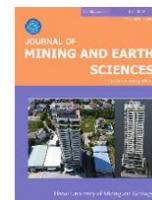




Journal of Mining and Earth Sciences

Website: <http://jmes.humg.edu.vn>



Research on the application of artificial intelligence tools to diagnose common failure of centrifugal pumps applied to gas condensate transportation system at Hai Thach - Moc Tinh field



Thinh Van Nguyen ^{1,*}, Truong Hung Trieu ¹, Hai Thanh Tran ², Hai Huu Ngo ³, Trung Ngoc Tran ³

¹ Hanoi University of Mining and Geology, Hanoi, Vietnam

² Russia - Vietnam Joint Venture - Viesovpetro, Ba Ria-Vung Tau, Vietnam

³ Biendong Petroleum Operating Company, Ho Chi Minh City, Vietnam

ARTICLE INFO

Article history:

Received 23rd Feb. 2022

Revised 29th June 2022

Accepted 01st Aug. 2022

Keywords:

Artificial intelligence (AI),
Centrifugal pumps,
Gathering and transportation.

ABSTRACT

Mechanical equipments such as pumps, air compressors, etc. play an important role in the production, processing and transporting oil and gas since every single equipment, serves different functions. For oil and gas transportation system, pump is an essential mechanical device used to pump and transport the product. In order to promote technical features as well as high working efficiency, it is important to ensure that these devices always work the most efficiently in the best technical conditions. The application of modern scientific and technical advances to the maintenance and operation of mechanical equipment in general and pumps in particular will help to reduce the risks and bring economic benefits to the operators. This paper, therefore, presents results of the research on the application of artificial intelligence (AI) in diagnosing common failure of Condensate pums at Hai Thach - Moc Tinh field basing on analysis of field data which help to improve the efficiency of gas condensate transportation. The results helped to predict and warn early the possible failures to the Condensate pums at Hai Thach - Moc Tinh field. Results of the research can be applied to other equipment devices working in the same conditions during oil and gas production process in Vietnam.

Copyright © 2022 Hanoi University of Mining and Geology. All rights reserved.

*Corresponding author

E - mail: nguyenvanthinh@humg.edu.vn

DOI: 10.46326/JMES.2022.63(4).08



Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất

Trang điện tử: <http://tapchi.humg.edu.vn>

Nghiên cứu ứng dụng bộ công cụ trí tuệ nhân tạo để chuẩn đoán dạng hỏng thường gặp của máy bơm ly tâm trong hệ thống vận chuyển khí condensate tại mỏ Hải Thạch - Mộc Tinh

Nguyễn Văn Thịnh^{1,*}, Triệu Hùng Trường¹, Trần Thanh Hải², Ngô Hữu Hải³, Trần Ngọc Trung³

¹ Khoa Dầu khí, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Việt Nam

² Xí nghiệp Liên doanh Dầu khí Việt - Nga, Bà Rịa-Vũng Tàu, Việt Nam

³ Công ty Điều hành Dầu khí Biển Đông, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

Quá trình:

Nhận bài 23/02/2022

Sửa xong 29/6/2022

Chấp nhận đăng 01/8/2022

Từ khóa:

Máy bơm ly tâm,
Thu gom vận chuyển,
Trí tuệ nhân tạo (AI).

TÓM TẮT

Các thiết bị cơ khí như máy bơm, máy nén khí,... đóng vai trò hết sức quan trọng trong quá trình khai thác, xử lý và vận chuyển dầu khí, mỗi thiết bị đều có chức năng, lĩnh vực phục vụ khác nhau. Đối với hệ thống vận chuyển dầu khí, máy bơm là thiết bị quan trọng dùng để bơm chuyển sản phẩm. Để phát huy được tính năng kỹ thuật cũng như hiệu suất làm việc cao, điều quan trọng là phải đảm bảo các thiết bị này luôn làm việc ở trạng thái kỹ thuật tốt nhất, hiệu quả nhất. Việc ứng dụng các tiến bộ khoa học kỹ thuật hiện đại vào công tác bảo trì, bảo dưỡng và vận hành các thiết bị cơ khí nói chung và máy bơm nói riêng sẽ mang lại hiệu quả to lớn, góp phần giảm thiểu tối đa các rủi ro, tiết kiệm chi phí, mang lại lợi ích kinh tế cao. Bài báo trình bày các kết quả nghiên cứu về việc ứng dụng bộ công cụ trí tuệ nhân tạo (AI) trong việc chuẩn đoán dạng hỏng thường gặp đối với máy bơm ly tâm vận chuyển khí ngưng tụ (Condensate) tại mỏ Hải Thạch - Mộc Tinh dựa trên các số liệu thực tế tại mỏ, giúp nâng cao chất lượng và hiệu quả trong công tác khai thác và vận chuyển sản phẩm. Kết quả nghiên cứu đã giúp cảnh báo sớm về các sự cố có thể xảy ra đối với máy bơm vận chuyển Condensate tại mỏ Hải Thạch Mộc Tinh. Kết quả nghiên cứu có khả năng triển khai áp dụng cho các thiết bị khác trong hoạt động khai thác dầu khí của Việt Nam.

© 2022 Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Tất cả các quyền được bảo đảm.

*Tác giả liên hệ

E - mail: nguyenvanthinh@humg.edu.vn

DOI: 10.46326/JMES.2022.63(4).08

1. Mở đầu

1.1. Đặc điểm mỏ Hải Thạch - Mộc Tinh

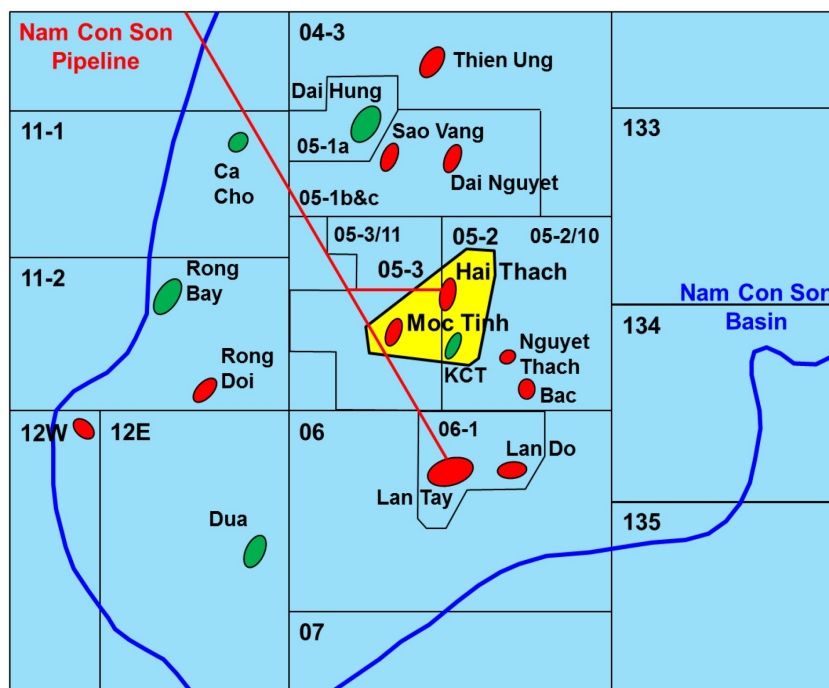
Mỏ khí - condensate Hải Thạch - Mộc Tinh thuộc Lô 05-2 và 05-3 của bồn trũng Nam Côn Sơn, thềm lục địa Việt Nam (Hình 1) do Công ty Điều hành Dầu khí Biển Đông (Biendong POC) trực tiếp điều hành. Vị trí của mỏ cách Vũng Tàu khoảng 320 km về phía đông nam, có độ sâu mực nước 118÷145 m, điều kiện địa chất đặc biệt phức tạp, dị thường áp suất lớn. Cụm mỏ này bao gồm hai giàn đầu giếng là Mộc Tinh (WHP-MT1), Hải Thạch (WHP-HT1) và một giàn Công nghệ Trung tâm (HQP-HT). Hai giàn đầu giếng được đặt cách nhau khoảng 20 km. Giàn Công nghệ Trung tâm được đặt gần giàn đầu giếng Hải Thạch và được kết nối qua hệ thống cầu dẫn. Từ 2 giàn đầu giếng này, khí và condensate từ các giếng khai thác sẽ được dẫn về giàn công nghệ trung tâm bằng hệ thống đường ống hai pha để xử lý. Sản lượng trung bình của mỏ khí - condensate Hải Thạch - Mộc Tinh là khoảng 6÷7 triệu mét khối khí tiêu chuẩn và 8000÷9000 thùng condensate tiêu chuẩn ngày đêm.

1.2. Trí tuệ nhân tạo và ứng dụng của nó trong ngành công nghiệp dầu khí

Trí tuệ nhân tạo hay còn gọi là trí thông minh nhân tạo (Artificial Intelligence - AI) là một ngành thuộc lĩnh vực khoa học, kỹ thuật chế tạo máy móc thông minh, đặc biệt là các chương trình máy tính thông minh (McKinsey Global Institute, 2017). Công nghệ AI mô phỏng các quá trình suy nghĩ và học tập của con người cho máy móc, đặc biệt là các hệ thống máy tính. Các quá trình này bao gồm việc học tập (thu thập thông tin và các quy tắc sử dụng thông tin), lập luận (sử dụng các quy tắc để đạt được kết luận gần đúng hoặc xác định) và tự sửa lỗi. Mục đích của AI là tạo ra các hệ thống chuyên gia của các ứng dụng máy tính được phát triển để giải quyết các vấn đề phức tạp trong một lĩnh vực cụ thể, ở mức độ thông minh và chuyên môn của con người. Thực hiện trí thông minh của con người trong máy móc và tạo ra các hệ thống có thể hiểu, suy nghĩ, học hỏi và hành xử như con người.

Hiện nay, bộ công cụ trí tuệ nhân tạo được sử dụng rất hiệu quả trong ngành công nghiệp dầu khí, trong tất cả các công đoạn từ tìm kiếm thăm dò, khai thác, xử lý, vận chuyển và chế biến dầu khí (Agwu và nnk., 2018; Bello và nnk., 2015). Với các thuật toán mạnh mẽ, đây được coi như một công cụ thông minh hỗ trợ giải quyết rất nhiều các bài toán đặt ra trong ngành kỹ thuật dầu khí, bao gồm:

- Các ứng dụng kỹ thuật trí tuệ nhân tạo trong hoạt động tìm kiếm thăm dò;



Hình 1. Vị trí mỏ hải Thạch-Mộc Tinh (Hoang và nnk., 2017).

- Các công cụ quản trị trí tuệ nhân tạo giúp quản lý khai thác dầu khí thông minh;
- Tối ưu hóa hoạt động sản xuất khai thác dầu khí;
- Ứng dụng AI để bảo trì dự đoán cho các thiết bị của hệ thống công nghệ.

Do đặc thù của việc khai thác dầu khí trên biển là các công trình nằm xa bờ, yêu cầu an toàn nghiêm ngặt về kỹ thuật và hoạt động sản xuất phải đảm bảo liên tục. Các hệ thống thiết bị trên giàn có giá thành rất cao, khi phải tiến hành thay thế hay sửa chữa thì các hệ thống thiết bị này lại được liên kết với nhau theo một chuỗi xử lý công nghệ. Chỉ cần một thiết bị gặp vấn đề là kéo theo rất nhiều các chi phí xử lý phát sinh do hỏng hóc hoặc dừng sản xuất. Vì vậy, công tác bảo trì bảo dưỡng thiết bị trên các giàn khai thác là rất quan trọng.

Các công trình khai thác dầu khí trên biển với máy bơm và máy nén khí là những thiết bị quan trọng và đắt tiền trong hệ thống vận chuyển cung cấp năng lượng dầu khí khoảng cách dài (Triệu và Nguyễn, 2006). Khi các thiết bị này bị hỏng, sẽ khiến hoạt động sản xuất bị ngưng trệ hoặc giảm tải. Vì vậy, mỗi máy cần có sự giám sát hoạt động thường xuyên nhằm xây dựng nên bộ dữ liệu cần thiết về tình trạng và trạng thái của thiết bị. Tuy nhiên, việc giám sát tình trạng của máy móc thường đòi hỏi nhiều phép đo riêng biệt. Vì vậy, nhu cầu về các hệ thống thông minh sử dụng trí tuệ nhân tạo trong việc dự đoán sớm các lỗi sẽ phát sinh, trở lên rất cần thiết. Các phép phân tích thống kê theo chuỗi thời gian đã được sử dụng để dự đoán sớm các lỗi máy có thể xảy ra hoặc sự giảm hiệu suất thông qua xu hướng tín hiệu theo thời gian. Kết quả của mô hình cho thấy độ chính xác khác nhau thay đổi 70÷ 96% tùy theo thiết bị áp dụng. Sử dụng bộ công cụ trí tuệ nhân tạo đưa đến sự hiểu biết tốt hơn cho từng loại dự báo sự kiện và đã giảm thiểu số lượng báo động sai (Triệu, 2021).

Thực tế cho thấy, hoạt động khai thác của mỏ Hải Thạch - Mộc Tinh được thực hiện trong điều kiện các công trình biển nằm cách rất xa bờ, yêu cầu an toàn nghiêm ngặt và hoạt động sản xuất liên tục. Các thiết bị trong quá trình làm việc được liên kết với nhau trong một chuỗi xử lý công nghệ. Chỉ cần một thiết bị gặp vấn đề là kéo theo rất nhiều các chi phí xử lý phát sinh do hỏng hóc hoặc dừng sản xuất. Vì vậy, công tác bảo trì bảo dưỡng

thiết bị trên các giàn khai thác là rất quan trọng. Theo kết quả nghiên cứu của tác giả Herve và nhóm nghiên cứu (Herve và nnk., 2018) cho thấy, chi phí bảo trì định kỳ hàng năm cho một sức ngựa (chỉ phí cho một đơn vị công suất của máy) tiêu tốn trung bình khoảng 24 USD Trong khi đó, chi phí bảo trì bị động hàng năm cho một sức ngựa tiêu tốn trung bình khoảng 17 USD chưa tính thiệt hại về dừng sản xuất, thiệt hại môi trường và an toàn cũng như chi phí sửa chữa hỏng hóc. Trong khi đó, với bảo trì tiên đoán (Predictive maintenance), chi phí này chỉ là 9 USD một năm. Do đó, bảo trì tiên đoán (Gouriveau và nnk., 2016) đã trở thành xu thế hàng đầu trong hoạt động bảo trì bảo dưỡng thiết bị dầu khí nhờ khả năng giảm thiểu chi phí sản xuất cũng như tăng độ tin cậy thiết bị.

Trước khi ứng dụng AI để bảo trì dự đoán cho các hoạt động của máy bơm nói chung và máy bơm vận chuyển khí ngưng tụ (Condensate) tại mỏ Hải Thạch - Mộc Tinh nói riêng, công tác bảo trì vẫn được thực hiện theo lịch bảo trì, bảo dưỡng định kỳ hoặc theo sự khuyến cáo của nhà sản xuất và điều kiện vận hành thực tế tại mỏ. Công việc này có thể dẫn đến quá trình bảo trì, bảo dưỡng thiết bị kém hiệu quả (do không dự báo được chính xác thời điểm cần bảo trì, bảo dưỡng thiết bị). Ứng dụng AI để bảo trì dự đoán cho các thiết bị của hệ thống công nghệ đã mang lại hiệu quả rõ rệt, khắc phục được những nhược điểm của phương pháp bảo trì, sửa chữa thủ công.

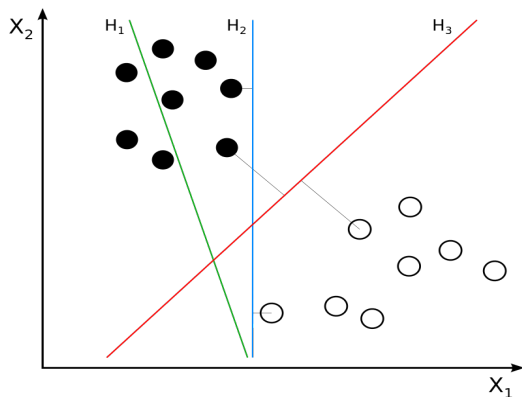
2. Ứng dụng AI để chuẩn đoán các dạng hỏng thường gặp của máy bơm ly tâm CUP - BB3 tại mỏ Hải Thạch - Mộc Tinh

2.1. Mô tả bài toán

Đối tượng nghiên cứu của bài toán ở đây là máy bơm CUP - BB3 làm nhiệm vụ vận chuyển condensate tại giàn công nghệ xử lý khí tự nhiên PQP - HT (Clydeunion, 2011). Thiết bị này phục vụ cho quá trình vận hành sản xuất, nếu có sự cố sẽ làm gián đoạn quá trình vận chuyển condensate. Việc áp dụng bảo trì dự đoán để đưa ra các cảnh báo về hỏng hóc của bơm sẽ làm giảm chi phí bảo trì bảo dưỡng, giảm được các sự cố và tránh được những hậu quả nghiêm trọng sau này. Dữ liệu đầu vào là những dữ liệu lịch sử theo thời gian thực từ các cảm biến được lắp đặt trên thiết bị để đo các thông số như: nhiệt độ, áp suất, áp suất của bộ làm

kín seal, độ rung, công suất động cơ điện, tần số động cơ điện, tốc độ vòng quay,... Phương pháp phân tích được áp dụng là tiến hành lập trình hai thuật toán: máy vector hỗ trợ (SVM - Support Vector Machine) và nguyên lý phân tích thành phần (PCA - Principle Component Analysis) trên phần mềm Matlab để thu thập, thống kê và xử lý dữ liệu lớn nhằm mục đích xây dựng cơ sở chuẩn hoá dữ liệu. Kết hợp với nền tảng hạ tầng có sẵn của Công ty Điều hành dầu khí Biển Đông (Bien Dong POC) để bộ dữ liệu được cập nhật theo thời gian thực từ các thiết bị cảm biến thông minh trên giàn công nghệ xử lý khí tự nhiên PQP-HT.

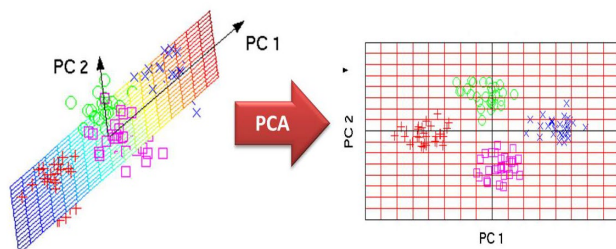
Thuật toán máy vector hỗ trợ dùng để phân chia các luồng dữ liệu, và để phân loại các luồng dữ liệu đó nằm trong nhóm nào (Hình 2).



Hình 2. Mô phỏng thuật toán máy vector hỗ trợ.

Thuật toán nguyên lý phân tích thành phần (PCA - Principle Component Analysis) dùng để làm giảm chiều không gian của bộ dữ liệu, và phát hiện được những dấu hiệu đặc trưng của bộ dữ liệu. Nếu không áp dụng thuật toán này thì sẽ rất khó xử lý cho kho bộ dữ liệu lớn (Hình 3).

Kết quả đạt được là bộ công cụ trí tuệ nhân tạo sẽ phải liên tục đọc và phân tích các dữ liệu cảm biến để đưa các cảnh báo hỏng hóc một cách kịp thời.



Hình 3. Mô phỏng thuật toán nguyên lý phân tích thành phần.

2.2. Kết quả và thảo luận

Quá trình huấn luyện cho AI để đưa ra các báo tri dự đoán hỏng hóc của máy bơm CUP - BB3, sẽ chia thành 2 giai đoạn để đánh giá hiệu quả của việc áp dụng bộ công cụ trí tuệ nhân tạo AI đối với nghiên cứu này.

Giai đoạn 1: với cột mốc thời gian là từ tháng 01/2019÷07/2019. Kết quả đạt được trong giai đoạn huấn luyện này của AI sẽ được dùng để so sánh và tham chiếu với kết quả của các tháng tiếp theo trong năm 2019.

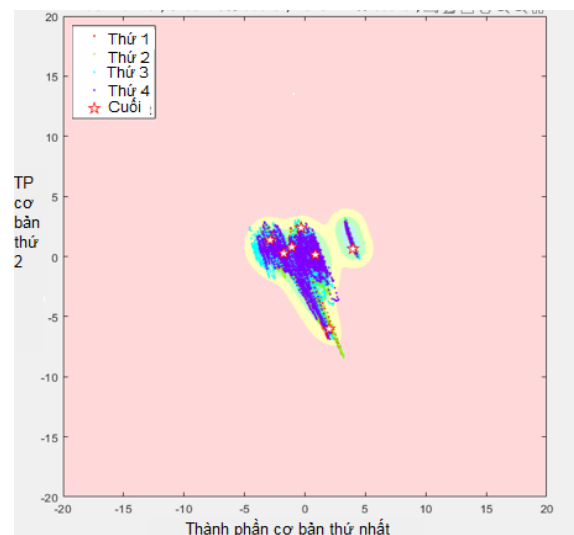
Giai đoạn 2: với cột mốc thời gian 12 tháng (01/2019÷12/2019). Kết quả đạt được trong suốt giai đoạn 12 tháng của năm 2019 dùng để huấn luyện AI để so sánh và tham chiếu với kết quả các tháng tiếp theo của năm 2020.

a. Sử dụng dữ liệu lịch sử 7 tháng để huấn luyện AI

Kết quả sau khi sử dụng dữ liệu lịch sử 7 tháng, từ 01/2019 đến 07/2019 để huấn luyện AI, sẽ thấy các đường viền màu vàng và màu xanh là các vùng giới hạn biên sau khi AI đã học các thông số vận hành lịch sử (Hình 4).

Hình 5 là kết quả vận hành đến tháng 08 năm 2019 (Hình 5b) không khác so với dữ liệu lịch sử mà AI đã học từ 01/2019 đến 07/2019 (Hình 5a). Điều này có nghĩa là máy bơm CUP - BB3 vẫn đang hoạt động và làm việc ổn định

Trên Hình 6 cho thấy, kết quả vận hành đến tháng 09 năm 2019 (Hình 6b) không khác so với dữ liệu lịch sử mà AI đã học từ tháng 01/2019 đến



Hình 4. Kết quả của quá trình huấn luyện AI từ 01/2019 đến 07/2019.

07/2019 (Hình 6a). Như vậy có thể thấy, máy bơm CUP - BB3 vẫn đang làm việc rất tốt và ổn định.

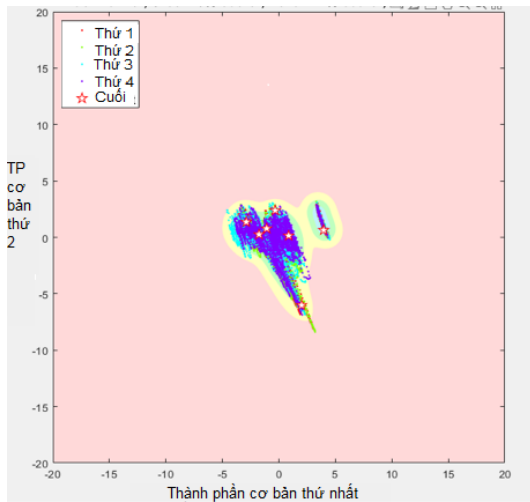
Trên Hình 7 cho thấy, kết quả vận hành đến tháng 10 năm 2019 (Hình 7b) không khác so với dữ liệu lịch sử mà AI đã học từ 01/2019 - 07/2019 (Hình 7a). Điều đó cho thấy máy bơm CUP - BB3 vẫn đang làm việc ổn định.

b. Sử dụng dữ liệu lịch sử 12 tháng để huấn luyện AI

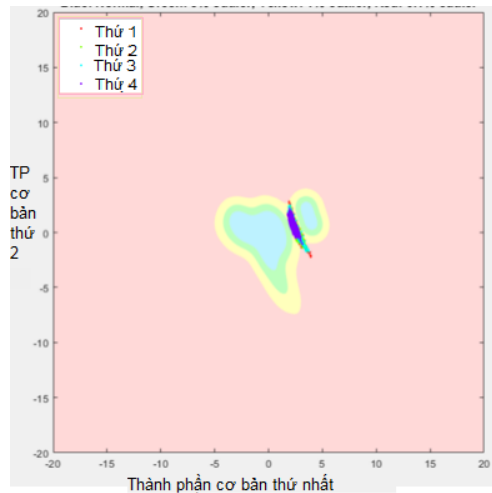
Khi sử dụng dữ liệu lịch sử 12 tháng (từ 01/2019 - 12/2019) để huấn luyện AI, ta nhận thấy các chấm màu xanh đã đi ra khỏi các vùng

giới hạn biên sau khi học các thông số vận hành lịch sử. Kết quả đến cuối năm 2019 đã có biểu hiện của những dấu hiệu hỏng hóc cần được bảo trì, bảo dưỡng. Tuy nhiên, để chạy thử khả năng của AI thì vẫn cho máy tính tiếp tục học (Hình 8).

Trên Hình 9 là kết quả vận hành đến ngày 01/01/2020 (Hình 9b), các chấm màu xanh đã chạy ra ngoài các vùng giới hạn biên so với dữ liệu lịch sử mà AI đã học từ tháng 01/2019÷12/2019 (Hình 9a). Điều này cho thấy, đã xuất hiện các dấu hiệu cảnh báo cần phải tiến hành sửa chữa bảo dưỡng hệ thống máy bơm.



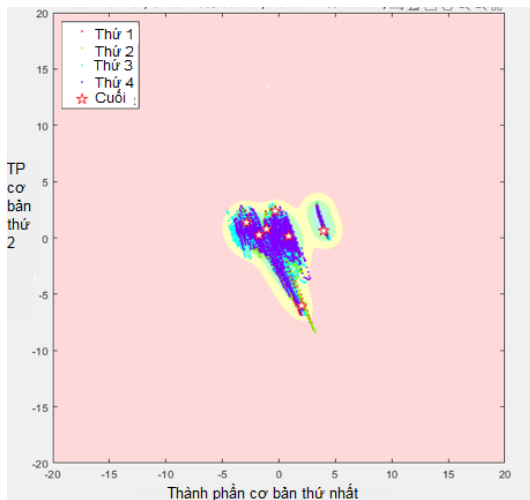
(a)



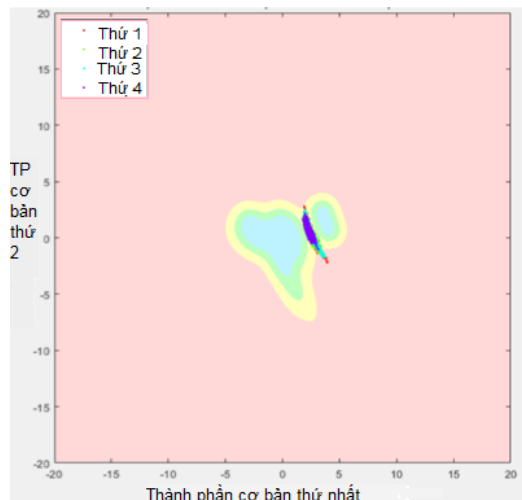
(b)

Hình 5. Kết quả của quá trình huấn luyện AI đến tháng 08/2019.

(a). Lịch sử AI đã học từ 01/2019÷7/2019, (b). Kết quả vận hành đến 8/2019.



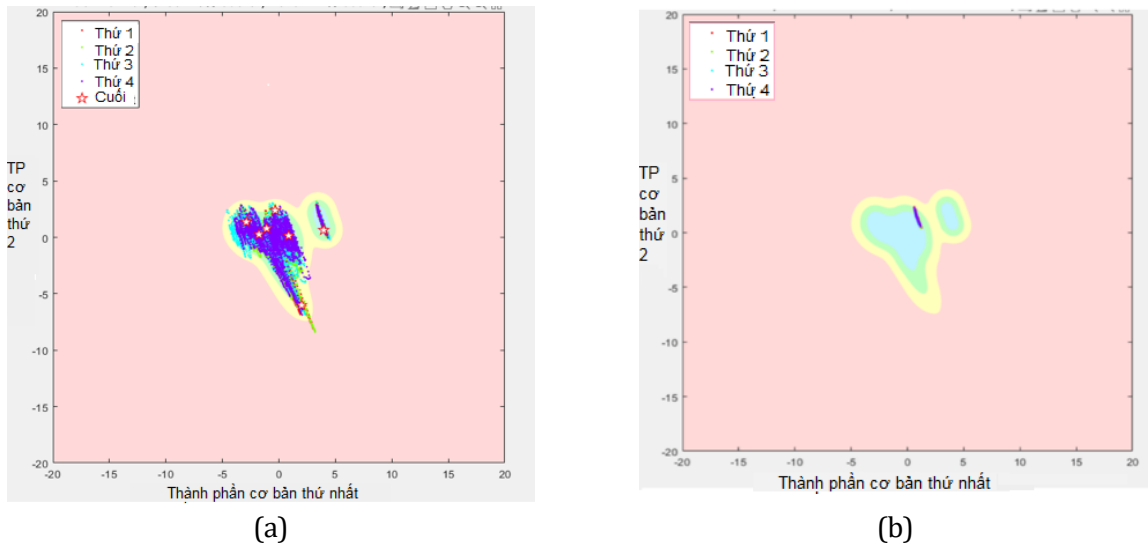
(a)



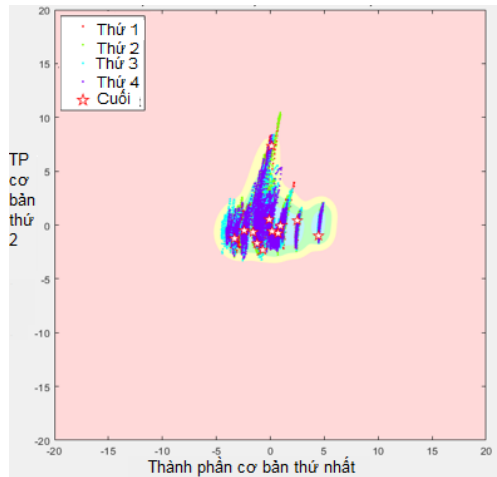
(b)

Hình 6. Kết quả của quá trình huấn luyện AI đến 09/2019.

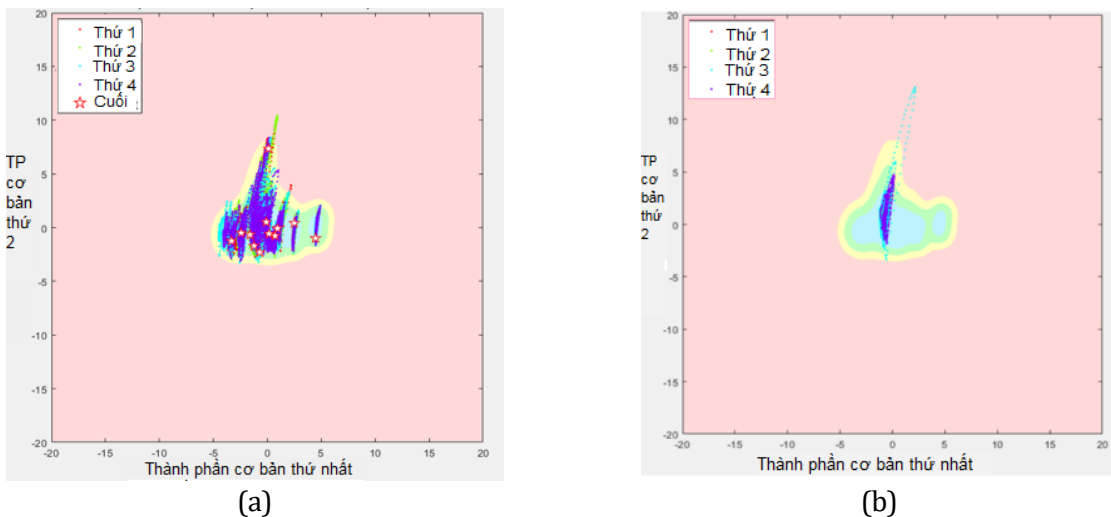
(a). Lịch sử AI đã học từ 01/2019÷7/2019, (b). Kết quả vận hành đến 9/2019.



(a) (b)
 Hình 7. Kết quả của quá trình huấn luyện AI đến 10/2019.
 (a). Lịch sử AI đã học từ 01/2019÷7/2019, (b). Kết quả vận hành đến 10/2019.



Hình 8. Kết quả của quá trình huấn luyện AI đến 12/2019.



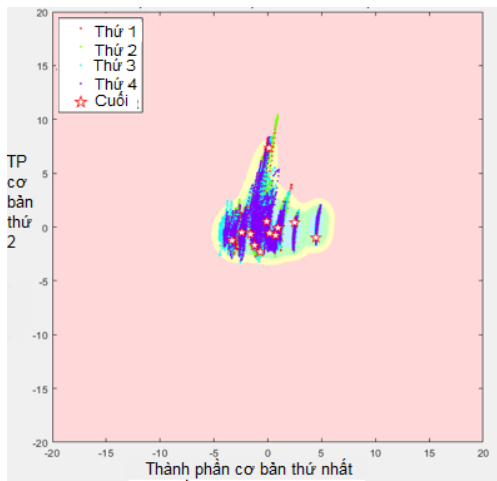
(a) (b)
 Hình 9. Kết quả của quá trình huấn luyện AI đến 01/2020.
 (a). Lịch sử AI đã học từ 01/2019÷12/2019, (b). Kết quả vận hành đến 01/2020.

Trên Hình 10 cho thấy kết quả vận hành đến ngày 01/04/2020 (Hình 10b) sau khi đã tiến hành bảo trì, bảo dưỡng máy bơm. Chúng ta dễ dàng nhận ra các chấm màu xanh đã quay trở lại phía trong các vùng giới hạn biên so với dữ liệu lịch sử mà AI đã học từ tháng 01/2019 - 12/2019 (Hình 10a). Kết quả này cho thấy, các sửa chữa, bảo dưỡng kịp thời hệ thống máy bơm giúp cho hệ thống vận hành an toàn, hiệu quả hơn, tránh các hỏng hóc có thể xảy ra. Đây là tính ưu việt của việc ứng dụng công nghệ AI trong chuẩn đoán sớm các dấu hiệu có thể gây ra mất an toàn quá trình hoạt động của thiết bị.

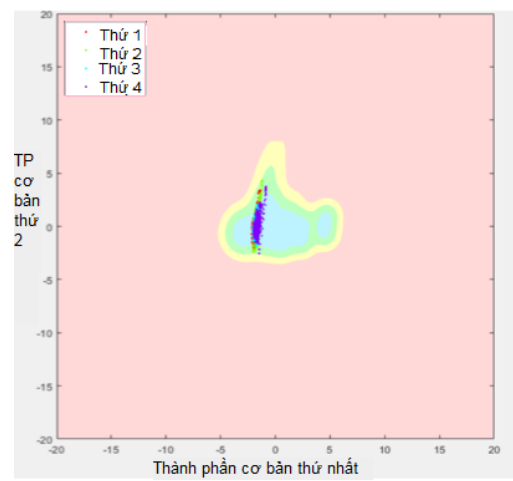
Hình 11 là kết quả vận hành đến ngày

01/08/2020 (Hình 11b) sau khi tiếp tục tiến hành bảo trì, bảo dưỡng máy bơm. Thấy rằng các chấm màu xanh đã quay trở lại hoàn toàn phía trong các đường biên giới hạn so với dữ liệu lịch sử mà AI đã học từ tháng 01/2019÷12/2019 (Hình 11a).

Hình 12 thể hiện kết quả vận hành đến ngày 29/12/2020 (Hình 12b). Từ kết quả này cho thấy, các chấm màu xanh và các chấm màu đỏ đã chạy ra phía ngoài các vùng giới hạn biên (Hình 12b) so với dữ liệu lịch sử mà AI đã học từ tháng 01/2019÷12/2019 (Hình 12a). Dựa trên các kết quả thu được tại thời điểm này, hệ thống AI đã dự báo cho biết được các sự cố, hay các hỏng hóc của bơm sắp tới có thể xảy ra.



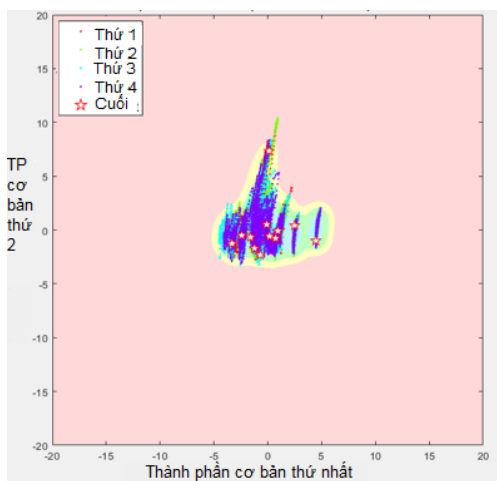
(a)



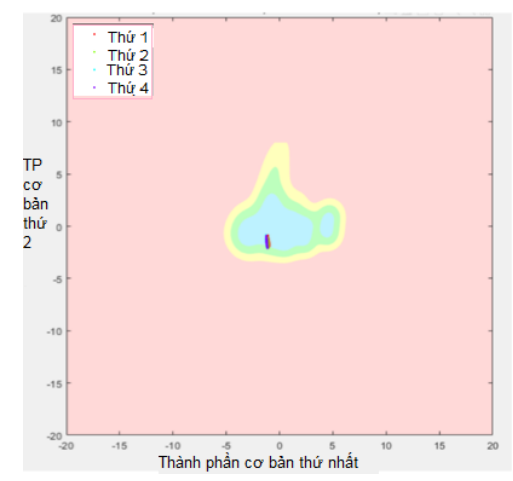
(b)

Hình 10. Kết quả của quá trình huấn luyện AI đến 04/2020.

(a). Lịch sử AI đã học từ 01/2019÷12/2019, (b). Kết quả vận hành đến 4/2020.



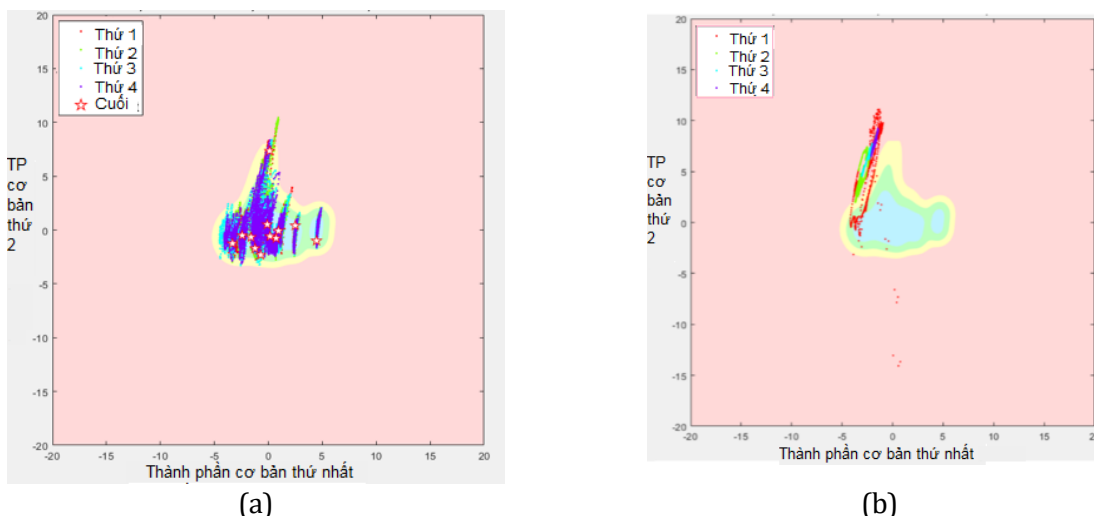
(a)



(b)

Hình 11. Kết quả của quá trình huấn luyện AI đến 08/2020.

(a). Lịch sử AI đã học từ 01/2019÷12/2019, (b). Kết quả vận hành đến 8/2020.



Hình 12. Kết quả của quá trình huấn luyện AI đến 12/2020.

(a). Lịch sử AI đã học từ 01/2019÷12/2019, (b). Kết quả vận hành đến 12/2020.

Dựa vào các dự báo đó, người vận hành cần phải tiến hành công việc bảo trì, bảo dưỡng cho máy bơm, để tránh các sự cố gây hỏng và thậm chí dừng hoạt động của hệ thống. Có thể thấy rằng, AI đã mang lại kết quả rất thiết thực, giúp các nhà điều hành sản xuất phát hiện sớm, kịp thời các hư hỏng của thiết bị máy móc, giúp nâng cao hiệu quả của quá trình sản xuất.

3. Kết luận

Việc ứng dụng trí tuệ nhân tạo đã mở ra một hướng đi mới tận dụng cơ sở dữ liệu có sẵn tại mỏ Hải Thạch - Mộc Tinh và hệ thống phần cứng, phần mềm từ hệ thống thu gom dữ liệu lớn. Các thông số từ các thiết bị cảm biến thông minh trên giàn công nghệ xử lý khí tự nhiên PQP - HT đã được cập nhật liên tục theo thời gian thực để huấn luyện. Ứng dụng AI giúp dự báo được sớm các biểu hiện bất thường về vận hành để đề xuất kế hoạch bảo trì, bảo dưỡng kịp thời. Giải pháp ứng dụng này giúp giảm thiểu tối đa các hỏng hóc lớn và đặc biệt là các sự cố an toàn về bộ phận làm kín (Seal) của máy bơm, giúp tránh được hiện tượng rò rỉ condensate ra môi trường, đảm bảo thời gian vận hành liên tục. Bên cạnh đó, ứng dụng AI giúp tăng tuổi thọ hoạt động của các thiết bị nhờ bảo dưỡng, bảo trì kịp thời trước khi sự cố có thể xảy ra, mang lại hiệu quả cao hơn so với quá trình bảo trì, bảo dưỡng theo phương pháp truyền thống. Đồng thời, tiết giảm chi phí bảo trì, bảo dưỡng. Sử dụng hệ thống AI giúp đưa ra các cảnh báo về sự cần thiết phải bảo trì thiết bị máy bơm khi dữ liệu về

đường vận hành cơ sở đi dần ra ngoài các đường biên giới hạn. Tất cả các thông số được hiển thị và tính toán tự động, điều này giúp giảm nhân sự vận hành theo dõi thiết bị, giảm thiểu chi phí bảo trì, bảo dưỡng và vận hành so với việc sử dụng phương pháp bảo dưỡng truyền thống. Ứng dụng công nghệ AI giúp nhà điều hành sản xuất tối ưu hóa được thời gian vận hành, bảo dưỡng và giảm thiểu tối đa thời gian đóng giếng không theo kế hoạch.

Kết quả nghiên cứu của bài báo nên được xem xét để triển khai áp dụng cho các mỏ và các thiết bị khác có điều kiện hoạt động tương tự.

Đóng góp của tác giả

Nguyễn Văn Thịnh - xây dựng bố cục, phân tích số liệu, biên tập và hiệu đính nội dung bài báo; Triệu Hùng Trường - bổ sung thông tin, hiệu chỉnh nội dung; Trần Thanh Hải - phân tích số liệu, rà soát nội dung; Ngô Hữu Hải - phân tích số liệu và hiệu đính nội dung; Trần Ngọc Trung - phân tích số liệu, hiệu chỉnh kết quả tính toán.

Tài liệu tham khảo

Agwu, O. E., Akpabio, J. U., Alabi, S. B., & Dosunmu, A. (2018). Artificial intelligence techniques and their applications in drilling fluid engineering: A review. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 167, 300-315. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2018.04.019>

- Bello, O., Holzmann, J., Yaqoob, T., & Teodoriu, C. (2015). Application Of Artificial Intelligence Methods In Drilling System Design And Operations: A Review Of The State Of The Art. *Journal of Artificial Intelligence and Soft Computing Research*, 5.
- Clydeunion (2011). *Installation Operation and Maintenance Manual (IOM) condensate export pumps CUP - BB3*. Bien Dong 1 Project.
- Gouriveau, R., Medjaher, K., & Zerhouni, N. (2016). *From Prognostics and Health Systems Management to Predictive Maintenance 1: Monitoring and Prognostics*, Wiley.
- Herve, P., Haddad, G., Moore, K., Rosner, M. (2018). *Automated Model Building: The Next AI Frontier in Predictive Maintenance*. The Offshore Technology Conference, Houston, Texas, USA. <https://doi.org/10.4043/28634-MS>.
- McKinsey Global Institute (2017). *Artificial Intelligence - The next digital frontier*. Discussion Paper.
- Hoang, K. S., Trinh, X. V., Tran, V. T., & Dang, A. T. (2017). *Comprehensive Sanding Study from Laboratory Experiments, Modeling, Field Implementation, to Real-Time Monitoring, a Case Study for Hai Thach and Moc Tinh Fields, Offshore Viet Nam*. SPE/IATMI Asia Pacific Oil & Gas Conference and Exhibition. OnePetro, 186378, 1-9. <https://doi.org/10.2118/186387-MS>.
- Triệu, H. T., Nguyễn, M. T. (2006). *Nghiên cứu sự cùng làm việc của các máy bơm ly tâm trong mạng lưới vận chuyển dầu khí*. Tuyển tập các công trình khoa học, Trường Đại học Mỏ - Địa chất.
- Triệu, H. T., (2021). *Nghiên cứu xây dựng bộ công cụ trí tuệ nhân tạo hỗ trợ đánh giá phân tích, liên kết tài liệu địa chất, địa vật lý giếng khoan và số liệu khai thác để nâng cao hiệu quả quản lý, khai thác mỏ khí condensate Hải Thạch - Mộc Tinh Lô 05-2; 05-3, thuộc Biển Đông Việt Nam*. Đề tài cấp Nhà nước thuộc “Chương trình KH và công nghệ trọng điểm cấp quốc gia phục vụ đổi mới, hiện đại hóa công nghệ khai thác và chế biến khoáng sản đến năm 2025”, Mã số 077.2021.CNKK. QG/HĐKH-CN, Bộ KH-CN.