هوشمندسازی میدان نفتی آزادگان: مدل داده، شاخص‌های کلیدی عملکرد موزون و داشبورد مدیریتی

علیرضا مهانیان[۱]، محمدحسن پنجه‌شاهی*[۲]، علیرضا حسن‌زاده[۱]، محمدرضا رسایی[۲] و شعبان الهی[۱]

۱ـ گروه مدیریت فن‌آوری اطلاعات، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۲ـ انستیتو مهندسی نفت، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۷/۲/۴ تاریخ پذیرش: ۹۷/۷/۷

چکیده

فن‌آوری «میدان نفتی هوشمند» یکی از فن‌آوری‌های نوین در صنعت نفت است که به علت مزیت رقابتی بالایی که در تولید نفت ایجاد می‌کند، بسیار مورد توجه شرکت‌های نفتی قرار گرفته است. میدان هوشمند نفتی دارای ابعاد و مؤلفه‌های مختلفی نظیر بُعد انسانی، فرآیندی و تجهیزاتی است ولی سنگ بنای هوشمندسازی را می‌توان بهره‌برداری و مدیریت کارای داده‌های میدان جهت اتخاذ تصمیمات استراتژیک و به‌هنگام در خصوص تولید برشمرد. برای حصول اهداف مزبور، در این پژوهش با مطالعه موردی میدان نفتی آزادگان و داده‌های مربوط به آن، نخست جهت مدیریت و بهره‌برداری بهینه از داده‌های میدان، مدل داده‌ای براساس استاندارد پی.پی.دی.ام در هفت حوزه تخصصی و در ۷۰ جدول و ۲۷۰۰ ستون طراحی گردید. سپس مدل انبار داده میدان بر مبنای روش‌شناسی کیمبال تدوین شد و نهایتاً هر دو مدل داده و انبار داده براساس نظر خبرگان اعتبارسنجی شدند. در مرحله بعد و به منظور تسهیل تصمیمات استراتژیک و به‌هنگام در خصوص تولید، براساس مدل داده‌ای و انبار دادهٔ طراحی شده در مرحله قبل، حدود ۴۰ «شاخص کلیدی عملکرد» به‌دست آمدند و توسط صاحب‌نظران حوزه نفت و گاز در سه بازهٔ زمانی کوتاه ـ مدت، میان ـ مدت و بلند ـ مدت وزن‌دهی شده و اهمیت هر یک در تصمیم‌گیری در خصوص بهره‌برداری از میدان تعیین گردید. شاخص‌های «نوع تجهیزات»، «نسبت گاز به نفت» و «میزان واقعی تولید» دارای بیشترین وزن و در نتیجه اهمیت در تصمیم‌گیری‌های راهبردی میدان ارزیابی شدند. در نهایت نیز به منظور تسهیل فرآیند تصمیم‌گیری راهبردی در خصوص تولید در میدان، براساس مدل داده‌ای طراحی شدهٔ میدان نفتی آزادگان و داده‌های واقعی میدان مذکور و همچنین بر مبنای شاخص‌های کلیدی عملکرد حاصل و وزن‌دهی شده در مرحله قبل، داشبورد مدیریتی میدان نفتی آزادگان طراحی و ارائه گردید.

کلمات کلیدی: میدان هوشمند نفتی، آزادگان، مدل داده‌ای، شاخص کلیدی عملکرد، داشبورد مدیریتی

*مسؤول مکاتبات
آدرس الکترونیکی mhpanj@ut.ac.ir
شناسه دیجیتال: (DOI: 10.22078/pr.2018.3383.2554)

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

طبق برآورد آژانس بین‌المللی انرژی تخمین زده می‌شود که تقاضای انرژی در جهان از ۵۵۰ کادریلیون [1] BTU در سال ۲۰۱۲ به ۸۵۰ QBTU در سال ۲۰۲۰ برسد. علیرغم توسعه سریع منابع انرژی تجدیدپذیر، برآورد می‌شود که نفت و گاز همچنان بیشترین سهم (۵۵٪) در منابع انرژی مورد استفاده جمعیت جهان را داشته باشند [۱]. از آنجایی که بهره‌برداری طبیعی از منابع نفت و گازی به شدت در حال کاهش است، تنها می‌توان امیدوار بود که با یک جهش فن‌آورانه در اکتشاف، حفاری و تولید بتوان این نقصان را برطرف نمود. یکی از فن‌آوری‌هایی که به کمک چالش‌های بزرگ صنعت نفت در جهان آمده است، فن‌آوری اطلاعات [2] است که پارادایم جدیدی را تحت عنوان پارادایم «میدان هوشمند نفتی» [3] یا «میدان دیجیتال نفتی» [4] ایجاد کرده است که هدف اصلی آن افزایش تولید در ازای هزینه کمتر با در اختیار گذاشتن داده‌های صحیح برای افراد صحیح و در زمان صحیح است [۱]. میدان هوشمند نفتی در حقیقت یک سامانه فن‌آورانه است که مقادیر عظیمی از داده‌های تولید شده را به صورت آنی [5] جهت بهره‌برداری در مراکز عملیات، سامانه‌های توزیع شده رایانه‌ای و فن‌آوری‌های موبایل منتقل و ادغام می‌کند. هدف غایی این سامانه بیشینه نمودن شاخص‌های مالی میدان با حداقل نمودن دخالت انسانی است [۱]. تعاریف مختلفی برای «میدان هوشمند نفتی» [4] ارائه شده است [۳ و ۲] ولی ذکر این نکته لازم است که همه این تعاریف در یک نقطه مشترک هستند و آن بهره‌گیری از داده‌های میدان و مدیریت آنها جهت تصمیم‌گیری‌های آنی و استراتژیک است.

جمهوری اسلامی ایران برای جبران ظرفیت‌های عظیم از دست رفته به علت تحریم‌های نفتی و همچنین به علت بهره‌برداری حداکثری کشورهای همسایه از میادین مشترک و همچنین کاهش شدید قیمت نفت طی سالیان گذشته نیازمند بهره‌برداری از پارادایم‌ها و روش‌های نوین در میادین نفتی فعلی خود بالاخص میادین مشترک با سایر کشورها است. به‌کارگیری «میدان نفتی هوشمند»، یکی از جدیدترین راهبردهایی است که می‌تواند به صورت قابل توجهی، سرعت و کارایی بهره‌برداری از میادین نفتی فعلی را ارتقا دهد. با توجه به این که کشور ایران به عنوان دومین دارنده ذخایر هیدروکربوری جهان شناخته می‌شود و اینکه بیشتر میادین نفتی ایران به نیمه عمر خود رسیده‌اند [۴]، در مجموع هزینه‌های اولیه و جاری چاه و میدان نفتی به روش هوشمند برای بلند مدت کاهش و مقدار استحصال صیانتی افزایش می‌یابد.

لذا با توجه به گرایش و برنامه‌های در دست اقدام شرکت‌های نفتی در سطح جهان و اقبال به کاربردها و نتایج پارادایم هوشمندسازی، بر هیچ‌کس پوشیده نیست که حرکت به سمت میادین نفتی هوشمند نه تنها یک انتخاب بلکه یک الزام اقتصادی و رقابتی است چنانچه موضوع «هوشمندسازی» اکنون یکی از اولویت‌های پژوهشی وزارت نفت جمهوری اسلامی ایران نیز است [۵]. امروزه چاه‌هایی که زمانی ده‌ها هزار بشکه در روز تولید می‌کردند، قادر به تولید بیش از ۲۰۰۰ بشکه در روز نیستند بنابراین دست‌یابی به اعداد و ارقام تولید نفت در برنامه ششم و سند چشم‌انداز تنها با استفاده از پارادایم‌های جدید اکتشاف و تولید مانند هوشمندسازی میادین نفتی و اعمال روش‌های صحیح ازدیاد برداشت امکان دارد [۶].

در حوزه میادین هوشمند نفتی تحقیقات زیادی در سطح بین‌المللی صورت گرفته است که هر یک ابعاد مختلفی نظیر ابعاد فرآیندی، تجهیزاتی و نیروی انسانی را مورد بررسی قرار داده‌اند [۲۵-۷]. در خصوص

1. Quadrillion (Q)
2. Information Technology (IT)
3. Smart/ Intelligent Oil Field
4. Digital Oil Field (DOF)
5. Real-Time

Archive of SID

www.SID.ir

هوشمندسازی، پژوهش‌های متعددی نیز در داخل کشور در سطح چاه و مخزن نفتی صورت گرفته است که عمدهٔ پژوهش‌های صورت گرفته در این حوزه، اغلب به جنبه‌های فنی و مهندسی هوشمندسازی در سطح چاه نفتی نظیر شیوه قرارگیری شیرهای کنترل بازه‌ای پرداخته شده است [۳۱-۲۶] و به جنبه‌های مدیریتی بالاخص «مدیریت داده‌های میدان» که شالوده اساسی هوشمندسازی است و همچنین تحلیل‌های در سطح میدان نفتی کمتر توجه شده است.

میدان هوشمند نفتی

به طور کلی می‌توان میدان هوشمند را به چهار بخش تقسیم نمود [۲۷]:

۱ـ سخت افزار

۲ـ داده

۳ـ مدل

۴ـ طرح و تصمیم‌گیری

این چهار بخش توسط حلقه‌ای موسوم به حلقه ارزش[1] با یکدیگر در ارتباط هستند به طوری که برخی فعالیت‌های مندرج در این حلقه حالت واسط بین چهار مرحله فوق دارند نظیر مرحله انتقال داده که نقش واسط بین مرحله سخت‌افزار و داده را برعهده دارد. این حلقه، براساس یک الگوریم کنترلی نظیر کنترل بهینه، کنترل پیش‌بینی یا تطبیقی یک مسیر بهینه جهت رسیدن به شرایط عملیاتی بهینه را محاسبه می‌نماید. در نهایت سیگنال‌های کنترلی توسط سیستم انتقال فرمان به شیر کنترل‌های درون‌چاهی ارسال می‌گردند. بدین ترتیب حلقه ارزش میدان هوشمند تکمیل می‌گردد و مجدداً در لحظه بعدی کلیه داده‌های مربوط به شرایط عملیاتی توسط حسگرهای نصب شده اندازه‌گیری و جمع‌آوری می‌شوند و این حلقه تکرار می‌شود. موضوع میدان هوشمند تنها منحصر به مقوله اتوماسیون نمی‌شود بلکه در واقع فراهم نمودن سه عنصر کلیدی است که برای عملکرد مؤثر هر سیستم ماشینی مورد نیاز است: داده‌های قابل اعتماد، مجموعه ابزارهایی که بتوانند این داده‌ها را به اطلاعات مفید تبدیل کند و کادر متخصص و مشاوران عملیاتی که با استفاده از این اطلاعات، تصمیمات درست را اتخاذ نمایند [۲۸]. سنگ بنای هوشمندسازی میدان نفتی، به دست آوردن منابع داده، تدوین مدل داده و ارائه شاخص‌های عملکردی است [۳۲].

مدل داده‌ای میدان هوشمند نفتی

پس از آن که در بخش قبلی، به نقش و اهمیت داده در صنعت نفت اشاره شد، اکنون نوبت آنست تا به یکی از مهمترین محورهای این مقاله یعنی «مدل داده‌ای» پرداخته شود. یک مدل داده‌ای مجموعه‌ای از ابزارهای مفهومی برای توصیف داده‌ها، ارتباط بین داده‌ها، معانی داده‌ها و محدودیت‌های آنهاست. به عبارتی یک روش تفکر درباره داده‌ها که به پیاده‌سازی ربطی ندارد. داده‌هایی که قرار است در پایگاه داده ذخیره شوند، ابتدا باید با یک دید سطح بالا از لحاظ معنایی و مفهومی مدل‌سازی شوند.

حاصل عملیات مدل‌سازی معنایی، ساختار منطقی بانک اطلاعات و در واقع همان شمای ادراکی است. مدل‌ها و روش‌های مختلفی برای مدل‌سازی معنایی داده‌ها وجود دارند که از معروف‌ترین آنها می‌توان از مدل موجودیت ـ رابطه[2]، مدل نیام[3]، مدل زبان یکپارچه مدل‌سازی[4] و تکنیک مدل‌سازی شیئی[5] نام برد. در این مقاله و به منظور نمایش مدل داده‌ای میدان نفتی آزادگان از مدل موجودیت ـ مدل استفاده شده است که دارای سه بخش اصلی شامل موجودیت، صفت و رابطه است [۳۳].

برای تحقق استانداردی فراگیر در خصوص داده‌های نفتی، مؤسسه پی.پی.دی.ام[6] (یک مؤسسه بین‌المللی غیرانتفاعی) در تعامل با صنعت نفت و با هدف خلق

1. Value Loop
2. Entity-relationship (ER)
3. Niam
4. Universal Modeling Language (UML)
5. Object Modeling Teching (OMT)
6. Professional Petroleum Data Management Association (PPDM)

Archive of SID

www.SID.ir

و ارتقاء استانداردها و مدیریت داده شروع به فعالیت کرده است. چشم‌انداز این مؤسسه، پذیرش این استانداردها و نمونه‌های موفق مدیریت داده در فعالیت‌های بالادستی (اکتشاف و تولید) صنعت نفت توسط شرکت‌های نفتی و در نتیجه، اتخاذ تصمیمات تجاری بهتر به کمک آنهاست. عمده فعالیت‌های پی.پی.دی.ام بر روی توسعه و حمایت از «مدل داده»، ارائه تعاریف استاندارد از واژگان و اصطلاحات مورد نیاز نفتی، آموزش استانداردهای حوزه مدیریت داده نفتی و صدور گواهینامه‌های حرفه‌ای برای متخصصان مدیریت داده ممرکز است. استاندارد پی.پی.دی.ام داده‌های میدان را در دو حوزه اصلی زیر تقسیم‌بندی می‌نماید [۳۴]:

۱ـ ۳۹ عدد ماژول کسب و کار (چاه، تولید، میدان، چینه‌شناسی و ...)

۲ـ ۱۳ عدد ماژول پشتیبانی (مالی، تجهیزات و ...)

آخرین نسخه منتشر شده از PPDM (در زمان نگارش مقاله حاضر) نسخه ۳/۹ است که مبنای طراحی مدل داده‌ای میدان نفتی آزادگان در این پژوهش خواهد بود.

انبار داده

انبار داده، یک مخزن منظم و ساختاریافته از داده‌ها است که به منظور گردآوری و ذخیره اطلاعات عملیاتی سازمان‌ها و برای ارائه اطلاعات مورد نیاز تصمیمات مدیریتی ایجاد می‌گردد. به عبارت دیگر انبار داده، یک مجموعه منظم و طبقه‌بندی شده از داده‌های یکارچه و غیرفرار است که فرایندهای تصمیم‌گیری و تصمیم‌سازی مدیران را پشتیبانی می‌نماید [۳۵]. انبارهای داده دسترسی به اطلاعات کسب و کار، مشتریان و محصولات سازمان را فراهم نموده و با استفاده از آنها می‌توان داده‌ها را براساس موضوع دسته‌بندی نمود. این سیستم داده‌های زیادی را از مراکز عملیاتی مختلف گردآوری کرده، به صورت یکپارچه ذخیره نموده و قابلیت بازیابی آنها را براساس زمان فراهم می‌آورد. مدل‌های مختلفی برای طراحی مدل انبار داده به وجود آمده است که یکی از مهمترین آن‌ها مدل کیمبال[1] است. در مدل کیمبال ابتدا داده‌گاه‌ها[2] برای تولید گزارش‌ها و تحلیل توانایی‌ها برای پردازش‌های حاصل ایجاد می‌شوند. نکته مهم درباره این مدل که پایین به بالاست، توانایی مدل کردن فعالیت‌های از بالا به پایین است. داده‌گاه‌ها شامل حقایق و نکات کلیدی هستند. حقایق شامل اطلاعات اتمیک، اطلاعات ضروری و داده‌های خلاصه شده است. داده‌گاه‌ها اغلب شامل مدل‌های کسب و کار خاص یک منطقه مانند «تولید» و یا «فروش» است. داده‌گاه‌ها در نهایت یکارچه شده و انباره داده را ایجاد می‌کنند. روش کیمبال شامل چهار مرحله زیر است [۳۶]:

۱ـ انتخاب فرآیند کسب و کار

۲ـ تعیین اندازه دانه[3]

۳ـ تعیین ابعاد[4]

۴ـ تعیین حقایق[5]

تعیین موارد فوق با در نظر گرفتن نیازهای کسب و کار در کنار حقایقی که با مشورت و کسب نظر خبرگان حاصل می‌شود میسر است.

روش کار

موضوع اصلی در این مقاله عبارت است از هوشمندسازی میدان نفتی آزادگان از طریق تحقق دو هدف اصلی: اول «بهره‌برداری و مدیریت کارای داده‌های میدان» و دوم «اتخاذ تصمیمات استراتژیک و به هنگام در خصوص تولید» به واسطه داده‌ها و شاخص‌های کلیدی عملکرد میدان. هدف اول به واسطه طراحی مدل داده و طراحی مدل انبار داده میدان نفتی آزادگان و هدف دوم به واسطه تحقق هدف است، به‌دست آوردن شاخص‌های کلیدی عملکرد و طراحی داشبورد مدیریتی میدان نفتی محقق خواهد گردید. مدل داده و انبار داده به تصمیم‌گیرندگان میدان کمک خواهد کرد تا منابع

1. Kimball
2. Data Mart
3. Grain
4. Dimensions
5. Facts

Archive of SID

www.SID.ir

داده‌ای راهبردی در میدان را تشخیص داده، حجم عظیم داده‌های میدان را در طول زمان در پایگاه‌های داده‌ای ذخیره نموده و به منظور تصمیم‌گیری‌های راهبردی و آنی مورد استفاده قرار دهند؛ امری که بدون استفاده از این رویکرد امکان‌پذیر نخواهد بود. لذا روش تحقیق با طراحی مدل داده‌ای میدان نفتی آزادگان آغاز خواهد شد. مبنای اصلی طراحی مدل داده‌ای میدان نفتی آزادگان، استاندارد پی.پی.دی.ام است. مراحل انجام پژوهش حاضر به صورت زیر است:

۱ـ تعیین منابع داده لازم برای هوشمندسازی میدان (نظرسنجی از خبرگان)

۲ـ طراحی مدل داده‌ای میدان نفتی آزادگان با بهره‌گیری از استاندارد پی.پی.دی.ام

۳ـ اعتبارسنجی مدل داده‌ای میدان نفتی آزادگان

۴ـ طراحی مدل انبار داده میدان نفتی آزادگان

۵ـ اعتبارسنجی مدل انبار داده میدان نفتی آزادگان

۶ـ تعیین شاخص‌های تصمیم‌گیری میدان براساس منابع حاصل شده در مدل داده و ادبیات مربوطه

۷ـ وزن‌دهی به شاخص‌های تصمیم‌گیری در کوتاه ـ مدت؛ میان ـ مدت و بلند ـ مدت (توسط خبرگان)

۸ـ طراحی داشبورد مدیریتی (نظام ارزیابی عملکرد) میدان نفتی آزادگان براساس KPIهای طراحی شده و همچنین داده‌های واقعی میدان نفتی آزادگان.

اعتبار سنجی پژوهش

برای اعتبارسنجی مدل داده و مدل مفهومی انبار داده باید از دو جهت بررسی شوند. در وهله اول مدل باید توسط متخصصان مربوطه بازبینی شود تا از اینکه مطابق با استانداردهای مدل‌سازی بوده و سینتکس‌های مربوطه صحیح است اطمینان حاصل شود و ثانیاً مدل باید توسط متخصصان حوزه تخصصی که مدل برای آن انجام شده است بازنگری شود تا از تطابق مدل با نیازها و الزامات حوزه تخصصی اطمینان حاصل گردید و اصلاح‌های لازم به عمل آید [۳۷].

از این رو و براساس آنچه بیان شد، مدل داده ای و مدل مفهومی انبار داده میدان نفتی ازادگان در وهله اول به سه تن از متخصصین داده ارائه و نظرات آنها برای اصلاح مدل اعمال گردید. در مرحله بعد، از افراد متخصص که دارای اشراف کامل بر امور میدان نفتی آزادگان هستند خواسته شد تا با بررسی مدل داده مدل مفهومی انبار داده و تطابق آن با نیازهای کسب و کار میدان، نظرات اصلاحی خود را اعمال نماید. بدین ترتیب مدل داده‌ای و انبار داده میدان نفتی آزادگان اعتبارسنجی گردید.

جامعه و نمونه آماری پژوهش

به منظور به‌دست آوردن و وزن‌دهی به شاخص‌های کلیدی عملکرد میدان نفتی آزادگان، جامعه آماری این پژوهش را اندیشمندان، اساتید، خبرگان و صاحب‌نظران حوزه بالادستی/ پایین‌دستی صنعت نفت تشکیل دادند. از بین افراد مزبور ۷۰ نفر با روش نمونه‌گیری تصادفی غیر احتمالی انتخاب شدند که از ۲۰ نفر ایشان به منظور اجرای Pre-test پژوهش و ۵۰ نفر دیگر برای بخش نهایی پژوهش گزینش شدند. تلاش شد تا انتخاب افراد مذکور براساس زمینه‌های تخصصی مرتبط با موضوع پژوهش باشد. از بین ۲۰ نفر اول ۱۲ نفر و از ۵۰ نفر دوم ۲۵ نفر به پرسشنامه ارسالی پاسخ دادند.

ابزار گردآوری داده‌ها

ابزار گردآوری داده‌ها شامل روش کتابخانه‌ای در خصوص جمع‌آوری داده‌های مربوط میدان نفتی آزادگان و استانداردهای داده در صنعت نفت، مصاحبه در خصوص تعیین منابع داده‌ای لازم برای هوشمندسازی و پرسشنامه برای به دست آوردن و وزن‌دهی به شاخص‌های عملکردی میدان است. پرسشنامه این پژوهش در نسخه کاغذی تهیه گردید و به مخاطبان پروژه ارسال شد. در مرحله Pre-test، و به منظور سنجش پایایی ابزار سنجش،۲۰ پرسشنامه توزیع شد که ۱۲ عدد آن توسط اندیشمندان تکمیل گردید. در مرحله بعد و با فاصله زمانی یک ماه، ۵۰ پرسشنامه توزیع شد که ۲۵ عدد آن توسط

Archive of SID

www.SID.ir

اندیشمندان تکمیل گردید.

برای حصول روایی، پرسشنامه طراحی شده برای به‌دست آوردن و تعیین وزن هر یک از شاخص‌های کلیدی عملکرد میدان نفتی آزادگان برای دو نفر از اساتید حوزه نفت گاز ارسال گردیده و طی سیکل‌های متعدد نظرات ایشان بر پرسشنامه اعمال و محتوای پرسشنامه جرح و تعدیل گردید تا نهایتاً یک اجماع کلی در مورد روایی پرسشنامه حاصل شد. برای سنجش پایایی پرسشنامه نیز ابتدا به صورت Pre-Test، ۱۲ عدد پرسشنامه میان صاحب‌نظران، اساتید و اندیشمندان حوزه نفت و گاز توزیع و با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ـ ۲۲ ضریب آلفای کرونباخ ۸۰/۹٪ محاسبه گردید که نتیجه‌ای خوب تلقی می‌شود.

نتایج و بحث

تعیین منابع داده‌ای میدان نفتی آزادگان

چنانچه اشاره گردید، مرحله اول برای تهیه مدل داده‌ای میدان نفتی آزادگان، تعیین منابع داده‌ای لازم برای هوشمندسازی تولید از میدان مزبور است. بدین منظور با مصاحبه با خبرگان مربوطه و براساس دسته‌بندی‌های صورت گرفته توسط مدل پی.پی.دی.ام، منابع داده لازم به‌دست آمدند. براساس نتایج حاصل از مصاحبه صورت گرفته، حداقل منابع داده‌ای مورد نیاز برای هوشمندسازی میدان نفتی آزادگان به صورت هفت محدوده موضوعی[1] زیر تعیین گردید:

۱ـ داده‌های عمومی میدان نفتی ازادگان

۲ـ خواص سنگ‌ها برای هر یک از مخازن میدان نفتی آزادگان

۳ـ داده‌های مربوط به سیالات در هر یک از مخازن میدان نفتی آزادگان

۴ـ داده‌های چاه‌ها در هر یک از مخازن میدان نفتی آزادگان

۵ـ تاریخچه تولید/ تزریق در هر یک از چاه‌ها/ مخازن میدان نفتی آزادگان

۶ـ داده‌های مالی و انواع قرارداد در میدان نفتی ازادگان

۷ـ داده‌های مربوط به تجهیزات در هر یک از چاه‌های میدان نفتی آزادگان

چنانچه بیان شد، منابع داده‌ای فوق جامع و مانع نبوده و تنها به عنوان حداقل لازم برای طراحی مدل داده و درنهایت طراحی مدل منطقی انبار داده است. طبیعتاً می‌توان به مرور زمان، منابع داده‌ای جدیدی را نیز به مدل افزود و نتایج دقیق‌تری حاصل نمود.

مدل داده‌ای میدان نفتی آزادگان

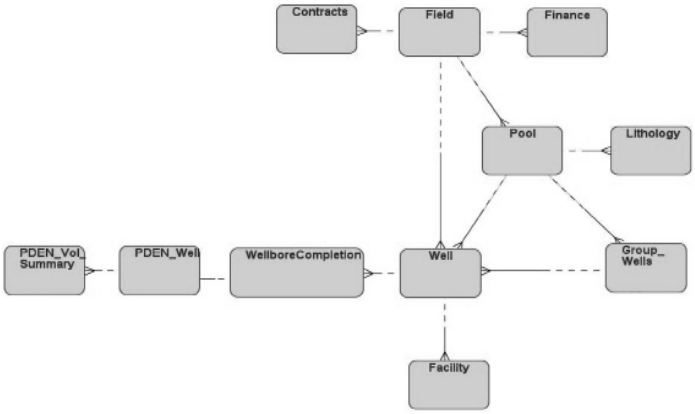
محدوده موضوعی جزئی کلیدی از یک مدل داده‌ای یا مدل انبار داده موفق است. در اغلب موارد، محدوده موضوعی به منظور بخش‌بندی مدل داده‌ای ایجاد می‌شود. در نظر گرفتن محدوده موضوعی برای مدل داده‌ای بالاخص در زمانی که مدل داده‌ای بسیار وسیع و پیچیده است (مانند میدان نفتی)، امری تسهیل‌کننده برای توسعه و پیاده‌سازی مدل داده/ انبار داده است. از آنجایی که در هوشمندسازی، هدف غایی بهینه‌سازی تولید نفت در میدان است لذا مدل مفهومی داده با تمرکز بر تولید در شکل ۱، شامل هفت محدوده موضوعی که پیشتر ذکر گردید، ارائه می‌گردد. دیاگرام‌های رسم شده توسط نرم‌افزار Oracle SQL Developer Data Modeler نسخه ۱۷/۲ ترسیم شده است. شایان ذکر است که نام‌گذاری موجودیت‌ها[2] و خصیصه‌ها[3] مطابق با استاندارد پی.پی.دی.ام نسخه ۳/۹ انجام شده است. در مدل مفهومی مزبور (شکل ۱)، هر یک از موجودیت‌ها یکی از محدوده‌های موضوعی هفتگانه مورد نظر (که پیشتر حاصل شده بودند) را پوشش می‌دهد. در ادامه به تشریح کلی هر یک از موجودیت‌ها پرداخته می‌شود:

Field: همان موجودیت «میدان نفتی» است که داده‌های عمومی میدان نفتی آزادگان را پوشش می‌دهد.

1. Subject Area
2. Entity
3. Attribute

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱ مدل داده مفهومی تولید در میدان نفتی آزادگان

Pool: داده‌های مربوط به مخازن موجود در میدان نفتی آزادگان را پوشش می‌دهد.
Well: داده‌های چاه‌ها در هر یک از مخازن میدان نفتی آزادگان را تحت پوشش قرار می‌دهد.
Group-Wells: داده‌های عمومی مربوط به گروه‌های چاه‌های موجود در هر میدان را تحت پوشش قرار می‌دهد.
Lithology: داده‌های مربوط به خواص سنگ‌ها برای هر یک از مخازن میدان نفتی آزادگان را پوشش می‌دهد.
Contracts: داده‌های مربوط به قراردادها و توافقات موجود در میدان نفتی آزادگان را پوشش می‌دهد.
Financial: داده‌های مالی میدان نفتی آزادگان را پوشش می‌دهد.
Facility: داده‌های مربوط به تجهیزات در هر یک از چاه‌های میدان نفتی آزادگان را پوشش می‌دهد.
PDEN-Well: داده‌های مربوط به تولید/ تزریق در هر یک از چاه‌ها/ مخازن میدان نفتی آزادگان را پوشش می‌دهد.
PDEN-Vol-Summary: داده‌های مربوط به سیالات معمول در هر یک از چاه‌های میدان نفتی آزادگان را پوشش می‌دهد.

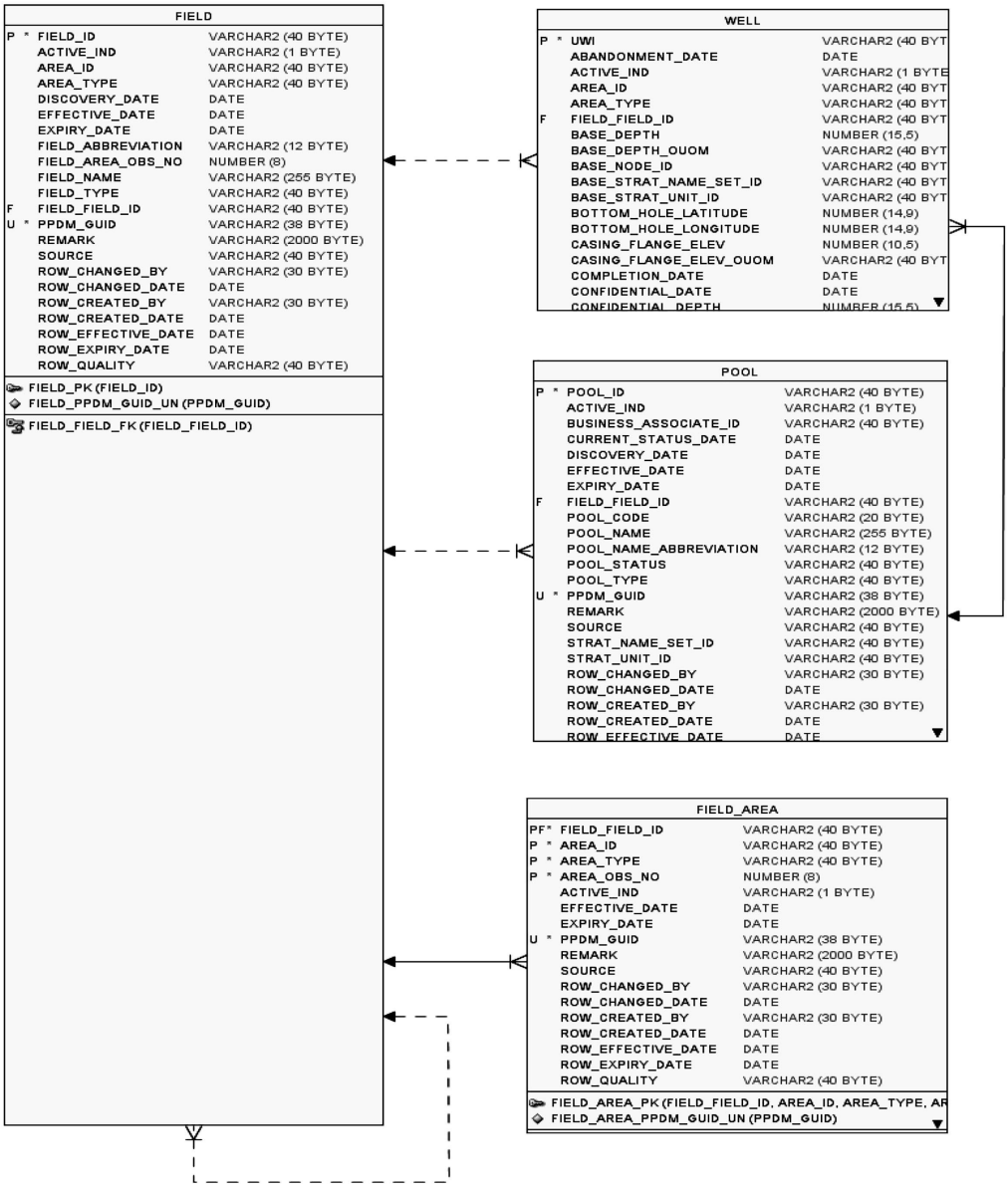
در مدل مفهومی ارائه شده، روابط هر یک از موجودیت‌های مطروحه و کاردینالیتی‌های مربوطه نیز مشخص شده است.

پس از آن که مدل مفهومی داده در میدان نفتی آزادگان طراحی گردید، به مرحله بعدی یعنی طراحی مدل فیزیکی داده می‌رسیم. بنابراین براساس هر یک از محدوده‌های موضوعی، مدل فیزیکی داده میدان نفتی آزادگان طراحی شد که در شکل ۲ بخشی از مدل داده مزبور ارائه گردیده است.

چنانچه در شکل ۲ نمایش داده شده است، مدل فیزیکی داده‌های عمومی میدان، شامل چهار جدول است که جدول Field جدول اصلی و جداول Well، Pool و Field-Area جداول اقماری آن هستند. جدول Field شامل ۲۲ خصیصه شامل مواردی نظیر نام میدان، تاریخ کشف میدان، نوع میدان و ... است. جدول Pool همان مخزن نفتی و یا پاره‌ای از زمین است که به منظور اخذ جواز حفر چاه نفتی و براساس قوانین فاصله‌ای گردهم آورده می‌شوند. این جدول شامل ۲۵ خصیصه شامل نام، تاریخ اکتشاف، نوع مخزن و ... بوده و داده‌های مخزن در آن ذخیره‌سازی می‌شود. جدول Well نیز، جدولی عمومی در خصوص چاه نفتی است. چاه، سوراخی بر روی سطح زمین است که به منظور تبادل سیالات بین مخزن زیرسطحی و سطح (و یا مخزنی دیگر) و یا به منظور ایجاد امکان شناسایی و تعیین ویژگی‌های سنگ‌ها طراحی می‌شود. این جدول بیش از ۱۰۰ نوع داده مختلف در خصوص چاه مانند تاریخ تکمیل، عمق چاه، عمق آب، سرعت آکوستیک و ... را ذخیره می‌نماید.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۲ مدل فیزیکی داده‌های عمومی میدان

جدول Field-Area نیز روابط بین میدان و همه مناطق جغرافیایی که به میدان مرتبط هستند را ردگیری می‌کند. این مناطق می‌توانند مناطق رسمی جغرافیایی، کسب و کار، مناطق قانونی، مناطق غیررسمی و ... باشند. این جدول دارای ۱۷ خصیصه است.

در ادامه، مدل فیزیکی داده‌های چاه نفت در میدان نفتی آزادگان نیز در ۱۴ جدول، مدل فیزیکی داده‌های خواص سنگ‌های میدان نفتی آزادگان در ۱۳ جدول، مدل فیزیکی داده‌های سیالات در میدان نفتی آزادگان در ۱۵ جدول، مدل فیزیکی داده‌های تجهیزات میدان در ۹ جدول، مدل فیزیکی داده‌های مالی میدان نفتی آزادگان در سه جدول و مدل فیزیکی داده‌های تولید در میدان نفتی آزادگان نیز به صورت هفت جدول طراحی و ارائه شدند.

مدل مفهومی انبار داده میدان نفتی ازادگان

برای تهیه مدل مفهومی انبار داده میدان نفتی آزادگان از روش «کیمبال» استفاده شد. مهمترین موضوع در بحث هوشمندسازی، بهینه‌سازی تولید و رصد پیوسته عوامل مربوط به تولید است. لذا

www.SID.ir

براساس مرحله اول روش کیمبال، فرآیند کسب و کار مورد نظر، موضوع «تولید» در میدان نفتی ازادگان است.

در مرحله دوم روش کیمبال، باید Grain مشخص گردد. Grain در اینجا میزان تولید روزانه در هر یک از اه‌های میدان نفتی ازادگان است. در مرحله سوم باید ابعاد مشخص شوند که براساس هفت حوزه‌ای که بالا ذکر گردید ابعاد در شکل ۳ نمایش داده شده‌اند. این ابعاد عبارتند از:

زمان: از روز تا سال را شامل می‌شود تولید، تزریق، فشار و شاخص‌های مالی بر این اساس گزارش می‌گردد.

۲ـ چاه: تولید و تزریق، فشار و شاخصه‌های مالی در هر یک از چاه‌های میدان مد نظر است.

۳ـ مالی: موارد مالی مرتبط با تولید در هر یک از چاه‌های میدان را شامل می‌شود.

۴ـ تجهیزات: هر یک از تجهیزات چاه که در تولید مشارکت دارد را براساس زمان و میزان تولید رصد می‌نماید.

۵ـ شریک تجاری: مشارکت شرکای تجاری در میزان تولید هر یک از چاه‌ها را رصد می‌نماید.

۶ـ قراردادها: میزان تولید براساس قراردادهای منعقده در هر یک از چاه‌های میدان را رصد می‌کند.

در مرحله چهارم نیز Facts باید تعیین شوند که حقایق مطلوب در هوشمندسازی تولید در میدان نفتی آزادگان به قرار زیر است:

۱ـ تولید نفت ـ واقعی

۲ـ تولید نفت ـ برنامه‌ریزی شده

۳ـ میزان هدررفت نفت

۴ـ تولید آب

۵ـ تزریق آب ـ واقعی

۶ـ تزریق آب ـ هدف

۷ـ فشار

۸ـ نسبت جایگزینی[1]

۹ـ ضریب بازیافت

۱۰ـ میزان واقعی تولید گاز

۱۱ـ میزان پیش‌بینی شده تولید گاز

۱۲ـ Downtime

و در حدود ۴۰ شاخص کلیدی عملکرد حاصل گشت که در ادامه مقاله به آنها اشاره می‌گردد (جدول ۱). مدل انبار داده میدان نفتی آزادگان براساس روش کیمبال و به صورت «ستاره‌ای» به صورت شکل ۳ طراحی گردید. در نهایت نیز مدل داده و مدل انبار داده میدان نفتی ازادگان اعتبارسنجی گردید.

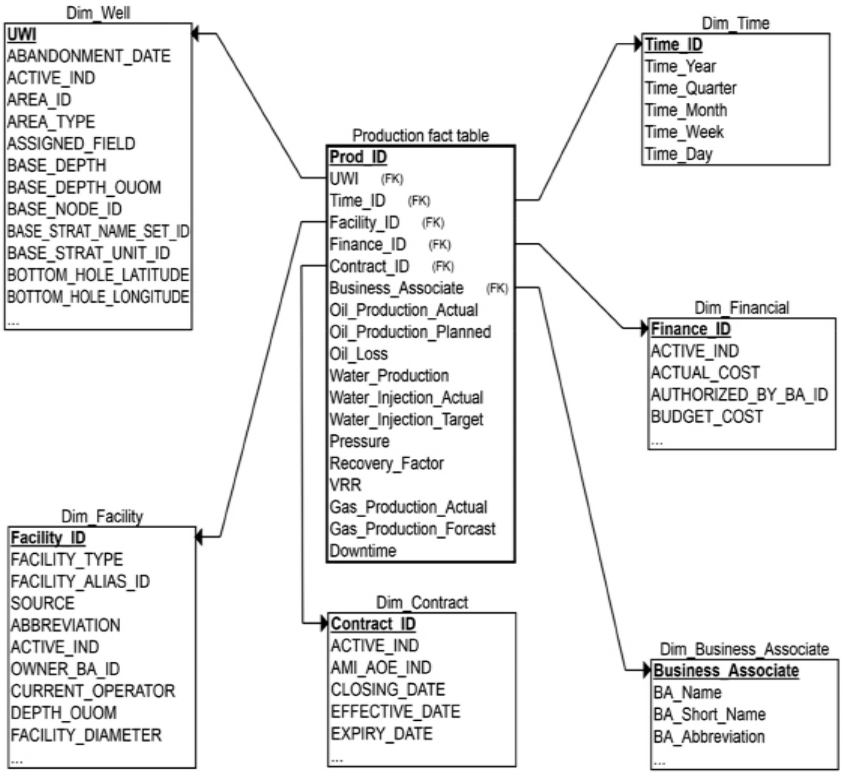
احصا و وزن‌دهی به شاخص‌های کلیدی عملکرد میدان نفتی آزادگان

پس از طراحی مدل‌های داده و انبار داده زمان آن است که وزن شاخص‌های کلیدی عملکرد در میدان نفتی ازادگان در سه بازه زمانی کوتاه‌مدت، میان ـ مدت و بلندمدت تعیین شود (منظور از بازه زمانی کوتاه‌مدت، بازه زمانی کمتر از یک سال مثلاً هفتگی یا ماهانه، منظور از میان مدت بازه زمانی یک تا پنج سال و منظور از بلندمدت بازه زمانی بیش از پنج سال است [۳۸]). بدین منظور با استفاده از مدل انبار داده میدان، ادبیات موضوع و نظر خبرگان، شاخص‌های مزبور حاصل و سپس به‌وسیله نظرسنجی و وزن‌دهی توسط خبرگان با ابزار پرسش‌نامه، وزن شاخص‌های کلیدی عملکرد در کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت تعیین گردید. به منظور اعتبارسنجی شاخص‌های تعیین شده، در پرسشنامه از اندیشمندان متخصصان حوزه مربوطه خواسته شد تا علاوه بر وزن‌دهی به شاخص‌های تعیین شده، نظر خود را در خصوص لزوم گنجانده شدن هر یک از شاخص‌ها در تصمیم‌گیری‌های مربوط به تولید در میدان اعلام نمایند. به علاوه از آن‌ها خواسته شد تا اگر شاخص‌های دیگری برای تصمیم‌گیری مد نظرشان است را به پرسشنامه افزوده و به آن در هر یک از سه بازه مشارالیه وزن بدهند. لازم به ذکر است که لیست اولیه شاخص‌های فوق حاصل از مرور ادبیات، مدل داده‌ای و مدل انبارداده طراحی شده برای میدان نفتی آزادگان است.

1. Voidage Replacement Ratio

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۳ مدل ستاره انبار داده میدان نفتی آزادگان

براساس نظرسنجی که از خبرگان صورت گرفت، شاخص‌های نقشه اشباع آب و چگالی نفت از لیست اولیه (جدول ۱) حذف گردید:

در ادامه، به نتایج حاصل از وزن‌دهی به شاخص‌های میدان در سه بازه کوتاه ـ مدت، میان ـ مدت و بلند ـ مدت که توسط خبرگان صورت گرفت، اشاره می‌گردد: در «کوتاه‌مدت» شاخص های «نوع تجهیزات»، «میزان واقعی تولید»، «میزان فشار در چاه»، «میزان تولید روزانه آب» و «میزان آسفالتین» بیشترین وزن را در تصمیم‌گیری در خصوص تولید در میدان به خود اختصاص داده‌اند. از طرفی شاخص‌های چگالی گاز، Downtime Days، تاریخچه عملیاتی تجهیزات، نسبت جایگزینی و اندازه دانه سنگ در چاه کمترین تأثیر را در تصمیم‌گیری‌های مربوطه دارند و لذا می‌توان این شاخص‌ها را از لیست شاخص‌های کلیدی عملکرد در کوتاه ـ مدت حذف نمود.

در «میان‌مدت» شاخص‌های «نسبت گاز به نفت»، «میزان واقعی تولید»، «میزان تولید روزانه آب»، «میزان آسفالتین» و «میزان فشار در چاه» بیشترین وزن را در تصمیم‌گیری در خصوص تولید در میدان به خود اختصاص داده‌اند. از طرفی شاخص‌های چگالی گاز، Downtime Days، تاریخچه عملیاتی تجهیزات، اندازه دانه سنگ و میزان پیش‌بینی شده تزریق آب در چاه کمترین تأثیر را در تصمیم‌گیری‌های مربوطه دارند و لذا می‌توان این شاخص‌ها را از لیست شاخص‌های کلیدی عملکرد در «میان‌مدت» حذف نمود.

در «بلندمدت» شاخص‌های «نسبت گاز به نفت»، «میزان واقعی تولید»، «میزان تولید روزانه آب»، «میزان آسفالتین» و «ضریب بازیافت» بیشترین وزن را در تصمیم‌گیری تولید در میدان به خود اختصاص داده‌اند. از طرفی شاخص‌های چگالی گاز، Downtime Days، تاریخچه عملیاتی تجهیزات، اندازه دانه سنگ و میزان پیش‌بینی شده تزریق آب در چاه کمترین تأثیر را در تصمیم‌گیری‌های مربوطه دارند و لذا می‌توان این شاخص‌ها را از لیست شاخص‌های تصمیم‌گیری در «بلندمدت» حذف نمود.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱ لیست اولیه شاخص‌های کلیدی عملکرد میدان آزادگان

میزان واقعی تولید نفت	نوع نفت	نقشه نفوذپذیری	نسبت گاز به نفت	چگالی نفت
میزان پیش بینی شده تولید نفت	نسبت جایگزینی Voidage	نقشه اشباع آب	اندازه دانه سنگ در چاه	دمای مخزن
میزان هدررفت روزانه نفت	میزان واقعی تولید گاز	حجم تزریق Pore	میزان تخلخل سنگ‌های چاه	فشار مخزن
میزان تولید روزانه آب	میزان پیش بینی شده تولید گاز	نقشه توزیع Salnity	انواع اصلی سنگ در چاه	Oil Gravity
میزان واقعی تزریق آب	Downtime Days	Sweep Efficiency	ساختار سنگ در چاه	Well Head Pressure
میزان پیش بینی شده تزریق آب	توزیع چاه‌ها در میدان	نوع تجهیزات در چاه	Gas Gravity	Water Cut (%)
میزان فشار در چاه	تاریخچه تولید در میدان	وضعیت عملیاتی تجهیزات	ترکیب گاز	
ضریب بازیافت	نقشه توزیع فشار	تاریخچه عملیاتی تجهیزات	میزان آسفالتین	

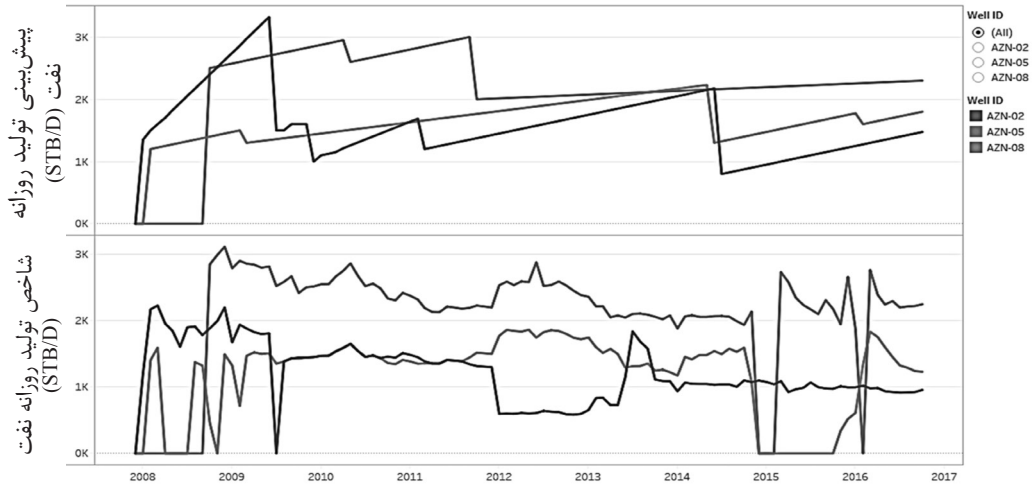
داشبورد مدیریتی میدان نفتی آزادگان

در بخش انتهایی پژوهش و با بهره‌گیری از داده‌های واقعی میدان نفتی آزادگان و با استفاده از نرم‌افزار Tableau، داشبورد مدیریتی میدان نفتی آزادگان طراحی و شاخص‌های عملکردی موزون در بازه‌های زمانی که پیشتر طراحی شد و در ازای آنها داده موجود بود در داشبورد گنجانده شد. در داشبورد مذکور موقعیت جغرافیایی چاه‌های میدان (شکل ۴)، شاخص تولید روزانه و پیش‌بینی تولید روزانه نفت (شکل ۵)، شاخص تولید گاز و Production GOR، شاخص روزهای کاری، فشار Wellhead و تولید نفت و شاخص Water Cut و تولید آب و سایر شاخص‌های کلیدی عملکرد میدان آزادگان نمایش داده شده است. داشبورد مدیریتی مذکور به مدیران میدان نفتی آزادگان کمک خواهد کرد تا در بازه‌های زمانی مختلف، شاخص‌های کلیدی عملکرد میدان را رصد نموده و براساس اولویت‌های تعیین شده، تصمیم‌گیری‌های بهینه و به موقع اتخاذ نمایند و بدین ترتیب جمهوری اسلامی ایران می‌تواند در میدان مشترک نفتی آزادگان دارای مزیت رقابتی نسبت به کشور همسایه گردد.

Archive of SID

www.SID.ir

شکل ۴ داشبورد مدیریتی میدان نفتی آزادگان ـ موقعیت جغرافیایی چاه‌های میدان



شکل ۵ داشبورد مدیریتی میدان نفتی آزادگان ـ شاخص تولید روزانه و پیش‌بینی تولید روزانه نفت

نتیجه‌گیری

چنانچه مشاهده شد، در این مقاله با استفاده از استاندارد پی.پی.دی.ام و با بهره‌گیری از نظرات خبرگان، حداقل منابع داده‌ای مورد نیاز برای هوشمندسازی میدان نفتی آزادگان حاصل شد. این منابع داده‌ای شامل داده‌های عمومی میدان، خواص سنگ‌ها برای هر یک از مخازن میدان نفتی آزادگان، داده‌های مربوط به سیالات در هر یک از مخازن میدان نفتی آزادگان، داده‌های چاه‌ها در هر یک از مخازن، تاریخچه تولید/ تزریق در هر یک از چاه‌ها/ مخازن، داده‌های مالی و انواع قراردادها و داده‌های مربوط به تجهیزات در هر یک از چاه‌های میدان نفتی آزادگان است. پس از این مرحله، به منظور تحقق هدف «مدیریت و بهره برداری کارا از داده‌های میدان»، مدل داده‌ای در ۷۰ جدول و ۲۷۰۰ ستون و بر مبنای هفت محدوده موضوعی فوق طراحی و اعتبارسنجی گردید. این مدل داده‌ای به مدیران میدان کمک خواهد کرد تا تحلیل و توصیف داده‌های محیط عملیاتی میدان و ارتباط بین آنها و شرح معنی و قیدهای داده‌ای برای ایشان میسر شده و بتوانند ساختار داده مورد نیاز برای حل مسائل خاص میدان و ارتباط درونی بین ساختارها را تعریف نمایند.

در گام بعدی مدل منطقی انبار داده میدان نفتی آزادگان براساس مدل کیمبال و به صورت ستاره‌ای طراحی و سپس اعتبارسنجی گردید. انبار داده طراحی شده به مدیران میدان نفتی کمک خواهد کرد تا به تمامی داده‌های میدان از گذشته تا به حال برای تهیه گزارش و تجزیه و تحلیل دسترسی

www.SID.ir

پیدا کرده و در نتیجه اتخاذ تصمیمات استراتژیک مدیران را تسریع، تسهیل و کاراتر می‌نماید. به علاوه، انبار داده طراحی شده این امکان را فراهم می‌آورد تا با استقرار سامانه‌های هوش تجاری[1]، تبدیل داده به اطلاعات و اطلاعات به دانش مورد نیاز تسهیل گردد که با استفاده از همین دانش، مدیران میدان قادر به اتخاذ تصمیمات کاراتر و جامع‌تر می‌شوند و در نتیجه عملکرد میدان نفتی را بهبود می‌بخشند. در مرحله بعدی پژوهش و به منظور تحقق هدف «اتخاذ تصمیمات استراتژیک و به هنگام در خصوص تولید»، طراحی شاخص‌های کلیدی عملکرد میدان نفتی آزادگان صورت گرفت. شاخص‌های کلیدی عملکرد با تمرکز روی نقاط حساس و استراتژیک میدان نفتی، این امکان را برای مدیران میدان فراهم می‌کنند که در هر زمان مورد نظر بتوانند تصویر دقیقی از چگونگی حرکت امور و عملیات میدان نفتی در راستای اهداف پیش‌بینی شده داشته باشند. تجمیع شاخص‌های مذکور در قالب یک نظام ارزیابی عملکرد (داشبورد مدیریتی)، به ابزاری برای اصلاح و بازنگری استراتژی‌ها و اجرای پروژه‌های ارتقا و بهبود کارایی میدان نفتی منجر می‌شود. طراحی شاخص‌های کلیدی عملکرد میدان نفتی صرفاً به تعریف یک شاخص محدود نمی‌شود؛ در طراحی شاخص‌های کلیدی عملکرد به دنبال نقاطی هستیم که از سهم و وزن استراتژیک برخوردار بوده و خاصیت اهرمی دارند. این بدان معناست که هر شاخصی را نمی‌توان به عنوان یک شاخص کلیدی در ارزیابی عملکرد میدان نفتی محسوب نمود لذا براساس مطالعه ادبیات مربوطه و نظرات خبرگان لیستی از ۴۰ شاخص کلیدی عملکرد میدان نفتی آزادگان حاصل شده و در سه بازه کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت براساس درجه اهمیت توسط خبرگان صنعت نفت وزن‌دهی شدند. در نهایت نیز نظام ارزیابی عملکرد (داشبورد مدیریتی) میدان نفتی آزادگان براساس مدل‌های داده‌ای و انبار داده و با بهره‌گیری از داده‌های واقعی میدان و شاخص‌های کلیدی عملکرد به دست آمده طراحی و ارائه گردید. بدین ترتیب مدیران میدان نفتی قادر خواهند بود تا با صرف حداقل زمان و هزینه، تصویری کلی و استراتژیک از میدان نفتی کسب کرده و تصمیماتی هدفمند و به هنگام در خصوص تولید و عملیات میدان اتخاذ نمایند تا بدین ترتیب مزیت رقابتی بالایی برای صنعت نفت حاصل گردد.

در آنها پیشنهاد می‌شود، وزارت نفت، و بهره‌برداران از میدان نفتی آزادگان، از مدل داده‌ای ارائه شده در این پروژه به عنوان نقشه مبنایی برای جمع‌آوری، طبقه‌بندی و تهیه دستگاه‌های مورد نیاز برای به دست آوردن داده‌های حیاتی میدان بهره‌برداری نموده و علاوه بر ۷ محدوده موضوعی مورد استفاده در این مقاله محدوده‌های موضوعی دیگر نظیر HSE و ... نیز به مدل افزوده شده و از مدل‌های ارائه شده برای سایر میادین نفتی کشور نیز بهره‌برداری شود.

مراجع

[1]. Carvajal G., Maucec M. and Cullick S., "*Intelligent digital oil and gas fields concepts, collaboration, and right-time decisions*," Elsevier Inc., 2018.

[2]. Steinhubl A., Klimchuk G., Click Ch. and Morawski P., "*Unleashing productivity: the digital oil field advantage*," Booz & Co, manual or booklet, pp. 1-19, 2008.

[3]. Saputelli L., Bravo C., Nikolaou M., Lopez C., Cramer R., Mochizuki S. and Moricca G., "*Best practices and lessons learned after 10 years of digital oilfield (dof) implementations*," SPE Kuwait Oil and Gas Show and

1. Business Intelligence

Archive of SID

www.SID.ir

Conferene, Kuwait City, 2013.

[۴]. صابری م.، "میادین نفتی هوشمند؛ انتخاب یا الزام"، ماهنامه علمی ـ ترویجی اکتشاف و تولید نفت و گاز، جلد ۱۳۹۰، شماره ۸۳، صفحات ۸-۱۲، ۱۳۹۰.

[۵]. سامانه جامع اولویت‌های پژوهشی کشور، http://olaviatha.ir.

[۶]. مستقل، ب.، "برنامه‌ی پنج ساله ششم توسعه و صنعت نفت"، ماهنامه علمی ـ ترویجی اکتشاف و تولید نفت و گاز، جلد ۱۳۹۴، شماره ۱۲۴، صفحات ۱-۳، ۱۳۹۴.

[7]. Glandt C., "*Reservoir management employing smartwells: a review*," SPE Drilling & Completion, Vol. 20, No. 4, pp. 281-288, 2005.

[8]. Mochizuki S., Saputelli L. A., Kabir C. S., Cramer R., Lochmann M. J., Reese R. D. and Escorcia., "*Real time optimization: classification and assessment*," SPE NNUAL Technical Conference and Exhibition, 26-29 September, Houston, Texas, 2004.

[9]. Braithwaite S. R., Mussig S., van der Poel R., van Putten S., van de Waal W. and Kass M., "*Toucan smart field development: how to generate more value from hydrocarbon resources*," abu Dabi international Conference and Exhibition, Abu Dhabi, United Arab Emirates, 10-13 October, 2004.

[10]. Ebadi F., Davies D. R., Reynolds M. and Corbett P. W. M., "*Screening of reservoir types for optimization of Intelligent well design*," SPE Europec/ 67th EAGE Conference and Exhibition, Madrid, Spain. DOI, 2005.

[11]. Anderson A. B., "*Integrating intelligent-well systems into sanface completions for reservoir control in brazilian subsea well*," Society of Petroleum Engineers, 9-12 October, Dallas, Texas, 2005.

[12]. Sakowski S. A., Anderson A. B. and Furui K., "*Impact of intelligent well system on total economics of fielddevelopment*," SPE Hydrocarbon Economics and Evaluation Symposium, Society of Petroleum Engineers: Dallas, PRIL 3-5, 2005.

[13]. Aggrey G. H., Davies D. R., Ajayi A. and Konopczynski M., "*Data richness and reliability in smart-field management-is there value?*," SPE Annual Technical Conference and Exhibition, San Antonio, San Antonio, Texas, USA, 24-27 September, 2006.

[14]. De Best L. and Van den Berg F., "*Smart fields-Making the most of our assets*," SPE Russian Oil and Gas Technical Conference and Exhibition Held in Moscow, Russia, October, 2006.

[15]. Irani B., "*Make the digital oil field a reality*," Hart Energy, November, 2005.

[16]. Parshall J., "*The intelligent field comes full circle*," Hart Energy (Exploration and Production) Magazine, Vol. 79, No. 9, pp. 57-59, 2006.

[17]. Al-Ghareeb M., "*Monitoring and control of smart wells*," Master of Science Dissertation, Stanford University, 2009.

[18]. Parker K., "*Next stage in digital oil field transformation is defined work flows*," Hart Energy (Exploration and Production) Magazine, May, 2009.

[19]. Paulo A. J., Taylor D. A., Isichei O., King M. and Singh G., "*Transforming operations with real time production optimization and reservoir management: case history offshore angola*," SPE Digital Energy Conference and Exhibition, 19-21 PRIL, The Woodlands, Texas, USA, 2011.

[20]. Dickens J., Feineman D. and Roberts S., "*Choices, changes and challenges: lessons for the future devel-*

Archive of SID

www.SID.ir

opment of the digital oilfield," SPE Intelligent Energy International, 27-29 March, Utrecht, The Netherlands, 2012.

[21]. Al-Jasmi A., Goel H. K., Cerda S. S., Berry K. and Velasquez G., "*Intelligent digital oilfield implementation: a case study of change management strategies to ensure success*," SPE Middle East Intelligent Energy Conference and Exhibition, 28-30 October, Manama, Bahrain, 2013.

[22]. Saputelli L. A., Bravo C., Moricca G., Cramer R., Nikolaou M., Lopez C. and Mochizuki S., "*Best practicesand lessons learned after 10 years of digital oilfield (DOF) implementations*," SPE Kuwait Oill and Gas Show and Conference, October 8-10, Kuwait City, Kuwait, 2013.

[23]. Feineman D. R., "*Assessing the maturity of digital oilfield developments*," SPE Intelligent Energy Conference & Exhibition, April 1-3, Utrecht, The Netherlands, 2014.

[24]. Crompton J., "*Big data and the internet of things meet the oil & amp; gas industry*," PNEC.19th International Conference on Petroleum Integration, Information and Data Management. Houston, TX. 2015.

[25]. Crompton J., "*The digital oil field hype curve: current ssessment of the oil and gas industry's digital oil field program*," SPE Digital Energy Conference. Woodlands, TX. 2015.

[۲۶]. بهروز ت. و هندی ص.، "طراحی و ساخت اولین چاه هوشمند خاورمیانه و برنامه‌نویسی نرم‌افزار بررسی خواص نفت در آن"، پژوهش نفت، شماره ۷۳، تهران، ۱۳۹۲.

[۲۷]. میرحسنی ع. حسن آبادی م.، مطهری س. م. و عسگری ا. ع. ، "بهینه‌سازی تولید نفت در چاه‌های هوشمند با روش طرح آزمایش‌ها"، پژوهش نفت، شماره ۷۱، تهران، ۱۳۹۱.

ف۲۸ د بهروز ت.، "بهینه‌سازی تعداد، مکان و عملکرد شیرهای کنترلی در چاه‌های هوشمند"، پایان‌نامه دکتری مهندسی نفت پایان‌نامه دکتری، انستیتو مهندسی نفت، دانشکده فنی دانشگاه تهران، ۱۳۹۴.

[۲۹]. بهروز ت. و هندی ص.، "مؤلفه‌های تکنولوژی میدان هوشمند تاریخچه و الگوریتم عملکرد"، اکتشاف و تولید، شماره ۵۵، تهران، ۱۳۸۷.

[30]. Behrouz T., Rasaei M. R. and Masoudi R., "*Effective workflow for pptimization of intelligent well completions*," Iranian Journal of Science and Technology, Article 11, Vol. 38, Issue 4, Autumn, pp. 481-487, 2014.

[31]. Behrouz T., Rasaei M. R. and Masoudi R., "*A novel integrated approach to oil production optimization and limiting the water cut using intelligent well concept: using case studies*," Iranian Journal of Oil & Gas, Article 3, Vol. 5, Issue 1, Winter 2016, pp. 27-41, 2016.

[۳۲]. معاونت پژوهش‌های زیربنایی و امور تولیدی دفتر: مطالعات انرژی، صنعت و معدن، چاه و میدان هوشمند و کاربردهای آن در صنعت نفت ایران، کد موضوعی: ۳۱۰، شماره مسلسل: ۱۵۱۱۱، ۱۳۹۵.

[۳۳]. رانکوهی م. "مفاهیم بنیادی پایگاه داده‌ها"، انتشارات جلوه، چاپ سوم، تهران، ۱۳۹۲.

[34]. Professional Petroleum Data Management Association (PPDM), Available from: www.ppdm.org [Accessed 12 May 2018].

[35]. Inmon W., "*Exploration warehousing*," turning business information into business opportunity, 1st ed., John Wiley and Sons, 2000.

[36]. Kimball R., "*The data Warehouse lifecycle toolkit*," 2nd ed., John Wiley & Sons, 2008.

[37]. Hay D. C., "*Requirements analysis: dealing with data*," Prentice Hall, 2003.

[38]. Smith J., "*Describe long-term, medium-term and short-term goals*," https://bizfluent.com/info-8342572-describe-longterm-mediumterm-shortterm-goals. html, 21.7.2018.

Archive of SID

www.SID.ir