

# PHƯƠNG PHÁP MẠNG NƠI NHÂN TẠO VÀ TIẾN HÓA NHÂN TẠO XÁC ĐỊNH CHẾ ĐỘ CẮT TỐI ƯU KHI PHAY CNC

Nguyễn Ngọc Kiên\*, Trần Văn Địch, Vũ Toàn Thắng, Nguyễn Trọng Hiếu

*Viện Cơ khí, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, 1 Đại Cồ Việt, Hà Nội*

\*Email: *kiennn-ctm@mail.hut.edu.vn*

Đến Tòa soạn: 29/2/2012; Chấp nhận đăng: 4/6/2013

## TÓM TẮT

Bài báo trình bày phương pháp xác định chế độ cắt tối ưu đạt hàm mục tiêu chất lượng bề mặt tối ưu khi phay CNC. Sử dụng phương pháp trí tuệ nhân tạo tính toán với mạng nơron nhân tạo và giải thuật tiến hóa nhân tạo xác định các thông số công nghệ chế độ cắt cho độ chính xác cao. Trên cơ sở đó xác định được bộ thông số chế độ cắt là cơ sở cho quá trình tối ưu hóa chế độ công nghệ gia công cơ khí

*Từ khóa:* độ nhám, mạng nơron nhân tạo (ANN), giải thuật tiến hóa (GA), nhiễm sắc thể.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngày nay công nghệ gia công cơ khí đi theo hướng cơ khí gia công chính xác. Các hệ thống thiết bị sử dụng công nghệ điều khiển số trở nên phổ biến cho phép điều chỉnh mềm dẻo chế độ công nghệ nhằm mục đích sử dụng hiệu quả nhất thiết bị. Trên cơ sở đó phải tính toán một thiết kế tối ưu các thông số cho quá trình công nghệ là cơ sở tất yếu. Công nghệ máy tính phát triển mạnh mẽ là cơ sở cho các giải pháp tính toán số. Trí tuệ nhân tạo tính toán sử dụng công nghệ máy tính cho phép giải các bài toán với độ chính xác rất cao đáp ứng yêu cầu gia tăng độ chính xác trong gia công cơ khí. Phương pháp mạng nơron nhân tạo xác định mối quan hệ giữa các thông số đầu vào và đầu ra cho độ chính xác cao kết hợp với phương pháp tiến hóa nhân tạo dựa trên cơ sở thuyết tiến hóa của Darwin để tính toán xác định chế độ công nghệ tối ưu đạt độ chính xác rất cao là công cụ cho tính toán chế độ cắt khi gia công trên máy CNC [1].

## 2. XÂY DỰNG MÔ HÌNH TOÁN HỌC

### 2.1. Mô hình toán học cho mạng nơron nhân tạo

Dựa trên cơ sở nhận thức của mạng nơron thần kinh của con người xây dựng mô hình toán học để thiết lập mối quan hệ giữa các yếu tố công nghệ đến độ nhám bề mặt  $R_z$  như hình 1.

Lớp đầu vào gồm một hay nhiều đầu vào: vận tốc cắt ( $v$ ), lượng tiến dao ( $s$ ), chiều sâu cắt ( $t$ ), lượng mòn dao ( $u$ ), độ cứng vật liệu (HB)...lớp đầu ra có thể gồm một hay nhiều đầu ra: độ nhám, bước nhám, tần số rung động, lực cắt, năng suất... [2]

Mối quan hệ giữa các yếu tố đầu vào và đầu ra được thể hiện qua mối liên hệ giữa các lớp đầu vào và các lớp đầu ra. Hàm tác động được sử dụng trong thuật toán  $f(x)$  là hàm sigmoid:

$$y(u) = f(u) = \frac{1}{1 + e^{-u}} \quad (2.1)$$

Giá trị  $u$  giữa lớp vào và lớp ẩn là:

$$u = \sum_{i=1}^m w_{ji} \cdot x_i + \theta_j \quad j=1 \text{ đến } n \quad (2.2)$$

Giá trị  $u$  giữa lớp ẩn và lớp ra là:

$$u = \sum_{j=1}^m w_{kj} \cdot v_j + \theta_k \quad k=1 \text{ đến } n \quad (2.3)$$

trong đó:  $m$ -số nút vào;  $n$ -số nút ẩn;  $k$ -số nút đầu ra;  $x$ -giá trị tại các nút vào;  $v$ -giá trị kết xuất tại các nút ẩn;  $w$ -giá trị trọng số lan truyền;  $\theta$ -giá trị sai lệch tại nút

Việc mô tả qui luật toán học giữa chế độ cắt với  $R_z$  được thể hiện qua một hệ thống các phương trình toán học như trên. Với hệ thống các giá trị trọng số  $w$  có thể điều chỉnh được nên cho phép khả năng mềm dẻo để đạt độ chính xác dự đoán mối quan hệ cao.

### 2.1.1 Thuật toán lan truyền ngược

Để tìm mối quan hệ giữa chế độ cắt với  $R_z$  thông qua hệ thống phương trình toán học trên. Bản chất là cần tìm ra hệ thống các trọng số  $w_{ij}$  và các  $\theta_k$  (bias). Để tìm các thông số trọng số và bias phải xuất phát từ sự sai lệch của giá trị dự đoán từ mạng  $y_i$  và giá trị đầu ra mong muốn  $R_{zi}$  (giá trị đo được) do vậy sử dụng thuật toán lan truyền ngược (BPA). Tổng các giá trị sai lệch giữa đầu ra mong muốn và giá trị kết xuất của mạng là một hàm toán học phụ thuộc vào các trọng số. Vì vậy giá trị điều chỉnh các trọng số sao cho hàm sai lệch đạt giá trị nhỏ nhất theo điều kiện bài toán. Sử dụng phương pháp giảm dốc Gradient để điều chỉnh giá trị các trọng số [3].

Gọi  $e$  là sai lệch giữa giá trị thực  $R_z$  và giá trị tính theo phương pháp ANN là  $y$  tại đầu ra thứ  $j$

$$e_j = R_{zj} - y_j \quad (2.4)$$

tổng sai lệch tại lần lặp thứ  $n$  của  $q$  đầu ra là:

$$E(n) = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^q e_j^2(n) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^q (R_z - y_j)^2 \quad (2.5)$$

trong đó:  $R_z$ : giá trị độ nhám đo được của tập mẫu;  $y_j$ : giá trị độ nhám dự đoán của mạng.

Phải điều chỉnh các trọng số liên kết  $w_{ij}$  sao cho tổng sai số E là nhỏ nhất. Trên mỗi nơron đều có một giá trị đầu vào và một giá trị đầu ra. Mỗi giá trị đều có trọng số để đánh giá mức độ ảnh hưởng của giá trị đó.

Đạo hàm sai lệch tại vòng lặp thứ n theo trọng số là:

$$\frac{\partial E(n)}{\partial w_{ij}(n)} = \frac{\partial E(n)}{\partial e_j(n)} \cdot \frac{\partial e_j(n)}{\partial y_j(n)} \cdot \frac{\partial y_j(n)}{\partial u_j(n)} \cdot \frac{\partial u_j(n)}{\partial w_{ij}(n)} \quad (2.6)$$

trong đó:

$$\frac{\partial E(n)}{\partial e_j(n)} = e_j(n) \quad (2.7); \quad \frac{\partial e_j(n)}{\partial y_j(n)} = -1 \quad (2.8); \quad \frac{\partial y_j(n)}{\partial u_j(n)} = f'_u(u_j(n)) \quad (2.9);$$

$$\frac{\partial u_j(n)}{\partial w_{ij}(n)} = x_i(n) \quad (2.10); \quad \frac{\partial E(n)}{\partial w_{ij}(n)} = e_j(n) \cdot (-1) \cdot f'_u(u_j(n)) \cdot x_i(n) \quad (2.11)$$

Giá trị điều chỉnh trọng số:

$$\Delta w_{ij} = -\eta \frac{\partial E(n)}{\partial w_{ij}(n)} = -\eta e_j(n) \cdot (-1) \cdot f'_u(u_j(n)) \cdot x_i(n) \quad (2.12)$$

gọi:

$$\delta_j = -\frac{\partial E(n)}{\partial u_j(n)} = \frac{\partial E(n)}{\partial e_j(n)} \cdot \frac{\partial e_j(n)}{\partial y_j(n)} \cdot \frac{\partial y_j(n)}{\partial u_j(n)} \quad (2.13)$$

$$\delta_j = e_j(n) \cdot f'_u(u_j(n))$$

Do đó:

$$\Delta w_{ij}(n) = \eta \delta_j(n) \cdot x_i(n) \quad (2.14)$$

Trọng số mới sẽ là:

$$w_{ij}(n+1) = w_{ij}(n) + \Delta w_{ij} \quad (2.15)$$

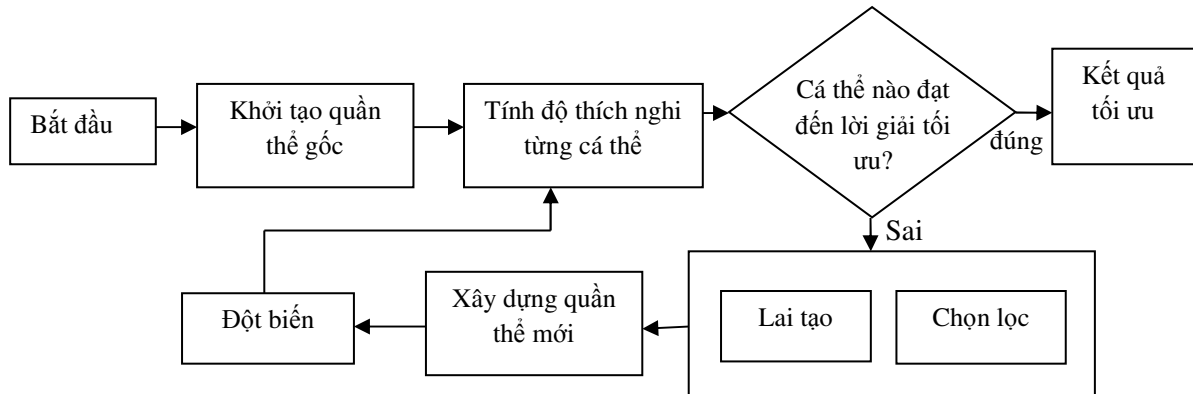
Kết quả của mạng nơron là tìm ra bộ trọng số xác lập một hệ thống các phương trình toán học mô tả mối quan hệ giữa  $R_z$  với bộ thông số công nghệ S,V,t. Hệ thống phương trình toán học này mô tả một hàm quan hệ xấp xỉ với độ chính xác cao mà các phương pháp truyền thống rất khó đạt được và nó là cơ sở cho các giải pháp tối ưu tìm kiếm.

## 2.1 Mô hình toán học cho giải thuật tiến hóa [4]

Giải thuật tiến hóa (GA) dựa trên cơ sở chọn lọc tự nhiên theo thuyết tiến hóa của Darwin hình 2 thể hiện sơ đồ thuật toán. Từ hệ thống phương trình toán học kết xuất được từ mạng nơron (ANN) biểu diễn mối quan hệ  $R_z = f(S,V,t)$ . Bài toán tối ưu đặt ra là:

Tìm bộ  $(S, V, t)$  để  $R_z = f(S, V, t)$  đạt giá trị nhỏ nhất (min) với các điều kiện biên là:  $S_{\min} \leq S \leq S_{\max}$ ;  $V_{\min} \leq V \leq V_{\max}$ ;  $t_{\min} \leq t \leq t_{\max}$ . Vấn đề ở đây là tìm kiếm vector  $u = (S, V, t)$  trong không gian tìm kiếm giới hạn biên để cho  $R_z$  nhỏ nhất. Bài báo này trình bày giải thuật tiến hóa số thực (GA số thực). Mỗi vector  $u$  gọi là một nhiễm sắc thể (cá thể), mỗi đại lượng  $S, V, t$  gọi là một gen. Một quần thể gồm nhiều cá thể.

Quần thể gốc được khởi tạo ngẫu nhiên từ sự kết hợp các gen  $S, V, t$ . Số lượng cá thể trong quần thể ( $m$ ) không nên quá lớn sẽ làm tăng không gian tìm kiếm (lâu hội tụ) hay quá nhỏ (dễ xảy ra cực tiểu địa phương). Bài toán chọn  $m = 40$  cá thể.



Hình 2. Sơ đồ thuật toán tiến hóa.

Tính độ thích nghi của mỗi cá thể:

$$K_i = 1 - P_i \quad (2.16)$$

$P_i$  - xác suất chọn lọc cho mỗi cá thể thứ  $i$ :

$$P_i = \frac{(R_z)_i}{\sum_{j=1}^m (R_z)_j} \quad (2.17)$$

bài toán tìm min thì xác suất  $P_i$  càng bé (hay  $K_i$  càng lớn) thì khả năng giữ lại cá thể càng lớn.

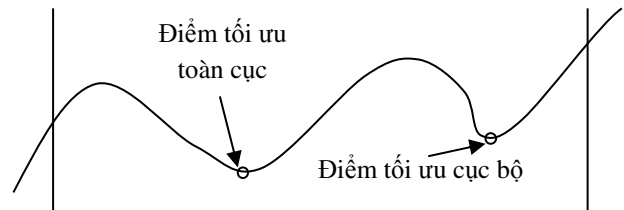
Xác suất phân bố sự thích nghi là  $q_i = K_i/A$  trong đó  $A = \sum K_i$ . Gọi  $r$  là xác suất lai ( $0 < r < 1$ ) xác suất lai sẽ quyết định số con lai  $m_L = r_i \cdot m$  cá thể sẽ thay thế và đưa vào trong quần thể. Chọn các cặp 2 cá thể bố mẹ có độ thích nghi cao tại lần lặp thứ  $t$  là  $u_v$  và  $u_w$  để lai tạo và được 2 con lai:

$$u'_w = a \cdot u_w + (1 - a) \cdot u_v; u'_v = a \cdot u_v + (1 - a) \cdot u_w$$

trong đó:  $a$  - xác suất di truyền

Kiểm tra độ thích nghi của 2 con lai, nếu độ thích nghi thấp thì loại bỏ để tiếp tục lai tạo ra thế hệ sau thừa hưởng các đặc tính tốt hơn của bố mẹ được tính bằng xác suất độ thích nghi và sẽ thay thế cho các cá thể có độ thích nghi thấp trong quần thể tạo nên quần thể mới.

Nếu chỉ có chọn lọc và lai tạo thì dễ dẫn đến điểm tối ưu cục bộ địa phương như hình 3 và quá trình lặp sẽ không thoát khỏi điểm tối ưu cục bộ do vậy phải tạo các cá thể đột biến thoát



Hình 3. Điểm tối ưu toàn cục.

khỏi khu vực tối ưu cục bộ. Với xác suất đột biến là  $b$  thì sẽ sản sinh số cá thể đột biến là  $m_{db} = b.m$ .

Lấy ngẫu nhiên 1 cá thể  $u_w = (S_w, V_w, t_w)$  sau khi đột biến thành  $u_{w'} = (S_{w'}, V_{w'}, t_{w'})$  với mỗi gen đều có dạng  $S_{w'} = S_w + \Delta(t, S_{max} - S_{min})$ . Hàm  $\Delta(t, S_{max} - S_{min}) = (S_{max} - S_{min}) \cdot (1 - r^{(1-t/T)^b})$  với  $T$  là tổng số vòng lặp (số tuổi tối đa),  $t$  - tuổi quần thể tại thời điểm hiện tại,  $r$  - xác suất đột biến gen,  $b$  - tham số hệ thống. Khi  $t$  nhỏ - chưa tiến đến điểm tối ưu toàn cục thì giá trị hàm  $\Delta$  lớn do đó cá thể đột biến sẽ nhận giá trị lớn và thoát ra khỏi khu vực cực trị địa phương. Khi  $t$  đủ lớn thì giá trị hàm  $\Delta$  nhỏ sẽ giúp ổn định quần thể và tiến về điểm tối ưu toàn cục.

### 3. THÍ NGHIỆM VÀ KẾT QUẢ

#### 3.1. Thí nghiệm

Thí nghiệm được thực hiện tại trung tâm BK CNC nhà B10 Đại học Bách Khoa Hà nội. Sử dụng máy phay CNC sản xuất tại Thụy Sĩ MIXKON 600, độ nhám được đo bằng máy SJ400-Nhật Bản. Sử dụng dao phay mặt đầu  $D = 80$  mm, 6 răng - hãng Mitsubishi. Vật liệu dao JH VP15TF Mitsubishi Carbide -lớp phủ công nghệ nano. Vật liệu thép hợp kim S355J0 theo tiêu chuẩn Đức.

Thí nghiệm được thực hiện với tốc cắt  $V$ (m/phút) 136 đến 304. Lượng tiến dao  $S$  (mm/răng): 0,131 đến 0,468. Chiều sâu cắt  $t$  (mm): 0,1226 đến 2,477. Dữ liệu được cắt với 44 chế độ cắt trên 132 mẫu. Sử dụng phương pháp mạng trí tuệ nhân tạo dùng phần mềm C Sharp lập trình tính toán. Kết quả được thể hiện dưới bảng 1.

Bảng 1. Số liệu thí nghiệm và kết quả tính toán.

STT	V	S	t	Rz <sub>i</sub> μm	y <sub>i</sub> μm	Sai số %	STT	V	S	t	Rz <sub>i</sub> μm	y <sub>i</sub> μm	Sai số %
1	169,8	0,2	0,6	8,71	8,726	0,189	23	190,2	0,24	0,88	9,78	9,815	0,354
2	269,8	0,2	0,6	7,39	7,417	0,361	24	316,8	0,07	0,5	6,16	6,173	0,207
3	169,8	0,4	0,6	7,97	7,989	0,233	25	203	0,27	1,07	8,88	8,913	0,372
4	269,8	0,4	0,6	6,32	6,401	1,287	26	219,8	0,4	1,05	5,8	5,829	0,497
5	169,8	0,2	2	7,47	7,466	0,056	27	219,8	0,3	2	5,48	5,485	0,096
6	169,8	0,4	2	5,64	5,709	1,230	28	219,8	0,13	1,3	8,34	8,343	0,033
7	269,8	0,4	2	5,72	5,691	0,511	29	219,8	0,47	1,3	6,14	6,111	0,464
8	135,6	0,3	1,3	10,33	10,145	1,790	30	219,8	0,3	0,12	7,57	7,615	0,597
9	303,7	0,3	1,3	5,96	5,952	0,134	31	219,8	0,3	2,48	6,19	6,190	0,004
10	219,8	0,13	1,3	8,34	8,343	0,033	32	219,8	0,25	1,5	9,23	9,116	1,236
11	219,8	0,47	1,3	6,14	6,111	0,464	33	236,4	0,33	1,53	7,89	7,788	1,293
12	219,8	0,3	0,12	7,57	7,615	0,597	34	249,4	0,36	0,88	6,22	6,291	1,142
13	219,8	0,3	2,48	6,19	6,190	0,004	35	249,4	0,24	0,88	7,38	7,398	0,248
14	219,8	0,3	1,3	7,39	7,147	3,293	36	249,4	0,18	1,72	8,32	8,395	0,906

15	269,8	0,2	2	496	5,047	1,754	37	253,2	0,37	1,77	7,66	7,872	2,765
16	135,6	0,3	1,3	10,03	10,145	1,148	38	269,8	0,2	2	4,96	5,047	1,754
17	169,8	0,2	2	7,47	7,466	0,056	39	269,8	0,3	0,1	6,36	6,299	0,966
18	169,8	0,4	2	5,64	5,709	1,230	40	269,8	0,2	0,1	5,89	5,926	0,612
19	169,8	0,2	0,6	8,71	8,726	0,189	41	269,8	0,2	0,6	7,39	7,417	0,361
20	169,8	0,4	0,6	7,97	7,989	0,233	42	269,8	0,4	0,6	6,32	6,401	1,287
21	186,4	0,23	0,83	9,66	9,779	1,235	43	269,8	0,4	2	5,72	5,691	0,511
22	190,2	0,36	0,88	8,43	8,384	0,543	44	303,7	0,3	1,3	5,96	5,952	0,134

Để đánh giá mức độ chính xác quá trình dự đoán mối quan hệ sử dụng phần trăm sai số dự đoán cho mỗi điểm dữ liệu và độ phân tán của sai số.

$$\theta_b = \frac{\sum_{i=1}^m \theta_i}{m} \quad (2.18); \quad \theta_i = \frac{|y_i - y_{mi}|}{y_i} \cdot 100\% \quad (2.19)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m |\theta_i - \bar{\theta}|^2}{m-1}} \quad (2.20)$$

sử dụng mạng ANN tính toán thiết lập mối quan hệ với sai số trung bình là:  $\theta_b = 4,21 \%$ , độ phân tán sai số  $\sigma = 4,24$ .

### 3.2. Tìm kiếm điểm tối ưu với giải thuật GA

Lập trình C Sharp cho giải thuật GA với đầu vào là hệ thống các phương trình xác định mối quan hệ  $R_z = f(S, V, t)$  đã được xác định chính xác bởi mạng nơ ron nhân tạo trên. Quá trình tính toán với 1000 lần lặp cho kết quả điểm tối ưu:  $V = 316,8$  (m/phút),  $S = 0,149$  (mm/răng),  $t = 0,12$  (mm),  $R_{zmin} = 3,49 \mu m$ . Kết quả được đưa lại thực tế phay và đo được  $R_z = 3,58$  micromet và sai lệch là  $2,51 \%$  với sai số này hoàn toàn có thể chấp nhận được.

## 4. KẾT LUẬN

Mục đích của nghiên cứu này là sử dụng trí tuệ nhân tạo tính toán cho quá trình tối ưu hóa công nghệ cơ khí. Với ưu điểm sử dụng một hệ thống các hàm toán học liên kết mô phỏng quá trình tính toán như một quá trình nhận thức của bộ não người đưa đến kết quả dự đoán mối quan hệ giữa thông số công nghệ và đầu ra cho độ chính xác cao. Kết hợp với giải thuật tìm kiếm tối ưu tiên hóa nhân tạo GA xác định bộ thông số chế độ cắt tối ưu nhất. Phương pháp này là một công cụ hiệu quả cho độ chính xác rất cao dự đoán mối quan hệ giữa các yếu tố thực nghiệm và tìm bộ các thông số thực nghiệm tối ưu.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bộ môn CNCTM - Công nghệ chế tạo máy, Đại học Bách khoa Hà Nội.

2. Simon Haykin - Neural Networks –A Comprehensive Foundation, MC Master University Hamilton, Ontario, Canada, 1999, p. 43.
3. Simon Haykin - Neural Networks –A Comprehensive Foundation, MC Master University Hamilton, Ontario, Canada, 1999, p. 183.
4. Jasbir S. Arora - Introduction optimum design, The University of Iowa, USA 2004, p. 531.

### ABSTRACT

#### THE ARTIFICIAL NEURAL NETWORK METHOD AND ARTIFICIAL EVOLUTION METHOD FOR DETERMINING THE OPTIMAL TECHNOLOGY PARAMETER TO MANUFACTURE ON CNC MILLING

Nguyen Ngoc Kien\*, Tran Van Dich, Vu Toan Thang, Nguyen Trong Hieu

*School of Mechanical Engineering, Hanoi University of Science and Technology, 1 Dai Co Viet, Hanoi, Vietnam*

\*Email: [kiennn-ctm@mail.hut.edu.vn](mailto:kiennn-ctm@mail.hut.edu.vn)

This paper presents the math method to determine the optimum parameter for satisfaction of the surface roughness object function on milling CNC. By using the artificial calculation, the artificial neural network and generation of algorithm it was possible to determine the parameter technology. Based on that determination the technology parameter is original for the optimum manufacturing processing.

*Keywords:* surface roughness, artificial neural network (ANN), generate algorithm (GA), chromosome.

Ý kiến TBT:

Đề nghị tác giả kiểm tra lại phần chỉnh sửa tiếng Anh và đánh số hình