

ỨNG DỤNG MẠNG NEURON ĐỂ TÍNH TỐC ĐỘ CẮT CHO MÁY PHAY

APPLICATION OF NEURAL NETWORKS TO CALCULATING FEED SPEEDS FOR THE MILLING MACHINE

Châu Mạnh Quang

Trường Đại học Giao thông Vận tải; Email: quangcm@gmail.com

Tóm tắt - Mạng neuron là một công cụ tính toán hữu hiệu thuộc nhóm các phương pháp tính toán mềm, được sử dụng để giải quyết những bài toán mà không thể thực hiện được bằng các phương pháp thông thường. Quá trình vận hành máy CNC đòi hỏi thường xuyên điều chỉnh các tham số đầu vào để có được sản phẩm với chất lượng tốt nhất và đảm bảo được tuổi thọ của máy móc, thiết bị. Tuy nhiên một số tham số không thể xác định được trực tiếp từ công thức tính toán mà chỉ có thể xác định được một cách gần đúng bằng một công cụ tính toán mềm nào đó, trong số đó có mạng neuron. Nội dung bài báo này trình bày về thiết kế mạng Neuron để tính toán tốc độ cắt tối ưu cho quá trình phay của máy CNC dựa trên kiểu phay, đường kính dao và chiều sâu cắt.

Từ khóa - công nghệ CAD/CAM/CAE; máy gia công CNC; mạng neuron; BPNN; máy phay.

Abstract - The neural network is one of the soft computing methods usually used to solve the problems that could not be done by traditional computation. The operation of the CNC machine requires regular adjustment of the input parameters in order to produce high quality products and to keep machines in good conditions for a long time. However, some parameters can't be computed directly from the mathematic formulas but can only be calculated approximately by some softcomputing methods such as neural networks. This article presents the neural network design to calculate optimal feed speeds of the milling process in the CNC machines based on the parameters of surface roughness, tool diameters and the depth of a cut.

Key words - CAD/CAM/CAE technology; CNC machines; neuron; neural network; BPNN; milling machine.

1. Đặt vấn đề

Trong quá trình vận hành máy CNC để gia công các chi tiết cơ khí, tốc độ cắt của dao cần phải được điều chỉnh một cách hợp lý. Nếu tốc độ cắt nhanh quá có thể làm dao mòn nhanh hoặc thậm chí làm gãy dao còn nếu cắt chậm quá thì gây ra lãng phí trong sử dụng công suất cắt gọt của máy gia công. Tốc độ cắt của dao được xác định dựa trên rất nhiều yếu tố: kích thước dao, chiều sâu cắt, loại vật liệu gia công, độ nhám của bề mặt chi tiết yêu cầu và loại thao tác (phay, tiện, khoan,...). Có nhiều cách điều chỉnh tốc độ cắt của dao, ví dụ như tra bảng trong các sổ tay công nghệ chế tạo máy và điều chỉnh máy một cách thủ công. Tuy nhiên trong quá trình cắt gọt một chi tiết nhiều khi cần phải thay đổi tốc độ cắt liên tục để có thể đạt được chế độ cắt tối ưu. Trong trường hợp này cần thiết phải lập chương trình để tính toán tốc độ cắt tối ưu dựa trên các thông số được xác định theo thời gian thực qua các cảm biến. Quá trình điều chỉnh theo thời gian thực (online adjustment) này được thực hiện bởi hệ thống điều khiển thích nghi của máy CNC. Hiện nay người ta sử dụng một số phương pháp lập trình, chẳng hạn như áp dụng các thuật toán hồi quy. Tuy nhiên phương pháp hiệu quả hơn cả là sử dụng mạng neuron.

Hệ thống mạng neuron được phát triển dựa theo mô hình của bộ não, với các neuron nhân tạo là các đơn vị xử lý, và cách vận hành cũng bắt chước theo hoạt động của bộ não. Việc thực thi các hoạt động có thể được thực hiện bởi việc sử dụng các hệ thống điện tử hoặc các chương trình phần mềm. Mạng neuron nhân tạo đã trải qua một quá trình phát triển lâu dài. Năm 1943, McCulloch và Pitts đã đưa ra một số khả năng liên kết cơ bản của mạng neuron. Năm 1949, Hebb đã đưa ra các luật thích nghi trong mạng neuron. Năm 1958, Rosenbatt đưa ra cấu trúc Perceptron. Năm 1969, Minsky và Papert đã chứng minh các tính chất của Perceptron và chỉ rõ giới hạn của một số mô hình. Thuật toán học lan truyền ngược được Rumelhart, Hinton

và Williams (1986) đề xuất để huấn luyện mạng neuron nhiều lớp. Trong những năm gần đây nhiều cấu trúc mạng neuron mới đã được đề xuất và có nhiều ứng dụng trong các lĩnh vực kinh tế kỹ thuật.

Việc sử dụng mạng neuron giúp giải quyết được nhiều công việc phức tạp bởi nó có các đặc tính và những khả năng sau:

- Phi tuyến tính: Mạng neuron được xây dựng bằng các kết nối của các neuron không tuyến tính nên bản thân nó là không tuyến tính. Đặc tính này rất hữu ích trong việc xử lý các dữ liệu đầu vào.

- Ánh xạ đầu vào, đầu ra: Mạng neuron được học bằng cách đưa vào các bộ thông số huấn luyện. Mỗi bộ thông số trên gồm một tập hợp các thông số đầu vào và có một tập hợp các giá trị đầu ra đáp ứng lại.

- Thích nghi: Mạng neuron có khả năng thay đổi giá trị các trọng số để thích nghi với điều kiện thay đổi của môi trường.

- Khả năng chịu lỗi: Mạng neuron có thể xử lý các thông tin có nhiễu. Thêm vào đó, do kiến trúc phân tán mà một khi có kết nối nào đó trong hệ thống bị hỏng thì mức độ sai khác của giá trị đầu ra không đến mức quá trầm trọng.

Mạng neuron được áp dụng trong tính toán cơ khí để giải quyết một số tình huống mà các mô hình toán học thông thường không giải quyết được, đặc biệt trong trường hợp không xác định được công thức toán học có thể tính toán được các giá trị gần đúng một cách hiệu quả với sai số chấp nhận được. Như đã đề cập ở trên, mỗi một loại thao tác (phay, tiện, khoan,...) thì cần thiết kế một cấu trúc mạng neuron thích hợp để có thể cho ra được các giá trị tối ưu nhất. Một mạng neuron tổng quát có thể học và tính toán cho mọi bài toán, tuy nhiên kết quả có thể không đạt được mức mong đợi [1, 2]. Bài báo này trình bày về kiến trúc mạng tối ưu để tính toán tốc độ cắt tối ưu cho quá trình phay trên máy CNC dựa trên chiều sâu cắt, độ dày và kiểu phay (yêu cầu về mức độ nhám của bề mặt gia công).

2. Cơ sở lý thuyết và áp dụng

2.1. Phương pháp xác định tốc độ cắt

Với thao tác phay thì tốc độ cắt được tính theo công thức được trích dẫn từ [4, tr.27]:

$$V = \frac{C_v * D^q}{T^{m_t} * x_s * S_z^y * B^{u_z} * p} * k_v \quad (1)$$

Trong đó:

C_v , m , x , y , u , q , p – hệ số và các số mũ được xác định theo bảng 5-39 [4].

T – là chu kỳ bền của dao được xác định trong bảng 5-40 [4].

k_v – hệ số điều chỉnh, phụ thuộc vào các điều kiện cắt cụ thể:

$$k_v = k_{mv} * k_{nv} * k_{uv}$$

Với k_{mv} là hệ số chất lượng vật liệu, k_{nv} là hệ số trạng thái bề mặt của phôi, và k_{uv} là hệ số vật liệu của dụng cụ cắt.

Rõ ràng đây là một công thức rất phức tạp phụ thuộc vào nhiều yếu tố. Trong thực tế người ta xác định vận tốc cắt theo chiều sâu cắt, đường kính dao và kiểu phay (thô hay tinh). Ứng với mỗi cặp giá trị của đường kính dao và chiều sâu cắt thì vận tốc cắt được xác định trong một khoảng giá trị theo công thức (1). Tuy nhiên vận tốc cắt cần phải được điều chỉnh theo thời gian thực và phải được xác định một giá trị cụ thể nào đó tại mỗi thời điểm. Vì vậy cần có công cụ tính toán khác. Công việc điều chỉnh này được thực hiện bởi hệ thống điều khiển thích nghi của máy CNC, và mạng neuron có thể được sử dụng làm công cụ tính toán [1, 2].

Với việc sử dụng mạng neuron, người ta chỉ cần xác định được vài trăm bộ thông số (đường kính dao, chiều sâu cắt, chế độ cắt, tốc độ cắt tối ưu) [4, 5] để làm thông số học. Sau quá trình học, mạng neuron có thể tính toán một cách gần đúng tốc độ cắt trong từng điều kiện cụ thể với độ chính xác rất cao.

2.2. Mạng Neuron

Hệ thống mạng neuron bao gồm nhiều neuron (hay còn gọi là perceptron) kết nối lại với nhau. Mỗi neuron bao gồm các synapse đầu vào, synapse đầu ra và hàm kích hoạt dùng để giới hạn biên độ giá trị đầu ra. Tùy theo cấu trúc liên kết của hệ thống mạng mà người ta chia ra làm các loại như BPNN, RBF, Recurrent hay SOM-MAP. Để tính toán tốc độ cắt cho quá trình phay thì chỉ cần sử dụng kiến trúc mạng nhiều lớp (BPNN – Back Propagation Neural Networks).

Hệ thống mạng nhiều lớp bao gồm lớp đầu vào, lớp đầu ra và một số lớp ẩn nằm kẹp giữa lớp đầu vào và đầu ra. Kiến trúc nhiều lớp làm cho hệ thống mạng neuron trở nên linh hoạt hơn trong việc giải quyết các vấn đề phi tuyến tính.

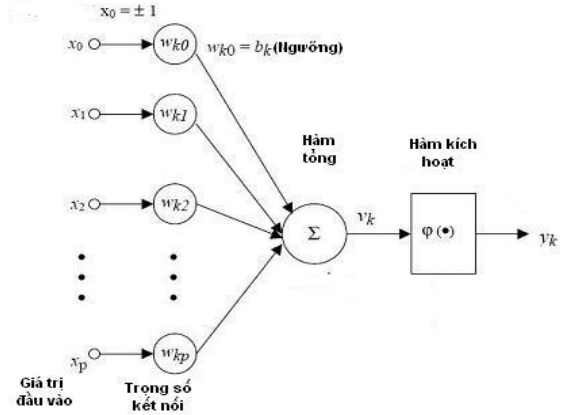
Quá trình học trên mỗi neuron bao gồm việc tính giá trị đầu ra bằng hàm kích hoạt, so sánh với giá trị cho trước và điều chỉnh lại trọng số trên các khớp. Với hệ thống mạng nhiều lớp, mỗi quá trình học được thực hiện qua hai bước: trước tiên quá trình lan truyền được thực hiện, sau đó đến lan truyền ngược [3].

Quá trình lan truyền là quá trình tính toán giá trị đầu ra cho từng neuron trong mạng. Việc tính toán được thực hiện cho lớp trước rồi mới đến lớp sau, do đó mới có tên gọi là lan truyền. Giá trị đầu ra cho mỗi neuron được tính như sau:

$$y_k = \varphi\left(\sum_j w_{kj} * x_j + b_k\right)$$

Với x_j là các giá trị đầu vào, w_{ij} là trọng số của khớp và b_k là giá trị ngưỡng.

Hàm φ có thể là dạng ngưỡng (threshold), tuyến tính (piecewise linear) và thông dụng hơn cả là dạng S (tansig hay logsig) [3].



Hình 1. Cấu trúc của neuron

Sau khi đã tính toán xong các giá trị đầu ra cho các neuron, bước tiếp theo - lan truyền ngược - là xác định sai số và điều chỉnh trọng số cho các khớp. Quá trình lan truyền ngược được thực hiện từ lớp sau ra lớp trước. Trước tiên cần tính giá trị δ cho các lớp đầu ra và lớp ẩn. Giá trị δ cho lớp đầu ra được tính như sau:

$$\delta_k = y_k * (1 - y_k) * (t_k - y_k)$$

Và lớp ẩn:

$$\delta_h = y_k * (1 - y_k) * \sum_{k \in \text{Downstream}(h)} w_{kh} * \delta_k$$

Với t_k là giá trị được mong đợi (được cho trong tập thông số học), và y_k là giá trị đầu ra của neuron k .

Trọng số của các khớp được điều chỉnh theo công thức:

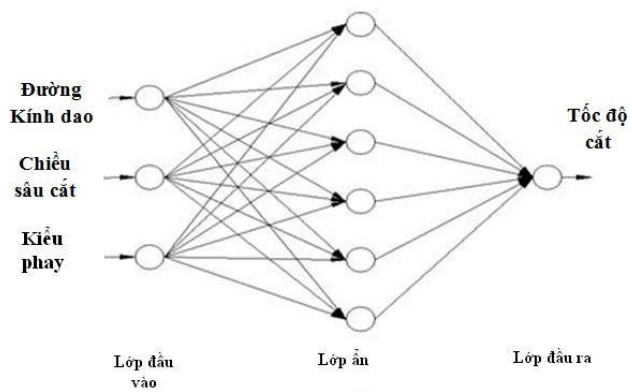
$$w_{ij} = w_{ji} + \Delta w_{ji}$$

$$\Delta w_{ji} = \eta * \delta_j * x_{ji}$$

Với η là tham số mức học. Mạng neuron sau khi đã được học sẽ được sử dụng để tính tốc độ cắt cho máy phay.

2.3. Áp dụng mạng neuron trên máy phay

Hệ thống mạng neuron được thiết kế theo mô hình nhiều lớp, với lớp đầu vào, lớp đầu ra và một lớp ẩn. Thực nghiệm được tiến hành với một số kiến trúc mạng neuron với 3 lớp và 4 lớp. Kiến trúc mạng nhiều hơn 4 lớp có tốc độ hội tụ chậm và độ chính xác không cao. Lớp đầu vào bao gồm 3 neuron, ứng với 3 giá trị đầu vào là chiều sâu cắt, đường kính dao và kiểu phay (thô hoặc tinh). Lớp đầu ra có 1 neuron để xuất ra tốc độ cắt cần phải tính. Thực nghiệm cho thấy kiến trúc mạng có 3 lớp với lớp ẩn có 6 neuron cho sai số nhỏ nhất sau 2000 lần học (Hình 2). Trong quá trình học thì trọng số của các khớp ở lớp đầu ra và lớp ẩn sẽ được điều chỉnh.



Hình 2. Sơ đồ cấu trúc mạng neuron cho quá trình phay

Hàm kích hoạt của mọi neuron đều là hàm logsig:

$$\varphi = \frac{1}{1 + e^{-x}}$$

Tham số mức học $\eta=0.05$

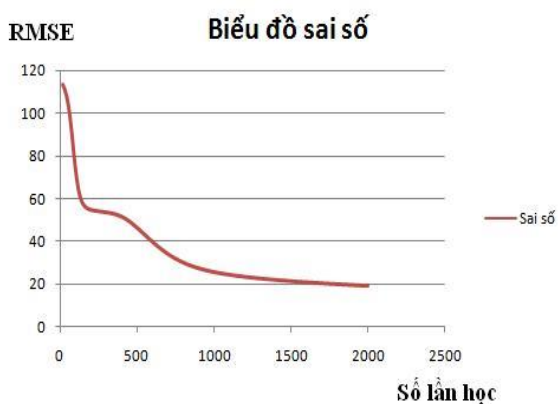
Dữ liệu để học bao gồm 200 bộ số liệu (100 bộ cho phay tinh và 100 bộ cho phay thô). Quá trình học được thực hiện lặp đi lặp lại đến 2000 lần. Sai số trung bình được tính theo phương pháp RMSE (Root Mean Squared Error) và được biểu diễn bằng đồ thị ở Hình 3.

Công thức tính RMSE:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_{obs,i} - V_{opt,i})^2}{n}}$$

Với $V_{obs,i}$ là tốc độ cắt tính được bằng mạng neuron, $V_{opt,i}$ là tốc độ cắt lý thuyết tối ưu.

Từ đồ thị ta có thể thấy rằng sai số giảm rất nhanh trong vài trăm lần học đầu tiên, có thể có một vài đoạn dao động lên xuống (do có các cực trị địa phương) nhưng đến một số lần học nhất định thì sai số hầu như không thay đổi ở mức thấp. Sau 2000 lần học thì sai số dừng ở mức vài phần trăm.



Hình 3. Biểu đồ sai số

Sau khi quá trình học kết thúc và các trọng số đã được điều chỉnh, mạng neuron đã sẵn sàng cho việc tính toán. Khi gán các giá trị đầu vào cho các khớp của lớp đầu vào, hệ thống sẽ tính toán theo quá trình lan truyền và cho ra giá

trị đầu ra tương ứng ở khớp đầu ra. Bảng 1 liệt kê một số bộ giá trị được tính toán qua mạng neuron và so sánh các giá trị trên với giá trị tối ưu được mong đợi.

Bảng 1. So sánh giá trị tính được và giá trị tối ưu của một vài tham số

Số TT	Kiểu phay (thô hay tinh)	Chiều sâu cắt (mm)	Đường kính dao (mm)	Tốc độ cắt tối ưu (mm/min)	Tốc độ cắt tính được (mm/min)	Sai số
1	Thô	1.1	10.0	900	899.75	0.25
2	Thô	0.4	10.0	1090	1078.60	11.40
3	Thô	1.5	9.5	840	841.15	-1.15
4	Thô	1.1	9.0	885	884.30	0.70
5	Thô	1.7	7.0	780	782.29	-2.29
6	Tinh	0.2	6.0	1052	1076.10	-24.1
7	Tinh	0.8	4.0	754	738.26	15.74
8	Tinh	0.5	4.0	825	822.08	2.92
9	Tinh	0.7	1.5	655	664.19	-9.19

3. Kết luận

Mạng neuron được áp dụng trong tính toán cơ khí để giải quyết một số tình huống mà các mô hình toán học thông thường không giải quyết được, đặc biệt trong trường hợp không xác định được công thức toán học để có thể tính toán được các giá trị gần đúng một cách hiệu quả. Đối với thao tác phay của máy CNC, có thể sử dụng mạng neuron để xác định tốc độ cắt thích hợp một cách gần đúng với mức sai số chấp nhận được. Với mạng có cấu trúc lớp là 3-6-1 thì mức sai số chỉ xấp xỉ vài phần trăm. So sánh giá trị tính được so với giá trị lý thuyết tối ưu được thể hiện trong Bảng 1. Phần mềm thực thi mạng neuron này có thể được tích hợp vào hệ thống phần mềm điều khiển máy CNC và tính toán tốc độ cắt cần thiết cho mỗi thời điểm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] N. Muthukrishnan, J. Paulo Davim, Optimization of machining parameters of Al/SiC-MMC with ANOVA and ANN analysis, *Journal of Material Processing Technology*, số 209, 2009, ISSN:09240136, tr. 225-232.
- [2] Jacob C. Chen, Joseph C. Chen, An Artificial-neural-networks-based in-process tool wear prediction system in milling operations, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, số 25, 2005, ISSN:1433-3015, tr. 427-434.
- [3] Raul Rojas, *Neural Networks - A Systematic Introduction*, Springer-Verlag, 1996.
- [4] Nguyễn Đắc Lộc, *Sổ tay công nghệ chế tạo máy – Tập 2*, Nhà Xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 2005.
- [5] Nguyễn Ngọc Đào, Trần Thế San, *Chế độ cắt gia công cơ khí*, Nhà Xuất bản Đà Nẵng, 2002.