ÁP DỤNG MẠNG NEURON RBF XỬ LÝ SỐ LIỆU ĐO KÍCH THƯỚC HÌNH HỌC

Trần Hữu Tâm - Ngô Kiều Nhi - Đặng Văn Nghìn
Trường Đại học Kỹ thuật
(Bài nhận ngày 23/11/2000)

TÓM TẮT : *Bài báo đề xuất việc áp dụng lý thuyết mạng neuron RBF trong việc xử lý số liệu đo kích thước hình học bằng thiết bị 5 bậc tự do đo tọa độ (CMM). Kết quả so sánh với phương pháp bình phương tối thiểu cho thấy tính ưu việt của phương pháp dùng RBF khi áp dụng cho trường hợp này.*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Khó khăn lớn nhất trong việc theo đuổi mục tiêu chế tạo thiết bị đo tọa độ 3 chiều (CMM) tại Việt Nam, là khắc phục sai số. Với sơ đồ động chứa nhiều khâu (5 khâu), toàn khớp quay [5], mỗi sai số nhỏ trong quá trình chế tạo đều bị khuyếch đại nhiều lần, đưa ra sai số cuối cùng lớn hơn nhiều lần sai số cho phép.

Dùng biện pháp công nghệ để khắc phục sai số đòi hỏi hệ thống cơ khí đảm nhận việc gia công phải có độ chính xác rất cao, khiến giá thành chế tạo thiết bị CMM rất đắt và không khả thi trong điều kiện hiện tại của nền cơ khí trong nước. Hướng khắc phục trở ngại chế tạo CMM cũng như cho các loại thiết bị đo nói chung trong điều kiện Việt Nam là tạo cho nó có khả năng, tạm gọi là, "biết suy nghĩ". Thiết bị sẽ phải đảm nhận một phần lớn các thao tác thông minh mà trước đó con người phải thực hiện : lưu trữ nhiều số liệu đo, phân tích và thiết lập các số liệu tin cậy, tính toán hiển thị các kết quả theo yêu cầu. Trong các nhiệm vụ trên thì việc phân tích và thiết lập các số liệu tin cậy là quan trọng nhất. Vấn đề đặt ra là cần tìm kiếm giải thuật để thực hiện việc xử lý này tốt hơn phương pháp bình pháp tối thiểu thường sử dụng trong ngành cơ khí.

Trong bài báo này chúng tôi đưa ra kết quả áp dụng phương pháp mạng neuron RBF, và so sánh với phương pháp bình phương tối thiểu.

2. PHƯƠNG PHÁP THỰC HIỆN

Kí hiệu x_i là tọa độ, y_i là kết quả đo tại tọa độ x_i. Bài toán đặt ra là tìm hàm f(x) = y(x) từ các số liệu $y_i = y(x_i)$

•Theo phương pháp bình phương tối thiểu thì f(x) được giả thiết là một hàm dạng đa thức bậc n

$$f(x) = a_o + a_1 x^1 + a_2 x^2 + ... + a_n x^n \quad (1)$$

các hệ số a_i (i = O,n) được tìm từ điều kiện

$$\sum_{i=1}^{n} (f(x_i) - y_i)^2 \rightarrow \min \quad (2)$$

$$f(x) = \sum_{i=1}^{n} w_i G(x, x_i) \quad (3)$$

Theo phương pháp RBF thì f(x) được giả thiết có dạng sau [12]

trong đó

$G(x,x_i)$: hàm truyền Green

$$G(x, x_i) = \exp\left(\frac{1}{2\sigma^2} \| x - x_i \|^2\right) \quad (4)$$

- σ : độ rộng hàm Gauss
- W_1 : các trọng số, được xác định từ các điều kiện

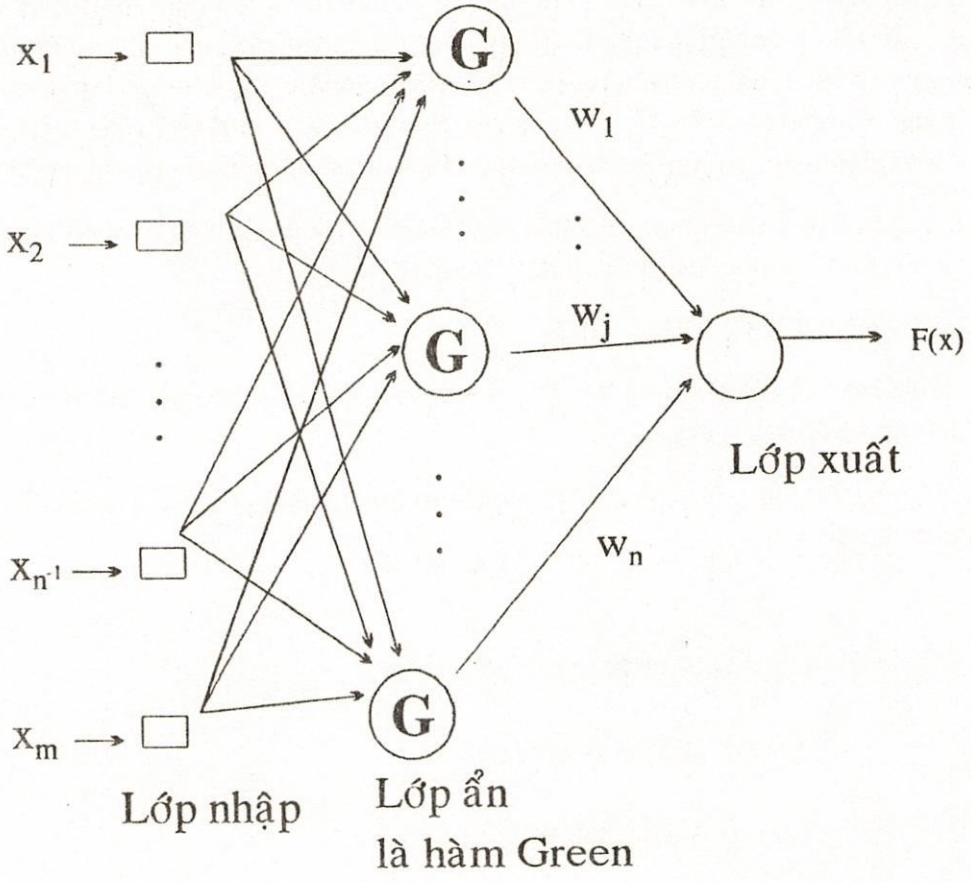
$$w = G^{-1}Y \quad (5)$$

với $W = [w_1, w_2, ..., w_n]^T$

$Y = [y_1, y_2, ..., y_n]^T$

$$G = \begin{pmatrix} G_{11} & G_{12} & \dots & G_{1n} \\ G_{21} & G_{22} & \dots & G_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ G_{n1} & G_{n2} & \dots & G_{nn} \end{pmatrix} \quad (6)$$

Hệ thống (3) ÷ (6) được hiển thị dưới dạng hình ảnh cấu trúc mạng RBF như trên hình 1.



Ta có thể coi mạng RBF là một đồ thị có hướng gồm 3 lớp. Lớp thứ nhất gọi là "lớp nhập" bao gồm n nút của vectơ nhập vào x. Lớp thứ hai gọi là lớp ẩn bao gồm các nút liên kết trực tiếp với tất cả các nút ở lớp nhập.

3. KHẢO SÁT SỐ LIỆU

3.1. So sánh phương pháp RBF với phương pháp bình phương tối thiểu :

Chúng tôi lấy 4 số liệu (x_i, y_i) từ hàm y(x) = Lnx

$(x_1, y_1) = (1 ; 0)$; $(x_2, y_2) = (1,5 ; 0,405465108)$

$(x_3, y_3) = (2 ; 0,69314718)$; $(x_4, y_4) = (2,5 ; 0,916290731)$

• Hàm f(x) xác định theo phương pháp bình phương tối thiểu, kí hiệu $f_1(x)$ có dạng

$f_1(x) = - 1,377257379 + 1,861297849x - 0,555033155x^2 + 0,07099268535x^3$

• Hàm f(x) xác định theo phương pháp RBF, kí hiệu $f_2(x)$ có dạng

$$f_2(x) = \sum_{n=1}^{4} W_n e^{-\frac{1}{128}(x-x_n)^2}$$

với $W_1 = -160917,8895$; $W_2 = 477866,1644$

$W_2 = -474933,0106$; $W_4 = 157973,8189$

Bảng 1 cho kết quả so sánh giá trị y(x) và $f_1(x)$ với các giá trị $1 \le x \le 2,5$

x	y = Lnx	$f_1(x)$	Sai số tuyệt đối	Sai số tương đối
1.0	0	0	0.00000000	
1.1	0.09531018	0.089095811	+0.00621437	6.5021521
1.2	0.182321557	0.174190227	+0.00813133	4.4598841
1.3	0.262364264	0.255283249	+0.00708102	2.6989254
1.4	0.336472237	0.332374875	+0.00409736	1.2177413
1.5	0.405465108	0.405465108	0.00000000	0.0000000
1.6	0.470003629	0.474553946	0.00455032	0.9681451
1.7	0.530628251	0.539641389	0.00901314	1.6985786
1.8	0.587786665	0.600727438	0.01294077	2.2016106
1.9	0.641853886	0.657812092	0.01598521	2.4862677
2.0	0.693147181	0.710895352	0.01774817	2.5605199
2.1	0.741937345	0.759977218	0.01803987	2.4314550
2.2	0.78845736	0.805057688	0.01660033	2.1054185
2.3	0.832909123	0.846136764	0.01322764	1.5881254
2.4	0.875468737	0.883214445	0.00774571	0.8847498
2.5	0.916290732	0.916290732	0.00000000	0.0000000
		Sai số trung bình		**2.1214382**

Bảng 1 : Sai số tính theo phương pháp bình phương tối thiểu

Bảng 2 cho kết quả so sánh giá trị y(x) và $f_2(x)$ với các giá trị $1 \le x \le 2,5$

x	y = Lnx	$f_1(x)$	Sai số tuyệt đối	Sai số tương đối
1.0	0	0	0.00000000	
1.1	0.09531018	0.092989007	+0.00232177	2.4353878
1.2	0.182321557	0.179626089	+0.00269547	1.4784142
1.3	0.262364264	0.260317468	+0.00204680	0.7801355
1.4	0.336472237	0.335465047	+0.00100719	0.2993381
1.5	0.405465108	0.405477159	0.00001205	0.0029721
1.6	0.470003629	0.470767899	0.00076427	0.1626094
1.7	0.530628251	0.531756459	. 0.00112821	0.2126173
1.8	0.587786665	0.588866442	0.00107978	0.1837023
1.9	0.641853886	0.642525189	0.00067130	0.1045882
2.0	0.693147181	0.693163083	0.00001590	0.0022942
2.1	0.741937345	0.741212861	+0.00072448	0.0976476
2.2	0.78845736	0.787108921	+0.00134844	0.1710225
2.3	0.832909123	0.831286625	+0.00162250	0.1947989
2.4	0.875468737	0.87418161	+0.00128713	0.1470215
2.5	0.916290732	0.916229087	+0.0006165	0.0067277
		Sai số trung bình		**0.4186185**

Bảng 2 Sai số tính theo phương pháp RBF

Với các số liệu khảo sát trên bảng 1 và bảng 2 thì sai số tương đối trung bình khi sử dụng phương pháp bình phương tối thiểu là 2,1214382 còn phương pháp sử dụng hàn RBF là 0,4186185 tức giảm khoảng 5 lần.

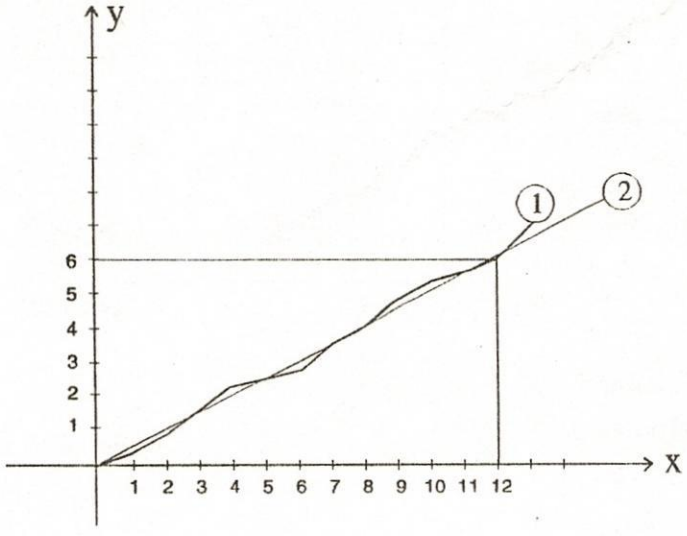
3.2. Áp dụng RBF hiệu chỉnh số liệu đo hình học bằng thiết bị CMM hai chiều :

Phòng thí nghiệm cơ học ứng dụng trường ĐHKT đã chế tạo 2 loại thiết bị CMM đo tọa độ các hình phức tạp, một loại đo tọa độ 3 chiều, một loại đo tọa độ 2 chiều.

Sau đây là kết quả hiệu chỉnh khi dùng thiết bị CMM 2 chiều.

3.2.1 Chỉnh lý hình dạng đường thẳng :

Bảng 3 và hình 2 cho số liệu và hình dạng đo trực tiếp và xử lý bằng hàm RBF khi đo các điểm trên 1 đường thẳng.



x	Số liệu thô đo trực tiếp trên máy CMM	Số liệu sau khi đã xử lý qua hàm RBF
0	0	0
1	0,48	0,5
2	0,93	1
3	1,5	1,5
4	2,12	2
5	2,5	2,5
6	2,89	3
7	3,5	3,5
8	4	4
9	4,62	4,5
10	5,11	5
11	5,5	5,5

Bảng 3 : Bảng số liệu đo hình dạng đường thẳng

Hình 2 : Đồ thị biểu diễn hình dạng đường thẳng

1. Hình dạng đường thẳng vẽ từ số liệu thô đo trực tiếp trên máy CMM

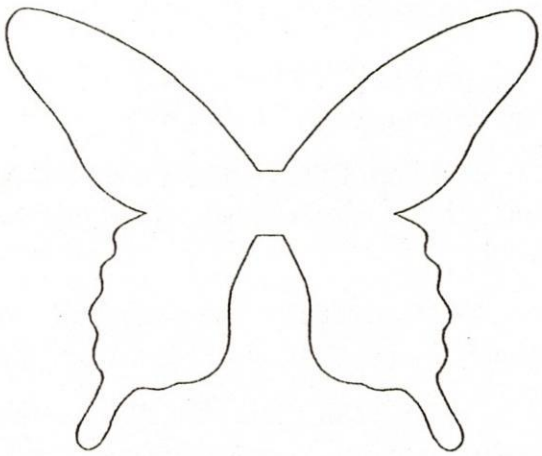
2. Hình dạng đường thẳng vẽ từ số liệu sau khi đã xử lý qua hàm RBF

3.2.2 Chỉnh lý hình dạng đường cong phức tạp

- Trên hình 3 cho hình dạng con bướm vẽ bằng số liệu thô.

- Trên hình 4 cho hình dạng con bướm vẽ sau khi chỉnh lý bằng hàm RBF.

Hình 3 : Hình dạng con bướm vẽ từ số liệu thô đo trực tiếp trên máy CMM



Hình 4 : Hình dạng con bướm vẽ từ số liệu sau khi đã xử lý số liệu thô đo trực tiếp trên máy CMM

4. KẾT LUẬN

Kết quả nêu trong mục 3 cho thấy việc áp dụng lý thuyết mạng neuron RBF để chỉnh lý số liệu đo hình học bằng thiết bị CMM 2 chiều nâng cao độ chính xác nhiều lần so với dùng phương pháp bình phương tối thiểu. Việc chế tạo thiết bị CMM đo 2 chiều hoàn toàn đạt được độ chính xác yêu cầu trong kỹ thuật thông dụng (sai số ≈ 10 μm). Với các kết quả đạt được các tác giả sẽ tiếp tục nghiên cứu giải thuật áp dụng hàm RBF trong thiết bị CMM đo 3 chiều, nhằm hoàn thiện công nghệ chế tạo thiết bị CMM tại Việt Nam.

THE APPLICATION OF RADIAL BASIS FUNCTION NETWORK FOR USING SIGNAL PROCESSING OF GEOMETRIC DIMENSION MEASUREMENT

Tran Huu Tam - Ngo Kieu Nhi - Đang Van Nghin

ABSTRACT *: The paper presents the application theory of RBF (Radial basis function) neural network for using signal processing of geometric dimension measurement by coordinate measuring machine (CMM) which have five degrees of freedom. The result compare with minimum square method. Hence, we see eminent character of RBF network method when application in this case.*

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Keiji Yamadam Hiroyuki Kami, Jum Tsukumo "Handwritten Numerical Recognition by Multi - Layered Newral with improved learning Algorittum" Nec - Jan 1989.

[2] Limin Fu "Neural Networks in computer intelligence" Mc Graw - Hill Inc. 1994.

[3] Murray Smith "Neural Networks for statistical modeling" Van Norstrand Reinhold 1993.

[4] Ngô Kiều Nhi - Đặng Văn Nghìn - Trần Hữu Tâm : Tạp chí phát triển khoa học công nghệ của Đại học quốc gia TP. Hồ Chí Minh (4/2000).

[5] Trần Hữu Tâm : Sự phân tích động học mô hình xác định tọa độ điểm của bề mặt vật thể, Proceedings of the eighth workshop on applied mechanic on 14th May 1998.

[6] G. Cybenko "Approximations by superpositions of a sigmoidal function" Math, Contr., Signals Syst., vol. 2, no. 4, pp. 303 - 304, 1989.

[7] K. Funahshi, "On the approximate realization of continuous mappings by neural networks" Neural Networks, vol. 2x pp. 183-193, 1989.

[8] D. E. Goldberg, Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning, Reading, MA. : Addison - Wesley, 1989.

[9] K. S. Nerendra and M. A. L. Thathachar, Learning Automata - An Introduction, Englewood Cliffs, NJ : Prentice - Hall, 1989.

[10] S. Kirkpatrick, C. Gelatt, and M. Vecchi, "Optimization by simulated annealing", Science, vol. 220x pp. 671-680, 1983.

[11] C. A. Micchlli, "Interpolation of scattered data : distance matrices and condiotionally positive definite functions", Construct. Approx,. vol. 2, pp. 11 - 12x 1986.

[12] M. J. D. Powell, "Radial basic functions for multivariable interpolation : A review, "In Algorithms for Approximation, J. C Mason and M. G. Cox, Eds. Oxford, 1987, pp. 143-167.

[13] M. J. D. Powell, "Radial basic functions approximation to polynomials", in Proc. 12th Biennial Numerical Analysic Conf. (Dundee), 1987, pp.223 - 241.