

چاه و میدان هوشمند و کاربردهای آن در صنعت نفت ایران

کد موضوعی: ۳۱۰

شماره مسلسل: ۱۵۱۱۱

آبان ماه ۱۳۹۵

معاونت پژوهش‌های زیربنایی و امور تولیدی
دفتر: مطالعات انرژی، صنعت و معدن

به نام خدا

فهرست مطالب

۱.....	چکیده.....
۲.....	مقدمه.....
۵.....	۱. تعریف صورت مسئله هوشمندی و ارائه راه‌حل‌های کاربردی در صنعت نفت ایران.....
۹.....	۲. مزایا و سطوح تکنولوژی چاه هوشمند در صنعت نفت و محیط زیست.....
۱۲.....	۳. چالش‌های پیاده‌سازی تکنولوژی چاه هوشمند.....
۱۲.....	۴. ضرورت اجرای پروژه هوشمندی در صنعت نفت ایران.....
۱۴.....	۵. خلاصه مراحل و نحوه اجرای پروژه هوشمندی در یک مدل واقعی.....
۱۶.....	۶. ارزیابی اقتصادی میدان هوشمند با میدان سنتی.....
۱۷.....	جمع‌بندی و نتیجه‌گیری.....
۱۸.....	منابع و مآخذ.....



چاه و میدان هوشمند و کاربردهای آن در صنعت نفت ایران

چکیده

یکی از تکنولوژی‌های نو و تأثیرگذار بر صنعت نفت که به شکلی فزاینده در حال 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 این رو برای کنترل بهینه تولید، از تکنولوژی چاه هوشمند استفاده می‌شود که استفاده از این تکنولوژی سبب می‌شود با رفتارهای مختلف سنگ و سیال، واکنش‌های متناسب صورت پذیرد. همچنین این مشخصات ویژه و مزایای تکنولوژی سبب شده است که بسیاری از شرکت‌های بزرگ نفتی دنیا در برنامه‌های بلندمدت خود رویکرد جدی نسبت به این تکنولوژی داشته باشند به طوری که خیلی از شرکت‌های بزرگ نفتی استفاده از تکنولوژی مخازن و چاه هوشمند را در برنامه‌های اصلی این دهه خود لحاظ کرده‌اند و به نظر می‌رسد با حجم گسترده فعالیت‌هایی که در این زمینه در حال انجام است به زودی فضای این تکنولوژی، بر تمامی صنعت نفت دنیا حاکم شود لذا بهتر است که با آمادگی کامل به استقبال این تکنولوژی جدید برویم. به همین خاطر شناسایی، امکان‌سنجی فنی و اقتصادی و برنامه‌ریزی استراتژیک برای اجرای این تکنولوژی برای تمام شرکت‌های تولیدی در صنعت نفت کشور ضروری و اجتناب‌ناپذیر می‌باشد.

مقدمه

بهینه‌سازی تولید از میادین هیدروکربوری یکی از دغدغه‌های اصلی مدیریت مخازن نفت و گاز است. در این راستا از تکنولوژی چاه‌های هوشمند که در دهه اخیر توسعه یافته، استفاده می‌شود.

تکنولوژی مخازن هوشمند از آن دسته تکنولوژی‌هایی است که با تمرکز بر سطوح مختلف پایش و کنترل، تلاش دارد مدیریت مخزن را به صورت پیوسته بهبود داده و سبب بهینه شدن توابع هدف در سناریوهای مختلف تولید از میادین هیدروکربوری مختلف شود.

البته یک چاه زمانی هوشمند است که در طی عمر خود بتواند ارزش افزوده (افزایش تولید نفت و کاهش عوامل ناخواسته مانند آب و گاز) ایجاد کند. بهره‌برداری از چاه‌های هوشمند با چاه‌های متداول متفاوت است. در چاه‌های هوشمند، با توجه به اطلاعات حاصل از حسگرهای نصب شده در درون چاه، نظارت و تفسیر شرایط عملیاتی انجام می‌شود. بدین ترتیب کاربر می‌تواند شرایط حاکم بر چاه را پایش کند. همچنین در این تکنولوژی براساس اطلاعات جمع‌آوری شده، اعمال تصمیم به هنگام، با نصب عملگرهای کنترلی و شیرهای کنترل هوشمند، بهینه کردن فرآیند تولید صورت می‌گیرد.

از جمله چالش‌های مهم این تکنولوژی، به دست آوردن تنظیمات بهینه برای شیرهای کنترل هوشمند^۱ به عنوان مهمترین عملگر در این تکنولوژی است. عملیات پایش مستمر از طریق فیبرها و حسگرهای درون چاهی و عملیات کنترل از طریق

1. Intelligent Control Valves (ICVs).



شیرهای مختلف درون چاهی انجام می‌پذیرد. با توجه به این اهمیت و مشخصه‌های ارائه شده، بیش از نود درصد (۹۰٪) از شرکت‌های موجود در صنعت نفت دنیا حدوداً پانزده سال می‌باشد که در حال به‌کارگیری و توسعه تکنولوژی هوشمندی می‌باشند. جدول ۱ تاریخچه استفاده از این تکنولوژی در میدان نفتی دنیا را ارائه می‌نماید.

جدول ۱. تاریخچه استفاده از تکنولوژی چاه‌ها و میدان هوشمند در جهان

سال	وقایع
۱۹۸۰ تا اوایل دهه ۱۹۹۰	- نصب حسگرهای دما و فشار به‌منظور پایش مداوم - پژوهش در زمینه ابزار و مفاهیم تکنولوژی چاه هوشمند برای اولین بار توسط شرکت OTIS در سال ۱۹۸۵ میلادی
۱۹۹۳	نصب اولین حسگر نوری دما/ فشار درون چاهی توسط شرکت Weatherford
۱۹۹۴	بررسی امکان‌سنجی تکمیل چاه هوشمند و ارائه سیستم تحلیل مدیریت مخزن کنترل شده از سطح توسط شرکت PES
۱۹۹۶	- نصب آزمایشی سیستم تحلیل مدیریت مخزن کنترل شده از سطح توسط شرکت PES - استفاده از تکنیک چاه‌های هوشمند در چاه‌های فراساحلی
۱۹۹۷	نصب اولین سیستم چاه هوشمند با سیستم SCRAMS توسط شرکت‌های PES و هالیبرتون در میدان SAGA نروژ
۱۹۹۸	- تمایل شرکت‌های بیشتر جهت استفاده از این فناوری در میدان‌های نفتی - استفاده از این فناوری و نصب اولین حسگرهای فیبرنوری در میدان Oseberg در دریای شمال توسط شرکت Norsk Hydro
۲۰۰۴	- نصب تعداد ۱۳۰ حلقه چاه هوشمند بنا به آمار شرکت WellDynamics
۲۰۰۵	- نصب تعداد ۱۵۵ حلقه چاه هوشمند بنا به آمار شرکت WellDynamics
۲۰۰۶	- شرکت بیکرهیوز در سال ۲۰۰۶ در زمینه چاه هوشمند در یک پروژه دریایی فوق عمیق در خلیج مکزیک با عمق آب ۲۵۰۰ متر و با احتمال وجود جریان‌های حلقوی قدرتمند شروع به کار کرد.

سال	وقایع
۲۰۱۰ تاکنون	- شرکت هالیبرتون ۳۶ مورد پروژه‌های تکمیل چاه هوشمند از اکتبر ۲۰۱۰ را در مناطق مختلفی از جمله اندونزی، کویت، عمان، نروژ، روسیه، برزیل و کانادا انجام داده است.
۲۰۱۴	شرکت بیکرهیوز در سال ۲۰۱۴ در خاورمیانه اولین گزارشات مربوط به پروژه چاه هوشمند تمام الکتریکی ۸ زونی در جهان را انتشار داد.

شرکت‌های ذکر شده در جدول ۱ از جمله شرکت‌های نفتی حال حاضر در منطقه خاورمیانه می‌باشند که از این تکنولوژی، حتی در پایین‌ترین سطح هوشمندی استفاده می‌نمایند.

برای مثال، در کشور قطر از سال ۲۰۱۱ تاکنون، تمامی چاه‌های نفتی حفاری شده دارای سیستم‌های هوشمند می‌باشند، منظور از سیستم‌های هوشمند، حتی سطح اول هوشمندی یعنی؛ پایش مستمر درون‌چاهی و در مراحل پیشرفته‌تر، کنترل و بهینه‌سازی با هدف رسیدن به مدیریت مخازن نفتی می‌باشد.

به‌طور مشابه در کشور عمان و امارات متحده عربی نیز بیش از نود درصد (۹۰٪) از چاه‌های جدیدالتأسیس مجهز به تکنولوژی هوشمند می‌باشند.

با مشاهده اینکه تمامی کشورهای مجاور و دارای میادین مشترک با ایران از تکنولوژی چاه هوشمند برخوردار هستند و با کمک همین دانش و تکنولوژی تمامی دارایی‌های مشترک با ایران را بدون اینکه کوچک‌ترین دخل و تصرفی به آنها داشته باشد، بهره‌برداری کرده و به فروش می‌رسانند، با توجه به نیاز کشور در بالا بردن میزان حجم تولیدات نفتی و همچنین تصمیم تغییر در رویه انجام کار در تولیدات و بهره‌برداری نفت از مخازن نفتی کشور به دلیل کاهش سطح نفت در مخازن موجود در



ایران و همچنین دسترسی به میادین مشترک در بلندمدت و افزایش درآمدهای حاصل از تولیدات نفتی، به کارگیری چنین تکنولوژیی با سطوح مختلف هوشمندی که دقیقاً برای رسیدن به همین هدف یعنی؛ بهینه‌سازی تولیدات نفتی پایه‌گذاری شده، ضروری به نظر می‌رسد.

۱. تعریف صورت مسئله هوشمندی و ارائه راه‌حل‌های کاربردی در صنعت نفت ایران

تکنولوژی چاه هوشمند، یکی از مهمترین پیشرفت‌ها در تکنولوژی تولید نفت در دهه اخیر بوده است. این تکنولوژی را می‌توان فلسفه‌ای جدید یا پارادایمی نامید که با نگاه به روش‌های گذشته، طرحی نو در انداخته و مانند فناوری اطلاعات^۱ چنان بر این صنعت تأثیر گذاشته که در بعضی از متون، از آن به‌عنوان نسل جدید میادین نفتی^۲ نام می‌برند. این تکنولوژی مجموعه‌ای از فرآیندهای مدیریتی است که ضمن بهینه کردن موردی، آن را به بهینه کردن مستمر تبدیل و از درون مخزن اکتشافی شروع و تا فروش فرآورده‌ها دنبال می‌کند. این تکنولوژی مجموعه‌ای بین‌رشته‌ای،^۳ جامع و به هم پیوسته از فرآیندها، نیروهای انسانی کارآمد، سخت‌افزارها و نرم‌افزارهایی است که با مدل، تولید نفت و گاز را پایش، کنترل و پیش‌بینی می‌کند و پیوسته هر آنچه مدیران، کارشناسان و سیستم‌ها برای تصمیم‌گیری نیاز دارند را در اختیار آنان قرار می‌دهد.

-
1. Information Technology
 2. Next Generation Oil Field
 3. Multi-Disciplinary

۱-۱. تعریف شیرهای کنترلی هوشمند^۱

شیرهای کنترل هوشمند از نظر توانمندی در کنترل خروجی سیال به سه دسته؛ باز/ بسته، شیرهای چند حالت (گسسته) و شیرهایی با بی‌نهایت حالت (پیوسته) تقسیم می‌شوند.

روش‌های برداشت نفت از مخازن نفتی به دو روش ذیل امکانپذیر است:

۱. روش متداول^۲

۲. روش کنترل هوشمند

در روش‌های متداول، برداشت نفت 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 نفت از آن لایه به شدت کاهش می‌یابد و از مقدار بهینه تولید بسیار کمتر می‌شود. ولی یک چاه هوشمند می‌تواند با کنترل از سطح، در هر لحظه، لایه‌ای مناسب برای بهره‌برداری را در تولید فعال و بهره‌برداری از لایه‌ای نامناسب را کاهش دهد. در چاه‌های نفتی مزایای استفاده از شیرهای کنترل هوشمند در مقایسه با روش متداول (غیرکنترلی) بسیار زیاد است. در این خصوص می‌توان به افزایش تولید نفت، کاهش تولید عوامل ناخواسته (آب و گاز)، افزایش ضریب بازیافت^۳ و کاهش هزینه‌های تولید اشاره کرد. چاه هوشمند با داشتن ابزارهای مهمی نظیر شیرهای کنترلی درون‌چاهی، می‌تواند با رفتارهای متفاوت ناشی از ناهمگونی‌های مخزنی برخوردهای متفاوت و متناسبی داشته باشد.

-
1. ICVs
 2. Conventional
 3. Recovery Factor



۱-۲. روش‌های بهینه‌سازی چاه هوشمند

اولین گام و یکی از پارامترهای بسیار مهم در هوشمندی، تعیین و بهینه‌سازی تعداد شیرهای کنترلی مورد نیاز در یک چاه هوشمند است. همان‌طور که در ابتدا ارائه شد، بهینه‌سازی عملکرد چاه هوشمند نیازمند بهینه‌سازی پارامترهای شیرهای کنترلی درون چاهی به‌عنوان جزء اصلی و قلب سیستم تکمیل درون چاهی می‌باشد. این پارامترها شامل تعداد، مکان و عملکرد شیرهای کنترلی درون چاهی می‌باشند. زیاد بودن تعداد شیرهای کنترلی، علی‌رغم کنترل بهتر و افزایش تولید، منجر به افزایش هزینه‌ها شده و تعداد کم آنها می‌تواند سبب شود که انعطاف کافی برای کنترل مؤثر فراهم نشود، لذا باید در انتخاب بهینه شیرهای کنترلی هوشمند دقت کافی به‌عمل آید. در ادامه هر یک از این پارامترها مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۱-۲-۱. پارامترهای مکان و تعداد شیرهای کنترلی

جاگذاری بهینه شیرهای کنترلی، تابعی از اطلاعات در دسترس و اعتباری است که این داده‌ها از نظر مهندسان مخزن دارند. علاوه بر تجربه مهندسان، شبیه‌سازی مخزن نیز گزینه‌ای است که در فهم بهتر موضوع به کارشناسان کمک می‌نماید. همچنین داشتن اطلاعات کافی از زمین‌شناسی مخزن و ته چاه می‌تواند در تعیین مکان مناسب شیرهای کنترلی کمک نماید. در مجموع، روش‌هایی همچون روش آزمون و خطا یعنی؛ تغییر نوع تکمیل چاه و مشاهده نتایج تغییرات نیز در تعیین تعداد و مکان شیرهای کنترلی هوشمند مؤثر هستند.

۲-۱. پارامتر عملکرد شیرهای کنترلی

بعد از تعیین تعداد و مکان شیرهای کنترلی، نحوه عملکرد شیرهای کنترلی نیز باید برای بهینه‌سازی تابع هدف تنظیم شوند. شیرهای کنترلی هوشمند به‌عنوان قلب سیستم هوشمند، وظیفه کنترل اتفاقات درون‌چاهی را برعهده دارند. این شیر کنترل‌ها، با توجه به نیاز و مدل تولید ارائه شده برای شیرهای کنترلی هوشمند توسط مهندسان طراحی هوشمند از میان حالت‌های ممکن برای هر شیر کنترلی، (به‌طور مثال حالت کاملاً باز تا کاملاً بسته، تا حالت‌هایی بینابین حالت‌های دیگر) را برای عملکرد و تولید از چاه‌های نفتی می‌تواند برگزیند. میزان باز و/یا بسته بودن شیرهای کنترلی با توجه به هدف و شرایط عملیاتی و توان تولیدی هر چاه تنظیم می‌شود. بدیهی است که هرچه میزان بازشدگی بیشتر باشد میزان تولید سیالات افزایش می‌یابد اما به همین میزان نیز سیالات ناخواسته (آب و گاز) فرصت تولید را پیدا خواهند کرد که مطلوب یک سیستم عملیاتی نمی‌باشد. همچنین ممکن است تجهیزات و تأسیسات موجود در میدان نفتی توانایی پالایش نفت با میزان آب زیاد و... را نداشته باشند. در مجموع، قابلیت باز یا بسته بودن شیرها با تمامی عوامل و تجهیزات موجود در سیستم تولید قابل مدیریت می‌باشند. همچنین، بازشدگی زیاد شیرهای کنترلی در بازه‌های پُرترِوا یا نواحی با ضریب بهره‌دهی بالا و نواحی پرفشار، مانع از تولید نواحی با ضریب بهره‌دهی پایین و فشار پایین می‌شود و اصطلاحاً آنها را پس می‌زند. از طرف دیگر، بسته شدن بیش از حد شیرهای کنترلی سبب هدررفت و عدم تولید نفت مناسب بعضی نواحی می‌شود و سبب می‌شود که بهره‌دهی نهایی به‌شدت کاهش یابد. لذا باید از میان حالات مختلف و ممکن



برای یک شیر کنترل حالتی بهینه انتخاب کرد که اتفاقات ذکر شده برای هر دو حالت کمینه و بیشینه رخ ندهد. این تکنولوژی جدید می‌تواند در جهت بهینه‌سازی تولید گام بردارد و در بهبود مدیریت مخزن^۱ نقش مهمی ایفا کند.

موضوع بهره‌برداری از مخازن به روش متداول و بدون استفاده از تکنولوژی چاه هوشمند بسیار اتفاق افتاده است. به‌طور مثال، در میدان بلال (از میادین شرکت نفت فلات قاره ایران) قسمت عمده‌ای از نفت در جای مخزن^۲ این میدان، در نواحی قرار داشته که نسبتاً به نواحی دیگر فشار کمتری اعمال می‌کند. با توجه به اینکه در سیستم چاه‌های با روش متداول، امکان کنترل ناحیه‌ای وجود ندارد؛ بیشتر تولید چاه‌ها از ناحیه‌ای است که فشار بیشتری داشته و عملاً نواحی دیگر با وجود نفت در جای بالا و خصوصیات مخزنی مناسب برای تولید نفت در تولید چندان مشارکت ندارند.

۲. مزایا و سطوح تکنولوژی چاه هوشمند در صنعت نفت و محیط زیست

- امکان پیاده‌سازی پروژه هوشمندسازی میدان بر روی کلیه میادین توسعه‌نیافته یا در حال توسعه
- ایجاد فرآیند کاری جامع برای تسهیل و تسریع فرآیند تصمیم‌گیری
- ایجاد فهم مشترک و بهتر از سیستم جامع تولید
- بهبود تصمیم‌گیری توسط مدیران، مهندسان و کارکنان عملیاتی

- بهبود مدیریت فرآیندهای تولید از چاه، مخزن و میدان نفتی
 - افزایش امکان پایش و اعمال تصمیمات به صورت کنترل از راه دور
 - کالیبره و به روز کردن سیستم‌های مدل‌سازی به وسیله داده‌های به روز
 - کاهش ریسک و عدم اطمینان در فرآیند مدیریت مخزن
 - افزایش صحت پیش‌بینی و برنامه‌ریزی‌ها و جلوگیری از توقف تولید برنامه‌ریزی نشده
 - جایگزین کردن دیدگاه پیشگیرانه به جای تصمیم‌گیری‌های عکس‌العملی در مدیریت مخزن
 - انعطاف‌پذیری و واکنش مناسب به مشکلات تولید
 - شتاب دادن به روند تولید
 - افزایش برداشت نهایی^۱ ۱-۳ درصد.
 - افزایش داده‌ها و اطلاعات تولید و اکتشاف و کاهش عدم قطعیت
 - کاهش نیروی انسانی برای مداخله در کار (۲۵ درصد)
 - کاهش هزینه‌های سرمایه‌گذاری^۲ در توسعه مخزن
 - کاهش هزینه‌های عملیاتی^۳ ۱۰-۲۵ درصد
 - کاهش تجهیزات سر چاهی
 - کاهش آثار مخرب زیست‌محیطی.^۴
 - تأثیر اقتصادی:
- این تکنولوژی با توجه به حذف هزینه‌های تداخل در تولید و کاهش تعداد چاه‌ها در

1. Ultimate Recovery

2. CAPEX

3. OPEX

4. HSE



سناریوی توسعه بهینه میدان، نقشی مهم در اقتصاد توسعه میداین خواهد داشت.

- اثربخشی در صنعت:

این تکنولوژی یک نگرش جدید بوده و تلفیقی از بهینه‌سازی و ترکیب سایر تکنولوژی‌ها می‌باشد، که با بهبود تکنولوژی‌های سنتی می‌توان به مزایای زیادی از جمله افزایش برداشت نهایی از مخازن، شتاب دادن به روند تولید، کاهش هزینه‌های سرمایه‌گذاری و عملیاتی در پروژه‌های نفتی و بهبود مسائل محیط زیستی اشاره کرد.

- یکی از مزایای بارز این تکنولوژی که به‌کارگیری آن را آسان می‌سازد این است که علیرغم پیچیدگی‌های این تکنولوژی، امکان به‌کارگیری آن با سطوح مختلف هوشمندی وجود دارد. چهار سطح مختلف هوشمندی عبارتند از:

• سطح اول تکنولوژی هوشمند یعنی؛ امکان پایش مستمر چاه و مخزن

• سطح دوم تکنولوژی هوشمند یعنی؛ ارزیابی و کنترل اطلاعات

• سطح سوم تکنولوژی هوشمند یعنی؛ کنترل و بهینه‌سازی در یک چاه نفتی

• سطح چهارم تکنولوژی هوشمند یعنی؛ کنترل و بهینه‌سازی در یک میدان نفتی.

همان‌طور که مشاهده می‌گردد از مزایای ارائه شده، یکی از کاربردی‌ترین و مهمترین مزایا، افزایش ۱-۳ درصدی برداشت نهایی از میدان نفتی می‌باشد. نکته قابل ذکر در این مزیت، به‌کارگیری از آخرین سطح هوشمندی یعنی هوشمندسازی میداین نفتی می‌باشد. در این حالت اگر فقط نگرش کارفرمایان افزایش درآمد و در اختیار داشتن بازار نفتی جهانی باشد، بیش از چندین میلیارد دلار نسبت به حالت میداین سنتی سود خالص^۱ خواهند داشت.

۳. چالش‌های پیاده‌سازی تکنولوژی چاه هوشمند

- وجود موانع ایجاد و توسعه تکنولوژی هوشمند (مانند: فرآیندها و نیروی انسانی، بحث یکپارچگی در میادین هوشمند، مقیاس‌پذیری، مشکل پایدار نگه داشتن مسیر موفقیت).
 - آسیب‌پذیری تجهیزات هوشمندی در مقابل تولید شن از مخزن.
 - تجمع رسوب در ته چاه.
 - تغییرات مدیریت تولید.
 - وجود گشتاور و نیروی مقاوم در مقابل راندن ابزارآلات مرتبط با تکنولوژی هوشمند به درون چاه.
- در نهایت با توجه به مزایا و چالش‌های ارائه شده، می‌توان به توان بالای صنعت نفت کشور با توجه به داشتن نیروی توانمند علمی هم‌تراز با تکنولوژی روز دنیا و نیروی انسانی کارآمد در پیاده‌سازی این تکنولوژی اشاره کرد.
- تنها مشکلاتی که می‌توان درباره این تکنولوژی در نظر گرفت، نبود تجربه پیاده‌سازی و عدم تولید تجهیزات هوشمند در داخل کشور می‌باشد که توان بالای داخلی و مهندسی معکوس در حوزه‌های مختلف موجب مرتفع شدن این مشکل خواهد شد.

۴. ضرورت اجرای پروژه هوشمندی در صنعت نفت ایران

- ضرورت استفاده از چاه هوشمند در مبحث مدیریت مخزن بر هیچ کس پوشیده نیست. لزوم تولید صیانتی از مخازن ایران طبق بند «الف» ماده (۱۲۵) قانون برنامه پنجم



توسعه جمهوری اسلامی ایران (که به نوعی همان بهینه‌سازی تولید است) به کارگیری چنین تکنولوژی را با سطوح مختلف هوشمندی که دقیقاً برای رسیدن به همین هدف یعنی؛ بهینه‌سازی تولید^۱ پایه‌گذاری شده توجیه می‌کند.

طبق بند «د» ماده (۱۲۹) برنامه پنجم توسعه جمهوری اسلامی ایران، وزارت نفت می‌تواند معادل یک درصد از اعتبارات طرح‌های توسعه‌ای سالیانه شرکت‌های تابعه را با هدف افزایش و ارتقای توان علمی، فناوری و نوآوری در صنعت نفت به کار گیرد که بر این اساس می‌توان تکنولوژی روز دنیا در مورد چاه و میدان هوشمند را در سطوح مختلف هوشمندی که دارای هزینه‌های متفاوتی از نظر سطح به کارگیری است، به‌طور جداگانه به کار برد.

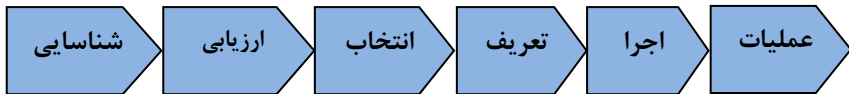
برآورد کامل از هزینه‌های مربوط به چاه و میدان هوشمند می‌تواند با توجه به نوع درخواست شرکت کارفرما متفاوت باشد، به‌صورت اجمالی هزینه احتمالی سه سطح اول هوشمندی (که همان هوشمند کردن یک چاه جدید تأسیس می‌باشد)، در یک چاه افقی/ عمودی حدوداً چهار و نیم میلیون دلار (معادل یکصد و پنجاه میلیارد ریال) شامل هزینه‌های مطالعه، شبیه‌سازی، طراحی و در نهایت پیاده‌سازی کامل این تکنولوژی است.

در این خصوص از تکنولوژی چاه هوشمند می‌توان در مورد چاه‌های در حال تولید ولی دارای مشکل کاهش فشار، آب‌ده شده و... نیز با هدف افزایش برداشت نهایی و تولید صیانتی از چاه تولیدی استفاده کرد که دارای هزینه‌هایی به مراتب پایین‌تر جهت کنترل و بهینه‌سازی و رسیدن به حالت تولید اولیه چاه هوشمندسازی شده دارد.

۵. خلاصه مراحل و نحوه اجرای پروژه هوشمندی در یک مدل واقعی

در یک نگاه کلی، الگوی تکنولوژی هوشمند در میدان نفتی به ۶ فاز تقسیم‌بندی می‌شود که عبارتند از: شناسایی، ارزیابی، انتخاب، تعریف، اجرا و عملیات.

شکل ۱. فازهای مختلف تدوین الگوی هوشمندسازی



کلید موفقیت در پروژه مخازن هوشمند، شناسایی و به‌کارگیری وجه مشترک میان تخصص‌های مرتبط است. در سه فاز اول، تیم پروژه فرصت‌هایی را که به‌واسطه به‌کارگیری تکنولوژی مخازن هوشمند به‌دست می‌آید را شناسایی می‌کند و امکان‌پذیری به‌کارگیری این تکنولوژی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در مرحله انتخاب با توجه به هزینه و وقت تخصیص داده شده برای اولویت‌بندی مخازن از روش‌های مختلف استفاده می‌شود. در فاز تعریف، مسئله سازگاری اجزای چاه‌های هوشمند با اجزای دیگر در چاه بررسی شده و کلید موفقیت در فاز اجراست که یک برنامه دقیق ارزیابی و کنترل کیفیت می‌باشد که در نصب موفق سیستم هوشمند کمک شایانی خواهد کرد. در فاز عملیات، یک محیط کاری همراه با تیم گروهی^۱ پیشنهاد می‌شود تا داده‌ها، اطلاعات و نیروی انسانی از مکان‌های مختلف شامل محل عملیات و اداره مرکزی در یک مکان گرد هم آیند تا تصمیم‌گیری به‌هنگام جهت بهینه‌سازی صورت پذیرد.

1. Collaborative Work Environment



۱-۵. مراحل اجرای پروژه هوشمندی

مراحل به کارگیری تکنولوژی مخازن هوشمند به صورت ذیل ارائه می شود:

- جمع آوری داده های مورد نیاز

- تدوین الگوریتم هوشمندسازی میداین و ارائه شاخص های فنی و اقتصادی جهت

رسیدن به این هدف

- اولویت بندی چاه های موجود برای هوشمندسازی یک چاه سنتی

- بررسی خصوصیات زمین شناسی و مخزنی در میدان معرفی شده

- بررسی تاریخچه تولید، عملکرد آینده چاه های معرفی شده و شناسایی مشکلات

تولید میدان

- شناسایی و تبیین اهداف پایش با ابزار درون چاهی جهت تکمیل پروژه های

هوشمندسازی.

- شناسایی بازه های مناسب، نوع و تعداد سنسورها برای نصب در چاه های منتخب

- تعیین نوع و مکان سنسورها در بازه های شناسایی شده

- تشکیل بانک اطلاعاتی حسگرها و سنسورها

- بررسی محدودیت های تجهیزات هوشمند با توجه به سناریوهای مختلف نصب

سامانه پایش مستمر درون چاهی

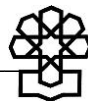
- ارزیابی فنی - اقتصادی سناریوهای مختلف نصب سامانه هوشمند و انتخاب سناریوی بهینه

- مدل سازی و شبیه سازی با کمک نرم افزارهای پترل^۱ و اکلیپس^۲

- بررسی روش‌های مختلف در سیگنال‌های نوری ناشی از سنسورهای اندازه‌گیری جهت انتقال یک فیبر نوری واحد به سطح چاه
- بررسی و پیاده‌سازی مدارهای الکتریکی و الکترواپتیکی لازم جهت تبدیل سیگنال نوری دریافتی به سیگنال الکتریکی و استخراج اطلاعات درون چاهی جهت پایش
- یکپارچه‌سازی حسگرها، سنسورها و شیرهای کنترلی هوشمند در مدارهای طراحی شده جهت پایش، کنترل و بهینه‌سازی.

۶. ارزیابی اقتصادی میدان هوشمند با میدان سنتی

ارزیابی اقتصادی این تکنولوژی در پروژه مطالعاتی اجرا شده توسط پژوهشگاه صنعت نفت در میدان جفیر، شرکت نفت و گاز اروندان در سازند ایلام و سروک با چهار چاه تولیدی با میزان تولید نفت حدوداً ۵۰ هزار بشکه در روز نشان می‌دهد که با پیاده‌سازی اطلاعات مربوط به میادین و چاه هوشمند، میزان تولید به روزانه ۶۵ الی ۷۵ هزار بشکه در روز افزایش خواهد یافت که علاوه بر اینکه میزان تولید بالا می‌رود، مدت زمان طول عمر میدان هم از حدود چهار سال در حالت سنتی به حدود هفت الی هشت سال در حالت هوشمندی تبدیل می‌گردد. میزان ازدیاد برداشت، حدوداً سه درصد (۳٪) در تولید روزانه در برداشت نفت در جای میدان شده که در مقابل هزینه تقریباً دوازده میلیارد تومانی (چهار میلیون دلاری) تکنولوژی هوشمندی در دو فاز مطالعاتی و فاز پیاده‌سازی قابل چشم‌پوشی بوده و اقتصادی می‌باشد.



جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

تکنولوژی چاه و میدان هوشمند قابلیت افزایش ۱ الی ۳ درصدی ضریب بازیافت نفت مخازن کشور را دارا می‌باشد؛ این در حالی است که طبق ماده (۱۳۰) برنامه پنجم توسعه جمهوری اسلامی ایران افزایش ضریب بازیافت مخازن کشور در طول برنامه به میزان یک درصد برای صنعت نفت تعیین شده است.

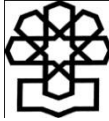
با توجه به اینکه میادین نفتی کشور در حال حاضر با شرایط افزایش آب و کاهش فشار روبرو هستند و همچنین وجود میادین مشترک و برداشت بسیار بالایی که سایر کشورهای دارای میادین مشترک با کشور انجام می‌دهند، پیشنهاد می‌شود الزام به استفاده از این تکنولوژی در «برنامه ششم توسعه» توسط مجلس محترم شورای اسلامی کشور مورد توجه قرار گیرد. زیرا زمان حاضر، بهترین فرصت برای به‌کارگیری، ارائه و اجرایی شدن تکنولوژی چاه و میدان هوشمند در صنعت نفت ایران است.

در نهایت با توجه به مزایا و چالش‌های ارائه شده، می‌توان به توان بالای صنعت نفت کشور با توجه به داشتن نیروی توانمند علمی هم‌تراز با تکنولوژی روز دنیا و نیروی انسانی کارآمد در پیاده‌سازی این تکنولوژی اشاره کرد.

تنها مشکلاتی که می‌توان درباره این تکنولوژی در نظر گرفت، نبود تجربه پیاده‌سازی و عدم تولید تجهیزات هوشمند در داخل کشور می‌باشد که توان بالای داخلی و مهندسی معکوس در حوزه‌های مختلف موجب مرتفع شدن این مشکل خواهد شد.

منابع و مأخذ

1. H. Nasrabadi, A. Morales, and D. Zhu. Well-placement optimization: a survey with special focus on application for gas/gas-condensate reservoirs. *J. Nat. Gas Sci. Eng.* 5, pp. 6-16, 2012.
2. P. Sarma and W. H.Chen. Efficient well-placement optimization with gradient-based algorithms and adjoint models. In *Proceedings of the SPE Intelligent Energy Conference*, Paper SPE 112257, Amsterdam, The Netherlands, 2007.
3. S. Vlemmix, G.J.P. Joosten, D.R. Brouwer, and J.D. Jansen. Adjoint-based well trajectory optimization in a thin oil rim. In *Proceedings of the SPE EUROPEC/EAGE Annual Conference*, Paper SPE 121891, Amsterdam, The Netherlands, 2009.
4. C.Wang, G. Li, and A. C. Reynolds. Optimal well-placement for production optimization. In *Proceedings of the SPE Eastern Meeting Lexington*, Paper SPE 111154, Lexington, Kentucky, U.S.A, 2007.
5. M.J. Zandvliet, M. Handels, G.M. van Essen, D.R. Brouwer, and J.D. Jansen. Adjoint-based well-placement optimization under production constraints. In *Proceedings of the SPE Reservoir Simulation Symposium*, Paper SPE 105797, Houston, Texas, U.S.A, 2007.
6. D.R Brouwer and J.D Jansen. Dynamic Optimization of Water Flooding with Smart Wells Using Optimal Control Theory. *SPEJ* 9. 4, pp.391-402, (SPE 78278) 2004.
7. Z.Fathi and W.F Ramirez. Optimal injection policies for enhanced oil recovery: Part 2 – Surfactant flooding. *SPE Journal* 24, 3, pp. 333-341, 1984.
8. J.D.Jansen, Systems theory for reservoir management. Lecture Notes for Advance Reservoir Simulation (AES1490), Version: 6f, Department of Geotechnology, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands, August 2012.



شماره مسلسل: ۱۵۱۱۱

مرکز پژوهش‌ها
مجلس شورای اسلامی

شناسنامه گزارش

عنوان گزارش: چاه و میدان هوشمند و کاربردهای آن در صنعت نفت ایران

نام دفتر: مطالعات انرژی، صنعت و معدن (گروه انرژی)

تهیه و تدوین کنندگان: مرتضی حسن‌آبادی، ندا بهشتی اصل، نیما شمس‌اپور

ناظران علمی: هوشنگ محمدی، فرید دهقانی، فریدون اسعدی

همکار: سیده مریم موسوی

متقاضی: معاونت پژوهش‌های زیربنایی و امور تولیدی

ویراستار تخصصی: —

ویراستار ادبی: —

واژه‌های کلیدی:

1. Reservoir Management
2. Production Optimization
3. Smart Well, Smart Reservoir
4. Smart Fields, Permanent Downhole Monitoring
5. Sensor, Packer
6. Fiber Optics
7. Uncertainty and Interval Control Valves (ICVs)



تاریخ انتشار: ۱۳۹۵/۸/۱۵