

DỰ BÁO PHÁT TRIỂN DỊCH VỤ VIỄN THÔNG BẰNG MẠNG NƠRON

HOÀNG TRUNG HẢI - TRẦN HỒNG QUÂN

Abstract. The forecasting of the telecommunications service is very important in planning of the telecommunications networks. Many studies were made to develop the methods used for telecommunications service forecasting up to nowadays. But telecommunications and informatic technology rapidly growth up with a new services, then results of these traditional forecasting methods are not adaptive to the real development of the telecommunications networks. The new forecasting method based on neural network is the discussing of this article.

Tóm tắt. Dự báo dịch vụ viễn thông trong lập kế hoạch mạng là một vấn đề rất quan trọng. Đã có nhiều nghiên cứu trong lĩnh vực này. Nhưng do sự phát triển nhanh về công nghệ viễn thông-tin học nên xuất hiện nhiều dịch vụ mới, vì vậy các phương pháp dự báo truyền thống không còn đáp ứng được sự phát triển thực tiễn của mạng viễn thông. Bài báo này đề xuất phương pháp dự báo mới trên cơ sở mạng nơron.

1. GIỚI THIỆU

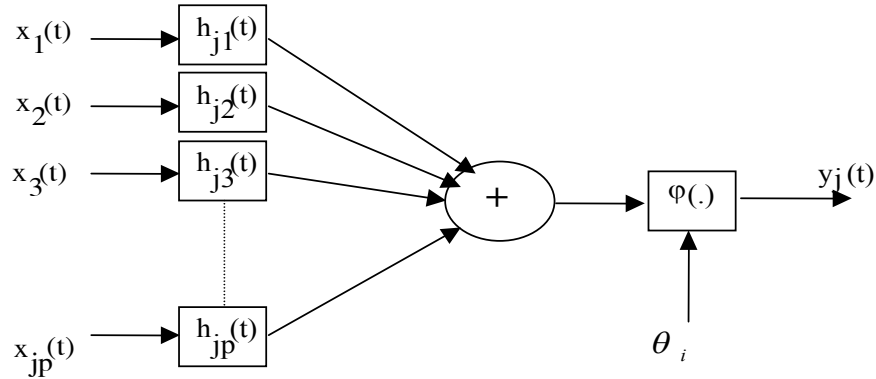
Trong quá trình lập kế hoạch phát triển mạng viễn thông, bài toán quan trọng mang tính quyết định phải đề cập là “dự báo phát triển dịch vụ viễn thông”. Cùng với sự phát triển mạng viễn thông, việc giải bài toán này đã trải qua một quá trình lịch sử khá dài. Theo năm tháng, việc giải bài toán đó có thay đổi đôi chút, về mặt nào đó phản ánh sự phát triển của công nghệ viễn thông. Trong những năm thuộc thập kỷ 80 về trước, mạng viễn thông chủ yếu dựa trên công nghệ tương tự, tốc độ phát triển không cao lắm, dịch vụ hạn chế chủ yếu là thoại ([1, 2]), do đó trong dự báo chủ yếu dùng phương pháp chuỗi thời gian quá khứ để nội suy tìm xu thế phát triển trong tương lai. Phương pháp này đơn giản, trực quan song độ chính xác hạn chế bởi số mẫu điều tra quá khứ bị giới hạn hoặc bị sai số lớn. Tuy vậy hiện nay ITU vẫn khuyến nghị áp dụng đối với những vùng và quốc gia phát triển ổn định với số dịch vụ không nhiều.

Trong những năm đầu thập kỷ 90, mạng viễn thông dùng công nghệ số ra đời cùng với sự xuất hiện một loạt dịch vụ mới. Tuy nhiên công cụ dự báo vẫn chưa có tiến bộ đáng kể, dẫn đến kết quả dự báo khác xa với sự phát triển trong thực tế. Điều đó không chỉ gây khó khăn cho các nhà khai thác mạng, nó còn gây lúng túng cho các tổ chức nghiên cứu khuyến nghị áp dụng các phương pháp dự báo. Một số cố gắng đi theo hướng tiếp cận thực tế hơn như : dự báo phát triển điện thoại theo thu nhập quốc dân, theo phát triển dân số, kinh tế đối ngoại ([4]),... nhưng thực ra về phương pháp luận không có gì thay đổi, nó vẫn cần các dãy mẫu số liệu điều tra trong quá khứ để nội suy tìm ra xu thế phát triển trong tương lai theo kiểu hàm tương quan.

Nhưng khi có những phát triển đột biến về kinh tế, xã hội, công nghệ, ... thì việc thu thập lấy mẫu số liệu trong quá khứ là rất khó khăn, thậm chí không thể thực hiện được. Để giải quyết vấn đề đó, bài này đề xuất phương pháp dự báo bằng mạng nơron lan truyền ngược trên cơ sở đào tạo trước, sau này trong hoàn cảnh mới, số liệu mới mạng có thể cho những kết quả dự báo thích hợp hơn. Đã có một số công trình công bố kết quả áp dụng mạng nơron để dự báo ([5, 6]). Bài này trình bày việc ứng dụng mạng nơron để dự báo phát triển dịch vụ viễn thông trong điều kiện thông tin quá khứ không đầy đủ, khắc phục những nhược điểm của các phương pháp dự báo hiện đang được áp dụng.

2. DỰ BÁO BẰNG MẠNG NƠN

Đặc điểm dự báo phát triển dịch vụ viễn thông kết hợp không gian - thời gian, gắn với bản chất biến đổi theo thời gian của số liệu đầu vào. Mô hình tổng quát để giải quyết vấn đề được mô tả trên Hình 1.



Hình 1. Mô hình dự báo động bằng mạng nơron

Đặc tính thời gian đối với khớp nơron j được biểu thị bằng bằng đáp ứng xung $h_{ji}(t)$ là hàm liên tục theo thời gian t . Ký hiệu $x_i(t)$ là số liệu vào khớp nơron $i, i = 1, 2, \dots, p$, đáp ứng của khớp nơron i đối với $x_i(t)$ có dạng:

$$h_{ji}(t) * x_i(t) = \int_{-\infty}^t h_{ji}(\lambda) \times x_i(t - \lambda) d\lambda \quad (1)$$

nơron i có p khớp nơron, thể hoạt động của nơron $\vartheta_j(t)$ là ảnh hưởng tổ hợp của tất cả các đầu vào và ngưỡng bên ngoài đặt vào θ_j cho bởi:

$$\vartheta_j(t) = \sum_{i=1}^P u_j(t) - \theta_j$$

Từ mô hình ở Hình 1 kết hợp công thức (1) ta có :

$$\vartheta_j(t) = \sum_{i=1}^P h_{ji}(t) * x_i(t) - \theta_j = \sum_{i=1}^P \int_{-\infty}^t h_{ji}(\lambda) * x_i(t - \lambda) d\lambda - \theta_j \quad (2)$$

cuối cùng $\vartheta_j(t)$ cho đi qua một khâu phi tuyến Sigmoidal $\varphi(.)$ biểu diễn bằng một hàm logic thông dụng trong các phương pháp dự báo phát triển mạng viễn thông, đầu ra của nơron có dạng:

$$y_j = \phi[\vartheta_j(t)] = \frac{1}{1 + \exp[-\vartheta_j(t)]} \quad (3)$$

Các biểu thức (2), (3) diễn tả mô hình dự báo thời gian - không gian bằng mạng nơron.

Trong dự báo thực tế, số liệu vào là những mẫu số liệu từng năm, từng tháng rời rạc theo thời gian, vì vậy mô hình trên phải cần được thay đổi cho phù hợp, biến t sẽ thay bằng:

$$t = n\Delta t$$

trong đó: n là số nguyên, Δt là chu kỳ lấy mẫu, khoảng thời gian lấy mẫu là hữu hạn, từ đó có thể biểu thị (2) dưới dạng:

$$\vartheta_j(n\Delta t) = \sum_{i=1}^P \sum_{l=1}^M h_{ji}(l\Delta t) \times x_i[\Delta t(n-l)]\Delta t - \theta_j = \sum_{i=1}^P \sum_{l=0}^M W_{ji}(l\Delta t) \times x_i[\Delta t(n-l) - \theta_j] \quad (4)$$

ở đây :

$$M = \frac{T}{\Delta t} \quad (5)$$

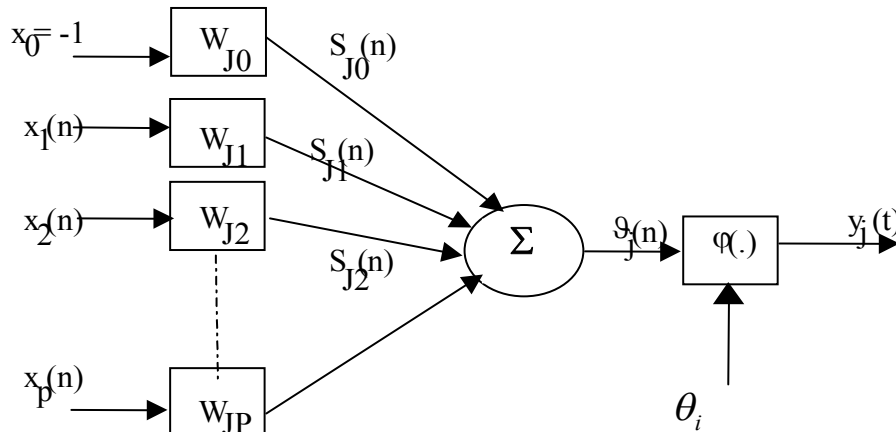
và :

$$W_{ji}(l\Delta t) = h_{ji}(l\Delta t)\Delta t \quad (6)$$

chu kỳ lấy mẫu Δt có giá trị như nhau, bài toán dự báo phát triển mạng viễn thông là thường lấy số liệu hàng năm. Từ đây, để đơn giản hoá các ký hiệu, Δt được đưa ra khỏi các biến đặc trưng cho thời gian, vì vậy (5) có dạng:

$$\vartheta_j(n) = \sum_{i=1}^P \sum_{l=0}^M W_{ji}(l)X_i(n-l) - \theta_j \quad (7)$$

Ở đây n đặc trưng cho biến thời gian rời rạc và tổng trong công thức (4.9) đặc trưng cho đặc tính dự báo theo thời gian của nhóm j, i ; còn tổng ngoài đặc trưng cho đặc tính không gian của phương pháp dự báo. Trên cơ sở (5) và (7) có thể tạo ra một mô hình dự báo không gian - thời gian của mạng nơ-ron mô tả trong Hình 2.



Hình 2. Mô hình động mạng nơ-ron dự báo không gian - thời gian

trong đó: W_{ji} là vectơ trọng số của khớp i thuộc nơ-ron j và $i = 1, 2, \dots, p$, trọng số W_{j0} nối đến đầu vào cố định $X_0 = -1$ biểu thị ngưỡng θ_j .

Trong hoàn cảnh mối quan hệ vào - ra là phức tạp, biểu hiện tính phi tuyến cao, lúc đó nếu cứ dùng mô hình trên thì sẽ thu được kết quả dự báo với sai số lớn. Để giải quyết vấn đề này chúng ta dùng mạng đa lớp có cấu trúc: lớp vào - lớp ẩn - lớp ra, trong đó các nơ-ron ẩn và nơ-ron ra dựa trên cơ sở nơ-ron Hình 2.

Ký hiệu $W_{ji}(e)$ là trọng số kết nối đến chốt e , lúc đó tín hiệu $S_{ji}(n)$ xuất hiện ở đầu ra của khớp thứ i của nơ-ron j cho bởi tổ hợp tuyến tính của các giá trị trễ của tín hiệu vào $X_i(n)$ có dạng tổng chập:

$$S_{ji}[n] = \sum_{l=0}^M W_{ji}(l)X_i[n-l] \quad (8)$$

có thể viết lại dưới dạng ma trận với ký hiệu sau :

$$X_i[n] = \{x_i[n], x_i[n-1], \dots, x_i[n-M]\}^T \quad (9)$$

$$W_{Ji} = \{W_{Ji}[0], W_{Ji}[1], \dots, W_{Ji}[M]\}^T \quad (10)$$

trong đó T ký hiệu phép chuyển vị ma trận.

Từ (8), kết hợp (9) và (10) ta được:

$$S_{ji}[n] = W_{ji}X_{ji}[n], \quad i = 1, 2, \dots, p \quad (11)$$

Đầu ra $y_j[n]$ của nơron j có thể biểu thị bằng một cặp phương trình:

$$\vartheta_j(n) = \sum_{i=1}^P S_{Ji}[n] - \theta_j = \sum_{i=1}^P W_{ji}^T X_i[n] - \theta_j \quad (12)$$

$$y_j[n] = \varphi(\vartheta_j[n]) \quad (13)$$

Sử dụng thuật toán học có thầy để đào tạo mạng, trong đó đáp ứng thực của mỗi nơron trong lớp ra được so sánh với đáp ứng mục tiêu mong muốn tại mỗi thời điểm. Giả sử nơron j nằm ở lớp ra với đáp ứng thực của nó là $y_j[n]$ và đáp ứng mong muốn của nơron này là $d_j[n]$. Giá trị tức thời của tổng bình phương sai số do mạng sinh ra được tính bằng công thức (14) dưới đây:

$$\xi[n] = \frac{1}{2} \sum_J \varepsilon_j^2[n] \quad (14)$$

ở đây chỉ số j cho đối với các nơron chỉ ở lớp ra, $\varepsilon_j[n]$ là sai số xác định bởi:

$$\varepsilon_j[n] = d_j[n] - y_j[n] \quad (15)$$

Mục tiêu là phải tối thiểu hàm mục tiêu tổng tất cả thời gian dự báo:

$$\xi_\Sigma = \sum_n \xi[n] \quad (16)$$

Vấn đề đặt ra là phải tính vectơ trọng số tối ưu để đảm bảo cho $\xi_\Sigma \rightarrow \min$. Phương pháp lặp là tốt nhất cho trường hợp này. Để giải quyết vấn đề đó, luận án giới thiệu một số phương pháp thường sử dụng để đào tạo trong bài toán dự báo.

Để tìm các trọng số $W_{ji}[n]$ sao cho $\xi_\Sigma \rightarrow \min$, lấy đạo hàm hai vế của (16) :

$$\frac{\partial \xi_\Sigma}{\partial W_{ji}} = \sum_n \frac{\partial \xi[n]}{\partial W_{ji}} \quad (17)$$

Trong thực tế, từ (12), (13), (14), (15) ξ_Σ là hàm hợp của $\vartheta_j[n]$ và $W_{ji}[n]$, do đó (17) có thể viết thành:

$$\frac{\partial \xi_\Sigma}{\partial W_{ji}[n]} = \sum_n \frac{\partial \xi_\Sigma}{\partial \vartheta_j[n]} \frac{\partial \vartheta_j[n]}{\partial W_{ji}[n]} \quad (18)$$

Dùng tư tưởng của phương pháp dốc nhất gradient để giải bài toán (16) theo không gian trọng số. Theo phương pháp này, nghiệm của bài toán (16) được tính gần đúng bằng phương pháp lặp dưới đây :

$$W_{ji}[n+1] = W_{ji}[n] - \frac{1}{2} \gamma \nabla \xi_\Sigma \quad (19)$$

thay (18) vào (19), được kết quả sau :

$$W_{ji}[n+1] = W_{ji}[n] - \frac{1}{2} \gamma \frac{\partial \xi_\Sigma}{\partial \vartheta_j[n]} \frac{\vartheta_j[n]}{\partial W_{ji}[n]} \quad (20)$$

ở đây γ là tham số biểu thị tốc độ học. Từ (12) thấy rằng đối với bất kỳ nơon j nào trong mạng thì đạo hàm riêng của thế kích hoạt $\vartheta_j[n]$ theo vector trọng số $W_{ji}[n]$, theo (12) thu được:

$$\frac{\partial \vartheta_j[n]}{\partial W_{ji}[n]} = X_i[n] \quad (21)$$

trong đó $X_i[n]$ là vector vào nơon j , ngoài ra có thể tìm được gradient địa phương đối với nơon j là :

$$\delta[n] = -\frac{\partial \xi_\Sigma}{\partial \vartheta_j[n]} \quad (22)$$

Kết hợp (23), (24) thì (22) có thể biến đổi dưới dạng:

$$W_{ji}[n+1] = W_{ji}[n] + \frac{1}{2}\gamma\delta_j[n]X_j[n] \quad (23)$$

Ý nghĩa vật lý của (23): phải chọn thuật toán học huấn luyện trọng số mạng nơon thoả mãn (23) để sai số dự báo bé nhất. Vấn đề đặt ra là, dạng δ gradient địa phương $\delta_j[n]$ liệu có phụ thuộc vào vị trí của lớp mạng hay không. Sau đây là cách giải quyết vấn đề này.

- Tính $\delta_j[n]$ cho trường hợp nơon j ở lớp ra, đối với lớp ra:

$$\delta_j[n] = -\frac{\partial \xi_\Sigma}{\partial \vartheta_j[n]} = \varepsilon_j[n]\varphi'(\vartheta_j[n]) \quad (24)$$

ở đây $\varepsilon_j[n]$ là tín hiệu lỗi đo được ở đầu ra của nơon j còn:

$$\varphi'(\vartheta_j[n]) = \frac{\partial \varphi(\vartheta_j[n])}{\partial \vartheta_j[n]} = \frac{\partial \varphi_j[n]}{\partial \vartheta_j[n]} \quad (25)$$

- Tính $\delta_j[n]$ cho trường hợp nơon j ở lớp ẩn

Nếu nơon j ở lớp ẩn, chúng ta định nghĩa H là một tập tất cả các nơon mà các đầu vào của nó được cấp bằng nơon j theo phương thuận. Giả sử $\vartheta_m[n]$ là thế kích hoạt của nơon m thuộc tập H , từ đó có thể viết:

$$\delta_j[n] = -\frac{\partial \xi_\Sigma}{\partial \vartheta_j[n]} = -\sum_{m \in H} \sum_n \frac{\partial \xi_\Sigma}{\partial \vartheta_m[n]} \frac{\partial \vartheta_m[n]}{\partial \vartheta_j[n]} \quad (26)$$

thay (22) vào (26) thu được:

$$\delta_j[n] = \sum_{m \in H} \sum_n \delta_m[n] \frac{\partial \vartheta_m[n]}{\partial y_j[n]} \frac{\partial y_j[n]}{\partial \vartheta_j[n]} \quad (27)$$

trong đó $y_j[n]$ là đầu ra của nơon j .

Dùng phương trình (25) cho $\frac{\partial y_j[n]}{\partial \vartheta_j[n]}$ và thừa nhận rằng đạo hàm riêng này cho nơon j nằm ngoài tập H , vì vậy phương trình (27) có thể viết lại như sau:

$$\delta_j[n] = \varphi'(\vartheta_j[n]) \sum_{m \in H} \sum_n \delta_m[n] \frac{\partial \vartheta_m[n]}{\partial \vartheta_j[n]} \quad (28)$$

Lưu ý rằng $\vartheta_m[n]$ là thế kích hoạt của nơon m do đầu ra nơon m cấp. Do đó, sử dụng các phương trình (8), (12) thu được phương trình sau:

$$\vartheta_m[n] = \sum_{j=0}^P \sum_{l=0}^M W_{mj}(l)y_j[n-l] \quad (29)$$

trong đó đã bao gồm cả định thiên θ_m cho nơon m , tương ứng với $j=0$ có:

$$W_{m0}[l] = \theta_m; \quad y_0 = [n-l] \quad \text{với mọi } l \text{ và } m \quad (30)$$

lấy đạo hàm (31) theo y_j được kết quả sau:

$$\frac{\partial \vartheta_m[n]}{\partial y_j[n]} = \begin{cases} W_{mj}[n-l]; & 0 \leq n-l \leq M \\ 0; & \text{ngoài khoảng đo} \end{cases} \quad (31)$$

Trở lại (28), thành phần:

$$\frac{\partial \vartheta_m[n]}{\partial y_j[n]} = 0$$

với n nằm ngoài khoảng $l \leq n \leq m+l$; tương ứng với trường hợp nơon ẩn j , đưa (31) vào (28) sẽ thu được:

$$\delta_j[n] = \varphi'(\vartheta_j[n]) \sum_{m \in H} \sum_{n=l}^{M+1} \delta_m[n] W_{mj}[n-l] = \varphi'(\vartheta_j[n]) \sum_{m \in H} \sum_{n=l}^M \delta_m[n+l] W_{mj}[n] \quad (32)$$

Ký hiệu:

$$\Delta_m[n] = \{\delta_m[n], \delta_m[n+1], \dots, \delta_m[n+M]\}^T \quad (33)$$

$$\delta_j[n] = \varphi'(\vartheta_j[n]) \sum_{m \in H} \Delta_m^T[n] W_{mj} \quad (34)$$

Dựa vào phương trình này sẽ tính $\delta_j[n]$ cho nơon j trong lớp ẩn. Từ những lý thuyết trên, rút ra thuật toán đào tạo cho mạng truyền lan ngược theo thời gian một công cụ rất tiện dụng cho dự báo bằng mạng nơon:

$$W_{ji}[n+1] = W_{ji}[n] + \frac{1}{2} \gamma \delta_j[n] X_j[n] \quad (35)$$

trong đó:

$$\delta_j[n] = \begin{cases} \varepsilon_j[n] \varphi'(\vartheta_j[n]); & \text{với nơon } j \text{ ở lớp ra} \\ \varphi'(\vartheta_j[n]) \sum_{m \in H} \Delta_m^T[n] W_{mj}; & \text{với nơon ở lớp ẩn} \end{cases} \quad (36)$$

Nhận xét. Thuật toán này có dạng tổng quát hơn so với thuật toán được sử dụng trong những bài toán dự báo đơn giản. Ở đây nếu chúng ta thay các vectơ $X_i[n]$, W_{mj} , Δ_m các đại lượng vô hướng tương ứng thì đưa thuật toán này về dạng đơn giản mà các tác giả trước đây đã dùng trong dự báo.

3. KẾT LUẬN

Như vậy bài báo trên đã đưa ra và mô tả phương pháp dự báo phát triển dịch vụ viễn thông bằng mạng nơon, phương pháp này phù hợp điều kiện dự báo thiếu thông tin đầu vào. Phương pháp này có thể áp dụng như một công cụ hữu hiệu cho công tác nghiên cứu lập kế hoạch mạng viễn thông hiện nay.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] ITU-T: "General Network Planning GAS 3", ITU, Geneva, 1993.
- [2] ITU-T: "Planning data and Forecasting Methods", Vol. ITU, Geneva 1987.
- [3] Tomasa, *Statistical Forecasting of Telephone Times Series, Telecoms. Journal* **39** (XII), ITU, Geneva (1972).
- [4] T.M & Pack D. *Improved Forecast for Local Telecoms Network*, 6th Inter. Forecasting Symposium, Paris 1986.
- [5] C.L.Lu, H-T. Wu, Vemuri, Neutral network based short term load Forecasting, *IEEE Transactions on Power Systems*, **8** (1) (1993).
- [6] T.M.Penig, N.F. Hubele, G-G.Kasady, An adaptive neutral network approach to one week ahead load forecasting, *IEEE Transactions on Power Systems* **8** (3) (1993).

Nhận bài ngày 10 - 1 - 2002

Học viện Bưu chính viễn thông