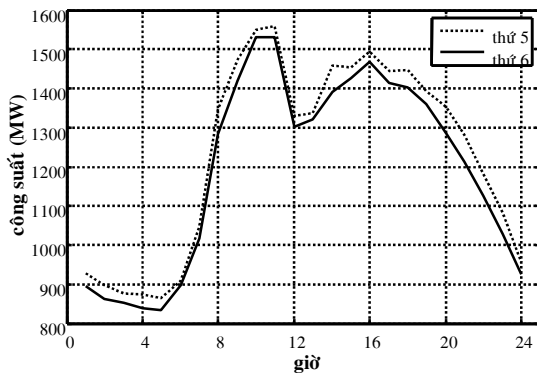
Hình 5: Đồ thị phụ tải ngày thứ hai (10/10/2005) và thứ ba (11/10/2005)

- Mức tiêu thụ điện năng ngày thứ bảy thấp hơn các ngày làm việc nhưng cao hơn mức tiêu thụ ngày chủ nhật. Cuối ngày thứ sáu, phụ tải tiêu thụ cũng giảm thấp do là ngày cuối tuần. Như trên các đồ thị hình 6, 7, 8 và 9 các đường chấm là đồ thị phụ tải ngày thứ năm. Đường liền nét là đồ thị phụ tải ngày thứ sáu. So sánh các đồ thị này thấy rằng: khoảng thời gian từ sau 12 giờ trưa các ngày thứ sáu phụ tải giảm thấp hơn cùng thời điểm của ngày thứ năm trước đó.

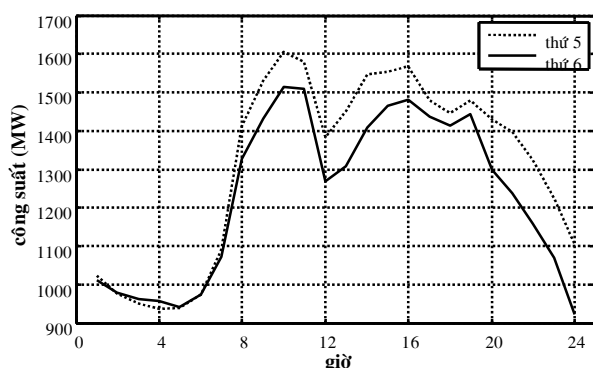
- Cũng theo như trên đồ thị khảo sát, ngày lễ như ngày 2/9 có mức độ tiêu thụ điện năng thấp hơn các ngày khác.



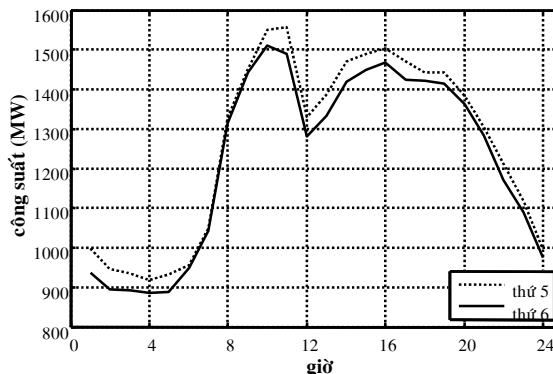
Hình 6: Đồ thị phụ tải ngày thứ năm (16/6/2005) và thứ sáu (17/6/2005)



Hình 7: Đồ thị phụ tải ngày thứ năm (7/7/2005) và thứ 6 (8/7/2005)



Hình 8: Đồ thị phụ tải ngày thứ năm (12/8/2005) và thứ sáu (13/8/2005)



Hình 9: Đồ thị phụ tải ngày thứ năm (7/9/2005) và thứ sáu (8/9/2005)

Trong khoảng thời gian từ thứ 4 (1/5/2005) đến thứ 4 (28/9/2005), ngày thứ 6 là ngày làm việc cuối tuần mức tiêu thụ điện năng cũng giảm thấp. Ngược lại trong khoảng thời gian từ 10/2/2006 đến 30/5/2006 (theo hình 1.b) mức tiêu thụ điện năng ngày thứ 6 thường cao hơn các ngày khác.

Từ khảo sát này nhận thấy rằng yếu tố thứ tự ngày trong tuần có ảnh hưởng đến phụ tải tiêu thụ. Trong những nghiên cứu về bài toán dự báo phụ tải trước đây, các nhà khoa học đã đưa các yếu tố ngày vào ma trận dữ liệu theo hình thức: đánh dấu phân biệt dữ liệu theo ngày. Theo [5] R. Lamedica đã thực hiện xây dựng ma trận huấn luyện với các thông số về thứ tự ngày trong tuần được mô tả dưới dạng bit nhị phân ở 3 đầu vào. Cũng có nhà khoa học khác đưa các thông tin ngày dưới dạng từng đầu vào, ứng với 5 ngày làm việc cần có 5 đầu vào, ngày nào hiện diện dữ liệu đó bằng 1 còn không tương ứng thì dữ liệu đó bằng 0. Với các cách xây dựng dữ liệu như trên tập dữ liệu có kích thước tăng lên do phải thêm vào các yếu tố ngày.

4.2. Khảo sát yếu tố thời tiết

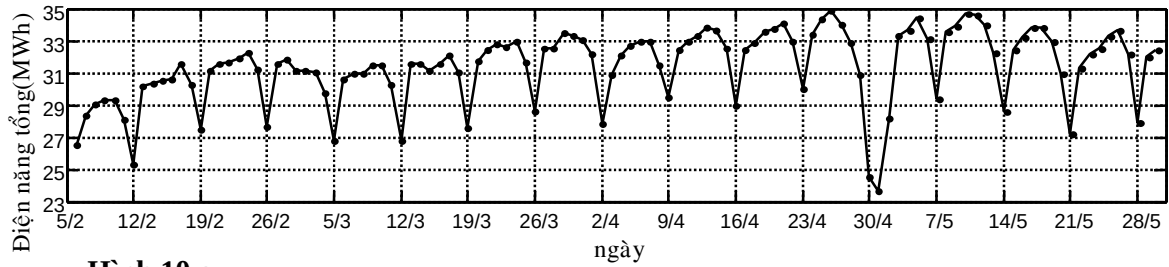
Yếu tố thời tiết bao gồm nhiệt độ, độ ẩm và sức gió, ngoài ra còn có thể kể đến các yếu tố khác như mưa, nắng, bão... Các thông số thời tiết này có hai loại: các thông số về thời tiết những ngày đã qua và các thông số dự báo. Các đài khí tượng thủy văn đo đạc các thông số thời tiết hàng ngày và lưu trữ các thông số này, ngoài ra các đài khí tượng thủy văn còn đưa ra dự báo các thông số về thời tiết, các thông số này thường là: nhiệt độ cực đại, nhiệt độ cực tiểu, nhiệt độ trung bình trong khu vực, độ ẩm trung bình, các dự báo về mưa, nắng, mây.

Trên hình 10 có thể rút ra những nhận xét sau:

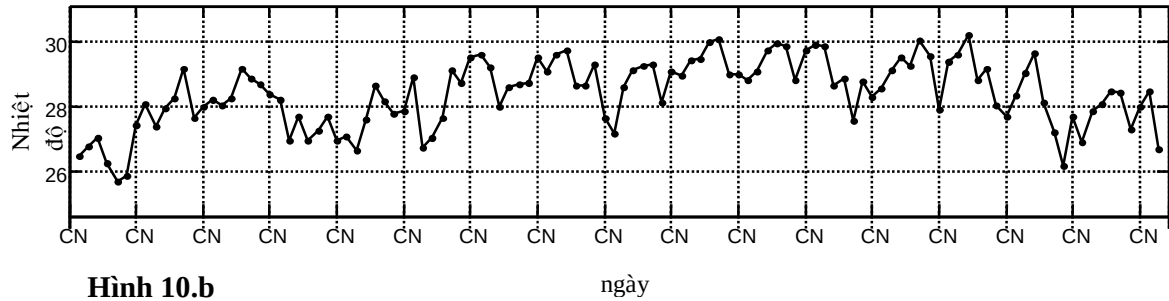
Vào những thời điểm nhiệt độ trung bình tăng cao như tuần lễ từ 7/5 đến 14/5 điện năng tiêu thụ của các phụ tải cũng tăng cao, ngược lại vào thời điểm có nhiệt độ trung bình thấp như các ngày từ 28/2 đến 7/3 thì điện năng tiêu thụ cũng giảm.

Căn cứ trên đồ thị nhận thấy khi nhiệt độ trung bình ngày tăng cao, độ ẩm giảm thấp và ngược lại.

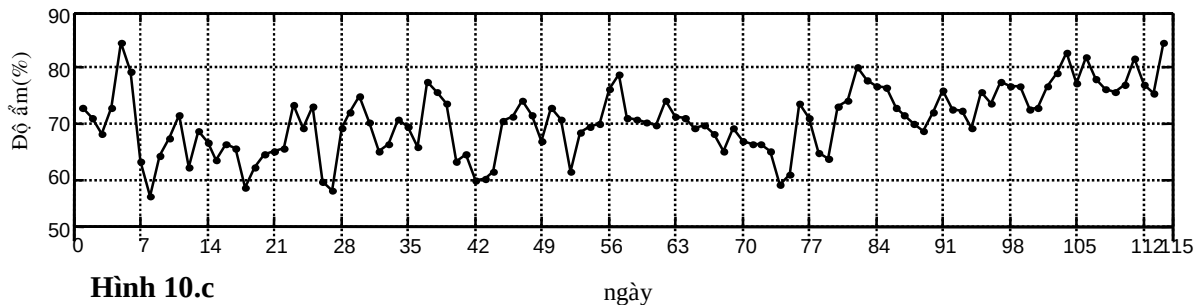
Với những ngày có cùng một nhiệt độ trung bình, nhưng có độ ẩm trung bình khác nhau thì ngày nào có độ ẩm trung bình thấp hơn, mức độ tiêu thụ điện năng trong các ngày đó thường thấp hơn.



Hình 10.a



Hình 10.b



Hình 10.c

Hình 10.a, b, c: Đồ thị biểu diễn điện năng tổng tiêu thụ, nhiệt độ và độ ẩm trung bình hàng ngày khu vực thành phố Hồ Chí Minh từ 5/2/2006 đến 30/5/2006.

Đồ thị hình 10.a biểu diễn mức tiêu thụ điện năng tổng trong ngày từ 5/2/2006 đến 30/5/2006, đồ thị hình 10.b là nhiệt độ trung bình tương ứng và đồ thị hình 10.c là độ ẩm trung bình trong các ngày khảo sát.

Yếu tố độ ẩm cũng là một yếu tố về thời tiết có ảnh hưởng đến đồ thị phụ tải. Trong nghiên cứu của AlFuhaid [4] thông số độ ẩm được đưa vào là một thành phần trong bài toán dự báo phụ tải và sau khi khảo sát tác giả đã rút ra được khi có thành phần độ ẩm tham gia các kết quả chính xác hơn. Trong các nghiên cứu [6], [7] các tác giả cũng đưa các thành phần độ ẩm tham gia vào bài toán dự báo.

4.3. Xây dựng tập dữ liệu huấn luyện mạng nơron dự báo phụ tải

Qua các phân tích trên, thấy rằng mức tiêu thụ điện năng phụ thuộc thời điểm trong tuần hay là thứ tự ngày trong tuần và phụ thuộc vào các yếu tố thời tiết, như vậy trong bài toán dự báo phụ tải cần đưa vào các yếu tố ngày và các thông số về thời tiết. Ở đây các yếu tố được đưa vào tập dữ liệu huấn luyện ở dạng thông số dữ liệu toàn phương.

Yếu tố ngày có ảnh hưởng đến kết quả dự báo do đó tập dữ liệu huấn luyện mạng nơron cần được xây dựng thích hợp với việc tích hợp các thành phần của yếu tố ngày mà không làm tăng kích thước tập huấn luyện. Điều này cũng là một yếu tố không làm tăng tính chính xác do các sai số trong tập huấn luyện mẫu, vấn đề này đã bàn trong bài báo trước.

Do tập dữ liệu được xây dựng dưới dạng toàn phương nên các yếu tố ngày được tích hợp là một thành phần trong các thông số toàn phương mà không phải tăng kích thước của mạng. Yếu tố ngày được đưa vào tập huấn luyện dưới dạng tích hợp với các thông số có sẵn trong tập dữ liệu: Thành phần tương ứng về dữ liệu phụ tải của cùng thời điểm dự báo nhưng của các tuần trước là một thành phần trong tích hợp toàn phương.

Cụ thể trong khảo sát này để dự báo dữ liệu phụ tải giờ thứ g , ngày thứ n , trong tuần thứ t

Với $g = 1 \div 24$ tương ứng với 24 giờ trong ngày.

$n = 1 \div 5$ tương ứng với 5 ngày làm việc trong tuần từ thứ hai đến thứ sáu.

t là tuần có dữ liệu dự báo cho giờ g của ngày n

Dữ liệu tích hợp được chọn là các dữ liệu vào giờ g của ngày n trong các tuần trước của tuần có dữ liệu cần dự báo, ở đây chọn các số liệu trong hai tuần trước đó là tuần thứ $t-1$ và $t-2$, như vậy để dự báo cho thời điểm giờ g thì các thông số dùng để tích hợp được chọn các giờ tương ứng là các giờ:

$$g_1 = g - 24 \times 7$$

$$g_2 = g - 2 \times 24 \times 7$$

Với x là dữ liệu đầu vào khi đó tập dữ liệu tích hợp là: $x, x_{g_1} + x, x_{g_2}$

Khi áp dụng cách tích hợp này kích thước tập dữ liệu đầu vào không tăng nhiều như vậy kích thước mạng nơron sẽ nhỏ hơn, thời gian huấn luyện giảm, đồng thời khi kích thước tập huấn luyện nhỏ thì sai số tích hợp cũng giảm làm tăng độ chính xác dự báo.

5. KẾT QUẢ KHẢO SÁT

5.1. Ảnh hưởng của thành phần thời tiết - nhiệt độ đến dự báo phụ tải

Các thành phần của yếu tố thời tiết tham gia vào bài toán dự báo phụ tải gồm: nhiệt độ cực đại trong ngày, nhiệt độ cực tiểu, nhiệt độ trung bình ngày, độ ẩm trung bình trong ngày.

Các khảo sát được trình bày dưới dạng tổng bình phương sai số của các kết quả dự báo trong các ngày làm việc trừ thứ bảy và chủ nhật từ ngày 14/2/2006 đến 13/3/2006 với hai khảo sát khác nhau:

1. Bài toán khảo sát khi không xét tới thành phần nhiệt độ
2. Bài toán khảo sát có đưa vào thành phần nhiệt độ

Các kết quả trình bày trong bảng 1:

Hàng 1: khảo sát khi không xét tới thành phần nhiệt độ và với mạng nơron chưa hiệu chỉnh.

Hàng 2: khảo sát có xét tới thành phần nhiệt độ với mạng nơron chưa hiệu chỉnh.

Hàng 3: khảo sát khi không xét tới thành phần nhiệt độ và với mạng nơron có hiệu chỉnh.

Hàng 4: khảo sát có xét tới thành phần nhiệt độ với mạng nơron có hiệu chỉnh.

Qua bảng kết quả nhận thấy trong phần lớn các trường hợp khảo sát, khi giải bài toán có tham gia của thành phần nhiệt độ sẽ cho kết quả chính xác hơn. Trong bảng những cặp ô sáng chỉ các kết quả khảo sát khi có sự tham gia thành phần nhiệt độ cho ra kết quả tốt hơn, còn các ô tối cho kết quả xấu hơn.

Bảng 1: Tổng bình phương sai số dự báo tính theo % trong ngày từ 14/2/2006 đến 13/3/2006

	14/2	15/2	16/2	17/2	20/2	21/2	22/2	23/2	24/2	27/2
1	4.18	4.40	5.33	7.15	6.51	6.11	5.09	5.26	4.95	2.55
2	3.93	4.25	5.37	6.97	6.19	6.09	4.97	5.44	4.98	2.56
3	1.51	1.05	1.29	1.26	1.05	1.15	1.86	1.04	0.78	0.80
4	1.59	1.42	1.59	1.42	1.01	0.81	0.52	0.52	0.54	0.39
	28/2	1/3	2/3	3/3	6/3	7/3	8/3	9/3	10/3	13/3
1	2.88	1.41	1.31	1.99	2.38	1.56	1.78	1.10	1.38	1.59
2	2.94	1.31	0.77	1.65	2.26	1.43	1.60	1.00	0.97	1.42
3	1.26	1.14	1.38	1.36	1.02	0.60	1.15	0.87	0.89	1.08
4	1.28	0.61	0.55	0.85	0.59	0.64	0.72	0.80	0.52	0.60

5.2.Ảnh hưởng của thành phần song tuyến thời tiết – nhiệt độ - đến kết quả dự báo

Trong phần này đưa ra kết quả khảo sát khi có sự tham gia vào tập huấn luyện thành phần song tuyến về nhiệt độ tức là thành phần T^2 (bình phương nhiệt độ), khảo sát được thực hiện với các số liệu trong các ngày làm việc từ ngày 14/3/2006 đến 10/4/2006.

Các khảo sát gồm:

1. Bài toán khảo sát khi không xét tới thành phần nhiệt độ
2. Bài toán khảo sát khi xét tới thành phần bình phương nhiệt độ
3. Bài toán khảo sát khi xét tới thành phần nhiệt độ và bình phương nhiệt độ

Bảng 2 trình bày kết quả khảo sát khi đưa các tham số nhiệt độ và bình phương nhiệt độ vào tập huấn luyện mạng nơron, phần lớn các kết quả nhận được có độ chính xác cao hơn so với các khảo sát khi không có các thành phần nhiệt độ. Trong một số trường hợp tập huấn luyện chỉ thêm vào thành phần bình phương nhiệt độ cho kết quả tốt nhất như các ngày 14, 17, 18/4. Trong một số trường hợp khác khi thêm vào tập huấn luyện chỉ một thành phần nhiệt độ (T) thì kết quả nhận được tốt hơn các trường hợp khác như các ngày 27/4, 5/5...

Các kết quả trình bày trong bảng 2 được khảo sát với mạng nơron hiệu chỉnh:

Hàng 1: khảo sát khi không xét tới thành phần nhiệt độ.

Hàng 2: khảo sát có xét tới thành phần bình phương nhiệt độ (T^2).

Hàng 3: khảo sát có xét tới thành phần nhiệt độ (T).

Hàng 4: khảo sát khi xét tới hai thành phần nhiệt độ (T) và (T^2).

Bảng 2: Tổng bình phương sai số dự báo tính theo % trong ngày từ 14/3/2006 đến 10/5/2006

Khảo sát ảnh hưởng của thành phần nhiệt độ.

	14/3	15/3	16/3	17/3	20/3	21/3	22/3	23/3	24/3	27/3
1	0.97	0.53	0.52	0.84	0.88	0.98	0.96	0.47	0.40	1.31
2	0.64	0.51	0.43	0.42	0.68	0.70	0.71	0.68	0.62	2.20
3	0.57	0.44	0.42	0.64	0.78	0.81	0.60	0.38	0.45	1.08
4	0.56	0.38	0.45	0.58	0.76	1.25	0.97	0.46	0.59	1.29
	38/3	29/3	30/3	31/3	3/4	4/4	5/4	6/4	7/4	10/4
1	1.66	0.58	0.51	0.62	1.39	0.72	0.50	0.71	0.66	1.14

2	1.44	0.71	0.49	0.48	0.85	0.33	0.36	0.45	0.61	0.82
3	1.36	0.46	0.28	0.43	1.01	0.31	0.56	0.47	0.67	1.03
4	1.32	0.44	0.44	0.43	1.12	0.33	0.27	0.45	0.62	0.71

	11/4	12/4	13/4	14/4	17/4	18/4	19/4	20/4	21/4	24/4
1	1.42	0.94	1.47	1.13	1.14	0.64	0.44	0.51	1.78	1.08
2	0.50	0.54	0.85	0.70	1.08	0.40	0.38	0.45	0.68	0.69
3	0.90	0.87	0.94	0.76	1.33	0.47	0.45	0.34	0.53	0.71
4	0.68	0.60	0.70	0.68	1.01	0.70	0.46	0.69	1.04	0.91

	25/4	26/4	27/4	28/4	3/5	4/5	5/5	8/5	9/5	10/5
1	1.78	2.10	1.05	1.24	0.56	0.85	0.86	1.50	1.72	1.66
2	0.78	1.67	0.99	1.09	0.32	0.43	0.52	0.74	1.20	1.81
3	0.84	1.43	0.77	1.04	0.32	0.52	0.49	1.08	1.13	1.58
4	1.06	1.56	0.69	0.82	0.29	0.45	0.54	1.22	1.18	1.56

5.3. Ảnh hưởng của thành phần độ ẩm đến kết quả dự báo

Trong mục này đưa ra các kết quả khảo sát mạng có thêm vào các thành phần liên quan đến độ ẩm. Thông số độ ẩm được lấy từ số liệu khí tượng, độ ẩm được tính theo giá trị %, thông số được đưa vào tập dữ liệu huấn luyện mạng là độ ẩm trung bình trong ngày.

Bảng 3 là kết quả khảo sát được thực hiện với các số liệu trong các ngày làm việc từ ngày 14/3/2006 đến 10/4/2006. Trong khảo sát này đưa thành phần độ ẩm (H) vào tập huấn luyện, khảo sát được thực hiện theo hai tập huấn luyện khác nhau: tập huấn luyện 1 chỉ thêm vào thành phần độ ẩm H, tập huấn luyện 2 thêm vào thành phần độ ẩm H và thành phần tích hợp giữa nhiệt độ và độ ẩm có dạng $T \times H^{-1}$.

Trong bảng 3 được khảo sát với mạng nơron hiệu chỉnh:

Hàng 1: khảo sát khi không xét tới thành phần độ ẩm.

Hàng 2: khảo sát có xét tới thành phần độ ẩm (H).

Hàng 3: khảo sát có xét tới thành phần độ ẩm (H) và thành phần tích hợp nhiệt độ và độ ẩm $T \times H^{-1}$.

Theo các kết quả trên bảng 3 thành phần độ ẩm tham gia vào tập huấn luyện không cải thiện được độ chính xác. Như vậy trong tập huấn luyện không cần đưa vào thành phần độ ẩm.

Bảng 3: Tổng bình phương sai số dự báo tính theo % trong ngày từ 14/3/2006 đến 10/5/2006, Khảo sát ảnh hưởng của thành phần độ ẩm

	14/3	15/3	16/3	17/3	20/3	21/3	22/3	23/3	24/3	27/3
1	0.97	0.53	0.52	0.84	0.88	0.98	0.96	0.47	0.40	1.31
2	0.55	0.35	0.32	0.53	0.70	1.02	0.96	0.73	0.74	1.28
3	0.43	0.35	0.31	0.53	0.72	0.97	0.90	0.58	0.71	1.46
	38/3	29/3	30/3	31/3	3/4	4/4	5/4	6/4	7/4	10/4
1	1.66	0.58	0.51	0.62	1.39	0.72	0.50	0.71	0.66	1.14
2	1.71	1.06	0.72	0.73	0.89	0.51	0.40	0.39	1.61	0.73

3	1.65	1.09	0.76	0.77	0.88	0.51	0.39	0.37	1.61	0.70
---	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

	11/4	12/4	13/4	14/4	17/4	18/4	19/4	20/4	21/4	24/4
1	1.42	0.94	1.47	1.13	1.14	0.64	0.44	0.51	1.78	1.08
2	0.69	0.62	1.71	1.36	1.57	0.58	0.77	0.55	0.76	0.94
3	0.65	0.55	0.92	0.82	1.07	0.31	0.65	0.42	0.84	0.87

	25/4	26/4	27/4	28/4	3/5	4/5	5/5	8/5	9/5	10/5
1	1.78	2.10	1.05	1.24	0.56	0.85	0.86	1.50	1.72	1.66
2	1.07	1.47	0.68	0.99	0.34	0.42	0.50	1.13	1.14	1.46
3	1.11	1.49	0.63	0.87	0.34	0.34	0.44	1.26	1.15	1.49

5.4. Khảo sát với mạng hiệu chỉnh có cấu trúc đơn tuyến và cấu trúc song tuyến

Bảng 4 là kết quả khảo sát hai trường hợp:

Trường hợp 1: sử dụng mạng hiệu chỉnh có cấu trúc đơn tuyến

Trường hợp 2: sử dụng mạng hiệu chỉnh có cấu trúc song tuyến

Bảng 4: Tổng bình phương sai số dự báo tính theo % trong ngày từ 14/2/2006 đến 10/5/2006, Khảo sát theo hai cấu trúc mạng hiệu chỉnh

	14/2	15/2	16/2	17/2	20/2	21/2	22/2	23/2	24/2	27/2
1	1.74	1.35	1.53	2.20	1.24	1.00	0.55	0.66	0.76	0.68
2	1.39	1.08	1.45	2.19	1.24	0.86	0.42	0.64	0.58	0.45
	28/2	1/3	2/3	3/3	6/3	7/3	8/3	9/3	10/3	13/3
1	1.39	0.63	0.43	0.61	0.58	0.57	0.43	0.63	0.39	0.67
2	1.58	1.36	0.64	1.10	0.57	0.57	0.58	0.79	0.50	0.73

	14/3	15/3	16/3	17/3	20/3	21/3	22/3	23/3	24/3	27/3
1	0.73	0.41	0.35	0.58	0.58	1.12	1.22	0.58	0.71	1.56
2	0.56	0.38	0.45	0.58	0.76	1.25	0.97	0.46	0.59	1.29
	38/3	29/3	30/3	31/3	3/4	4/4	5/4	6/4	7/4	10/4
1	1.21	0.57	0.45	0.42	0.77	0.31	0.22	0.35	0.41	0.77
2	1.32	0.44	0.44	0.43	1.12	0.33	0.27	0.45	0.62	0.71
	11/4	12/4	13/4	14/4	17/4	18/4	19/4	20/4	21/4	24/4
1	0.71	0.74	0.86	0.68	0.73	0.65	0.50	0.58	1.00	0.97
2	0.68	0.60	0.70	0.68	1.01	0.70	0.46	0.69	1.04	0.91
	25/4	26/4	27/4	28/4	3/5	4/5	5/5	8/5	9/5	10/5
1	0.88	1.48	0.56	0.64	0.31	0.35	0.41	0.53	0.89	1.28

2	1.06	1.56	0.69	0.82	0.29	0.45	0.54	1.22	1.18	1.56
---	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Dưới đây là một số kết quả khảo sát:

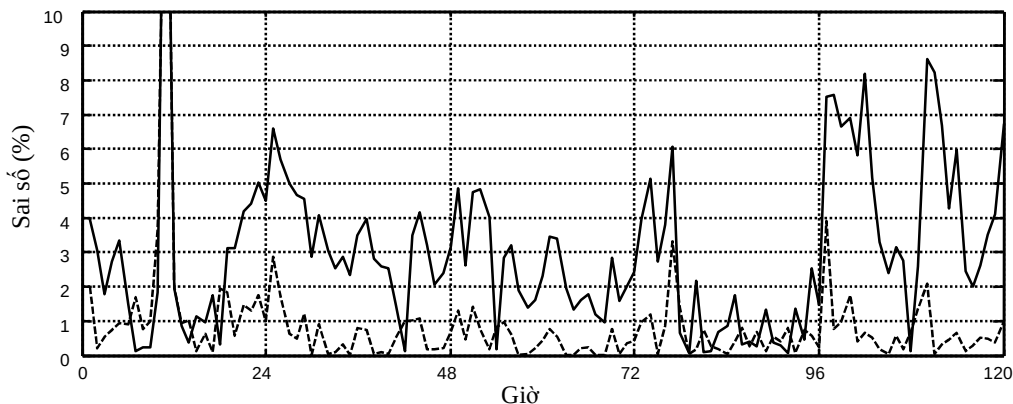
Bảng 5: Sai số % dự báo tính theo mạng chưa hiệu chỉnh trong 10 ngày làm việc từ ngày 28/3/2006 đến 10/4/2006

Giờ	Ngày									
	28/3	29/3	30/3	31/3	3/4	4/4	5/4	6/4	7/4	10/4
1	-3.95	-6.59	-4.87	-3.95	7.51	1.61	0.31	-1.25	0.20	-0.47
2	-3.06	-5.71	-2.61	-5.14	7.59	2.73	0.78	-2.01	0.84	-0.79
3	-1.79	-5.00	-4.74	-2.73	6.65	2.13	0.05	-3.36	1.31	-0.78
4	-2.73	-4.67	-4.84	-3.80	6.90	3.08	-6.32	18.15	0.70	14.18
5	-3.36	-4.56	-4.03	6.06	5.82	2.57	2.48	-2.11	0.93	-1.54
6	-1.49	-2.88	0.19	0.65	8.19	2.06	2.97	1.15	1.27	2.03
7	0.13	-4.08	-2.83	-0.08	5.17	-0.87	-0.86	-0.60	0.04	1.42
8	-0.23	-3.05	-3.22	-2.18	3.28	2.81	1.80	0.32	0.41	0.12
9	0.25	-2.53	-1.88	-0.11	2.39	0.58	0.50	-0.05	0.49	-1.02
10	1.84	-2.88	-1.39	0.12	3.15	1.71	0.25	-0.58	0.74	-0.29
11	20.59	-2.34	-1.60	-0.69	2.77	2.28	1.19	-0.97	0.47	1.10
12	1.94	-3.50	-2.31	-0.85	0.12	0.40	0.29	-1.89	0.46	-0.60
13	0.86	-3.96	-3.46	-1.74	2.58	0.69	-0.57	-0.70	0.89	-1.44
14	0.37	-2.82	-3.41	0.31	8.62	1.72	-0.49	-0.38	0.51	-0.95
15	-1.13	-2.58	-1.95	0.40	8.22	1.87	0.47	-0.09	0.81	-0.29
16	-0.98	-2.53	-1.33	0.28	6.68	2.13	0.13	0.82	1.62	-0.88
17	-1.74	-1.43	-1.60	-1.33	4.28	1.74	-0.28	-0.66	1.26	0.79
18	0.33	-0.12	-1.77	-0.39	5.99	4.83	2.09	0.06	0.13	-0.66
19	-3.12	-3.50	-1.18	0.30	2.44	2.18	0.75	2.39	1.68	-1.44
20	-3.13	-4.17	-0.98	-0.06	1.99	0.59	0.67	0.50	1.04	-1.32
21	-4.19	-3.21	-2.83	-1.35	2.63	0.36	0.44	0.60	1.72	-1.85
22	-4.42	-2.06	-1.58	0.45	3.51	0.36	0.67	-0.28	1.68	-2.28
23	-5.02	-2.40	-2.01	-2.54	4.11	1.50	-0.30	-0.68	2.05	-3.51
24	-4.50	-3.15	-2.43	-1.46	6.73	0.60	0.80	1.56	0.21	-0.74

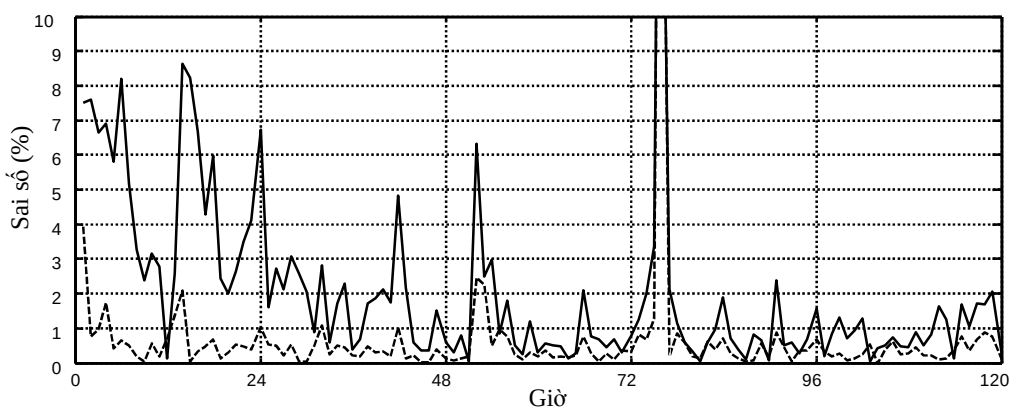
Bảng 6: Sai số % dự báo đã qua hiệu chỉnh tính trong 10 ngày làm việc từ ngày 28/3/2006 đến 10/4/2006

Giờ	Ngày									
	28/3	29/3	30/3	31/3	3/4	4/4	5/4	6/4	7/4	10/4
1	-2.00	-2.87	-1.29	-0.96	3.92	-0.52	-0.07	-0.82	-0.33	-0.26
2	-0.21	-1.71	0.46	-1.18	0.77	0.51	0.14	-0.67	0.19	-0.35
3	0.56	-0.64	-1.41	-0.03	0.97	0.21	-0.19	-1.28	0.28	-0.30
4	-0.73	-0.50	-0.76	-0.88	1.74	0.53	-2.45	20.54	-0.06	-7.25
5	-0.94	-1.23	-0.17	3.32	0.42	-0.03	2.25	-0.19	0.14	3.17
6	0.90	-0.01	0.82	-1.38	0.65	-0.05	0.51	0.84	0.25	1.17
7	1.70	-0.91	-0.96	-0.05	-	-0.51	-0.96	-0.60	-0.52	0.29
8	0.78	-0.03	-0.59	-0.18	-	1.08	0.77	0.18	0.00	-0.28
9	0.99	0.09	-0.01	0.74	0.04	-0.24	-0.25	-0.14	-0.39	-0.69
10	3.65	-0.31	-0.04	0.26	0.57	0.50	-0.09	-0.61	-0.61	-0.28
11	20.75	-0.01	-0.20	-0.17	0.18	0.45	0.30	-0.38	-0.25	0.32
12	2.01	-0.81	-0.43	-0.03	-	-0.21	-0.20	-0.72	-0.28	-0.77
Giờ	Ngày									
	28/3	29/3	30/3	31/3	3/4	4/4	5/4	6/4	7/4	10/4
13	0.95	-0.75	-0.77	-0.41	1.36	0.19	-0.36	-0.28	-0.44	-0.94
14	1.02	0.04	-0.56	0.80	2.10	0.48	-0.17	-0.12	-0.23	-0.56
15	-0.13	-0.10	-0.01	0.27	-	0.29	0.19	-0.05	0.22	-0.16
16	0.62	-0.03	-0.01	0.68	-	0.32	-0.17	-0.07	0.11	-0.67
17	-0.09	0.51	-0.20	0.13	-	0.18	-0.21	-0.57	0.12	0.45
18	1.94	1.00	-0.23	0.55	0.67	1.02	0.76	-0.16	-0.40	-0.66
19	-1.84	-1.03	0.02	0.41	0.13	0.12	-0.27	0.88	-0.76	-1.03
20	-0.57	-1.08	-0.01	0.80	0.29	-0.23	-0.05	-0.44	-0.35	-0.93
21	-1.47	-0.17	-0.76	-0.08	0.53	-0.02	-0.26	0.04	-0.67	-1.29
22	-1.30	0.17	0.05	0.74	0.48	0.02	0.10	-0.37	-0.87	-1.39
23	-1.76	-0.22	-0.34	-0.58	0.38	0.38	-0.37	-0.37	-0.76	-2.34
24	-1.00	-0.68	-0.43	0.23	1.02	-0.13	0.33	0.68	0.11	-0.29

Từ các số liệu trên bảng 5 và 6 xây dựng được các đồ thị so sánh sai số dự báo hình 11 và 12



Hình 11: Đồ thị sai số dự báo từng giờ trong các ngày làm việc từ 28/3/2006 đến 3/4/2006



Hình 12: Đồ thị sai số dự báo từng giờ trong các ngày làm việc từ 4/3/2006 đến 10/4/2006

Trên hình 11, 12, đường nét liền là sai số dự báo sử dụng thuật toán mạng nơron chưa có hiệu chỉnh, đường nét đứt là sai số dự báo sử dụng thuật toán mạng nơron đã có hiệu chỉnh, nhận thấy khi sử dụng thuật toán hiệu chỉnh sai số giảm xuống.

6. NHẬN XÉT KẾT QUẢ

Sai số qua mạng chưa hiệu chỉnh vào khoảng 2% -3%.

Sai số sau khi thực hiện qua mạng hiệu chỉnh dưới 1%.

Yếu tố về nhiệt độ ảnh hưởng không lớn đến các kết quả khảo sát.

Thành phần đầu vào dạng bình phương nhiệt độ làm tăng độ chính xác của kết quả khảo sát.

Yếu tố về độ ẩm có lúc làm cho kết quả nhận được giảm độ chính xác.

Mạng hiệu chỉnh được xây dựng ở mạng song tuyến làm tăng độ chính xác cho các kết quả nhận được so với mạng đơn tuyến.

Thành phần toàn phương xây dựng theo phương pháp tích hợp yếu tố ngày làm tăng độ chính xác cho kết quả nhận được.

SHORT TERM LOAD FORECASTING USING CORRECTION BILINEAR NEURAL NETWORK (part II)

Tran Thi Hoang Oanh⁽¹⁾, Tran Hoang Linh⁽²⁾
Dong Si Thien Chau⁽¹⁾, Nguyen Ky Tai⁽²⁾

(1) Research and Development Institute of Energy

(2) University of Technology, VNU-HCM

ABSTRACT: This paper presents a new approach of training data structure of neural network. Neural network is bilinear neural network [1]. Results show that the proposed forecasting method could provide a considerable improvement of forecasting accuracy, reducing neural network forecast error, especially if having factors influencing: daily factor, weather factor... The practicability of the proposed approach has been confirmed through a comprehensive study based on the data provided by HCMC Electricity Company.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Trần Thị Hoàng Oanh, Trần Hoàng Linh, Đồng Sĩ Thiên Châu, Nguyễn Kỳ Tài, *Ứng dụng mạng nơron song tuyến trong bài toán dự báo phụ tải*, Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ, Tập 10, số 04, trang 15-26, (2007)
- [2]. Da-Zheng Feng, Wei Xing Zheng, *Fast RLS-Type Algorithm for Unbiased Equation-Error Adaptive IIR Filtering Based on Approximate Inverse – Power Iteration*, IEEE Transactions on Signal Processing, Vol. 53, No. 11, pp. 4169-4184, (2005).
- [3]. Enzo Mumolo, Alberto Carini, *A Stability Condition for Adaptive Recursive Second-Order Polynomial Filters*, Signal Processing 54, pp. 85-90, (1996).
- [4]. Gianluigi Rech, *Forecasting with artificial neural network models*, No.49, January (2002).
- [5]. A.S. AlFuhaid, M.A. El-Sayed, M. S. Mahmoud, *Cascaded Artificial Neural Networks For Short-Term Load Forecasting*, IEEE Transactions on Power Systems, Vol.12, No.4, November, pp 1524, (1997).
- [6]. R. Lamedica, A. Prudenzi M. Sforna M. Caciotta, V.Orsini Cencelli, *A Neural Network Based Technique For Short-Term Forecasting Of Anomalous Load Periods*, IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 11, No. 4, November, pp 1749, (1996).
- [7]. T. W.S. Chow, C.T. Long, *Neural Network based short-term Load Forecasting Using Weather Compensation*, IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 11, No. 4, November, pp 1736, (1996).
- [8]. Alireza Khotanzad, Rey-Chue Hwang, Alireza Abaye, Dominic Maratukulam, *An Adaptive Modular Artificial Neural Network Hourly Load Forecaster and its Implementation at Electric Utilities*, IEEE Transactions on Power Systems, Vol.10, No.3, August, pp 1716, (1995).
- [9]. Alex D. Papalexopoulos, Shangyou Hao, Tie-Mao Peng, *An Implementation Of A Neural Network Based Load Forecasting Model for The EMS*, IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 9, No. 4, November, pp 1956, (1994).