NHẬN DẠNG TRẠNG THÁI KỸ THUẬT CỦA ĐỘNG CƠ A38 TRÊN TÀU VINAFCO 25 BẰNG MẠNG NƠ RON NHÂN TẠO

SPECIFYING TECHNICAL STATE OF A38 DIESEL ENGINE ON BOARD THE VINAFCO25 BY ARTIFICIAL NEUTRAL NETWORK

KS. MAI THẾ TRỌNG; TS. LÊ VĂN ĐIỂM
Khoa Máy tàu biển – Trường ĐHHH

Tóm tắt:

Bài báo giới thiệu về mạng nơ ron nhân tạo và ứng dụng trong việc xác định trạng thái kỹ thuật của động cơ diesel tàu thuỷ với đối tượng trực tiếp là động cơ A38 lắp đặt trên tàu VINAFCO25. Những kết quả của bài báo có thể dùng làm cơ sở xây dựng mô hình chẩn đoán kỹ thuật cho các động cơ diesel tàu thủy đang khai thác.

Abstract:

This paper introduces Artificial Neural Network and its application in specifying technical state of marine diesel engine in case of A38 diesel engine installed on M/V VINAFCO25. The results of the paper can be used to build the technical diagnoses model for all servicing marine diesel engines.

1. Đặt vấn đề

Quá trình công tác của động cơ diesel trong thực tế là phức tạp, mối quan hệ giữa các thông số đầu vào (yếu tố kết cấu, điều kiện khai thác,…) và đầu ra (công suất, vòng quay, tình trạng kỹ thuật,…) thường là những hàm phi tuyến tính phức tạp. Để nghiên cứu mối quan hệ này thông thường phải tuyến tính hoá các hàm phi tuyến sau đó suy rộng theo phương pháp gần đúng.

Ngày nay với sự phát triển của các công cụ toán học dựa trên những ứng dụng của công nghệ tin học cho phép người ta có nhiều những công cụ hơn để xác định các mối quan hệ phi tuyến này. Một trong những công cụ được ứng dụng phổ biến hiện nay đó là mô hình mạng nơ ron nhân tạo (ANN).

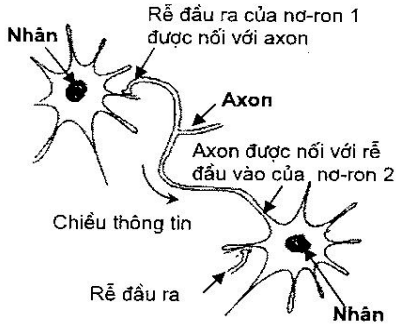
Trong quá trình khai thác động cơ và quản lý kỹ thuật nếu một hay một vài thông số thay đổi, bằng hiểu biết của mình các nhà khai thác hay quản lý kỹ thuật có thể xác định tình trạng kỹ thuật hiện tại của động cơ, tuy nhiên nếu nhiều thông số công tác cùng thay đổi một lúc thì sẽ rất dễ bị nhiễu bởi bộ não con người không có khả năng tư duy liền lúc nhiều vấn đề.

Xuất phát từ ý tưởng như vậy, tác giả đã nghiên cứu và giới thiệu phương pháp mới để xác định TTKT của động cơ diesel tàu thuỷ bằng mạng nơ ron nhân tạo [3].

2. Giới thiệu sơ lược về mạng nơ ron nhân tạo (ANN)

2.1 Căn nguyên sinh học [2]

Bộ não người được cấu tạo từ hang triệu các tế bào liên kết với nhau gọi là các nơ ron thần kinh. Một nơ ron thần kinh chứa đựng các thành phần cơ bản đó là thân nơ ron và các rễ (Hình 1). Các thân nơ ron làm nhiệm vụ chứa đựng thông tin, các rễ thường có 2 loại đó là các rễ đầu vào (input) làm nhiệm vụ nhận thông tin từ các nơ ron khác thông qua axon và rễ đầu ra (output) làm nhiệm vụ truyền thông tin qua axon tới các nơ ron khác. Một tính chất cơ bản của mạng nơ ron sinh học là đáp ứng theo kích thích có khả năng thay đổi theo thời gian, khi một nơ ron có kích thích thay đổi sẽ dẫn đến thay đổi trạng thái của các nơ ron khác và kết quả là thay đổi toàn bộ tín hiệu ra của mạng. Việc thay đổi trạng thái của mạng được thực hiện bởi quá trình "dạy", "học" và khả năng "tự học" của thần kinh con người.

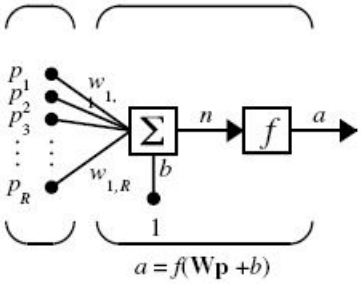


Hình1: Cấu tạo nơ ron sinh học

2.2 Mạng nơ ron nhân tạo [5]:

Sự thay thế những tính chất của mạng nơ ron sinh học bằng một mô hình toán học tương đương gọi là mạng nơron nhân tạo. Hay nói cách khác mạng nơron nhân tạo (ANN) là một mô hình toán học vận dụng khả năng tính toán, suy luận của nơ ron thần kinh con người. Một nơ ron nhân tạo được biểu diễn như Hình 2.

Nếu cho vector dữ liệu đầu vào, *p*, nơron sẽ xác định giá trị đầu ra, *a*, theo quy luật cho trước nào đó, $a = f(W.p + b)$. Trong đó *w* là các hệ số trọng. Nếu có một bộ dữ liệu gồm một vector đầu vào, *p*, tương ứng với giá trị đầu ra, *a*, nơron sẽ xác định giá trị của vector hệ số, *w*, sao cho phù hợp với quy luật $a = f(W.p + b)$. Như vậy, mô hình đã được nhận dạng.

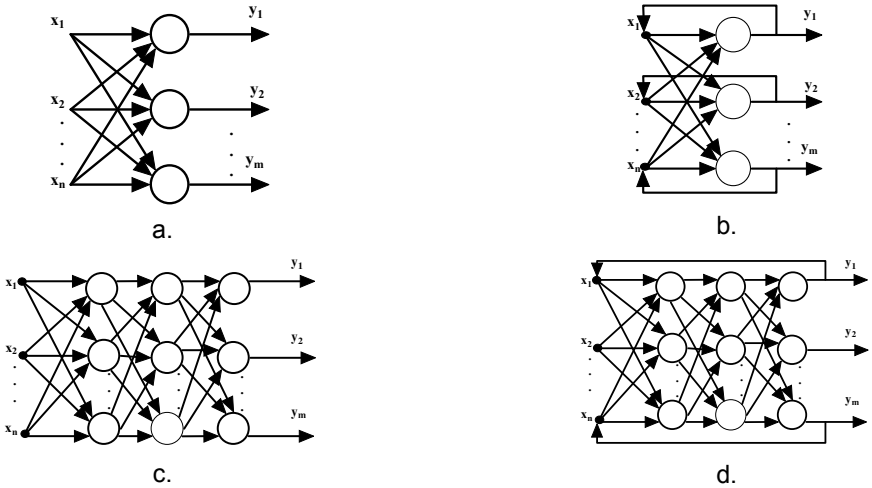


Hình 2: Cấu tạo một nơ ron nhân tạo

2.3 Các dạng mạng nơ ron [1]

Mạng nơ ron bao gồm nhiều các nơ ron kết nối với nhau theo một cách nào đó, chính vì vậy trong thực tế tồn tại rất nhiều các mô hình mạng khác nhau, việc xây dựng mạng sao cho phù hợp với bài toán cần giải phụ thuộc vào mục đích bài toán, khả năng hiểu biết về mạng cũng như thẩm mỹ của từng người. Dưới đây tác giả xin giới thiệu một số mô hình mạng chính:

- Mạng nơ ron mạch thẳng (feed forward network): Là mạng mà ở đó không tồn tại bất cứ một mạch hồi tiếp nào kể cả hồi tiếp từ đầu ra về đầu vào.



Hình 3: Các dạng mạng nơ ron

a. Mạng truyền thẳng một lớp
b. Mạng truyền thẳng nhiều lớp
c. Mạng hồi tiếp một lớp
d. Mạng hồi tiếp nhiều lớp.

- Mạng nơ ron hồi tiếp (feedback forward): Là mạng mà ở đó có đường phản hồi từ đầu ra của một nơ ron tới đầu vào của nơ ron cùng lớp hoặc thuộc lớp phía trước.

- Mạng nơ ron một lớp (Single layer perceptron network): Là mạng chỉ có một lớp, vừa là lớp vào, vừa là lớp trung gian và cũng là lớp ra.

- Mạng nơ ron nhiều lớp (Multi layer perceptron-MLP): Là mạng gồm lớn hơn một lớp trng gian. Khi mức độ tuyến tính của các hàm là phức tạp, mạng một lớp khó có thể cho các kết quả chính xác hay nói cách khác là

2.4 Một số ứng dụng của mạng nơ ron nhân tạo [4]

- Trong hàng không vũ trụ: làm phi công tự động, hệ thống giả lập đường bay, các hệ thống điều khiển máy bay, bộ phát hiện lỗi,…

- Trong lĩnh vực cơ giới: Các hệ thống điều khiển tự động, bộ phận phân tích hoạt động của xe.

- Trong lĩnh vực ngân hàng: Bộ đọc sec, tính tiền, các thẻ tín dụng…

- Trong quân sự: Định vị, phát hiện vũ khí, dò mục tiêu, nhận dạng nét mặt,…

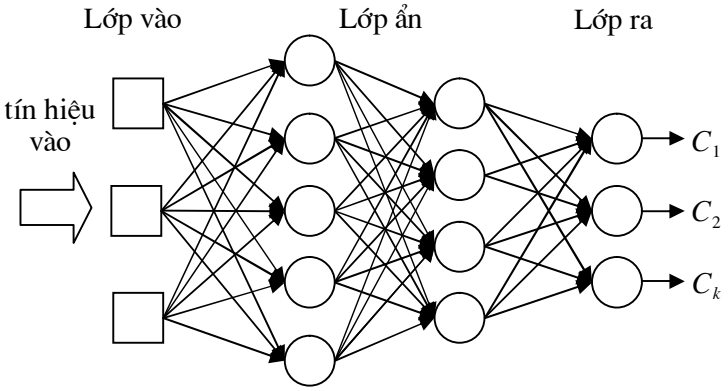
- Điện tử: Dự đoán mã tuần tự, sơ đồ IC, điều khiển tiến trình, nhận dạng giọng nói,…

- Giải trí: Công nghệ hoạt hình, các hiệu ứng đặc biệt,..

3. Ứng dụng mạng MLP xác định trạng thái kỹ thuật (TTKT) của động cơ A38 tàu VINAFCO25

3.1 Xây dựng mô hình mạng cho bài toán

Giả sử TTKT của động cơ A38 được chia làm k lớp C=[C_1,C_2,…C_k] tương ứng với các đặc trưng công tác nào đó của động cơ. Mục tiêu của chúng ta là xây dựng mạng MLP sao cho khi đưa tới đầu vào một véctơ trạng thái, mạng sẽ gán véctơ này vào một trong số k lớp trạng thái có sẵn. Cấu trúc mạng MLP để giải bài toán phân loại có dạng như hình 4. Trong đó lớp vào là các nơ ron thay thế cho thông số chẩn đoán (vòng quay, thanh răng, công suất, các thông số áp suất, nhiệt độ của động cơ), lớp ra là các nơ ron thay cho lớp TTKT cần phân loại của động cơ (k), lớp ẩn gồm 1 hay nhiều lớp tuỳ thuộc vào tính phức tạp của các quan hệ phi tuyến, các nơ ron của lớp ẩn sẽ nhận tín hiệu từ cả lớp vào và lớp ra sau đó điều chỉnh các trọng số để mạng có thể hội tụ.



Hình 4: Cấu trúc mạng MLP cho bài toán phân loại TTKT

3.2 Gán thuật toán cho mô hình [1]:

Mạng MLP được huấn luyện theo thuật toán lan truyền ngược lỗi (back propagation), sao cho sai lệch giữa tín hiệu ra của mạng và giá trị đích (target) là nhỏ nhất.

$$\min E = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}(t_i - y_i)^2 \ , \qquad (3)$$

Trong đó y_i – tín hiệu ra của mạng ;

t_i – tín hiệu đích tương ;

n – kích thước không gian dữ liệu (thông số chẩn đoán).

3.3 Đo đạc, phân tích và xử lý số liệu:

Dữ liệu được tiến hành thu thập dựa trên các thông số nhiệt độ, áp suất, vòng quay, thanh răng nhiên liệu, công suất, áp suất cháy lớn nhất trong xi lanh được tóm lược trong bảng 1 như sau:

Bảng 1: Bảng dữ liệu động cơ phục vụ chẩn đoán

Mẫu số liệu	*Tay ga*	*Vòng quay*	*Pmax*	*Công suất*	*Áp suất gió tăng áp*	*Áp suất dầu nhờn*	*Nhiệt độ gió tăng áp*	*Nhiệt độ nước làm mát*	*…*	*Lớp TTKT*
1										*C1*
…										*…*
N										*Ck*

Cột cuối cùng của bảng dữ liệu chứa thông tin về lớp TTKT tương ứng với từng mẫu dữ liệu (thường là dạng chữ), ta có thể mã hoá tín hiệu này thành dạng số hoặc dạng ký tự đặc biệt cho phép mạng nhân dạng, thông thường chúng ta nên mã hoá trước tín hiệu cho mạng dưới dạng số như trong bảng 2.

Bảng 2: Mã hoá dữ liệu cho tên lớp trạng thái

	C_1	C_2	…	C_k
Mẫu C_1	1	0	0	0
Mẫu C_2	0	1	0	0
…	0	0	1	0
Mẫu C_k	0	0	0	1

3.4 Kết quả huấn luyện:

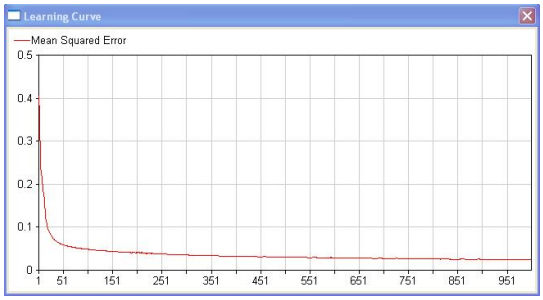
Mạng được xây dựng và huấn luyện với sự trợ giúp của phần mềm Neuro Solution 5 được phát triển bởi hãng ND, đây là phần mềm chuyên về xây dựng các mô hình mạng nơ ron. Sau khi tiến hành thu thập 600 bộ dữ liệu từ động cơ A38 tàu VINAFCO25 ứng với 4 TTKT là: "nhỏ tải" "Bình thường1" "Bình thường2" "Sự cố tuabin tăng áp" đưa vào mạng huấn luyện, trong đó 90% dữ liệu dùng để huấn luyện, 10% dùng để kiểm tra và thu được kết quả như sau:

Training/Active Confusion Matrix (Percentages)

	Nho_tai	BT1	BT2	Suco_tb
Nho_tai	100.000000000000	0.000000000000	0.000000000000	0.000000000000
BT1	5.882352941176	82.352941176471	11.764705882353	0.000000000000
BT2	0.000000000000	1.086956521739	98.913043478261	0.000000000000
Suco_tb	0.000000000000	0.000000000000	0.000000000000	100.000000000000

Bảng 3: Ma trận kết quả huấn luyện từ mạng MLP cho TTKT động cơ A38

Từ ma trận kết quả trên có thể thấy với TTKT "nhỏ tải" và "sự cố tuabin tăng áp" mạng MLP đã nhận dạng đúng 100% vì các thông số của động cơ ứng với lớp TTKT này là khác nhau nhiều với chế độ khai thác bình thường của động cơ, còn ở lớp TTKT "bình thường 1" và "bình thường 2" có một phần nhỏ tỷ lệ nhầm do thông số công tác của các lớp TTKT này là tương tự nhau. Lỗi huấn luyện của mạng (Mean Squared Error) được thể hiện trong hình số 5:



Hình 5: Lỗi huấn luyện của mạng MLP

Ở đây lỗi huấn luyện giảm dần từ 0.4 xuống 0.035, so với tiêu chuẩn huấn luyện một mạng nơ ron thì lỗi huấn luyện được coi là chấp nhận được nếu nhỏ hơn 0.1. Như vậy mạng đã được

huấn luyện thành công. Sau khi huấn luyện thành công mạng sẽ được xử dụng để nhận dạng dữ liệu mới, nghĩa là nếu ta có một bộ dữ liệu là thông số kỹ thuật mới của động cơ đưa vào thì mạn sẽ tự động nhận dạng và gán chúng vào một trong các lớp TTKT như trên.

4. Kết luận

Mạng MLP nhân tạo thể hiện ưu điểm vượt trội ở khả năng nhận dạng các quan hệ phi tuyến phức tạp, việc nhận dạng TTKT của động cơ diesel tàu thuỷ bằng mạng MLP cung cấp cho các nhà khoa học trong chuyên ngành máy tàu biển một công cụ mới và hữu ích trong việc chẩn đoán kỹ thuật động cơ diesel. Nếu thu thập được đầy đủ dữ liệu ứng với các TTKT của động cơ thì nó có thể áp dụng rất hữu ích cho người khai thác và quản lý kỹ thuật tại các công ty vận tải biển.

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

[1]. Principe J.C., Euliano N.R., Lefebvre W.C. Neural and adaptive systems: Fundamentals through simulations. John Wiley & Sons, 2000. – 656 p.

[2]. Bùi Công Cường, Nguyễn Doãn Phước (2006), Hệ mờ mạng nơ ron và ứng dụng, Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật.

[3]. Lê Văn Điểm, Các mô hình và thuật toán chẩn đoán kỹ thuật động cơ diesel tàu thủy trong điều kiện khai thác. Luận văn Tiến sỹ kỹ thuật, Trường Đại học Giao thông đường thủy Xanh-Petecbua, Liên bang Nga, 2006.

[4]. Matlab – Neural networks tool box, 2005.

[5]. www.ND.com.

Người phản biện: TS. Ngô Ngọc Lân