

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT

NCS. TRẦN NGỌC TRUNG

NGHIÊN CỨU NÂNG CAO HIỆU QUẢ XỬ LÝ KHÍ TỰ NHIÊN
TẠI MỎ HẢI THẠCH

Ngành: Kỹ thuật dầu khí

Mã số: 9520604

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ

Hà Nội, 2023

Công trình được hoàn thành tại: **Bộ môn Khoan - Khai thác, Khoa Dầu khí,
Trường Đại học Mỏ - Địa chất.**

Người hướng dẫn khoa học:

1. PGS. TS. Triệu Hùng Trường

2. TS. Ngô Hữu Hải

Phản biện 1:

Phản biện 2 :

Phản biện 3:

Luận án sẽ được bảo vệ trước Hội đồng chấm luận án cấp Trường họp tại
Trường đại học Mỏ - Địa chất vào hồi ... giờ ngày tháng năm

Có thể tìm hiểu luận án tại thư viện: **Thư viện Quốc Gia Hà Nội hoặc Thư
viện Trường Đại học Mỏ - Địa chất.**

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài

Việc nghiên cứu chuyên sâu về công nghệ xử lý khí cũng như nâng cao hiệu quả của công nghệ xử lý khí đang được áp dụng tại mỏ khí condensate như của Biển Đông POC có tính cấp bách và xuất phát từ nhu cầu của thực tiễn sản xuất. Tại mỏ HT-MT, việc đảm bảo quá trình xử lý khí liên tục từ đầu vào từ tại các giếng khai thác đến đầu ra của tại máy nén khí, luôn là nhiệm vụ quan trọng hàng đầu. Mọi biến cố gây dừng bất kỳ cụm công nghệ nào cũng ảnh hưởng đến cả quá trình xử lý, thậm chí tạm dừng hoạt động cả giàn công nghệ. Chính vì vậy, cần phải có một công cụ xử lý dữ liệu thông minh để theo dõi bất thường của thiết bị và dự báo thông số đầu vào của hệ thống khai thác, xử lý nhằm đưa ra các phản ứng, điều chỉnh hệ thống liên tục, chính xác và nhanh chóng. Vì vậy, việc nghiên cứu ứng dụng trí tuệ nhân tạo trong khai thác, xử lý khí tự nhiên tại mỏ Hải Thạch là xu hướng quản trị mỏ kiểu mới, giúp giảm thiểu thời gian sự cố phải dừng giàn hay đóng giếng không theo kế hoạch, đảm bảo tính an toàn và vận hành liên tục của hệ thống công nghệ xử lý khí tự nhiên, qua đó nâng cao hiệu quả xử lý và khai thác mỏ HT.

2. Mục đích nghiên cứu của luận án

- Nâng cao hiệu quả khai thác, xử lý khí tự nhiên tại mỏ Hải Thạch bằng phương pháp ứng dụng trí tuệ nhân tạo hỗ trợ quá trình theo dõi, liên kết số liệu khai thác, phân tích và dự báo.
- Xây dựng phương pháp mới và phù hợp nhằm dự báo sản lượng khai thác khí condensate tại mỏ HT, đảm bảo khả năng thu hồi và khai thác của từng giếng; cung cấp nguồn dữ liệu và ổn định điều kiện đầu vào của hệ thống xử lý.
- Phát hiện kịp thời những bất thường của giếng khai thác và máy nén khí cao áp nhằm ổn định áp suất và đảm bảo dòng chảy khí cho quá trình xử lý và thu hồi khí bay hơi (flash gas).

3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

- Đối tượng nghiên cứu: Hệ thống khai thác và xử lý khí tự nhiên tại mỏ Hải Thạch.
- Phạm vi nghiên cứu: Nghiên cứu, phát triển phương pháp nâng cao hiệu quả khai thác, xử lý khí tự nhiên bằng công nghệ trí tuệ nhân tạo giúp hỗ trợ quá trình theo dõi, phân tích và dự báo tại mỏ khí - condensate Hải Thạch.

4. Nội dung nghiên cứu

Đánh giá thực trạng về tình hình nghiên cứu và thực tế khai thác xử lý khí trên thế giới, tại Việt Nam và mỏ HT-MT. Đánh giá, phân tích thực trạng tình hình nghiên cứu công nghệ xử lý số liệu thông minh trong ngành công nghiệp dầu khí trên thế giới và tại Việt Nam.

Nghiên cứu và phát triển phương pháp dự báo sản lượng khí – condensate dựa trên Hệ thống suy luận mờ thần kinh thích ứng cải tiến (Improved Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System - ANFIS), đảm bảo khả năng thu hồi và khai thác của từng giếng; cung cấp nguồn dữ liệu và ổn định điều kiện đầu vào của hệ thống xử lý.

Nghiên cứu và phát triển phương pháp phát hiện bất thường cho nước xâm nhập giếng khai thác và máy nén khí cao áp sử dụng Mạng tự động mã hóa cải tiến dựa trên Bộ nhớ dài - ngắn hạn (Improved Long Short Term Memory based Autoencoder network – Improved LSTM-AE), nhằm ổn định áp suất và đảm bảo dòng chảy khí bay hơi cho quá trình xử lý khí.

5. Phương pháp nghiên cứu và cách tiếp cận

5.1. Cách tiếp cận

Tìm hiểu các thành tựu khoa học, công nghệ tiên tiến và các thuật toán xử lý dữ liệu mới, thông minh đang áp dụng trong ngành công nghiệp dầu khí trên thế giới và tại Việt Nam. Từ đó đề xuất phương hướng và tiến hành các nghiên cứu nâng cao hiệu quả khai thác, xử lý khí tại mỏ HT.

5.2. Phương pháp nghiên cứu, kỹ thuật sử dụng

- Nghiên cứu lý thuyết, điều tra khảo sát, thu thập, thống kê và xử lý số

liệu: về lịch sử khai thác tại mỏ HT.

- Nghiên cứu mô hình: lựa chọn mô hình phù hợp, thử nghiệm và đánh giá để hiệu chỉnh tối ưu mô hình đã chọn.
- Phương pháp chuyên gia: để định hướng các nội dung nghiên cứu, cũng như hoàn thiện và củng cố độ tin cậy của các kết quả nghiên cứu.

6. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn

6.1. Ý nghĩa khoa học

Công nghệ xử lý số liệu thông minh trên cơ sở áp dụng phương pháp Học máy có thể khai thác tối đa lợi ích của cơ sở dữ liệu lịch sử và thời gian thực của hệ thống khai thác, xử lý tại mỏ khí condensate HT. Đây cũng là hướng nghiên cứu đang được các nhà khoa học rất quan tâm triển khai áp dụng trong tất cả các lĩnh vực của đời sống, xã hội.

Mô hình xử lý dữ liệu trong nghiên cứu này có khả năng đánh giá, hiệu chỉnh và có độ tin cậy cao, hỗ trợ các kỹ sư điều hành đưa ra các phản ứng phù hợp và nhanh chóng giúp giảm thiểu được rủi ro trong hoạt động vận hành khai thác. Qua đó, đảm bảo tính an toàn và vận hành liên tục và nâng cao hiệu quả khai thác, xử lý khí tự nhiên tại mỏ HT. Do đó, đây là hệ thống, phương pháp quản trị mỏ mới, có tính sáng tạo, có hàm lượng khoa học cao.

6.2. Ý nghĩa thực tiễn

Việc nghiên cứu áp dụng công nghệ tiên tiến, đồng thời vẫn phát huy được cơ sở hạ tầng sẵn, phát huy tối đa nguồn lực tại chỗ có đóng vai trò quan trọng trong việc giảm chi phí và nâng cao hiệu quả khai thác, xử lý tại các mỏ dầu khí. Luận án đã cho thấy rằng, việc nghiên cứu áp dụng công nghệ xử lý số liệu thông minh trong công tác dự báo sản lượng khai thác và phát hiện bất thường, giúp đảm bảo tính an toàn, hiệu quả và liên tục của hệ thống xử lý khí tự nhiên; giảm thiểu thời gian sự cố phải dừng giàn hay đóng giếng không theo kế hoạch. Với kết quả nghiên cứu được ứng dụng vào thực tế góp phần hiện đại hóa và nâng cao hiệu quả khai thác và xử lý tại các mỏ khí condensate; giảm thiểu thời gian và chi phí tự đầu tư nghiên cứu của các

công ty dầu khí, góp phần làm tăng hiệu quả đầu tư của các dự án thăm dò và khai thác dầu khí tại Việt Nam.

7. Điểm mới của luận án

7.1. Luận án đã giải quyết được những vấn đề đặt ra từ yêu cầu của thực tế sản xuất tại mỏ Hải Thạch bằng phương pháp xử lý số liệu thông minh. Đây là giải pháp mới, phù hợp và hiệu quả để có thể tận dụng được cơ sở hạ tầng và dữ liệu khai thác tại mỏ khí – condensate HT.

7.2. Việc áp dụng hệ thống AFNIS cải tiến đã nâng cao được độ chính xác dự báo lưu lượng giếng khai thác giúp kiểm tra, giám sát một cách có hiệu quả hiệu suất của giếng.

7.3. Tác giả đã chọn được mô hình LSTM-AE cải tiến tối ưu hóa cho các bộ siêu tham số khác nhau dựa trên tính toán chỉ số trung bình sai số tuyệt đối (MAE) của hàm mất mát. Giá trị ngưỡng (threshold) tối ưu sau đó được lựa chọn để phân loại chính xác nhiều nhất các điểm bất thường với điểm F-score cao nhất trong số các mô hình được tối ưu hóa.

8. Luận điểm bảo vệ

Luận điểm 1:

Ứng dụng thành công thuật toán Suy luận mờ thần kinh thích ứng cải tiến (Improved ANFIS) cho phép nâng cao độ chính xác dự báo sản lượng khai thác và ổn định quá trình xử lý khí – condensate thông qua việc đạt được giá trị RMSE 0,0645 và Hệ số xác định R^2 0,9482.

Luận điểm 2:

Ứng dụng thành công thuật toán Mạng tự động mã hoá dựa trên bộ nhớ dài ngắn hạn cải tiến (Improved LSTM-AE) để dự báo các bất thường đối với giếng khai thác và máy nén khí cao áp với F-score tốt nhất đạt 0,57143, tránh rủi ro, đảm bảo hoạt động ổn định, an toàn và hiệu quả cho quá trình khai thác và xử lý khí – condensate mỏ HT.

9. Cơ sở tài liệu của luận án

Luận án được hình thành trên cơ sở các loại tài liệu, số liệu sau đây:

- Các tài liệu tham khảo; số liệu tổng hợp, phân tích, thống kê, so sánh từ hệ thống các tài liệu tham khảo (sách, bài báo, các kết quả nghiên cứu liên quan đến luận án...).

- Các kết quả nghiên cứu của tác giả trình bày trong các bài báo đăng trên các tạp chí khoa học chuyên ngành trong và ngoài nước.

- Các số liệu và kết quả nghiên cứu của đề tài cấp nhà nước “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 HT-MT Lô 05-2; 05-3, thuộc Biển Đông Việt Nam”, 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 ĐT.CNKK.QG.007/21, mà tác giả là thành viên chính thực hiện đề tài.

10. Khối lượng và cấu trúc của luận án

Cấu trúc của luận án gồm có: phần mở đầu, 3 chương, kết luận - kiến nghị và danh mục tài liệu tham khảo.

CHƯƠNG 1:

TỔNG QUAN TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU TRONG LĨNH VỰC XỬ LÝ KHÍ TRÊN THẾ GIỚI, VIỆT NAM VÀ CÁC GIẢI PHÁP NÂNG CAO HIỆU QUẢ XỬ LÝ KHÍ

1.1. Tổng quan về xử lý khí tự nhiên trên các giàn khai thác

Quá trình xử lý khí tự nhiên bao gồm các quá trình như chiết suất condensate, tách các tạp chất, thu hồi các thành phần lỏng, duy trì và ổn định pha các thành phẩm, nén – vận chuyển sản phẩm khí và condensate thương mại. Trong đó một số công đoạn được thực hiện gần hay ngay tại đầu giếng và giàn công nghệ xử lý, còn toàn bộ việc xử lý sâu khí tự nhiên được tiến hành tại một cơ sở chế biến/xử lý sâu, thường đặt trong bờ. Trong một vài thập kỉ gần đây, rất nhiều các nghiên cứu khoa học về xử lý khí tự nhiên trên thế giới đã tập trung giải quyết các vấn đề lớn gắn liền với công nghệ khai thác, xử lý và vận chuyển khí tự nhiên. Mục tiêu chung của hầu hết các đề tài nghiên cứu là nâng cao hiệu quả xử lý khí tự nhiên, góp phần mang lại lợi ích kinh tế lớn nhất cho các đơn vị liên quan trong khi vẫn đảm bảo các yếu tố kỹ thuật, an toàn và môi trường.

1.2. Vị trí và vai trò của mỏ khí – condensate HT-MT

Dự án Biển Đông 1 phát triển các mỏ khí – condensate Hải Thạch và Mộc Tinh, là dự án trọng điểm quốc gia với điều kiện địa chất đặc biệt phức tạp, nước sâu (118 – 145 m), xa bờ, nằm trong khu vực có bất thường áp suất rất cao (890 atm), nhiệt độ vượt ngưỡng (hơn 190 độ C). Sản lượng trung bình của mỏ khí – condensate Hải Thạch - Mộc Tinh (HT-MT) là khoảng 6-7 triệu mét khối khí tiêu chuẩn và 8000-9000 thùng condensate tiêu chuẩn ngày đêm. Việc phát triển thành công dự án khai thác khí - condensate Hải Thạch - Mộc Tinh phù hợp với chiến lược phát triển của Ngành dầu khí Việt Nam, có ý nghĩa đặc biệt quan trọng về chiến lược, kinh tế, xã hội, chính trị và an ninh quốc phòng.

1.3. Hệ thống khai thác, xử lý khí tại mỏ HT-MT

Tại Giàn công nghệ trung tâm, khí thương mại sẽ được tách và xử lý trước khi đưa vào Máy nén khí áp suất cao (Export Gas Compressors) để về đường ống dẫn khí Nam Côn Sơn 1. Trong khi đó, condensate sẽ được tách và ổn định hoá (stabilization process) trước khi xuất sang tàu chứa condensate Biển Đông 1.

1.3.1. Hệ thống và cơ chế dự báo lưu lượng nhằm tối ưu chế độ vận hành và đảm bảo dòng chảy trong đường ống nội mỏ

Việc nâng cao tính chính xác dự báo lưu lượng giếng khai thác có ý nghĩa vô cùng quan trọng, giúp kiểm tra và giám sát hiệu suất của giếng khai thác theo thời gian thực mà không cần đến quá trình kiểm tra giếng trong thực tế. Đồng thời giúp tối ưu phân chia ngược sản phẩm cho từng giếng (back allocation), dự báo và hoạch định kế hoạch sản xuất một cách hiệu quả. Việc tối ưu hóa quy trình công nghệ chính là liên tục giải các phương trình cơ học chất lưu và không ngừng tìm ra và thay đổi các giá trị cài đặt về nhiệt độ, áp suất, lưu lượng phù hợp nhằm liên tục thích ứng với các thay đổi và tối ưu các mục tiêu đề ra.

1.3.2. Hệ thống và cơ chế dự báo bất thường của giếng và thiết bị trong việc nâng cao hiệu quả xử lý khí tại mỏ HT

Hệ thống khai thác và xử lý khí tại mỏ HT đã được vận hành an toàn, hiệu quả nhưng hiện tại đang gặp rất nhiều khó khăn, thách thức khi lưu lượng và áp suất giảm. Do đó, việc đảm bảo vận hành giếng, các thiết bị khai thác một cách liên tục và ổn định đang là vấn đề sống còn đối với hệ thống xử lý khí tự nhiên tại mỏ HT-MT. Đó là điểm mấu chốt để đáp ứng mục tiêu sản xuất bao gồm bán khí và phân phối condensate cho FSO. Vì vậy, việc tích hợp và khai thác dữ liệu thông minh cho phép thực hiện các phân tích nâng cao phát hiện bất thường của giếng và thiết bị trong hệ thống xử lý khí là cần thiết nhằm tối ưu hóa và nâng cao hiệu quả xử lý khí của các công trình.

1.4. Các phương pháp nâng cao hiệu quả xử lý khí tự nhiên

1.4.1. Phương pháp tối ưu hoá thời gian thực

Các hệ thống tối ưu hóa thời gian thực (Real Time Optimization - RTO) thực hiện các chức năng chính sau: (1) Theo dõi điều kiện hoạt động của hệ thống và xác định các điều kiện tối ưu hóa bằng cách sử dụng các mô hình mô phỏng tĩnh và động hệ thống công nghệ; (2) Đối chiếu/ước lượng thông số: Thu thập các điều kiện vận hành và đối chiếu mô hình toàn nhà máy để xác định giá trị của các thông số thể hiện trạng thái hiện tại của nhà máy; (3) Tối ưu hóa: Thu thập các giới hạn hoạt động hiện tại (ràng buộc) để áp đặt và giải quyết vấn đề tối ưu hóa để tìm tập hợp các điều kiện hoạt động dẫn đến hoạt động có lợi nhất; (4) Cập nhật các thông số cài đặt (setpoint) đã được tối ưu hoá vào hệ thống điều khiển công nghệ.

1.4.2. Phương pháp mô phỏng động và tĩnh của hệ thống xử lý khí

Việc tích hợp và xây dựng mô hình mô phỏng hệ thống dựa trên dữ liệu và thuật toán thông minh là cần thiết nhằm nâng cao hiệu quả sản xuất và kinh doanh, giúp phân tích và dự đoán hiệu suất sử dụng tài sản trong tương lai gần với nền tảng dữ liệu thời gian thực. Bằng cách tích hợp các phương pháp nhiệt động lực học, mô phỏng thủy lực và khả năng hoạt động của từng module thiết bị độc lập, mô hình đã có thể giúp dự đoán các mô phỏng công trình rất phức tạp ở cả trạng thái tĩnh và động.

1.4.3. Phương pháp điều khiển nâng cao hệ thống công nghệ theo thời gian thực

Các mô hình điều khiển nâng cao theo thời gian thực (Real time advanced process control) có thể được xây dựng dựa trên mô phỏng động hệ thống công nghệ có độ chính xác cao và dựa trên dữ liệu thực tế của nhà máy. Thông thường, các mô hình điều khiển này yêu cầu phân tích kỹ lưỡng để cung cấp đầy đủ, chặt chẽ các điều kiện kiểm soát và thông số cài đặt nhằm đảm bảo chất lượng sản phẩm đầu ra của hệ thống xử lý khí.

1.4.4. Phương pháp nâng cao hiệu quả xử lý khí tự nhiên sử dụng công

nghe xử lý số liệu thông minh

Trong quá trình vận hành một mỏ dầu khí, những sự thay đổi bất thường của các giếng khai thác hay sự hình thành các kiểu dòng chảy trong đường ống đa pha khiến cho việc vận hành ổn định và liên tục trở thành một thách thức vô cùng khó khăn. Do đó, mục tiêu sống còn với các công ty điều hành dầu khí là phải theo dõi, kiểm soát và vượt qua những biến động không mong muốn theo cách an toàn và giảm thiểu tối đa ảnh hưởng tới hoạt động của công trình dầu khí. Nhiều công trình xử lý khí đã thành công trong việc áp dụng công nghệ xử lý số liệu thông minh và các thành tựu của CMCN 4.0, nhằm nâng cao hiệu quả xử lý khí đồng thời tận dụng cơ sở hạ tầng và dữ liệu lịch sử khai thác.

1.4.5. Luận giải các phương pháp đang được áp dụng hiện nay và xu hướng trong thời gian tới

Các mô hình RTO hay Realtime APC phải sử dụng phương trình vật lý, hoá học cơ bản, các mối quan hệ cơ học và xác định các tham số có ý nghĩa trong từng mô hình. Các hệ thống này cũng cung cấp bộ giải phương trình/bộ tối ưu hóa, giao diện tự động theo dõi, đánh giá các điều kiện, tình huống hoạt động của nhà máy và tự động cài đặt và tính toán các thông số vận hành tối ưu. Nhưng do sự phức tạp, sử dụng nhiều biến số không chắc chắn của lưu chất đầu vào, tác động lẫn nhau giữa các mô đun và yêu cầu rất cao về mặt phần cứng, các phương pháp này thường khó được triển khai áp dụng đại trà và cho toàn bộ hoạt động xử lý khí của một công trình.

Để có thể đảm bảo hiệu quả của hệ thống xử lý khí tự nhiên tại mỏ HT-MT, thì yếu tố tiên quyết là phải đảm bảo các các thiết bị khai thác như máy nén khí luôn hoạt động một cách liên tục, ổn định. Trong khi đó, việc nâng cao độ chính xác dự báo lưu lượng giếng khai thác có ý nghĩa vô cùng quan trọng, không chỉ để kiểm tra và giám sát hiệu suất của giếng, mà còn giúp tối ưu phân chia ngược sản phẩm cho từng giếng, dự báo và hoạch định kế hoạch sản xuất một cách hiệu quả. Chính vì vậy, cần phải có một công cụ để phân

tích dữ liệu, theo dõi và dự báo bất thường giống khai thác và thiết bị trên hệ thống xử lý khí nhằm đưa ra các phản ứng nhanh chóng và phù hợp, là một bài toán thực tế cấp bách cần giải quyết trong lĩnh vực xử lý khí tại mỏ HT.

1.5. Kết luận chương

Việc nghiên cứu áp dụng công nghệ tiên tiến, đồng thời vẫn phát duy được cơ sở hạ tầng sẵn có đóng vai trò quan trọng trong việc giảm chi phí và nâng cao hiệu quả xử lý khí tại các mỏ khí. Các hệ thống xử lý dữ liệu thông minh có thể phân tích dữ liệu, rút ra các đặc trưng (pattern), tìm ra các mối quan hệ ẩn giữa các lớp thông tin trong quá trình vận hành và khai thác để giám sát, chuẩn đoán, phân tích và dự báo một cách chính xác và tin cậy. Tại mỏ HT-MT, việc nghiên cứu các công cụ thông minh để phân tích dữ liệu khai thác, theo dõi và dự báo bất thường giống khai thác và thiết bị trên hệ thống xử lý khí nhằm đưa ra các phản ứng phù hợp và nhanh chóng, là một bài toán thực tế, cấp bách cần giải quyết. Vì vậy, trong luận án này, tác giả sẽ tập trung nghiên cứu, phát triển phương pháp nâng cao hiệu quả xử lý khí tự nhiên bằng công nghệ xử lý số liệu thông minh tận dụng cơ sở hạ tầng và dữ liệu lịch sử khai thác tại mỏ khí – condensate HT.

CHƯƠNG 2:

XÂY DỰNG MÔ HÌNH XỬ LÝ SỐ LIỆU THÔNG MINH NHẪM NÂNG CAO HIỆU QUẢ XỬ LÝ KHÍ TẠI MỎ HẢI THẠCH

2.1. Nghiên cứu nâng cao độ chính xác phương pháp dự báo lưu lượng khí condensate, đảm bảo khả năng thu hồi và khai thác tại mỏ HT

2.1.1. Giới thiệu phương pháp đang được áp dụng nhằm dự báo lưu lượng khí condensate tại mỏ HT

Quá trình thiết kế mô phỏng hệ thống xử lý khí condensate sử dụng các phần mềm mô phỏng quy trình công nghệ trạng thái tĩnh (steady state), trong đó đòi hỏi các điều kiện đầu vào quá trình của từng dòng vật chất (stream) như áp suất, nhiệt độ, lưu lượng, thành phần cấu tử và tính chất vật lý của các hydrocarbon nặng, vv. Chương trình kiểm tra và giám sát hiệu suất của giếng khí thường tốn rất nhiều thời gian, chi phí trong điều kiện phải tuân thủ nhu cầu huy động khai thác khí hoặc tránh phải thay đổi điều kiện hệ thống xử lý bề mặt. Vì vậy, việc cân đối sản lượng và phân chia ngược sản phẩm cho từng giếng tại từng thời điểm để đảm bảo khả năng thu hồi, vận hành là tốt nhất phụ thuộc rất nhiều vào tính chính xác dự báo lưu lượng giếng khai thác.

2.1.2. Công cụ xử lý số liệu thông minh trong dự báo lưu lượng khai thác

Các nghiên cứu sử dụng ML cho bài toán dự báo dữ liệu dạng chuỗi thời gian trong ngành dầu khí, dần trở nên phổ biến và đã tạo ra rất nhiều đột phá. Các nghiên cứu này đều đã cho kết quả với độ chính xác cao đồng thời thể hiện tính liên kết giữa nghiên cứu khoa học và khả năng ứng dụng trong thực tế.

2.1.3. Nghiên cứu phát triển mô hình dự báo sản lượng khí condensate sử dụng hệ thống suy luận mờ thần kinh thích ứng cải tiến

Mô hình ANFIS xử lý các tính toán và xây dựng công thức liên kết dữ liệu đầu vào phi tuyến thành các tập hợp giá trị 'rõ nét' (crisp), được biểu diễn dưới dạng hàm liên thuộc MF và quy tắc mờ. Sau đó, thực hiện thủ tục giải mờ để tạo ra đầu ra 'rõ nét' (crisp) ứng với các quy tắc mờ cho mục đích suy

luận. Tập dữ liệu đầu vào được tách thành các nhóm dữ liệu bằng kỹ thuật phân cụm, sau đó tạo ra các hàm và quy tắc liên thuộc và các tham số hệ quả có thể điều chỉnh, áp dụng vào cấu trúc mạng ANFIS cải tiến để tính toán đầu ra mong muốn với sai số tối thiểu.

2.1.4. Xây dựng mô hình dự báo sản lượng khí condensate mở HT

Trên cơ sở các dữ liệu lịch sử và thời gian thực, tác giả tập trung xây dựng và phát triển mô hình ANFIS cải tiến nhằm dự báo lưu lượng khai thác khí condensate với hai thuật toán phân vùng chính là phân vùng trừ (Subtractive clustering) và phân vùng C-mean (FCM). Tác giả cũng đề xuất kiểm tra hồi quy tuyến tính (linear regression) giữa giá trị thực tế và dự báo của mô hình ANFIS nhằm phát hiện hiện tượng quá khớp.

2.1.4.1. Tiền xử lý dữ liệu (Data preprocessing)

Việc đưa trực tiếp dữ liệu thô vào các mô hình học máy sẽ rất khó có được một kết quả hay hiệu suất như mong muốn vì các thuật toán không có đủ thông minh để tự động trích xuất các đặc trưng (feature) có ý nghĩa. Một cách tiếp cận đơn giản thường được áp dụng là biến đổi dữ liệu (tiền xử lý dữ liệu), mục tiêu là đưa dữ liệu về một phân phối chuẩn (Normal/Gaussian distribution).

2.1.4.2. Kỹ thuật làm mịn dữ liệu

Các kỹ thuật làm mịn dữ liệu có thể giúp giảm thời gian tính toán trong khi vẫn duy trì độ chính xác cần thiết của mô hình dự báo chuỗi thời gian. Trong nghiên cứu này, bốn kỹ thuật làm mịn dữ liệu lần lượt được sử dụng là: (1) trung bình động với độ dài cửa sổ (Window) = 5; (2) bộ lọc trung vị 1-D với thứ tự bộ lọc là 3; (3) hồi quy cục bộ bình phương tuyến tính tối thiểu 'loess' với nhịp (span) = 4 và (4) hồi quy cục bộ mạnh mẽ 'rloess' với nhịp (span) = 4. Các kỹ thuật làm mịn này được áp dụng cho mô hình ANFIS với phân vùng FCM và phân vùng trừ (Subtractive).

2.1.4.3. Kỹ thuật phân vùng

Kỹ thuật phân vùng là yếu tố vô cùng quan trọng đối với bất kỳ mô hình

ANFIS nào. Bằng cách giảm bán kính phạm vi ảnh hưởng (influence radius) cho phân cụm trừ (Subtractive) hoặc tăng số lượng cụm cho phân vùng FCM giúp xác định một cách tự nhiên các nhóm nhỏ từ một tập dữ liệu lớn, giảm sự biến động trong mỗi cụm và giúp quá trình huấn luyện mô hình cho kết quả chính xác hơn với từng nhóm nhỏ này.

2.1.4.4. Phương pháp xác thực chéo k-lần (k-fold)

Xác thực chéo (Cross validation) là một phương pháp thống kê được sử dụng để đánh giá hiệu quả của các mô hình học máy và được sử dụng để so sánh, lựa chọn ra mô hình tốt nhất cho một bài toán. Phương pháp xác thực chéo k-lần được đánh giá là ưu việt hơn các phương pháp khác trong việc đánh giá sai số dự đoán của mô hình (ví dụ: phương pháp holdout, bootstrap and leave-one-out cross-validation methods).

2.1.4.5. Phương pháp kiểm tra và đánh giá kết quả dự báo

Để có thể kiểm chứng và đánh giá giữa giá trị dự báo và giá trị thực, các tác giả thường áp dụng các chỉ số kiểm tra dự báo mô hình.

2.1.4.6. Áp dụng mô hình đánh giá hiệu quả xác thực chéo k-lần (k-fold)

Bằng cách kiểm tra hồi quy tuyến tính, có thể quan sát thấy hiện tượng quá khớp xảy ra với mô hình ANFIS phân cụm trừ trong trường hợp có sử dụng xáo trộn ngẫu nhiên và không có áp dụng xác thực chéo k-lần. Kết quả tốt nhất được chỉ ra trong nghiên cứu này đối với các trường hợp sử dụng phân vùng trừ và FCM sau đó được so sánh với mô hình ANFIS áp dụng tối ưu hóa bầy đàn (PSO-ANFIS) và mô hình ANFIS áp dụng giải thuật di truyền (GA-ANFIS) theo nghiên cứu của Elbaz và cộng sự [1, 2].

2.2. Nghiên cứu mô hình dự báo bất thường nhằm ổn định áp suất và đảm bảo dòng chảy khí bay hơi cho quá trình xử lý khí tại mỏ HT

2.2.1. Giới thiệu phương pháp đang được áp dụng nhằm dự báo, theo dõi bất thường tại mỏ HT

Hệ thống xử lý khí tại giàn PQP-HT phụ thuộc nhiều vào đầu vào và độ ổn định của lưu chất đầu vào và sự hoạt động liên tục của các thiết bị trong hệ

thống xử lý khí. Do đó, đối với mỗi hiện tượng, các phương pháp khác nhau nhằm dự báo, theo dõi bất thường lại được áp dụng tại mỏ HT.

2.2.2. Phương pháp xử lý số liệu thông minh nhằm dự báo bất thường

Để có thể đảm bảo hiệu quả của hệ thống xử lý khí tự nhiên tại mỏ HT-MT, thì yếu tố tiên quyết là phải đảm bảo các điều kiện vận hành giếng, các thiết bị khai thác luôn hoạt động một cách liên tục và ổn định. Vì vậy, tác giả đã nghiên cứu và phát triển phương pháp phát hiện bất thường sử dụng bộ dữ liệu lịch sử và thời gian thực, công cụ học sâu có thể đưa ra các dự báo phân tích chính xác và nhanh chóng hơn, hỗ trợ tối đa các kỹ sư điều hành trong công tác theo dõi, phân tích, dự báo và điều chỉnh quá trình khai thác.

2.2.3. Nghiên cứu mô hình phát hiện bất thường sử dụng mạng tự động mã hoá dựa trên bộ nhớ dài – ngắn hạn cải tiến (LSTM-AE)

2.2.3.1. Mạng bộ nhớ dài ngắn hạn (LSTM)

Mạng bộ nhớ dài ngắn hạn LSTM rất phù hợp với các bài toán dữ liệu chuỗi thời gian, có tính chất tuần tự. Mạng LSTM có kiến trúc dạng chuỗi các mô-đun lặp đi lặp lại của mạng nơ-ron, các mô-đun trong LSTM gồm 4 tầng tương tác đặc biệt với nhau khác với kiến trúc một tầng tanh thường thấy ở các mạng RNN chuẩn.

2.2.3.2. Bộ tự mã hoá (Autoencoder)

Bộ tự mã hoá Autoencoder (AE) là một mạng nơ-ron nhân tạo truyền thẳng, sử dụng dữ liệu đầu vào, trích xuất các thuộc tính thông qua việc mã hoá và giải mã (giảm chiều không gian - dimension reduction), sau đó tái tạo lại véc tơ dữ liệu đầu vào. Việc so sánh vector sai số khôi phục lại khi áp dụng dữ liệu bình thường và bất thường có thể được sử dụng để phân loại sự bất thường.

2.2.3.3. Bộ tự mã hoá sử dụng mạng LSTM cải tiến

Mạng LSTM-AE cải tiến được xây dựng như một mô hình tuần tự (sequence to sequence) chứa các lớp LSTM xếp chồng lên nhau cho phép trích xuất các đặc trưng cần thiết từ dữ liệu chuỗi thời gian, học cách biểu diễn vector có độ dài cố định của dữ liệu chuỗi thời gian đầu vào hiệu quả

hơn. Sau đó mạng LSTM-AE này xây dựng lại dữ liệu chuỗi thời gian bằng cách sử dụng không gian tiềm ẩn (latent space) và giá trị được dự báo ở bước thời gian trước đó.

2.2.4. Xây dựng mô hình dự báo bất thường cho bộ dữ liệu giếng khai thác và máy nén khí cao áp HT

Quá trình tối ưu hóa của bất kì mô hình LSTM nào cũng bao gồm việc tinh chỉnh cho siêu tham số sau: số lượng tế bào thần kinh mỗi lớp LSTM, số lớp, số epoch, kích thước học theo lô (batch size), kích thước bỏ qua (dropout size), hàm kích hoạt, trình tối ưu hóa để huấn luyện mô hình, tốc độ học tập (learning rate) v.v. Trong quá trình huấn luyện, các siêu tham số khác được thay đổi và áp dụng thuật toán tối ưu Tìm kiếm ngẫu nhiên nhằm tìm ra mô hình được tối ưu hóa với MAE là nhỏ nhất.

2.3. Kết luận chương

Việc áp dụng Hệ thống suy luận mờ thần kinh thích ứng cải tiến để dự báo chính xác lưu lượng giếng khai thác là một phương pháp phù hợp, đảm bảo tính tin cậy của mô hình dự báo sản lượng khai thác. Mô hình ANFIS được cải tiến có thể giúp giúp kiểm tra, giám sát một cách có hiệu quả hiệu suất của giếng và tối ưu hoá phân chia ngược sản phẩm cho từng giếng.

Mạng học sâu LSTM-AE cho phép trích xuất các đặc trưng cần thiết từ dữ liệu chuỗi thời gian, học cách biểu diễn vector có độ dài cố định của dữ liệu chuỗi thời gian đầu vào hiệu quả hơn. Do đó, phương pháp này là phù hợp để dự báo bất thường giếng khai thác và máy nén khí cao áp nhằm ổn định áp suất, đảm bảo dòng chảy khí cho quá trình xử lý và thu hồi khí bay hơi.

CHƯƠNG 3:

ÁP DỤNG MÔ HÌNH XỬ LÝ SỐ LIỆU THÔNG MINH NHẪM NÂNG CAO HIỆU QUẢ XỬ LÝ KHÍ TẠI MỎ HẢI THẠCH

3.1. Áp dụng mô hình dự báo sản lượng khí condensate mỏ HT

3.1.1. Tập dữ liệu nhằm dự báo sản lượng giếng khai thác mỏ HT

Trên cơ sở dữ liệu tại mỏ HT, tác giả đã sử dụng các thông số đầu vào thời gian thực từ các cảm biến trên bề mặt của nhiều giếng trong cùng một vỉa chứa để dự báo sản lượng khí và condensate của mỗi giếng.

3.1.2. Kiểm chứng kết quả áp dụng mô hình dự báo lưu lượng khai thác tại mỏ HT

Kết quả mô hình dự báo chỉ ra rằng phương pháp làm mịn dữ liệu “loess” giảm đáng kể thời gian xử lý và cho kết quả tốt nhất trên cả hai thuật toán phân vùng trong số tất cả các kỹ thuật làm mịn dữ liệu khác được nghiên cứu. Với phương pháp “loess”, mô hình đã đạt được giá trị R cao nhất và giá trị sai số toàn phương trung bình (MSE), trung bình sai số và độ lệch chuẩn là thấp nhất. Đồng thời, phương pháp xác thực chéo k-lần (k-fold) cũng đã chứng minh khả năng tránh quá khớp và nâng cao độ chính xác của mô hình phân vùng trừ (Subtractive clustering). Ngoài ra, phương pháp sử dụng mô hình dự báo ANFIS cải tiến được thiết lập đơn giản hơn nhiều so với phương pháp đang được áp dụng, vốn phải qua các bước hồi quy và hiệu chỉnh để ước tính lưu lượng dòng lưu chất từ các giếng đi vào đường ống MT-HT.

3.1.3. Áp dụng kết quả nghiên cứu trong quá trình tối ưu hoá khai thác các giếng của mỏ HT-MT

Thuật toán di truyền (Genetic Algorithm – GA) xây dựng dựa trên thuyết tiến hóa với đặc tính các gen trong các sinh vật đại diện cho một đặc trưng độc lập về cấu trúc với các gen khác. Thuật toán di truyền được xây dựng nhằm xác định chuỗi gen “độ mở giếng” tối ưu ứng với mức huy động khí yêu cầu cho 13 giếng khai thác tại mỏ HT-MT. Tùy vào dải giá trị của độ

mở giếng (độ mở cố định hoặc tùy chỉnh), số lượng bit tương ứng được sử dụng nhằm thể hiện đặc trưng tương ứng của giếng. Mô hình Improved ANFIS nói trên sử dụng kết hợp thuật toán di truyền để tính toán với lượng huy động tương ứng, thì sẽ có các tổ hợp độ mở giếng khác nhau nhằm đạt được mức độ condensate là tối ưu.

3.1.4. Đánh giá kết quả áp dụng tại mỏ HT

Các kết quả chính thu được như sau:

- Trong số các kỹ thuật làm mịn dữ liệu khác nhau, kỹ thuật hồi quy cục bộ sử dụng bình phương tuyến tính tối thiểu có trọng số 'loess' mang lại kết quả dự báo tốt nhất cho cả hai mô hình ANFIS sử dụng thuật toán phân vùng trừ và phân vùng mờ FCM;
- Kỹ thuật kỹ thuật xáo trộn ngẫu nhiên và xác thực chéo k-lần đã chứng minh khả năng tránh hiện tượng quá khớp và nâng cao độ chính xác của dự báo.;
- Kết quả dự báo trong nghiên cứu này cho giá trị RMSE nhỏ nhất lần lượt là 0,0645 và 0,0733 cho tập dữ liệu huấn luyện và kiểm tra. Hệ số xác định R^2 cao nhất đạt lần lượt là 0,9482 và 0,9337 cho dữ liệu đào tạo và thử nghiệm. Giá trị phương sai (VA) của dự báo đạt cao nhất là 0,9482 và 0,9334 cho dữ liệu huấn luyện và kiểm tra.
- Đồng thời, khi so sánh với phương pháp đang được áp dụng, kết quả dự báo sử dụng ANFIS cải tiến trong nghiên cứu này cho giá trị RMSE nhỏ hơn lần lượt là 0,0733 và 0,12; hệ số xác định R^2 cao hơn.

3.2. Áp dụng mô hình phát hiện bất thường cho quá trình xử lý khí tại mỏ HT

3.2.1. Tập dữ liệu giếng khai thác và máy nén khí cao áp mỏ HT

Dữ liệu đầu vào cho nghiên cứu phát hiện bất thường giếng khai thác bao gồm: Dữ liệu ngày/tháng/năm; độ mở van điều tiết sản lượng giếng (Choke size); áp suất đầu giếng trước và sau van điều tiết sản lượng giếng; nhiệt độ đầu giếng trước và sau van điều tiết sản lượng giếng; áp suất và nhiệt

độ tại đáy giếng của tất cả các giếng khai thác ở HT. Ngoài ra, dữ liệu còn được gắn nhãn với các trường hợp bất thường để đánh giá khả năng phát hiện của mô hình trong quá trình thử nghiệm mô hình.

3.2.2. Cơ chế phát hiện bất thường

3.2.2.1. Sai số khôi phục lại

Sai số khôi phục lại (là sai số giữa véc tơ đầu vào và dự báo) được sử dụng nhằm đánh giá hiệu suất của mô hình học máy và phân loại các điểm bất thường. Sai số khôi phục lại có giá trị thấp nếu các mẫu thử nghiệm là các trường hợp bình thường, trong khi sai số khôi phục lại trở nên lớn với các mẫu bất thường cho mô hình học sâu.

3.2.2.2. Ma trận nhầm lẫn nhị phân

Ma trận nhầm lẫn nhị phân (Binary confusion matrix) thể hiện mối quan hệ giữa các lớp được dự báo và thực tế hoặc lỗi dự báo / xây dựng lại giữa các giá trị được dự báo / dự báo và thực tế. Giá trị ngưỡng (threshold) tối ưu sau đó được lựa chọn để phân loại chính xác nhiều nhất các điểm bất thường với điểm F-score đạt được cao nhất trong số các mô hình được tối ưu hóa.

3.2.2.3. Phát hiện bất thường dựa trên sai số khôi phục lại

Tác giả tập trung vào việc chọn và tối ưu hóa mô hình bằng cách sử dụng Kỹ thuật tối ưu hóa tìm kiếm ngẫu nhiên với hàm mục tiêu MAE. Sau đó, tác giả tiến hành so sánh các mô hình được tối ưu hóa để chọn ra mạng có điểm F (F-score) cao nhất cùng với 1 giá trị ngưỡng (threshold) nhất định khi thay đổi các bước thời gian (timesteps) và hàm kích hoạt cho mô hình học sâu LSTM-AE.

3.2.2.4. Tối ưu hoá bước thời gian và lựa chọn hàm kích hoạt

Việc sử dụng hàm kích hoạt ReLU, LeakyReLU cho kết quả tương đương trong nhiều trường hợp, ví dụ, với giá trị của các bước thời gian (timetep) bằng 3. Với hàm kích hoạt là ReLU và các bước thời gian là 2 và 4, kết quả điểm F tối đa là 0,57143. Tuy nhiên, giá trị MAE khi timetep = 2 là 0,07077, nhỏ hơn MAE là 0,1189 khi giá trị của timestep là 4. Với hàm kích

hoạt là Leaky ReLU, giá trị bước thời gian tốt nhất cũng là 4, cho kết quả điểm F tối đa là 0,5. Với cả hai loại hàm kích hoạt, khi bước thời gian tăng lên, điểm F giảm và MAE của lỗi xây dựng lại tăng lên.

3.2.3. Kiểm chứng và thảo luận kết quả phát hiện bất thường sử dụng phương pháp xử lý số liệu thông minh tại mỏ HT

Như các nghiên cứu trước đây đã chỉ ra, hàm kích hoạt rất quan trọng đối với bất kỳ mô hình học sâu nào. Tuy nhiên, có thể thấy rằng, với cùng giá trị timetep, ReLU cho kết quả điểm F tốt hơn. Phân phối giá trị mất mát MAE của tất cả dữ liệu được thể hiện và giá trị ngưỡng 0,1189 được chọn với điểm F tốt nhất. Các trường hợp bất thường có MAE của sai số khôi phục lại cao hơn nhiều. Bằng cách so sánh bước thời gian và chức năng kích hoạt, các tác giả có thể chọn giá trị ngưỡng tương ứng để có được điểm F là 0,57143, TPR là 0,667 và FPR là 0,0003 với tất cả các điểm bất thường và một phát hiện sớm được xác định chính xác.

3.2.3.1. Phát hiện bất thường nước xâm nhập giếng khai thác tại mỏ HT

Phương pháp theo dõi DP Deviation đang được áp dụng tại mỏ HT chỉ ra hiện tượng nước xâm nhập giếng khai thác vào sau ngày 20 tháng 09 năm 2019. Sử dụng phương pháp kiểm tra giếng định kì với các độ mở van côn và quy đổi về cùng một điều kiện và đo độ mặn (Salinity) của nước vỉa tại bình kiểm tra, có thể thấy tỉ lệ lỏng/khí (Liquid Gas Ratio – LGR) có xu hướng tăng lên và độ muối tăng đột biến vào ngày 22 tháng 9 năm 2019. Tuy nhiên, nhược điểm của các phương pháp này là có độ trễ cao vì phương pháp kiểm tra giếng không phải là hoạt động liên tục gần thời gian thực. Khi áp dụng mô hình thuỷ động lực Eclipse E300 kết hợp cùng dữ liệu Địa vật lý giếng khoan, không thể xác định cụ thể thời điểm nước xâm nhập khi không thể xác định Ranh giới khí-nước ban đầu và nước vỉa đã xâm nhập ngay từ ban đầu khi đưa giếng vào khai thác và tăng dần cho đến thời điểm hiện tại. Còn khi áp dụng phương pháp phát hiện bất thường sử dụng mạng tự động mã hoá dựa trên bộ nhớ dài – ngắn hạn cải tiến (LSTM-AE), hiện tượng bất thường được

chỉ ra vào ngày 16 tháng 09 năm 2019. Ưu điểm của phương pháp này là khả năng học tập và cho kết quả ngày càng tốt khi có nhiều dữ liệu, nhiều thuộc tính, mô hình có thể huấn luyện và đưa ra phân tích một cách liên tục theo các dữ liệu chuỗi thời gian.

3.2.3.2. Phát hiện bất thường cho máy nén khí cao áp, đảm bảo ổn định áp suất cho quá trình xử lý khí tại mỏ HT

Sử dụng mô hình phát hiện bất thường LSTM-AE, khi đánh giá giá trị trung bình của các vector lỗi cho các thuộc tính, các mẫu bất thường đã được phát hiện chính xác và sớm hơn. Mạng tự động mã hóa tự động dựa trên LSTM tối ưu của nghiên cứu này bao gồm 4 lớp LSTM với 448, 224, 224 và 448 nơ-ron tương ứng, 1 lớp bỏ qua với tỉ lệ 0,15, 1 vector lặp lại và 1 lớp phân phối thời gian. Hàm kích hoạt là ReLU, chỉnh lưu L2 là 0,025, tốc độ học là 0,001 và sử dụng hàm mất mát với chỉ số MAE để tìm ra mô hình có hiệu suất tốt nhất. Với bước thời gian = 2 và hàm kích hoạt là ReLU, giá trị Ngưỡng tối ưu là 0,070233 và giá trị điểm F là 0,57143.

3.2.4. Đánh giá kết quả áp dụng tại mỏ HT

Các kết quả quan trọng được nêu bật như sau:

- Kỹ thuật Tìm kiếm Ngẫu nhiên đã tối ưu hóa hiệu quả mạng LSTM-AE được cải tiến để có được MAE thấp nhất của vector lỗi tái tạo cho các tập siêu tham số khác nhau như kiến trúc mạng, số lượng nơ-ron, kích thước của sổ trượt, hàm kích hoạt, chỉnh lưu, tỉ lệ bỏ qua, kích thước lô và tốc độ học.
- Giá trị ngưỡng (threshold) tối ưu sau đó được lựa chọn để phân loại chính xác nhiều nhất các điểm bất thường với điểm F-score đạt được cao nhất trong số các mô hình được tối ưu hóa.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Kết luận

Hệ thống khai thác và xử lý khí tại mỏ HT đã được vận hành an toàn, hiệu quả nhưng hiện tại đang gặp rất nhiều khó khăn, thách thức khi lưu lượng và áp suất giảm. Do đó, việc đảm bảo vận hành giếng, các thiết bị khai thác một cách liên tục và ổn định đang là vấn đề sống còn đối với hệ thống xử lý khí tự nhiên tại mỏ HT-MT. Kết quả nghiên cứu đã khẳng định tính khả thi, tính hiệu quả kinh tế và khai thác khí áp dụng phương pháp Học máy nhằm tận dụng cơ sở hạ tầng và dữ liệu khai thác tại mỏ khí – condensate HT.

Việc ứng dụng thuật toán Hệ thống suy luận mờ thần kinh thích ứng cải tiến (Improved ANFIS) đã nâng cao độ chính xác dự báo lưu lượng khí condensate giúp chủ động đóng mở giếng để phù hợp điều kiện tiêu thụ, tránh dư thừa, lãng phí nhưng vẫn có được lưu lượng condensate cao mà bảo toàn được năng lượng vỉa, đảm bảo khả năng thu hồi và khai thác của từng giếng; ổn định điều kiện đầu vào của hệ thống xử lý. Kỹ thuật tiền xử lý và làm mịn dữ liệu bằng thuật toán hồi quy cục bộ sử dụng bình phương tuyến tính tối thiểu có trọng số 'loess', kỹ thuật xáo trộn ngẫu nhiên và xác thực chéo k-lần đã chứng minh khả năng tránh hiện tượng quá khớp và nâng cao độ chính xác của mô hình dự báo lưu lượng giếng khai thác mỏ HT sử dụng cả hai thuật toán phân vùng trừ và phân vùng mờ FCM.

Phương pháp dự báo bất thường đã cải thiện độ tin cậy, an toàn, tăng thời gian vận hành liên tục của thiết bị (lên tới 99.9999%), đồng thời đảm bảo ổn định áp suất và dòng chảy cho quá trình xử lý và thu hồi khí bay hơi. Mô hình LSTM-AE cải tiến được tối ưu hóa bằng cách sử dụng kỹ thuật tối ưu Tìm kiếm Ngẫu nhiên cho các bộ siêu tham số khác nhau dựa trên tính toán chỉ số Trung bình sai số tuyệt đối (MAE) của hàm mất mát. Giá trị ngưỡng (threshold) tối ưu sau đó được lựa chọn để phân loại chính xác nhất các điểm bất thường với điểm F-score cao nhất trong số các mô hình được tối ưu

hóa.

Kiến nghị

Tiếp tục nghiên cứu, phát triển các thuật toán ML cho các ứng dụng giám sát, quản lý vỉa chứa, bảo trì tiên đoán và phân tích đặc tính vỉa để phục vụ công tác thăm dò thăm lường trong lô 05-2; 05-3.

Tiếp tục đẩy mạnh việc nghiên cứu phát triển các thuật toán Học máy ứng dụng trong ngành dầu khí Việt Nam, tập trung vào các lĩnh vực như: tìm kiếm thăm dò, khoan, khai thác và vận chuyển sản phẩm.

Kết quả nghiên cứu của luận án này có thể được áp dụng cho các mỏ khác có điều kiện tương tự ở thêm lục địa Việt Nam.

DANH MỤC CÁC BÀI BÁO, CÔNG TRÌNH KHOA HỌC CỦA TÁC GIẢ ĐÃ CÔNG BỐ

NCS là tác giả, đồng tác giả của nhiều công trình khoa học cấp nhà nước, giải thưởng Hồ Chí Minh, cấp bộ, cấp tập đoàn. Trong đó có 1 bài báo đăng trên tạp chí SPE Journal nhóm Q1 trong danh mục ISI/SCOPUS và 1 bài báo đăng trên hội thảo chuyên ngành của SPE, cụ thể là:

Tiếng Việt

- [1]. Trần Ngọc Trung, Ngô Hữu Hải, Triệu Hùng Trường, “Giám sát và đánh giá hệ số tắc nghẽn tại bộ trao đổi nhiệt dạng tấm giàn công nghệ xử lý khí Hải Thạch”, *Tạp chí Khoa học kỹ thuật Mỏ - Địa Chất*, Tập 60, Kỳ 1 (2019), 81-89.
- [2]. Trần Ngọc Trung, Ngô Hữu Hải, Trần Vũ Tùng, Lý Văn Dao, Triệu Hùng Trường, “Nghiên cứu xây dựng mô hình mô phỏng động lực học chất lỏng tính toán (CFD) cho thiết bị Ejector sử dụng nâng cao tỷ lệ thu hồi mỏ khí condensate Hải Thạch”, *Tạp chí Dầu Khí*, Số 5 năm 2020, trang 14-24, ISSN 2615-9902.
- [3]. Trần Ngọc Trung, Ngô Hữu Hải, Trần Vũ Tùng, Lý Văn Dao, Triệu Hùng Trường, “Ảnh hưởng cấu tạo thiết bị ejector trong ứng dụng gia tăng thu hồi khí và condensate tại mỏ Hải Thạch”, *Tạp chí Dầu Khí*, Số 9 năm 2020, trang 4-19, ISSN 2615-9902.
- [4]. Trần Ngọc Trung, Trần Vũ Tùng, Hoàng Kỳ Sơn, Ngô Hữu Hải, Đào Quang Khoa, “Thực tiễn triển khai Nền tảng số hoá tập trung tại mỏ Hải Thạch – Mộc Tinh”, *Tạp chí Dầu Khí*, Số 12 năm 2020, ISSN 2615-9902.
- [5]. Nguyễn Văn Thịnh, Triệu Hùng Trường, Trần Thanh Hải, Ngô Hữu Hải, Trần Ngọc Trung. “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”, *Tạp chí Khoa học kỹ thuật Mỏ - Địa chất*, Số 63, Kỳ 4 [08-2022], trang 81-90,

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

- [6]. Đồng tác giả của đề tài khoa học “Nghiên cứu triển khai chương trình Chuyển Đổi Số và Quản trị mỏ Dầu khí Thông minh nhằm 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”, giải Nhì, Giải thưởng Sáng tạo Khoa học Công Nghệ Việt Nam (Vifotec).
- [7]. Đồng tác giả của đề tài khoa học “Nghiên cứu, phát triển và ứng dụng công nghệ để khai thác các mỏ khí - condensate với điều kiện đặc biệt phức tạp, thêm lục địa Việt Nam” tham gia Giải thưởng KH-CN Dầu khí Việt Nam, Loại A, Giải thưởng Khoa học và Công nghệ Dầu Khí Việt Nam 2015-2020 (Lần 2) Quyết định số 5862/QĐ-DKVN, Giải thưởng Hồ Chí Minh và Giải thưởng Nhà nước về Khoa học và Công nghệ Đợt 6.

Tiếng Anh

- [8]. Trần Ngọc Trung, Triệu Hùng Trường, “Increase the accuracy of Condensate metering by applying the new metering correction formula and standardize to follow API standard at HaiThach-MocTinh Condensate Field”, *Earth Sciences and Natural Resources for Sustainable Development Vietnam 2018*.
- [9]. Trần Vũ Tùng, Trần Ngọc Trung, Ngô Hữu Hải, Nguyễn Thanh Tĩnh, “Digital transformation in oil & gas company: A case study of Bien Dong POC”, *Tạp chí Dầu Khí*, Số 10 năm 2020, ISSN 2615-9902.
- [10]. Tran Ngoc Trung, Trieu Hung Truong, Tran Vu Tung, Ngo Huu Hai, Dao Quang Khoa, Hoang Ky Son, “Virtual multiphase flow metering using Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) – a case study of Hai Thach-Moc Tinh field, Offshore Vietnam”, *SPE Journal* SPE_J_206741, 202.
- [11]. Son Hoang Ky, Tung Tran Vu, Tan Nguyen Ngoc, Tu Truong Anh, Duy Pham Hoang, Tran Ngoc Trung, Vinh Trinh Xuan, Anh Ngo Tuan, “Successful Application of Machine Learning to Improve Dynamic

Modeling and History Matching for Complex Gas-Condensate Reservoirs in Hai Thach Field, Nam Con Son Basin, Offshore Vietnam”, *SPE Symposium: Artificial Intelligence – Towards a Resilient and Efficient Energy Industry*, October 11-12, 202, DOI: 10.2118/208657-MS.

- [12]. Son Hoang Ky, Tung Tran Vu, Tan Nguyen Ngoc, Tu Truong Anh, Duy Pham Hoang, Tran Ngoc Trung, Vinh Trinh Xuan, Anh Ngo Tuan. “Successful Case Study of Machine Learning Application to Streamline and Improve History Matching Process for Complex Gas-Condensate Reservoirs in Hai Thach Field, Offshore Vietnam”, *SPE Middle East Oil & Gas Show and Conference*, December 2021, 10.2118/204835-MS.
- [13]. Tran Ngoc Trung, Trieu, H. T., Tran, V. T., Ngo, H. H., & Dao, Q. K. (2021), “An overview of the application of machine learning in predictive maintenance”, *Petrovietnam Journal*, 10, 47 – 61, <https://doi.org/10.47800/PVJ.2021.10-05>.
- [14]. Hai H. Ngo, Tran Ngoc Trung, Tung V. Tran, Khoa Q. Dao, Trung T. Nguyen, Son K. Hoang, Truong H. Trieu, “Anomaly Detection for Centrifuge Natural Gas Compressor Using LSTM-Based Autoencoder in Hai Thach – Moc Tinh Field, Offshore Vietnam”, *Integrated Petroleum Engineering for Energy Transition and Sustainable Development* October 6, 2022, Hanoi, Vietnam, page 197-215.