

ỨNG DỤNG MẠNG NƠON NHÂN TẠO ĐỂ DỰ BÁO TỐC ĐỘ ĂN MÒN THÉP CT3 TRONG KHÍ QUYỀN

NGUYỄN MẠNH THẢO ⁽¹⁾, TRẦN THU HẰNG ⁽¹⁾, PHẠM VĂN NGUYỄN ⁽²⁾

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ăn mòn là một hiện tượng rất phổ biến của kim loại trong môi trường khí quyển. Vấn đề ăn mòn xuất hiện trong tất cả các thiết bị máy móc, kết cấu làm từ kim loại và gây ra những hậu quả nghiêm trọng nếu ta không dự báo được tốc độ ăn mòn của chúng. Chính vì thế, dự báo tốc độ ăn mòn kim loại là vấn đề đang được nhiều quốc gia quan tâm bởi đây là một vấn đề có ý nghĩa thực tiễn. Tuy nhiên, đây là một bài toán khó, bởi ảnh hưởng của từng yếu tố riêng rẽ đến tốc độ ăn mòn, sự tương tác giữa các yếu tố với nhau cũng như kết quả tác động của từng yếu tố khi đã bị tương tác bởi yếu tố khác đến tốc độ ăn mòn kim loại là một quá trình phi tuyến. Nhìn chung, sẽ tương đối khó khăn nếu muốn sử dụng phương trình toán học để mô tả một cách chính xác mối quan hệ giữa các yếu tố môi trường và tốc độ ăn mòn kim loại, nhất là trong điều kiện các yếu tố này có sự biến đổi liên tục. Ngày nay, việc ứng dụng mạng nơon nhân tạo để giải quyết những bài toán điều khiển, nhận dạng, phân loại, dự báo... đã trở nên phổ biến nhờ tính ưu việt của nó trong việc lượng hóa gần đúng các mối tương quan phi tuyến giữa các yếu tố khác nhau. Đã có một số công trình dự báo tốc độ ăn mòn kim loại trên cơ sở ứng dụng mô hình hồi quy tuyến tính [2] hoặc ứng dụng mạng nơon nhân tạo [5, 6]. Để xây dựng mô hình mạng nơon nhân tạo, các tác giả đã sử dụng các phần mềm STATISTICA, ENERTAV.

Trong bài báo này chúng tôi trình bày cách thức xây dựng mạng nơon nhân tạo để dự báo tốc độ ăn mòn khí quyển thép CT3 trong điều kiện khí hậu nhiệt đới Việt Nam. Mạng được xây dựng dựa trên tập số liệu thu thập được tại 26 điểm thí nghiệm trên cả nước. Sử dụng số liệu thu thập được tại 03 điểm khác để đánh giá khả năng dự báo của mạng. Kết quả được so sánh với phương pháp dự báo bằng mô hình hồi quy tuyến tính.

2. NỘI DUNG, PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Ứng dụng mạng nơon nhân tạo trong bài toán dự báo tốc độ ăn mòn kim loại trong khí quyển

Có nhiều phương pháp được sử dụng trong các bài toán dự báo như: Phương pháp hồi quy, phương pháp chuỗi thời gian, mạng nơon nhân tạo, hệ thống chuyên gia, máy véc-tơ hỗ trợ, logic mờ... Tuy nhiên, người ta thường sử dụng mạng nơon nhân tạo trong các bài toán dự báo khi:

- Không có mô hình toán học cụ thể của đối tượng cần dự báo.
- Đối tượng cần dự báo là một hàm phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác nhau.
- Hàm dự báo phức tạp, chưa biết trước, có quan hệ phi tuyến với các yếu tố phụ thuộc.

- Các phương pháp cổ điển thông thường như hồi quy, nội suy không cho độ chính xác đủ lớn, hội tụ chậm và có thể phân kỳ trong một số trường hợp.

Gần đây, mạng nơ ron nhân tạo được sử dụng trong lĩnh vực dự báo mối quan hệ giữa các yếu tố khí hậu và tốc độ ăn mòn kim loại mà nếu sử dụng các mô hình toán học cổ điển thông thường sẽ không thể thực hiện chính xác.

2.2. Mô hình mạng nơ ron nhân tạo

Mạng nơ ron nhân tạo (ANN) gọi tắt là mạng nơ ron, là một mô hình xử lý thông tin được mô phỏng theo cách thức xử lý thông tin của các hệ nơ ron sinh học. Nó được tạo nên từ một số lượng lớn các nơ ron được kết nối với nhau thông qua các mối liên kết như một thể thống nhất để giải quyết một vấn đề cụ thể nào đó.

Mô hình một mạng nơ ron nhân tạo thường có dạng như hình 1.

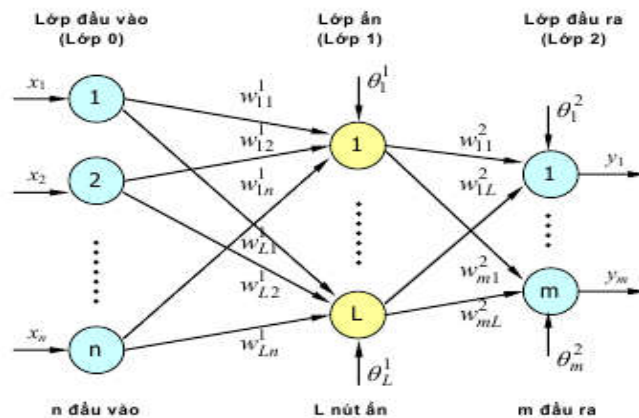
Mạng gồm 3 lớp: Lớp vào gồm n đầu vào, lớp ẩn gồm L nơ ron và lớp ra gồm m đầu ra. Lớp vào sẽ nhận thông tin x_i ($i = 1, 2, \dots, n$) từ các dữ liệu ban đầu. Sau đó, các giá trị x_i sẽ được nhân với một giá trị trọng số w_{jk}^1 ($j = 1, 2, \dots, L$), ($k = 1, 2, \dots, n$).

Giá trị $\sum_{k=1}^n w_{jk}^1 x_k + \theta_j^1$ sẽ trở thành đầu vào của lớp ẩn. Giá trị này tiếp tục được nhân với giá trị trọng số w_{ij}^2 ($i = 1, 2, \dots, m$) để trở thành đầu vào của lớp ra.

$$\text{Giá trị đầu ra là: } y_i = \sum_{j=1}^L w_{ij}^2 \left(\sum_{k=1}^n w_{jk}^1 x_k + \theta_j^1 \right) + \theta_i^2 \quad (1)$$

Quá trình học của mạng nơ ron chính là quá trình mạng thay đổi liên tục giá trị w_{jk}^1 và w_{ij}^2 nhằm thay đổi giá trị đầu ra y_i cho đến khi giá trị y_i đạt yêu cầu.

Khi mạng đã học xong, các giá trị w_{jk}^1 và w_{ij}^2 sẽ được mạng “giữ” lại và được dùng để tự xác định giá trị đầu ra trên cơ sở các bộ dữ liệu mới đưa đến đầu vào của mạng.



Hình 1. Mô hình mạng nơ ron nhân tạo 3 lớp

Nhờ có các nơron trong lớp ẩn, quan hệ giữa các đầu vào và đầu ra trở nên linh hoạt, tạo nên sự ràng buộc, tương quan giữa các đầu vào với nhau tác động đến đầu ra. Các bước xây dựng mô hình mạng nơron nhân tạo để dự báo tốc độ ăn mòn kim loại trong khí quyển đã được giới thiệu [3].

2.3. Thu thập số liệu

Dựa trên nguyên tắc hoạt động của mô hình mạng nơron nhân tạo dự báo tốc độ ăn mòn kim loại trong khí quyển, cần phải thu thập các bộ dữ liệu liên quan đến tốc độ ăn mòn thép CT3. Độ chính xác trong dự báo sẽ cao hơn khi chúng ta thu thập được số liệu của tất cả các yếu tố tác động đến quá trình ăn mòn của thép CT3. Các bộ dữ liệu này sẽ được chia thành 2 phần: Phần thứ nhất dùng để huấn luyện mạng, phần thứ hai để đánh giá khả năng hoạt động của mạng. Đánh giá khả năng hoạt động của mạng bằng cách đưa vào mạng (sau khi được huấn luyện) các dữ liệu đầu vào là các yếu tố khí hậu liên quan đến tốc độ ăn mòn thép CT3 để mạng tự xác định tốc độ ăn mòn. Kết quả đầu ra do mạng tự xác định sẽ so sánh với tốc độ ăn mòn thực tế để đánh giá khả năng dự báo của mạng.

Các dữ liệu khí hậu đã thu thập được gồm: Nhiệt độ trung bình năm, độ ẩm trung bình năm, thời gian lưu ẩm trung bình năm, hàm lượng Cl^- trung bình năm, số giờ mưa trong năm. 05 loại số liệu trên chính là các tham số đầu vào của mạng. Tham số đầu ra của mạng là tốc độ ăn mòn thép CT3 trong một năm đầu phơi mẫu.

Số lượng các bộ dữ liệu thu thập được gồm 29 bộ như ở Bảng 1. Đây là kết quả thu được sau 1 năm phơi mẫu ở các địa điểm khác nhau trên lãnh thổ Việt Nam. Các bộ dữ liệu từ 1 đến 21 được lấy từ [2], các bộ dữ liệu từ 21 đến 29 được lấy từ kết quả của dự án đánh giá tác động của môi trường khí hậu nhiệt đới đến trang bị vũ khí Phòng không - Không quân do phòng Thử nghiệm tổng hợp, Viện Độ bền nhiệt đới, Trung tâm Nhiệt đới Việt - Nga cung cấp. Số liệu trong bảng 1 là các số liệu đã được xử lý để đưa các giá trị thu thập được về nằm trong khoảng [0, 1].

Bảng 1. Dữ liệu huấn luyện và kiểm tra mạng

TT	Địa điểm	Tốc độ ăn mòn	Nhiệt độ	Độ ẩm	Thời gian lưu ẩm	Cl^-	Số giờ mưa
1	Đồ Sơn	0,291	0,211	0,804	0,802	0,488	0,171
2	Đồ Sơn	0,280	0,178	0,804	0,734	0,319	0,171
3	Hải Dương	0,288	0,200	0,793	0,769	0,181	0,318
4	Hà Nội	0,242	0,267	0,548	0,398	0,100	0,402
5	Hà Nội	0,251	0,267	0,468	0,452	0,121	0,402
6	Hà Nội	0,185	0,333	0,425	0,390	0,115	0,402
7	Hà Nội	0,229	0,311	0,372	0,335	0,115	0,402
8	Thanh Hóa	0,244	0,244	0,729	0,753	0,137	0,227
9	Đồng Hới	0,257	0,344	0,617	0,619	0,225	0,165
10	Huế	0,249	0,322	0,788	0,715	0,109	0,100

11	Đà Nẵng	0,274	0,467	0,644	0,635	0,132	0,169
12	Đà Nẵng	0,265	0,456	0,655	0,642	0,157	0,169
13	Nha Trang	0,203	0,556	0,521	0,387	0,343	0,166
14	TP. HCM	0,203	0,667	0,244	0,279	0,108	0,740
15	TP. HCM	0,193	0,456	0,441	0,378	0,151	0,740
16	TP. HCM	0,167	0,733	0,159	0,100	0,131	0,740
17	TP. HCM	0,143	0,700	0,319	0,267	0,126	0,740
18	Vũng Tàu	0,193	0,644	0,441	0,349	0,268	0,223
19	Vũng Tàu	0,208	0,633	0,447	0,326	0,306	0,223
20	Mỹ Tho	0,170	0,589	0,532	0,493	0,207	0,100
21	Mỹ Tho	0,189	0,589	0,639	0,604	0,207	0,100
22	TP. HCM	0,208	0,900	0,100	0,201	0,408	0,900
23	Hà Tây	0,263	0,322	0,569	0,586	0,381	0,525
24	Bạch Long Vĩ	0,900	0,100	0,761	0,719	0,900	0,433
25	Thanh Hóa	0,178	0,433	0,591	0,556	0,313	0,362
26	Pleiku	0,100	0,144	0,457	0,535	0,429	0,385
27	<i>Yên Bái</i>	<i>0,167</i>	<i>0,222</i>	<i>0,900</i>	<i>0,900</i>	<i>0,318</i>	<i>0,327</i>
28	<i>Đà Nẵng</i>	<i>0,644</i>	<i>0,567</i>	<i>0,500</i>	<i>0,684</i>	<i>0,864</i>	<i>0,857</i>
29	<i>Thái Bình</i>	<i>0,309</i>	<i>0,256</i>	<i>0,825</i>	<i>0,446</i>	<i>0,652</i>	<i>0,335</i>

29 bộ dữ liệu trên sẽ được chia thành 2 phần, 26 bộ dữ liệu (từ 1 đến 26) dùng để huấn luyện và 3 bộ dữ liệu (từ 27 đến 29) dùng để kiểm tra khả năng hoạt động của mạng nơron.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Xây dựng phương trình hồi quy dự báo tốc độ ăn mòn khí quyển của thép CT3

Sử dụng 26 bộ dữ liệu (từ 1 đến 26) để xây dựng phương trình hồi quy tuyến tính. Phương trình hồi quy tuyến tính xây dựng được như sau:

$$K = - 0.7905 \cdot T + 0.7905 \cdot RH - 0.4396 \cdot TOW + 0.4795 \cdot Cl + 0.2358 \cdot Rf - 1.1375 \quad (2)$$

Trong đó:

- K: Tốc độ ăn mòn khí quyển của thép CT3 (g/m²/năm).
- T: Nhiệt độ trung bình năm của không khí (°C).
- RH: Độ ẩm tương đối trung bình năm của không khí (%).
- TOW: Thời gian lưu ẩm (giờ/năm).
- Rf: Tổng lượng mưa (mm/năm).
- Cl: Nồng độ ion clo (mg/m²).

Từ (2), ta có thể kiểm tra sai số dự báo tốc độ ăn mòn khí quyển của thép CT3 tại các khu vực Yên Bái, Đà Nẵng, Thái Bình bằng cách nhập các số liệu của bộ dữ liệu từ 27 đến 29 theo bảng 1 vào phương trình (2). Kết quả như bảng 2:

Bảng 2. Kết quả dự báo bằng phương pháp hồi quy tuyến tính

TT	Giá trị thực tế	Giá trị dự báo bằng hồi quy tuyến tính	Sai số tương đối (%)
1	0,167	0,395	136,5
2	0,644	0,541	16,0
3	0,309	0,696	125,2

3.2. Xây dựng cấu trúc mạng nơron dự báo tốc độ ăn mòn khí quyển của thép CT3

Trên cơ sở các thông số đầu vào là bộ dữ liệu về điều kiện khí hậu, đầu ra là khối lượng kim loại đã bị ăn mòn để xây dựng cấu trúc mạng cho phù hợp. Cấu trúc mạng gồm 3 lớp: Lớp vào, lớp ẩn và lớp ra. Kiểu của mạng thuộc dạng truyền thẳng có hồi tiếp. Cấu trúc của mạng được lựa chọn trực tiếp trên giao diện.

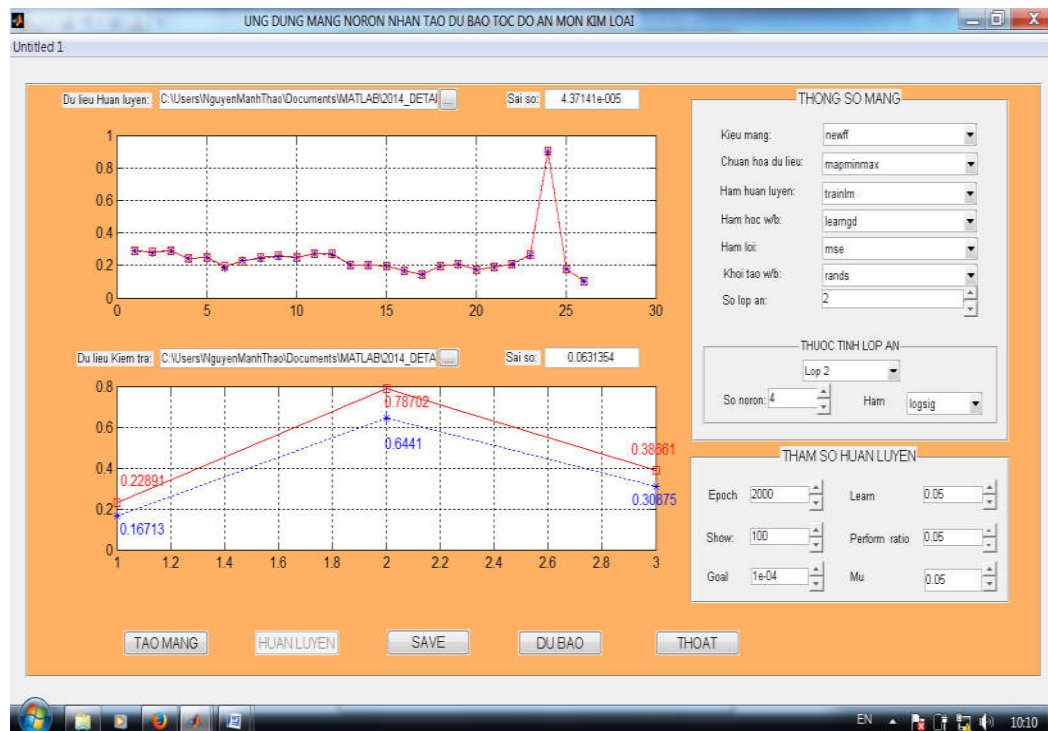
Cấu trúc cụ thể gồm: Số lượng nơron ở lớp vào: 05; Số lượng nơron lớp ra: 01; Số lượng lớp ẩn: 02; Số lượng nơron ở lớp ẩn thứ nhất: 03. Số lượng nơron lớp ẩn thứ hai: 04 ; Bước học: 0,05; Hàm huấn luyện: Logsig; Sai số bình phương trung bình (MSE): 0,0631354.

3.3. Kết quả huấn luyện và kiểm tra mạng

Sau khi xây dựng chương trình và giao diện để nhập các thông số cần thiết, kết quả huấn luyện và kiểm tra mạng như hình 2:

- Đồ thị phía trên cho phép xem xét hình ảnh kết quả huấn luyện mạng. Các điểm dấu hình “*” là các điểm giá trị tốc độ ăn mòn kim loại được đưa vào để huấn luyện mạng, các điểm này được nối với nhau bằng các đường đứt nét. Các điểm dấu hình ô vuông là các điểm giá trị tốc độ ăn mòn do mạng học được, các điểm này được nối với nhau bằng các đường liền nét.

- Đồ thị phía dưới cho phép xem xét kết quả kiểm tra khả năng hoạt động của mạng sau khi được huấn luyện. Có 3 bộ dữ liệu mới được đưa đến đầu vào của mạng để mạng tự xác định giá trị tốc độ ăn mòn thép CT3 ở đầu ra. Các điểm giá trị thực tế là các điểm dấu hình “*”, được nối với nhau bằng các đường đứt nét. Các điểm giá trị do mạng tự xác định là các điểm dấu hình ô vuông, được nối với nhau bằng các đường liền nét.



Hình 2. Đồ thị kết quả huấn luyện và kiểm tra mạng

Nhận xét: Ở đồ thị trên, hai đường đồ thị gần như trùng nhau. Đây là kết quả thường gặp trong các trường hợp khi số bộ dữ liệu huấn luyện không nhiều so với số lượng đầu vào, xảy ra hiện tượng học quá khớp. Ở đồ thị dưới, kết quả dự báo có độ chính xác khá cao, các đường đứt nét và liền nét khá gần nhau.

Các giá trị cụ thể mạng tự xác định được như bảng 3 sau:

Bảng 3. Kết quả dự báo bằng mạng nơron nhân tạo

TT	Giá trị thực tế	Giá trị dự báo bằng mạng nơron nhân tạo	Sai số tương đối (%)
1	0,167	0,229	27,0
2	0,644	0,787	18,2
3	0,309	0,387	20,1

So với sai số dự báo bằng phương pháp hồi quy tuyến tính ở bảng 2 thì phương pháp dự báo sử dụng mạng nơron nhân tạo có sai số dự báo thấp hơn nhiều.

4. KẾT LUẬN

Trong công trình này chúng tôi đã sử dụng phần mềm Matlab để xây dựng lên một mạng nơ-ron nhân tạo dùng để dự báo tốc độ ăn mòn khí quyển của thép CT3 trong điều kiện môi trường khí hậu nhiệt đới Việt Nam. Mạng đã được xây dựng dựa trên 05 tham số đầu vào là nhiệt độ, độ ẩm, thời gian lưu ẩm, hàm lượng Cl^- , số giờ mưa trung bình năm của 26 địa điểm (thuộc 15 tỉnh, thành) phân bố ở cả ba miền Bắc - Trung - Nam. Kết quả dự đoán tốc độ ăn mòn tại 03 địa điểm (Yên Bái, Đà Nẵng, Thái Bình) cho thấy có độ chính xác khá cao (sai số tương đối $< 30\%$) so với giá trị thực tế và chính xác hơn nhiều so với mô hình hồi quy tuyến tính. Kết quả ban đầu của bài báo cho thấy hoàn toàn có thể ứng dụng mạng nơ-ron nhân tạo (sử dụng phần mềm Matlab để xây dựng) để dự báo tốc độ ăn mòn kim loại trong môi trường khí hậu nhiệt đới nước ta với độ tin cậy cao và thuận tiện.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bùi Công Cường, Nguyễn Doãn Phước, *Hệ mờ mạng nơ-ron và ứng dụng*, Nxb. Khoa học và Kỹ thuật, 2006.
2. Le Thi Hong Lien, Pham Thi San & Hoang Lam Hong, *Corrosion mapping of carbon steel in non-coastal areas of Viet Nam*, International corrosion engineering conference 2010, Hanoi, Viet Nam, 2010.
3. Nguyễn Mạnh Thảo, *Triển vọng ứng dụng mạng nơ-ron nhân tạo để dự báo tốc độ ăn mòn kim loại trong khí quyển*. Tuyển tập các báo cáo tại Hội nghị khoa học nhân dịp kỷ niệm 25 năm ngày thành lập Trung tâm Nhiệt đới Việt - Nga, 11/2012.
4. Ivan Cole, Nguyễn Việt Huệ, *Steel corrosion map of Viet Nam*, International Corrosion Engineering Conference 2010, Hanoi, Viet Nam, 2010.
5. Jianping Cai, Cottis R. A., Lyon S. B., *Phenomenological modelling of atmospheric corrosion using an artificial neural network*, Corrosion Science, 1999, **41**(10):2001-2030.
6. Zora Jancikova, Katerina Kreislova, Pavel Kostial, Ivan Ruziak, Martin Bogar, *Prediction of steel atmospheric corrosion by means of artificial intelligence methods*, 20th anniversary international conference on metallurgy and materials METAL 2011, Brno (18-20/5/2011), Czech Republic.

SUMMARY

APPLICATION OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORK TO PREDICT ATMOSPHERIC CORROSION RATE OF THE STEEL CT3

Predicting atmospheric corrosion rate of metals has important practical significance. The linear model was often used to predict corrosion rate of metals but this provides low precision. This is because the influence of environmental factors to the corrosion rate is not linear. This paper presents the result of building up one artificial neural network using Matlab software, which can predict atmospheric corrosion rate of CT3 carbon steel in Vietnam tropical climate with input and output data of 26 test areas in 15 provinces of the North, Central and South of Vietnam. This neural network has 05 input parameters including the temperature, humidity, time of wetness - TOW, Cl⁻ concentration, number of hours of rain (average of one year). The obtained results of corrosion rate of CT3 steel at 03 locations (Yen Bai, Da Nang, Thai Binh) by using the neural network show much higher accuracy (relative error < 30%) compared with the linear regression models.

Từ khóa: Artificial neural network, corrosion, steel CT3, Matlab software.

Nhận bài ngày 06 tháng 11 năm 2014

Hoàn thiện ngày 24 tháng 2 năm 2015

⁽¹⁾ *Trung tâm Nhiệt đới Việt - Nga*

⁽²⁾ *Học viện Kỹ thuật Quân sự*