

**NHẬN DẠNG VÀ PHÂN LOẠI CÁC DẠNG HẠT MÀI TRONG DẦU BÔI TRƠN ĐỘNG CƠ DIESEL BẰNG MÔ HÌNH MẠNG NƠ RON NHÂN TẠO**  
**THE IDENTIFY AND CLASSIFICATION WEAR PARTICLES IN LUBRICATING OIL OF DIESEL ENGINE BY THE NETWORK MODEL OF PHORMOLOGICAL-ARTIFICIAL NEURAL NETWORK (ANN)**

**ThS.NCS. MAI THẾ TRỌNG**  
**PGS, TS. NGUYỄN ĐẠI AN**

*Khoa Máy tàu biển, Trường ĐHHH Việt Nam*

**Tóm tắt**

*Bài báo giới thiệu các dạng hạt mài cơ bản liên quan trực tiếp đến tình trạng kỹ thuật của động cơ diesel. Phương pháp nhận dạng các hạt mài bằng mạng nơ ron nhân tạo dựa trên các đặc điểm hình học có được nhờ quan sát các mẫu thu được. Mô hình mạng sau khi được xây dựng và huấn luyện thành công sẽ thay thế kiến thức chuyên gia góp phần chẩn đoán nhanh chóng tình trạng kỹ thuật của động cơ.*

**Abstract**

*This article introduces some basis wear particles effecting to technical condition of diesel engine directly. Method of identify their phormological base the geometric chararictics by reading ferrogram sample. Network model after building and training complete will replace specialist knowledge to hept to diaglose in the technical condition of diesel engine quickly*

**1. Giới thiệu**

Các dạng hạt mài mòn kim loại trong dầu bôi trơn chứa đựng những thông tin quan trọng liên quan đến tình trạng thực tại của máy móc. Với các công nghệ quang học và từ tính hiện đại, người ta đã có thể nhận dạng được chính xác hình dạng, kích thước cũng như nguồn gốc vật liệu cụ thể của các dạng hạt mài mòn để có thể xác định và chẩn đoán tình trạng kỹ thuật tương ứng của các chi tiết chịu ma sát. Một trong những công nghệ đó là công nghệ phân tích bằng máy Ferrograph để tách các hạt mài và sử dụng kính hiển vi quang học lưỡng sắc (microscopic) để quan sát hình dạng của các hạt mài [2]

Công nghệ nhận dạng bằng tính toán mềm (Soft computing) cho phép xử lý nhanh chóng các dữ liệu đa chiều, đa biến và phức tạp thay vì các phương pháp toán học cổ điển phức tạp. Một trong những công nghệ hữu hiệu nhất hiện nay là công nghệ mạng nơ ron nhân tạo (ANN - Artificial Neural Network) [3]

Bài báo giới thiệu phương pháp sử dụng công nghệ mạng nơ ron nhân tạo MLP (Multi layer perceptron) để nhận dạng và phân loại các dạng mài mòn chính của động cơ diesel tàu thủy thông qua việc phân tích các pherogram từ các mẫu dầu bôi trơn của động cơ. Từ đó có thể chẩn đoán tình trạng kỹ thuật của động cơ một cách nhanh chóng.

**2. Các dạng hạt mài mòn chính của động cơ diesel, đặc điểm và nguồn gốc của chúng**

Bằng việc thu thập và phân tích các mẫu dữ liệu về dầu bôi trơn tương ứng các tình trạng kỹ thuật của động cơ, kết hợp kiến thức chuyên gia người ta đã phân loại được các dạng hạt mài mòn chính từ động cơ. Theo [2,8] 4 dạng hạt mài mòn chính liên quan đến hư hỏng của động cơ như sau:

- *Các hạt mài mòn cắt (cutting partical):* đây là những hạt mài không bình thường. Chúng xuất hiện do kết quả của việc bề mặt trượt cứng hơn bị bong/nứt/gãy sẽ cào xước vào bề mặt mềm hơn (ví dụ như trục cào vào bạc). Chúng thường có bề mặt thô và rộng, kích thước trung bình 2-5µm về rộng và 25-100µm về dài. Đây là những hạt mài rất nguy hiểm và cần phải được giám sát cẩn thận dù chỉ là một lượng nhỏ. Nếu hệ thống có xuất hiện những hạt mài cắt đến 50µm thì là báo động một hư hỏng sắp xảy ra. (dùng dấu ; thay cho dấu .)

- *Các hạt mài mòn do trượt khốc liệt (sliding partical):* trượt khốc liệt bắt đầu khi bề mặt ma sát có ứng suất vượt giới hạn của tải trọng tốc độ, lớp cắt hỗn hợp khi ấy trở lên không ổn định và những hạt mài lớn bị tách ra làm tăng tốc độ mài mòn. Những hạt mài mòn này có kích thước trung bình khoảng 15µm hoặc lớn hơn, chúng thường có những lưỡi mép thẳng, bề mặt có những khía do kết quả của việc trượt, tỷ lệ giữa kích thước chính (major dia) và chiều dày của hạt khoảng 10:1, các hạt mòn khốc liệt càng lớn thì lưỡi cắt càng sắc nét. (dùng dấu ; thay cho dấu .)

- Các hạt mài mòn do môi (*fatigue partical*): các bộ phận quay như bạc, ổ bi...khi bị môi sinh ra những hạt mài do môi có kích thước cực đại tới 100µm, hình dạng phẳng dẹt hoặc cầu, chu vi hình thê không theo qui luật và hệ số kích thước khoảng 10:1. Số lượng các hạt dẹt và cầu do môi tăng lên tỷ lệ trực tiếp đến hư hỏng các chi tiết quay và cũng rất nguy hiểm. (dùng dầu ; thay dầu.)

o Với các hạt cầu liên quan đến môi thường sinh ra trong các khe nứt của bạc, thường có kích thước khoảng 3-5µm. Trong khi các hạt hình cầu sinh ra do ăn mòn, hàn dính và nghiền thì kích thước khoảng 10µm.

o Với các hạt dẹt liên quan đến môi là những hạt tự do rất mỏng, kích thước khoảng 20-50µm và có tỷ lệ chiều dày 30:1.

- Các hạt mài mòn hình cầu (*sphere partical*): những hạt hình cầu xuất hiện thường do việc thiếu dầu bôi trơn cục bộ hoặc không đủ áp suất tạo nêm dầu bôi trơn lên các chi tiết khi điều kiện tải trọng hay ứng suất quá lớn sinh ra sự hàn dính và nghiền hoặc do ăn mòn gây lên. Những hạt hình cầu cũng sinh ra do môi của các chi tiết chuyển động quay như phần trên đã nói. Các hạt cầu do môi kích thước khoảng từ 3-5µm trong khi các hạt cầu do ăn mòn, hàn dính và nghiền kích thước khoảng 10µm.

Hình 1 thể hiện 4 dạng hạt mài mòn chính sau khi được xử lý pherrogram và đọc bằng kính hiển vi quang học độ phân dải 2.4µm/pixel.



Hình 1. Các dạng hạt mài mòn chính của động cơ diesel

### 3. Mạng nơ ron nhân tạo và khả năng nhận dạng tự động các dạng hạt mài

Mạng nơ ron nhân tạo (ANN) được biết đến với khả năng phân loại và nhận dạng số liệu đa biến, phức tạp và đã được ứng dụng rất nhiều trong các công trình khoa học liên quan đến mô hình hóa, nhận dạng, chẩn đoán động cơ diesel. Về cơ bản một mạng nơ ron nhân tạo bao gồm các thành phần cơ bản như sau:

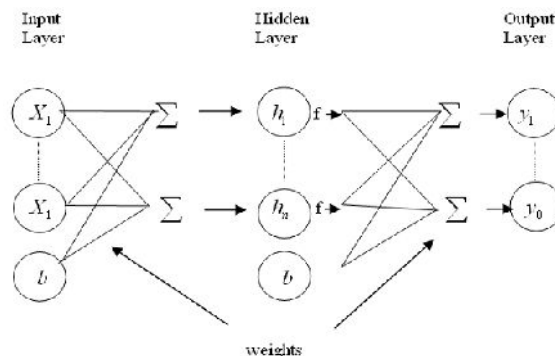
- Các đơn vị xử lý (các nơ ron) ( $x_i, y_i, h_i$ ) làm nhiệm vụ nhận các tín hiệu từ các nơ ron khác hoặc từ tín hiệu đầu vào sau đó xử lý và truyền tín hiệu ra tới các nơ ron khác (thêm ;)
- Các trọng số (weights) để phù hợp hóa tín hiệu của các nơ ron với nhau (thêm ;)
- Một hàm kích hoạt (activate function- $f$ ) xác định mức độ kích hoạt của các nơ ron dựa trên ảnh hưởng của sự tổng hợp tín hiệu vào.

Có nhiều loại mạng nơ ron nhân tạo, mạng MLP là một trong những mạng được sử dụng rộng rãi nhất. Hình 2 mô tả một mạng MLP cơ bản với một lớp ẩn (hidden layer). Mạng được huấn luyện bằng phương pháp có giám sát, tức là mỗi một tín hiệu vào được nhận từ ngoài đều được kết hợp với một tín hiệu ra mong muốn chuẩn.

Thông thường các trọng số (weights) được tổng hợp dần và sau mỗi lượt học của mạng các trọng số sẽ được cập nhật sao cho lỗi giữa tín hiệu ra của mạng và tín hiệu r among muốn là nhỏ nhất. Thuật toán huấn luyện này gọi là thuật toán lan truyền ngược lỗi (back propagation):

$$MinE = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (t_i - y_i)^2$$

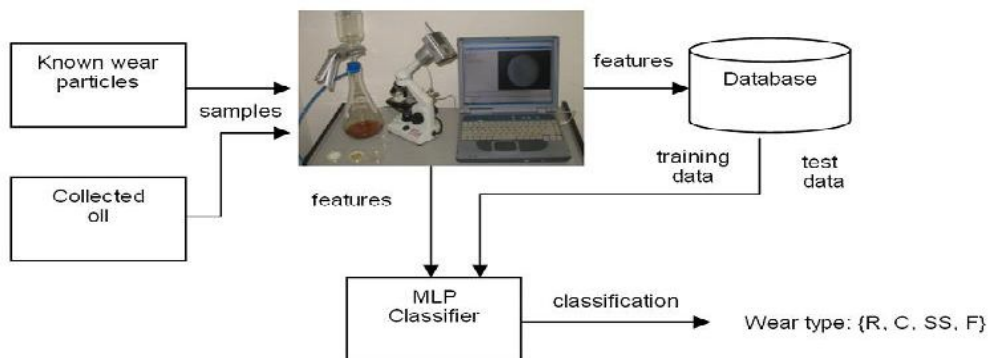
Trong đó:  $y_i$ : là tín hiệu ra của mạng,  $t_i$ : là tín hiệu đích tương ứng mong muốn; n là kích thước không gian dữ liệu (thông số chẩn đoán).



Hình 2. Mô hình một mạng MLP cơ bản gồm một lớp ẩn

#### 4. Nhận dạng các hạt mài bằng mạng MLP

Mô hình chung của bài toán nhận dạng hạt mài được thể hiện ở hình 3. Bằng việc thu thập các mẫu dầu từ động cơ (collected oil), các mẫu dầu (sample) sẽ được đưa vào xử lý và đọc bằng máy phân tích Ferrograph để tách các hạt mài sau đó hình dạng các hạt mài sẽ được đọc bằng kính hiển vi quang học. Đặc điểm hình học của các hạt mài đọc được sẽ được diễn giải theo các kích thước đặc trưng. Kết hợp kiến thức chuyên gia về những hiểu biết về hình dạng của 4 loại hạt mài mòn cơ bản ta sẽ có được bộ dữ liệu (data base). Bộ dữ liệu này sẽ được dùng để đưa vào mạng MLP (MLP classifier) để huấn luyện (training) và kiểm tra (test). Khi việc huấn luyện và kiểm tra đạt yêu cầu thì sẽ cho phép nhận dạng loại hạt mài tự động khi đưa bất kỳ mẫu dầu nào khác vào mô hình.



Hình 3. Mô hình bài toán nhận dạng các loại hạt mài mòn của động cơ

#### Thu thập và xử lý dữ liệu

Bộ dữ liệu được thu thập để đưa vào mô hình mạng được mô tả trong bảng 1. Các hình ảnh về 4 dạng hạt mài chính được thu thập và được diễn giải theo các đặc điểm hình học cơ bản để phân loại. Theo [7] có nhiều cách để nhận dạng đặc điểm hình học của từng dạng hạt mài để phù hợp với thông số để mạng có thể hiểu được. Trong nội dung bài báo, tác giả sử dụng phương pháp diễn giả (width) thước chính (major diameter), kích thước phụ (minor diameter), độ ferret, độ dãn dài (elongation), hệ số kích thước (aspect ratio).

Bộ dữ liệu được lựa chọn gồm thông số hình học của 80 mẫu hạt mài có kích thước khác nhau nằm trong 4 dạng hạt mài mòn cơ bản. Trong đó 80% bộ dữ liệu dùng để huấn luyện mạng, 10% kiểm tra chéo – cross validation, và 10% còn lại để thử độ tin cậy của mạng – test.

Bảng 1. Đặc điểm hình học của một số hạt mài hình cắt (co bằng lại cho vừa khổ)

Cutting	Area	Perimeter	Width	Height	Major diam	Minor diam	Circularity	Feret	Elongation	Aspect ratio
1	1436.57	385.25	108.38	83.43	50.65	30.20	0.12	113.57	2.9895	1.2978
2	1408.21	469.78	120.12	98.82	55.24	32.46	0.08	123.70	3.9898	1.2155

3	1333.99	431.45	108.28	100.59	55.08	30.84	0.09	120.36	3.5445	1.0764
4	766.43	347.65	91.12	84.02	46.57	20.95	0.08	105.93	2.6354	1.0845
5	1533.91	491.82	120.71	108.28	56.21	34.74	0.08	128.62	4.2361	1.1147
6	1093.10	376.65	90.53	100.00	56.43	24.66	0.10	122.71	2.5524	0.9503
7	981.41	401.65	117.75	50.89	56.79	22.00	0.08	118.24	2.2647	2.3138
8	965.65	406.38	97.63	99.41	51.01	24.10	0.07	118.49	2.7922	0.9820
9	1325.58	554.81	129.59	95.27	60.74	27.79	0.05	150.86	2.6876	1.3602
10	1206.54	531.65	118.34	100.00	48.24	31.85	0.05	118.49	4.8865	1.1834

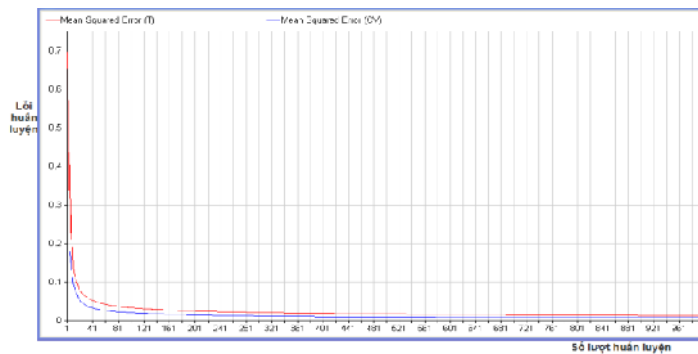
Đơn vị:  $\mu\text{m}$

Để mạng có thể nhận dạng tốt dữ liệu, bộ dữ liệu được xử lý trước (pretreatment) bằng tuyến tính hóa bằng bộ công cụ smooth data trong Matlab [5]. Bộ dữ liệu được từ phân tích các mẫu thu được trên các tàu Fortune Navigator, Doniambo, Jules Garnier...[1,4]

### Huấn luyện và kiểm tra độ tin cậy của mạng

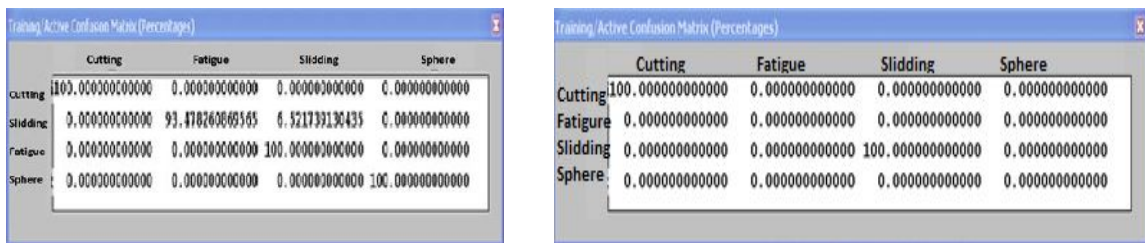
Bộ dữ liệu sau khi được thu thập xử lý được đưa vào mạng MLP để huấn luyện. Trong mô hình mạng MLP của mình, tác giả sử dụng mạng gồm 5 nơ ron đầu vào (input neurons), 10 lớp ẩn (hidden layers) và 4 nơ ron cho lớp ra (output neurons). Mạng được xây dựng bằng phần mềm Neuro Solution 5.1, đây là phần mềm khá chuyên về xây dựng mạng nơ ron nhân tạo.

Kết quả huấn luyện được coi là thành công khi lỗi huấn luyện (MSE – Mean Square Error) giảm dần và nhỏ hơn 0.1. Hình 4 thể hiện kết quả huấn luyện giảm dần từ 0.7 đến 0.01 là đạt yêu cầu về huấn luyện.



Hình 4. Lỗi huấn luyện của mạng

Ma trận kết quả huấn luyện cho thấy, với các dạng hạt mài hình cắt và hình cầu mạng nhận dạng đúng 100%, với các dạng hạt mài do mài và trượt có 6.52% nhầm từ hạt mài sang trượt vì các dạng hạt mài này hình dạng khá giống nhau. Kết quả như vậy được coi là đủ tin cậy để nhận dạng dữ liệu mới.



Hình 5. Ma trận kết quả huấn luyện và kiểm tra độ tin cậy của mạng

Dùng 10% dữ liệu còn lại (testing data) để kiểm tra, kết quả cho thấy mạng nhận dạng đúng 100% các loại hạt mài. Như vậy có thể nói mạng đã đủ tin cậy để nhận dạng các dữ liệu mới tương tự.

## 5. Kết quả và thảo luận

Kết quả của bài báo cung cấp thêm công cụ hữu ích trong việc phân tích hình thái học các dạng hạt mài mòn của động cơ chứa đựng trong dầu bôi trơn. Đây là bước quan trọng tiếp theo trong việc hình thành bài toán chẩn đoán tình trạng kỹ thuật của động cơ bằng việc phân tích các chỉ tiêu kỹ thuật của dầu bôi trơn đầy đủ.

Việc sử dụng công nghệ mạng nơ ron nhân tạo cho phép chẩn đoán nhanh các kết quả có được nhờ sự tận dụng các kiến thức hiểu biết về hình dạng các hạt mài mòn của những trung tâm nghiên cứu hay các chuyên gia kỹ thuật. Nó cho phép các chủ tàu, kỹ thuật công ty hay các kỹ sư khai thác máy có được thông tin hiệu quả về trạng thái kỹ thuật của động cơ mà không cần quan tâm quá sâu sắc về lý thuyết ma sát và mài mòn.

Các thông số về dạng hình học của các dạng hạt mài càng nhiều, các đặc trưng thì mạng sẽ nhận dạng càng chính xác. Đây là vấn đề sẽ được tác giả tiếp tục nghiên cứu hoàn thiện hơn ngoài việc sử dụng 10 dạng kích thước cơ bản như trong bài báo.

Nghiên cứu tổng hợp và lập mô hình chẩn đoán cụ thể từ các chỉ tiêu đơn giản đến phức tạp của các mẫu dầu bôi trơn để đạt được hiệu quả cao nhất, tiết kiệm thời gian, chi phí cũng sẽ là vấn đề được tác giả tiếp tục nghiên cứu hoàn thiện.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] PGS.TS. Nguyễn Đại An, Ths. Mai Thế Trọng, *Khả năng sử dụng công nghệ mạng nơ ron nhân tạo dựa trên việc phân tích các chỉ tiêu kỹ thuật của dầu nhớt để mô hình hóa và xác định trạng thái kỹ thuật của động cơ diesel tàu thủy đang khai thác*, Bài báo khoa học, Tạp chí Cơ khí Việt Nam, tháng 9.2012.
- [2] Nguyễn Tuấn Minh, *Chẩn đoán kỹ thuật động cơ diesel trên cơ sở phân tích tính chất lý hoá của dầu bôi trơn và hạt mài chứa trong dầu*. Luận văn Tiến sỹ kỹ thuật, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, 2008.
- [3] Principe J.C., Euliano N.R., Lefebvre W.C. *Neural and adaptive systems: Fundamentals through simulations*. John Wiley & Sons, 2000. – 656 p.
- [4] TS. Lê Văn Điềm. Ths. Mai Thế Trọng, *Nhận dạng trạng thái kỹ thuật của động cơ A38 trên tàu VINAFCO 25 bằng mạng nơ ron nhân tạo MLP*, Bài báo khoa học, Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, tháng 4.2009.
- [5] Matlab – Neural networks tool box, 2005.
- [6] Nguyen D., Widrow B. (1990) *Improving the Learning Speed of 2-Layer Neural Networks by Choosing Initial Values of the Adaptive Weights*, Proceedings of the International Joint Conference on Neural Networks, San Diego, USA, , vol.3, p. 21-26.
- [7] Xu, K., Luxmoore, A.R., Jones, L.M., Deravi, F. (1998) *Integration of neural networks and expert systems for microscopic wear particle analysis*, Knowledge-Based Systems vol. 11, p. 213-227.
- [8] Yan, X.P., Zhao, C.H., Lu, Z.Y., Zou, X.C., Xiao, H.L. (2005) *A study of information technology used in oil monitoring*, Tribology International, vol. 38, p. 879-886.

*Người phản biện: PGS.TS. Lê Văn Điềm, PGS.TS. Lê Văn Học*

## NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG CỦA PHƯƠNG THỨC ĐIỀU CHẾ KẾT HỢP OQPSK-OFDM THE OPERATIVE PRINCIPLE OF COMBINATIVE MODULATION MODE OQPSK-OFDM

**PGS.TS. LÊ QUỐC VƯỢNG**  
*Khoa Điện - Điện tử, ĐHHH Việt Nam*

### Tóm tắt

*Bài viết đưa ra một số mô phỏng về nguyên lý hoạt động của một giải pháp điều chế đặc biệt có thể ứng dụng rất hiệu quả trong thông tin vô tuyến dưới nước, đó là Phương thức điều chế kết hợp OQPSK-OFDM.*