ارزیابی فناوری‌های کنترل آب تولیدی با رویکرد مدیریت فناوری در یکی از مخازن نفتی ایران

آزاده دباغی، محمد زاهدزاده، ساراسادات مرتضوی راوری، شیما ابراهیم زاده رجایی،جمال اعلایی، سعید فرقانی، شهاب گرامی*[1]

پژوهشگاه صنعت نفت، تهران، ایران

Accepted Paper

چکیده

استخراج نفت و گاز از مخازن هیدروکربوری زیرزمینی همواره با تولید مقادیر نسبتاً زیادی آب، همراه است. با افزایش عمر مخزن، تولید آب همراه و هم‌چنین مشکلات مربوط به آن مانند از دست‌رفتن بخش اعظمی از ذخیره هیدروکربور، کاهش تولید نفت، افزایش هزینه‌های تولید، آسیب‌دیدگی‌های سازندی و ... نیز افزایش می‌یابد؛ تاجایی‌که می‌توان تولید آب همراه را به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین چالش‌ها در میادین بالغ قلمداد نمود. در این پژوهش به‌منظور به‌کارگیری فناوری مناسب کنترل آب تولیدی در یکی از میادین نفتی جنوب ایران، تلاش شده است پیش از انجام مطالعات آزمایشگاهی، شبیه‌سازی و عملیات پایلوت میدانی، با شناخت اولیه مخزن و منشأ تولید آب همراه، فناوری‌ها با اتخاذ رویکردی جامع، شناسایی، ارزیابی و اولویت‌بندی گردند. بدین‌ترتیب پیش از تمرکز بر جزئیات فنی، معیارهای فنی، اقتصادی، زیست‌محیطی، سیاسی/اجتماعی، بازار، ظرفیت‌های فنی و اثرات ورود فناوری جدید به اکوسیستم صنعتی موجود و تعامل فناوری جدید با سایر اجزای صنعت نیز به‌عنوان یک جزء حیاتی در فرآیند توسعه فناوری به‌صورت روش‌مند در نظر گرفته شده است. ارزیابی فناوری با چنین دیدگاه کلانی، به فرآیند تدوین استراتژی فناوری سازمان نیز کمک شایانی می‌نماید. از این‌رو با رویکرد حذف و یا کاهش آب تولیدی، ضمن مروری بر تجارب جهانی، شانزده فناوری در دو دسته فناوری‌های مسدودسازی شیمیایی و مکانیکی شناسایی شدند. معیارهای جذابیت فناوری (پانزده معیار) از یک‌سو و از سوی دیگر معیارهای ارزیابی میزان توان‌مندی شرکت در به‌کارگیری فناوری‌ها (شش معیار) با استفاده از ادبیات مدیریت فناوری و نظرات خبرگان شناسایی، بومی‌سازی و وزن‌دهی شدند. با استفاده از پرسشنامه، داده‌های مربوط به ارزیابی هریک از فناوری‌ها از منظر هریک از معیارها جمع‌آوری و موقعیت فناوری در ماتریس جذابیت- توان‌مندی مشخص شد؛ «مسدود کننده‌های مکانیکی (پلاگ سیمانی، پلاگ فلزی و....)»، «راندن آستری و مسدودسازی مشبک‌ها»، «حفاری حفره کنارگذر»، «وصله لوله جداری»، «توپک دوپا»، «حفر چاه افقی» و «ژل پلیمر» درقالب سبد فناوری‌های اولویت‌دار برای سازمان تعیین و به‌عنوان کاندید جهت مطالعات تفصیلی آتی پیشنهاد گردیدند.

واژه‌های کلیدی: مدیریت آب، تولید آب اضافه، ارزیابی فناوری، جذابیت فناوری، توان‌مندی فناورانه

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

مقدمه

آب یکی از سه سیال موجود در مخازن هیدروکربوری می‌باشد (نفت، گاز، آب) و لذا مدیریت آب تولیدی از اجزای مهم در مدیریت و تولید نفت از میدان است[۱]. آب تولیدی[۲] مخلوط پیچیده‌ای از مواد آلی و معدنی محلول و نامحلول است[۲] و می‌تواند دارای شوری، فلزات سنگین، مواد رادیواکتیو (مانند رادیوم ۲۲۶ و ۲۲۸) رسوبات، باکتری‌ها، واکس و آسفالتین و گازهای محلول (دی‌اکسیدکربن، سولفیدهیدروژن، اکسیژن) باشد[۳] و از این‌رو دارای اثرات شیمیایی و زیست‌محیطی مخرب متعددی است[۴]. علاوه برآن تولید آب، مشکلات زیادی مانند آسیب‌دیدگی‌های سازندی، خوردگی، پایین آمدن میزان تولید، هزینه‌های جداسازی، انجام آزمایش‌ها و عملیات مرتبط برای چاه و واحدهای بهره‌برداری ایجاد می‌کند [۵-۷]. به‌دام افتادن بخش اعظمی از هیدروکربور درجای میدان را بزرگ‌ترین هزینه ناشی از عدم انجام مدیریت آب برشمرده‌اند[۱]. هم‌چنین آب تولیدی بزرگ‌ترین محصول جانبی تولید نفت و گاز قلمداد می‌گردد. به‌طور میانگین نسبت حجم تولید آب به نفت در دریای شمال ۵.۵ به ۱ و در ایالات متحده ۷ به ۱ و در دنیا ۳ به ۱ برآورد شده است[۸]؛ حجم تولید آب همراه بالغ بر ۲۵۰ میلیون بشکه در روز در دنیا برآورد شده و بیش از ۴۰ درصد آن به محیط زیست تخلیه می‌گردد[۹]؛ هزینه سالانه دفع این آب در صنعت نفت بالغ بر ۴۰ میلیارد دلار ارزیابی شده است[۱۰ و ۱۱]. شوری آب تولیدی در میادین هیدروکربوری معمولاً از ۱۰۰۰ تا ۴۰۰۰۰۰ میلی گرم در لیتر تغییر می کند [۱۲]؛ هم‌چنین عموماً حجم تولید آب همراه نیز با افزایش عمر میدان افزایش می‌یابد[۱۳] از این‌رو نیاز به مدیریت آب همراه تولیدی از مخازن نفت و گاز دنیا به‌عنوان چالشی جهانی با روندی رو به افزایش مطرح است[۱۴] و در مخازن نفتی ایران نیز که عمدتاً نیمه دوم عمر خود را سپری می‌کنند و دارای مقدار آب تولیدی بالایی نیز می‌باشند، مهم و ضروری است[۴].

پژوهش‌های مختلفی در ادبیات مهندسی نفت و شیمی برای مواجهه با چالش تولید آب از میادین نفت و گاز وجود دارد[۱۰] [۱۵-۱۶] که عمدتاً ناظر بر جنبه‌های فنی موضوع است و چنانچه در برخی مطالعات [۹] [۱۷-۱۹]، به انتخاب فناوری/ راهکارهای مدیریت آب تولیدی توجه شده است، رویکرد آن عمدتاً بر تحلیل فنی-اقتصادی مجزای آن فناوری/ راهکار استوار بوده است و اثرات ورود فناوری جدید به اکوسیستم صنعتی موجود نادیده گرفته شده‌است. در حالی که علاوه بر جنبه‌های فنی موضوع، درک چگونگی تعامل یک فناوری جدید با سایر اجزای صنعت نیز بعنوان یک جزء حیاتی در توسعه فرآیند تکنولوژی‌ها مطرح است[۲۰] که به‌صورتی روش‌مند در فرآیند ارزیابی فناوری و تدوین استراتژی فناوری می‌تواند نگریسته شود.

انتخاب و ارزیابی فناوری یکی از مؤلفه‌های اصلی مدیریت فناوری است؛ شرکت‌ها پس از شناسایی فناوری‌ها، میزان جذابیت این فناوری‌ها را از یک سو و از سویی دیگر توان‌مندی و قابلیت‌های خود در آن فناوری‌ها را ارزیابی می‌کنند[۲۱]. نتایج ارزیابی فناوری عموماً در تدوین استراتژی فناوری شرکت‌ها[۲۲] و تعیین اولویت‌های سرمایه‌گذاری به‌کارگرفته می‌شود[۲۳]. «ارزیابی فناوری» از زمان ظهور خود در دهه ۱۹۶۰ در دفتر ارزیابی فناوری[3]، ابزاری در حوزه تصمیم‌گیری عمومی بوده است لیکن طی شش دهه توسعه، رویکردها و روش‌های مختلفی برای انجام و به‌کارگیری آن در حوزه‌های مختلف اعم از پزشکی[۲۴]، خودروسازی[۲۵] ، فعالیت‌های بشردوستانه[۲۶]، انرژی‌های پاک[۲۷] و ... مطرح شده است. هم‌چنین از ارزیابی فناوری برای انتخاب و تدوین استراتژی فناوری در صنایع نفت و گاز نیز استفاده شده است: رویکرد ارزیابی فناوری برای تدوین استراتژی فناوری‌ها در صنعت پتروشیمی به‌کار گرفته شده است[۲۸]. جذابیت فناوری‌ها در حوزه بالادستی نفت توسط [۲۹] مورد ارزیابی قرار گرفته است. از ماتریس جذابیت- توان‌مندی و روش مقایسات زوجی برای انتخاب فناوری‌های مناسب تولید نفت با در نظر گرفتن چالش‌های تولید از ناحیه غرب کارون استفاده شده است[۳۰].

با توجه به موارد فوق در این پژوهش از ادبیات مدیریت فناوری برای ارزیابی و انتخاب سبد فناوری‌های اولویت‌دار برای کنترل آب تولیدی در یکی از میادین نفتی ایران استفاده شده است. شایان ذکر است که روش ارائه شده در این پژوهش رویکرد جامع و اولیه‌ای به شرکت‌ها برای انتخاب سبد اولویت‌دار فناوری‌ها ارائه می‌کند. لیکن انتخاب کاندیداهای مسدودساز آب در مراحل بعدی یقیناً مستلزم جمع‌آوری دقیق داده‌های مخزن و چاه شامل استفاده ازنمودارهای چاه‌آزمایی، آنالیز داده‌های تولید و ... و نیز شناسایی منشأ آب تولیدی شامل موارد عملیاتی، ناهمگونی ، مخروط‌شدگی و... می‌باشد.

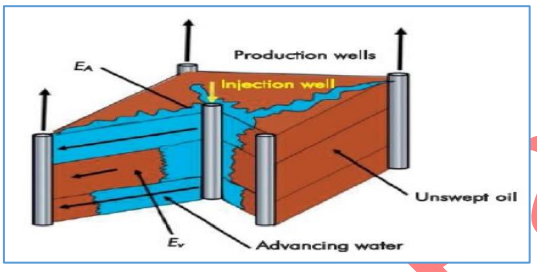
---

[2] Produced Water
[3] Office of Technology Assessment (OTA)

Accepted Paper

توصیف مخزن

میدان مورد مطالعه در جنوب ایران قرار داشته و دارای آبده بسیار قوی می‌باشد و بیش از ۸۰ درصد انرژی مخزن از آن تامین می‌گردد. متوسط تخلخل و تراوایی مخزن به‌ترتیب برابر با ۱۳/۵ درصد و ۲۱۰ میلی‌دارسی می‌باشد. شوری و دمای متوسط مخزن نیز ۱۹۴۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و ۲۰۰ درجه فارنهایت می‌باشد. بخش پایینی مخزن آسماری میدان ماسه سنگی با تراوایی بالا بوده که با تولید از میدان و افت فشار، چاه‌ها به علت پدیده مخروطی شدن آبزده می‌گردند. در بخش بالایی مخزن اختلاف زیاد تراوایی لایه‌های کربناته و ماسه سنگ منجر به تخلیه مناسب ماسه سنگ‌ها و برون‌شکنی آب از این لایه‌ها گردیده درحالی‌که تولید مناسبی از لایه‌های کربناته صورت نپذیرفته است. شکل۱ تصویری مفهومی از آن‌چه که در اثر ناهمگونی مخزن در حال رخدادن است را نشان می‌دهد.



شکل ۱ تصویری مفهومی از مشکل عدم همنوایی عمودی و سطحی

مروری بر فناوری‌های کنترل آب تولیدی

حذف و یا کاهش آب تولیدی چاه‌ها در هر مرحله‌ای از عمر میدان ضروری می‌باشد. در این‌راستا معمولاً از دو دسته فناوری مکانیکی و شیمیایی استفاده می‌گردد که طی سالیان اخیر روش‌های متعددی در این زمینه در منابع علمی گزارش گردیده‌اند[۳۱و۳۲]. در اوایل تولید از میدان، بیش‌تر مشکلات مربوط به تولید آب ناگهانی از کانال، شکاف و مشکلات مربوط به تکمیل چاه می‌باشد که عموماً با روش‌های مکانیکی رفع می‌گردند. روش‌های مکانیکی نسبت به روش‌های شیمیایی ارزان‌تر بوده و رویکرد کوتاه مدت تری نسبت به رفع مشکل دارند و معمولاً بدون نیاز به دکل انجام می‌گردند. روش‌های شیمیایی عموماً دارای قابلیت و انعطاف‌پذیری بالا بوده و در فواصل دورتر از دهانه چاه نیز موثر هستند[۳۳].

فناوری‌های مسدودسازی شیمیایی

استفاده از مواد شیمیایی یکی از روش‌های متداول مسدودسازی و کنترل تولید آب همراه در مخازن هیدروکربوری می‌باشد و در دو دهه اخیر به‌کارگیری این روش‌ها گسترش چشم‌گیری داشته است[۳۴]. امروزه می‌توان این نوع عملیات‌ها را برای انواع مخازن با شرایط مختلف از نظر دما، شوری و pH طراحی نمود. دامنه وسیعی از مواد شیمیایی مانند ژل‌های پلیمری، ژل‌های غیرآلی، رزین‌ها و الاستومرها ، میکروارگانیسم‌ها، امولسیون و...در منابع علمی مختلف مانند[۳۲و۳۴] جهت مسدودسازی نواحی تولید آب گزارش گردیده‌اند. تجربیات میدانی موفقی در برخی از کشورها در زمینه به‌کارگیری فناوری شیمیایی برای مسدودسازی و کنترل تولید آب وجود دارد[۳۷-۳۵].

ژل پلیمرها

ژل پلیمرها شبکه‌های سه‌بعدی از پلیمرها هستند که توانایی نگهداری سیال در درون خود را دارند. شبکه ای شدن محلول پلیمری سبب بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی آن می‌شود که مسدودکردن تخلخل‌ها و شکاف‌ها را ممکن می‌سازد[۳۸و۳۹]. ژل‌های پلیمری مورد استفاده در کاهش تولید آب در مخازن نفت و گاز می توانند از نوع مسدودکننده[۴] یا تغییردهنده تراوایی نسبی باشند[۳۴و۴۰]. یکی دیگر از انواع ژل پلیمرها، ژل‌های ذره‌ای از قبل شکل گرفته هستند که بصورت دانه‌هایی با قدرت جذب بسیار بالای آب می‌باشند. این نوع ژل‌ها توانایی تورم تا ۲۰۰ برابر وزن اولیه خود را داشته و بیشتر به‌عنوان عامل منحرف

[4] Sealing gel

Accepted Paper

کننده جریان آب مورد استفاده قرار می‌گیرند[۴۱]. نوع دیگر این دسته، ژل پلیمرهای غیرآلی می‌باشند که در این نوع ژل‌ها ترکیباتی مانند سیلیکات‌های سدیم به‌همراه یک ماده فعال کننده‌ی داخلی مانند اوره خاصیت شبیه ژل پیدا می‌کند که زمان ژل شدن آن‌ها به pH، دما و شوری آب سازند وابسته است[۳۴]. موضوع بسیار مهم در حل چالش آب اضافه با فناوری ژل پلیمر، شناخت درست مساله است تا بتوان مناسب‌ترین نوع ژل پلیمر را انتخاب و احتمال موفقیت حل مساله را به طور قابل توجهی افزایش داد. پارامترهای مختلفی مانند مکانیسم تولید آب، ملاحظات اقتصادی، قابلیت دسترسی به مواد/ تجهیزات لازم ، میزان سازگاری و کارآیی ژل پلیمرها در شرایط مخزن، امکان کنترل خواص ژئولوژیکی و زمان ژل شدن، تزریق‌پذیری، مباحث زیست‌محیطی و ... در انتخاب یک سیستم ژل پلیمر تأثیرگذار می‌باشد[۴۲]. فناوری ژل پلیمر به‌صورت موفقیت‌آمیزی در میادین نفتی/ گازی کشورهای ایالات متحده[۳۶]، ونزوئلا و آرژانتین[۳۵]، چین[۴۱و۴۳]، نروژ[۴۴] و فرانسه[۴۵] مورد استفاده قرار گرفته‌است.

پلیمرهای خطی و ترکیبات شبکه‌ای نشده (اصلاح‌کننده تراوایی نسبی)

این ترکیبات پلیمری با جذب روی محیط متخلخل و اصلاح تراوایی نسبی[۵] و کاهش نامتجانس تراوایی[۶] محیط متخلخل، موجب کاهش تولید آب از مخازن نفتی/گازی می‌شوند[۴۶و۴۷]. علاوه براین، جذب دینامیک و ماندگی سامانه‌های پلیمری در محیط متخلخل می‌تواند سبب بستن مسیرهای عبور آب و تغییر مسیر آب گردد[۵۰-۴۸]. اصلاح کننده‌های پلیمری تراوایی نسبی می توانند شامل پلیمرهای خطی، ژل‌های ذره‌ای و ژل‌های ضعیف[۷] باشند[۴۰و۴۲]. استفاده از ژل پلیمرهای ضعیف در چاه‌های میدان نفتی گودونگ و گوداو چین سبب کاهش تولید آب و افزایش تولید نفت شده‌است[۵۱]. ژل پلیمرهای ذره‌ای برای اصلاح تراوایی و کنترل تولید آب در چاه‌های ذخیره‌سازی گاز کشور فرانسه مورد استفاده قرار گرفته‌است[۴۵].

رزین‌ها

این مواد استحکام کافی برای بستن شکاف‌ها، کانال‌ها و مشبک‌ها را دارند. فنولیک، اپوکسی و فورفوریل الکل از انواع رزین‌هایی هستند که در صنعت نفت به‌کار می‌روند. به‌محض اینکه این مواد واکنش دهند، تبدیل به پلاستیک سخت و محکم می‌شوند. این مواد نسبتاً گران هستند و منطقه موردنظر برای عملیات باید کاملاً از مناطق دیگر جدا شود. این مواد به آب سازند، مواد فعال سطحی و اسیدها حساس هستند. بکارگیری این مواد نیازمند استفاده از حلال‌های آلی می‌باشد که بایستی از نظر ایمنی و ملاحظات زیست‌محیطی مدنظر قرارگیرد[۳۴]. استفاده از رزین در بعضی از میادین دنیا مانند کاربین کلمبیا گزارش گردیده است[۵۲].

مواد جامد و الاستومرها

مواد جامد مانند سیلیکافلور، شن، رس و هم‌چنین الاستومرها در منابع علمی به‌عنوان عامل کنترل چالش آب اضافه گزارش گردیده‌اند. الاستومرها از جمله مواد شیمیایی برای کنترل آب تولیدی چاه‌ها می‌باشند. این مواد را می‌توان به منافذ سازند تزریق کرد و استحکام کافی برای جلوگیری از حرکت مایع در منافذ، شکاف‌ها و کانال‌ها را فراهم نمود. آن‌ها نسبت به تمام شرایط و سیالات ته‌چاهی بی‌اثر هستند و درصورت قرارگیری مناسب آب‌بندی کامل و طولانی‌مدت ایجاد می‌کنند[۳۴]. استفاده از مواد جامد و الاستومر در میدان اساب ابوظبی و میدان فوریوس[۸] در جنوب مالزی و میادین روسیه و چین به‌صورت موفقیت‌آمیز گزارش شده است[۳۱و۵۳].

امولسیون معکوس

یکی از روش‌های مسدود نمودن مناطق با تراوایی بالا در اعماق مخزن، امولسیون‌های نفت در آب می‌باشد. امولسیون با داشتن ویسکوزیته بالاتر نسبت به نفت و آب باعث کاهش تراوایی نسبی آب در سازند آبزده می‌شود. موارد متعدد آزمایشگاهی و میدانی در زمینه افزایش بازیافت پس از تزریق در چاه‌های تزریق آب گزارش گردیده است. در میدان لیاهو چین استفاده از امولسیون در ۲۳۸ چاه انجام شده‌است[۵۴].

---

[5]Relative permeability modification, RPM
[6]Disproportionate permeability reduction, DPR
[7] weak gels
[8]Furious

Accepted Paper

میکروارگانیسم

مسدودسازی انتخابی با استفاده از باکتری‌ها موجب افزایش راندمان جاروبی در مخزن می‌شود. یکی از این ویژگی‌های این روش نفوذ بیشتر در عمق نسبت به روش‌های دیگر می‌باشد. با تزریق میکروارگانیسم‌ها به درون مخزن و رشد آنها در نقاط نفوذپذیرتر باعث مسدود شدن حفرات و در نتیجه رانده‌شدن سیال تزریق شده به نقاط دیگر مخزن که دارای تراوایی کمتر است می‌شود. فناوری یادشده در مرحله مطالعات آزمایشگاهی می‌باشد[۵۵].

مواد رسوب‌دهنده

در این روش برای مسدودسازی انتخابی از واکنش شیمیایی و تشکیل رسوب استفاده می‌گردد. بدین صورت که دو محلول آنیونی و کاتیونی با فاصله کافی از یکدیگر و حجم مناسب تزریق می‌گردد. واکنش این دو محلول با یکدیگر تشکیل رسوب جامد داده و باعث انسداد در محل می‌شود. یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های این روش اختلاط مناسب در مخزن به‌دلیل تمایل الکترولیت‌ها به حرکت و برهم‌کنش آن‌ها با سیالات و سنگ مخزن می‌باشد. از معایب روش یادشده دشواری کنترل حرکت سیالات و واکنش آن‌ها می‌باشد . هم‌چنین در لایه‌های باریک نیز این روش محدودیت دارد[۵۶و۵۷].

فناوری‌های مسدودسازی مکانیکی

روش‌های مسدودسازی مکانیکی متعدد مانند مسدودکننده‌ها، توپک و ..... به‌منظور حل چالش تولید آب اضافه در منابع علمی گزارش گردیده‌اند که در سطح وسیع در میادین دنیا انجام می‌گردد. روش‌های یادشده نسبت به روش‌های شیمیایی ساده‌تر وکم‌هزینه‌تر می‌باشند[۵۸و۳۳]. در میادین کشور و میدان مورد مطالعه نیز از مسدودکننده‌ها و راندن آستری و ...به‌منظور حل مشکل تولید آب استفاده می‌شود.

مسدودکننده‌ها[۹]

یکی از عملیات‌هایی که روی چاه‌ها صورت می‌گیرد ، مسدودکردن قسمت و یا تمامی لایه تولیدی چاه است. انواع مسدودکننده‌ها ازجمله مسدودکننده سیمانی[۱۰]، مسدودکننده فلزی[۱۱] و ... در عمق موردنظر و با روش مربوطه تعبیه می‌گردند . یکی از مهم‌ترین دلایل نصب مسدودکننده‌ها، بستن و مسدودسازی نواحی و مشبک‌های آبده و به‌عبارت دیگر قطع ارتباط با لایه‌ای که تولید آب می‌کند، می‌باشد[۳۳و۳۱].

توپک دوپا [۱۲]

این نوع توپک انتخاب مناسبی برای قطع ناحیه میانی است. زیرا با داشتن دو قسمت برای ایجاد عایق، به‌خوبی می‌تواند ناحیه مورد نظر را ایزوله کند. هم‌چنین این ایزوله کردن به‌نحوی است که از درون لوله‌ای که از میان دو توپک عبور می‌کند، ارتباط سیال بالا و پایین برقرار است[۵۸و۳۱].

وصله لوله جداری[۱۳]

وصله لوله جداری از کامپوزیت انعطاف‌پذیر ساخته شده است که پس از عبور از درون لوله مغزی در داخل لوله جداری، باز شده و به دیواره لوله جداری محکم چسبیده می‌شود. وصله لوله جداری را می‌توان قبل از قرار دادن در طول بازه موردنظر با رزین اپوکسی در سطح بیرونی پوشش داد[۵۸و۳۳].

راندن آستری

در چاه‌های حفره‌باز که با معضل تولید آب مواجه هستند، یکی از راهکارها تغییر در نحوه تکمیل این چاه‌ها به‌صورت جداره‌پوش[۱۴]می‌باشد. نحوه کار، راندن آستری در بخش تولیدی بوده که اجازه تولید انتخابی را داده و می‌توان تنها به نواحی نفتی اجازه تولید داد. هم‌چنین یکی دیگر از روش‌ها راندن آستری کوتاه[۱۵] جهت پوشاندن مشبک‌های آبده می‌باشد[۵۸].

---

[9]Plugs
[10]Cement Plug
[11]Bridge Plug
[12]Straddle Packer
[13]Casing Patch
[14] Cased Hole
[15]Short liner

Accepted Paper

حفر چاه افقی

با استفاده از چاه‌های افقی پدیده مخروطی‌شدن آب و گاز کمتر می‌شود. مزیت چاه افقی در این مورد این است که مقدار نفت بهره‌برداری شده قبل از تولید آب یا گاز در روش افقی بسیار بیش‌تر از چاه قائم است. هر چند در این قسمت نیز در صورت وجود تراوایی‌های قائم بالا مثل وجود گسل‌ها یا شکاف‌های قائم، باعث می‌شود که تولید آب در چاه‌های افقی سریع‌تر از چاه‌های قائم رخ دهد. اما در صورتی که این تراوایی قائم کمتر از تراوایی افقی باشد (در واقعیت نیز چنین است)، چاه‌های افقی نفت مخزن را از ناحیه‌ی بزرگ‌تری با آهنگ تولید کمتر، تولید می‌کنند، در حالی‌که چاه‌های قائم نفت مخزن را از ناحیه‌ای کوچک با آهنگ تولید بیش‌تر، تولید می‌کنند. از طرفی هندسه‌ی چاه‌های افقی تأثیرات ناهمگونی‌های مخزن را به‌گونه‌ای خنثی می‌کند[۵۹].

حفاری حفره کنارگذر[16]

به‌عنوان آخرین گزینه‌های تعمیراتی و زمانی که با شرایط حاکم بر حفره فعلی امکان تعمیر چاه وجود ندارد، مطرح می‌شود. نحوه کار به‌صورت بازکردن پنجره در عمق موردنظر و حفاری انحرافی[17] تا رسیدن به عمق برنامه‌ریزی شده و تکمیل مجدد چاه در این عمق می‌باشد[۵۸].

شیر هوشمند درون‌چاهی

یکی از فناوری‌های نو و تأثیرگذار بر صنعت نفت که به‌شکلی فزاینده درحال رشد می‌باشد، هوشمند کردن چاه‌های نفتی و در حالت گسترده‌تر، هوشمندسازی مخازن و میادین نفتی است. طبیعت بسیار ناهمگون مخازن نفتی منجر به رفتارهای متفاوت تولید نفت در دوره‌های مختلف می‌شود. از این‌رو برای کنترل بهینه تولید، از فناوری چاه هوشمند استفاده می‌شود که استفاده از این فناوری سبب می‌شود با رفتارهای مختلف سنگ و سیال، واکنش‌های متناسب صورت پذیرد. در این فناوری براساس اطلاعات جمع‌آوری شده، اعمال تصمیم به‌هنگام با نصب عملگرهای کنترلی و شیرهای کنترل هوشمند، بهینه کردن فرآیند تولید صورت می‌گیرد. ازجمله چالش‌های مهم این فناوری، به‌دست آوردن تنظیمات بهینه برای شیرهای کنترل هوشمند به‌عنوان مهم‌ترین عمل‌گر در این فناوری است. عملیات پایش مستمر از طریق فیبرها و حسگرهای درون‌چاهی و عملیات کنترل از طریق شیرهای مختلف درون‌چاهی انجام می‌پذیرد[۶۰].

جداسازی درون‌چاهی آب تولیدی

فناوری جداسازی ته‌چاهی آب در دهه ۱۹۹۰ به صنعت عرضه گردید. در این روش جریانی غنی از گاز و نفت در سطح تولید می‌شود، در حالیکه جریانی غنی از آب به سازندهای زیرین تزریق شده، هرگز به سطح منتقل نمی‌شود. این سامانه قطعات مکانیکی زیادی دارد ولی اصلی‌ترین اجزاء آن یک سامانه جداسازی و حداقل یک پمپ برای فرازآوری نفت به سطح و تزریق آب به ته سازند است. این فناوری مزایایی نظیر کاهش آلودگی سطحی، تسریع در تولید نفت، کاهش چاه‌های لازم جهت توسعه میدان، تزریق آب در مخزن، کاهش تسهیلات سطحی، کاهش هزینه‌های تعمیر و.... دارا می‌باشد. معایب و محدودیت‌های این فناوری شامل فضای محدود چاه، خنک‌سازی موتور پمپ، محدودیت نسبت به تولید شن، لزوم برش آب بالا، درجه API بالاتر از ۱۲، محتوای نفت در آب کمتر از ۱۰-۲۰ ppm، لزوم بیرون آوردن پمپ از چاه در صورت انجام عملیات تحریک، محدودیت در چاه‌های انحرافی می‌باشد[۶۱].

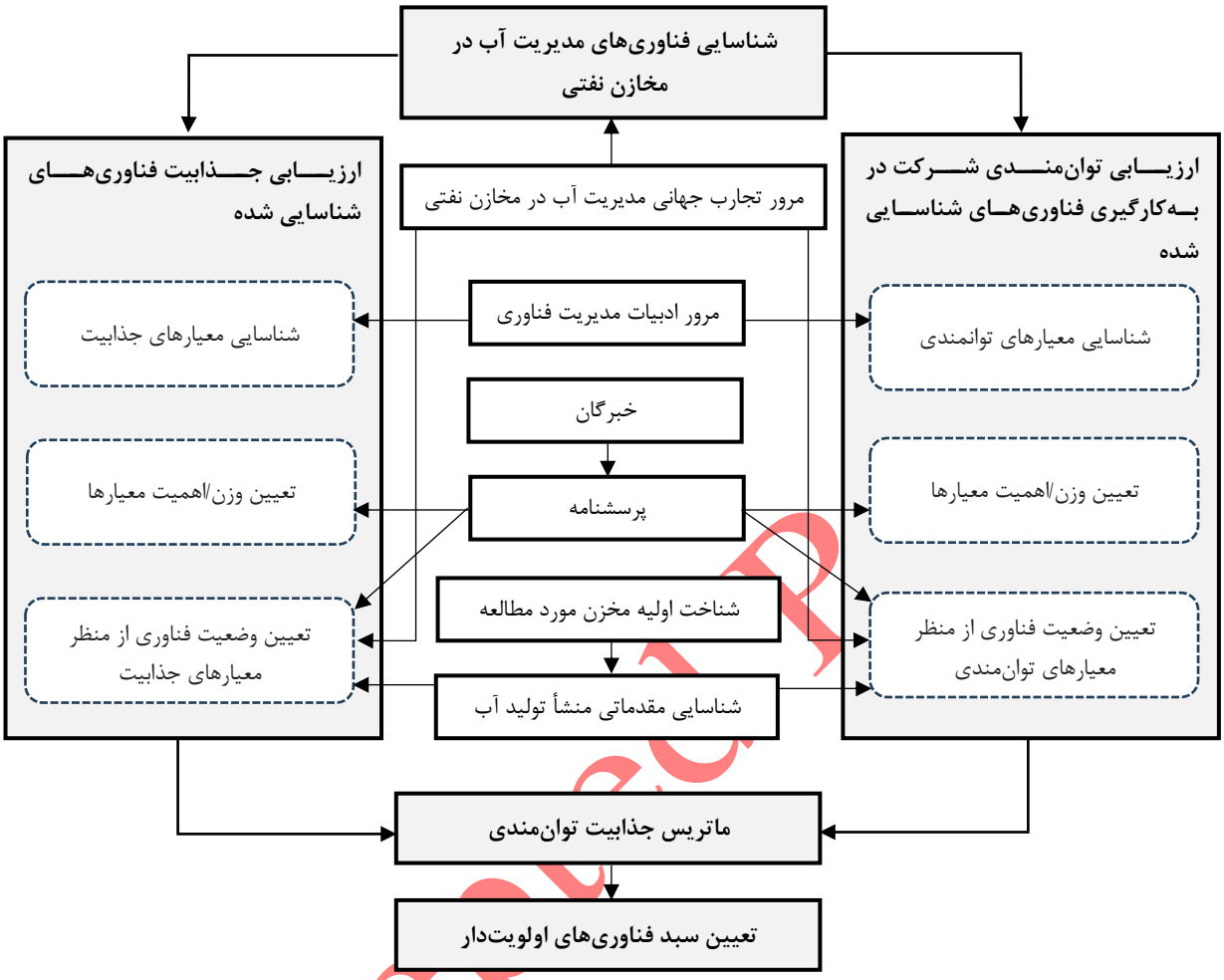
روش کار

در ادبیات مدیریت فناوری، روش‌های مختلفی برای ارزیابی فناوری‌ها وجود دارد. یکی از رویکردهای رایج برای ارزیابی فناوری که در بسیاری از مدل‌های تدوین استراتژی فناوری در سطح سازمان (مانند مدل موقن[۲۱]) مورد استفاده قرار گرفته است، دربرگیرنده بررسی و تحلیل هم‌زمان «میزان جذابیت فناوری برای حل چالش مورد نظر» و «میزان توان‌مندی موجود جهت

[16] Side track
[17] Directional drilling

Accepted Paper

دست‌یابی به فناوری» می‌باشد. روش‌شناسی انجام این پژوهش که بر مبنای این رویکرد استوار گردیده است در شکل ۲ بصورت خلاصه نمایش داده شده است.



شکل۲ روش‌شناسی انجام پژوهش

الف- شناسایی فناوری‌های مدیریت آب در مخازن نفتی

مروری بر ادبیات موضوع و مطالعه تجارب جهانی مدیریت آب در مخازنی با ویژگی‌های عموماً مشابه با مخزن مورد مطالعه، لیستی از فناوری‌های کنترل آب در مخازن نفتی احصا شد که پیش‌تر معرفی گردید.

ب- ارزیابی جذابیت فناوری‌های شناسایی شده و ارزیابی توان‌مندی سازمان برای به‌کارگیری فناوری‌ها

یکی از ابعاد ارزیابی فناوری تحت تأثیر عواملی در محیط بیرونی سازمان هستند و جایگاه فناوری را بیرون از سازمان تبیین می‌کنند و تحت عنوان جذابیت فناورانه مطرح است[۶۲و۶۳]؛ یک فناوری زمانی از جذابیت بالایی برخوردار است که بتواند موقعیت بنگاه را در حوزه کسب و کار افزایش داده و از آن پشتیبانی نماید[۶۴]. بُعد دیگر، عوامل داخلی را معرفی می‌کند که عمدتاً تحت کنترل سازمان‌ها بوده و وابسته به رفتار و تصمیمات آن‌ها هستند[۶۵و۶۶]؛ عواملی که مبیّن توان‌مندی‌های مستتر در بنگاه هستند و در جریان منحنی‌های یادگیری و رشد بنگاه در گذراند، به‌عنوان توان‌مندی فناورانه شناخته می‌شوند [۶۷-۶۹].

ب-۱- شناسایی معیارها

معیارهای مختلفی در ادبیات مدیریت فناوری برای ارزیابی میزان «توان‌مندی» و نیز «جذابیت» فناوری‌ها پیشنهاد شده است. لیکن ضروری به‌نظر میرسد تا متناسب با ماهیت صنعت نفت و گاز و با توجه به مسأله مدیریت آب در مخازن نفتی بومی‌سازی

گردد. از این رو معیارهای مستخرج از ادبیات موضوع در دو جلسه پانل خبرگی با هدف بومی‌سازی معیارها و نیز ارائه تعاریف عملیاتی منطبق با کاربرد فعلی، بررسی شدند.

ب-۲- تعیین اهمیت (وزن‌دهی) معیارهای جذابیت و توان‌مندی

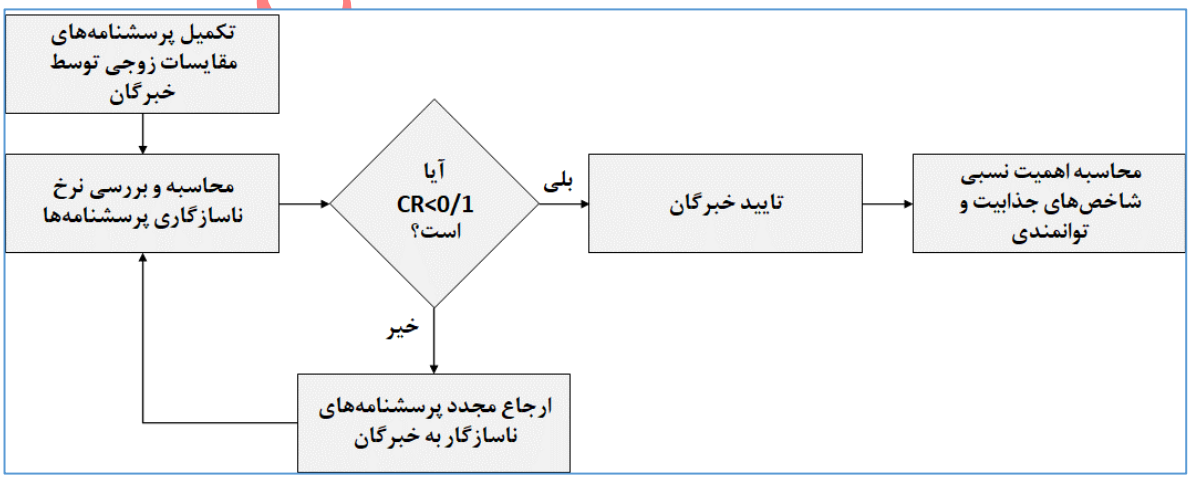
با توجه به این‌که میزان تاثیر تمامی معیارها در ارزیابی فناوری یکسان نیست، برای تعیین اهمیت معیارها از یکی از روش‌های وزن‌دهی به نام «مقایسات زوجی» استفاده شد. این روش از دهه ۱۹۷۰ مطرح و در حوزه‌های مختلفی از جمله مدیریت فناوری به‌کار گرفته شده است[۷۰]. در این روش از خبرگان خواسته می‌شود تا معیارها را دوبه‌دو با هم مقایسه نموده و میزان اهمیت نسبی آن‌ها را با در نظرگرفتن مقیاس مندرج در جدول ۱ مشخص نمایند[۷۱]. در فرآیند مقایسات زوجی، نرخ ناسازگاری(CR)، مکانیزمی است که سازگاری مقایسات را مشخص می‌کند و نشان می‌دهد تا چه‌اندازه اولویت‌های حاصل از اعضای گروه /خبرگان دارای اعتبار است[۷۱]. برای تجزیه‌تحلیل و محاسبه وزن نسبی معیارها (W_j) و نرخ ناسازگاری از نرم‌افزار اکسپرت‌چویس نسخه ۱۱ استفاده شده است[۷۲و۷۳].

جدول۱ مقیاس کیفی در انجام مقایسات زوجی

مقدار عددی	مقیاس
۱	ارجحیت یکسان است
۳	ارجحیت کمی دارد
۵	ارجحیت دارد
۷	بسیار ارجحیت دارد
۹	کاملا مرجح
۲ و ۴ و ۶ و ۸	مقادیر بینابین

ب-۳- جمع‌آوری نظرات خبرگان با استفاده از پرسشنامه

به‌منظور جمع‌آوری داده‌ها پرسشنامه ارزیابی اهمیت معیارها بر اساس مقایسات زوجی تدوین شده و به اعضای پانل خبرگان ارائه گردید. پس از جمع‌آوری اولیه پرسشنامه‌های تکمیل شده، به‌منظور سنجش پایایی نرخ ناسازگاری پرسشنامه محاسبه و در صورتی که مقدار آن بیش از ۰.۱[۷۴] محاسبه شده بود، پرسشنامه مجدد به خبره مربوطه بازگردانده شده و مورد بررسی مجدد خبره قرار گرفت و پس از انجام اصلاحات لازم، مجدد نرخ ناسازگاری محاسبه و درصورت به‌دست آمدن نرخ ناسازگاری کمتر از ۰.۱ ، با تأیید خبره، در محاسبات نهایی لحاظ گردید. بر این اساس فرآیند وزن‌دهی به معیارهای جذابیت و توان‌مندی در این پژوهش مطابق با شکل۳ انجام گردید.



شکل ۳ فرآیند وزن‌دهی به معیارهای جذابیت و توان‌مندی بر اساس روش مقایسات زوجی

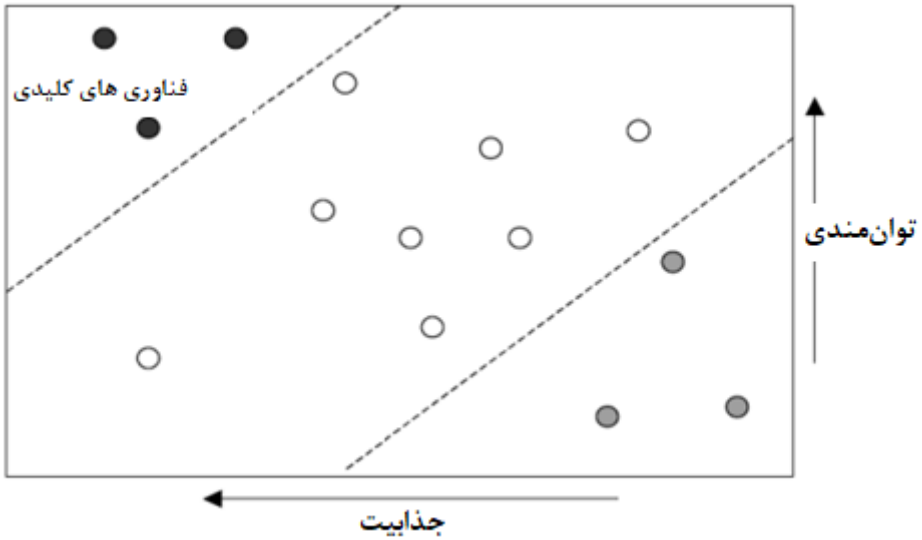
ب-۴- تعیین وضعیت فناوری از منظر معیارهای جذابیت و توان‌مندی

Accepted Paper

پس از تعیین اهمیت نسبی اوزان معیارها، می‌بایست فناوری‌های شناسایی شده از نظر هریک از معیارها مورد ارزیابی قرار گیرند. بدین منظور بر اساس نظر خبرگان و با استفاده از پرسشنامه، هر فناوری از منظر هر معیار در بازه امتیازی ۱ (خیلی کم) تا ۹ (خیلی زیاد) ارزیابی شد. با استفاده از میانگین موزون امتیازات، موقعیت هر فناوری در نمودار دو بعدی جذابیت و توان‌مندی تصویر می‌گردد[۷۵-۷۷].

ج- ارائه سبد فناوری‌های اولویت‌دار از طریق تحلیل ماتریس جذابیت- توان‌مندی

ارزیابی فناوری بر اساس چارچوب دو بعدی جذابیت و توان‌مندی[۶۳و۷۸] ابزاری است که با استفاده از آن می‌توان جایگاه راهبردی فناوری‌ها را تعیین نموده و بدین‌ترتیب فناوری‌های کلیدی تعیین می‌شوند[۷۹]. ابتدا موقعیت هر یک از فناوری‌ها در ماتریس / نمودار دو بعدی جذابیت- توان‌مندی تصویر می‌شود. سپس«شکاف امتیازی» میان نقاط، مبنای ایجاد «سبدهای اولویت» می‌گردد[۸۰]؛ همانطور که در شکل ۴ نمایش داده شده است فناوری‌هایی که در گوشه بالای سمت چپ نمودار قرار می‌گیرند، کاندیداهای قدرت‌مندتری برای منظور شدن به‌عنوان فناوری‌های کلیدی هستند. هرچقدر به سمت گوشه پایین سمت راست حرکت کنیم فناوری‌هایی قرار دارند که از جذابیت کمتری برخوردار بوده و امکان اجرا شدن پایین‌تری نیز دارند.



شکل ۴ اولویت‌بندی فناوری‌ها بر اساس پارامترهای جذابیت و توان‌مندی[۸۱]

نتایج و بحث

با مروری بر ادبیات موضوع و مطالعه تجارب جهانی کنترل تولید آب اضافه، لیست فناوری‌های کنترل آب تولیدی به‌شرح جدول ۲ احصا گردید. در مرحله بعدی و به‌منظور تدوین معیارها برای ارزیابی فناوری از منظر توان‌مندی و جذابیت، معیارهای مستخرج از ادبیات موضوع با استفاده از نظرات خبرگان بومی‌سازی شده و تعاریف آن‌ها متناسب با کاربرد فعلی تبیین و تدقیق شد (جدول۳). خبرگان پژوهش شامل افرادی بودند که از یک سو از دانش فنی نسبت به فناوری‌های شناسایی شده برخوردار بوده و از سوی دیگر با چالش‌های عملیاتی و اجرایی میدان برای به‌کارگیری این فناوری‌ها آشنا بودند. بر این اساس بیست و دو نفر از کارشناسان و مسئولین طرح و پروژه در پژوهشگاه صنعت نفت و شرکت مورد مطالعه (بهره بردار اصلی) و نیز از خبرگان آکادمیک متناسب با فناوری‌ها انتخاب شدند. نتایج نرم‌افزاری مربوط به محاسبه وزن معیارها با استفاده از نظرات خبرگان و روش مقایسه زوجی در جدول ۳ نمایش داده شده است. به‌منظور ارزیابی فناوری‌ها از نظر هریک از معیارها نظر خبرگان جمع‌آوری شده و نتایج آن در جدول۲ قابل مشاهده است. با توجه به میانگین امتیازات هرفناوری موقعیت آن در نمودار دو بعدی جذابیت و توان‌مندی تصویر شده است (شکل۵).

جدول ۲ فناوری‌های کنترل آب تولیدی درمخزن مورد مطالعه و ارزیابی جذابیت و توان‌مندی آن

دسته فناوری	عنوان فناوری	M۱	M۲	M۳	E۱	E۲	E۳	E۴	E۵	E۶	E۷	E۸	E۹	P۱	P۲	P۳	Z۱	Z۲	Z۳	C۱	C۲	C۳	میانگین موزون امتیازات	
		۰.۰۷۱	۰.۰۲۴	۰.۰۳۵	۰.۰۸۰	۰.۱۵۸	۰.۱۵۰	۰.۰۵۵	۰.۰۳۰	۰.۰۶۳	۰.۱۱۶	۰.۰۱۶	۰.۱۲۳	۰.۰۰۷	۰.۰۲۹	۰.۰۴۳	۰.۰۶۶	۰.۳۴۱	۰.۴۶۷	۰.۰۱۳	۰.۰۴۴	۰.۰۶۸		
		امتیازات خبرگان در معیارهای جذابیت:																						
مسدودکننده‌ها(پلاگ سیمانی، پلاگ فلزی و...)		۸.۰۰	۵.۵۸	۴.۹۲	۷.۸۳	۶.۶۷	۶.۲۵	۷.۰۸	۵.۳۳	۵.۶۷	۷.۲۵	۲.۱۷	۵.۹۲	۶.۷۵	۷.۳۳	۷.۰۰	۸.۳۶	۷۶۴	۷.۹۱	۳.۸۲	۳.۰۰	۵.۴۵	۶.۵۶۴	۷.۴۰۶
توپک دوپا		۶.۲۰	۴.۷۰	۴.۰۰	۷.۰۰	۵.۴۰	۵.۳۰	۶.۰۰	۵.۱۰	۵.۲۰	۶.۳۰	۲.۶۰	۵.۹۰	۷.۰۰	۷.۲۰	۵.۸۰	۷.۲۷	۶.۳۶	۶.۹۱	۳.۰۰	۲.۴۵	۴.۸۲	۵.۷۰۷	۶.۳۵۴
وصله لوله جداری		۶.۹۱	۳.۹۱	۵.۰۹	۸.۴۵	۵.۲۶	۵.۳۶	۵.۶۴	۴.۳۶	۵.۰۰	۶.۳۰	۳.۲۷	۵.۹۰	۶.۶۴	۶.۹۱	۶.۴۵	۷.۰۹	۶.۷۳	۷.۱۸	۲.۷۳	۲.۴۵	۴.۲۷	۵.۸۴۹	۶.۵۵۳
راندن آستری و مسدودسازی مشبک‌ها		۷.۲۵	۴۶۷	۴.۷۵	۷۶۷	۵.۸۳	۶.۱۷	۶.۲۵	۴.۳۳	۴.۷۵	۶.۵۰	۲.۸۳	۵.۹۲	۶.۹۲	۷.۰۰	۷.۳۳	۷.۲۷	۶.۸۲	۷.۸۲	۳.۰۰	۲.۱۸	۴.۲۷	۶.۰۹۰	۶.۸۸۵
حفاری حفره کنارگذر		۷.۴۲	۴.۸۳	۴.۸۳	۷.۴۲	۶.۲۵	۶.۱۷	۶.۳۳	۴۶۷	۳.۵۰	۷.۰۸	۲.۷۵	۵.۴۲	۶.۰۸	۷.۰۸	۶.۹۲	۷.۲۷	۶.۸۲	۷.۱۸	۲.۸۲	۲.۲۷	۴.۳۶	۶.۱۲۱	۶.۵۹۵
شبرهای هوشمند درون چاهی		۵.۹۰	۴.۳۰	۶.۰۰	۶.۳۰	۶.۱۰	۵.۸۰	۴.۸۰	۳.۲۰	۳.۲۰	۳.۵۰	۶.۹۰	۴.۰۰	۶.۳۰	۶.۹۰	۳.۳۰	۲.۵۰	۳.۳۰	۳.۱۸	۱.۸۲	۴.۲۷	۵.۰۲۷	۳.۰۲۳	
جداساز درون چاهی		۵.۰۰	۳.۷۸	۵.۵۶	۶.۵۶	۵.۳۳	۵.۰۰	۴.۴۴	۳.۰۰	۳.۳۳	۳.۸۹	۵۶۷	۴.۱۱	۷.۱۱	۶.۵۶	۳.۴۴	۳.۰۹	۲.۰۹	۲.۹۱	۲.۵۵	۱.۷۳	۳.۷۳	۴.۷۳۸	۲۶۴۱
حفر چاه افقی		۶.۹۱	۶.۰۰	۴.۲۷	۸.۰۹	۵.۴۵	۵.۵۵	۵.۳۶	۵.۰۰	۳.۸۲	۶.۲۷	۳.۸۲	۴.۵۵	۵.۹۱	۶.۷۳	۵.۷۳	۵.۵۰	۶.۲۰	۶.۱۰	۳.۹۰	۲.۹۰	۵.۴۰	۵۶۴۱	۵.۸۷۶
فناوری های مسدودسازی شیمیایی	ژل پلیمر	۶.۸۷	۶.۲۰	۶.۸۰	۸۴۷	۶.۰۷	۶.۶۰	۵.۷۳	۳.۶۰	۵.۳۳	۶.۵۳	۷.۰۷	۲.۷۳	۵.۷۳	۶.۵۳	۵.۸۰	۵.۲۳۸	۵۶۷	۴۶۲	۳.۵۰	۳.۱۷	۴.۹۲	۵.۹۴۵	۵.۲۳۸
پلیمرهای خطی و ترکیبات شبکه ای نشده(اصلاح کننده تراوایی نسبی)		۶.۵۳	۵.۹۳	۶.۲۰	۸.۰۰	۵.۷۳	۶.۱۳	۵.۴۷	۳.۵۳	۵.۲۰	۶۶۰	۷.۲۰	۲.۸۰	۵.۸۷	۶۶۷	۵.۰۷	۴.۱۷	۴۶۲	۵.۱۷	۳.۵۰	۳.۱۷	۴۶۷	۵.۷۰۰	۴.۵۷۹
رزین‌ها		۵.۰۸	۴.۷۵	۴۶۷	۸۴۲	۴.۲۵	۴۳۳	۴۶۷	۳.۵۰	۳۶۷	۵۵۸	۵.۲۵	۳.۵۰	۴.۵۰	۶.۱۷	۴.۹۲	۳.۰۸	۳۸۳	۳.۵۰	۲.۱۷	۲۰۰	۲.۹۲	۴.۸۰۹	۳.۴۶۲
مواد جامد و الاستومرها		۵.۰۸	۴۹۲	۴۶۷	۶.۵۵	۴.۵۰	۳.۹۵	۵.۱۲	۳.۴۴	۴.۱۵	۵۴۸	۵.۷۴	۳.۷۱	۴۴۴	۶.۲۶	۴.۵۴	۳.۵۰	۳۳۳	۳.۵۰	۲.۱۷	۲۰۰	۲.۸۳	۴.۸۱۵	۳.۲۲۷
امولسیون		۵.۰۹	۴.۵۵	۴۶۴	۴۶۴	۴.۱۲	۳.۹۵	۴.۷۰	۴.۰۹	۳۶۴	۵.۴۱	۵.۷۱	۳.۹۷	۴۳۸	۶.۲۰	۴.۴۸	۲.۴۵	۲.۸۲	۳.۰۹	۲.۲۷	۱.۸۲	۲۶۴	۴۴۶۹	۲.۸۲۳
میکروارگانیسم‌ها و مواد زیستی		۴۳۶	۴.۰۰	۳.۹۱	۴.۱۸	۳.۰۹	۳.۳۶	۳.۷۳	۳۶۴	۳۳۶	۴۲۷	۶.۵۵	۳.۹۱	۵.۲۷	۶۰۹	۳.۵۵	۱.۸۳	۲۰۸	۲.۵۰	۲۰۰	۱۶۷	۲.۲۵	۳.۸۴۳	۲.۲۵۳
مواد رسوب‌دهنده		۵.۱۰	۳۶۰	۴۲۰	۶۴۰	۴۵۰	۴۵۰	۴۸۰	۳۶۰	۳۸۰	۵۶۰	۴۳۰	۳۲۰	۴۳۰	۶۰۰	۴۱۰	۲۱۸	۲۹۱	۳۱۸	۲۵۵	۲۱۸	۲۶۴	۴۵۹۸	۲۹۳۳

شکل۵ ماتریس جذابیت توان‌مندی فناوری‌های کنترل آب تولیدی در مخزن مورد مطالعه

بُعد	دسته معیارها	کد	معیارهای جذابیت و توان‌مندی	وزن دسته	وزن معیار در هر دسته	وزن نسبی معیار
جذابیت	پتانسیل بازار	M1	میزان کاربرد فناوری در سایر میادین	۱۳.۰	۰.۵۵	۰.۰۷۱
		M2	قابلیت چند کاربرده (Multifunction) بودن		۰.۱۸	۰.۰۲۴
		M3	امکان فروش /صادرات فناوری		۰.۲۷	۰.۰۳۵
	فنی-اقتصادی	E1	فناوری در کدام مرحله چرخه عمر قرار دارد؟ (تولد، رشد، بلوغ، پیری)	۷۹.۱	۰.۱۰	۰.۰۸۰
		E2	درآمد حاصل از به‌کارگیری فناوری		۰.۲۰	۰.۱۵۸
		E3	بهره‌وری/اثربخشی حاصل از به‌کارگیری فناوری(موثر بودن در حل چالش /کاهش زیان‌های وارده)		۰.۱۹	۰.۱۵۰
		E4	سهولت به‌کارگیری فناوری		۰.۰۷	۰.۰۵۵
		E5	محدودیت به‌کارگیری فناوری در صورت استقرار سایر فناوری‌ها در میدان(هم‌خوانی/ تناسب بین فناوری‌های به‌کارگرفته شده در میدان)		۰.۰۴	۰.۰۳۰
		E6	زمان مورد نیاز جهت به‌کارگیری و اجرای فناوری در میدان		۰.۰۸	۰.۰۶۳
		E7	وجود زیر ساختهای لازم		۰.۱۵	۰.۱۱۶
		E8	میزان نوآورانه بودن فناوری		۰.۰۲	۰.۰۱۶
		E9	ایمنی/ ریسک موفقیت در اجرا		۰.۱۶	۰.۱۲۳
	سیاسی- اجتماعی	P1	اثرات زیست‌محیطی به‌کارگیری این فناوری در میدان	۷.۹	۰.۰۹	۰.۰۰۷
		P2	محدودیت قوانین و مقررات برای توسعه فناوری و به‌کارگیری آن		۰.۳۷	۰.۰۲۹
		P3	میزان دسترسی به شرکت معتبر و مناسب ارائه دهنده و پشتیبانی کننده فناوری (با توجه به محدودیتهای بین المللی)		۰.۵۴	۰.۰۴۳
توان‌مندی	ظرفیت فنی فناورانه	Z1	میزان تجربه و تسلط علمی (پروژه ، پتنت/ پایان نامه/مقالات/...)	۸۷.۴	۰.۰۸	۰.۰۶۶
		Z2	وجودامکانات و تجهیزات سخت افزاری مورد نیاز		۰.۳۹	۰.۳۴۱
		Z3	وجود نیروی انسانی متخصص		۰.۵۳	۰.۴۶۷
	توان‌مندیهای مکمل	C1	ارتباط شرکت با مجامع علمی داخلی و خارجی (انجمن‌های علمی، دانشگاه‌ها، پارک‌های علم و فناوری و مراکز رشد)	۱۲.۶	۰.۱۰	۰.۰۱۳
		C2	شبکه‌سازی با شرکت‌های خارجی		۰.۳۵	۰.۰۴۴
		C3	میزان سرمایه گذاری تحقیق و توسعه شرکت در فناوری مورد نظر		۰.۵۴	۰.۰۶۸

جدول ۳ معیارهای ارزیابی جذابیت و توان‌مندی فناوری‌های کنترل آب تولیدی در مخزن

Accepted Paper

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر مطالعه و غربالگری فناوری‌های مناسب کنترل آب تولیدی در یکی از میادین نفتی جنوب ایران با استفاده از چارچوب مدیریت فناوری به‌صورتی روش‌مند و پیش از انجام مطالعات دقیق آزمایشگاهی، شبیه‌سازی، پایلوت میدانی و نظایر آن و هم‌چنین با شناخت اولیه از مخزن و منشأ تولید آب انجام گردید.

پس از انجام مطالعات کتابخانه‌ای و استخراج روش‌های مختلف مدیریت آب تولیدی، ارزیابی فناوری‌ها با رویکرد ارزیابی جذابیت-توان‌مندی انجام شد. معیارهای ارزیابی جذابیت فناوری‌ها و نیز معیارهای ارزیابی توان‌مندی شرکت در به‌کارگیری این فناوری‌ها با مروری بر ادبیات مدیریت فناوری استخراج شد. سپس با استفاده از پنل خبرگان امتیازات هر فناوری محاسبه شد. موقعیت هر فناوری در نمودار دو بعدی در قالب ماتریس جذابیت -توان‌مندی ترسیم شد. بدین ترتیب با توجه به نتایج مندرج در شکل۵ فناوری هایی که امتیاز جذابیت-توانمندی بالاتری نسبت به سایر فناوری ها دارند (گوشه بالای سمت چپ) می توانند به عنوان فناوری های کلیدی سازمان با اولویت بالاتری مدنظر قرار گیرند. از این رو از میان سه سبد مشخص شده از فناوری ها، سبد فناوری های اول و دوم به شرح زیر می توانند به‌عنوان سبد فناوری‌های دارای اولویت سازمان مطرح گردند:

- مسدودکننده‌های مکانیکی (پلاگ سیمانی، پلاگ فلزی و....)
- راندن آستری و مسدودسازی مشبک‌ها
- حفاری حفره کنارگذر
- وصله لوله جداری
- توپک دوپا
- حفر چاه افقی
- ژل پلیمر
- پلیمرهای خطی و ترکیبات شبکه‌ای نشده (اصلاح کننده‌های تراوایی نسبی)

نظر به تجارب پیشین سازمان در به‌کارگیری فناوری‌های مکانیکی مندرج در سبد اول فناوری‌ها و با عنایت به استراتژی توسعه فناوری سازمان مبنی بر توسعه فناوری‌هایی با سطح آمادگی فناوری[18] پایین‌تر، توسعه فناوری «ژل پلیمر» و « پلیمرهای خطی و ترکیبات شبکه‌ای نشده» به‌منظور کنترل آب تولیدی در مخزن مورد مطالعه پیشنهاد گردید. در خصوص فناوری‌های یادشده لازم به‌ذکر است که شرایط دما، فشار و شوری مخزن محدودیت خاصی برای آنها ایجاد نمی‌کند. بنابر این در نواحی که جریان بین‌لایه‌ای وجود نداشته یا ضعیف بوده می‌توان از ژل پلیمر و در نواحی دارای جریان بین‌لایه‌ای از نوع پلیمر خطی و ترکیبات شبکه‌ای نشده استفاده نمود. پیشنهاد می شود در ابتدا با انجام مطالعات جامع و بررسی داده های مخزن و چاه‌ها در مدل به روز شده مخزن مورد مطالعه، تعدادی از چاه های میدان به همراه فناوری متناسب با آن (ژل پلیمر/ پلیمر خطی) شناسایی گردد. سپس آزمایشات ایستا و پویا جهت انتخاب فرمولاسیون بهینه انجام شده و در مرحله بعد شبیه سازی در مقیاس های چاه، سکتور و میدان انجام گردد. با انجام موارد یاد شده چاه مناسب با فرمول نهایی شده انتخاب و مطالعات افزایش مقیاس جهت ساخت ماده مورد نظر در مقیاس صنعتی شروع می گردد. در نهایت مراحل اجرای عملیاتی بر اساس برنامه جامع تدوین شده انجام و پایش جهت بررسی عملکرد فناوری در مخزن مورد نظر انجام خواهد شد.

با توجه به ضرورت آشنایی خبرگان پژوهش با فناوری‌های شناسایی شده و نیز ضرورت آشنایی با مشخصات فنی-عملیاتی میدان، تعداد خبرگان این پژوهش محدود بوده است. محرمانگی اطلاعات میدان و عدم دسترسی مستقیم به برخی از خبرگان نیز بر این محدودیت افزوده است.

به‌کارگیری رویکرد مدیریت فناوری به‌منظور ارزیابی و غربالگری اولیه فناوری‌های مناسب کنترل آب پیش از مطالعات آزمایشگاهی شبیه‌سازی و پایلوت که زمان بر و هزینه بر هستند انجام می‌پذیرد. ضمن آن که در فرآیند ارزیابی فناوری‌ها و در چارچوب ارزیابی جذابیت-توان‌مندی، سایر جنبه‌های قانونی، زیست‌محیطی، اقتصادی، بازار و ... و نیز اثرات ورود فناوری جدید به اکوسیستم صنعتی موجود و تعامل فناوری جدید با سایر اجزای صنعت نیز به‌عنوان یک جزء حیاتی در توسعه فرآیند فناوری

[18] TRL-Technology Readiness Level

Accepted Paper

مورد ملاحظه قرار می‌گیرد. رویکرد ارائه شده در این پژوهش را می‌توان برای ارزیابی کلان و انتخاب اولیه فناوری‌ها در سایر چالش‌ها در حوزه بالادستی در صنایع نفت و گاز نیز به‌کار گرفت.

تشکر و قدردانی

از پردیس پژوهش و توسعه صنایع بالادستی و پژوهشکده ازدیاد برداشت از مخازن نفت و گاز پژوهشگاه صنعت نفت به سبب نظرات ارزشمند و همکاری بی دریغ ایشان در پیشبرد این پژوهش قدردانی می گردد.

Accepted Paper

مراجع

[1] Daneshy,A.(2001).Water management from production to disposal, Daneshy Consultants International, presented Oct. 18, 2001 – West Coast PTTC Workshop

[2] Liu, Y., Lu, H., Li, Y., Xu, H., Pan, Z., Dai, P., ... & Yang, Q. (2021). A review of treatment technologies for produced water in offshore oil and gas fields. *Science of the Total Environment*, *775*, 145485.

[۳] صراف زاده، محمدحسین؛ رضایی، بیژن؛ نخعی، علی (۲۰۱۶) استفاده مجدد از آب تولیدی در میادین نفت و گاز. *نشریه علمی فرآیند نو*, *۱۱*(۵۴)، ۵-۱۵.

[۴] غلام زاده، محمدامین، ابدالی لرکی، محسن، جهاندیده، نصرت، وهاشمی، پیمان. (۱۳۸۷). مدیریت و دفع آب همراه تولیدی از مخازن نفت و گاز و راهکارهای مناسب زیست‌محیطی. همایش زمین شناسی کاربردی و محیط زیست.https://sid.ir/paper/811838/fa

[۵] حسن زاده،گرامی، شهاب؛ پرهام وند، محمدهادی. (۲۰۱۷). بررسی پدیده مخروطی شدن آب در یکی از مخازن گازی شکافدار ایران. *پژوهش نفت ۲۷* (۲-۹۶) ۱۸۳-۱۹۵.

[6] Zahedzadeh, M., Karambeigi, M. S., Roayaei, E., Emadi, M. A., Radmehr, M., Gholamianpour, H., Ashoori, S. & Shokrollahzadeh, S. (2014). Comprehensive management of mineral scale deposition in carbonate oil fields–A case study. *Chemical Engineering Research and Design*, *92*(11), 2264-2272. https://doi.org/10.1016/j.cherd.2014.03.014

[7] Taheri, A., Zahedzadeh, M., Masoudi, R., Ataei, A.R., and Fakhri, H., (2011) "Simulation and Experimental Studies of Mineral Scale Formation Effects on Performance of an Iranian Carbonate Oil Reservoir under Water Injection", *Iran J. Chem. & Chem. Eng.* Vol.30

[8] Fakhru'l-Razi, A., Pendashteh, A., Abdullah, L. C., Biak, D. R. A., Madaeni, S. S., & Abidin, Z. Z. (2009). Review of technologies for oil and gas produced water treatment. *Journal of hazardous materials*, *170*(2-3), 530-551. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.05.044

[9] Igunnu, E. T., & Chen, G. Z. (2014). Produced water treatment technologies. *International journal of low-carbon technologies*, *9*(3), 157-177. s://doi.org/10.1093/ijlct/cts049

[10] Bailey, B., Crabtree, M., Tyrie, J., Elphick, J., Kuchuk, F., Romano, C., & Roodhart, L. (2000). Water control. *Oilfield review*, *12*(1), 30-51.

[11] Veil, J. A., & Clark, C. E. (2009). Produced water volumes and management practices. *US Department of Energy Technology Laboratory*, 7

[12] Cañas-Marín, W. A., & Sánchez-Pérez, A. P. (2020). Prediction of live formation water densities from petroleum reservoirs with pressure-dependent seawater density correlations. Dyna, 87(213), 165-172.

[13] Scanlon, B. R., Reedy, R. C., Xu, P., Engle, M., Nicot, J. P., Yoxtheimer, D., ... & Ikonnikova, S. (2020). Can we beneficially reuse produced water from oil and gas extraction in the US. *Science of The Total Environment*, *717*, 137085.

[14] Hill, F., Monroe, S., & Mohanan, R. (2012, March). Water management-An increasing trend in the oil and gas industry. In *SPE/EAGE European Unconventional Resources Conference and Exhibition*. OnePetro.

[15] El-Karsani, K. S., Al-Muntasheri, G. A., & Hussein, I. A. (2014). Polymer systems for water shutoff and profile modification: a review over the last decade. *Spe Journal*, *19*(01), 135-149.

[16] Permana, D., Fakhrizal, F., & Nurwibowo, M. P. (2013, October). Selection Criteria for Successful Water Shut-Off Treatment-Brown Field Success Story. In *SPE Asia Pacific Oil and Gas Conference and Exhibition* (pp. SPE-165753). SPE.

[17] Mennella, A., Chiappa, L., Lockhart, T. P., & Burrafato, G. (1999, May). Candidate and chemical selection rules for water shutoff polymer treatments. In *SPE European Formation Damage Conference and Exhibition* (pp. SPE-54736). SPE.

[18] Joseph, A., & Ajienka, J. A. (2010, July). A review of water shutoff treatment strategies in oil fields. In *SPE Nigeria Annual International Conference and Exhibition* (pp. SPE-136969). SPE.

[19] Dubinsky, G., Andreev, V., & Fedorov, K. (2017, October). Comprehensive selection of reagents and technologies for shut off in gas producers. In *SPE Russian Petroleum Technology Conference?* (p. D033S033R004). SPE.

[20] DeRosa, S. E., & Allen, D. T. (2016). Impact of New manufacturing technologies on the petrochemical industry in the United States: A methane-to-aromatics case study. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, *55*(18), 5366-5372.

[۲۱] اثباتی، حسین؛ کریمیان، امیرهوشنگ؛ آقاپور ، حمید (۱۳۹۵) آشنایی با مبانی و الگوهای تدوین استراتژی تکنولوژی: همراه با مطالعه موردی در سه حوزه صنعتی، تهران: نشر آینده پژوه

[22] Shehabudeen, N., Probert, D., and Phaal, R. (2006) From Theory to Practice: Challenges in Operationalizing a Technology Selection Framework *Technovation*, Vol. 26, p. 324–335

[۲۳] آراستی، محمدرضا؛ کریمپور کلو، احمد؛فیروزفر،بزرگمهر (۱۳۹۴) طراحی مدلی برای ارزیابی فناوری در گستره شبکه زنجیره تأمین یک بنگاه مادر؛ *سیاست علم و فناوری*، ۸(۴)، ۴۱-۵۵

[24] Coates, J. F. (1976). The role of formal models in technology assessment. *Technological forecasting and social change*, *9*(1-2), 139-190.
[25] Nezhad, A. J., Nikoukar, G. H., & Habibi, M. (2013). A suitable model for formulating technology strategy (case study: A car parts manufacturer in iran khodro company). *International Journal of Learning and Development*, *3*(4), 96-107: http://dx.doi.org/10.5296/ijld.v3i4.4246
[26] Sadeghi Moghadam, M. R., Noferesti, R., & Farahani, A. (2022). Analyzing the Capability-attractiveness Matrix for Emerging Technologies in Iran's Humanitarian Supply Chain. *Industrial Management Journal*, *14*(4), Doi: 565-594. 10.22059/IMJ.2022.343062.1007944
[27] Daim, T., Yates, D., Peng, Y., & Jimenez, B. (2009). Technology assessment for clean energy technologies: The case of the Pacific Northwest. *Technology in Society*, *31*(3), 232-243. https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2009.03.009
[28] Ebrahimi, M., Baerz, A. M., Hosseini, S. H. K., & Azar, A. (2013). A new model of petrochemical technology strategic planning. *International Journal of Business Administration*, *4*(2), 57. http://dx.doi.org/10.5430/ijba.v4n2p57
[29] Dabbaghi, A. (2020). Utilization of grey madm methodology in technology attractiveness assessment: a case study in upstream industry. *Independent Journal of Management & Production*, *11*(7), 2872-2887.
[30] Mohammadzadeh, S., Mokhtarzadeh, N., & Rasaei, M. R. (2021). Strategic technologies selection for oil production: An application of attractiveness-capability matrix of technology. *Iranian Journal of Oil and Gas Science and Technology*, *10*(1), 66-79. https://doi.org/10.22050/ijogst.2020.231146.1551
[31] Sydansk, R. D., & Romero-Zeron, L. (2011). Reservoir conformance improvement: an interdisciplinary approach to topics in petroleum engineering and geosciences. *Richardson: Society of Petroleum Engineers*.
[32] Seright, R. S., Lane, R. H., & Sydansk, R. D. (2003). A strategy for attacking excess water production. *SPE Production & Facilities*, *18*(03), 158-169. https://doi.org/10.2118/84966-PA
[33] Taha, A., & Amani, M. (2019). Overview of water shutoff operations in oil and gas wells; chemical and mechanical solutions. *ChemEngineering*, *3*(2), 51. https://doi.org/10.3390/chemengineering3020051
[34] Kabir, A. H. (2001, October). Chemical Water & Gas Shutoff Technology–An Overview. In *SPE International Improved Oil Recovery Conference in Asia Pacific* (pp. SPE-72119). SPE. https://doi.org/10.2118/72119-MS
[35] Norman, C., Turner, B., Romero, J. L., Centeno, G., & Muruaga, E. (2006, August). A review of over 100 polymer gel injection well conformance treatments in Argentina and Venezuela: Design, Field implementation, and Evaluation. In *SPE International Oil Conference and Exhibition in Mexico* (pp. SPE-101781). SPE. https://doi.org/10.2118/101781-MS
[36] Willhite, G. P., & Pancake, R. E. (2008). Controlling water production using gelled polymer systems. *SPE Reservoir Evaluation & Engineering*, *11*(03), 454-465.
[37] Jain, P., Sharma, V., Raju, A. V., & Patra, S. K. (2000, October). Polymer gel squeeze for gas shutoff, water shutoff and injection profile improvement in bombay high pilot wells. In *SPE Asia Pacific Oil and Gas Conference and Exhibition* (pp. SPE-64437). SPE.
[38] Aalaie, J., Vasheghani-Farahani, E., Rahmatpour, A., & Semsarzadeh, M. A. (2008). Effect of montmorillonite on gelation and swelling behavior of sulfonated polyacrylamide nanocomposite hydrogels in electrolyte solutions. *European polymer journal*, *44*(7), 2024-2031. https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2008.04.031
[39] Aalaie, J., Alvand, E., Hemmati, M., & Sajjadian, V. A. (2015). Preparation and probing of the steady shear flow and viscoelastic properties of weakly crosslinked hydrogels based on sulfonated polyacrylamide for oil recovery applications. *Polymer Science Series A*, *57*, 680-687. https://doi.org/10.1134/S0965545X15050016
[40] Sydansk, R. D., & Seright, R. S. (2007). When and where relative permeability modification water-shutoff treatments can be successfully applied. *SPE Production & Operations*, *22*(02), 236-247. https://doi.org/10.2118/99371-PA
[41] Bai, B., Li, L., Liu, Y., Liu, H., Wang, Z., & You, C. (2007). Preformed particle gel for conformance control: factors affecting its properties and applications. *SPE Reservoir Evaluation & Engineering*, *10*(04), 415-422. https://doi.org/10.2118/89389-PA
[42] Zaitoun, A., Kohler, N., Bossie-Codreanu, D., & Denys, K. (1999, October). Water shutoff by relative permeability modifiers: lessons from several field applications. In *SPE Annual Technical Conference and Exhibition?* (pp. SPE-56740). SPE. https://doi.org/10.2118/56740-MS
[43] Coste, J. P., Liu, Y., Bai, B., Li, Y., Shen, P., Wang, Z., & Zhu, G. (2000, April). In-Depth Fluid Diversion by Pre-Gelled Particles. Laboratory Study and Pilot Testing. In *SPE Improved Oil Recovery Conference* (pp. SPE-59362). SPE.SPE 59362.,2000. https://doi.org/10.2118/59362-MS
[44] Stavland, A., Andersen, K. I., Sandoey, B., Tjomsland, T., & Mebratu, A. A. (2006, April). How to apply a blocking gel system for bullhead selective water shutoff: from laboratory to field. In *SPE Improved Oil Recovery Conference* (pp. SPE-99729). SPE. https://doi.org/10.2118/99729-MS

[45] Zaitoun, A., Tabary, R., Rousseau, D., Pichery, T., Nouyoux, S., Mallo, P., & Braun, O. (2007, February). Using microgels to shut off water in a gas storage well. In *SPE International Conference on Oilfield Chemistry* (pp. SPE-106042). SPE. https://doi.org/10.2118/106042-MS
[46] Ogunberu, A. L., & Asghari, K. (2005). Water permeability reduction under flow-induced polymer adsorption. *Journal of Canadian Petroleum Technology*, *44*(11). https://doi.org/10.2118/05-11-06
[47] Mishra, S., Bera, A., & Mandal, A. (2014). Effect of polymer adsorption on permeability reduction in enhanced oil recovery. *Journal of Petroleum Engineering*, *2014*. https://doi.org/10.1155/2014/395857
[48] Zitha, P. L. J., Van Os, K. G. S., & Denys, K. F. J. (1998, April). Adsorption of Linear Flexible Polymers During Laminar Flow Through Porous Media. In *SPE Improved Oil Recovery Conference* (pp. SPE-39675). SPE. https://doi.org/10.2118/39675-MS
[49] Cohen, Y., & Christ, F. R. (1986). Polymer retention and adsorption in the flow of polymer solutions through porous media. *SPE Reservoir Engineering*, *1*(02), 113-118. https://doi.org/10.2118/12942-PA
[50] Sodeifian, G., Daroughegi, R., & Aalaie, J. (2015). Study of adsorptive behavior of sulfonated polyacrylamide onto carbonate rock particles to enhance oil recovery. *Korean Journal of Chemical Engineering*, *32*, 2484-2491. https://doi.org/10.1007/s11814-015-0112-0
[51] Wang, W., Liu, Y., & Gu, Y. (2003). Application of a novel polymer system in chemical enhanced oil recovery (EOR). *Colloid and Polymer Science*, *281*, 1046-1054. https://doi.org/10.1007/s00396-003-0873-6
[52] Urdaneta, J. A., Arroyave, J. M., Jones, P., Amaya, J. L., Coral, A., & Hernandez, H. (2014, May). Novel gas shutoff resin system for well abandonment applications in Colombia: a case history. In *SPE Latin America and Caribbean Petroleum Engineering Conference* (p. D011S003R001). SPE. doi: 10.2118/169400-ms.
[53] Gogarty, W. B. (1967). Rheological properties of pseudoplastic fluids in porous media. *Society of Petroleum Engineers Journal*, *7*(02), 149-160. https://doi.org/10.2118/1566-A
[54] Alvarado, D., & Marsden Jr, S. S. (1979). Flow of oil-in-water emulsions through tubes and porous media. *Society of Petroleum Engineers Journal*, *19*(06), 369-377. https://doi.org/10.2118/5859-PA
[55] Raiders, R. A., Maher, T. F., Knapp, R. M., & McInerney, M. J. (1986, October). Selective plugging and oil displacement in crossflow core systems by microrganisms. In *SPE Annual Technical Conference and Exhibition* (pp. SPE-15600). SPE. https://doi.org/10.2118/15600-MS
[56] Harwell, J. H., & Scamehorn, J. F. (1988). *U.S. Patent No. 4,745,976*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
[57] McAuliffe, C. D. (1973). Oil-in-water emulsions and their flow properties in porous media. *Journal of petroleum technology*, *25*(06), 727-733. https://doi.org/10.2118/4369-PA
[۵۸] کریمی، مجتبی؛ پروازدوانی، محمد؛ مومنی، علیرضا؛ ندری پری، مهدی؛ مطهری، سید مهدیا؛ صفری بیدختی، محسن؛ فیروزی نیا، حامد (۱۳۹۷) افزایش تولید چاه محور: مشکلات تولید، علت یابی و ارائه راه حل‌ها، نشر ستایش
[۵۹] سلیمانی، پیام (۲۰۱۷) حفاری افقی در آمریکای شمالی و خاورمیانه، *ماهنامه تخصصی نفت و انرژی چشم انداز نفت*
[۶۰] حسن آبادی، مرتضی؛ بهشتی اصل، ندا؛ شمساپور، نیما (۱۳۹۵)"چاه و میدان هوشمند و کاربردهای آن در صنعت نفت ایران"، معاونت پژوهش‌های زیربنایی و امور تولیدی، دفتر مطالعات انرژی صنعت و معدن، کد موضوعی ۳۱۰، شماره مسلسل ۱۵۱۱۱
[۶۱] سریخانی، محمدحسین، و عاملی، فروغ. (۱۳۹۸). مروری بر فناوری جداسازی آب از نفت در ته چاه. *مهندسی شیمی ایران*، ۱۸(۱۰۶)، ۶-۱۷. SID. https://sid.ir/paper/379421/fa
[62] Jolly, D. R. (2012). Development of a two-dimensional scale for evaluating technologies in high-tech companies: An empirical examination. *Journal of Engineering and Technology Management*, *29*(2), 307-329. https://doi.org/10.1016/j.jengtecman.2012.03.002
[63] Ernst, H. (1997). The use of patent data for technological forecasting: the diffusion of CNC-technology in the machine tool industry. *Small business economics*, *9*, 361-381. https://doi.org/10.1023/A:1007921808138
[64] Hax, A. C., & Majluf, N. S. (1996). The strategy concept and process: a pragmatic approach (Vol. 2, pp. 360-375). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
[65] Bond III, E. U., & Houston, M. B. (2003). Barriers to matching new technologies and market opportunities in established firms. *Journal of product innovation management*, *20*(2), 120-135. https://doi.org/10.1111/1540-5885.2002005
[66] Wu, C. Y. (2014). Comparisons of technological innovation capabilities in the solar photovoltaic industries of Taiwan, China, and Korea. *Scientometrics*, *98*(1), 429-446. https://doi.org/10.1007/s11192-013-1120-7
[67] Hax, A. C., & Majluf, N. S. (1983). The use of the industry attractiveness-business strength matrix in strategic planning. *Interfaces*, *13*(2), 54-71. https://doi.org/10.1287/inte.13.2.54
[68] Jolly, D. (2003). The issue of weightings in technology portfolio management. *Technovation*, *23*(5), 383-391. https://doi.org/10.1016/S0166-4972(02)00157-8
[69] Lall, S. (1992). Technological capabilities and industrialization. *World development*, *20*(2), 165-186. https://doi.org/10.1016/0305-750X(92)90097-F
[70] Vaidya, O. S., & Kumar, S. (2006). Analytic hierarchy process: An overview of applications. *European Journal of operational research*, *169*(1), 1-29.

[۷۱] اصغرپور، محمدجواد (۱۳۹۲) «تصمیم گیری‌های چندمعیاره» انتشارات دانشگاه تهران، چاپ ۱۱
[۷۲] وثوقی شهرام, چالاک محمدحسین, رستم زاده سجاد, جهان پناه منوچهر و ابراهیمی حسین. (۱۳۹۹). تجزیه و تحلیل علل حوادث سقوط از ارتفاع در پروژه‌های ساختمانی با رویکرد تحلیل سلسله مراتبی(AHP)، *فصلنامه بهداشت و ایمنی کار*
[73] Javadi, S. M., Ghanbari, A. M., & Anisi, A. (2018). Financial Performance Evaluation of the Gas Distribution Companies of National Iranian Gas Company. *Petroleum Business Review*, *2*(2), 2-13.
[74] Prommachan, W., Surin, P., Srinoi, P., & Pipathattakul, M. (2024). Selection Criteria for Evaluating Predictive Maintenance Techniques for Rotating Machinery using the Analytic Hierarchical Process (AHP). *Engineering, Technology & Applied Science Research*, *14*(1), 13058-13065.
[۷۵] آراستی،محمدرضا؛ مختارزاده، نیماژغ خانلری، امیر (۱۳۹۲). ارائه مدل یکپارچه تدوین استراتژی تکنولوژی مبتنی بر رویکرد موقعیت‌یابی. *چشم‌انداز مدیریت صنعتی*, ۳(۲), ۱۸۵-۲۰۹.
[۷۶] کاظمی، مصطفی (۲۰۰۹). نگرشی کاربردی به مدل‌های تدوین استراتژی شرکت‌ها براساس پارادایم تجویزی. *صنعت و کارآفرینی*, ۴۰.
[۷۷] اخروی، امیرحسین؛ شکیبامنش، علیرضا (۲۰۱۹). ارائه مدل تدوین نقشه راه فناوری‌های یک سامانه پیشرفته. *فصلنامه مدیریت توسعه فناوری*, ۷(۱), ۹۱-۱۱۸.
[78] Jolly, D. R. (2008). Chinese vs. European views regarding technology assessment: Convergent or divergent. *Technovation*, *28*(12), 818-830. https://doi.org/10.1016/j.technovation.2008.09.001
[79] Hax, A. C., & No, M. (1993). Linking technology and business strategies: a methodological approach and an illustration. In *Perspectives in Operations Management: Essays in Honor of Elwood S. Buffa* (pp. 133-155). Boston, MA: Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-3166-1_8
[80] UNIDO, Technology Foresight Manual, vol. 1, 2005 Vienna.
[81] Ghazinoory, S., Divsalar, A., & Soofi, A. S. (2009). A new definition and framework for the development of a national technology strategy: The case of nanotechnology for Iran. *Technological Forecasting and Social Change*, *76*(6), 835-848.

Evaluation of Produced Water Control Technologies Using the Technology Management Approach in an Iranian Oil Field

Oil and gas production is usually associated with the production of relatively large amounts of water. As the life of the field increases, water production and related problems such as the losing a large part of the hydrocarbon reserves, decrease in oil production, increase in production costs, formation damages, etc. also increase; So far, excessive water production has been considered as one of the main challenges of mature fields. In this research, in order to screen the appropriate technology for solving the excessive produced water problem in one of the Iranian south oil fields, required technologies were identified and prioritized by employing the comprehensive approach. This approach was employed before conducting laboratory tests, simulation study, and pilot operation to save money and time. Therefore, before focusing on technical details, other contributing factors such as economy, environment, political/social aspects, market, technical capacities, and the effects of new technology entering the existing industrial ecosystem and finally the interaction of new technology with other industry components as a vital part in the technology development process were considered. Technology evaluation using the above-mentioned approach helps the organization's technology strategy development process. In order to perform the above methodology, sixteen technologies were identified in two categories of chemical and mechanical by reviewing scientific references and field preliminary data to reduce or eliminate excessive produced water. Fifteen attractiveness criteria and six criteria for evaluating the company's capability of using them were identified. These criteria were localized and weighted using the literature of technology management and experts' opinions. Using the questionnaire, data related to each technology was collected from the perspective of each criterion. Therefore, the position of the technology in the attractiveness-capability matrix was determined; "Mechanical plugs (cement bridge, etc.)", "Short liner", "side track", "casing patch", "Straddle Packer", "Horizontal drilling" and "Polymer gel" were determined as the technology portfolio for the organization and proposed as candidates for future detailed studies.

Keywords: Water Management, Produced Water, Technology Evaluation, Technology Attractiveness Assessment, attractiveness-capability matrix,