

NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG CÔNG CỤ BẢNG ĐIỀU KHIỂN HỖ TRỢ QUẢN LÝ KHAI THÁC THÔNG MINH THEO THỜI GIAN THỰC TẠI CỤM MỎ HẢI THẠCH - MỘC TINH

Trần Ngọc Trung, Nguyễn Thành Trung, Nguyễn Duy Minh, Đào Quang Khoa, Trần Vũ Tùng, Hoàng Kỳ Sơn, Ngô Hữu Hải

Công ty Điều hành Dầu khí Biển Đông

Email: trungtn@biendongpoc.vn

<https://doi.org/10.47800/PVSI.2024.01-05>

Tóm tắt

Công ty Điều hành Dầu khí Biển Đông (Bien Dong POC) sử dụng hệ thống quản lý dữ liệu khai thác hay hệ thống thu thập, truyền và xử lý dữ liệu công nghệ (Production Data Management System - PDMS) cho cụm mỏ Hải Thạch - Mộc Tinh với sự hỗ trợ của các công nghệ như: học máy, trí tuệ nhân tạo và dữ liệu lớn. Hệ thống PDMS kết hợp với công cụ bảng điều khiển hỗ trợ quản lý khai thác thông minh theo thời gian thực đã tạo điều kiện cho việc thu thập, giám sát và đánh giá quá trình khai thác, giám sát động thái mỏ và tối ưu khai thác. Công cụ này đã đưa ra các phương án khai thác phù hợp với nhu cầu huy động khí của bên mua, cũng như đề xuất các giải pháp tối ưu cho các kỹ sư vận hành khai thác.

Từ khóa: Hệ thống thu thập, truyền và xử lý dữ liệu công nghệ (PDMS), quản lý khai thác, học máy, trí tuệ nhân tạo, dữ liệu lớn, cụm mỏ Hải Thạch - Mộc Tinh.

1. Giới thiệu

Trong ngành công nghiệp dầu khí, trí tuệ nhân tạo được sử dụng để phân tích thuộc tính địa chấn, minh giải tài liệu địa chấn (xác định hệ thống đứt gãy, mức độ nứt nẻ trong móng...), phân tích tài liệu địa vật lý giếng khoan để xác định tiềm năng dầu khí, tính chất của đá chứa (bề dày, độ rỗng, độ bão hòa dầu khí...) đặc biệt là đá chứa trong móng; các công nghệ số trong thiết kế, thi công và điều hành khoan, hoàn thiện giếng; quản lý khai thác mỏ...

Đối với công tác thăm dò, trong quá trình thi công các giếng khoan thăm dò, thăm lượng, tài liệu giếng khoan từ giàn khoan ngoài khơi thường được mã hóa và chuyển về trung tâm dữ liệu, trung tâm xử lý trên đất liền qua internet. Một số nhà điều hành nhận tài liệu giếng khoan bằng cách truy cập cơ sở dữ liệu của các doanh nghiệp dịch vụ kỹ thuật lưu trên hệ thống lưu trữ đám mây.

Đối với công tác phát triển, khai thác mỏ, các nhà điều hành có hệ thống quản lý dữ liệu khai thác hay hệ thống

thu thập, truyền và xử lý dữ liệu công nghệ (Production Data Management System - PDMS); việc truyền dữ liệu theo thời gian thực (real time) của các giếng ở các mỏ ngoài khơi về đất liền sử dụng dịch vụ đường truyền do các doanh nghiệp viễn thông cung cấp. Các hệ thống PDMS thường sử dụng giải pháp quản lý điều hành mỏ tức thời của Schlumberger, Baker Hughes và Halliburton.

Ngoài ra, các nhà điều hành đồng thời duy trì hệ thống báo cáo theo thời gian định kỳ gửi về các trung tâm dữ liệu, trung tâm điều hành trong đất liền qua email, internet. Khối lượng dữ liệu, đặc biệt dữ liệu khai thác ở các giếng, các mỏ, là rất lớn, vì vậy các nhà điều hành đều phải tiến hành lưu trữ (back up) tài liệu vào băng từ để định kỳ vận chuyển vào đất liền. Tuy nhiên, việc phân tích sử dụng tổng hợp khối lượng khổng lồ dữ liệu đa dạng của các mỏ để phục vụ cho công tác quản lý, điều hành mỏ còn ở mức độ khiêm tốn. Với sự phát triển nhanh của trí tuệ nhân tạo, phân tích dữ liệu lớn sẽ làm tăng lượng thông tin khai thác được và tăng hiệu quả sử dụng từ dữ liệu thu thập ở các mỏ.

Từ năm 2003, Salis Aprilian [1] đề cập vấn đề cải thiện quy trình quản lý khai thác và giám sát mỏ khi sử dụng hệ thống tích hợp quản lý số liệu khai thác. Đặc biệt, nghiên



Ngày nhận bài: 15/1/2024. Ngày phân biên đánh giá và sửa chữa: 15/1 - 21/2/2024.

Ngày bài báo được duyệt đăng: 21/2/2024.

cứu này đã chỉ ra 5 vấn đề nghiêm trọng có thể xảy ra đối với phương pháp quản lý thủ công số liệu khai thác truyền thống là: nhập liệu thủ công nhiều lần, có nhiều bản lưu dữ liệu không đồng nhất, lưu trữ số liệu bằng bảng tính, không có cơ sở dữ liệu hiệu quả và không liên kết số liệu với các mảng chuyên môn khác. Salis Aprilian đề xuất sử dụng hệ thống tích hợp quản lý số liệu khai thác để cải thiện quy trình quản lý và giám sát mỏ với những tính năng cơ bản bao gồm: Màn hình nhập liệu, kiểm soát chất lượng dữ liệu, theo dõi và giám sát hiệu suất, phân bổ sản xuất, báo cáo và biểu đồ. Qua đó, có thể thấy mô hình trên mang lại các lợi ích như sau: cung cấp điểm nhập dữ liệu gần nhất với nguồn (thu thập dữ liệu); cơ sở dữ liệu sản xuất tập trung cho các hoạt động chính; chính sách và thủ tục quản lý dữ liệu có cấu trúc để đảm bảo chất lượng dữ liệu tốt và hệ thống lưu trữ; tiềm năng tích hợp với kho dữ liệu chủ.

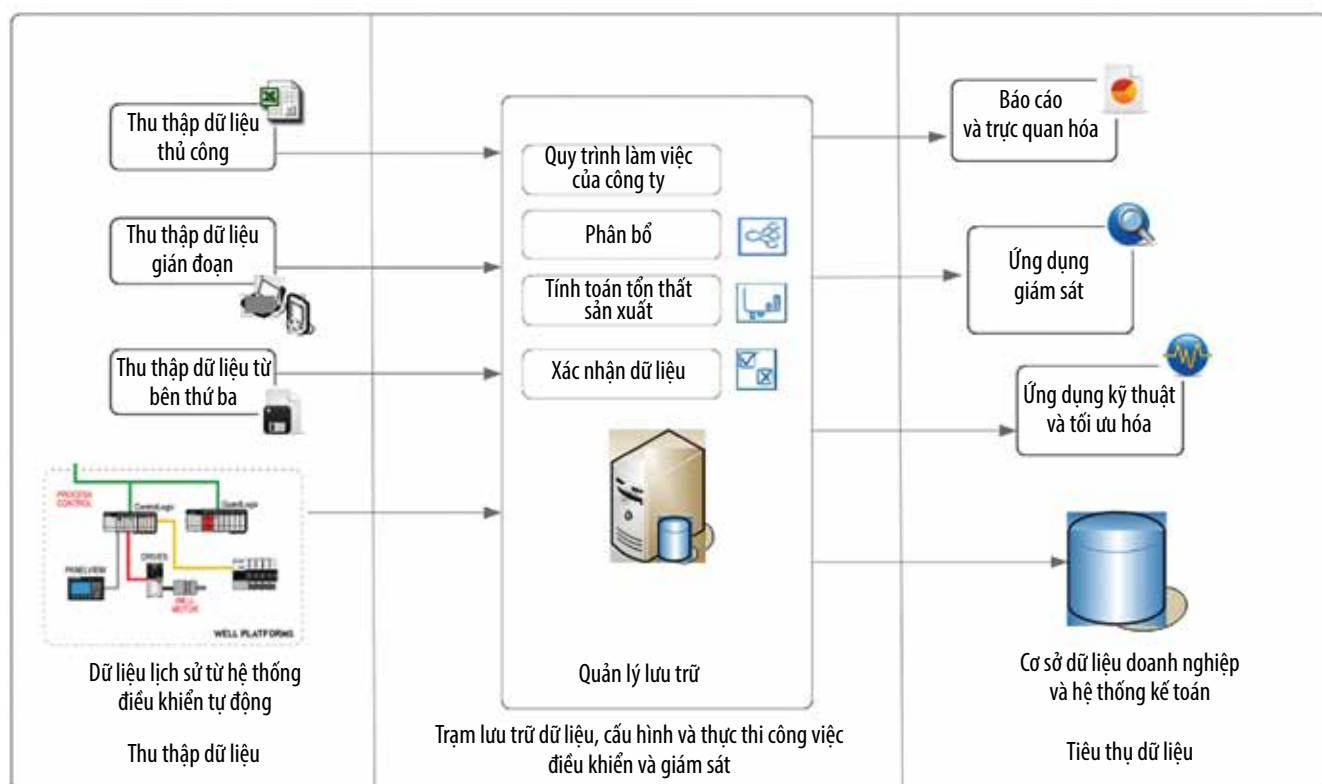
Năm 2016, Antonio Drago [2] giới thiệu chương trình áp dụng Hệ thống quản lý số liệu khai thác cho một hệ thống quản lý mỏ và tối ưu hóa khai thác hiệu quả của ENI. Mục đích áp dụng hệ thống quản lý số liệu khai thác toàn cầu nhằm cải thiện tính liên kết trong quá trình điều hành mỏ dầu khí. Mục tiêu chính của các hoạt động khai thác là tối đa lợi nhuận cho dự án, điều này liên quan tới việc tối ưu hóa lưu lượng khai thác của các giếng, tăng hệ

số thu hồi của vỉa và giảm thiểu các chi phí liên quan. Từ đó, hệ thống PDMS toàn cầu được xây dựng với mục tiêu như:

- Giảm thiểu thời gian cho các công việc thường nhật và có tính lặp lại như: thu thập số liệu, thẩm định chất lượng số liệu và chuẩn bị báo cáo;
- Thiết lập các phương pháp tính toán phân bổ số liệu khai thác;
- Nâng cao sự tuân thủ và hợp tác với các quy định, quy chuẩn của nước sở tại;
- Nâng cao độ tin cậy của các nghiên cứu cho quá trình khai thác cũng như vỉa chứa;
- Mở rộng và nâng cao giá trị sử dụng của việc quản lý KPI trên toàn thế giới;
- Nhận diện các cơ hội tối ưu khai thác và đưa ra các quyết định quan trọng;
- Xác định các giới hạn của hệ thống khai thác.

Hệ thống PDMS được triển khai và tích hợp với hệ thống hạ tầng thông tin (bao gồm SCADA, lịch sử dữ liệu và các ứng dụng khác) được thể hiện trong Hình 1.

Cụm mỏ Hải Thạch - Mộc Tinh được vận hành khai thác, xử lý và xuất bán khí thông qua 2 cụm đầu giếng, 1



Hình 1. Cấu trúc chung của PDMS [2].

hệ thống xử lý trung tâm và tàu chứa nổi (FSO). Dòng khí condensate đưa qua hệ thống xử lý và phân tách, sau đó được nén và vận chuyển bằng đường ống dẫn khí Nam Côn Sơn (NCSP1). Song song với việc xuất bán khí, lượng condensate đồng hành sẽ được vận chuyển qua FSO lưu trữ và xuất bán. Hình 2 là hệ thống giàn đầu giếng, hệ thống khai thác và hệ thống đường ống trong cụm mỏ Hải Thạch - Mộc Tinh.

Để quản lý khai thác hiệu quả và tránh sai lệch trong quá trình khai thác, hệ thống PDMS là cần thiết cho sự vận hành mỏ. Nền tảng này cung cấp số liệu khai thác tin cậy, giúp các kỹ sư có thể phản ứng kịp thời trong quá trình vận hành khai thác và quản lý mỏ. Từ trước khi có dòng khí thương mại đầu tiên, Công ty Điều hành Dầu khí Biển Đông (Bien Dong POC) đã lên kế hoạch sử dụng PDMS để thu thập số liệu đa tần, thăm định số liệu, hòa hợp số liệu khai thác, báo cáo, giám sát động thái mỏ và tối ưu khai thác [3, 4]. Những giá trị mà PDMS đem lại như:

- Số liệu khai thác được thu thập 1 lần, tại chính nguồn số liệu với độ chính xác cao;
- Thích nghi được với sự thay đổi của công nghệ cũng như các phần mềm thương mại;
- Hỗ trợ cho vận hành khai thác tại mỏ, an toàn trong việc bảo mật số liệu, có thể xác minh và độ tin cậy cao;
- Khả năng mở rộng cho công tác giám sát và quản lý mỏ thời gian thực thể hỗ trợ công ty mở rộng quản lý mỏ trong tương lai;

- Cung cấp công cụ phân bổ khai thác chính xác;
- Cung cấp các quy trình làm việc có thể lặp lại và tái tạo lại;
- Nâng cao dòng dữ liệu và hiệu quả hoạt động tổng thể.

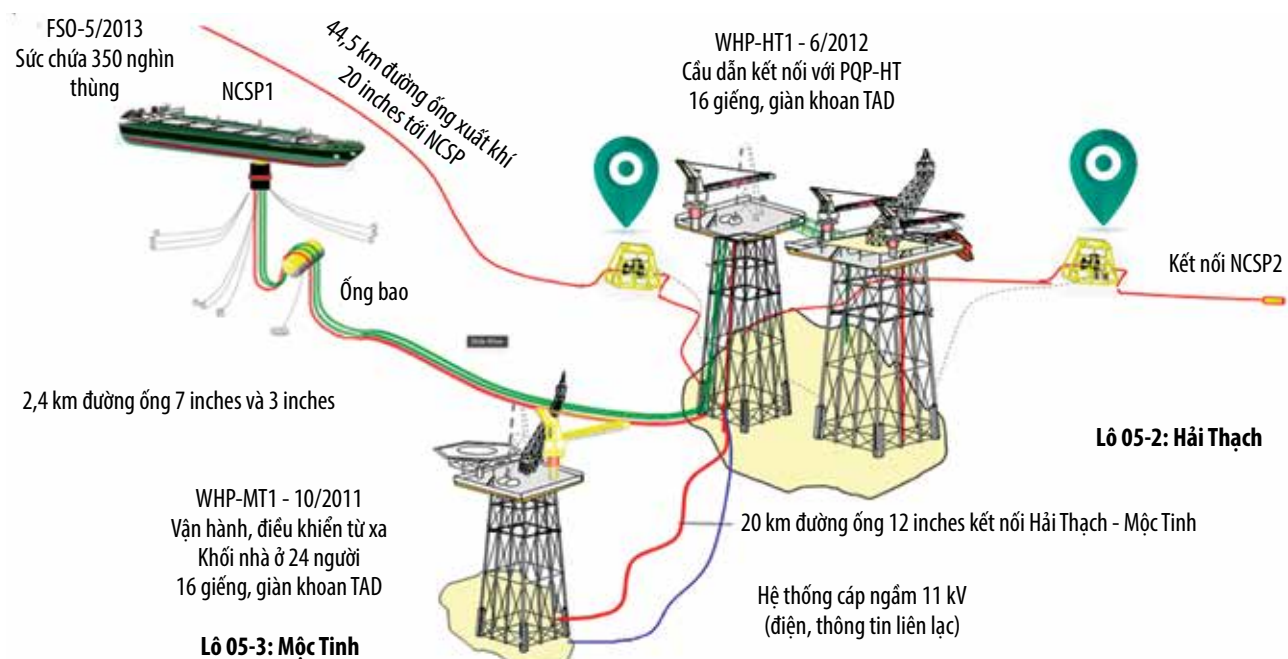
Từ đó, có thể thấy được tầm quan trọng của PDMS trong việc giải quyết các vấn đề về lưu trữ, trích xuất số liệu khai thác cũng như số liệu của hệ thống khai thác, giúp nâng cao hiệu quả quản lý và phát triển mỏ. Bài báo trình bày việc xây dựng hệ thống PDMS cũng như công cụ bảng điều khiển hỗ trợ quản lý khai thác thông minh theo thời gian thực.

2. Xây dựng hệ thống PDMS và các ứng dụng tại mỏ Hải Thạch - Mộc Tinh

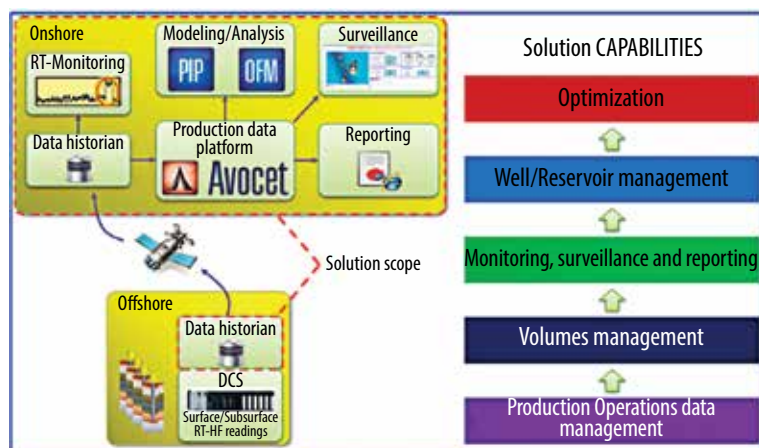
2.1. Xây dựng hệ thống PDMS

Hình 3 và 4 diễn giải kiến trúc thiết kế và sơ đồ quy trình làm việc của hệ thống PDMS dựa trên nền tảng Avocet và các liên kết với cơ sở hạ tầng Honeywell SCADA/DCS, máy chủ PI Data Historian và các ứng dụng phần mềm kỹ thuật khác nhau.

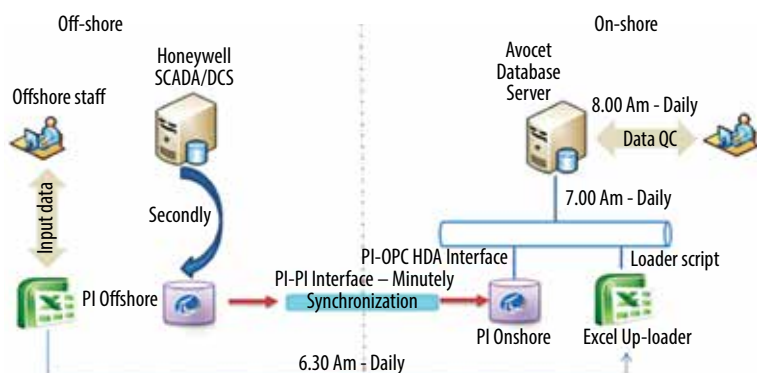
Máy chủ Honeywell DCS đặt tại giàn ngoài khơi thu thập số liệu cao tần thông qua OPC DA và được coi là nút giao diện PI (PI interface node - PIIN), nơi gửi dữ liệu về máy chủ Offshore PI. PIIN có chức năng đệm cho việc lưu trữ dữ liệu DCS trên bộ lưu trữ của chính nó, trong trường hợp máy chủ Offshore PI bị ngoại tuyến hoặc mất



Hình 2. Sơ đồ hệ thống khai thác cụm mỏ Hải Thạch - Mộc Tinh.



Hình 3. Sơ đồ kiến trúc thiết kế của PDMS.



Hình 4. Sơ đồ quy trình xử lý số liệu.

kết nối, sẽ đẩy các dữ liệu đệm đi khi kết nối với máy chủ PI được khôi phục.

Dữ liệu DCS thu được từ máy chủ Offshore PI sẽ được nhân rộng, tái tạo tại máy chủ Onshore PI thông qua PI về giao diện PI, được cài đặt trên máy chủ Onshore PI. Để có thể truy cập vào dữ liệu cao tần từ máy chủ Onshore PI, sử dụng 2 ứng dụng tiêu chuẩn là PI Processbook cho việc trích xuất - hiển thị dữ liệu theo thời gian thực và PI Datalink để sử dụng trích xuất số liệu trong Excel.

Một bản sao của dữ liệu cao tần trên máy chủ Onshore PI sẽ được tổng hợp lại về dạng số liệu hằng ngày và được tải lên máy chủ Onshore Avocet, nơi được thiết kế để lưu trữ số liệu hằng ngày, thông qua giao diện OLE DB. Một nguồn dữ liệu khác trên máy chủ Avocet đó là dữ liệu thủ công hay dữ liệu hằng ngày từ Excel, được chuẩn bị bởi các kỹ sư ngoài khơi gồm nhiều phần khác nhau (hóa chất, HSE, MOB, thời tiết, kết quả phòng thí nghiệm...).

Khi các dữ liệu được thu thập tại cơ sở dữ liệu Avocet, có thể theo dõi các số liệu trên các màn hình được cài đặt, hoặc biểu diễn thành các đồ thị, bảng biểu ngay bên trong ứng dụng Avocet, cũng như các công việc liên quan như tái phân bố sản lượng khai thác. Số liệu lưu trên Avocet sẽ được chuyển đổi thành các dạng thông tin và sử dụng cho các báo cáo khác nhau.

2.2. Các ứng dụng của PDMS

Nền tảng PDMS được chia thành 2 phần chính:

- Lưu trữ thu thập số liệu và giám sát thời gian thực chủ yếu hỗ trợ hoạt động vận hành - khai thác bằng cách cung cấp khả năng giám sát theo thời gian thực, kết hợp với việc kết nối quản lý mỏ, xác định các vấn đề trước khi xảy ra sự cố;
- Cơ sở dữ liệu Onshore và quản lý dữ liệu cung cấp cơ sở lưu trữ dữ liệu tin cậy và dễ dàng quản lý dữ liệu.

Ngoài ra, nhiều ứng dụng khác cũng được hỗ trợ để có thể kết nối, truy cập vào cơ sở dữ liệu này để phục vụ các mục đích khác nhau như:

- Xây dựng báo cáo và các biểu diễn trực quan;
- Kết nối các ứng dụng giám sát khai thác: OFM, phân tích đường cong suy giảm, thử vỉa...;
- Phân tích kỹ thuật quá trình khai thác: phân tích động thái giếng khai thác, xây dựng mô hình dòng chảy trong giếng khai thác...;
- Phân tích kỹ thuật công nghệ mỏ: Mô hình thủy động, tái tạo lịch sử khai thác, phân tích thử vỉa, phân tích giếng khai thác...;
- Cơ sở dữ liệu và hạch toán.

3. Xây dựng các công cụ bảng điều khiển thông minh thời gian thực hỗ trợ công tác vận hành, giám sát và quản lý mỏ

Dựa trên nền tảng PDMS và các ứng dụng của nền tảng này, các bảng điều khiển thông minh thời gian thực được xây dựng để hỗ trợ công tác giám sát quản lý và phát triển mỏ.

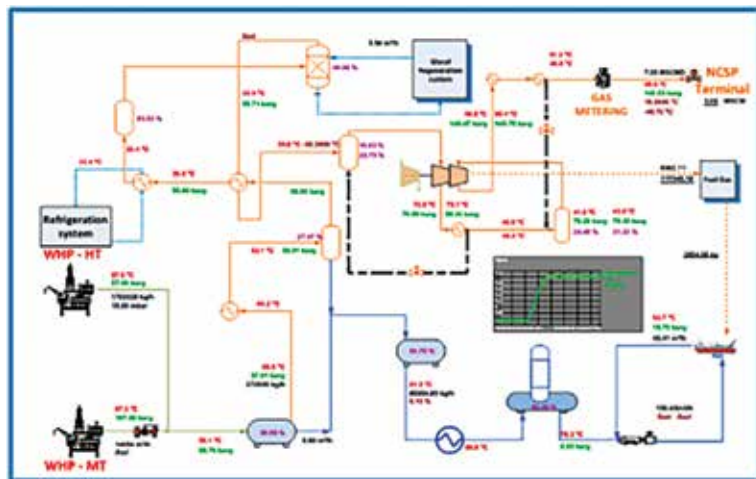
3.1. Bảng công cụ theo dõi số liệu hệ thống khai thác, thiết bị khai thác và giếng khai thác thời gian thực

Dựa trên ứng dụng số 1 của nền tảng PDMS, kết hợp với giao diện PI, các bảng theo dõi số liệu dành cho hệ thống khai thác, thiết bị và giếng khai thác theo thời gian thực được xây dựng như trong Hình 5 - 7. Với từng mục

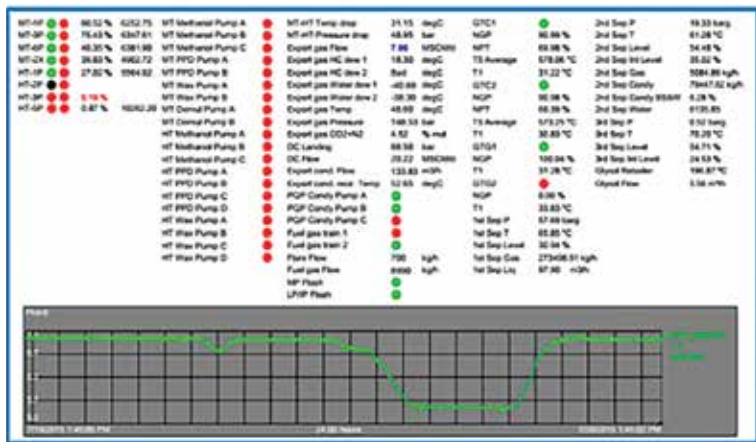
đích cụ thể, các số liệu quan trọng liên quan sẽ được hiển thị trên công cụ bảng điều khiển theo thời gian thực. Tùy theo nhu cầu sử dụng, các số liệu khác nhau có thể được đưa vào bảng theo dõi để tối ưu cho công việc giám sát.

Trong Bảng điều khiển thời gian thực của các số liệu quan trọng trong vận hành mỏ (Hình 5). Hình 5a biểu diễn sơ đồ vận chuyển của dòng khí khai thác trong mỏ qua các bình tách, hệ thống xử lý, hệ thống làm lạnh, vị trí các máy nén, đồng hồ đo lường khí xuất bán, lượng condensate vào FSO với các thông số áp suất nhiệt độ tại từng

vị trí được hiển thị chi tiết. Quá trình vận hành mỏ yêu cầu đội ngũ kỹ sư phải có khả năng bao quát được tình trạng và điều kiện hoạt động của toàn bộ hệ thống để có thể phản ứng kịp thời nếu xảy ra sự cố. Đối với từng cấp độ quản lý hoạt động khai thác ngoài giàn cũng như trên bờ, mức độ chi tiết của từng cụm kỹ thuật sẽ được tăng lên, để kịp thời phát hiện sự cố. Trong Hình 5b, các cụm thiết bị trên giàn được hiển thị trạng thái hoạt động theo màu: Không hoạt động (màu đỏ), hoạt động (màu xanh). Bên cạnh đó, số liệu tại các cụm thiết bị cũng được hiển thị trong bảng điều khiển này. Đối với một nhà điều hành khai thác và xuất bán khí như Bien Dong POC, lượng khí xuất bán vào đường ống NCSP1 là một thông tin vô cùng quan trọng trong việc vận hành mỏ hàng ngày. Thông số này được biểu diễn trong biểu đồ màu xám (Hình 5b). Đường màu xanh hiển thị lượng khí xuất bán vào NCSP1 thông qua đồng hồ theo thời gian thực. Lượng khí được xuất vào đường ống phụ thuộc vào nhu cầu mua khí theo giờ, theo ngày, được ấn định bởi Tổng công ty Khí Việt Nam - CTCP (PV Gas). Đội ngũ kỹ sư vận hành khai thác sẽ điều chỉnh hoạt động của các giếng sao cho lượng khí xuất bán qua đồng hồ đo phù hợp với lượng khí được ấn định.

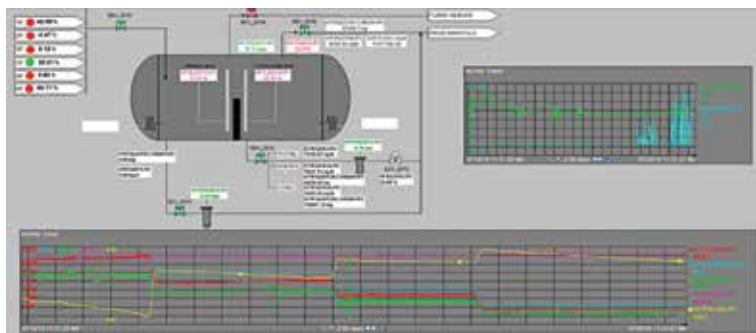


(a)



(b)

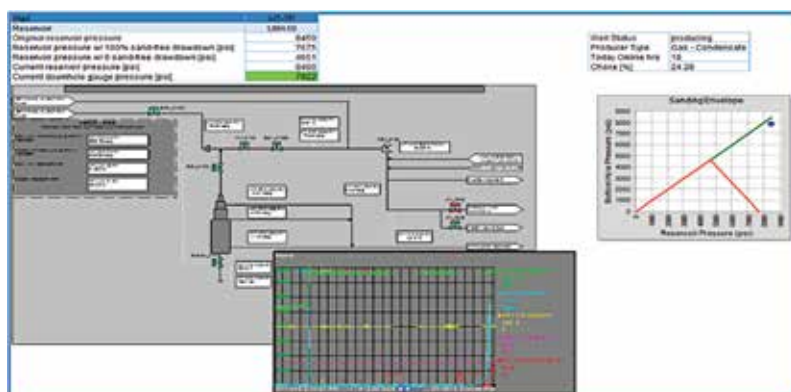
Hình 5. Bảng giám sát thời gian thực: hiển thị số liệu của mỏ.



Hình 6. Bảng giám sát số liệu, trạng thái của bình tách tạm thời.

Hình 6 biểu diễn các chỉ số của bình tách tạm thời như giếng đang được đưa vào bình tách, áp suất nhiệt độ đầu vào/đầu ra, tính cân bằng bên trong bình tách, số đo dòng đầu ra của các pha khí, dầu và nước... Các số liệu trong bảng giám sát này được cập nhật theo thời gian thực, hỗ trợ các kỹ sư vận hành cũng như các kỹ sư công nghệ mỏ, kỹ sư khai thác nghiên cứu về khả năng cho dòng của các giếng thông qua bình tách tạm thời. Trong bảng điều khiển cũng tích hợp các đồ thị biểu diễn các thông số nhiệt độ áp suất, lưu lượng dòng chảy... theo thời gian thực để các kỹ sư có thể đánh giá chính xác được thời điểm giếng cho dòng ổn định.

Đối với công tác giám sát động thái khai thác của giếng và của vỉa, bảng giám sát được biểu diễn trong Hình 7 miêu tả các thông số cần thiết cho công việc này. Tại bảng điều khiển này, giá trị áp suất nhiệt độ tại đồng hồ



Hình 7. Bảng giám sát số liệu áp suất nhiệt độ của giếng khai thác và các chỉ báo sinh sát.



Hình 8. Công cụ bảng điều khiển theo dõi động thái khai thác của mỏ.



Hình 9. Công cụ bảng điều khiển theo dõi dự báo khai thác của mỏ.

đáy, đồng hồ trên mặt, độ mở choke của giếng, trạng thái đóng mở của các van như van sâu, trạng thái van đưa giếng vào bình tách tạm thời... được hiển thị chi tiết kết hợp với biểu đồ sinh sát, sẽ giúp cho các kỹ sư công nghệ mỏ cũng như các kỹ sư vận hành khai thác nắm được điều kiện vận hành an toàn của giếng, hạn chế tối đa khả năng sinh sát trong quá trình khai thác của giếng.

3.2. Bảng công cụ theo dõi động thái khai thác của mỏ thời gian thực

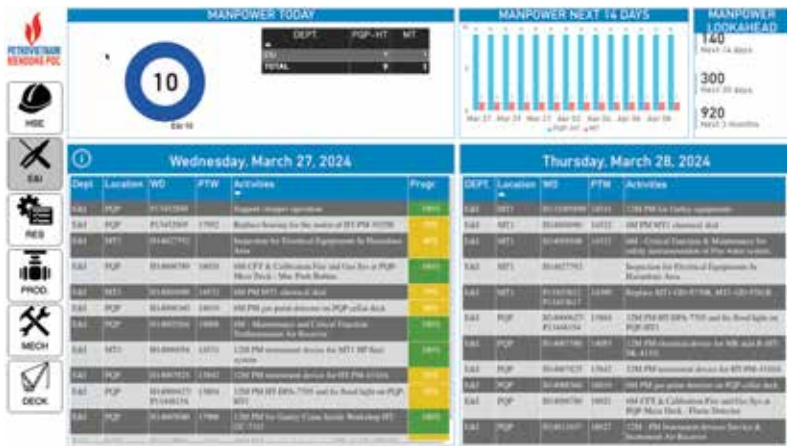
Bảng công cụ theo dõi động thái khai thác của mỏ thời gian thực dùng để hỗ trợ cho việc lập báo cáo định kỳ... Để xây dựng bảng công cụ

theo dõi động thái khai thác của mỏ, phần mềm Power BI - thuộc nền tảng Microsoft Power được sử dụng nhằm cung cấp hình ảnh tương tác và khả năng thông minh với giao diện đủ đơn giản để người dùng cuối tạo báo cáo. Hình 8 và 10 biểu diễn 2 bảng theo dõi động thái khai thác của mỏ.

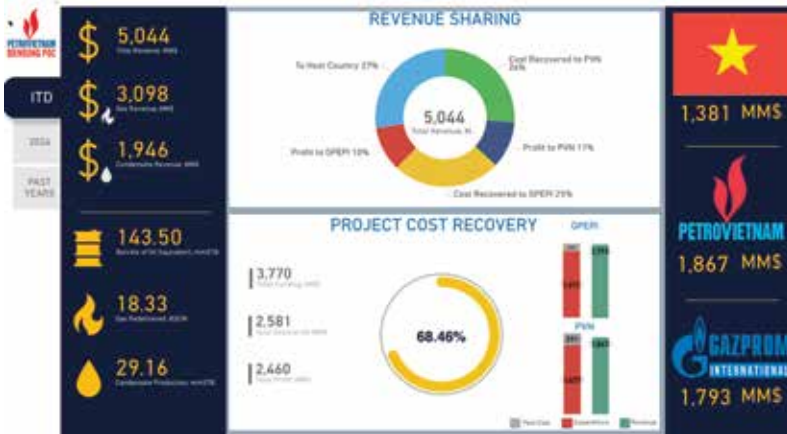
Hình 8 biểu diễn các thông tin về tình trạng vận hành khai thác hiện tại của mỏ. Các thông số về thời gian vận hành khai thác trực tuyến của mỏ, khối lượng khí khai thác, khối lượng khí đốt bỏ, lượng khí đốt nhiên liệu được biểu thị trên cột ngoài cùng bên trái. Các số liệu khai thác của khí và condensate trong ngày, của 7 ngày gần nhất, của tháng gần nhất và tỷ lệ đạt mức kế hoạch được hiển thị tại nửa trên của bảng. Các màu sắc khác nhau giúp nhận biết tình trạng khai thác khác nhau. Ví dụ như màu đỏ thể hiện tình trạng khai thác dưới mức kế hoạch, màu vàng là trong mức kế hoạch và màu xanh là vượt mức kế hoạch. Ngoài ra, nửa dưới của bảng dùng để hiển thị các thông số quan trọng khác như lượng nước xả khô giàn, tỷ lệ dầu trong nước (oil in water - OIW), các chỉ số của khí và condensate, lượng condensate lưu trữ trên tàu FSO và thời điểm của các chuyển xuất bán condensate sắp tới.

Hình 9 biểu diễn dự báo sản lượng của khí và condensate theo từng năm cũng như tổng lượng khai thác tới cuối đời mỏ. Lượng khí thu hồi được biểu diễn bằng màu đỏ và lượng condensate thu hồi được biểu diễn bằng màu xanh tại nửa trên cùng của bảng theo dõi. Biểu đồ sản lượng khai thác của từng năm được hiển thị với màu đỏ cho khí và màu xanh cho condensate. Phân bố sản lượng giữa 2 mỏ Hải Thạch và Mộc Tinh cũng được tích hợp vào bảng theo dõi dưới dạng biểu đồ cột, được biểu diễn ở khu vực dưới cùng của bảng.

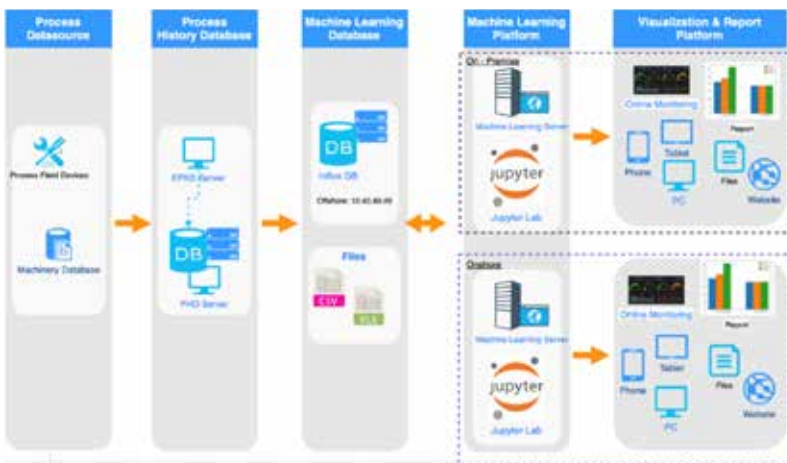
Ngoài các bảng theo dõi động thái khai thác trong mỏ, để phục vụ cho việc giám sát, quản lý và duy trì các hoạt động khai thác ngoài giàn, còn có các bảng điều khiển và theo dõi các thông tin về số lượng nhân sự, hoạt động của các đơn vị trên từng cụm mỏ... (Hình 10).



Hình 10. Công cụ bảng điều khiển theo dõi nhân sự và công việc của các phòng ban đang công tác trên giàn.



Hình 11. Công cụ bảng điều khiển theo dõi dòng tiền và lợi nhuận.



Hình 12. Cấu trúc nền tảng học máy tại mỏ Hải Thạch - Mộc Tinh tận dụng cơ sở hạ tầng sẵn có mang lại khả năng phân tích dữ liệu mạnh mẽ tại Onshore và Offshore.

Ngoài hiệu quả liên quan tới việc quản lý về mặt kỹ thuật và quy trình vận hành khai thác, kinh tế và tài chính cũng là vấn đề quan trọng mà các nhà quản lý, điều hành của mỏ quan tâm. Hình 11 biểu diễn một bảng theo dõi các thông số về tài chính của công ty cũng như của các nhà đầu tư. Khu vực phía trên cùng của bảng hiển thị lợi nhuận từ khí và condensate xuất bán và được chia về cho từng nhà đầu tư cũng như nước chủ nhà. Khu vực bên dưới của bảng hiển thị các thông tin chi tiết

hơn về lợi nhuận từ khí theo từng tháng, giá bán của khí và condensate tại thời điểm hiện tại cũng như các chi phí định kỳ. Khi kết hợp các thông tin về kỹ thuật như tình hình hoạt động khai thác, sản lượng, nhân lực và các thông tin về kinh tế, tài chính như chi phí đầu tư, lợi nhuận hàng tháng, sẽ là cơ sở để đưa ra các quyết định quan trọng.

3.3. Tích hợp công cụ trí tuệ nhân tạo vào bảng điều khiển thông minh theo thời gian thực

3.3.1. Cấu trúc nền tảng học máy (machine learning platform) tại mỏ Hải Thạch - Mộc Tinh

Bộ công cụ

Nền tảng học máy được xây dựng tại Bien Dong POC gồm dữ liệu lịch sử vận hành tập trung từ các cảm biến được lắp trên toàn bộ hệ thống công nghệ của cụm mỏ Hải Thạch - Mộc Tinh kết hợp với máy chủ xử lý dữ liệu (ML Server) và công cụ biểu diễn dữ liệu thời gian thực (Grafana). Dữ liệu được đưa vào máy chủ để xử lý bằng thuật toán sau đó được biểu diễn kết quả thời gian thực trên Grafana hoặc các báo cáo trên giao diện web cho phép có thể xem và cập nhật thông tin mới nhất.

Từ ứng dụng công nghệ trí tuệ nhân tạo (AI), bảng điều khiển thông minh hỗ trợ công tác lên kế hoạch khai thác cho các giếng được xây dựng và tích hợp hiển thị trên giao diện Power BI theo thời gian thực. Với dữ liệu đầu vào là nhu cầu tiêu thụ khí theo giờ và theo ngày, được cung cấp bởi bên đường ống thu mua khí, công cụ AI, sau khi được huấn luyện với bộ số liệu trong quá khứ và quá trình kiểm chứng chặt chẽ, sẽ đưa ra 5 phương án đóng/mở theo tỷ lệ cho từng giếng tương ứng với định mức khí xuất bán cụ thể. Hình 15 hiển thị độ mở giếng của các giếng khai thác tại thời điểm có nhu cầu tiêu thụ khí là 1,7 triệu m³ cùng với gợi ý phương án khai thác từ công cụ AI được chú thích bằng ghi chú "recommended" bên dưới. Đối với các giếng có độ mở thực tế nằm trong khoảng sai số tuyệt đối là 5%, 10% và 15%, thì các ô trạng thái sẽ được hiển thị với các màu tương ứng

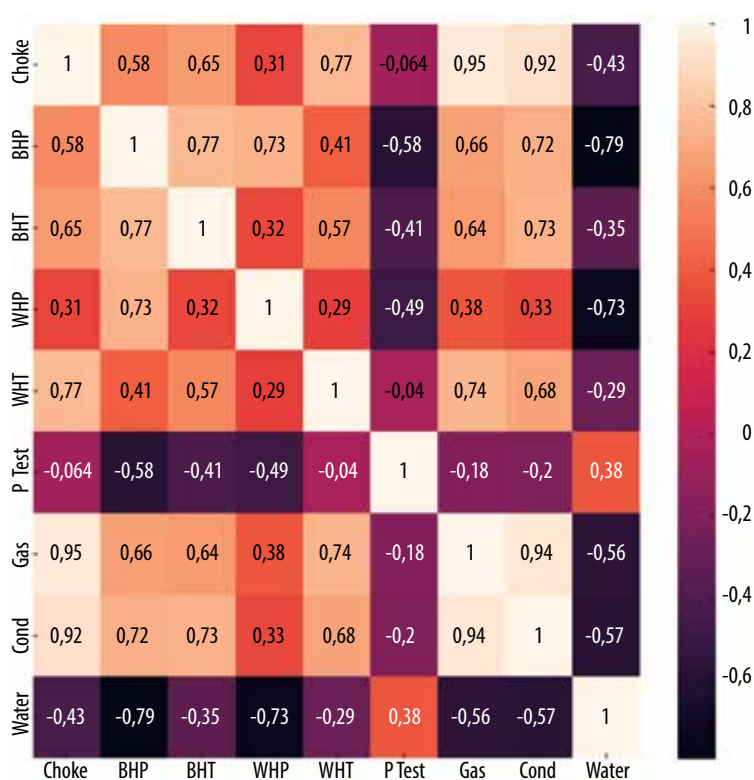
là trắng, vàng và đỏ. Ngoài ra, lịch của chuyển bán dầu kế tiếp cũng như tình trạng chứa của tàu FSO cũng được hiển thị trong bảng điều khiển này để hỗ trợ các kỹ sư vận hành khai thác có thể điều chỉnh trạng thái khai thác của các giếng sao cho phù hợp nhất với nhu cầu khai thác thực tế.

3.3.2. Ví dụ về công cụ bảng điều khiển tích hợp trí tuệ nhân tạo vào vận hành khai thác giếng

3.3.2.1. Dữ liệu đầu vào

Trên cơ sở dữ liệu tại mỏ Hải Thạch, Bien Dong POC 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, mỏ để dự báo sản lượng

khí và condensate của mỗi giếng: dữ liệu ngày/tháng/năm; độ mở van côn (choke valve); áp suất đầu giếng (wellhead pressure); áp suất và nhiệt độ trước van côn; áp suất và nhiệt độ sau van côn; áp suất và nhiệt độ tại bình tách thử nghiệm; áp suất đầu vào của hệ thống xử lý khí; mức huy động khí toàn mỏ; sản lượng khí, condensate và nước tương ứng. Lượng dữ liệu trong nghiên cứu này gồm 20.000 bộ dữ liệu lịch sử trong khoảng thời gian 12 tháng với tần suất lấy mẫu là 5 phút/lần được sử dụng để huấn luyện nhằm tăng cường độ chính xác của mô hình dự báo cũng như để có thể phân tích động thái vỉa chứa trong một thời gian dài.



Hình 13. Hệ số tương quan giữa dữ liệu đầu vào cho nghiên cứu dự báo sản lượng giếng khai thác.

Việc sử dụng dữ liệu đầu vào phụ thuộc vào thuộc tính, đặc tính dữ liệu (features) cụ thể tại mỏ Hải Thạch - Mộc Tinh có sử dụng phân tích tương quan. Đối với dự báo sản lượng khai thác, đây là bài toán có đặc tính liên hệ chuỗi thời gian và sản lượng suy giảm dần theo thời gian. Các thuộc tính như độ mở van côn, điều kiện hệ thống xử lý trên bề mặt sẽ ảnh hưởng đến khả năng khai thác các giếng trong cùng một vỉa chứa. Ngoài ra, mức huy động khí toàn mỏ sẽ ảnh hưởng đến toàn bộ độ mở các giếng tại mỏ Hải Thạch - Mộc Tinh và áp suất đầu vào hệ thống xử lý, do đó sẽ ảnh hưởng đến lưu lượng khai thác từng giếng khi cùng đi vào một ống góp (manifold).

3.3.2.2. Áp dụng kết quả nghiên cứu trong quá trình tối ưu hóa khai thác các giếng của mỏ Hải Thạch - Mộc Tinh

Thuật toán di truyền (genetic algorithm - GA) xây dựng dựa trên thuyết tiến hóa với đặc tính

	Choke	BHP	BHT	WHP	WHT	P Test	Gas	Cond	Water
count	92.000000	92.000000	91.000000	92.000000	92.000000	92.000000	92.000000	92.000000	92.000000
mean	35.732609	406.626088	142.509817	319.710535	92.401304	103.740326	618.346701	113.481038	87.172370
std	19.207359	40.033410	0.261183	50.938511	4.413901	13.491848	318.602662	75.630654	86.309512
min	10.000000	338.463636	142.120000	95.530000	78.300000	68.430000	197.793173	27.500000	0.000000
25%	20.105000	375.850457	142.300000	291.610530	89.287500	93.775000	349.854640	53.000000	33.767678
50%	30.000000	403.033037	142.400000	326.415047	91.700000	109.830000	572.991391	95.490000	54.712810
75%	40.410000	438.440168	142.715000	356.073291	95.500000	114.595000	749.673563	143.413316	108.320057
max	85.200000	495.260000	143.560000	412.410000	102.500000	120.000000	1618.445403	421.740000	350.000000

Hình 14. Thống kê dữ liệu đầu vào cho nghiên cứu dự báo sản lượng giếng khai thác.

mỗi gen trong các sinh vật đại diện cho một đặc trưng độc lập về cấu trúc với các gen khác. Tương tự, trong thuật toán di truyền, một chuỗi bit có độ dài cố định được sử dụng nhằm thể hiện đặc tính gen của một cá thể nhất định. Mỗi vị trí trong chuỗi được gán định đại diện cho đặc trưng nhất định của một cá thể và giá trị được lưu trữ ở vị trí đó đại diện cho cách thể hiện đặc trưng đó của cá thể. Với yêu cầu từ ngưỡng giá trị mức huy động khí (nomination) mong muốn có thể xác định giá trị độ mở của 13 giếng khai thác tại giàn Hải Thạch - Mộc Tinh, 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. 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 (improved adaptive neuro-fuzzy inference system - hệ thống suy luận mờ dựa trên mạng thích ứng tăng cường) 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 sản lượng khai thác khí - condensate là tối ưu [5].

Chuỗi gồm 21 bit đại diện cho 12 đặc trưng độ mở giếng được sử dụng, bao gồm 9 bit cho 9 giếng có chế độ khai thác cố định và 12 bit cho 3 giếng có chế độ khai thác bù trừ. Từ đó có thể xác định giá trị độ mở tối ưu từ kết quả thuật toán di truyền đồng thời kiểm tra chéo giá trị mã hóa (encode) - giải mã (decode) và so sánh với kết quả thực tế nhằm kiểm chứng tính chính xác của thuật toán di truyền GA. Module giải mã gen chuyển đổi các chuỗi bit

gen thành tổ hợp độ mở giếng tương ứng sử dụng trong đánh giá của hàm mục tiêu. Các giếng biểu diễn bởi 1 bit thể hiện 2 mức hoạt động đóng/mở tương ứng với 2 trạng thái bit là 0 và 1 ngoại trừ giếng MT-7P. Đối với trường hợp giếng MT-7P, hiện tại chỉ gồm 1 giá trị mở duy nhất tuy nhiên có thể có những thay đổi trong tương lai nên được biểu diễn bằng 1 bit và giá trị giải mã từ bit này luôn trả về giá trị mở cố định cho cả 2 trạng thái 0 và 1. Các giếng HT-6P, MT-4P và MT-5P có nhiều mức mở trong dải mở nên được thể hiện bằng 4 bit tương ứng với độ chia nhỏ nhất, 5%. Công cụ mã hóa - giải mã các giá trị độ mở được xây dựng dựa trên các đặc trưng này và được kiểm tra chéo nhằm đảm bảo tính đúng đắn của phương pháp.

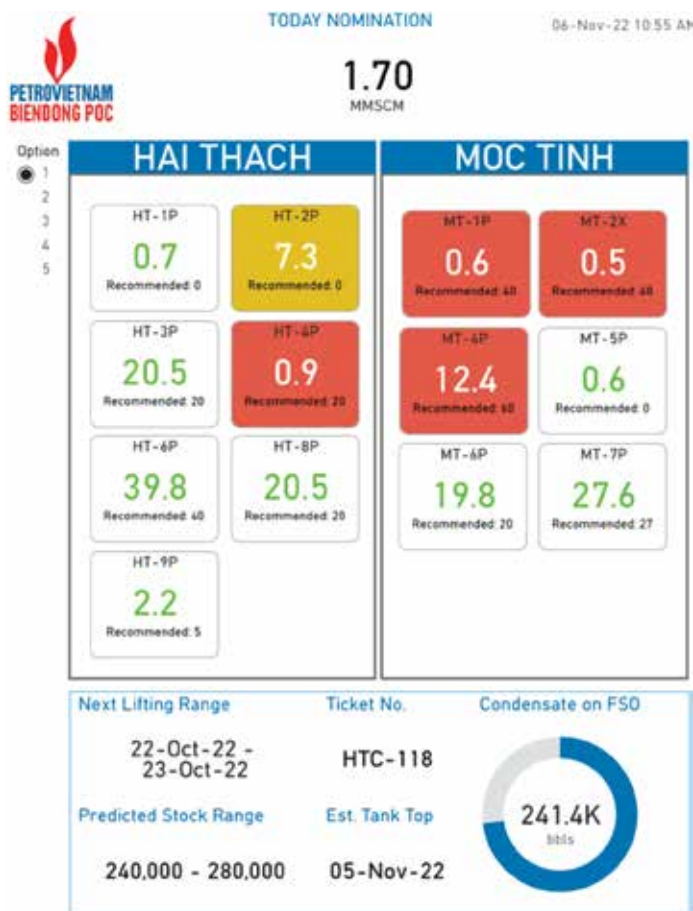
Phương án đóng mở giếng dựa trên GA và ANFIS lựa chọn độ đóng mở giếng xây dựng trên nguyên tắc việc vận hành các giếng Hải Thạch - Mộc Tinh phải đảm bảo đủ lượng khí đáp ứng nhu cầu tiêu thụ khí theo ngày và tối ưu hóa sản lượng condensate với mỗi mức huy động khí được ấn định. Bên cạnh việc đảm bảo vận hành an toàn và huy động khí, công tác vận hành các giếng đang khai thác trong cụm mỏ Hải Thạch - Mộc Tinh còn có nhiệm vụ gia tăng sản lượng condensate. Sản lượng condensate hàng ngày sẽ được tích tụ trên FSO, chuẩn bị cho chuyển bán condensate hàng tháng. Với mỗi giá trị huy động khí cung cấp, kỹ sư vận hành phải đưa ra phương án đóng/mở giếng sao cho thu được nhiều condensate nhất trên FSO mà không vượt quá sức chứa của tàu. Do đó, nhóm tác giả đánh giá kết quả từ công cụ AI dựa trên 2 tiêu chí sau đây:

Bảng 1. Kết quả độ mở từng giếng và sản lượng condensate tương ứng cho mẫu thử 2, 169 triệu m³ khí/ngày

Phương án	HT-1P	HT-2P	HT-3P	HT-4P	HT-6P	HT-8P	HT-9PST	MT-1P	MT-2X	MT-4P	MT-5P	MT-6P	MT-7P	Sản lượng condensate (thùng/ngày)
1	0	0	20	0	50	20	15	0	0	25	0	20	27	4.185
2	0	0	20	0	45	20	15	0	0	25	0	20	27	4.134
3	0	0	20	0	65	20	15	0	0	15	5	20	27	4.188
4	0	0	20	0	55	20	15	0	0	15	5	20	27	4.085
5	0	0	20	0	60	20	15	0	0	15	5	20	27	4.137
Thực tế	0	0	20	0	45	20	15	0	0	5	10	20	27	3.990

Bảng 2. Kết quả độ mở từng giếng và sản lượng condensate tương ứng cho mẫu thử 6,044 triệu m³ khí/ngày

Phương án	HT-1P	HT-2P	HT-3P	HT-4P	HT-6P	HT-8P	HT-9PST	MT-1P	MT-2X	MT-4P	MT-5P	MT-6P	MT-7P	Sản lượng condensate (thùng/ngày)
1	20	0	20	0	80	20	15	40	40	70	15	20	27	8.045
2	20	0	20	0	60	20	15	40	40	70	20	20	27	8.000
3	20	0	20	0	70	20	15	40	40	70	15	20	27	7.975
4	20	0	20	0	60	20	15	40	40	60	25	20	27	8.025
5	20	0	20	0	75	20	15	40	40	60	25	20	27	8.034
Thực tế	20	0	20	0	80	20	15	40	40	70	10	20	27	8.038



Hình 15. Công cụ bảng điều khiển tích hợp trí tuệ nhân tạo vào vận hành khai thác giếng.

- Sản lượng condensate: với mỗi mẫu thử, công cụ AI được đánh giá là ưu việt khi có thể đưa ra phương án vận hành với sản lượng condensate thu được cao hơn thực tế mà vẫn nằm trong phạm vi cho phép.

- Hệ số tương quan giữa phương án đề xuất từ công cụ AI và phương án thực tế: hệ số tương quan càng gần 1.0 chứng tỏ phương án đề xuất có độ tin cậy cao. Đầu vào cho công cụ AI là mức huy động khí mong muốn thu được lần lượt trích từ bộ mẫu thử. Hệ số tương quan Pearson được sử dụng nhằm đánh giá mức độ tương quan giữa các phương án từ công cụ AI và kinh nghiệm thực tế, từ đó chỉ ra được độ chính xác cũng như đánh giá khả năng áp dụng thực tế của giải thuật.

Mẫu thử số 1 là dữ liệu khai thác của ngày 9/7/2022, với mức huy động là 2,169 triệu m³ khí/ngày. Sử dụng dữ liệu đầu vào là giá trị huy động, công cụ đã đề xuất cho người dùng 5 phương án đóng/mở giếng như thể hiện trong Bảng 1 với hệ số tương quan trong khoảng 0,9 - 0,96. Công cụ GA kết hợp cùng Improved ANFIS đã cho thấy sự ưu việt khi đưa ra được 5 phương án đóng/mở giếng có sản lượng condensate cao hơn giá trị thực tế nhưng vẫn đảm bảo mức huy động 2,169 triệu m³ khí/ngày. Tùy theo mức độ ưu tiên khai thác condensate và lượng condensate hiện có trên tàu FSO, các kỹ sư vận hành

có thể lựa chọn các phương án đóng mở giếng phù hợp.

Xét trường hợp mẫu thử số 3 với huy động ở mức cao 6,044 triệu m³ khí/ngày. Hệ số tương quan giữa 5 phương án đề xuất và phương án thực tế xấp xỉ 1.0. Với mục tiêu sản lượng condensate ở mức cao và huy động khí ở mức cao, cả 5 phương án do thuật toán đề xuất cũng như phương án thực tế đều cho sản lượng condensate cao. Đồng thời, phương án mở giếng được lựa chọn cũng đáp ứng được chiến lược tối ưu sản lượng khí - condensate trong giai đoạn này.

Kết quả cho thấy các phương án được công cụ GA kết hợp cùng Improved ANFIS đưa ra đã thể hiện được sự ưu việt khi có thể đưa ra được 5 phương án vận hành có hệ số tương quan với thực tế cao, giúp các kỹ sư đưa ra kế hoạch khai thác kịp thời và tối ưu với sự thay đổi của nhu cầu tiêu thụ khí. Từ đó, đưa ra được công cụ bảng điều khiển tích hợp trí tuệ nhân tạo vào vận hành khai thác giếng.

4. Kết luận

Việc ứng dụng công nghệ tiên tiến để hỗ trợ các quy trình quản lý quỹ giếng, phân tích dữ liệu dầu khí và cải thiện hiệu suất khai thác đã trở thành một mục tiêu quan trọng trong chiến lược phát triển của Bien Dong POC. Kết quả xây dựng công cụ bảng điều khiển thông minh thời gian thực, hỗ trợ công tác quản lý giám sát khai thác và vận hành tại cụm mỏ Hải Thạch - Mộc Tinh bao gồm:

- Để nâng cao hiệu quả quản lý giám sát khai thác và vận hành mỏ, phải xây dựng được một hệ thống lưu trữ số liệu khai thác có hệ thống và bài bản. Nền tảng PDMS đang được ứng dụng rộng rãi trên thế giới và đang được sử dụng tại mỏ Hải Thạch - Mộc Tinh;

- Khi đã có một nền tảng PDMS ổn định, để phục vụ các công tác quản lý khai thác và vận hành mỏ, có thể xây dựng các công cụ bảng điều khiển thời gian thực bằng cách trích xuất dữ liệu từ PDMS và kết hợp với các ứng dụng hỗ trợ giao diện. Nội dung được hiển thị trên các công cụ bảng điều khiển sẽ được tùy chỉnh, phụ thuộc vào yêu cầu của từng đối tượng sử dụng;

- Nền tảng học máy cung cấp công cụ để cùng xử lý dữ liệu và phát triển thuật toán hay mô hình thuận tiện, nhanh chóng theo tiêu chí "Write Once, Run Everywhere: cho kết quả đồng nhất trên

nhieu thiết bị". Tích hợp kèm với kho thuộc tính (Feature/attribute store) để lưu trữ, tái sử dụng và phát triển thêm các thuộc tính mới một cách tập trung để cải tiến mô hình.

- Kết nối từ đầu tới cuối (end-to-end) cho quy trình tích hợp, phát triển cũng như triển khai liên tục (CI/CD) các mô hình học máy và code, từ việc xử lý dữ liệu cho tới triển khai mô hình vào vận hành.

- Số liệu khai thác trong quá khứ được lưu trữ trên PDMS cũng như số liệu khai thác thời gian thực còn được sử dụng làm đầu vào cho công cụ trí tuệ nhân tạo (AI), nhằm xây dựng các phương án khai thác tối ưu tương ứng với nhu cầu huy động khí của bên mua. Công cụ AI sau đó được tích hợp lên bảng điều khiển thông minh thời gian thực có thể hỗ trợ và đưa ra gợi ý cho các kỹ sư vận hành khai thác với thời gian tính toán dưới 5 phút.

Tài liệu tham khảo

[1] Aprilian Salis and Maria Regina, "Improving production monitoring and surveillance by using an integrated production data management", *SPE Asia Pacific Oil and Gas Conference and Exhibition, Jakarta, Indonesia, September 2003*. DOI: 10.2118/80523-MS.

[2] Antonio Drago, Emanuele Vignati, Barbara Bergamaschi, Marinella Calzari, Fernando L. Morales, Frederic Fumey-Humbert, and Christos Toyas, "Eni's global program on production data management sets the stage for an effective reservoir management & production optimization system", *Offshore Technology Conference, 2016*, DOI: 10.4043/26924-MS.

[3] Tran Vu Tung, Tran Ngoc Trung, Ngo Huu Hai, and Nguyen Thanh Tinh, "Digital transformation in oil & gas company: A case study of Bien Dong POC", *Petrovietnam Journal, Volume 10*, pp. 67 - 78, 2020.

[4] Trần Ngọc Trung, Trần Vũ Tùng, Hoàng Kỳ Sơn, Ngô Hữu Hải, và 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*, trang 47 - 56, 2020.

[5] Tran Ngoc Trung, Trieu Hung Truong, Tran Vu Tung, Ngo Huu Hai, Dao Quang Khoa, Nguyen Thanh Tinh, and 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, Volume 27, Issue 01*, pp. 504 - 518, 2022. DOI: 10.2118/206741-PA.

REAL-TIME PRODUCTION MANAGEMENT SYSTEM: A CASE STUDY IN HAI THACH - MOC TINH FIELDS

Tran Ngoc Trung, Nguyen Thanh Trung, Nguyen Duy Minh, Dao Quang Khoa, Tran Vu Tung, Hoang Ky Son, Ngo Huu Hai
 Bien Dong Petroleum Operating Company (Bien Dong POC)
 Email: trungtn@biendongpoc.vn

Summary

Bien Dong Petroleum Operating Company utilizes a production data management system (PDMS) leveraged by digital technologies such as machine learning, artificial intelligence, and big data to collect, transmit, and process technical data for the cluster of Hai Thach - Moc Tinh fields. The PDMS combined with a dashboard tool supporting real-time intelligent production management has streamlined the data collection, monitoring and evaluation of the production process, field behavior control and exploitation optimization. By this tool, exploitation plans suitable to the buyer's gas mobilization needs as well as optimal solutions for production engineers have been proposed. This approach helps to minimize unplanned downtime, enhance production and processing efficiency, ensure safe and continuous operation, and yield economic benefits for the natural gas processing systems at the Hai Thach field.

Key words: Production data management system (PDMS), production management, machine learning, artificial intelligence, big data, Hai Thach - Moc Tinh fields.