

NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN BÙ MỜ NHẪM GIẢM RUNG TRÊN MÁY KHOAN XOAY CẦU CБШ-250T

LÊ NGỌC DÙNG

Trường Đại học Công nghệ Đồng Nai

ĐẶNG VĂN CHÍ - Trường Đại học Mỏ-Địa chất

Email: dangvanchi@humg.edu.vn

1. Đặt vấn đề

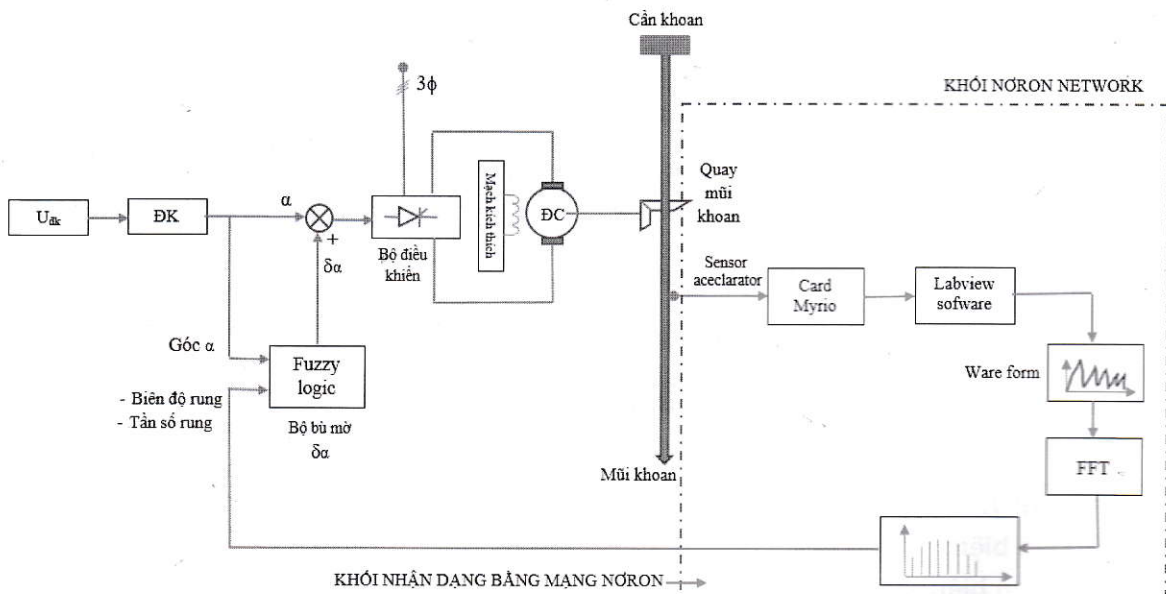
Máy khoan xoay cầu CБШ-250T đang được sử dụng rộng rãi ở các mỏ lộ thiên vùng Quảng Ninh. Trong quá trình khoan phá vỡ đất đá, mũi khoan liên tục tiếp xúc với đất đá có độ cứng và cấu tạo địa chất khác nhau. Nghiên cứu tìm quy luật hoặc một thuật toán phù hợp để điều chỉnh thông số chế độ khoan (tốc độ quay và lực ấn) trong điều kiện địa chất phức tạp, môi trường khai thác đặc thù ở Việt Nam đã và đang được nhiều người quan tâm.

Một số các công trình nghiên cứu trước đây ở trong và ngoài nước cũng đã đề cập đến vấn đề điều khiển tối ưu thông số chế độ khoan dựa trên độ cứng của đất đá. Tuy nhiên, do hạn chế về công nghệ cũng như về phương tiện mà việc đo lường trực tiếp độ cứng đất đá trong môi trường làm việc của máy khoan gặp nhiều khó khăn. Vì vậy, ý tưởng đề xuất dùng phương pháp gián tiếp ứng

dụng mạng nơ-ron (neural network) nhân tạo để nhận diện độ cứng đất đá thông qua việc đo các tham số của quá trình như tốc độ quay, lực ấn,... hứa hẹn mang lại được những kết quả mong đợi.

Dựa trên thông tin được dự báo từ mạng nơ-ron có thể xây dựng một thuật toán bù mờ (bù $\delta\alpha$) nhằm tự động can thiệp vào góc mở α trong hệ thống điều khiển thyristor để điều chỉnh tốc độ quay cho phù hợp với tính chất đất đá thực tế. Giải pháp đề xuất được đánh giá thông qua mô hình hóa hệ thống điều khiển trên phần mềm mô phỏng. Kết quả khẳng định hệ thống điều khiển hoàn toàn thích nghi và đáp ứng tốt với môi trường khai thác hiện tại, giảm độ rung cho máy, nâng cao chất lượng hệ thống điều khiển mà vẫn đảm bảo được năng suất và hiệu quả làm việc của máy khoan.

2. Hệ thống điều khiển tốc độ quay máy khoan xoay cầu đề xuất



H.1. Sơ đồ nguyên lý điều khiển tốc độ quay ty máy khoan CБШ-250T

2.1. Sơ đồ nguyên lý đề xuất cho hệ thống điều khiển tốc độ quay [10]

Sơ đồ nguyên lý điều khiển lực ấn trên máy khoan CБШ-250T [2], [3], [5] cho như hình H.1. Trong hệ thống điều khiển hiện tại, tín hiệu setpoint $U_{đk}$ được đặt trực tiếp từ tay điều khiển bởi người vận hành máy ngồi trong cabin lái, qua bộ điều khiển ĐK để thay đổi góc mở α .

Trong hệ thống đề xuất, góc mở α sẽ được bù bởi một lượng $\delta\alpha$ thông qua 2 block, bao gồm:

➢ Khối sensor đo độ rung: trong mô hình hóa đề xuất được thay thế tương đương bằng khối Neural Network (với chức năng nhận dạng biên độ và tần số rung sau khi đã huấn luyện mạng thành công);

➢ Khối suy luận mờ (fuzzy - logic) có chức năng thu thập tín hiệu biên độ và tần số rung từ sensor đo độ rung để ra quyết định góc mở α cần bù ($\delta\alpha$) phù hợp nhằm giảm rung.

2.2. Xây dựng khối mạng nơ ron để nhận diện tần số và biên độ rung [1], [6]

Mạng nơ ron là một công cụ rất hữu hiệu cho việc nhận dạng và điều khiển với những đối tượng, những hệ thống phi tuyến và bất biến. Khả năng tự học, tự cập nhật tri thức và thông tin dữ liệu của chúng là một thế mạnh của nó làm cho mạng ngày càng giàu tri thức và trở nên thông minh hơn. Đó là cơ sở để xây dựng và phát triển một bộ công cụ thông minh có khả năng suy luận và dự báo được độ cứng, tính chất đất đá trong thực tế và từ đó cũng đánh giá được khả năng rung động của máy.

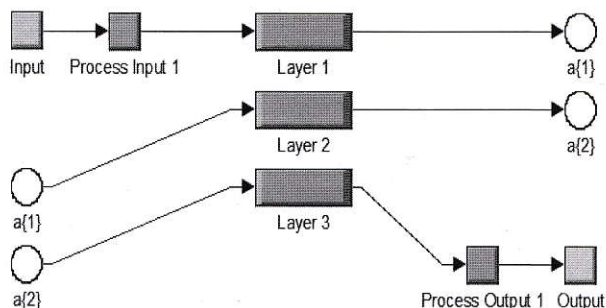
Sự thành công trong việc phát triển một mạng nơ ron phụ thuộc nhiều vào chất lượng và số lượng mẫu trong quá trình huấn luyện. Các biến của quá trình khoan như tốc độ, lực ấn ty khoan mô men cần là những biến quan trọng và được chọn làm đầu vào cho mạng nơ ron. Đại lượng ra là biên độ và tần số rung động.

Bảng 1. Bộ dữ liệu vào ra của mạng cho công tác huấn luyện sơ bộ

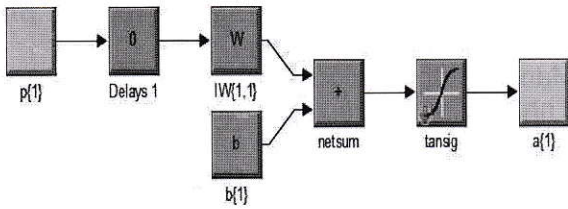
№	Độ cứng đất đá	Phổ (FFT)		Biên độ	Tốc độ quay ty khoan	Lực ấn ty khoan F	Mô men cần Mc
	f_c	(rad/s)	(Hz)	(m/s^2)	(vòng/ph)	(Tán)	(Nm)
1	13	1	0.16	0.3	50	30	260
2	12	3	0.48	0.65	63	27.5	218
3	11.5	5	0.8	0.35	70	25	185
4	11	10	1.6	0.15	75	24	183
5	10.5	15	2.4	0.23	78	23	172
6	10	18	2.88	0.2	84	20	165
7	9	26	4.16	0.75	90	17	156
8	8.5	31	4.96	0.25	96	15	153
9	8	35	5.6	0.2	102	13	134
10	7	40	6.4	0.15	107	12	121
11	6.5	55	8.8	0.1	110	10	102
12	6	60	9.6	0.02	123	9	91
13	5	82	13.12	0.05	132	8	83
14	4.5	100	16	0.03	138	7	82
15	4	120	19.2	0.05	145	6	75
16	3	140	22.4	0.03	150	5	67

Số liệu đầu vào cho quá trình huấn luyện mạng cho trong Bảng 1.

Thiết kế và huấn luyện mạng: mạng được xây dựng dựa trên bộ công cụ NN_Tool hoặc có thể lập trình trong m_file trong cửa sổ của Matlab. Sau khi khai báo các yêu cầu về cấu trúc mạng, số lớp nơ ron, số lượng nơ ron trong các lớp, hàm truyền, sai lệch,... thực hiện quá trình huấn luyện. Kết quả huấn luyện cho hình ảnh mạng và đồ thị sai lệch quá trình huấn luyện như mô tả trên H.2 và H.3.



H.2.1. Cấu trúc rút gọn 3 lớp của mạng mạng



H.2.2. Cấu trúc rút gọn lớp vào của mạng

Kết quả kiểm tra trên các tập dữ liệu vào ra của mô hình mạng 3 lớp [16×36×2] cho thấy tập dữ liệu nhận dạng đều bám theo tập dữ liệu mẫu. Cho kết luận rằng mạng nơron truyền thẳng vừa thiết lập đã học được bộ mẫu tín hiệu vào-ra. Sai lệch giữa giá trị thực và giá trị mục tiêu đạt được sau 652 thế hệ (Epochs) huấn luyện.

2.3. Ứng dụng logic mờ để thiết kế bộ điều khiển bù mờ (đ α) [1], [9]

a. Định nghĩa các biến ngôn ngữ vào-ra

Biến vào:

- Tần số f của tín hiệu rung, dùng 5 tập mờ: từ

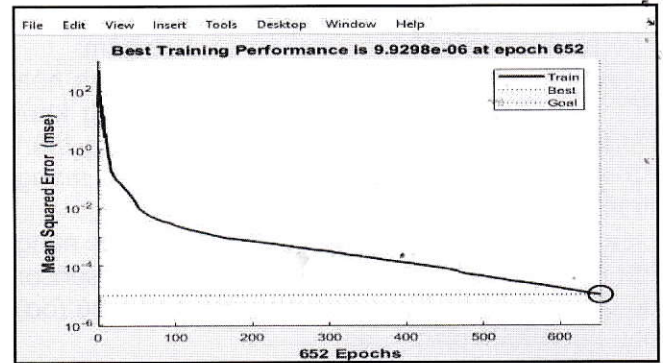
(0,08÷22,4) Hz .

- Biên độ rung, dùng 5 tập mờ: từ (0,003÷1,14) m/s² .

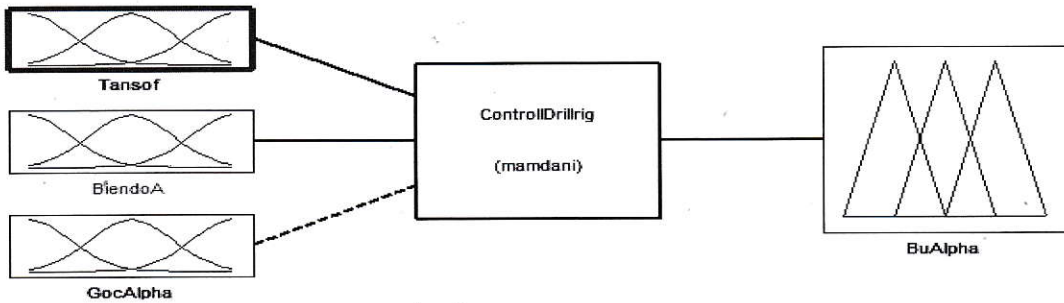
- Góc điều khiển α , dùng 5 tập mờ: từ (53.2°÷88.2°).

Biến ra: góc bù đ α , dùng 5 tập mờ từ (-35°÷+35°).

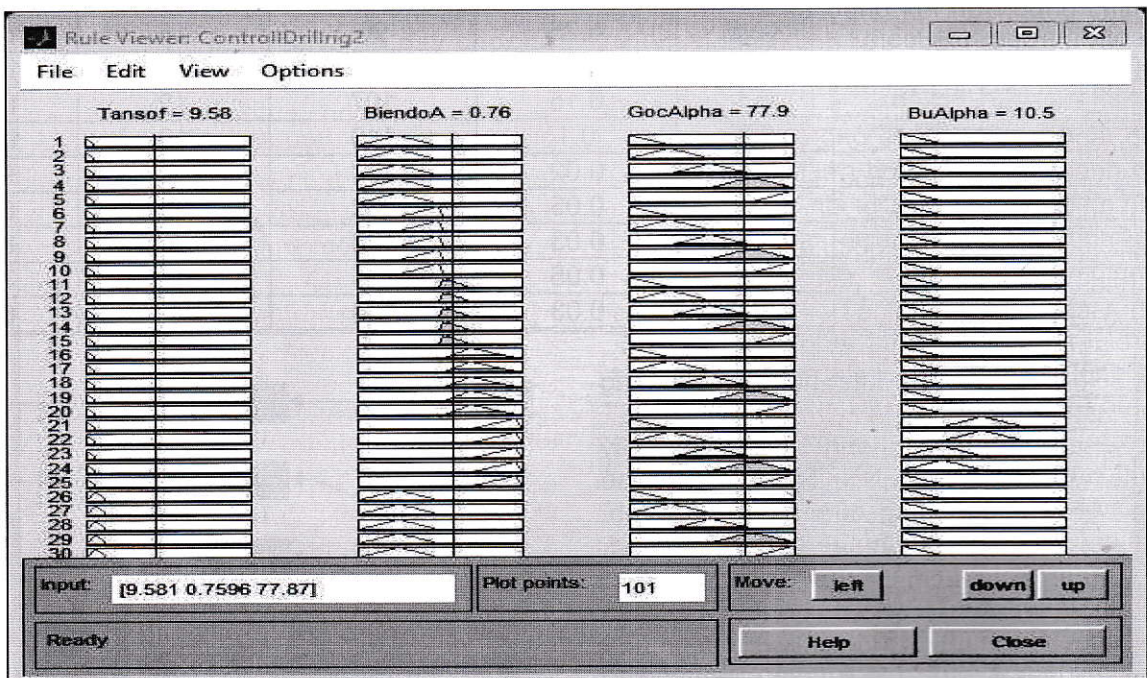
Sơ đồ cấu trúc cho bộ suy luận mờ matlab được cho như H.4



H.3. Sai lệch trong quá trình huấn luyện mạng



H.4. Sơ đồ cấu trúc cho bộ suy luận mờ



H.5. Kết quả test bộ suy luận bù mờ đầu ra đ α

b. Xây dựng luật hợp thành và phương pháp giải mờ

Quan hệ truyền đạt phi tuyến của bộ suy luận mờ với 3 biến đầu vào và 1 biến đầu ra theo Bảng dữ liệu có tổng số 125 mệnh đề hợp thành theo luật:

If Tansof=Tansofi and BiendoA=BiendoAi and Alpha=Alphai then Bualpha=Bualphaj

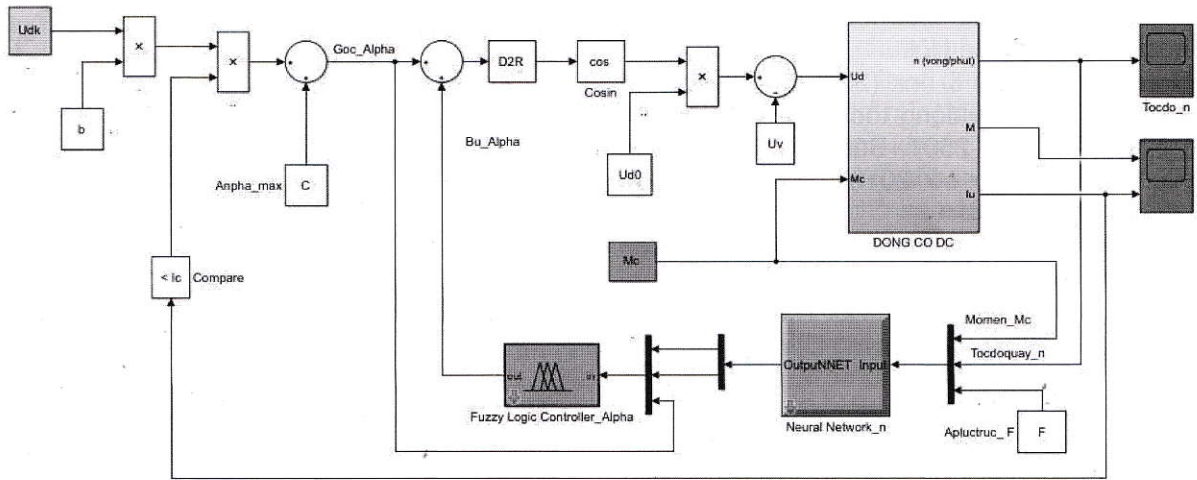
Bộ suy luận mờ được cài đặt với thiết bị hợp thành Max-Min, phép suy diễn được thực hiện với luật Min và phép hợp mờ được thực hiện theo luật Max. Mờ hoá đơn trị và giải mờ theo phương pháp trung bình trọng tâm.

c. Kết quả chạy mô phỏng trong matlab

Kết quả chạy mô phỏng trong matlab như mô tả trên H.5.

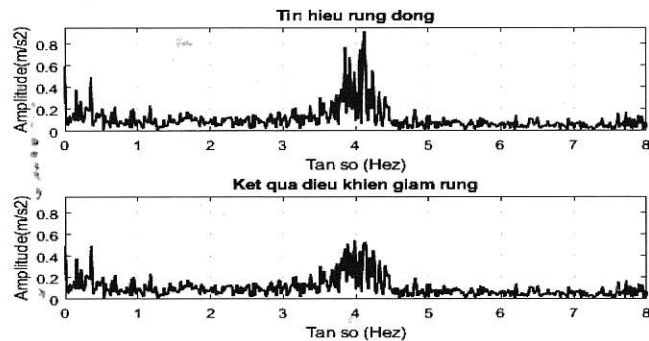
3. Ứng dụng mạng nơ ron thần kinh và logic mờ để mô hình hóa hệ thống điều khiển kênh quay ty trên máy khoan xoay cầu CБШ-250T [1], [7], [8], [9], [10]

Sau khi phát triển thành công hai bộ công cụ mạng nơ ron thần kinh và logic mờ, chúng sẽ được lưu trong thư viện của Simulink matlab để phục vụ cho quá trình nghiên cứu và mô hình hóa. Từ sơ đồ nguyên lý đề xuất (H.1), thực hiện quá trình mô hình hóa hệ thống điều khiển, trong đó có mô hình toán của khối động cơ, thực hiện việc kết nối các block với nhau và chạy mô phỏng (H.6).



H.6. Mô phỏng kênh quay ty trên máy khoan CБШ-250T

Kết quả chạy thử ở các điều kiện vận hành với đá có độ cứng khác nhau, hệ thống không có bộ bù mờ và hệ thống có bộ bù mờ cho kết quả đáp ứng được các yêu cầu đặt ra về chất lượng điều khiển và mục tiêu giảm rung động cho thiết bị (xem hình H.7). Trong đó hình trên là biên độ và tần số rung với bộ điều khiển hiện tại, hình dưới là biên độ và tần số rung với bộ điều khiển khi có bù mờ. Qua đó cho thấy biên độ đỉnh giảm tới 50 %.



H.7. Kết quả test thử nghiệm trên mô hình ở độ sâu 6,5 m

4. Kết luận

Bài báo đề cập đến các nội dung nghiên cứu phát triển hai bộ công cụ là mạng nơ ron thần kinh và logic mờ với mục đích xây dựng một bộ điều khiển bù mờ tác động vào hệ thống điều khiển để có tốc độ quay hợp lý và giảm rung cho máy khoan xoay cầu bao gồm:

- Huấn luyện một mạng nơ ron thần kinh để xác định được tính chất đá thông qua biên độ và tần số rung động;
- Phát triển bộ logic mờ để xác định góc bù mờ, tác động vào bộ điều khiển để điều chỉnh hợp lý tốc độ quay ty khoan;
- Tổng hợp và mô hình hóa hệ thống điều khiển tốc độ quay sử dụng bộ điều khiển bù mờ, so sánh đánh giá với bộ điều khiển hiện tại đang sử dụng;
- Kết quả nghiên cứu được kiểm tra trên mô hình mô phỏng, đánh giá các chỉ tiêu chất lượng của hệ thống điều khiển, các tiêu chí giảm rung động trên máy cho phép khả năng ứng dụng của bộ điều khiển vào thực tế vận hành máy khoan;
- Kết quả nghiên cứu khẳng định việc ứng

dụng 2 bộ công cụ mạng nơ ron thần kinh và logic mờ để cải tiến, nâng cao chất lượng điều khiển và giảm rung cho máy khoan là một giải pháp phù hợp để điều khiển các hệ truyền động điện phi tuyến có tính đến các điều kiện địa chất phức tạp;

➤ Đề xuất tiếp tục đánh giá tính ổn định và bền vững của hệ thống điều khiển có bù mờ thông qua việc phối hợp điều khiển đồng thời 2 kênh lực ấn và quay ty. Chúng tôi mong muốn được ứng dụng các kết quả nghiên cứu vào thực tế để góp phần nâng cao chất lượng điều khiển và hiệu suất làm việc của các máy khoan xoay cầu trong sản xuất. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Phùng Quang (2004), Matlab & Simulink dành cho kỹ sư điều khiển tự động, NXB Khoa học & kỹ thuật, Hà Nội.
2. Nguyễn Chí Tình & nnk (2013). Mô hình hóa hệ thống điều khiển tự động tốc độ quay của máy khoan xoay cầu CBШ-250T. Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu cấp cơ sở 2013, Trường Đại học Mở-Địa chất, Hà Nội.
3. Nguyễn Thạch Khánh (2003). Nghiên cứu cải tiến sơ đồ hệ thống điều khiển quay máy khoan xoay cầu CBШ-250T ở các mỏ lộ thiên Việt Nam. Luận văn Thạc sĩ Kỹ thuật. Trường Đại học Mở-Địa chất, Hà Nội.
4. Thái Duy Thức (2001). Cơ sở lý thuyết truyền động điện tự động. Nhà xuất bản Giao thông vận tải - Hà Nội.
5. Ngô Đức Thao (1971). Nghiên cứu và đề xuất hệ thống tự động hóa các quá trình khoan các hố khoan phục vụ công tác khai nổ mỏ lộ thiên. Luận án Tiến sĩ kỹ thuật. Trường Đại học Mỏ Moskva.
6. Lê Ngọc Dũng, Đặng Văn Chí (2018). Ứng dụng Matlab để nghiên cứu và phân tích phổ tần số rung động cho máy khoan xoay cầu CBШ-250T trong công nghiệp khai thác mỏ. Kỷ yếu hội nghị toàn quốc Khoa học trái đất và tài nguyên với phát triển bền vững. Nhà xuất bản Giao thông Vận tải. Hà Nội.
7. Alexei A. Zhukovsky (1982). Rotary Drilling Automatic Control system. United States Patent
8. B.Y. Lee, H.S. Liu, Y.S. Tarn (1998). Modeling and optimization of drilling process. Journal of Materials Processing Technology, 74 (1998) 149-157.
9. Claude E. Aboujaoude (1991). Modeling, Simulation and Control of Rotary Blasthole Drills, Masters of Engineering, Department of Electrical Engineering McGill University, Montreal.
10. Эксплуатационная документация (2003). ВЫПРЯМИТЕЛЬ ТПЕ-200-460-Y2.1. (Tài liệu kỹ thuật về máy khoan xoay cầu - Cty CP than Cao Sơn).

Ngày nhận bài: 26/09/2019

Ngày gửi phản biện: 18/12/2019

Ngày nhận phản biện: 25/05/2020

Ngày chấp nhận đăng bài: 10/06/2020

Từ khóa: điều khiển bù mờ; máy khoan CBШ-250T; neural network; mạng nơ ron thần kinh; fuzzy logic; logic mờ

Trách nhiệm pháp lý của các tác giả bài báo: các tác giả hoàn toàn chịu trách nhiệm về các số liệu, nội dung công bố trong bài báo theo Luật Báo chí Việt Nam

Tóm tắt: Bài báo giới thiệu thuật toán điều khiển mờ dựa trên logic mờ để điều khiển tốc độ quay trong máy khoan CerШ-250T. Giải pháp đề xuất sử dụng mạng nơ ron nhân tạo thay vì cảm biến đo rung để xác định biên độ và tần số rung trên máy khoan quay. Kết quả nghiên cứu đã được thử nghiệm thông qua Simulink matlab có thể được áp dụng cho hệ thống điều khiển hiện tại để cải thiện chất lượng điều khiển nhằm giảm độ rung của máy khoan CerШ-250T, được sử dụng tại các mỏ than ở khu vực Quảng Ninh.

Study on design of fuzzy control controller to reduce vibration on CBШ-250T bridge rotary drilling machine

SUMMARY

The paper introduces fuzzy control algorithm based on fuzzy logic to control the rotation speed in CBШ-250T drilling machine. The proposed solution uses an artificial neural network instead of a vibration measuring sensor to identify the amplitude and vibration frequency on a rotary drill. The results of research were tested through Simulink matlab can be applied to the current control system to improve control quality in order to reduce vibration of the CBШ-250T drilling machine, used at the coal mines in Quảng Ninh area.



1. Tài năng là một sự kiên nhẫn lâu dài. Buffon.
2. Một trở ngại lớn trên đường tìm hạnh phúc là trông chờ một hạnh phúc lớn hơn. Fontenelle.

VTH sưu tầm