

# ỨNG DỤNG MẠNG NƠN NHÂN TẠO TRONG VIỆC DỰ ĐOÁN ĐỘ NHÁM BỀ MẶT KHI TIỆN THÉP C45

PREDICTION SURFACE ROUGHNESS USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORK APPLICATION FOR TURNING STEEL C45

Nguyễn Đức Luận

## TÓM TẮT

Bài báo trình bày một phương pháp tiếp cận để dự đoán độ nhám của bề mặt là dùng ứng dụng mạng nơon nhân tạo. Các mẫu thí nghiệm trên máy tiện được dùng để huấn luyện mạng nơon. Khi tiện các thông số sử dụng trong thí nghiệm được sử dụng là: tốc độ cắt, chiều sâu cắt và lượng chạy dao. Các thông số thuộc về thông số công nghệ khác như: thông số hình học của dao, vật liệu dao, chiều dài phôi, đường kính phôi, vật liệu phôi không đổi. Mạng nơon được phát triển và huấn luyện theo thuật toán tỉ lệ độ dốc liên hợp (SCGA). Với phương pháp này thì số lượng mẫu cũng như thời gian luyện mạng được giảm tối đa. Số lần lặp lại là 8000 các yếu tố  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{max}$  được mô phỏng và đánh giá. Số lớp ẩn trong mô hình đánh giá  $R_a$  là 5 còn  $R_z$  và  $R_{max}$  là 10. Kết quả của phương pháp nơon nhân tạo là dựa vào giá trị mẫu thực tế.

**Từ khóa:** Mạng nơon nhân tạo (ANN), độ nhám bề mặt khi gia công trên máy tiện.

## ABSTRACT

This paper present will a new artificial neural network approach is presented for prediction of surface roughness. The lathe test specimens are used to train the neron network. Parameters used in the experiments were reduced to three parameters: depth of cutting, cutting speed, and feed rate. Each of the other parameters such as,workpiece length,workpiece diameter and workpiece material was taken as constant. The neron network is developed and trained the scaled conjugate gradient algorithm (SCGA). With this method, the number of samples and time of network training is minimize training time. The number of iterations was 8000.  $R_a$ ,  $R_z$  and  $R_{max}$  were modeled and were evaluated. One hidden layer was used for all models while the numbers of neurons in the hidden layer of the  $R_a$  model were five and the numbers of neurons in the hidden layers of the  $R_z$  and  $R_{max}$  models were ten. The results of the neural network approach were compared with actual values.

**Keywords:** Artificial neural network (ANN), surface roughness, turning.

## Nguyễn Đức Luận

Khoa Cơ khí, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

Email: luan.nd.hut@gmail.com

Ngày nhận bài: 08/07/2017

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 17/08/2017

Ngày chấp nhận đăng: 25/12/2017

## 1. GIỚI THIỆU

Chất lượng bề mặt là một trong các yêu cầu quan trọng khi gia công. Mục đích kỹ thuật của quá trình gia công

không chỉ cần đạt được độ chính xác về kích thước, vị trí tương quan mà còn phải đạt được độ nhám bề mặt theo yêu cầu để đảm bảo các chế độ làm việc cụ thể của chi tiết.

Độ nhám bề mặt không chỉ bị ảnh hưởng bởi độ chính xác của các thông số hình học của dụng cụ cắt mà còn có rất nhiều các yếu tố khác như: Độ cứng vững của máy công cụ, điều kiện gia công, môi trường gia công... Nói cách khác, độ nhám bề mặt phụ thuộc vào các thông số công nghệ.

Mô phỏng động học dùng để ước tính độ nhám bề mặt rất khó khăn bởi vì việc các định các tham số của máy công cụ là không dễ dàng bao gồm cả sự cứng vững và đàn hồi theo thời gian. Cấu trúc bề mặt nhám là rất phức tạp và việc tính toán các giá trị đó theo các công thức phân tích là rất khó. Ngày nay các giải pháp gần đúng không còn phù hợp trong gia công chính xác. Hiện tại có phương pháp xấp xỉ để tìm ra được các thông số công nghệ để có thể đạt được độ nhám theo yêu cầu. Tuy nhiên với phương pháp tiếp cận này tốn nhiều thời gian vì lặp đi lặp lại quá trình thực nghiệm. Năm 1994 Whitehouse đã đề xuất một biểu thức tính độ nhám như sau [1]:

$$R_a \approx 0,032 \frac{f^2}{R}$$

Trong đó:  $f$  là tốc độ cắt.

$R$  là bán kính mũi dao.

Năm 1997 Fang và Safi-Jahanshaki đề xuất công thức tính độ nhám bằng thực nghiệm theo quan hệ hàm số mũ như sau [2]:

$$R_a = C_0 \cdot V^{C_1} \cdot f^{C_2} \cdot d^{C_3}$$

Trong đó:  $R_a$  là độ nhám bề mặt.

$C_0$  là hằng số.

$C_1, C_2, C_3$  là các hệ số lấy theo kinh nghiệm.

Theo biểu thức trên trên khi gia công với dụng cụ cắt là kim cương, vật liệu là hợp kim nhôm thì [3]:

$$R_a = 13,636 \cdot V^{-0,102} \cdot f^{0,5123} \cdot d^{-0,0382}$$

Trong đó:  $R$  là độ nhám,  $V_c$  là vận tốc cắt,  $f$  là tốc độ chạy dao,  $D_c$  là chiều sâu cắt.

Ngày nay việc sử dụng các phương pháp mới để xác định độ nhám bề mặt đã được sử dụng. Một mô hình dự

đoán nhám bề mặt được sử dụng là phương pháp đáp ứng bề mặt. Bằng cách kết hợp lý thuyết của phương pháp này kết hợp với các yếu tố ảnh hưởng khi gia công đã được phát triển[4].

Ngoài ra việc nghiên cứu các mạng noron đa lớp đã có kết quả tốt hơn mạng đơn lớp [5].

Trong nghiên cứu này, độ nhám được xác định trước khi gia công mục đích để kiểm tra sự dự đoán của phương pháp noron nhân tạo.

## 2. NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM

Có nhiều tham số ảnh hưởng đến độ nhám bề mặt. Trong nghiên cứu này các thông số về máy công cụ không đổi trong các thí nghiệm.

Bảng 1. Các thông số chế độ cắt

Chiều sâu cắt (mm)	Tốc độ cắt (m/ph)	Tốc độ chạy dao (mm/vg)
0,5	100	0,10
1	150	0,15
1,5	200	0,20
2	250	0,30

Tất cả các thí nghiệm đều được hoàn thành trên cùng một máy công cụ. Các thông số dụng cụ cắt là hằng số bởi vì tất cả các dụng cụ cắt đều có cùng đặc tính. Và để giảm thiểu ảnh hưởng của độ mòn dụng cụ cắt đến chất lượng bề mặt, các mảnh lưỡi cắt được thay thay đổi thường xuyên và các thông số cắt cũng được giảm đến 3 để đơn giản hóa vấn đề. Các điều kiện cắt được lựa chọn trong bảng 1. Theo đó có 64 các điều kiện cắt khác nhau được chọn và để cho kết quả được chính xác hơn thì mỗi thí nghiệm được thực hiện 2 lần.

Các mẫu thí nghiệm được thực hiện trên cùng 1 máy tiện, với thông số của phôi là thép C45, Ø25mm×100mm cụ thể cho trong bảng 2

Bảng 2. Thông số kỹ thuật của máy tiện

Tên máy	260-330/600-C CNC Lathe
Công suất động cơ trục chính	15kW
Đường kính phôi lớn nhất	80 mm
Chiều dài phôi lớn nhất	600 mm
Dài tốc độ	36-3600 vòng/phút
Dụng cụ	SECO-SDCCR2020K11
Bán kính mũi dao	0,4 mm
Góc trước	93°

Các giá trị  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{max}$  được đo bằng máy đo nhám và ghi vào trong bảng. Hầu hết các giá trị độ nhám là như nhau khi gia công trong cùng một điều kiện cắt. Kết quả thí nghiệm được cho trong bảng 3. 128 mẫu được cắt vì mỗi thí nghiệm được thực hiện 2 lần. Tuy nhiên có 4 thí nghiệm không đưa vào trong bảng 3 vì có sự khác biệt rất lớn giữa các kết quả lặp lại của chúng và có 11 thí nghiệm đã không đưa vào phân tích ANN vì kết quả nhám quá khác nhau so với các mẫu lặp lại. Do đó chỉ còn 49 mẫu được sử dụng trong đó có 35 mẫu để huấn luyện mạng còn 14 mẫu để so sánh đánh giá kết quả dự đoán của phương pháp.

Bảng 3. Kết quả thực nghiệm

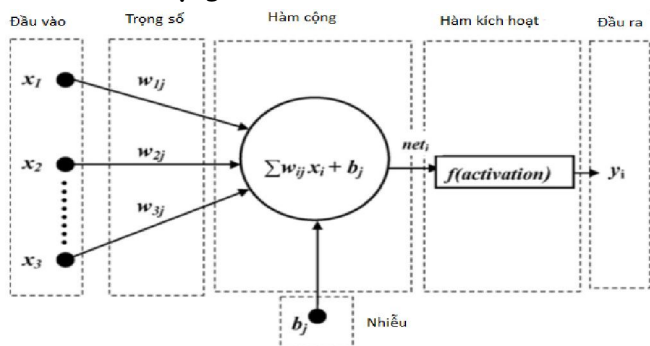
STT	Chiều sâu cắt (mm)	Tốc độ cắt (m/ph)	Lượng tiến dao (mm/vg)	Độ nhám bề mặt ( $\mu\text{m}$ )		
				$R_m$	$R_z$	$R_a$
1	0,5	100	0,15	22,4	16	2,08
2	0,5	100	0,2	24	19,7	3,75
3	0,5	100	0,3	14,8	13,45	2,6
4	0,5	150	0,1	17,06	16,05	2,8
5	0,5	150	0,15	11,2	10,5	1,48
6	0,5	150	0,2	7,2	6,78	1,23
7	0,5	150	0,3	13,2	11,93	2,78
8	0,5	200	0,1	4,4	3,43	0,6
9	0,5	200	0,15	5,2	4,78	0,93
10	0,5	200	0,2	7,6	6,68	1,45
11	0,5	200	0,3	12	22,65	2,48
12	0,5	250	0,1	4,4	0,65	3,75
13	0,5	250	0,15	5,6	4,95	1
14	0,5	250	0,2	7,2	6,4	1,4
15	0,5	250	0,3	12,4	11,28	2,65
16	1	100	0,1	18	14,08	2,23
17	1	100	0,15	23,2	18,13	3,28
18	1	100	0,3	16	13,4	2,3
19	1	150	0,15	11,6	9,58	1,53
20	1	150	0,2	8,8	7,3	1,35
21	1	150	0,3	11,58	10,83	2,38
22	1	200	0,1	4	3,65	0,55
23	1	200	0,15	4,8	4,2	0,83
24	1	200	0,2	7,6	6,4	1,25
25	1	200	0,3	12,4	11,45	2,5
26	1	250	0,1	4	3,25	0,5
27	1	250	0,15	6	4,68	0,85
28	1	250	0,2	8,4	6,78	1,28
29	1	250	0,3	12,4	11,55	2,5
30	1,5	100	0,1	21,6	17,23	3,1
31	1,5	100	0,2	11,18	9,18	1,55
32	1,5	100	0,3	12,4	11,43	2,05
33	1,5	150	0,1	8,8	6,23	0,95
34	1,5	150	0,15	8,8	7,98	1,1
35	1,5	150	0,2	7,2	6,4	1,1
36	1,5	150	0,3	10,4	9,75	2,18
37	1,5	200	0,1	4	2,88	0,5
38	1,5	200	0,15	4	4	0,7

39	1,5	200	0,2	7,2	6,3	1,23
40	1,5	200	0,3	11,2	9,9	2,2
41	1,5	250	0,1	4	2,85	0,55
42	1,5	250	0,15	7,8	4,5	0,73
43	1,5	250	0,2	8	7,2	1,28
44	1,5	250	0,3	12,8	11	2,25
45	2	100	0,1	16	13,75	2,15
46	2	100	0,15	9,6	7,25	1,05
47	2	100	0,2	11,2	9,2	1,35
48	2	100	0,3	13,6	11,35	2,25
49	2	150	0,1	3,2	2,55	0,38
50	2	150	0,15	8	6,2	1,13
51	2	150	0,2	13,8	11,75	2,25
52	2	150	0,3	4	2,8	0,48
53	2	200	0,1	4,8	4,3	0,73
54	2	200	0,15	7,2	6,85	1,4
55	2	200	0,2	12,8	10,85	2,25
56	2	200	0,3	3,6	2,85	0,5
57	2	250	0,1	6,4	4,8	0,78
58	2	250	0,15	7,2	6,55	1,25
59	2	250	0,2	13,8	12,35	2,48
60	2	250	0,3	13,8	12,35	2,48

**3. DỰ ĐOÁN ĐỘ NHÁM BỀ MẶT BẰNG PHƯƠNG PHÁP NORON NHÂN TẠO**

Mạng nơron rất phổ biến trong công nghiệp vì nó có những ứng dụng rất hữu ích. Với khả năng học những mối quan hệ phức tạp, phi tuyến và đa biến giữa các tham số trong quá trình gia công. Trong bài báo này mạng nơron nhân tạo được sử dụng như một cách khác để ước lượng chất lượng bề mặt trong gia công, một mạng đa lớp được sửa dụng và phát triển dựa trên các kết quả thực nghiệm.

**3.1. Cấu trúc mạng LMP**



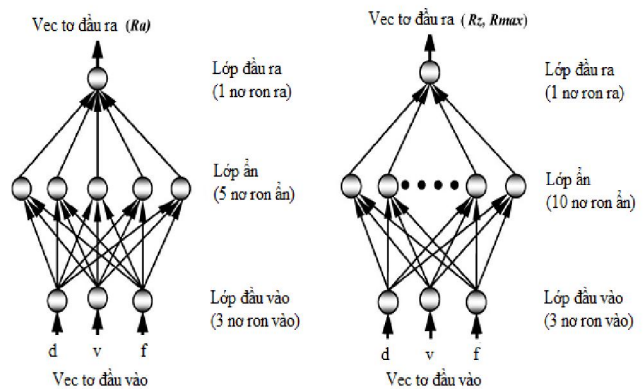
Hình 1. Cấu trúc mạng nơron đơn lớp

Mạng perceptron nhiều lớp (MLP) là một mạng chuyển tiếp bao gồm một lớp đầu vào, nhiều lớp ẩn và một lớp đầu ra. Các lớp khác nhau được kết nối với nhau sao cho mỗi nơron trong một lớp được kết nối với tất cả các nơron trong lớp tiếp theo. Tín hiệu được truyền đơn hướng từ lớp đầu vào thông qua các lớp ẩn đến lớp đầu ra. Thông tin được lưu trữ trong các kết nối giữa các nơron. Quá trình luyện mạng bao gồm cả quá trình thích nghi các điểm mạnh của các kết

nối sao cho mạng tạo ra được mô hình đầu ra mong muốn tương ứng với các mẫu đầu vào. Nói cách khác chúng ta có thể luyện một mạng nơron để thực hiện một chức năng cụ thể bằng cách điều chỉnh các giá trị kết nối giữa các nơron. Sơ đồ mạng nơron đơn lớp có cấu trúc như hình 1.

Ở đây các đầu vào là các  $x_i$  được truyền qua một kết nối khuếch đại để tạo ra được hàm chức năng tương ứng. Các đầu vào của nơron có thể là từ môi trường thực tế hoặc có thể là từ các nơron khác. Đầu ra của nó có thể được đưa ra trực tiếp vào môi trường hoặc đầu vào của các nơron khác. Hàm chức năng của mạng có thể luyện bằng cách thay đổi các trọng số  $W_i$  và nhiễu  $b_j$  để đạt được đầu ra mong muốn. Trọng số của mạng được điều chỉnh lặp lại để tìm mối quan hệ giữa đầu vào và đầu ra. Trong nghiên cứu này một mạng nơron được phát triển và huấn luyện theo thuật toán tỉ lệ độ dốc liên hợp (SCGA). Các trọng số hầu như ngẫu nhiên đối với các giá trị ban đầu và được cập nhật liên tục đến khi chúng hội tụ đến một giá trị định sử dụng thuật toán huấn luyện.

Trong hình 2 là hai kiến trúc mạng nơron khác nhau một của  $R_a$  và một của  $R_z$  và  $R_{max}$ . Cả hai kiến trúc này đều gồm 3 lớp: Một lớp đầu vào, một lớp ẩn và một lớp đầu ra. Nhưng  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{max}$  được đánh giá một cách riêng biệt, số nơron đầu vào và đầu ra phụ thuộc vào các yếu tố đầu vào và ra trong các ứng dụng cụ thể.



Hình 2. Cấu trúc mạng nơron đa lớp

Các nơron trong lớp ẩn thì không có quy tắc để chọn mà việc lựa chọn chúng cần phải trải qua giai đoạn thử nghiệm trên cơ sở đầu ra có ít sai số nhất [6]. Việc lựa chọn tối ưu số lượng các lớp ẩn được thử nghiệm trên công cụ Matlab. Không có yếu tố làm mịn nào được sử dụng. Các giá trị ước tính của độ nhám bề mặt thu được bằng các cấu trúc mạng nơron khác nhau. Các nơron trong lớp đầu vào có chức năng hiệp nhất tức là chỉ truyền giá trị (tỉ lệ) của các điểm trực tiếp của mô hình đến lớp ẩn. Xử lý các nơron trong lớp ẩn và lớp đầu ra được thực hiện với phương pháp bán tuyến tính của hàm kích hoạt. Đầu vào mạng được liên tục và trong phạm vi từ (0-1) đầu ra cũng liên tục và trong cùng phạm vi. Các thông số của mạng được đưa ra trong bảng 4. Điều quan trọng là có bộ học tập có thể đại diện cho vấn đề.

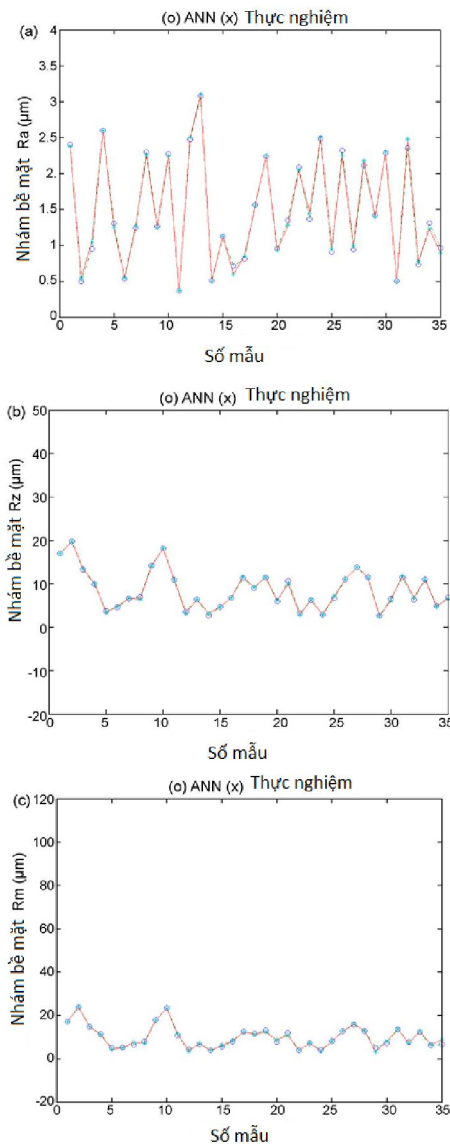
Bảng 4. Tham số của mạng nơron

Tham số	Giá trị
Số lần lặp	8000
Số đầu vào	3
Số đầu ra	1
Số lớp ẩn ( $R_h$ )	5
Số lớp ẩn ( $R_z, R_{max}$ )	10

**3.2. Kết quả dự đoán và phân tích**

Mạng nơron được mô tả ở phần trước được huấn luyện với số lần lặp khác nhau bằng cách sử dụng thuật toán giảm dốc gradien. Sai số tổng bình phương đã giảm với số lần lặp là 8000 và sau thời điểm này sai số không giảm được nữa nói cách khác là mặc dù việc luyện và thời gian luyện tăng lên nhưng sai số đầu ra cũng không giảm được nữa. Mặc dù vậy với số lần lặp là 8000 thì sai số có thể chấp nhận được.

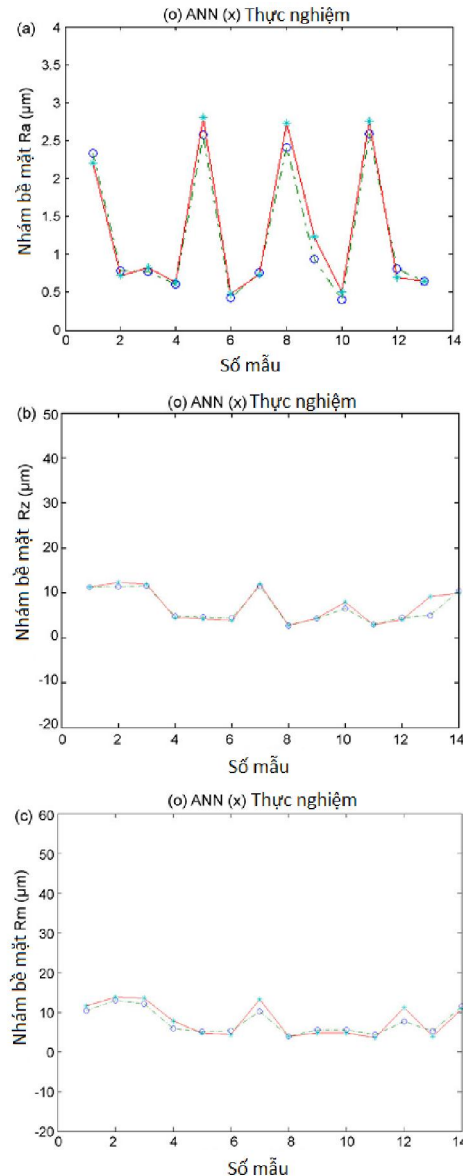
Hình 3 (a-c) thể hiện quá trình huấn luyện của mạng cho  $R_a, R_z$  và  $R_{max}$ .



Hình 3(a-c). Mức độ luyện tập của mạng nơron

Có thể thấy rằng trong hầu hết các trường hợp thì giá trị dự đoán của mạng nơron là rất gần với giá trị thực tế. Tuy nhiên có một số giá trị có sai số lớn điều này do nhiều nguyên nhân dẫn đến: Độ không đồng đều của vật liệu gia công, phép đo nhám, hoặc do một số nguyên nhân khác chưa rõ.

Hình 4 (a-c) thể hiện quá trình kiểm tra sự dự đoán của mạng nơron.

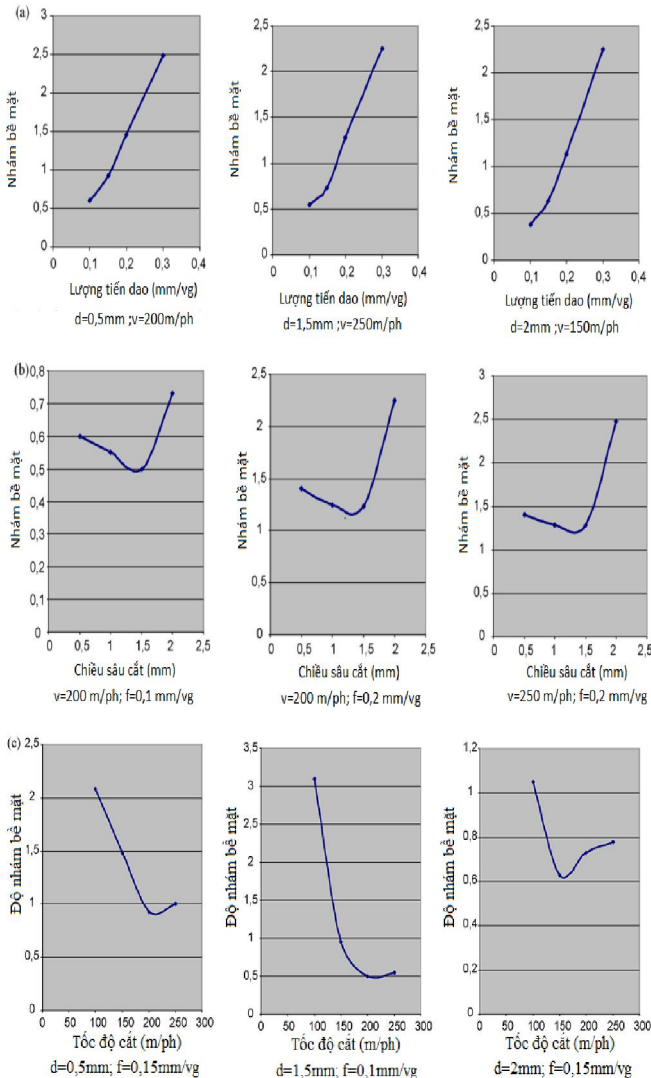


Hình 4(a-c). Kết quả kiểm tra quá trình dự đoán của mạng nơron

Tuy nhiên các lỗi này có thể bỏ qua được vì mức độ huấn luyện của mạng nơron nhân tạo là 90% với sai số tuyệt đối trung bình là 2,29%. Đối với dự đoán bằng phương pháp phân tích hồi quy thì sai số tuyệt đối trung bình là 10,75% [7].

Ảnh hưởng của tham số cắt đến độ nhám có thể được phân tích qua 2 tham số khác nhau của kết quả nghiên cứu. Đầu tiên 1 tham số là biến còn 2 tham số khác là hằng số. Thứ hai thì 2 tham số biến đổi còn 1 tham số là hằng số. Tuy

nhiên trong điều kiện thứ 2 này thì ảnh hưởng của các tham số lên bề mặt nhám rất phức tạp nó không tuân theo quy luật nào. Ngoài ra mục đích chính của nghiên cứu này là dự đoán giá trị độ nhám tương ứng với các tham số của điều kiện cắt hơn việc xác định ảnh hưởng của các tham số đến độ nhám. Do đó điều kiện đầu tiên là thích hợp để phân tích về ảnh hưởng của các tham số cắt đến nhám bề mặt. Các ảnh hưởng này được trình bày ở các hình 5(a-c).



Hình 5. Ảnh hưởng của tham số cắt đến nhám bề mặt  
 (a). Ảnh hưởng của lượng tiến dao đến nhám bề mặt  
 (b). Ảnh hưởng của chiều sâu cắt đến nhám bề mặt  
 (c). Ảnh hưởng của vận tốc cắt đến nhám bề mặt

Nghiên cứu cho thấy rằng, lượng tiến dao là một tham số nổi trội nhất ảnh hưởng nhất đến độ nhám bề mặt, độ nhám bề mặt tăng nhanh khi lượng tiến dao tăng ở vận tốc cắt và chiều sâu cắt không đổi hình 5(a). Tốc độ tiến dao có ảnh hưởng tiêu cực đến độ nhám bề mặt bởi vì biến dạng đàn hồi của vật liệu tăng lên khi tăng tốc độ tiến dao và bề mặt của dụng cụ cắt bị mòn lên bề mặt của chi tiết gia công làm ảnh hưởng đến chất lượng của chi tiết. Độ nhám

bề mặt giảm dần cho đến khi đạt được một giới hạn nhất định khi chiều sâu cắt tăng sau đó thì độ nhám lại tăng lên hình 5(b). Ảnh hưởng của tốc độ cắt đến độ nhám là khác nhau, độ nhám giảm dần khi tốc độ cắt tăng lên tuy nhiên khi tăng quá một giới hạn nhất định thì độ nhám lại tăng hình 5(c). Như vậy có một giá trị nhỏ nhất của độ nhám bề mặt ứng với một bộ giá trị tối ưu của tham số cắt.

**4. KẾT LUẬN**

Trong bài báo này, một phương pháp dự đoán nhám bề mặt khi tiện dựa trên mô hình thực tế đã được nghiên cứu và phát triển. Các kết luận từ nghiên cứu này có thể được tóm tắt như sau:

- Lượng chạy dao là tham số ảnh hưởng lớn nhất đến độ nhám, độ nhám tăng nhanh khi lượng chạy dao tăng.
  - Tốc độ cắt là tham số ảnh hưởng thứ hai đến độ nhám. Tốc độ cắt giảm thì nhám bề mặt tăng lên và ngược lại.
  - Chiều sâu cắt không phải yếu tố ảnh hưởng chính đến độ nhám bề mặt.
  - ANN có thể tạo ra được mối quan hệ chính xác giữa các tham số của chế độ cắt và độ nhám bề mặt vì vậy ANN có thể được sử dụng để tối ưu hóa tham số cắt trước khi gia công.
  - Nếu nghiên cứu được lặp lại với các thông số khác nhau trên các máy khác nhau thì có thể áp dụng tổng quát cho các loại gia công khác nhau trên các máy đó.
- Trong tương lai có thể lấy kết quả của quá trình dự đoán này điều khiển thích nghi các tham số của chế độ cắt để đạt được giá trị độ nhám theo yêu cầu cho trước.

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

[1]. Whitehouse, D.J., 1994. *Handbook of Surface Metrology*. Institute of Physics Publishing, Bristol, UK.  
 [2]. Fang, X.D., Safi-Jahanshahi, H., 1997. *A new algorithm for developing a reference model for predicting surface roughness in finish machining of steels*. International Journal of Production Research 35, 179-197.  
 [3]. Hongxiang, W., Dan, L., Shen, D., 2002. *Surface roughness prediction model for ultra-precision turning aluminum alloy with a single crystal diamond tool*. Chinese Journal of Mechanical Engineering 15, 153-156.  
 [4]. Choudhury, I.A., El-Baradie, M.A., 1997. *Surface roughness in the turning of high-strength steel by factorial design of experiments*. Journal of Material Processing Technology 67,55-61.  
 [5]. Dimla, E., Dimla, S., 1999. *Application of perceptron neural network to tool-state classification in a metal-turning operation*. Engineering Application of Artificial Intelligence 12, 471-477.  
 [6]. Pala, M., Caglar, N., Elmas, M., Cevik, A., Saribiyik, M., 2008. *Dynamic soil structure interaction analysis of neural network*. Construction and Building Materials 22 (3),330-342.  
 [7]. Lin, W.S., Lee, B.Y., Wu, C.L., 2001. *Modeling the surface roughness and cutting force for turning*. Journal of Materials Processing Technology 108 (3), 286-293.