

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

علیرضا مهبانیان^۱، محمدحسن پنجه‌شاهی^{۲*}، علیرضا حسن‌زاده^۱، محمدرضا رسایی^۲ و شعبان الهی^۱

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

۲- 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 داده طراحی شده در مرحله قبل، حدود ۴۰ «شاخص کلیدی عملکرد» به‌دست آمدند و توسط صاحب‌نظران حوزه نفت و گاز در سه بازه زمانی کوتاه - مدت، میان - مدت و بلند - 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 شده 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

*مسئول مکاتبات

mhpanj@ut.ac.ir

آدرس الکترونیکی
شناسه دیجیتال: (DOI: 10.22078/pr.2018.3383.2554)

مقدمه

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 هیچ کس 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 [۲۵-۱۷]. در خصوص

طبق برآورد آژانس بین‌المللی انرژی تخمین زده می‌شود که تقاضای انرژی در جهان از ۵۵۰ کادریلیون^۱ 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^۲ است که پارادایم جدیدی را تحت عنوان پارادایم «میدان هوشمند نفتی»^۳ یا «میدان دیجیتال نفتی»^۴ 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^۵ جهت بهره‌برداری در مراکز عملیات، سامانه‌های توزیع شده رایانه‌ای و فن‌آوری‌های موبایل منتقل و ادغام می‌کند. هدف غایی این سامانه پیشینه نمودن شاخص‌های مالی میدان با حداقل نمودن دخالت انسانی است [۱]. تعاریف مختلفی برای «میدان هوشمند نفتی»^۴ 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

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

است: داده‌های قابل اعتماد، مجموعه ابزارهایی که بتوانند این داده‌ها را به اطلاعات مفید تبدیل کنند 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 - رابطه^۲، مدل نیام^۳، مدل زبان یکپارچه مدل‌سازی^۴ و تکنیک مدل‌سازی شیئی^۵ نام برد. در این مقاله و به منظور نمایش مدل داده‌ای میدان نفتی آزادگان از مدل موجودیت - مدل استفاده شده است که دارای سه بخش اصلی شامل موجودیت، صفت و رابطه است [۳۳].

برای تحقق استاندارد فرایگیر در خصوص داده‌های نفتی، مؤسسه پی.پی.دی.ام^۶ (یک مؤسسه بین‌المللی غیرانتفاعی) در تعامل با صنعت نفت و با هدف خلق

هوشمندسازی، پژوهش‌های متعددی نیز در داخل کشور در سطح چاه و مخزن نفتی صورت گرفته است که عمده 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 [۲۶-۳۱] 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]:

۱- سخت افزار

۲- داده

۳- مدل

۴- طرح و تصمیم‌گیری

این چهار بخش توسط حلقه‌ای موسوم به حلقه ارزش^۱ 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 الگوریتم 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 درون چاهی 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

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)

که یکی از مهمترین آن‌ها مدل کیمبال^۱ است. در مدل کیمبال ابتدا داده‌گاه‌ها^۲ 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 انبار داده را ایجاد می‌کنند. روش کیمبال شامل چهار مرحله زیر است [۳۶]:

۱- انتخاب فرآیند کسب و کار

۲- تعیین اندازه دانه^۳

۳- تعیین ابعاد^۴

۴- تعیین حقایق^۵

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، به دست 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

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 متمرکز است. استاندارد پی.پی.دی.ام داده‌های میدان را در دو حوزه اصلی زیر تقسیم‌بندی می‌نماید [۳۴]:

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

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

آخرین نسخه منتشر شده از PDDM (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

1. Kimball

2. Data Mart

3. Grain

4. Dimensions

5. Facts

مفهومی انبار داده میدان نفتی آزادگان 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 به دست آوردن و وزن دهی به شاخص‌های کلیدی عملکرد میدان نفتی آزادگان، جامعه آماری این پژوهش را اندیشمندان، اساتید، خبرگان و صاحب نظران حوزه بالادستی / پایین دستی 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 وزن دهی 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

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:

- ۱- تعیین منابع داده لازم برای هوشمندسازی میدان (نظرسنجی از خبرگان)
- ۲- طراحی مدل داده‌ای میدان نفتی آزادگان با بهره‌گیری از استاندارد پی.پی.دی.ام
- ۳- اعتبارسنجی مدل داده‌ای میدان نفتی آزادگان
- ۴- طراحی مدل انبار داده میدان نفتی آزادگان
- ۵- اعتبارسنجی مدل انبار داده میدان نفتی آزادگان
- ۶- تعیین شاخص‌های تصمیم‌گیری میدان براساس منابع حاصل شده در مدل داده و ادبیات مربوطه
- ۷- وزن دهی به شاخص‌های تصمیم‌گیری در کوتاه - مدت؛ میان - مدت و بلند - مدت (توسط خبرگان)
- ۸- طراحی داشبورد مدیریتی (نظام ارزیابی عملکرد) میدان نفتی آزادگان براساس KPIهای طراحی شده و همچنین داده‌های واقعی میدان نفتی آزادگان.

اعتبارسنجی 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 داده‌ای و مدل

اندیشمندان تکمیل گردید.

برای حصول روایی، پرسشنامه طراحی شده برای به دست 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 - ۲۲ ضریب آلفای کرونباخ $0.80/9$ 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 پی‌پی‌دی. ام‌دی، منابع داده لازم به دست آمدند. براساس نتایج حاصل از مصاحبه صورت گرفته، حداقل منابع داده‌ای مورد نیاز برای هوشمندسازی میدان نفتی آزادگان به صورت هفت محدوده موضوعی^۱ زیر تعیین گردید:

۱- داده‌های عمومی میدان نفتی آزادگان

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

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

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

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

۶- داده‌های مالی و انواع قرارداد در میدان نفتی آزادگان

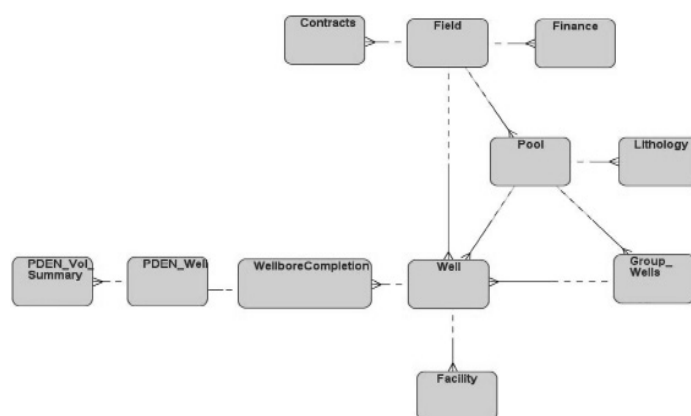
۷- داده‌های مربوط به تجهیزات در هر یک از چاه‌های میدان نفتی آزادگان
چنانچه بیان شد، منابع داده‌ای فوق جامع و مانع نبوده و تنها به عنوان حداقل لازم برای طراحی مدل داده و در نهایت طراحی مدل منطقی انبار داده است. طبیعتاً می‌توان به مرور زمان، منابع داده‌ای جدیدی را نیز به مدل افزود و نتایج دقیق‌تری حاصل 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^۲ و خصیصه‌ها^۳ مطابق با استاندارد پی‌پی‌دی. ام‌دی. 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



شکل ۱ مدل داده مفهومی تولید در میدان نفتی آزادگان

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.

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.

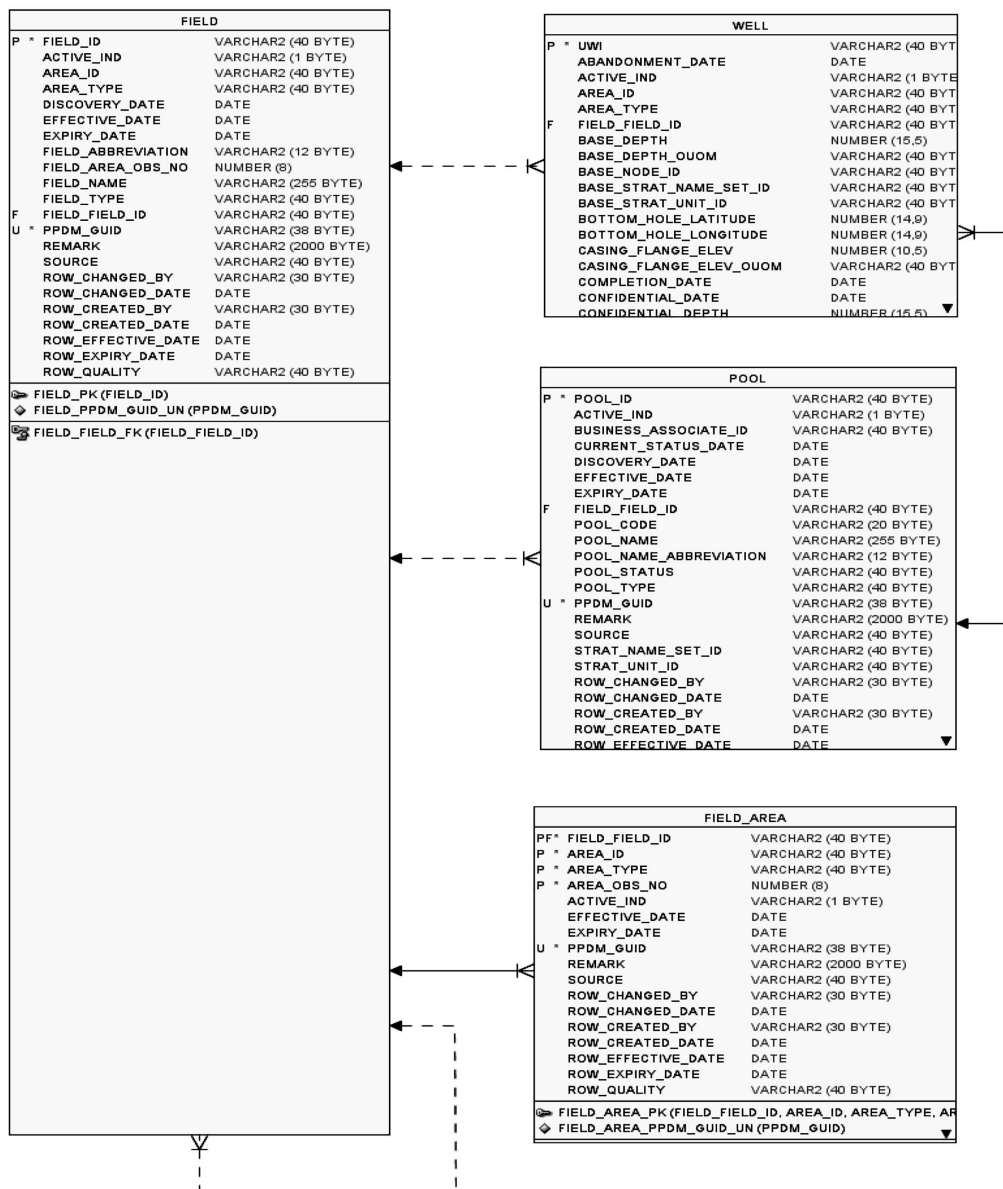
Contracts: داده‌های مربوط به قراردادهای و توافقات موجود در میدان نفتی آزادگان را پوشش می‌دهد. Financial: داده‌های مالی میدان نفتی آزادگان را پوشش می‌دهد.

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 مطرحه و کاردینالیته‌های مربوطه نیز مشخص شده است.

پس از آن که مدل مفهومی داده در میدان نفتی



شکل ۲ مدل فیزیکی داده‌های عمومی 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 آزادگان

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

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

۱۱- میزان پیش‌بینی شده تولید گاز

۱۲- 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 آزادگان 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 آزادگان در سه بازه زمانی کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت تعیین شود (منظور از بازه زمانی کوتاه‌مدت، بازه زمانی کمتر از یک سال مثلاً هفتگی یا ماهانه، منظور از میان‌مدت 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 انبار داده طراحی شده برای میدان نفتی آزادگان است.

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

در مرحله دوم روش کیمبال، باید Grain مشخص گردد. Grain در اینجا میزان تولید روزانه در هر یک از ادهای میدان نفتی آزادگان 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.

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

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

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

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

۶- قراردادها: میزان تولید براساس قراردادهای منعقد شده 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:

۱- تولید نفت - واقعی

۲- تولید نفت - برنامه‌ریزی شده

۳- میزان هدررفت نفت

۴- تولید آب

۵- تزریق آب - واقعی

۶- تزریق آب - هدف

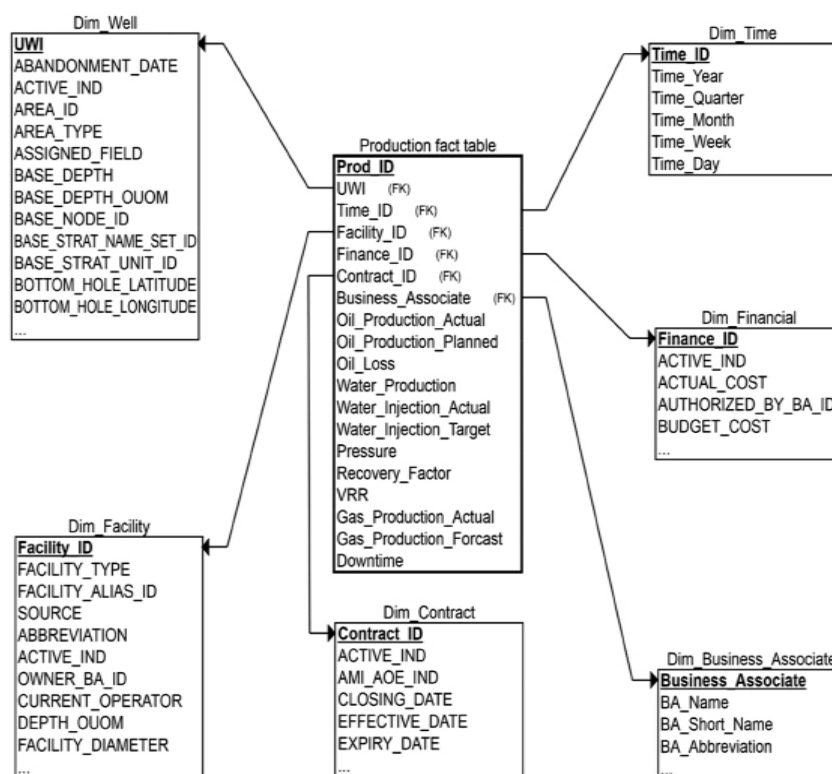
۷- فشار

۸- نسبت جایگزینی^۱

۹- ضریب بازیافت

۱۰- میزان واقعی تولید گاز

1. Voidage Replacement Ratio



شکل ۳ مدل ستاره انبار داده میدان نفتی آزادگان

«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.

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 - مدت، میان - مدت و بلند - مدت که توسط خبرگان صورت گرفت، اشاره می‌گردد: در «کوتاه‌مدت» شاخص‌های «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 - مدت حذف نمود.

در «میان‌مدت» شاخص‌های «نسبت گاز به نفت»، «میزان واقعی تولید»، «میزان تولید روزانه آب»،

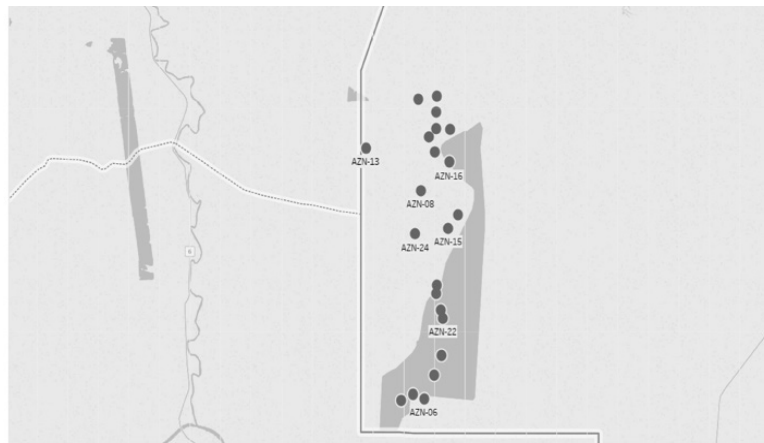
جدول ۱ لیست اولیه شاخص‌های کلیدی عملکرد میدان آزادگان

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 Salinity	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	

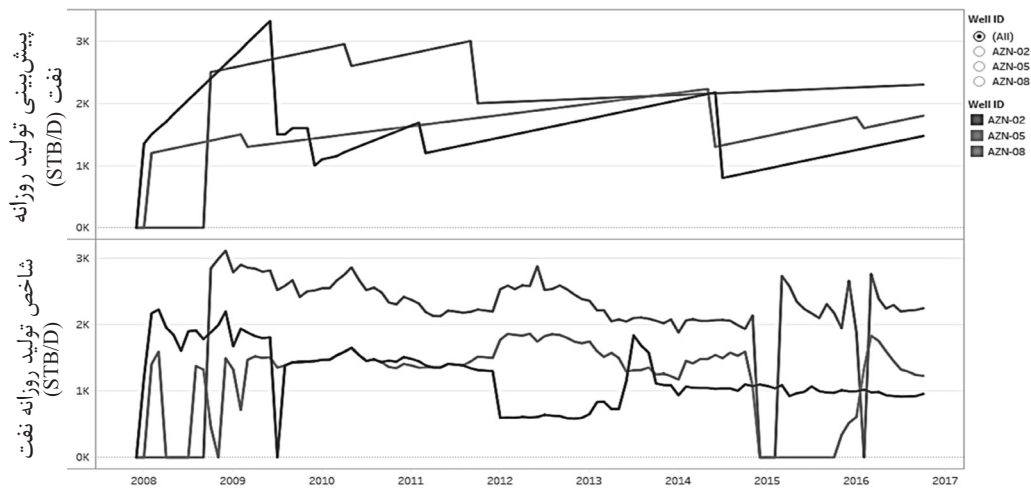
داشبورد مدیریتی میدان نفتی آزادگان

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.



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



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

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 قیده‌های 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

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 قراردادهای داده‌های مربوط به تجهیزات در هر یک از چاه‌های میدان نفتی آزادگان است. پس از این مرحله، به منظور تحقق هدف «مدیریت و بهره‌برداری کارا از داده‌های میدان»، مدل داده‌ای در ۷۰ جدول و ۲۷۰۰

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.

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^۱، 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

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]. Steinhilb 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

Conferene, Kuwait City, 2013.

[۴]. صابری م., "میدان نفتی هوشمند؛ انتخاب یا الزام"، ماهنامه علمی - 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 - 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 Escorcía., "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 Dhabi 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 Europe/ 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 field development," 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-

- 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 practices and lessons learned after 10 years of digital oilfield (DOF) implementations," SPE Kuwait Oil 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 & 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 assessment 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] میرحسینی 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.
- ف ۲۸ 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 optimization 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.



Petroleum Research

Petroleum Research 2019 (June-July), Vol. 29, No. 105, 1-4

DOI: 10.22078/pr.2018.3383.2554

Making AZADEGAN Oil Field, SMART: Data Model, Weighted KPIs and Management Dashboard

Alireza Mahanian¹, Mohammadhasan Panjeshahi^{2*}, Alireza Hasanzadeh¹, Mohamadreza Rasaei² and Shaban Elahi¹

1. Department of IT Management, Faculty of Management & Economics, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

2. Institute of Petroleum Engineering, University of Tehran, Iran

mhpanj@ut.ac.ir

DOI: 10.22078/pr.2018.3383.2554

Received: June/25/2018

Accepted: September/29/2018

INTRODUCTION

As global energy demand increases, exploration, development and production of new oil and gas resources have shifted to challenging sites, while laws (especially environmental laws, etc.) are internationally recognized. It is always difficult to find and maintain experienced staff. One of the solutions to overcome these problems is the intelligent oilfield. The intelligent oilfield is, in fact, making use of the advancements in information technology for sharing and analyzing massive data across the field in order to bring people, processes and technologies into the hands of new efficient methods. The path to achieving intelligent oilfields includes a set of steps that, if logically followed, can greatly reduce the value creation time and increase the return on investment. These steps collectively reflect a holistic approach to the field, which replaces the approach of isolated and island-like technologies.

The Islamic Republic of Iran, as one of the paramount oil producing countries, has increasingly lost its prospect of production, especially in the common oilfields with its neighbors, due to years of international sanctions against its oil industry. Therefore, it is necessary for the country to benefit from the most up-to-date industry technologies such as intelligent oilfields in order to offset the losses. The technology, which is widely used by leading oil companies and Iran's neighbors, has not been transferred to Iran by leading companies due to its high competitive advantage. Therefore, the possession of a native model for intelligent oil fields and its application in the oilfields of the country, especially in the common areas, is a critical requirement for the Iranian oil and gas industry.

In this article, we will design a smart exploitation model from the Azadegan oilfield (a common

field with Iraq) and ultimately validate it. This intelligent model will include the data model, data warehouse model, key performance indicators of the field, and the importance of each in the strategic, tactical and operational horizons, and ultimately the Azadegan oilfield's management dashboard. The field data model was designed and validated in accordance with the PPDM standard in seven subject areas. In the next step, weighed and validated and by oil and gas experts in three short-term, mid-term and long-term periods, about 40 key performance indicators for decision-making for intelligent utilization from the oilfield introduced.

Then the data warehouse model was designed and validated based on Kimball methodology. According to Azadegan field data warehouse model, based on the actual data of the mentioned field and based on the decision-making indicators, the management dashboard of the field was designed and finally, based on the designed models, the general intelligent production model from Azadegan oilfield was introduced, which could be used to exploit in other oilfields of the country.

In this way, an important step has been taken to overcome some of the theoretical gaps (lack of intelligent oilfield's data model, data warehouse model, and key performance indicators) as well as one of the vital technological shortcomings in the country's oil and gas industry and to reduce its dependence on foreign technology.

METHODOLOGY

In this research, based on the PPDM standard and according to the experts' opinion, the data sources necessary for making Azadegan smart will be determined and based on the ER method,

the data model will be designed and validated. The method of the validation is according to Hay's (2003) methodology [1]. The following steps will be taken to design the data model of the Azadegan oil field:

1. Identification of data requirements
2. Design conceptual data model
3. Design logical data model
4. Design physical data model

To identify the KPIs, the related literature has been reviewed, and to weigh the field decision-making indicators, experts weighed the abovementioned indicators in three short-term, short-term, short-term, long-run periods. To design a data warehouse model, we used the Kimball methodology in addition to the KPIs defined in the previous step by following the steps as follows:

- 1- Select the business process
- 2- Determine Grain
- 3- Determining Dimensions
4. Determining Facts

Identification of the above is based on the needs of the business, along with the facts that are obtained by consulting the field's experts. In this research, it is necessary in three positions to validate the results. First, the field's data model, the second, key indicators of field performance and the third, model of data warehouse of Azadegan oilfield. Regarding validation of the field data model, typically two approaches are used. First, the model should be reviewed by the relevant specialists in order to avoid structural defects, in other words, from the perspective of syntax. Second, the model is examined by field experts (here oil and gas specialists) to ensure that what is expressed in the model is relevant to the business needs. Regarding the validation

of KPIs for monitoring the field's performance, it has also been carried out through a questionnaire and a survey of experts' opinion. Regarding the validation of the data warehouse model, the first step is to ensure the validity of the data model, which has been carried out in the previous step. Secondly, key performance indicators included in the data warehouse model validated by industry experts [1].

The statistical population of this research was formed by thinkers, professors, experts and professionals in the upstream/downstream sectors of the oil industry, who engaged to Azadegan oilfield either through research or professional activities. In order to select the statistical society, the available community was used: academicians and professional from one of the subsectors of the Ministry of Petroleum, which is responsible for the Azadegan oilfield were invited to participate in the study. Out of these individuals, 70 people were selected by random sampling method, of which 20 were selected for pre-test and 50 others were selected for the final part of the research. Efforts were made to select the subjects based on the specialized fields related to the research topic. Of the first 20 people, 12 and of the second 50 people 25 individuals responded to the questionnaire.

In this research, the data collection tool is a library method for collecting data related to data standards in the oil industry, an interview on identifying the sources of data needed for intelligence and a questionnaire for weighing data sources of the field. The questionnaire of this research was prepared in a paper copy and sent to the research audience. In the pre-test phase, 20 questionnaires were distributed to assess the reliability of the instrument, 12 of which were

completed by the thinkers. In the next step, with a 1-month interval, 50 questionnaires were distributed, 25 of which were completed by the experts.

In order to measure the reliability of the questionnaire, 11 pre-test questionnaires were distributed among the experts, professors and thinkers in the field of oil and gas, and by using SPSS software version -22, the Cronbach's alpha coefficient was 90.9%, which deemed as a good result [2].

DISCUSSION AND RESULTS

As indicated in the research methodology section, the first step in the designing the Azadegan oilfield's data model is to determine the necessary sources of data needed to make the production of the field smart. For this purpose, the necessary data sources were determined by interviewing the relevant experts and consulting with the PPDM general model. Questionnaires were provided to the interviewees and asked them to select the data sources necessary for intelligent utilization of Azadegan oilfield. Data sources were provided based on the PPDM classification and interviewers were asked to provide their answer (yes or no) for evaluating the necessity of each of the data sources for intelligent oilfield.

According to the results of the interview, the minimum data sources required (based on what the PPDM model suggests) can be summarized as follows:

1. General data of Azadegan oilfield
2. Properties of rocks for each reservoir of Azadegan oilfield
3. Fluid data in each reservoir of Azadegan oilfield
4. Data of wells in each reservoir of Azadegan

oilfield

5. History of Production / Injection in each of Azadegan oilfield wells / reservoirs

6. Financial data and contract types in Azadegan oilfield

7. Equipment data in each well of Azadegan oil

field

Based on what we mentioned, we concluded that Azadegan's field data model has seven subject areas. Therefore, the field data model is designed based on this seven areas (Figure 1):

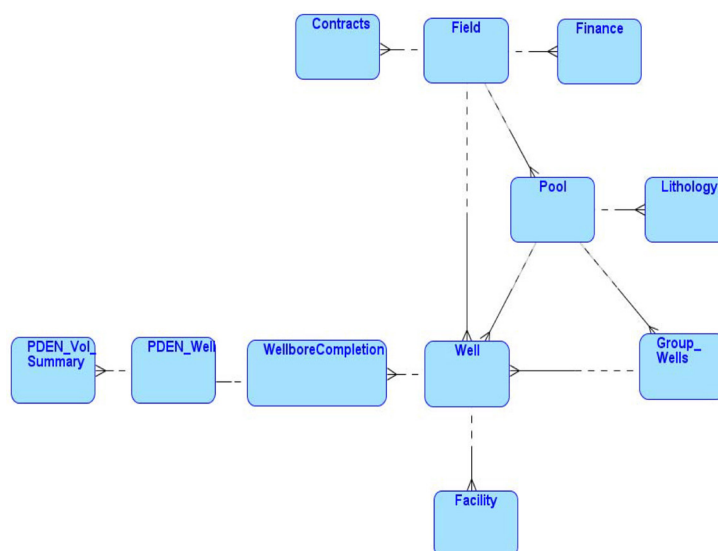


Figure 1: Azadegan's Conceptual Data Model.

In the conceptual model above, each entity covers one of the seven subject areas of interest (previously counted). In the following, the general description of each entity is discussed:

Field: The same as the "oil field" that covers the general data of Azadegan oilfield.

Pool: Data on reservoirs in the Azadegan oil field.

Well: Data on the wells in each reservoir exists in the Azadegan oilfield.

Group Wells: Provides public data for wells groups in each field.

Lithology: Data on rock properties for each reservoir of the Azadegan oilfield.

Contracts: Provides data on contracts and agreements in the Azadegan oilfield.

Financial: Financial data for Azadegan oilfield.

Facility: Provides data on equipment in each well of Azadegan oil field.

PDEN Well: Data on production / injection in each Azadegan Oil Field wells / reservoirs.

PDEN_Vol_Summary: Data on common fluids in each well of Azadegan oil field.

In the conceptual model presented, the relationships of each of the mentioned entities and cardinalities are also indicated. After the conceptual data model was designed for the Azadegan oilfield, the design of the logical model and the physical model began. The main achievement of the present project, after designing the data model, is to determine the key indicators of field's performance and determine the importance of each of which in three short-term (operational), mid-term (tactical) and long-term (strategic) periods. This would help the various levels of managers to make timely and accurate decisions. The achievement of this

goal has been carried out through the use of intelligent field technology and has provided all the pre-requisites for decision making in macro and micro levels (ie, strategic and economic areas) through the transmission of real-time information and subsequently the ability to make decisions quickly. For this purpose, by using the relevant literature, the decision indicators are taken into account and then by the survey and weighting by the experts and with the questionnaire tool, the list of final indicators and the weight of each in the short-term, mid-term and long-term decision-making.

After identifying key indicators of the field of intelligent oil field in the relevant literature [3, 4, 5], these indices were combined and, taking into account the commonality between them, the initial set of indicators, approximately 40, was prepared. In the next step, the above indicators were presented to the oil industry experts for validation. According to the expert survey, the following KPIs were removed from the list:

- 1- Water saturation map
- 2- Oil Gravity

In order to determine the importance of each

of the indicators, the indicators were provided to oil industry experts, and they were asked to determine, over time and in three intervals, short-term, medium-term and long-term, the importance of each index.

In the short term, the indicators including the type of equipment, the actual production, the amount of pressure in the well, the amount of daily production of water, and the amount of asphaltene, gained the highest weight in the decision making for the field. In the mid-term, the indicators of 1. gas to oil ratio, 2. Actual production, 3. The amount of daily production of water, 4. The amount of asphaltene and 5- The amount of pressure in the wells, gained the highest weight in the decision-making in the field.

In the long run, the indicators of 1. Gas to oil ratio, 2. Actual production, 3. Daily water production, 4. Asphaltene and 5. Recycling factor, have the highest weight in production decision making for the field. After identifying the key indicators of intelligent oilfield's performance, in the next step, we used the Kimball method to produce a conceptual model of Azadegan oilfield data warehouse (Figure 2):

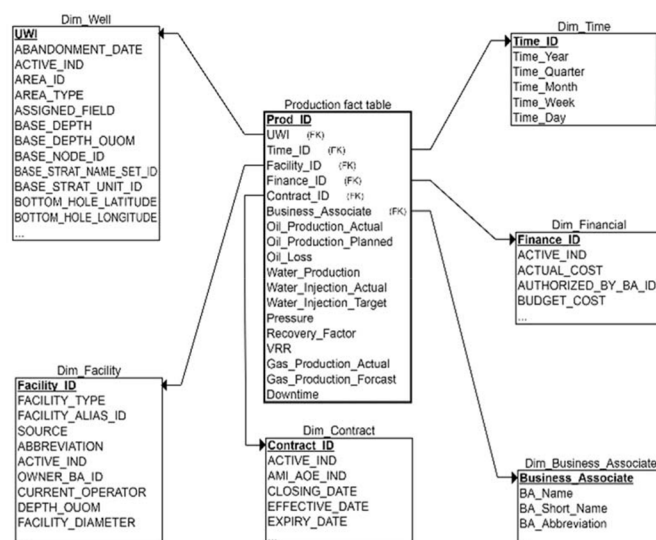


Figure 2: Azadegan Oilfield's Data Warehouse Model.

CONCLUSIONS

One of the most important factors influencing the success of oilfield's intelligence is the correct use of data generated in the field. In this paper, after identifying seven vital data sources in the field, the data model and data warehouse for the Azadegan oilfield, as a case study, were designed and validated. In the next step, about 40 key performance indicators were identified through reviewing relevant literature and expert opinion for intelligent oilfields. By doing so, oilfield managers will be able to convert traditional fields to intelligent ones efficiently and at little cost and benefit from the numerous benefits of this valuable technology.

REFERENCES

- [1]. Dickens, J., Feineman, D., & Roberts, S., "*Choices, changes and challenges: lessons for the future development of the digital oilfield*", SPE Intelligent Energy International, 27-29 March, Utrecht, The Netherlands, 2012.
- [2]. Saputelli L. A., Bravo C., Moricca G., Cramer R., Nikolaou M., Lopez C. and Mochizuki S., "*Best practices and lessons learned after 10 years of digital oilfield (DOF) implementations*", SPE Kuwait Oil and Gas Show and Conference, October 8–10, Kuwait City, Kuwait, 2013.
- [3]. Crompton J. "*The digital oil field hype curve: a current assessment of the oil and gas industry's Digital Oil Field Program*," SPE Digital Energy Conference. Woodlands, TX. 2015.
- [4]. Feineman D. R., "*Assessing the maturity of digital oilfield developments*", SPE Intelligent Energy Conference & Exhibition, April 1–3, Utrecht, The Netherlands, 2014.
- [5]. 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.