رویکردی جامع برای ارزیابی و اولویت بندی ریسک های ازدیادبرداشت : مطالعه موردی ازدیاد برداشت آب پایه در یکی از میادین نفتی جنوب غربی ایران

آزاده دباغی، شیما ابراهیم زاده رجایی، محمد پروازدوانی، شهاب گرامی[1*]

پژوهشکده ازدیاد برداشت از مخازن نفت و گاز، پژوهشگاه صنعت نفت، تهران، ایران

sgerami@gmail.com

چکیده

با توجه به ضرورت استمرار و افزایش تولید از مخازن بزرگ کشور به ویژه مخازن نفتی جنوب غربی ایران که بـه نیمـه دوم عمـر تولیـدی خـود رسـیده اند و تولید طبیعـی از آنها در معـرض کاهـش قـرار گرفتـه اسـت، ازدیاد برداشت آب پایه بعنوان یکی از طرح های ازدیاد برداشت در یکی از این میادین مورد مطالعه قرار گرفته است. با توجه به عدم قطعیت ها در شناخت، توصیف و مدلسازی مخزن، کمبود داده های دقیق/قطعی در ذات این فرآیند نهفته است و حتی در بهترین شرایط که فرآیندتصمیم گیری بنظر منطقی و بهینه است، نتایج همچنان می تواند توأم با ریسک باشد. از این رو شناسایی، ارزیابی و کنترل ریسک های ازدیاد برداشت از میدان عموما در طرح های ازدیادبرداشت مورد توجه جدی قرار میگیرند؛ لیکن در این حوزه پژوهش های اندکی با بهره مندی از ادبیات مدیریت ریسک به انجام رسیده است. هدف از این پژوهش آن است که با بهره گیری از یکی از تکنیک های مرسوم در ارزیابی ریسک با عنوان «تجزیه تحلیل حالات خطا و اثرات ناشی از آن» رویکردی جامع و روشمند برای ارزیابی ریسک های ازدیاد برداشت از میادین هیدروکربوری ارائه و نتایج بکارگیری آن در یکی از میادین نفتی جنوب غربی ایران برای ارزیابی و اولویت بندی ریسک های ازدیاد برداشت آب پایه نمایش داده شود. بدین منظور با استفاده از نظرات خبرگان (درحوزه های مختلف اعم از داده و اطلاعات، مدلسازی و شبیه سازی و طراحی، مشخصه سازی و توصیف مخزن، عملیات و اجرای طرح، پایش و بهینه سازی، توسعه مخزن)، ۳۳ عنوان ریسک بالقوه از منظر فنی (داده ها، مدل سازی و تحلیل)، عملیاتی / اجرایی، اقتصادی، سیاسی و سازمانی شناسایی شد. بر اساس طرح مطالعاتی میدان، ضمن بررسی خواص استاتیک و دینامیک مخزن و همچنین خواص و پراکندگی شکاف، سه ناحیه تحت عنوان سکتور۱(غربی) و سکتور۲(مرکزی) و سکتور ۳(شرقی) مشخص شده و ریسک های شناسایی شده بر اساس سه پارامتر «احتمال رخداد» و «شدت تاثیر» و «قابلیت تشخیص» امتیاز دهی شدند. بر این اساس و در چارچوب تکنیک مذکور ، ریسک ها اولویت بندی شده و ریسک های بحرانی/دارای اولویت در هریک از سه سکتور بطور جداگانه تعیین شد؛ «عدم کفایت تعداد داده های معتبر آزمایشگاهی در ارتباط با خواص فیزیکی و رفتار فازی سیال در رابطه با نمونه های گرفته شده»، «ضعف مدل پیش بینی رفتار فازی سیال»، «ضعف تطبیق تاریخچه شبیه سازی مدل پایه مخازن» و «ضعف تحلیل داده ها و اطلاعات حاصل از پایش عملکرد روش ازدیاد برداشت» ریسک های بحرانی در همه سکتورها شناسایی شدند. درپایان اقدامات کنترلی متناسب با ریسکهای دارای اولویت، ارائه گردید.

واژه های کلیدی: «تجزیه تحلیل حالات خطا و اثرات ناشی از آن» ، FMEA ، ارزیابی ریسک ، ازدیاد برداشت، پایه آبی

Accepted Paper

[1] * مسئول مکاتبات، نشانی الکترونیکی: Geramish@ripi.ir

مقدمه

حجم عمده ای از تولید جهانی نفت اختصاص به میادین بالغی دارد که عمدتاً در نیمه دوم عمر خود هستند و روند جهانی جایگزینی این ذخایر هیدروکربوری با اکتشافات جدید به کندی صورت می گیرد[۱]. همچنین بسیاری از میادین بزرگ کشور به ویژه مخازن نفتی جنوب غربی ایران نیز به نیمه دوم عمر تولیدی خود رسیده اند و تولید طبیعی از آنها در معرض کاهش چشمگیری قرار گرفته است[۲]. از این رو استمرار و افزایش تولید از این مخازن، نیازمند اجرای طرح های بهبود یا ازدیاد برداشت(EOR/IOR) نفت خام و گازطبیعی (از جمله روش های آب پایه) است[۳]. بطور کلی ریسک سرمایه گذاری در پروژه های ازدیاد برداشت به علت عدم قطعیت های زمین شناسی- مخزنی و هزینه زیاد پیاده سازی این پروژه ها، بالا بوده[۴] و با توجه به پیچیدگی های فنی فراوان، دارای ریسک اجرایی بالایی نیز می باشند[۵]. از این رو غربالگری فنی و اقتصادی روش های ازدیاد برداشت با توجه به ویژگی های مخزن در سطوح مختلف از تست های آزمایشگاهی تا شبیه سازی میدانی و انجام تستهای پایلوت صورت می پذیرد تا روش بهینه ازدیاد برداشت با کمترین ریسک فنی- اقتصادی برای مخزن انتخاب گردد[۶]. در این میان توجه به این نکته ضروری است که با توجه به علاقمندی ذاتی انسان (و به تبع آن سازمان) به اجتناب از ریسک، افزایش پیچیدگی های ازدیاد برداشت از میدان گاهی تصمیم گیرندگان را به «تحلیل بیش از اندازه[۲]» گرفتار می کند؛ در چنین شرایطی تصمیم گیرندگان به امید کاهش عدم قطعیت و رساندن سطح ریسک ازدیاد برداشت به صفر، به مدلسازی ها و شبیه سازی های بیشتری متوسل می شوند. این در حالیست که با توجه به عدم قطعیت ها در شناخت، توصیف و مدلسازی مخزن، کمبود داده های دقیق/قطعی در ذات این فرآیند نهفته است و حتی در بهترین شرایط که فرآیندهای تصمیم گیری بنظر منطقی و بهینه است، نتایج همچنان می تواند توأم با ریسک باشد[۷]. از این رو شناسایی، ارزیابی و کنترل ریسک های ازدیاد برداشت از میدان عموماً در طرح های ازدیادبرداشت و در ادبیات علمی و کاربردی پژوهش مورد توجه جدی قرار داشته است[۸ و ۹].

برخی از پژوهش های انجام شده در حوزه شناسایی و ارزیابی ریسک های ازدیاد برداشت، از مفاهیم رایج در ادبیات مدیریت ریسک مانند «احتمال رخداد»، «شدت تاثیر» و «ماتریس ارزیابی ریسک[۳]» بهره برده اند. بعنوان نمونه یوآن و وود به بررسی آسیب سازندی در ازدیاد برداشت نفت پرداخته اند و یکی از فصول کتاب خود را به ارزیابی ریسک در مدیریت پروژه های بهبود/ازدیاد برداشت از منظر آسیب های سازندی اختصاص داده و تحلیل خود را مبتنی بر پارامتر های «درجه احتمال بروز ریسک» و «شدت تاثیر» آن ارائه نموده اند[۱۰]. در رویکرد های نوین مدیریت ریسک، نه تنها «احتمال رخداد» و«شدت تاثیر» در اولویت بندی ریسک در نظر گرفته می شود بلکه پارامترهای دیگری نظیر اینکه کنترلها تا چه حد می توانند خطا یا علت آنرا کشف و تشخیص دهند نیز مد نظر قرار می گیرد[۱۱]؛ در این راستا، المیان و همکاران[۱۲] و پاتک و تیواری[۱۳] برای ارزیابی ریسک های کمّی و کیفی ازدیاد برداشت در شرکت نفت کویت، ریسک های ازدیاد برداشت را در نموداری بر اساس دو عامل میزان احتمال و شدت تاثیر اولویت بندی نموده و در کنار آن وضعیت هر ریسک را قبل و بعد از انجام استراتژی های کاهش ریسک دراین نمودارها تصویر نمودند. السعودی و البریکی[۱۴] به کاهش اثرات میان شکست دی اکسید کربن[۴] در پروژه های ازدیاد برداشت پرداختند و «قابلیت مدیریت کردن ریسک» را به عنوان یک پارامتر در کنار پارامترهایی مانند «درجه احتمال» و «شدت تاثیر» برای ارزیابی و تحلیل ریسک های شناسایی شده در نظر گرفتند. این در حالیست که بر اساس مرور ادبیات صورت پذیرفته، اینگونه پارامترها تاکنون بصورت روشمند در ارزیابی ریسک ازدیادبرداشت میادین در نظر گرفته نشده است.

ارزیابی ریسک رویکردی سیستماتیک و سازمان یافته به منظور شناسایی ریسک ها و رتبه بندی آنها برای تصمیم گیری بمنظور جلوگیری /کاهش خطا است. «تجزیه تحلیل حالات خطا و اثرات ناشی از آن» یکی از تکنیک های رایج و استاندارد در ارزیابی ریسک قلمداد می شود که در سیستم های مختلف مدیریتی مانند سری استاندارد ISO 9000، QS 9000 ، ISO/TS16949 بر

---

[2] Overanalysis loop
[3] Risk Evaluation Matrix
[4] CO2 breakthrough

Accepted Paper

استفاده از آن بعنوان ابزاری برای ارزیابی و پیشگیری از بروز ریسک تاکید شده است. این روش اولین بار در ارتش آمریکا در قالب استاندارد نظامی MIL-STD-1629 که در نهم نوامبر ۱۹۴۹ انتشار یافت، مورد استفاده قرار گرفت. چندی بعد این روش به عنوان ابزاری کلیدی در ارزیابی ریسک و ایمنی در صنایع شیمیایی مطرح شد. در فوریه ۱۹۹۲ استاندارد SAE-J-1739 بعنوان استاندارد مرجع FMEA در صنعت خودرو معرفی شد[۱۵]. پس از آن استاندارد های مدیریت کیفیت نظیر ISO/TS16949 و QS 9000 بر این روش بعنوان ابزار ارزیابی ریسک توجه و تاکید نمودند[۱۶]. این روش در صنایع نفت و گاز نیز به کار گرفته شده است. در کتابی با عنوان مهندسی ایمنی در صنایع نفت و گاز از این روش به عنوان یکی از روش های مطرح در ارزیابی ریسک یاد شده است[۱۷]. در پژوهش های مختلفی از این روش برای ارزیابی ریسک های جداسازی و ذخیره سازی دی اکسید کربن در لایه های زیر زمینی استفاده شده است[۱۸ و ۱۹]. ربیعی برای شناسایی عوامل موثر بر تولید آب اضافی در میادین نفتی[۲۰] از این روش استفاده نموده است. از این روش در یک پروژه اصلاح انحراف در آب عمیق در میدان فراساحلی «اسنور» در کشور نروژ، که بوسیله تزریق مواد شیمیایی (سیلیکات سدیم) باهدف افزایش بازیافت نفت انجام شد، استفاده شده است[۲۱]. در پروژه ای با هدف ارائه سیستم حفاظتی برای جلوگیری از فشار بالا ناشی از تزریق آب در سکوی «تنگ» در دریای شمال از این روش برای ارزیابی قابلیت اطمینان این سیستم استفاده شده است[۲۲]. کبیل و همکاران بمنظور ارزیابی ریسک های فنی در مدیریت آب تولیدی در میادین نفت و گاز فراساحل از این روش استفاده نمودند[۲۳]. این روش برای ارزیابی همه جانبه ی ریسک هایی که اکویفر صاحاران در جنوب الجزایر را در فعالیت های بالادستی نفت در خطر قرار میدهد نیز بکار گرفته شده است[۲۴]. در صنعت نفت و گاز کشور، نوذری و همکاران برای ارزیابی و مدیریت ریسک عملیات حفاری در میدان نفتی اهواز (با رویکرد بهداشت، ایمنی و محیط زیست) از این روش استفاده کردند[۲۵]. ارزیابی ریسک های زیست محیطی توسعه میدان اهواز نیز با استفاده از این روش بررسی شده است[۲۶]. کیقبادی و همکاران برای تحلیل ریسک های زنجیره تامین در صنعت نفت و گاز و اولویت بندی عوامل موثر بر مدیریت ریسک از این روش بهره بردند[۲۷]. اولویت بندی ریسک ها در تاسیسات پالایشگاهی نیز با استفاده از روش تجزیه و تحلیل حالات خطا و اثرات ناشی از آن به انجام رسیده است[۲۸].

با توجه به موارد فوق الذکر هدف از این مقاله آن است که با بهره گیری از روش مرسوم ارزیابی ریسک با عنوان «تجزیه تحلیل حالات خطا و اثرات ناشی از آن[5]» رویکردی جامع و الگویی مشخص برای ارزیابی ریسک های ازدیاد برداشت از میادین هیدروکربوری ارائه و نتایج بکارگیری آن در یکی از میادین نفتی جنوب غربی ایران برای ارزیابی و اولویت بندی ریسک های ازدیاد برداشت نمایش داده شود. ذکر است نوآوری این مقاله استفاده از روش مذکور در حوزه ازدیاد برداشت آب پایه می باشد که تاکنون در مخازن نفتی ایران ارائه نشده است.

روش کار

روش «تجزیه تحلیل حالات خطا و اثرات ناشی از آن» یکی از روش های ارزیابی ریسک به شمار می رود که برای شناسایی ریسک، تعیین علتها، تعریف اقدامات کنترلی و نیز اولویت بندی ریسک ها بکار گرفته می شود. این روش بر رویکرد پیشگیری از بروز خطا متمرکز است و از این رو عمدتاً برای شناسایی و تجزیه تحلیل عوامل بالقوه پیش از بروزخطا یا رخداد مشکل بکار گرفته می شود. گرچه امکان پیاده سازی «تجزیه تحلیل حالات خطا و اثرات ناشی از آن» به صورت انفرادی وجود دارد اما پیاده سازی آن بصورت گروهی، احتمال شناسایی ریسک های بالقوه را افزایش می دهد[۱۶]؛ بهمین دلیل عموماً گروهی از کارشناسان و خبرگان از حوزه/واحد های کاری مختلف که بتوانند تخصص های مختلف مرتبط با موضوع را پوشش دهند (درحوزه ازدیاد برداشت شامل: داده و اطلاعات، مدلسازی و شبیه سازی و طراحی، مشخصه سازی و توصیف مخزن، عملیات و اجرای طرح، پایش و بهینه سازی، توسعه مخزن) در تیم پژوهش قرار می گیرند. جمع آوری نظرات خبرگان با استفاده از طوفان فکری[6] در پژوهش های پیشین نیز به انجام رسیده است[۲۹-۳۱].

---

[5] FMEA-Failure Mode and Effect Analysis

[6] Brainstorming

Accepted Paper

بر اساس چارچوب روش «تجزیه تحلیل حالات خطا و اثرات ناشی از آن» [۳۲] عملکرد ها و حالات خطا شناسایی می شوند. منظور از «حالت خطا» در این روش، هرنوع نقص یا اشکال یا ریسکی در عملکرد است. منظور از عملکرد، هدف یا عملکرد اصلی سیستم/محصول/فرآیند مورد نظراست. هدف از تبیین عملکرد، آن است که بتوان متناظر با عملکردهای بیان شده، حالات خطا را در قالب نقص یا فعل منفی آن عملکرد با شفافیت بیشتری تبیین نمود. در این روش اولویت بندی ریسک ها بر اساس «عدد اولویت ریسک» صورت می پذیرد که حاصلضرب شدت تاثیر (S)، احتمال رخداد(O) و قابلیت تشخیص(D) است. منظور از قابلیت تشخیص این است که تا چه حد کنترل ها می توانند خطا یا علت آن را کشف و تشخیص دهند[۱۵]. برآورد هریک از معیارهای سه گانه فوق عمدتاً بر اساس بازه ی امتیازی ۱۰-۱ [۳۳ و ۳۴] صورت می پذیرد که در این پژوهش از جدول ۱ بعنوان مقیاس امتیازدهی استفاده شده است.

جدول ۱- مقیاس امتیازدهی

امتیاز	احتمال رخداد (O)	شدت تاثیر (S)	قابلیت تشخیص (D)
۱۰	حتمی	وخیم	قطعی
۹	تقریبا حتمی	تقریبا وخیم	تقریبا قطعی
۸	بسیارزیاد	بسیار شدید	بسیارزیاد
۷	زیاد	شدید	زیاد
۶	تاحدی زیاد	قابل توجه	تاحدی زیاد
۵	متوسط	متوسط	متوسط
۴	کم	ناچیز	کم
۳	بسیارکم	بسیار ناچیز	بسیارکم
۲	تقریبا غیر ممکن	تقریبا هیچ	تقریبا بعید
۱	غیر ممکن	هیچ	بعید

مخزن کربناته مورد مطالعه در یکی از میادین بزرگ نفتی جنوب غربی ایران، طی ۳۰ سال گذشته با مکانیزم تخلیه طبیعی در حال تولید بوده است که باعث کاهش چشم گیر فشار آن شده و مخزن را نیازمند روشی مناسب جهت کنترل روند کاهش فشار نموده است. در این راستا گزارشات زمین شناسی، شکستگی ها، خواص سنگ و سیال، مهندسی مخازن پایه، ژئوفیزیک، ژئوشیمی، تاسیسات و فرآورش، پتروفیزیک و بهره برداری مرور شده و از این رهگذر شناخت مخزن حاصل گردید. همچنین مدل استاتیک و مدل دینامیک مخزن و سوابق مخازن نفتی مشابه بررسی شد.

میدان مورد مطالعه در بخش غربالگری پیشرفته به دلیل ماهیت متفاوت توزیع شکاف و به تبع آن عملکرد متفاوت روش های ازدیادبرداشت در هر ناحیه (سکتور)،مخزن به نواحی (سکتور) سه گانه غربی، مرکزی و شرقی که به ترتیب تحت عنوان سکتور ۱،سکتور ۲ و سکتور ۳ جهت بررسی مشخص شده اند، تقسیم گردید. شاخص های تولیدی ذیل برای هر ناحیه (سکتور) مشخص شده است:

- سکتور غربی: عمده تولید از میدان را به دلیل وجود شبکه شکافی قوی به همراه دارد.
- سکتور شرقی: این سدل علی رغم توسعه شکاف نسبتا خوبی همچون ناحیه غربی، از تجمع چاه های تولیدی کمتری برخوردار است..
- سکتور مرکزی: در این بخش توسعه ضعیف تری از شکاف دیده می شود و به تبع آن خواص مخزنی ضعیف تر است. همچنین بنا بر توسعه شکاف ضعیفتر، ارتفاع ستون نفتی در این ناحیه بیشتر بوده است و نواحی آبروفته و گاز روفته پیشروی کمتری داشته اند.

در مطالعه و بررسی روش آب پایه در هر یک از سکتور ها در شبیه سازی دینامیکی مدل مخزن شاهد ۲، ۳/۷ و ۴/۸ درصد افزایش برداشت بر اثر تزریق آب در سکتور های به ترتیب غربی، مرکزی و شرقی نسبت به سناریوی تولید طبیعی می باشیم و در غربالگری اولیه روش های ازدیاد برداشت نیز، روش «تزریق آب کم شور» به عنوان یکی از سناریوهای ازدیاد برداشت در این

Accepted Paper

میدان مطرح گردید. بر اساس نتایج اولیه مخزنی مشخص می گردد که در سکتور غربی به علت توسعه شکاف قوی و جاروب بیشتر مخزن، میزان افزایش برداشت تزریق پایه آبی کمتر و همراه با ریسک احتمالی بیشتری است.

در اجرای این پژوهش تلاش شده است تا با توجه به چارچوب کلی روش «تجزیه تحلیل حالات خطا و اثرات ناشی از آن» روشی برای ارزیابی ریسک های ازدیاد برداشت با رویکردی جامع و همه جانبه ارائه (شکل ۱) و نتایج پیاده سازی آن برای ازدیادبرداشت در سناریوی تزریق آب در مطالعه موردی میدان فوق الذکر گام به گام ارائه گردد.

نتایج و بحث

با توجه به شناخت و مطالعه اولیه میدان و غربال گری پیشرفته روش های ازدیادبرداشت در هر یک از نواحی مخزنی، سناریوی تزریق آب کم شور بعنوان روش آب پایه برتر مد نظر قرار گرفت. شایان ذکر است که میزان اطلاعات و نمونه های آزمایشگاهی قابل دسترس جهت مشخصه سازی دقیق تر مخزنی و نیز اعمال روش ازدیادبرداشت پایه آبی در سکتور ۱ بیشتر بوده و پس از آن سکتور های ۳ و ۲ قرار دارند. بعنوان نمونه تعداد لاگ های ارزیابی در سکتورهای ۱و۲و۳به ترتیب به تعداد ۶۴و۳۰و۵۳ می باشند و نتایج آن در مقایسه خطای عدم قطعیت مدل زمین شناسی و اشباع آب موثرجهت سکتورها متفاوت است. همچنین در بررسی و مقایسه سطح تماس سکتورها نیز در سکتور ۲حداقل اطلاعات نسبت به دو سکتور دیگر وجود دارد. تعداد نمونه آزمایشات مشخصه سازی سیال جهت چاههای سکتورهای ۱و۲و۳به ترتیب ۹و۴و۴است که بدین ترتیب ضعف مدل پیش بینی سیال در سکتورهای ۲و۳بیشتر از سکتور ۱می باشد. البته داده های تولید هر سه سکتور در زمان انجام پژوهش کامل بوده است.

ابتدا بمنظور طرح ریزی و تدوین پروفایل ریسک، با استفاده از نظرات ۴۳ نفر ازخبرگان (از تخصص/واحدهای: مطالعات مخازن، بهره برداری، تعمیر و تکمیل چاه، عملیات حفاری، مهندسی نفت) به شناسایی ریسک های پروژه در بخش های زمین شناسی، توصیف و مشخصه سازی مخزن، توسعه، تولید، چاه ها ،تاسیسات سطح الارضی، ریسک های عملیاتی- اجرایی طرح ازدیاد برداشت، ریسک های اقتصادی تجاری و سرمایه گذاری، و ریسک های سیاسی پرداخته شد. بدین ترتیب پروفایل ریسک، شامل عناوین احصاء شده، دسته بندی آن ها و تبیین مشخصات اصلی ریسکها بشرح جدول۲ تدوین شد. در مرحله بعد مقادیر «شدت تاثیر»، «احتمال رخداد» و «قابلیت تشخیص» با استفاده از مقیاس های مندرج در جدول۱ با استفاده از نظرات خبرگان برآورد و امتیاز دهی شده و «عدد اولویت ریسک» محاسبه گردید(جدول۳) و ریسک ها با توجه به «عدد اولویت ریسک» اولویت بندی شد. بمنظور تفسیر بهتر نتایج، و با در نظر گرفتن حدود آستانه ۸۰ و ۳۴۳ برای عدد اولویت ریسک، ریسک ها در سه دسته اولویت کم (زرد)، متوسط (نارنجی) و بحرانی (قرمز) دسته بندی شدند(جدول۳). اقدامات کنترلی متناسب با هر ریسک بحرانی منتخب جهت سکتور های سه گانه میدان در جدول ۴ بیان شده است.

جدول۲- ریسکهای شناسایی شده در مخزن مورد مطالعه

ماهیت			ID	حالت خطا	علت
فنی	داده ها، مدل سازی و تحلیل	مدل استاتیک	R1	ضعف در کنترل کیفی داده ها و اطلاعات	عدم اطلاع از نحوه اجرای شیوه نامه های نمونه گیری و آزمایشگاهی، عدم استفاده از تکنیک های تحلیل پیشرفته داده، عدم جامع سازی داده
			R2	عدم قطعیت در مدل ساختمانی	برداشت و پردازش نامناسب داده‌های در دسترس و همچنین ساختار پیچیده‌ی منطقه که ناشی از سیستم فشارشی شدید است
			R3	عدم قطعیت در مدل زمین شناسی	عدم قطعیت های مرتبط با شناسایی سیستم گسل خوردگی موثر بر محیط رسوبی و اثرات آن بر مشکلات تولیدی میدان
			R4	عدم قطعیت در مدل اشباع آب	تفاوت در انتخاب مدل اشباع شدگی و پارامترهای آن در مطالعات مختلف پترفیزیکی میدان کربناته و فشرده مورد مطالعه و تاثیر بسیار زیاد آن بر روی اشباع هیدروکربوری

Accepted Paper

ماهیت			ID	حالت خطا	علت
			R5	عدم قطعیت در شناسائی توزیع شبکه شکاف	(۱)عدم قطعیت در نحوه پراکندگی و توزیع جانبی (در قطاع‌های مخزن) ویا قائم شکستگی‌ها (در زون‌های مخزن) در میدان (۲)عدم دسترسی به مدل شکستگی میدان
			R6	عدم قطعیت در تعیین پارامترهای شکاف	عدم قطعیت در پارامترهای شکاف (تراوائی، تخلخل، باز شدگی،...) در میدان
			R7	ضعف افزایش مقیاس مدل استاتیکی به مدل دینامیکی	(۱) عدم قطعیت در تطابق ساختمان گرید درشت دانه با اطلاعات سر زون بخصوص در یال جنوبی که شیب آن بسیار زیاد است. (۲)ضعف لایه بندی زون ها در برخی نواحی مخزن بر اساس مدل در دسترس (۳) عدم وجود مستندات مبنی بر روند افزایش مقیاس از مدل ریز دانه به مدل درشت دانه موجود بخصوص در بخش برخی از خواص مخزنی از جمله NTG
		مدل دینامیک	R8	عدم قطعیت در تعیین سطوح تماس سیالات مخزن	کمبود داده و اطلاعات (لایه آزمائی مکرر) مرتبط با سطوح تماس در شرایط اولیه میدان
			R9	عدم قطعیت درخصوص اطلاعات و عملکرد آبده مخازن	(۱)کمبود داده ها و اطلاعات کافی جهت ارزیابی فعالیت هیدرودینامیکی و قدرت آبده میدان بخصوص در قسمت غربی که بر اساس شواهد میدانی فعالیت آن بیشتر است. (۲) عدم ارزیابی ارتباط آبده با آبده میادین مجاور
			R10	عدم کفایت داده ها و اطلاعات معمول مغزه در گستره سطحی و عمقی مخزن	(۱) روند ساختاری متفاوت داده های معمول برخی از چاه ها با دیگر چاه های میدان. (۲)عدم تطابق داده های تعدادی از چاه ها بین گزارش مطالعه جامع تعیین مشخصات مخزنی و فایل ارسالی داده های مغزه این چاه (۳)و عدم وجود داده های آزمایش معمولی تعدادی از چاه ها
			R11	عدم کفایت داده ها و اطلاعات ویژه مغزه در گستره سطحی و عمقی مخزن	بر اساس اسناد در دسترس اطلاعات ویژه مغزه محدود به ۷ چاه می باشد. که با توجه به گستره ی میدان این تعداد کم است
			R12	ضعف دسته بندی سنگ در نواحی مختلف مخزنی از حیث شاخص معرف بودن	(۱)یکسان بودن منحنی های تراوایی نسبی آشام و تخلیه، (۲) یکسان بودن منحنی آشام و تخلیه فشار مویینگی، (۳) عدم همخوانی مناسب داده های آنالیز ویژه مغزه با منحنی های متناظر در شبیه ساز میدانی در هر گروه سنگی(۴) نامشخص بودن فرایند ساخت نقشه سه بعدی توزیع گروه سنگی بین نتایج پتروفیزیکی و شبیه سازی میدانی
			R13	عدم کفایت تعداد داده های معتبر آزمایشگاهی در ارتباط با خواص فیزیکی و رفتار فازی سیال در	(۱)کمبود نمونه های معرف گازی با توجه به حجم بزرگ کلاهک گازی و ترکیب گاز میعانی آن (۲) محدود بودن نمونه های موجود به کلاهک گازی آسماری (۳) عدم کفایت تعداد نمونه ها جهت ارزیابی گرادیان عمقی،(۴) کمبود اطلاعات مرتبط با مساعد سازی چاه پیش از نمونه گیری نفت و گاز

Accepted Pap

ماهیت			ζ	حالت خطا	علت
				رابطه با نمونه های گرفتهشده	
			R14	ضعف مدل پیش بینی رفتار فازی سیال	مدل سیال کنونی صرفا ترکیب نفت مخزن را مورد توجه قرار داده و تغییرات ترکیب گاز کلاهک با مدل موجود قابل پیش بینی نیست. علاوه بر این مدل ارایه شده بر مبنای این ترکیب قابلیت تطبیق خوبی با نتایج آزمایشگاهی سایر نمونه های معتبر را ندارد.
			R15	ضعف مدل پیش بینی رسوب آسفالتین	عدم انجام مدلسازی آسفالتین
			R16	نواقص و کمبود داده های عملکرد میدانی و تاریخچه تولید چاهها و مخازن	عدم وجود داده های مشاهده ای تولید آب جهت استفاده در تطبیق تاریخچه چاههای ذیربط
			R17	عدم انطباق شبیه سازی مدل پایه با مکانیزم های غلب تولید درون مخزن	(۱) محدودیت های زمان در اجرای شبیه سازی فیزیک واقعی مخزن در مقیاس میدانی، (۲) کمبود داده برای توصیف مکانیزم های موثر، (۲) ضعف مدل سازی در تطبیق مدل مسئله با فیزیک مسئله
			R18	ضعف تطبیق تاریخچه شبیه سازی مدل پایه مخازن	(۱)عدم وجود داده های مشخصه سازی شکاف در مدل تخلخل دوگانه جهت اعتبار سنجی خواص شکاف (۲) عدم وجود گزارش نهائی مستند در تعریف سکتورهای مخزنی ناحیه ای مدل یکپارچه آسماری و بنگستان، (۳) عدم وجود گزارش مخزن پایه جهت اعتبارسنجی خواص مدل سفره آبی تعریف شده،
		مدلسازی و تحلیل داده های روش ازدیاد برداشت	R19	انتخاب نامناسب مکان پایلوت و الگوی چاههای تزریقی ازدیاد برداشت	(۱)عدم قطعیت های ناشی از ماهیت مخازن، (۲) عدم اعتبار مکان پایلوت از حیث معرف بودن بخش قابل توجه مخزن، (۳) عدم اجرای یک مطالعه نظام مند در انتخاب محل و طراحی پایلوت
			R20	طراحی نامناسب سیستم چاهها و تاسیسات سطحی پایلوت ازدیاد برداشت	عدم قطعیت های ناشی از ضعف مدل رفتار فازی بواسطه کمبود داده های PVT در شرایط سطحی، عدم قطعیت های ناشی از مدلسازی نامناسب چاه و اثرات آن در تعیین فشار سرچاهی، عدم انعطاف پذیری لازم در تعیین اندازه ظروف و تجهیزات فرآورشی بواسطه ماهیت متغییر و تا حدی غیر قابل پیشبینی پارامترهای عملکرد مخزن در پایلوت
			R21	عدم پایش پارامترهای کنترلی سطحی و مخزنی جهت ارزیابی عملکرد روش ازدیاد برداشت	طراحی سیستم کنترل و پایش تاسیسات پایلوت بدون توجه به تکنیکهای تحلیلی و تفسیری داده ها ی عملکرد پایلوت در جهت ارزیابی نتایج

Accepted Pan

ماهیت			ʓ	حالت خطا	علت
عملیاتی/ اجرائی - طرح ازدیادبرداشت			R22	ضعف تحلیل داده ها و اطلاعات حاصل از پایش عملکرد روش ازدیاد برداشت	(۱) عدم توسعه یا استفاده از مدل مناسب (متناظر با فیزیک مسئله) در تحلیل و تفسیر داده ها (۲) عدم قطعیت های ناشی از داده های نامعتبر
			R23	ضعف مدیریت تضمین جریان با نگاه به مشکلات آسفالتین	(۱)عدم اجرای تمیزکاری چاههای تولیدی با حلال و افزایه های مناسب قبل از انجام تست پایلوت. ۲) عدم برنامه ریزی مناسب جهت اجرای راهکارهای پیشگیرانه در راستای کاهش اثرات آسفالتین بر عملکرد تجهیزات فرآورشی و کنترل و پایش و گاز
			R24	مدیریت نامناسب خوردگی	عدم اجرای شیوه نامه های کنترل خوردگی طرح و عدم انجام بازرسی بموقع
			R25	کیفیت نامناسب سیال تزریقی تولیدشده	پیچیدگی تکنولوژی فرآیند تولید و ساخت سیال
			R26	مشکلات تامین و دسترسی به سیال تزریقی	ضعف تامین مواد اولیه مورد نیاز ، بعد مسافت و انتقال ناپیوسته (با استفاده از تانکر بجای خط لوله برای سیال تزریقی)، مشکلات مرتبط با تعدد قطعی برق (بخصوص در فصل تابستان) (در شرایطی که گاز هیدروکربوری سیال تزریقی است) و مشکلات مرتبط با سفارش و تامین افزایه های تجاری تولید خارج از کشور
			R27	ضعف پیاده سازی HSE	عدم اجرای شیوه نامه های HSE طرح
			R28	مشکلات راه اندازی و عدم دسترسی به فناوری در مقیاس عملیاتی (بلوغ فناوری)	پایین بودن سطح آمادگی فناوری
اقتصادی			R29	کاهش قیمت نفت	کاهش تقاضای کشورهای مصرف کننده نفت بواسطه استفاده هرچه بیشتر از خودروهای الکتریکی و اجرای پروتکل های زیست محیطی در سالهای آتی
			R30	افزایش تورم و اثرات آن در افزایش هزینه کالاو مواد	شرایط نامساعد اقتصادی
			R31	عدم تامین بودجه اجرای طرح با توجه به طولانی بودن دست آوردهای طرح	محدودیت بودجه و عدم اولویت طرح
سیاسی و سازمانی			R32	عدم تامین تجهیزات لازم	عدم دسترسی و یا عدم افکان خریداری تجهیزات ناشی از محدودیت های بین المللی
			R33	تغییرات قوانین بالادستی در زمینه	واگذاری توسعه میادین به بخش خصوصی و عدم جذابیت سرمایه گذاری بلند مدت در طرحهای ازدیاد برداشت

Accepted Pa

ماهیت	ع	حالت خطا	علت
		نحوه توسعه میادین در اختیار شرکت ملی نفت ایران	

جدول ۳- نتایج برآورد شدت تاثیر، احتمال رخداد و درجه تشخیص و اولویت بندی ریسک های ازدیاد برداشت آب پایه در میدان مورد مطالعه

کد ریسک	سکتور۱				سکتور۲				سکتور۳				اولویت بندی ریسک		
	احتمال رخداد (O)	شدت تاثیر (S)	قابلیت تشخیص (D)	عدد اولویت ریسک	احتمال رخداد (O)	شدت تاثیر (S)	قابلیت تشخیص (D)	عدد اولویت ریسک	احتمال رخداد (O)	شدت تاثیر (S)	قابلیت تشخیص (D)	عدد اولویت ریسک	سکتور ۱	سکتور ۲	سکتور ۳
R1	۷	۵	۹	۳۱۵	۹	۵	۹	۴۰۵	۸	۵	۹	۳۶۰	۷	۶	۵
R2	۷	۷	۷	۳۴۳	۷	۷	۷	۳۴۳	۷	۷	۷	۳۴۳	۵	۸	۷
R3	۷	۴	۹	۲۵۲	۹	۴	۹	۳۲۴	۸	۴	۹	۲۸۸	۱۲	۱۱	۱۱
R4	۷	۵	۹	۳۱۵	۹	۵	۹	۴۰۵	۸	۵	۹	۳۶۰	۷	۶	۵
R5	۸	۵	۶	۲۴۰	۸	۵	۶	۲۴۰	۸	۵	۶	۲۴۰	۱۴	۱۶	۱۶
R6	۸	۵	۶	۲۴۰	۸	۵	۶	۲۴۰	۸	۵	۶	۲۴۰	۱۴	۱۶	۱۶
R7	۶	۵	۸	۲۴۰	۶	۵	۸	۲۴۰	۶	۵	۸	۲۴۰	۱۴	۱۶	۱۶
R8	۶	۶	۷	۲۵۲	۷	۶	۸	۳۳۶	۶	۶	۷	۲۵۲	۱۲	۱۰	۱۵
R9	۷	۵	۶	۲۱۰	۷	۵	۶	۲۱۰	۷	۵	۶	۲۱۰	۲۱	۲۳	۲۳
R10	۶	۸	۴	۱۹۲	۸	۵	۸	۳۲۰	۷	۸	۴	۲۲۴	۲۳	۱۲	۲۱
R11	۷	۸	۴	۲۲۴	۹	۸	۸	۵۷۶	۸	۸	۵	۳۲۰	۱۹	۱	۹
R12	۶	۸	۴	۱۹۲	۸	۵	۶	۲۴۰	۷	۸	۵	۲۸۰	۲۳	۱۶	۱۲
R13	۷	۸	۷	۳۹۲	۹	۷	۹	۵۶۷	۹	۷	۹	۵۶۷	۴	۲	۱
R14	۹	۹	۷	۵۶۷	۹	۹	۷	۵۶۷	۹	۹	۷	۵۶۷	۱	۲	۱
R15	۸	۳	۶	۱۴۴	۸	۳	۶	۱۴۴	۸	۳	۶	۱۴۴	۲۷	۲۷	۲۷
R16	۶	۴	۸	۱۹۲	۶	۴	۸	۱۹۲	۶	۴	۸	۱۹۲	۲۳	۲۵	۲۵
R17	۶	۳	۴	۷۲	۶	۳	۴	۷۲	۶	۳	۴	۷۲	۳۲	۳۲	۳۲
R18	۸	۸	۷	۴۴۸	۸	۸	۷	۴۴۸	۸	۸	۷	۴۴۸	۳	۵	۴
R19	۶	۵	۸	۲۴۰	۶	۵	۸	۲۴۰	۶	۵	۸	۲۴۰	۱۴	۱۶	۱۶
R20	۳	۵	۸	۱۲۰	۳	۵	۸	۱۲۰	۳	۵	۸	۱۲۰	۲۹	۲۹	۲۹
R21	۵	۵	۸	۲۰۰	۵	۵	۸	۲۰۰	۵	۵	۸	۲۰۰	۲۲	۲۴	۲۴
R22	۹	۹	۶	۴۸۶	۹	۹	۶	۴۸۶	۹	۹	۶	۴۸۶	۲	۴	۳
R23	۶	۵	۸	۲۴۰	۶	۵	۸	۲۴۰	۶	۵	۸	۲۴۰	۱۴	۱۶	۱۶
R24	۳	۴	۷	۸۴	۳	۴	۷	۸۴	۳	۴	۷	۸۴	۳۱	۳۱	۳۱
R25	۸	۴	۸	۲۵۶	۸	۴	۸	۲۵۶	۸	۴	۸	۲۵۶	۱۰	۱۴	۱۳
R26	۴	۴	۴	۶۴	۴	۴	۴	۶۴	۴	۴	۴	۶۴	۳۳	۳۳	۳۳
R27	۴	۵	۷	۱۴۰	۴	۵	۷	۱۴۰	۴	۵	۷	۱۴۰	۲۸	۲۸	۲۸
R28	۷	۷	۷	۳۴۳	۷	۷	۷	۳۴۳	۷	۷	۷	۳۴۳	۵	۸	۷
R29	۶	۸	۲	۹۶	۶	۸	۲	۹۶	۶	۸	۲	۹۶	۳۰	۳۰	۳۰

Accepted Paper

R30	۸	۸	۴	۲۵۶	۸	۸	۴	۲۵۶	۸	۸	۴	۲۵۶	۸	۸	۱۰	۱۴	۱۳
R31	۶	۱۰	۵	۳۰۰	۶	۱۰	۵	۳۰۰	۶	۱۰	۵	۳۰۰	۵	۱۰	۹	۱۳	۱۰
R32	۸	۹	۳	۲۱۶	۸	۹	۳	۲۱۶	۸	۹	۳	۲۱۶	۳	۹	۲۰	۲۲	۲۲
R33	۵	۸	۴	۱۶۰	۵	۸	۴	۱۶۰	۵	۸	۴	۱۶۰	۴	۸	۲۶	۲۶	۲۶

جدول ۴- اقدامات کنترلی ریسک های بحرانی ازدیاد برداشت در میدان مورد مطالعه

ریسک	اقدام کنترلی
ضعف در کنترل کیفی داده ها و اطلاعات	اجرای مدیریت داده در همه بخشها بر اساس بانک داده در نرم افزارهایی مانند OFM
عدم قطعیت در مدل اشباع آب	مطالعه جامع برای انتخاب مدل اشباع شدگی مناسب و انتخاب دقیقتر پارامترهای مدل براساس آخرین داده ها، اطلاعات و تحقیقات منتشر شده
عدم کفایت داده ها و اطلاعات ویژه مغزه در گستره سطحی و عمقی مخزن	برنامه ریزی برای انجام آزمایشات ویژه بر روی تعداد بیشتری مغزه و همچنین مغزه گیری جدیدبا هدف تکمیل اطلاعات ویژه سنگ
عدم کفایت تعداد داده های معتبر آزمایشگاهی در ارتباط با خواص فیزیکی و رفتار فازی سیال	رصد تغییرات ترکیب گاز و نفت با نمونه گیری مخزنی جهت استفاده در مدلهای تفسیری
ضعف مدل پیش بینی رفتار فازی سیال	بازنگری در مطالعات خواص سیال و نمونه گیری و انجام آزمایشات جدید با توجه جدی به گرادیان خواص سیال
ضعف تطبیق تاریخچه شبیه سازی مدل پایه مخازن	رفع نقص کمبود داده های مشخصه سازی مخزن و مطالعه مجدد تطابق تاریخچه
ضعف تحلیل داده ها و اطلاعات حاصل از پایش عملکرد روش ازدیاد برداشت	• استفاده هر چه بیشتر از داده های چاه های مشاهده ای آب و گاز جهت رصد تغییرات سطوح تماس • تحصیل داده های بیشتر چاه نگاری چاه های تولیدی مناطق تحت تاثیر ازدیادبرداشت در طی زمان برای پایش دقیق تر عملکرد روش ازدیادبرداشت پایه آبی • تحصیل داده های بیشتر چاه آزمایی برای رصد تغییرات خواص پتروفیزیکی ستون نفتی در نواحی اطراف چاه و میزان آسیب سازندی احتمالی ناشی از اجرای فرایند های ازدیادبرداشت پایه آبی • توسعه مدل های ارزیابی داده های پایلوت بر اساس فیزیک مسئله قبل و بعد از انجام عملیات پایلوت ازدیادبرداشت پایه آبی

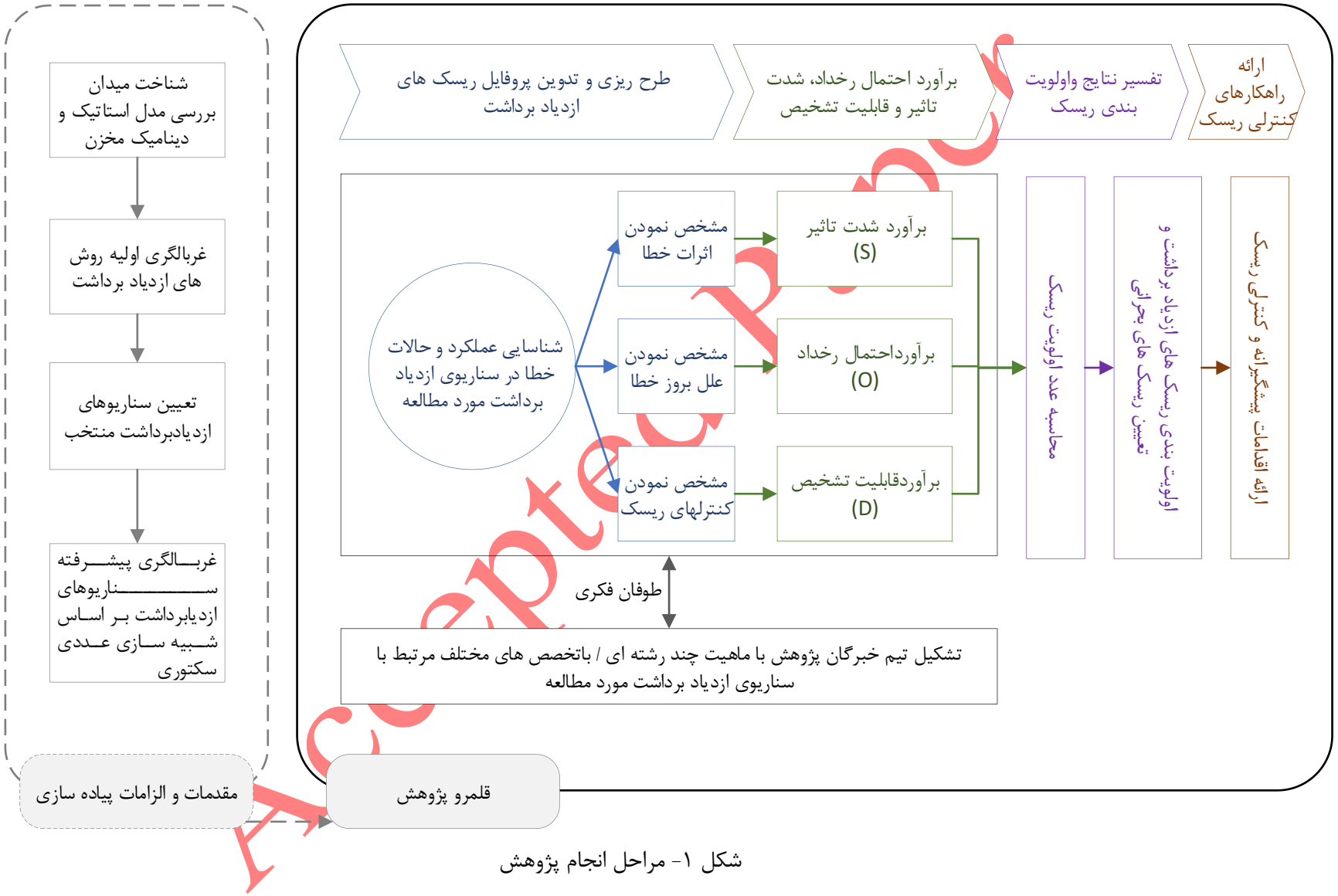
نتیجه گیری

با توجه به اهمیت ارزیابی ریسک های ازدیاد برداشت، هدف از پژوهش، این بوده است که با رویکردی همه جانبه امکان تحلیل ریسک های بالقوه از منظر فنی (داده ها، مدل سازی و تحلیل)، عملیاتی / اجرایی، اقتصادی، سیاسی و سازمانی را فراهم آورد. از این رو با بهره مندی از چارچوب کلی یکی از روش های مطرح در ارزیابی ریسک بنام «تجزیه تحلیل حالات خطا و اثرات آن»، گام به گام ارزیابی ریسک های ازدیاد برداشت در سناریوی تزریق آب کم شور در یکی از میادین نفتی جنوب غربی ایران انجام شده است. نتایج بکارگیری این روش، ضمن شناسایی و دسته بندی ریسک ها، آن ها را اولویت بندی و ریسک های بحرانی در هر سکتور را مشخص نموده است؛ بر این اساس اقدامات کنترلی/پیشگیرانه برای جلوگیری از رخداد ریسک های بحرانی و یا کاهش اثرات آن در نظر گرفته شده است. شایان ذکر است که تمامی یافته ها و نتایج ارائه شده در این پژوهش مبتنی بر نظرات خبرگان و برآمده از دانش کسب شده ناشی از انجام مطالعات میدان تا زمان انجام پژوهش بوده است؛ با این وجود ماهیت ارزیابی

Accepted Paper

ریسک و نیز ذات این روش پویاست[۱۵] ؛ بدین مفهوم که تحلیل های ارائه شده در گذر زمان و به موازات ارتقای دانش کسب شده از میدان قابل روزآمدسازی خواهد بود.

Accepted Paper



شکل ۱- مراحل انجام پژوهش

Accepted paper

مراجع

[۱] مهیاری، ش. و صنیعی، م. (۱۳۹۳) آنالیز غربالگری روش‌های مختلف ازدیاد برداشت نفت با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی برای تعدادی از مخازن جنوب‌غرب ایران. ماهنامه علمی اکتشاف و تولید نفت و گاز، (۱۱۵), ۶۲-۶۵.

[۲] مرادی، م. (۱۳۹۶) بررسی وضعیت افزایش ضریب بازیافت و ازدیاد برداشت در میادین نفتی ایران. ماهنامه علمی اکتشاف و تولید نفت و گاز، (۱۴۵), ۲۸-۳۵.

[۳] حاجی‌زاده، ع. (۱۳۹۲). آسیب‌شناسی اجرای روش‌های ازدیاد برداشت در ایران. ماهنامه علمی اکتشاف و تولید نفت و گاز، (۹۹), ۱۰-۱۳.

[۴] مطهری م.، رفیع زاده م.، پیشوایی م.ر. و احمدی م. (۱۴۰۰) انتخاب مکان پیاده سازی پایلوت ازدیاد برداشت در توسعه میادین هیدروکربنی بالغ با استفاده از تلفیق روشهای تاپسیس و خوشه بندی هیبریدی، پژوهش نفت، شماره ۱۱۸، مرداد و شهریور، صفحات ۳-۱۶ .

[5] Khojastehmehr, M., Madani, M., & Daryasafar, A. (2019). Screening of enhanced oil recovery techniques for Iranian oil reservoirs using TOPSIS algorithm. Energy Reports, 5, 529-544.

[6] Siena, M., Guadagnini, A., Rossa, E. D., Lamberti, A., Masserano, F., & Rotondi, M. (2016). A novel enhanced-oil-recovery screening approach based on Bayesian clustering and principal-component analysis. SPE Reservoir Evaluation & Engineering, 19(03), 382-390.

[7] Alvarado, V., & Manrique, E. (2010). Enhanced oil recovery: field planning and development strategies. Elsevier: Gulf Professional Publishing.

[8] Talabi, O., Didanloo, A., Harun, M. F., & Traboulay, I. (2019, April). An Integrated Operations Framework for Enhanced Oil Recovery EOR Management. In SPE Oil and Gas India Conference and Exhibition (p. D022S034R001). SPE. doi: https://doi.org/10.2118/194663-MS

[9]Tiwari, S., Abdullah, M., Al-Dhuwaihi, A., & Al-Ajmi, M. (2017, October). De-risking chemical EOR pilot in a giant carbonate reservoir of Kuwait during pre-pilot phase. In SPE Kuwait Oil & Gas Show and Conference. OnePetro. Doi: https://doi.org/10.2118/187566-MS

[10] Yuan, B., & Wood, D. A. (Eds.). (2018). Formation damage during improved oil recovery: Fundamentals and applications. Gulf Professional Publishing.

[11] Watson, C. C. (2011, August). Risk assessment using the three dimensions of probability (likelihood), severity, and level of control. In 29th International Systems Safety Conference (No. M11-0220).

[12] Al-Mayan, H., Winkler, M., Kamal, D., AlMahrooqi, S., & AlMaraghi, E. (2016, March). Integrated EOR Screening of Major Kuwait Oil Fields Using Qualitative, Quantitative and Risk Screening Criteria. In SPE EOR Conference at Oil and Gas West Asia (p. D011S002R003). SPE. Doi: https://doi.org/10.2118/179751-MS

[13] Pathak, A., Tiwari, S., & Al-Ajmai, M. (2018, March). EOR-The Business Unusual: North Kuwait's First ASP Pilot in a Carbonate Reservoir. In SPE EOR Conference at Oil and Gas West Asia (p. D011S005R001). SPE. https://doi.org/10.2118/190354-MS

[14] AlSuwaidi, M. H., & AlBreiki, N. A. (2016, November). Mitigating the Impact of CO2 Breakthrough within EOR Projects on the Surface Facilities Integrity. In Abu Dhabi International Petroleum Exhibition & Conference. OnePetro. Doi: https://doi.org/10.2118/182895-MS

[۱۵] یوسف زادگان،م.ص.، آشتیانی ا.م.، پیش بین ا. و علی اکبری رسا ص. (۱۳۹۲) مدیریت ریسک و تکنیک های شناسایی مخاطرات و ارزیابی ریسک ، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد

[۱۶] رضایی ک.، سیدی م.، نوری ب. (۱۳۸۴) تجزیه و تحلیل حالات خطا و اثرات ناشی از آن، انتشارات آتنا

[17] Sotoodeh, K. (2023). Safety Engineering in the Oil and Gas Industry. Taylor and Francis Group, CRC Press.

[18] Sethi, A., & Chutima, P. (2022). The application of FMEA to study the critical barriers to deploying carbon capture and storage in a Thai petroleum refinery. International Journal of Oil, Gas and Coal Technology, 31(2), 137-165.

[19] Li, B., Guo, B., Li, H., Feng, Y., & Lee, J. (2015). Leak risk assessment for plugged wells in carbon sequestration projects. Journal of Sustainable Energy Engineering, 3(1), 44-65.

[20] Rabiei, M. (2011). Excess water production diagnosis in oil fields using ensemble classifiers (Doctoral dissertation, Curtin University).

[21] Skrettingland, K., Ulland, E. N., Ravndal, O., Tangen, M., Kristoffersen, J. B., Stenerud, V. R., ... & Stavland, A. (2016, April). Snorre in-depth water diversion-new operational concept for large scale chemical injection from a shuttle tanker. In SPE Improved Oil Recovery Conference. OnePetro.

[22] Wang, J., Lili, W., Yonghao, L., & Yueping, Z. (2008, November). The Application of High Integrity Protection Systems to Prevent Topside Overpressure which Caused by Water Injection. In Abu Dhabi International Petroleum Exhibition and Conference (pp. SPE-117810). SPE.

[23] Kabyl, A., Yang, M., Abbassi, R., & Li, S. (2020). A risk-based approach to produced water management in offshore oil and gas operations. Process safety and Environmental protection, 139, 341-361.
[24] Okba, D. (2005, November). Saharan Aquifers Protection in Oil and Gas Upstream Activities in Algeria: A Sustainable-Development Challenge. In International Petroleum Technology Conference (pp. IPTC-10775). IPTC.
[۲۵] نوذری ا.،یوسفی ح.، جعفرزاده ن. (۱۳۹۱) ارزیابی و مدیریت ریسک خفاری به روش FMEA مطالعه موردی میدان اهواز، اولین همایش ملی حفاظت و برنامه ریزی محیط زیست، اسفندماه
[26] Cheraghi, M., Karbassi, A., Monavari, S. M., & Baghvand, A. (2018). Environmental risk management associated with the development one of oil fields in southwestern Iran using AHP and FMEA methods. Anthropogenic Pollution, 2(2), 41-54.
[27] Keyghobadi, A. R., Ebadi, A., Yeganegi, M. R., & Motadel, M. R. (2020). The Analysis of Sustainable Supply Chain Risks Based on the FMEA Method in the Oil and Gas industry and Factors Affecting Risk Management. Petroleum Business Review, 4(1), 95-116.
[28] Feili, H.R., Amanipour, H., Gharehgozli, H.R. (2012). UTILIZATION OF FMEA TECHNIQUE IN REFINERY FACILITIES: AN ILLUSTRATIVE EXAMPLE OF PRIORITIZING HIGH-RISK MALFUNCTIONS IN REFINERY TOWERS, the First International Conference of Oil, Gas Petrochemical and Power plant, Tehran.
[29] Mikulak RJ, McDermott R, Beauregard M (2009) The basics of FMEA. CRC Press.
[30] Carlson C (2012) Effective FMEAs: Achieving safe, reliable, and economical products and processes using failure mode and effects analysis (Vol. 1). John Wiley & Sons.
[31] Liu HC (2019) Improved FMEA methods for proactive healthcare risk analysis. Springer Singapore.
[۳۲] دبیری غ.، غدیری ثانی م.، ودایع خیری ح. (۱۳۹۲) آنالیز حالات بالقوه خرابی و آثار آن(FMEA)مفاهیم و روش پیاده سازی، تهران:مرکز آموزش و تحقیقات صنعتی ایران، چاپ چهارم.
[33] Stagliano A.A. ۲۰۰۴. Six Sigma Advanced Tools Pocket Guide. McGraw-Hill, New York
[۳۴] نامداری م.، رفیعی ش. و جعفری ع. (۱۳۹۰). استفاده از روش تحلیل حالات بالقوه شکست و اثرات آن (FMEA) به منظور انجام شخم مطلوب با گاوآهن برگردان دار. ماشین های کشاورزی, ۱(۱).

A Comprehensive Approach to Assessing and Prioritizing EOR Risks: A Case Study of Water EOR in a Southwest Oil Field of Iran

Accepted Paper