

بسمه تعالی

آینده بیمه‌نامه OEE/EED در پوشش دادن به چاه‌های نفت و گاز هوشمند

حمیدرضا علی محمدی^۱، عباس آقابرای^۲، حامد علی محمدی^۳، اردوان آستانه‌ای^۴، علیرضا علی محمدی^۵

۱. عضو انجمن حرفه‌ای صنعت بیمه و کارشناس ارزیابی خسارت بیمه‌های مهندسی و انرژی

۲. سرپرست معاونت فنی شرکت بیمه تجارت‌نو

۳. مدیر ارزیابی خسارت بیمه‌های مهندسی و انرژی شرکت چتر آسایش امین

۴. کارشناس شرکت ارزیابی خسارت چتر آسایش امین

۵. کارشناس شرکت ارزیابی خسارت چتر آسایش امین

چکیده

هدف از ارائه این مقاله، مروری بر بیمه‌نامه OEE/EED با توجه به به‌کارگیری فناوری هوشمند سازی چاه‌های نفت و گاز و در حالتی گسترده‌تر، میدان‌های نفت و گاز هوشمند از ابتدای حفاری تا مدت زمان طول عمر آن‌ها می‌باشد. بیمه‌نامه OEE/EED در زمینه‌ی پوشش دادن به فوران چاه‌های نفت و گاز در زمان حفاری، تعمیرات و بهره‌برداری مورد استفاده قرار می‌گیرد. در دهه ۱۹۴۰ بیمه گران لویدز اولین بیمه‌نامه هزینه‌های اضافی عملیات OEE را برای پوشش دادن به هزینه‌های چاه پس از فوران ارائه دادند. در سال ۱۹۸۵ اولین نگارش بیمه‌نامه اکتشاف و توسعه انرژی EED منتشر شد و در ماه آگوست ۱۹۸۶ مورد تجدید نظر قرار گرفت و ایرادهای بیمه‌نامه‌ی قبلی را برطرف نمود. در آینده بیمه EED با توجه به فناوری هوشمندسازی چاه‌های نفت و گاز نه تنها اشکالات بیمه‌نامه‌ی فعلی را برطرف خواهد نمود، بلکه باعث تمایل شرکت‌های نفتی به واگذاری ریسک میادین نفت و گاز هوشمند خود به بیمه‌گران خواهد شد.

فناوری هوشمندسازی با تمرکز بر سطوح مختلف پایش چاه‌های نفت و گاز تلاش دارد تا مدیریت برداشت از میدان‌های نفت و گاز را به‌صورت پیوسته بهبود ببخشد و رسیدن به اهداف را در سناریوهای مختلف تولید از میادین هیدروکربوری محقق سازد. این فناوری از ۲۵ سال قبل در بیش از نود درصد شرکت‌های نفتی دنیا به کار گرفته شده است. بیمه‌نامه EED در زمینه‌ی بهره‌برداری از چاه‌های نفت و گاز می‌تواند در صورت هوشمند سازی چاه‌های نفت و گاز یک میدان نفتی، پوشش‌های کنترل چاه، حفاری مجدد و آلودگی محیط‌زیست را در طی عمر میدان هوشمند در زمان وقوع فوران ارائه

دهد. در چاه‌های نفت و گاز هوشمند اطلاعات حاصل از حسگرهای نصب شده در درون چاه سبب نظارت دقیق و تفسیر شرایط عملیاتی شده و براساس داده‌های جمع‌آوری شده، اعمال تصمیم به موقع با نصب عملگرهای کنترلی و شیرهای کنترل هوشمند سبب رفتار مناسب در برابر فوران چاه در طی مدت عمر آن خواهد شد. بنابراین هوشمندسازی چاه‌های نفت و گاز برای بیمه‌گران مطلوب می‌باشد و احتمالاً سبب ارائه‌ی پوشش‌های گسترده‌ای به میادین نفت و گاز در آینده خواهد بود. در این تحقیق سعی شده است که آینده بیمه‌نامه‌های OEE/EED برای پوشش دادن به فوران چاه‌های نفت و گاز هوشمند براساس سناریوهای خطر که منجر به وقوع پدیده مزبور در زمان حفاری، بهره‌برداری و تعمیرات می‌شوند با کمک یکی از روش‌های پیشرفته ارزیابی ریسک و درواقع تجزیه و تحلیل حالت خسارت بحرانی و اثرات آن (FMECA) مورد بررسی قرارگیرد.

واژگان کلیدی: هوشمندسازی چاه‌های نفت و گاز، بیمه‌نامه توسعه و اکتشاف انرژی EED، بیمه‌نامه هزینه‌های اضافی عملیات OEE، تجزیه و تحلیل حالت شکست بحرانی و اثرات آن FMECA

۱- مقدمه

فوران چاه‌های نفت و گاز پیشامدی مهم ولی درعین حال ناخوشایند در عملیات حفاری و بهره‌برداری به‌شمار می‌رود. (Aven, 2003) فوران چاه‌های نفت و گاز به طور قطع پرهزینه‌ترین و فجیع‌ترین خطر در عملیات حفاری و تولید نفت خام، گاز طبیعی و میعانات گازی محسوب می‌شود. بیمه‌نامه (EED8/86) مبانی پوشش اغلب فعالیت‌های حفاری چاه‌های نفت و گاز دریایی و خشکی اکثر نقاط جهان به‌شمار می‌رود (Sharp, 2009: 125) که دراین تحقیق نیز مرجع بررسی است.

کنترل فوران چاه در خشکی هزینه‌ی بالایی دارد و اگر چاه دچار خسارت شود، هزینه‌های حفاری مجدد یا بازسازی چاه به مراتب بالاتر خواهد رفت. فوران چاه در دریا هزینه‌های بسیار بیشتری ایجاد خواهد کرد. برای مثال هزینه‌های مهار فوران یک چاه در میدان نفتی و در دریای سیاه جهت بازگشت به وضعیت اولیه و کنترل کامل چاه بالغ بر ۲۵۰ میلیون دلار بوده و این هزینه بدون درنظر گرفتن حفاری مجدد چاه پرداخت شده است. بررسی اثر خسارت فوران چاه نفت شهر در سال ۱۳۸۸ بر توانگری مالی شرکت‌های بیمه‌ی فعال در آن زمان نشان داد که از ۱۸ شرکت مورد بررسی فقط دو شرکت قادر به حفظ تعادل مالی و در واقع توانگری مالی سطح اول پس از پرداخت خسارت بالغ بر ۳۵ میلیون دلار خواهند بود. (شهریار، علی‌محمدی، ۱۳۸۹) در سال‌های اخیر خسارت فوران یکی از چاه‌های نفت در میدان رگ سفید نه تنها باعث از بین رفتن دکل حفاری و خسارتی بالغ بر ۵۰ میلیارد تومان شد؛ بلکه منجر به کشته و مجروح شدن تعدادی از پرسنل حفاری گردید. لازم به ذکر است که در میدان نفتی رگ سفید از ابتدای ایجاد و بهره‌برداری تا کنون سه مرتبه فوران اتفاق افتاده است. با

توجه به تکرار خسارت فوران در این میدان، هوشمندسازی چاه‌های در حال بهره‌برداری در آن میدان ممکن است از پیامدهای مشابه که بار جانی و مالی فراوانی به همراه دارند، جلوگیری به عمل آورد. بیمه‌نامه‌ی توسعه و اکتشاف انرژی (EED)^۱ و در گذشته بیمه‌نامه هزینه‌های اضافی عملیات (OEE)^۲ پوشش‌های مربوطه را ارائه داده‌اند. امروزه با هوشمندسازی چاه‌های نفت و گاز نیاز به بیمه‌نامه مناسب‌تری در زمینه بهره‌برداری از چاه‌های نفت و گاز خواهیم داشت. این بیمه‌نامه می‌تواند بر اساس نیاز پیمانکاران حفاری و بهره‌برداری، مطابق با قراردادهای آن‌ها با کارفرما طراحی و توسط بیمه‌گران کشور ارائه گردد.

کشور ایران به دلیل وجود ذخایر نفت و گاز فراوان و صادرات نفت، گاز و میعانات گازی حاصل از چاه‌های نفت و گاز نیاز مبرم به بهینه‌سازی تولید از میادین هیدروکربوری دارد. فناوری چاه‌های نفت و گاز هوشمند که در دهه‌ی اخیر توسعه یافته است، می‌تواند دغدغه‌ی اصلی مدیریت مخازن نفت و گاز را رفع نماید. یک چاه زمانی هوشمند است که طی عمر خود ارزش افزوده ایجاد کند. بهره‌برداری از چاه‌های هوشمند با چاه‌های متداول متفاوت است. بهره‌بردار شرایط حاکم بر چاه را با توجه به اطلاعات حاصل از حسگرهای نصب شده در درون چاه به‌خوبی پایش می‌نماید. در این فناوری با نصب شیرهای کنترلی هوشمند (ICVs)^۳ و به دست آوردن تنظیمات بهینه برای شیرهای کنترلی هوشمند به عنوان عملگر، شرایط تولید بهینه‌سازی می‌گردد. پایش مستمر از طریق حسگرهای درون‌چاهی و عملیات کنترل از طریق شیرهای مختلف درون‌چاهی انجام می‌پذیرد. هوشمندسازی چاه‌های نفت و گاز در یک میدان نفتی سبب می‌شود که بهره‌بردار قبل از وقوع فوران چاه متوجه شود و با فعال‌سازی شیرهای فوران‌گیر (BOP)^۴ از وقوع فوران در هر چاه و در مجموع چاه‌های یک میدان نفتی جلوگیری به عمل آورد.

هوشمندسازی چاه‌های نفت و گاز سبب خواهد شد که بیمه‌گران بتوانند علاوه بر پوشش دادن هرچاه، قادر به ارائه پوشش برای کل میدان باشند. فناوری هوشمندسازی چاه‌های نفت و گاز در سال‌های اخیر توسط کشورهای همسایه‌ی ما که دارای میادین مشترک با ایران هستند، مورد استفاده قرار گرفته است و به کمک همین فناوری تمامی دارایی‌های مشترک با ایران را استخراج می‌کنند و به فروش می‌رسانند.

-
1. Energy Exploration and Development
 2. Operator's Extra Expenses
 3. Intelligent Control Valves
 4. Blowout Preventer

با توجه به نیاز کشور به بالا بردن میزان حجم تولیدات نفت و گاز، تصمیم به تغییر در رویه انجام کار در بهره‌برداری نفت و گاز از میادین کشور به دلیل کاهش سطح نفت مخازن موجود در ایران و همچنین دسترسی به میادین مشترک در بلندمدت و افزایش درآمدهای حاصل از تولیدات نفتی، به کارگیری این فناوری با سطوح مختلف هوشمندی برای بهینه‌سازی تولید هیدروکربورها ضروری به نظر می‌رسد. بیمه‌گران کشور با ارائه بیمه‌نامه EED به حفاران و بهره‌برداران چاه‌های نفت و گاز که بار مسئولیت سنگینی در ارتباط با این ریسک دارند، کمک می‌نمایند زیرا همان‌طور که گفته شد، خسارت‌های سنگین پس از فوران چاه‌های نفت و گاز اجتناب ناپذیر می‌باشد.

جدول (۱) تاریخچه‌ی استفاده از تکنولوژی چاه‌ها و میادین هوشمند در جهان را نشان می‌دهد.

سال	وقایع
۱۹۸۰ تا اوایل ۱۹۹۰	- نصب حسگرهای دما و فشار جهت پایش مستمر - پژوهش در زمینه‌ی ابزار و مفاهیم فناوری چاه‌های هوشمند برای اولین بار توسط شرکت OTIS در سال ۱۹۸۵ میلادی
۱۹۹۳	نصب اولین حسگر نوری دما / فشار درون چاهی توسط Weatherford
۱۹۹۴	بررسی امکان‌سنجی سیستم تحلیل مدیریت مخزن کنترل‌شده از سطح توسط شرکت PES
۱۹۹۶	نصب آزمایشی سیستم تحلیل مدیریت مخزن کنترل‌شده از سطح توسط شرکت PES
۱۹۹۷	نصب اولین سیستم چاه هوشمند با سیستم SCRAMS توسط شرکت‌های PES و Halliburton در میدان SAGA نروژ
۱۹۹۸	- تمایل شرکت‌های بیشتر جهت استفاده از این فناوری در میادین - استفاده از فناوری هوشمندسازی و نصب اولین حسگرهای فیبرنوری در میدان Oseberg در دریای شمال توسط Norsk Hydro

۲۰۰۴	هوشمندسازی ۱۳۰ حلقه چاه بنا به آمار شرکت Well Dynamics
۲۰۰۵	هوشمندسازی ۱۵۵ حلقه چاه بنا به آمار شرکت Well Dynamics
۲۰۰۶	شرکت Baker Hughes هوشمندسازی چاه را در یک پروژه دریایی فوق عمیق در خلیج مکزیک با عمق آب ۲۵۰۰ متر و احتمال وجود جریان‌های حلقوی قدرتمند انجام داد.
۲۰۱۰ تا اکنون	شرکت Halliburton ۲۶ پروژه چاه هوشمند را در مناطق مختلفی از جهان از جمله: اندونزی، کویت، عمان، روسیه، نروژ، برزیل و کانادا انجام داده است.
۲۰۱۴	شرکت Baker Hughes در خاورمیانه اولین گزارش‌های مربوط به پروژه‌های چاه‌های هوشمند تمام الکترونیکی ۸ زونی در جهان را منتشر کرد.

جدول (۱) - تاریخچه استفاده از فناوری چاه‌ها و میداین هوشمند در جهان

شرکت‌های ذکر شده در جدول (۱) از جمله شرکت‌های نفتی حال حاضر در منطقه‌ی خاورمیانه می‌باشند که از این فناوری حتی در پایین‌ترین سطح هوشمندی استفاده کرده‌اند. برای مثال در کشور قطر از سال ۲۰۱۱ تاکنون، تمامی چاه‌های حفاری شده آن‌ها در میدان مشترک پارس جنوبی دارای سیستم کنترلی هوشمند هستند. منظور از سیستم‌های هوشمند، در سطح اول هوشمند سازی، پایش مداوم درون‌چاهی و در مراحل پیشرفته، کنترل و بهینه سازی با هدف رسیدن به مدیریت مخازن نفتی می‌باشد.

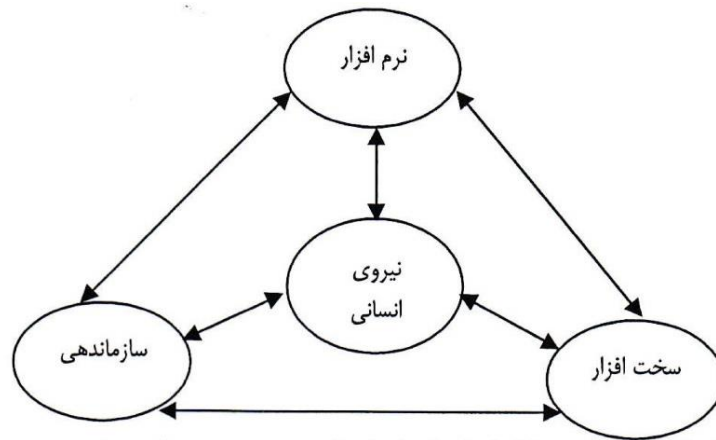
استفاده از فناوری هوشمندسازی توسط بهره‌برداران از چاه‌های نفت و گاز می‌تواند سبب کاهش احتمال وقوع فوران در چاه‌های در حال بهره‌برداری شود و بنابراین بیمه‌گران می‌توانند نرخ و شرایط را بر حسب فناوری به کاررفته و درجه‌ی هوشمندی سیستم‌ها تعدیل نمایند. از طرف دیگر برای عادلانه بودن نرخ و شرایط بیمه‌نامه‌ی اکتشاف و توسعه انرژی (EED 8/86) در زمان بهره‌برداری از چاه‌های نفت و گاز، بهتر است بیمه‌گران به میزان حجم نفت یا گاز خروجی نرخ را محاسبه نمایند و بازنگری در شیوه‌ی محاسبه‌ی نرخ و شرایط ضروری به نظر می‌رسد زیرا در حال حاضر نرخ در اغلب نقاط جهان بر اساس عمق چاه (Sharp, 2009) محاسبه می‌گردد.

این فناوری در مقایسه با روش‌های گذشته، طرحی نو ایجاد کرده است و مانند فناوری اطلاعات^۱ چنان بر صنعت نفت تأثیر گذاشته است که در بسیاری از متون، از آن به‌عنوان نسل جدید میادین نفتی^۲ نام می‌برند. این فناوری مجموعه‌ای بین رشته‌ای^۳ جامع و به‌هم‌پیوسته از فرایندها، نیروی انسانی کارآمد، سخت‌افزارها و نرم‌افزارهایی است که تولید نفت، گاز و میعانات گازی را پایش، کنترل و پیش‌بینی می‌کند و هرآنچه را که مدیریت بهره‌برداری از مخازن نفت و گاز برای تصمیم نیاز دارد، در اختیار آنان قرار می‌دهد. (مجلس شورای اسلامی، ۱۳۹۵) جهت ارزیابی ریسک‌های بزرگ نظیر حفاری و بهره‌برداری از چاه‌های نفت و گاز از روش تجزیه و تحلیل حالت خسارت بحرانی و اثرات آن (FMECA) در صنعت بیمه و نفت، مقالات مختلفی ارائه شده‌اند.

۲- مروری بر ریسک فوران چاه‌های نفت و گاز و طرح مسئله هوشمندسازی چاه

به‌طور کلی خرابی در سیستم‌های مهندسی از چهار عامل: نرم‌افزاری، سخت‌افزاری، سازماندهی و نیروی انسانی به‌وجود می‌آید. ارتباط بین این عوامل در شکل (۱) نشان داده شده است. (Haimes, 2004:23) مدیریت ریسک بر مبنای خسارت‌های ایجادشده توسط عوامل کلیدی مزبور به چگونگی مقابله با خطرات ناشی از فوران چاه‌های نفت و گاز می‌پردازد. حوادث فاجعه‌باری نظیر فوران منجر به خسارت‌های بحرانی در حفاری و بهره‌برداری از چاه‌های نفت و گاز می‌گردد. کاهش یا حذف خسارت‌های بحرانی نظیر فوران در حفاری یا بهره‌برداری از چاه‌های نفت و گاز هوشمند سبب می‌گردد تا بیمه‌گران تمایل بیشتری به ارائه پوشش‌های نظیر: کنترل چاه^۴، هزینه‌های حفاری مجدد^۵ و آلودگی محیط‌زیست^۶ در قالب بیمه‌نامه EED به شرکت‌های بهره‌بردار از میادین نفتی از خود نشان دهند.

-
1. Information Technology
 2. Next Generation Oil Field
 3. Multi-Disciplinary
 4. Control of Well
 5. Redrilling Expenses
 6. Seepage and Pollution



شکل (۱) - شماتیک عوامل اصلی ایجاد خسارت در سیستم‌های مهندسی (۵)

در ارتباط با فرآیند مدیریت و ارزیابی ریسک چاه‌های هوشمند نفت و گاز، شش سوال اساسی توسط تئوری پردازان ریسک مطرح می‌گردد. سه سوال در مورد مدیریت ریسک عبارتند از: (Haimes: 1991)

۱- چه کاری می‌توان انجام داد و انتخاب‌های موجود کدامند؟

۲- ارزیابی‌های مرتبط در زمینه‌ی هزینه‌ها، مزایا و ریسک‌ها چه هستند؟

۳- تأثیرات تصمیمات جاری بر انتخاب‌های آتی کدامند؟

در فرآیند ارزیابی ریسک نیز سه سوال اصلی عبارتند از: (Kaplan and Garrick: 1981)

۱- چه مشکلی می‌تواند به وقوع بپیوندد؟

۲- احتمال ایجاد حادثه چه میزان است؟

۳- تبعات حاصل از حادثه چه مقدار است؟

بررسی سوالات اساسی در خصوص مدیریت و ارزیابی ریسک نشان می‌دهد که استفاده از روش‌های استاندارد ارزیابی، علی‌الخصوص تجزیه و تحلیل خسارت‌های بحرانی و اثرات آن (FMECA) در ارزیابی ریسک چاه‌ها و میدان نفتی هوشمند به دلیل رویکرد استقرایی و مبتنی بر تحلیل زیرساخت‌های سیستم‌های مهندسی این روش و همچنین نگاه از پایین به بالای آن می‌تواند در تجزیه و تحلیل و پیش‌بینی خسارت‌های احتمالی در فرآیند بهره‌برداری، کمک قابل توجهی به بیمه‌گران در جهت پوشش دادن به ریسک مزبور نماید. مقالات مختلفی در زمینه ارزیابی ریسک‌های بزرگ به کمک FMEA در زمینه بررسی ریسک صنعت نفت و گاز، پالایشگاه‌ها و حفاری چاه‌های کشور ارائه شده‌اند. (علی محمدی، زارع، ۱۳۸۹) (علی محمدی و همکاران، ۱۳۸۸) (ساروکلائی، فرجاد، ۱۳۹۵) استانداردهای جهانی مدیریت ریسک (ISO 31000, ISO 31010) روش ارزیابی FMEA را به عنوان یکی از روش‌های ارزیابی ریسک معرفی می‌نماید که با شناسایی و کمی‌سازی مقدار ریسک، توان ارتقای ایمنی سیستم‌های مورد بررسی را دارد. (ISO 31000, 2010) (ISO 31010:22,25)

برای تجزیه و تحلیل ریسک بهره‌برداری از چاه‌ها و میدان‌های نفت و گاز هوشمند می‌توان از مجموعه معادلات سه‌گانه که اولین بار توسط آقای کاپلان و همکاران در سال ۱۹۸۱ ارائه شد استفاده نمود. رابطه‌ی (۱) معادلات سه‌گانه را نشان می‌دهد:

$$R = \{ \langle S_i, L_i, X_i \rangle \}$$

در رابطه (۱) تعریف ریسک (R)، سناریوی ریسک (S_i)، امکان حادث شدن سناریو (L_i) و بردار خسارت (X_i) می‌باشد. این تعریف تا امروز در زمینه‌ی تجزیه و تحلیل ریسک‌های بزرگ مورد پذیرش بوده است. بردار خسارت شامل شدت خسارت و تواتر وقوع آن می‌باشد. ایده‌ی مزبور پایه‌ریزی یک تجزیه و تحلیل ریسک سیستمی را تشکیل می‌دهد.

1.Failure Mode, Effect and Critically Analysis

در این مقاله کلمه‌ی Failure به عنوان خسارت در نظر گرفته می‌شود. از نظر علوم مهندسی کلمه‌ی مزبور به معنای شکست و خرابی بوده و معمولاً پدیده‌هایی نظیر: شکست، ترک خوردن، خستگی، خزش، اتصال کوتاه و موارد مشابه به سبب خرابی و خسارت در سیستم مهندسی می‌باشد.

2.Scenario of risk

3.Likelihood of scenario

4.Damage vector

ایده‌ی آقای کاپلان و همکاران وی منجر به استفاده از روش‌های مختلف ارزیابی ریسک در صنعت نفت و گاز از جمله: تجزیه و تحلیل خسارت و اثرات آن (FMEA)، درخت خطا^۱ و درخت حوادث^۲ گردید. ایده تئوری سناریوی ساختاری با معادلات آقای کاپلان و همکاران ایجاد شد و با توجه به آن می‌توان سناریوهایی را که منجر به ایجاد خرابی و خسارت در زیر ساخت‌های سیستم‌های بزرگ نظیر میدان‌های نفت و گاز می‌گردد، مشخص نمود. چند شاخص مهم برای ارتباط توانایی یک سناریوی ریسک برای درهم شکستن مقاومت سیستم در نظر گرفته می‌شوند که عبارتند از:

۱- عدم قابلیت کشف خطر: به موجود نبودن ابزارهایی اشاره دارد که به واسطه آن وقایع اصلی مربوط به یک سناریو می‌تواند پیش از وقوع خسارت شناسایی گردد. در چاه‌های هوشمند به دلیل وجود حسگرهای درون چاهی قابلیت کشف خطر بیش از سیستم‌های مرسوم و فعلی در صنعت حفاری خواهد بود.

۲- عدم قابلیت کنترل خطر: به موجود نبودن راهکارهایی اشاره دارد که امکان اقدام یا انجام تعدیل برای جلوگیری از بروز خسارت ممکن باشد. در چاه‌های هوشمند به دلیل وجود حسگرها و شیرهای کنترل مناسب امکان کنترل خطر فوران بیش از روش‌های سنتی می‌باشد.

۳- مسیرهای چندگانه ایجاد خسارت: دلالت بر این مطلب دارد که احتمالاً راه‌های چندگانه و ناشناخته‌ای برای بروز وقایعی که منجر به خسارت سیستم می‌گردد، وجود دارد. در چاه‌های هوشمند با توجه به سطح هوشمندی راه‌های مختلفی که سبب بروز فوران در چاه‌ها می‌گردد، شناسایی می‌شوند و تحت کنترل قرار می‌گیرند.

۴- طول تأثیرات: به سناریوهایی اشاره دارد که دوره‌ای طولانی از تبعات نامنا سب را به همراه دارد. در گذشته هنگام فوران چاه‌های نفت برای کنترل چاه از تیم‌ها و افراد مختلف در این زمینه استفاده می‌شد. زمان تئوریک توقف فوران یک چاه با توجه به خبرگی تیم اطفاء از یک ماه تا چند ماه برآورد می‌شد. در چاه‌های نفت و گاز هوشمند، زمان تئوریک توقف فوران چاه به مراتب کمتر از حالت سنتی بوده و احتمال کنترل چاه در زمان کمتری نسبت به روش‌های سنتی وجود خواهد داشت.

۵- برگشت ناپذیری: به سناریوهایی اشاره می‌نماید که در آن شرایط نایمن نمی‌توانند حذف و به اصل خود بازگشت داده شوند. در چاه‌های هوشمند امکان حذف شرایط نایمن با توجه به ابزارهای به‌کارگرفته‌شده وجود دارد.

۶- تأثیرات آبشاری: بر سناریوهایی دلالت دارد که تأثیرات شرایط نایمن بر سایر سیستم‌ها و زیرساخت‌ها پخش می‌شوند. در چاه‌های نفت و گاز هوشمند احتمال وقوع تأثیرات آبشاری با توجه به کنترل و پایش مستمر سیستم به وقوع نمی‌پیوندد.

۷- محیط عملیاتی: به سناریوهایی اشاره می‌کند که ناشی از عوامل فشارزای خارجی است. در چاه‌های نفت و گاز هوشمند حسگرها و شیرهای کنترل هوشمند با توجه به محیط عملیاتی انتخاب و نصب می‌شوند. لذا احتمال بروز سناریوهایی در این زمینه بسیار کمتر از حد متعارف به‌نظر می‌رسد.

۸- عدم بلوغ طراحی: بر سناریوهایی دلالت می‌کند که در آن تبعات نامطلوب مرتبط با جدید بودن طراحی سیستم یا سایر کمبودها سبب ایجاد خسارت می‌گردد. با توجه به گذشت ۲۵ سال از ظهور فناوری چاه‌های هوشمند، این فناوری به بلوغ کامل رسیده است. با این حال احتمال ایجاد این سناریو در زمان اجرا وجود دارد.

۹- رفتارهای ناگهانی: به سناریوهایی اشاره دارد که در آن پتانسیلی برای سطح سیستمی رفتارها حتی با دانش اجراء و قوانین تعامل میان آن‌ها پیش‌بینی نشده است. این گونه رفتارهای ناگهانی در حفاری چاه‌های نفت و گاز به‌دلیل وجود کنترل‌های مناسب، توسط افراد مناسب و در زمان مناسب احتمال وقوع ناچیزی دارند.

۱۰- مواجهه متقابل نرم‌افزار، سخت‌افزار، ساختار سازمانی و نیروی انسانی: به سناریویی اشاره دارد که در آن نتیجه‌ی نامساعد به واسطه‌ی ارتباط میان سیستم‌های فرعی گوناگون مورد توجه قرار می‌گیرد. این سناریو در تمام سیستم‌های مهندسی باعث ایجاد خسارت شده و هوشمندسازی چاه‌های نفت و گاز نیز از بروز آن جلوگیری نخواهد کرد.

۱۱- استهلاک: سناریویی است که در طی گذشت زمان منجر به افت عملکرد می‌گردد. در چاه‌های نفت و گاز هوشمند با توجه به عمر ابزارها و حسگرها می‌توان با تعویض به‌موقع از افت عملکرد جلوگیری نمود.

طراحی سناریوهای ریسک چه به شکل یک کار گروهی و یا فرآیندهای ذهنی زمانی به بهترین وجه انجام می‌گردد که از تخصص‌ها و تجارب واقعی و استدلال‌های منطقی کمک گرفته باشند. فرض اصلی در تدوین سناریوهای ریسک با نگرش بیمه‌ای این مطلب است که طراحی سیستم‌های پیچیده و مهندسی در بهره‌برداری از چاه‌های نفت و گاز و به‌طور وسیع‌تر میدان‌های هیدروکربوری اغلب با عدم اطمینان و تغییرپذیری در معرض خرابی و شکست قرار دارند. پس بنابراین احتمال

ایجاد خسارت وجود دارد. برای جلوگیری از خسارت‌های بحرانی در حوادث فاجعه‌آمیز، نیاز به تجزیه و تحلیل حالت خسارت بحرانی و اثرات آن خواهیم داشت. این استاندارد اولین بار توسط ارتش آمریکا ارائه شد. (MIL-STD-1629A, 1980)

عمده تفکر سنتی در خصوص تجزیه و تحلیل ریسک، احتمالات را در وهله‌ی اول قرار می‌دهد و این نوع برخورد در خصوص ریسک‌های بزرگ نظیر بهره‌برداری از چاه‌های نفت و گاز اشتباه به نظر می‌رسد و رویکردی که از این نوع تفکر ایجاد می‌شود سبب عدم اطمینان شده و پیام حاصل از تحلیل را خدشه‌دار می‌نماید. طرح مسئله هوشمندسازی چاه‌های نفت و گاز به روش بهره‌برداری از میدان‌های نفت و گاز برمی‌گردد. اصولاً دو روش جهت برداشت از چاه‌های نفت وجود دارد:

۱- روش متداول^۱

۲- روش کنترل هوشمند

در روش‌های متداول، برداشت نفت و گاز از یک لایه، تا رسیدن به محدودیت‌های اقتصادی انجام و سپس بازه‌های تولید آن لایه بسته و تولید از لایه بعدی آغاز می‌شود. اما تا رسیدن به زمان بستن لایه، تولید از آن لایه به شدت کاهش می‌یابد و از مقدار بهینه‌ی تولید بسیار کمتر می‌شود. در یک چاه هوشمند می‌توان با کنترل از هر سطح، در هر لحظه، لایه‌ای مناسب را برای بهره‌برداری در تولید فعال نمود و بهره‌برداری از لایه‌ی نامناسب را کاهش داد. در چاه‌های نفت مزایای استفاده از شیرهای کنترل هوشمند در مقایسه با روش متداول (غیرکنترلی) بسیار زیاد است. افزایش تولید نفت و گاز، کاهش تولید عوامل ناخواسته نظیر آب و گاز، افزایش ضریب بازیافت^۲ و کاهش هزینه‌های تولید از مهم‌ترین تفاوت‌های روش کنترل هوشمند با روش متداول می‌باشند.

چاه‌های هوشمند با داشتن ابزارهای مهمی نظیر شیرهای کنترلی درون‌چاهی، با رفتارهای متفاوت ناشی از ناهمگونی مخزنی برخوردهای متفاوت و متناسبی خواهد داشت.

از دیگر پارامترهای هوشمندسازی چاه‌های نفت و گاز، تعیین و بهینه‌سازی تعداد شیرهای کنترلی مورد نیاز در یک چاه هوشمند است. همان‌طور که می‌دانیم، اولین گام در بهینه‌سازی عملکرد چاه هوشمند تعیین تعداد شیرهای کنترل هوشمند می‌باشد.

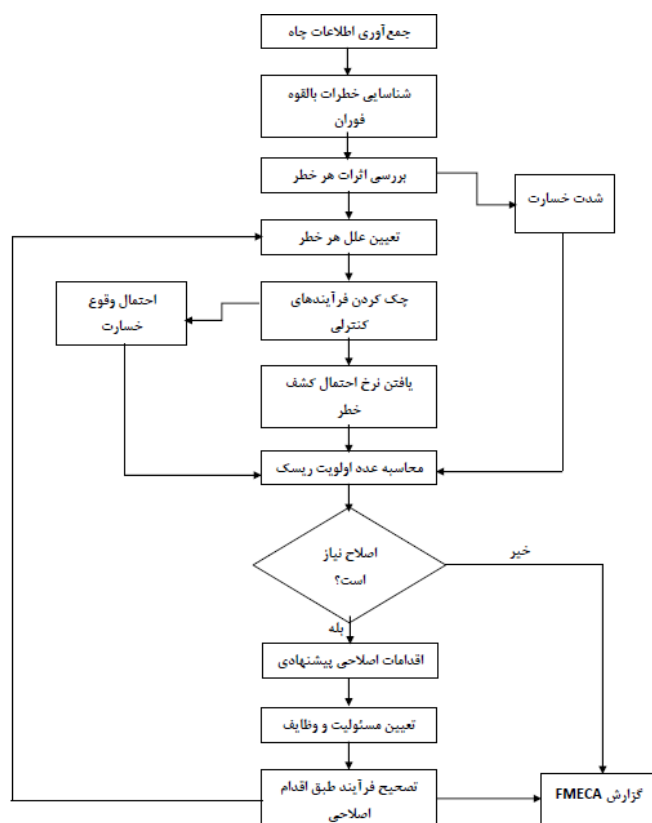
1. Conventional Method

2. Recovery Factor

از طرفی بهینه سازی عملکرد چاه هوشمند نیازمند بهینه سازی پارامترهای شیرهای کنترلی درون چاهی به عنوان جزء اصلی و قلب سیستم تکمیل درون چاهی می باشد. این پارامترها شامل: تعداد، مکان و عملکرد شیرهای کنترلی درون چاهی می باشند. افزایش تعداد شیرهای کنترلی، علی رغم کنترل بهتر و افزایش تولید، منجر به افزایش هزینه ها می گردد و کم بودن تعداد شیرها سبب می شود تا انعطاف پذیری کافی برای کنترل مؤثر عوامل فراهم نشود. بنابراین باید در انتخاب بهینه ی شیرهای کنترلی هوشمند دقت کافی به عمل آید.

۳- استفاده از تکنیک (FMECA) در ارزیابی ریسک فوران چاه های نفت و گاز با نگرش بیمه ای

استفاده از روش تجزیه و تحلیل خسارت های بحرانی و اثرات آن (FMECA) در ارزیابی ریسک یک چاه هوشمند به طور شماتیک در شکل (۲) نشان داده شده است.



شکل (۲) شماتیک مراحل تجزیه و تحلیل خسارت بحرانی و اثرات آن برای فوران یک چاه های نفت و گاز

در روش ارزیابی ریسک تجزیه و تحلیل حالت خسارت بحرانی و اثرات آن (FMECA)، تیم ارزیابی ریسک برای سه عامل احتمال وقوع خسارت، شدت خسارت و احتمال کشف خطر، بر اساس اطلاعات بدست آمده یک عدد بین ۱ تا ۱۰ را اختصاص می دهند و سپس با حاصل ضرب سه عامل مزبور نتایج ارزیابی را بر اساس عدد اولویت ریسک که میتواند بین ۱ تا ۱۰۰۰ قرار گیرد محاسبه می نمایند.

رابطه (۲) $\text{احتمال کشف خطر} * \text{شدت خسارت} * \text{احتمال وقوع خسارت} = \text{عدد اولویت ریسک}^1$

رابطه (۲) نحوه ی محاسبه عدد اولویت ریسک را نشان می دهد. نکته ی اصلی در اختصاص ارقام ۱ تا ۱۰ به هریک از عوامل مؤثر می باشد. احتمال و شدت وقوع خسارت در کمترین مقدار ۱ و در بیشترین مقدار ۱۰ فرض می گردد. از طرفی احتمال کشف خطر در بهترین حالت ۱ و در بدترین حالت ۱۰ در نظر گرفته می شود. صنعت حفاری و بهره برداری از چاه های نفت و گاز در مقایسه با صنایع دیگر جدیدتر می باشد. این مطلب به این معنی است که ابعاد وسیعی از این صنعت هنوز در حال توسعه است. پوشش های فوران چاه های نفت و گاز با رشد نیاز جهانی به منابع انرژی و به دلیل شناسایی و توسعه ی منابع جدید نفت و گاز در اعماق که دسترسی به آن دشوارتر است و معمولاً در آب های عمیق از پیچیدگی بالایی برخوردار است، از پرهزینه ترین بیمه هایی است که پیمانکاران حفاری و بهره برداری چاه های نفت و گاز از بازار بیمه خریداری می نمایند.

در بیمه نامه EED سه بخش اصلی وجود دارد:

۱- هزینه های کنترل چاه

۲- هزینه های حفاری مجدد

۳- هزینه های آلودگی محیط زیست

این بیمه نامه با الحاقیه های اصلی، پوشش های اضافی را در کنار پوشش های اصلی به شرح زیر ارائه می نمایند:

فوران زیرزمینی^۲، محافظت از کنترل اموال مجاور و کارفرما^۳، پوشش حفاری مجدد^۴، هزینه های تخلیه^۵، ایمن سازی چاه^۶

1. Priority risk Number
2. Underground Blowouts
3. Care Custody and Control
4. Extended Redrilling
5. Evacuation Expenses
6. Making wells safe

در سال‌های اخیر پدیده‌ی فوران زیرزمینی در صنعت نفت و گاز رایج بوده است و در واقع این صنعت ۳۰ سال پیش، دانشی ناچیز در این زمینه داشته است. دلیل اصلی آن، این مسئله است که هنوز تعداد کمی چاه نفت و گاز وجود دارند که عمق آن‌ها از ۱۰،۰۰۰ فوت تجاوز کند. سایر الحاقیه‌های اصلی این بیمه‌نامه به طور معمول مورد درخواست بیمه‌گزاران می‌باشند. در بیمه‌نامه EED استثنائات عمومی برای تمام مناطق و پوشش‌ها وجود دارد و برای برخی از پوشش‌ها استثنائات خصوصی در نظر گرفته شده است. استثنائات عمومی عبارت‌اند از:

- جریمه و زیان‌ها^۱ (این بیمه‌نامه پوششی را جهت جرائم و زیان‌های احتمالی که توسط قوانین محلی و دولت‌ها باشد ارائه نمی‌دهد).
- خسارت‌های کیفی^۲
- خطر جنگ و تروریسم
- چاه‌های حفاری شده‌ی موجود و متوقف‌شده در شروع کار
- زلزله

بیمه‌نامه EED در حال حاضر در عمل، مسئولیت خسارت‌های ناشی از حفاری، تجهیزات تولید، استفاده‌ی غیراصولی، تأخیر در اجرا، خسارت در مخزن، هزینه‌های جانبی و استقرار مجدد به هریک از چاه‌های در حال استراحت را پوشش نخواهد داد. با توجه به بررسی‌های به‌عمل‌آمده در بیمه‌نامه OEE تعریف وضعیت فوران به شرح زیر است :

یک جریان ناگهانی، اتفاقی، کنترل‌نشده و به طور مداوم از چاه شامل سیال‌حفاری یا نفت، گاز و آب در یک چاه نفت یا گاز در بالای سطح زمین و خشکی و یا در قعر آب در صورتی که چاه در دریا قرار گرفته باشد، ایجاد می‌گردد و نمی‌توان آن را به سرعت توسط شیرهای فوران‌گیر کنترل نمود. (Sharp, 2009)

در بیمه‌نامه EED تعریف فوران حذف شده و دو تعریف (چاه خارج از کنترل) و دیگری (چاه تحت کنترل) جایگزین شده است. در صنعت نفت و گاز ورود سیالات مخزنی به درون چاه را سیلان^۳ می‌نامند. اصطلاح لگد زدن چاه، در واقع همان پس زدن سیالات از مخزن به درون چاه می‌باشد. پدیده‌ی سیلان در بیمه‌نامه‌ی استاندارد OEE/EED تحت پوشش نمی‌باشد.

۳-۱- چاه خارج از کنترل

در بیمه نامه EED یک چاه صرفاً موقعی خارج از کنترل می باشد که جریان ناخواسته ای از سیال حفاری، نفت، گاز یا آب از چاه به سطح زمین منتقل شود و یا در قعر آب در دریا به وجود آید. ویژگی های این جریان به ترتیب زیر می باشد.

۱- این جریان را نمی توان به سرعت:

الف- با استفاده از فوران گیر، تجهیزات سایت، کریمس تری و شیرهای کنترل هوشمند یا سایر تجهیزات مورد نیاز ذکر شده در بندها از وردینگ EED (مراقبت لازم) و (الزامات) متوقف نمود.

ب- با افزایش وزن یا حجم سیال حفاری یا با استفاده از سایر مواد نگهدارنده درون چاه متوقف نمود.

ج- بدون خطر متوقف کرد.

۲- جریان ازسوی مسئولین نظارتی مربوطه به عنوان خارج از کنترل اعلام گردد.

۳-۲- چاه تحت کنترل

همان طور که می دانیم در وردینگ EED8/86 طبق پاراگراف (۲) بخش A چاهی که خارج از کنترل تلقی شده است، زمانی به عنوان چاه تحت کنترل تلقی می گردد که:

۱- جریانی که منجر به خسارت به اموال تحت پوشش این بیمه نامه شده است، متوقف شده باشد یا بتوان آن را به صورت ایمن متوقف نمود.

۲- حفاری، عمیق سازی، بهره برداری، تعمیر کردن، تکمیل نمودن، بازسازی یا سایر عملیاتی که در چاه قبل از حادثه منجر به خسارت در حال انجام بودند، ادامه پیدا کنند یا قابل ادامه دادن باشند.

۳- چاه ها را بتوان به تولید، توقف یا هر وضعیتی که قبل از وقوع حادثه بوده اند، برگرداند.

۴- جریانی را که منجر به خسارت به اموال تحت پوشش این بیمه نامه شده است، بتوان بدون خطر به تولید رساند.

هر کدام که زودتر واقع شوند، به استثناء آنکه چاه یا چاه های تحت پوشش از سوی مسئولین نظارتی مربوطه خارج از کنترل اعلام گردد.

از طرفی در قراردادهای حفاری چاه‌های نفت و گاز، مسئولیت سیلان و فوران چاه براساس اینکه نوع قرارداد اجاره‌ی روزانه، حفاری عمیق یا کلید در دست باشد، متفاوت بوده ولی به هر حال ریسک سیلان را نیز به همراه فوران به پیمانکاران محول می‌نمایند.

همانطور که میدانیم در هیچکدام از بیمه‌نامه‌های (OEE/EED) سیلان تحت پوشش نمی‌باشد اما پیشبینی می‌شود که سیلان نیز تحت پوشش بیمه‌نامه‌ی جامع توسعه و اکتشاف انرژی قرار خواهد گرفت.

اساساً بیمه‌پذیری سیلان چاه‌های نفت و گاز با توجه به معیارهای متفاوتی که از سوی صاحب‌نظران ارائه شده است، امکان‌پذیر نمی‌باشد. ریسک سیلان چاه‌های نفت و گاز از نظر بیمه‌گران ماهیت تجاری دارد و تا امروز بیمه‌پذیر تلقی نشده است. به هر حال هوشمندسازی چاه‌های نفت و گاز سبب می‌گردد تا بیمه‌گران در مرحله‌ی بهره‌برداری به دادن این پوشش تحت شرایط متعارف فکر کنند.

۴- بحث

در صنعت بیمه، ریسک‌های بزرگ نظیر حفاری و بهره‌برداری از میادین نفتی به صورت اتکایی بیمه می‌شوند و برای پذیرش آن، ارائه‌ی گزارش ارزیابی ریسک ضروری به‌نظر می‌رسد. از طرفی ارزیابی ریسک چاه‌های نفت و گاز از نظر بیمه‌گران معادل با ارزیابی خطر فوران می‌باشد. خطرات و سناریوهای ایجاد آن‌ها که منجر به فوران چاه‌های نفت و گاز در زمان حفاری و بهره‌برداری می‌شوند تا حدودی در مقالات مختلف بررسی شده‌اند. در اینجا فهرستی از خطرات منجر به فوران در چاه‌های نفت و گاز به ترتیب اولویت ارائه می‌نماییم:

۱- هرزروی سیال حفاری از طریق دالیز یا سازنده ^۱	۸- اثر دما بر سیال حفاری	۱۵- آلودگی سیمان با گل حفاری یا سایر سیالات
۲- اثر ورود آب، نفت و گاز به سیال حفاری ^۲	۹- روبه‌روشدن با لایه‌ی پر فشار در سازند حفاری	۱۶- ضعف در طراحی (طراحی ضعیف)
۳- نقص در سیستم پمپاژ کل	۱۰- خطا در انتخاب و اندازه‌گیری وزن سیمان	۱۷- راندن نامناسب لوله‌های جداری
۴- کاهش فشار ته چاهی ^۳	۱۱- جمع‌شوندگی سیمان ^۴	۱۸- خطا در مقدار مواد اضافه شونده به سیمان
۵- خطای اپراتور در مخلوط کردن مواد گل حفاری و چگالی آن	۱۲- خطا در بازرسی از سیمان‌کاری	۱۹- خطا در بازرسی لوله‌های جداری
۶- خطا در تجهیزات اندازه‌گیری چگالی گل حفاری	۱۳- هرزروی سیمان از طریق سازند حفاری	۲۰- بسته‌شدن فضای دالیز
۷- هرزروی گل حفاری بر اثر شکست سازند	۱۴- خطا در محاسبه‌ی مقدار سیمان مورد نیاز جهت سیمان‌کاری چاه	۲۱- رانش زمین یا زمین‌لرزه

شکل (۳) جدول خطرات منجر به فوران در چاه نفت و گاز

-
1. Annular Loss
 2. Cut Mud
 3. Bottomhole Pressure
 4. Cement Shrinkage

برای ارزیابی دقیق ریسک فوران چاه‌ها در مرحله حفاری، بهره‌برداری و تعمیرات احتمالی، برخی از موارد ۲۱ گانه اهمیت بیشتری پیدا می‌کنند. محاسبه‌ی حداکثر خسارت برآوردی (EML)^۱ و حداکثر خسارت احتمالی (MPL)^۲ از دیگر مواردی می‌باشند که شرکت‌های بیمه‌گر اتکایی در قبول ریسک مدنظر قرار می‌دهند. همان‌طور که می‌دانیم، برای بررسی کلی خطرات منجر به فوران چاه‌های نفت‌وگاز می‌توان از تکنیک (FMCEA) در خصوص کمی‌سازی ۲۱ مورد مزبور استفاده نمود. باتوجه به اولیوت‌بندی خطرات، بررسی موارد اول و دوم در زمان حفاری ضروری به‌نظر می‌رسند. در زمان حفاری، موارد ۲۰ و ۲۱ از اهمیت بیشتری برخوردار هستند و از طرفی تشخیص به‌کارگیری هر سناریوی خطر به‌عهده‌ی تیم ارزیاب می‌باشد. به‌هرحال با استفاده از یک گروه ارزیابی ریسک متشکل از مهندسين و کارشناسان بیمه‌ای خبره که مطابق با تکنیک ارزیابی‌ریسک (FMECA) عمل نمایند، قادر به تجزیه و تحلیل خطر فوران در حفاری یا بهره‌برداری از چاه‌های نفت‌وگاز خواهیم بود. مورد ۲۱ از خطرات نامبرده‌شده جهت فوران چاه‌های نفت‌وگاز که شامل رانش زمین و زلزله است، جزء استثنائات بیمه‌نامه OEE/EED می‌باشد که تحت پوشش بیمه‌نامه استاندارد OEE/EED قرار نمی‌گیرد. با این حال، اینکه در آینده خطر زلزله تحت پوشش قرار گیرد دور از ذهن به‌نظر نمی‌رسد.

همان‌طور که در ابتدای مقاله ذکر شد، فوران یک چاه واقع در دریای سیاه که در میدان نفتی SAGA نروژ و اوایل دهه‌ی ۱۹۹۰ اتفاق افتاد؛ باعث ایجاد خسارت بیش از ۲۵۰ میلیون دلار گردید. این میدان در سال ۱۹۹۷ به سیستم هوشمند مجهز شد و تا امروز خسارت دیگری گزارش نشده است. مجهز نمودن میدان‌های نفتی به تجهیزات هوشمند سازی که سابقه‌ی فوران دارند، برای یک چاه حداکثر ۴ میلیون دلار هزینه خواهد داشت و این عمل برای بیمه‌گران بسیار حائز اهمیت می‌باشد.

۵- نتیجه‌گیری

در این تحقیق سعی شده است که آینده‌ی بیمه‌های OEE/EED در مواجهه شدن با حفاری و بهره‌برداری از چاه‌های نفت‌وگاز هوشمند باتوجه به تکنیک‌های ارزیابی ریسک پیشرفته که به صورت کمی فوران چاه‌های نفت‌وگاز را از نظر خسارت‌های احتمالی بررسی می‌کنند، بررسی نماید. نتایج عبارتند از:

-
1. Estimate Maximum Loss
 2. Maximum Possible Loss

۱- در آینده بیمه‌نامه OEE/EED پوشش‌های گسترده‌تری از امروز که فقط فوران چاه‌های نفت و گاز را تحت پوشش قرار می‌دهد، به میادین نفتی و یا چاه‌های نفت گاز هوشمند ارائه خواهد داد؛ درواقع نوع بیمه‌نامه به قسمی خواهد بود که صنعت بیمه با پوشش دادن خطرات حفاری، اکتشاف، بهره‌برداری و تعمیرات ضروری چاه‌های نفت و گاز هوشمند در تمام مدت عمر یک چاه یا میدان نفت و گاز در کنار صنعت نفت قرار گیرد و خسارت‌های احتمالی را به سرعت جبران نماید.

۲- در آینده احتمال ارائه‌ی پوشش‌های اضافی جدید برای فوران در زمان بهره‌برداری از چاه‌های نفت و گاز هوشمند با نرخ و شرایط متناسب بر اساس تکنیک‌های پیشرفته ارزیابی ریسک وجود خواهد داشت. درواقع حرکت به سمت بیمه‌نامه تمام‌خطر^۱ توسعه و اکتشاف انرژی آغاز شده است.

۳- هوشمندسازی تمام چاه‌های نفت و گاز یک میدان نفتی سبب خواهد شد که بیمه‌پذیری میدان‌های نفت و گاز امکان‌پذیر شود و درخواست بیمه‌نامه‌ی OEE/EED در بسیاری از میدان‌های نفتی درحال اکتشاف و بهره‌برداری توسعه یابد.

۴- طراحی بیمه‌نامه جامع اکتشاف و توسعه انرژی^۲ برای ارائه‌ی پوشش‌های متناسب با چاه‌های نفت و گاز هوشمند با نرخ و شرایط عادلانه توسط صنعت بیمه‌ی کشور که بر اساس شرایط اقلیمی و ارزیابی ریسک دقیق انجام پذیرد، نه تنها سبب افزایش تقاضا در کشور خواهد شد؛ بلکه کشورهای نفت خیز خاورمیانه را نیز به خرید این بیمه‌نامه از کشورمان ترغیب خواهد نمود.

۵- پذیرش و واگذاری اتکایی ریسک بیمه‌نامه‌ی OEE/EED چاه‌های نفت و گاز هوشمند با توجه به امکان‌پذیر بودن پایش مستمر شرایط بهره‌برداری توسط بیمه‌گر راهبر با نرخ و شرایط بهتری انجام‌پذیر خواهد بود.

۶- ارائه‌ی پوشش فوران به‌همراه سیلان توسط بیمه‌گران باعث می‌گردد که قراردادهای پیمان‌کاران حفاری و بهره‌برداران چاه‌های نفت و گاز با کارفرما و درواقع صنعت نفت کشور از نظر حقوقی به طور کامل توسط صنعت بیمه پوشش داده شوند. این اتفاق در چاه‌های هوشمند محتمل است.

مراجع

- [۱] شهریار، ب.، علی محمدی، ح. (۱۳۸۹). بررسی توانگری مالی شرکت‌های بیمه با رویکرد پذیرش ریسک‌های بزرگ مطالعه موردی بیمه‌های مهندسی حفاری چاه‌های نفت ایران، هفدهمین همایش بیمه و توسعه، تهران، پژوهشکده بیمه مرکزی
- [۲] علی محمدی، ح.، زارع، م.، کیهان، م.، حبیبی کرهرودی، ج. (۱۳۸۸). بررسی فرآیند مدل‌سازی و ارزیابی ریسک واحدهای بزرگ صنعتی در راستای آزادسازی تعرفه‌ها در صنعت بیمه، شانزدهمین همایش بیمه و توسعه، تهران، پژوهشکده بیمه مرکزی
- [۳] علی محمدی، ح.، زارع، م. (۱۳۸۹). الگوسازی و ارزیابی ریسک واحدهای تولید قیر در پالایشگاه‌های کشور با نگرش بیمه‌ای، سومین سمینار بین‌المللی بیمه و توسعه، تهران، پژوهشکده بیمه مرکزی
- [۴] معاونت پژوهش‌های زیربنایی و امور تولیدی، دفتر مطالعات انرژی، صنعت و معدن، مجلس شورای اسلامی. (۱۳۹۵). چاه و میدان هوشمند و کاربردهای آن در صنعت نفت ایران
- [۵] نجفی ساروکلائی، م.، فرجاد، پ. (۱۳۹۵). ارزیابی ریسک بیمه‌ای در صنایع نفت و گاز مطالعه موردی NGL. بیست و چهارمین همایش ملی بیمه و توسعه، تهران، پژوهشکده بیمه مرکزی
- [6] Aven T., (2003), Foundation of Risk Analysis, Wiley
- [7] Haimes Y., (2004), Risk Modeling, Assessment and Management, Wiley, pp 23
- [8] Military Standard, Procedure for performing a failure mode, effect and critically Analysis, (1980), MIL-STD-1629A
- [9] Risk Management, Principles and Guideline on Implementation, (2010), ISO 31000
- [10] Risk Management, Risk Assessment Techniques, (2009), ISO 31010
- [11] Sharp D., (2009), Upstream and Offshore Energy Insurance, Witherbys Insurance UK, PP 125-126