ارائه یک روش جامع برای تعیین ضریب اهمیت عوامل زمین‌شناسی، محیط‌زیست و اقتصادی برای به‌کارگیری فناوری چاه نفتی هوشمند

تورج بهروز*[1]، سید مهدیا مطهری[2]، مهدی ندری پری[2]، سید صالح هندی[2]

۱. کارشناس ارشدپژوهشگاه صنعت نفت،behrouzt@ripi.ir

۲. کارشناس ارشد پژوهشگاه صنعت نفت

چکیده

مخازن نفتی در اعماق چند هزار متری سطح زمین واقع شده و با شرایط دمایی و فشاری بالا، به لحاظ پارامترهای زمین-شناسی به شدت ناهمگن است. مدیریت مخازن نفتی شامل تلفیق فناوری، نیروی انسانی و فرایندها به گونه‌ای است که منجر به حداکثر تولید و بازیافت از مخزن در کنار حداقل شدن هزینه‌های سرمایه‌ای و عملیاتی شود. یکی از فناوری‌های جدید در حوزه مدیریت مخازن که از آن به عنوان نسل آینده مخازن نفتی یاد می‌شود، فناوری چاه هوشمند است. این فناوری اخیراً مورد توجه اکثر شرکت‌های بزرگ نفتی قرار گرفته است. این تکنولوژی با استفاده از کاهش هزینه‌های عملیاتی و سرمایه-گذاری، شتاب‌دهی به روند تولید، امکان تولید آمیخته و هم‌زمان و امکان افزایش بازیافت نهایی از مخازن سبب بهبود مدیریت مخازن می‌شود.

تعدد پارامترهای توصیف کننده مخزن نفتی و روابط غیرخطی پیچیده بین آن‌ها منجر به ایجاد محیط ناهمگنی می‌شود که با توجه به ابعاد بزرگ مخزن و در دسترس نبودن آن به شدت با عدم قطعیت همراه است. این شرایط ریسک سرمایه‌گذاری‌های هنگفت برای توسعه مخزن نفتی با استفاده از فناوری چاه هوشمند را تشدید می‌کند. از این‌رو ضروری است که با توجه به ارزش افزوده ناشی از به¬کارگیری این فناوری در مخازن نفتی و محدودیت‌های منابع مالی و تجهیزات هوشمندی ، اولویت-بندی دارایی‌ها (مخازن هیدروکربوری) برای استفاده از این فناوری انجام شود. با توجه به این نیاز در این مقاله با استفاده از یک روش جدید و طراحی یک جعبه ابزار تصمیم‌گیری چند معیاره، مخازن نفتی جهت به¬کارگیری این فناوری غربالگری می‌شوند عمده ابزارهای مراحل مختلف، نظریات کارشناسی کارشناسان مبتنی بر تجربیات و مطالعات خویش و استفاده از روش‌های تحلیل سلسله مراتبی می‌باشد. در این مقاله پارامترهای اصلی فنی، زمین‌شناسی، اقتصادی، زیست‌محیطی و جغرافیایی استخراج و با توجه به اهمیت هر کدام در بهبود تابع هدف وزن دهی می‌شوند. این روش شامل مراحلی نظیر ساخت سلسله مراتبی، مقایسه‌های زوجی پارامترها، ترکیب وزن‌ها، تحلیل حساسیت و رتبه‌بندی/اولویت‌بندی می‌باشد. که خروجی این مطالعات، استخراج و ارائه پارامترهای موثر زیست‌محیطی، جغرافیایی، فنی و اقتصادی در غربالگری مخازن و درصد سهم وزنی هر کدام نسبت به دیگران و جعبه ابزار تصمیم گیری چند معیاره می‌باشد.

کلمات کلیدی: چاه هوشمند، عوامی محیط زیستی، عوامل جغرافیایی، عوامل زمین‌شناسی، درخت تصمیم‌گیری، پارامترهای فنی

۱. مقدمه:

چاه هوشمند چاهی است که به یک سری ابزار و ادوات سخت‌افزاری و نرم‌افزاری تجهیز شده و از طریق یک‌پارچه کردن عملکرد تجهیزات، بهره‌دهی از مخازن را به طور چشم‌گیری بهبود می‌بخشد. استفاده از این تکنولوژی سبب کاهش هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه و عملیاتی شده و از طریق بهبود مدیریت مخازن سبب افزایش میزان هیدروکربور قابل استحصال می‌شود. برای تعیین میزان ارزش واقعی و کاملی که تکنولوژی میدان هوشمند می‌تواند ایجاد کند، یک حلقه‌ی بسته‌ای ارائه می¬شود که در شکل ۱ آمده‌است. ارزش افزوده کامل این تکنولوژی زمانی حاصل می‌شود که این حلقه به‌طور کامل بسته شده و به شیوه مناسب اجرا شود.

همان‌طور که در این شکل ۱ نشان داده شده است، به طور کلی می‌توان میدان هوشمند را به چهار بخش تقسیم نمود.

- سخت افزار
- داده
- مدل
- طرح و تصمیم‌گیری

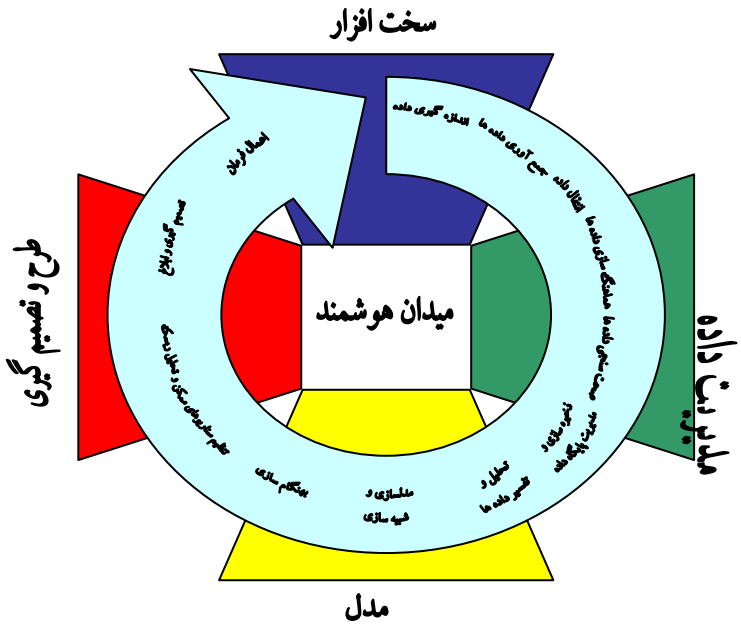
این چهار بخش توسط حلقه‌ای موسوم به حلقه ارزش[1] با یکدیگر در ارتباط هستند به‌طوریکه برخی فعالیت‌های مندرج در این حلقه حالت واسط بین چهار مرحله فوق دارند نظیر مرحله انتقال داده که نقش واسط بین مرحله سخت‌افزار و داده را بر عهده دارد.

این حلقه، بر اساس یک الگوریتم کنترلی نظیر کنترل بهینه، کنترل پیش‌بینی یا تطبیقی یک مسیر بهینه جهت رسیدن به شرایط عملیاتی بهینه را محاسبه می‌نماید. در نهایت سیگنال‌های کنترلی توسط سیستم انتقال فرمان به شیر کنترل‌های درون‌چاهی ارسال می‌گردند. بدین ترتیب حلقه ارزش میدان هوشمند تکمیل می‌گردد و مجدداً در لحظه بعدی کلیه داده‌های مربوط به شرایط عملیاتی توسط حسگرهای نصب شده اندازه‌گیری و جمع‌آوری می‌شوند و این حلقه تکرار می‌شود.

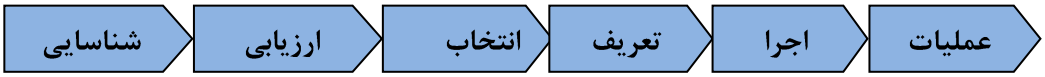
از آنجا که از بروز یک ایده جدید تا تولید یک محصول، ورود به بازار و استقبال مشتریان از محصول، مسیری طولانی باید طی شود، برای هر ایده جدید، تمهیدات و ریسک‌های خاص خود وجود دارد. مدیریت مرحله‌ای درگاهی، ابزاری برای نظارت مستمر بر پروژه‌های تجاری‌سازی و توسعه محصول جدید، بر مبنای شاخص‌های تجاری، از ابتدای ارایه ایده تا انتهای کاربرد تجاری است.

مراحل جریان کاری یا به عبارت دیگر الگوی هوشمند سازی و ملزومات آن که شکل آن در زیر آمده است به تفصیل مورد بررسی قرار خواهد گرفت. در یک نگاه کلی این الگو به شش فاز تقسیم‌بندی می‌شود که عبارتند از: فازهای شناسایی، ارزیابی، انتخاب، تعریف، اجرا و عملیات.

[1] Value Loop



شکل۱: حلقه ارتباط شاخه‌های درخت تکنولوژی (۱)



شکل۲: فازهای مختلف تدوین الگوی هوشمندسازی(۱)

کلید موفقیت در پروژه مخازن هوشمند، شناسایی و به‌کارگیری وجه مشترک میان تخصص های مختلف و مرتبط است. در سه فاز اول الگوی تدوین شده هوشمندسازی، فرصت‌هایی که به واسطه به‌کارگیری تکنولوژی مخازن هوشمند به‌دست می-آید شناسایی می‌شوند و امکان‌پذیری به‌کارگیری این تکنولوژی مورد ارزیابی واقع می‌گردد. در مرحله انتخاب با توجه به زمان بر و هزینه بر بودن مدل‌سازی و شبیه‌سازی هوشمندی مبتنی بر تحلیل ریسک، لازم است تا در مرحله اول در قسمت انتخاب، اولویت‌بندی بین گزینه‌ها (مخازن مختلف) انجام شود. در این مطالعه، با توجه به ماهیت مساله و وجود پارامترهای مختلف تصمیم‌گیری و اهمیت موضوع استقلال یا وابستگی پارامترها نسبت به هم، از روش‌های تحلیل سلسله مراتبی استفاده شده و به تفصیل مورد بحث قرار می‌گیرد. در فاز تعریف، اصولاً مسئله سازگاری اجزای چاه‌های هوشمند با اجزای دیگر در چاه، زیر دریا (در صورت فراساحلی بودن مخزن) و سیستم‌های سطحی مدنظر قرار می‌گیرد. کلید موفقیت در فاز اجرا، یک برنامه دقیق ارزیابی و کنترل کیفیت می‌باشد که در نصب موفق سیستم هوشمند کمک شایانی خواهد نمود. در فاز عملیات، یک محیط کاری همکارانه[1] پیشنهاد می‌شود تا داده‌ها، اطلاعات و نیروی انسانی از مکان‌های مختلف شامل محل عملیات و اداره مرکزی در یک مکان گرد هم آیند تا تصمیم گیری به هنگام جهت بهینه سازی صورت پذیرد.

به طور کلی، سه فاز اول منجر به انتخاب مخزن با اولویت بالاتر جهت هوشمند سازی می‌شود. در سه فاز بعدی با توجه به انتخاب صورت گرفته، چگونگی انتخاب و اکتساب کلیه تجهیزات لازم تا اجرایی شدن پروژه هوشمند سازی مدنظر قرار خواهد گرفت.

شناسایی فرصت‌های هوشمندسازی مخازن اولین گام در انجام یک پروژه هوشمند سازی است. هدف از این فاز پاسخگویی به این پرسش است که آیا به‌کارگیری تکنولوژی هوشمند در توسعه میدان ارزش افزوده ایجاد خواهد کرد. به عبارت دیگر،

[1] Collaborative Work Environment

در این فاز با توجه به قابلیت‌هایی که این تکنولوژی دارد، مخازنی که پتانسیل جذب این قابلیت ها را دارند شناسایی شده و سپس برای انجام مراحل بعدی الگوی هوشمندسازی مورد بررسی و مطالعه قرار می‌گیرند.

۲. طرح مساله:

مساله اصلی این است که درست است که با به¬کارگیری تکنولوژی هوشمند در مخازن و چاه‌ها ممکن است ایجاد ارزش افزوده شود اما این تکنولوژی برای بعضی مخازن ذاتاً مناسب تر است ولی حتی اگر برای تمامی مخازن قابل استفاده باشد با توجه به محدودیت‌های مالی و زمانی بایستی میزان ارزش افزوده در هر کدام سنجیده شود و مخازن برای به¬کارگیری این تکنولوژی اولویت‌بندی شوند. لذا برای این تصمیم چه پارامترهایی برای غربالگری مخازن باید مد نظر قرار گیرد و وزن هر کدام و ارتباط درونی این پارامترها چگونه باید باشد؟

روش حل مساله

فرآیند انتخاب یک مخزن جهت هوشمندسازی باید جامع باشد تا اطمینان خاطر نسبت به اولویت‌بندی ایجاد شود. باید کلیه جوانب علاوه بر بحث افزایش ضریب بازیافت۱ و تحلیل حساسیت۲ پارامترها و تمامی عوامل تاثیرگذار می‌بایست مدنظر قرار گیرد.

بر اساس بررسی‌های مفصل و طوفان مغزی۳ های متعدد انجام شده پارامترهای فنی و غیرفنی متعدد نظیر تعداد و نوع چاه، تعداد و ضخامت لایه نفتی و ضخامت Net Pay، فاصله لایه نفتی از سطح تماس آب و نفت و گاز، دبی، تراوایی و فشار، نرخ تغییرات و مشکلات و عوامل غیر فنی استخراج شده است. براساس مطالعات مدون و منظم پارامترهای مختلف در گروه‌ها و زیرگروه‌های مختلف تقسیم‌بندی شده و جهت انجام اولویت‌بندی از طریق روش تحلیل سلسله مراتبی، درخت تصمیم‌گیری ترسیم گردیده است.در این بررسی دو سری ماتریس تولید٤ شده که سری اول مربوط به اهمیت پارامترهای هوشمندسازی نسبت به همدیگر بدون توجه به مخازن واقعی و سری دوم ماتریس‌ها اهمیت کاربرد این پارامترها در مخازن نفتی نسبت به یکدیگر بوده است که در نهایت از تلفیق ضرایب وزنی در دو ماتریس مذکور و استفاده از نرم افزارهای تصمیم گیری، اولویت‌بندی مخازن جهت به‌کارگیری این فناوری انجام پذیرفته است.

۳. معرفی اجزای درخت تصمیم گیری

۳-۱. عوامل اقتصادی

- **هزینه سرمایه:** هزینه سرمایه شامل هزینه‌های حفاری، تکمیل (سیمان‌کاری، مشبک‌کاری)، هزینه لوله‌ها و وسایل درون چاه و تجهیزات سر چاهی است. استفاده از چاه هوشمند با توجه به مزایایی که ایجاد می‌کند سبب کاهش هزینه‌های سرمایه می‌شود. باید میزان کاهش هزینه سرمایه در هر یک از مخازن را با به‌کارگیری تکنولوژی مخازن هوشمند به صورت تخمینی بررسی کرد.

- **هزینه عملیاتی:** هزینه‌هایی است که صرف تولید نفت و ملزومات آن (تعمیر و نگهداری، نیروی انسانی و غیره) می‌شوند. باید میزان کاهش هزینه عملیاتی در هر یک از مخازن را با به‌کارگیری تکنولوژی مخازن هوشمند به صورت تخمینی بررسی کرد.

[1] Recovery Factor
[2] Sensitivity Analysis
[3] Brain storming
[4] Generate

- **درآمد نفتی:** میزان درآمد حاصل از افزایش ضریب بازیافت با استفاده از تکنولوژی مخازن هوشمند برای هر یک از مخازن بررسی می‌شود. البته در اینجا براساس آنچه که در مقالات مربوط به این تکنولوژی در مورد افزایش ضریب برداشت ذکر شده بسنده می‌شود و شبیه‌سازی بر روی مخازن انجام نمی‌پذیرد. به عنوان مثال در مقالات مختلف افزایش ضریب بازیافت حدود ۱۰-۲ درصد نیز وجود داشته است. این مقدار می‌تواند به عنوان مبنای محاسبات تخمینی در این بخش باشد.

۳-۲. عوامل محیط زیستی

با توجه به آنکه به‌کارگیری تکنولوژی هوشمند در حفظ محیط زیست از آلودگی کمک شایانی می‌کند، این عامل نیز به عنوان یکی از عوامل اثرگذار در اولویت‌بندی هوشمندسازی انتخاب شده است. در این مورد هر چه میدان از لحاظ شرایط محیط زیستی حساس‌تر باشد هوشمندسازی در آن اهمیت بیشتری پیدا خواهد کرد.

در این زمینه موارد ذیل قابل ملاحظه است:

حساس بودن محل میدان از لحاظ مسئله بهداشت محیط‌زیست (تزریق آب‌های زائد و گاز به لایه‌های زیرین)

کم شدن تولید سیال ناخواسته به دلیل قابلیت تکنولوژی هوشمند بر کنترل تولید این نوع سیالات

باید به این مسئله توجه داشت که با توجه به آن‌که تکنولوژی هوشمند در جهت تغییر سناریوهای توسعه میادین کمک مناسبی می‌کند می‌توان با تعداد چاه‌های کمتر البته با نوع متفاوت (افقی، چندشاخه) میادین را توسعه داد.

۳-۳. عوامل زمین‌شناسی و فنی

درجه ناهمگونی

یکی از کاربردهای تکنولوژی هوشمند از بین بردن مشکلات تولید آب و گاز ناخواسته است. چون منشا تولید آب و گاز ناخواسته از ناهمگونی، فاصله مشبک کاری‌ها تا سطوح آب و نفت و گاز و فشار کلاهک گازی و قدرت آبده ناشی می‌شود بنابراین به جای مقایسه مخازن بر مبنای مشکلات تولید، بر مبنای پنج عامل فوق الذکر در تولید آب و گاز ناخواسته مقایسه شده‌اند. وجود ناهمگونی زمین‌شناسی، تفاوت چشم‌گیر تراوایی افقی و عمودی و تخلخل در بخش‌های مختلف مخزن، لیتولوژی، مدل شکاف‌ها و غیره باعث می‌شود که تغییر و تحولاتی که در جریان سیال در ته چاه رخ می‌دهد، قابل پیش‌بینی نباشد. به‌طور کلی هر چه درجه ناهمگونی بیشتر باشد تمایل بیشتری جهت هوشمندسازی وجود دارد چرا که این تکنولوژی اثرات منفی این خصوصیت مخزن بر عملکرد تولید را کاهش می‌دهد.

عمر میدان

میدان سبز[1]: این معیار هم شامل میادینی است که هنوز وارد فاز توسعه نشده‌اند و اطلاعات خوبی از آن‌ها در دست نیست و هم میادینی است که از شروع فاز توسعه آن‌ها زمان زیادی نمی‌گذرد.

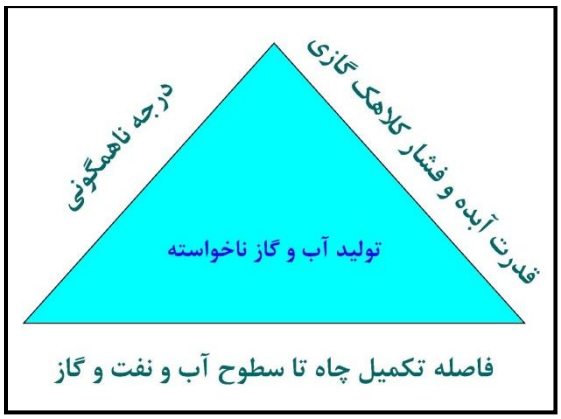
میدان قهوه‌ای[2]: میادینی که از شروع فاز توسعه آن‌ها زمان زیادی می‌گذرد.

به‌طور کلی هر چه عمر میدان کمتر باشد هوشمندسازی با توجه به اطلاعات مناسبی که در اختیار قرار می‌دهد منجر به بهبود سناریوی تولید و بهبود طرح جامع توسعه[3] می‌گردد. به عبارت دیگر هر چه زمان باقی مانده از عمر یک میدان بیشتر باشد، ارزش افزوده ناشی از هوشمندسازی بیشتر خواهد بود.

به دلیل آن‌که از زمان انتخاب و مطالعه و بررسی میادین تا انجام مناقصه و خرید تجهیزات و نصب این تکنولوژی در چاه‌ها زمان زیادی طول می‌کشد، بنابراین تصمیم گرفته شد، در این فاز میادینی که عمر کمتر از ۱۵ سال دارند وارد فاز انتخاب نشوند.

[1] Green Field
[2] Brown Field
[1] Master Development Plan

نوع چاه حفر شده: از لحاظ افقی، عمودی، انحرافی و چند شاخه بودن چاه‌ها در میادین و اینکه اکثریت چاه‌ها به چه شکلی هستند و یا به چه صورتی حفر خواهند شد؛ باید در تصمیم‌گیری برای هوشمندسازی لحاظ گردد. هر چه چاه‌ها از حالت عمودی فاصله داشته باشند هوشمندسازی از اهمیت بالایی برخوردار خواهد بود و منجر به ارزش افزوده بیشتری خواهد شد.
لایه‌بندی: با توجه به قابلیت کنترل و بهینه‌سازی که در تکنولوژی هوشمند وجود دارد یکی از مواردی که باعث می‌شود به‌کارگیری تکنولوژی در مخازن از اهمیت بالاتری برخوردار باشد لایه‌ای بودن مخزن می‌باشد که می‌توان به‌صورت آمیخته و یا تولید ترتیبی از آن‌ها تولید کرد.
اگر به ریشه یابی عوامل تولید آب و گاز ناخواسته پرداخته شود، این مسئله دارای سه عنصر می باشد که عبارتند از: درجه ناهمگونی، فاصله مشبک کاری‌ها تا سطوح آب و نفت و گاز، قدرت آبده و فشار کلاهک گازی.



شکل ۲: عوامل ریشه ای تولید آب و گاز ناخواسته

فاصله از سطح تماس آب و نفت[1]: همان‌طور که در قبل توضیح داده شد یکی از مواردی که منجر به مشکل تولید آب ناخواسته می‌شود فاصله مشبک کاری‌ها تا سطح تماس آب و نفت می باشد. با فرض یکسان بودن دیگر عوامل، هر چه چاه-های موجود در یک میدان دارای مشبک کاری‌هایی با فاصله کم از سطح تماس آب و نفت باشد به‌کارگیری تکنولوژی هوشمند در میدان فوق الذکر در اولویت بالاتری خواهد بود. نمونه‌ای از میادین که اجبارا فاصله مشبک‌ها از سطح تماس آب و نفت کم می‌باشد، میادین با ضخامت کم است.
فاصله از سطح تماس نفت و گاز[2]: همان‌طور که در قبل توضیح داده شد یکی از مواردی که منجر به مشکل تولید گاز ناخواسته می‌شود، فاصله مشبک کاری‌ها تا سطح تماس نفت و گاز می‌باشد. با فرض یکسان بودن دیگر عوامل، هر چه چاه-های موجود در یک میدان دارای مشبک کاری‌هایی با فاصله کم از این سطح باشد به‌کارگیری تکنولوژی هوشمند در میدان فوق الذکر در اولویت بالاتری خواهد بود. نمونه‌ای از میادین که اجبارا فاصله مشبک‌ها از سطح تماس نفت و گاز کم می باشد، میادین با ضخامت کم است.
قدرت آبده[3] یکی از مهم‌ترین عواملی که در تولید آب ناخواسته می‌تواند اثر داشته باشد قدرت آبده است. در صورتی که عوامل دیگر در تولید آب ناخواسته در میادین مختلف یکسان فرض شود آنچه که باعث ارجح شدن یک میدان نسبت به دیگری برای هوشمندسازی می‌شود، قدرت آبده است.
فشار کلاهک گازی[4]: یکی از مهم‌ترین عواملی که در تولید گاز ناخواسته می تواند اثر داشته باشد فشار کلاهک گازی می-باشد. در صورتی‌که عوامل دیگر در تولید گاز ناخواسته در میادین مختلف یکسان فرض شود آنچه که باعث ارجح شدن یک

[1] Water-Oil Contact
[2] Gas-Oil Contact
[3] Aquifer Strength
[4] Gas Cap Pressure

میدان نسبت به دیگری برای هوشمندسازی می‌شود، این عامل است. لازم به ذکر است در صورتی که فشار کلاهک گازی در دو میدان یکسان باشد حجم گاز کلاهک گازی برای مقایسه مدنظر قرار خواهد گرفت.

۳-٤. عوامل جغرافیایی

- **آب و هوا:** یکی از فواید و کاربردهای تکنولوژی هوشمند، استفاده از آن در شرایط آب و هوایی بد است. روحیات کارکنان در شرایط نامناسب جوی تحت الشعاع قرار می‌گیرد و به تبع آن بازدهی کار آن‌ها به میزان قابل توجهی کاهش می یابد. اما با به‌کارگیری این تکنولوژی و بهره‌گیری از قابلیت کنترل از راه دور این مشکل برطرف خواهد شد.

- **امنیت:** با توجه به توانایی کنترل از راه دور چاه‌های هوشمند، تعداد بازدیدهای پرسنل از تجهیزات بسیار کاهش می‌یابد. هم‌چنین در صورت احساس بروز خطر می‌توان از راه دور چاه‌ها را کنترل کرد.

- **مکان میدان:** فراساحلی بودن یا در خشکی بودن و به طور کلی دوری و نزدیکی میدان نیز باید در تصمیم‌گیری جهت هوشمندسازی مدنظر قرار می‌گیرد.

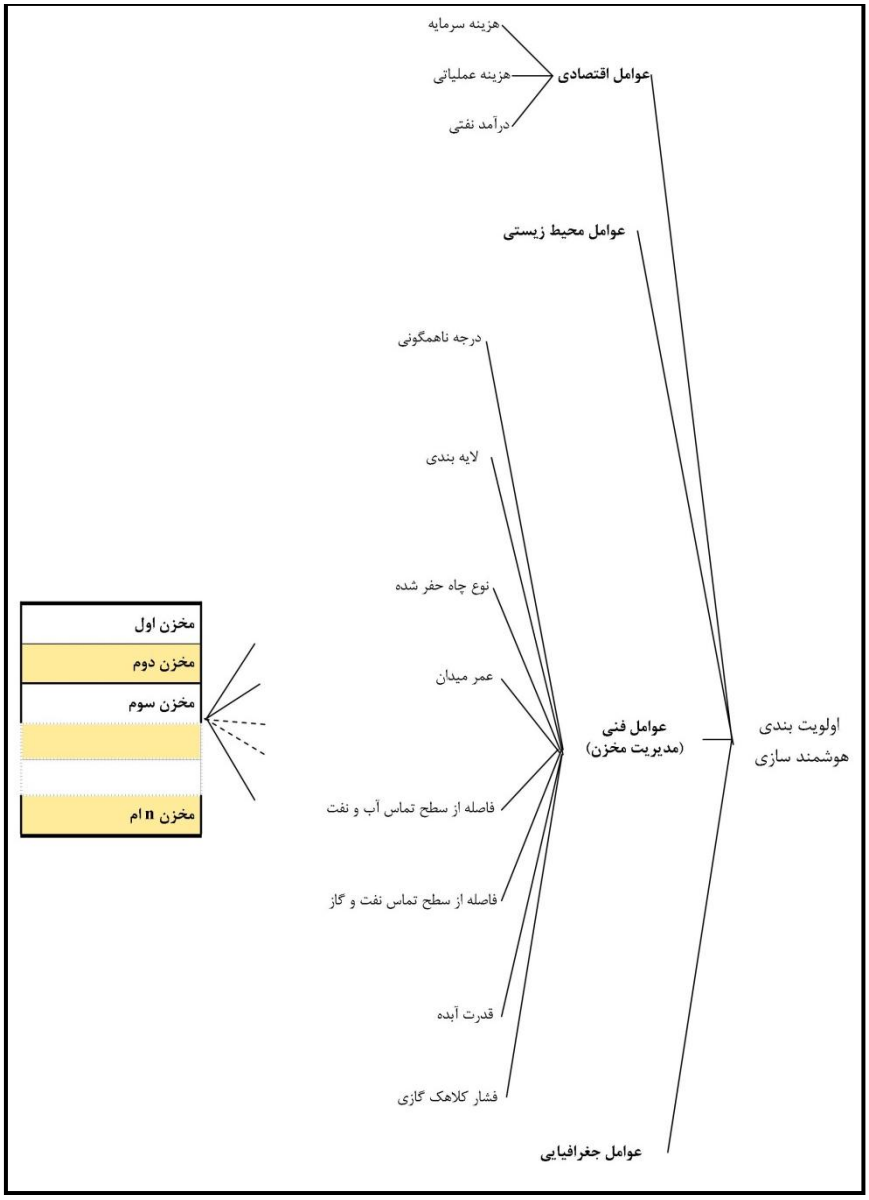
این معیارها با توجه به سطوحی که در آن قرار دارند در قالب جداولی بر مبنای آن‌چه که در توضیحات روش تحلیل سلسله مراتبی گفته شد با یکدیگر مقایسه می‌شوند و وزن هر یک از این معیارها استخراج می‌شود. بعد از این مرحله جداول تهیه شده بر مبنای معیارهای موجود در سطح آخر درخت تصمیم‌گیری در اختیار کارشناسان قرار گرفت. کارشناسان و مدیران مربوطه پس از آشنایی با روش تحلیل سلسله مراتبی و مفاهیم مخازن هوشمند، با توجه به تجربیات خود نسبت به میادین مربوط به این شرکت و تلفیق آن با مفاهیم تکنولوژی هوشمند جداول را تکمیل کردند. خروجی این مرحله اولویت‌بندی اولیه مخازن است.

یکی از عواملی که بعد از انجام مراحل فوق الذکر باید مدنظر قرار گیرد، سیاست‌های کلان و استراتژیک هر شرکت نفتی می‌باشد. بدین معنا که بعد از اولویت‌بندی اولیه، شرکت‌ها بر اساس سیاست‌هایی از جمله (نظر مدیران، توانایی مالی، و غیره)، ممکن است مسائلی را مدنظر داشته باشند که نخواهند از اولویت های بوجود آمده پیروی کنند و نظر خود را اعمال کنند.

در ادامه شکل نهایی درخت تصمیم‌گیری در فرآیند اولویت‌بندی هوشمندسازی آمده است.

٤. نحوه بدست آوردن وزن معیارها

اجزای اصلی روش تحلیل سلسله مراتبی شامل ساخت سلسله مراتبی، مقایسه‌های زوجی، ترکیب وزن‌ها، تحلیل حساسیت و رتبه‌بندی می‌باشد. یکی از مراحل اصلی روش تحلیل سلسله مراتبی انجام مقایسات زوجی میان معیارها و زیرمعیارها در درخت تصمیم‌گیری می‌باشد. که خروجی آن در نهایت بررسی میزان اهمیت وزنی پارامترهای مختلف نسبت به همدیگر برای به‌کارگیری تکنولوژی مخازن هوشمند است



شکل۳: درخت نهایی معیارهای تصمیم گیری در فرآیند اولویت‌بندی هوشمندسازی

٤-١. مقایسات زوجی

اساس روش تحلیل سلسله مراتبی, بر مبنای مقایسات زوجی قرار دارد. لذا پس از تشکیل درخت سلسله مراتب تصمیم، عوامل و عناصر موجود در هر سطح به ترتیب از سطح پایین به بالا نسبت به تک تک عوامل و عناصر موجود در سطوح بالاتر به صورت دو به دو توسط تصمیم‌گیرنده, مورد مقایسه قرار می‌گیرند. بدین ترتیب، جدول‌های مقایسه‌ای ایجاد می‌گردد. مقایسات زوجی و امتیازدهی مربوطه براساس جدول استاندارد در تحلیل سلسله مراتبی به صورت جدول زیر انجام می‌گیرد.

جدول ۱: درجه اهمیت در مقایسه دو به دو

مقدار عددی	درجه‌ی اهمیت در مقایسه دوبه‌دو
۱	ترجیح یکسان
۲	یکسان تا نسبتاً مرجح
۳	نسبتاً مرجح
٤	نسبتاً تا قویاً مرجح
٥	قویاً مرجح
٦	قویاً مرجح تا ترجیح بسیار قوی
۷	ترجیح بسیار قوی
۸	بسیار تا بی‌اندازه مرجح
۹	بی‌اندازه مرجح

جدول ۱ نشان می‌دهد که امتیازدهی در جدول‌های مقایسه‌ای و یا ماتریس مقایسات زوجی در دامنه ۱/۹ تا ۹ می‌باشد. هنگام مقایسه دو به دو، در ابتدا معادل اهمیت به طریق رتبه‌ای مشخص و سپس مقدار عددی متناظر با آن در جدول مقایسه‌ای ذکر می‌شود. حاصل این کار، تشکیل یک ماتریس است

با انجام مقایسات زوجی، وزن هر یک از معیارها در زمینه به‌کارگیری تکنولوژی هوشمند مشخص می‌گردد.

بر اساس درخت تصمیم گیری و برای پر کردن جداول مربوط به مقایسه دو به دو پارامترهای موجود، سوال‌هایی آماده گردید که تیم با توجه به داشتن اطلاعات کافی در زمینه تکنولوژی هوشمند از طریق پیش‌زمینه‌هایی که از مطالعه مقالات به‌دست آورده بودند، به رتبه‌بندی پارامترها و سپس وزن‌دهی آن‌ها به صورت جداگانه اقدام کردند. از آنجا که افراد مختلف در بیان نظرات خود با یکدیگر تفاوت دارند بالطبع در این زمینه نیز تفاوت‌هایی وجود دارد که نرخ ناسازگاری روش تحلیل سلسله مراتبی مشخص می‌کند، که آیا این تفاوت‌ها برای انجام مراحله بعدی قابل چشم پوشی هست یا خیر. نرخ ناسازگاری به این صورت عمل می‌کند که بعد از ترکیب کلیه قضاوت‌ها در صورتی که در نتیجه نهایی میزان ناسازگاری از ۱۰ درصد بیشتر باشد مشخص است که باید در قضاوت‌ها تجدیدنظر کرد.

پیش‌زمینه ذهنی در مورد هر سوال به این صورت است که در قالب یک نمونه ارائه می‌گردد: اگر تصمیم گرفته شود که در مخزنی تکنولوژی مخزن هوشمند به کار گرفته شود، پارامتر درجه ناهمگونی اهمیت بیشتری دارد یا لایه‌بندی آن مخزن؟ یا به عبارت دیگر پارامتر درجه ناهمگونی شما را بیشتر برای هوشمندسازی می‌انگیزاند یا لایه بندی مخزن؟ یا می‌توان به این صورت نیز مطرح کرد که هوشمندسازی روی درجه ناهمگونی ارزش افزوده بیشتری دارد یا روی لایه بندی؟

بدین منظور برای سایر پارامترها نیز سوالاتی با توجه به درخت سلسله مراتبی طرح شد.

۵. مقایسه زوجی معیارها

با توجه به آنکه بدست آوردن وزن معیارهای درخت تصمیم‌گیری برای اولویت‌بندی مخازن از اهمیت بالایی برخوردار است باید افرادی که در این زمینه قضاوت می‌کنند، دارای دانش لازم باشند. به جهت اهمیت اولویت‌بندی مخازن نفت، تیم هوشمندسازی قبل از انجام مقایسات زوجی ابتدا به اولویت‌بندی پارامترها هر سطح بدون تخصیص نمره پرداخت و بعد از آن اقدام به نمره‌گذاری برمبنای جدول ۱ کرد.

۵-۱. اولویت¬بندی معیارها بدون نمره‌گذاری

در این مرحله تیم هوشمندسازی طی جلساتی و با ارائه دلایل کافی معیارها و زیرمعیارها را اولویت‌بندی کردند.لازم به ذکر است، اینکه معیار یا زیرمعیاری بالاتر از معیار یا زیرمعیار دیگر قرار می‌گیرد به این معنی نیست که از لحاظ اهمیت فاصله زیادی دارند؛ ممکن است آن‌ها به صورت جزئی نسبت به هم برتری داشته باشند که در مرحله قضاوت‌ها این قضیه کاملا مشهود است.

رتبه‌بندی در هر سطح به صورت زیر می باشد:

سطح اول:

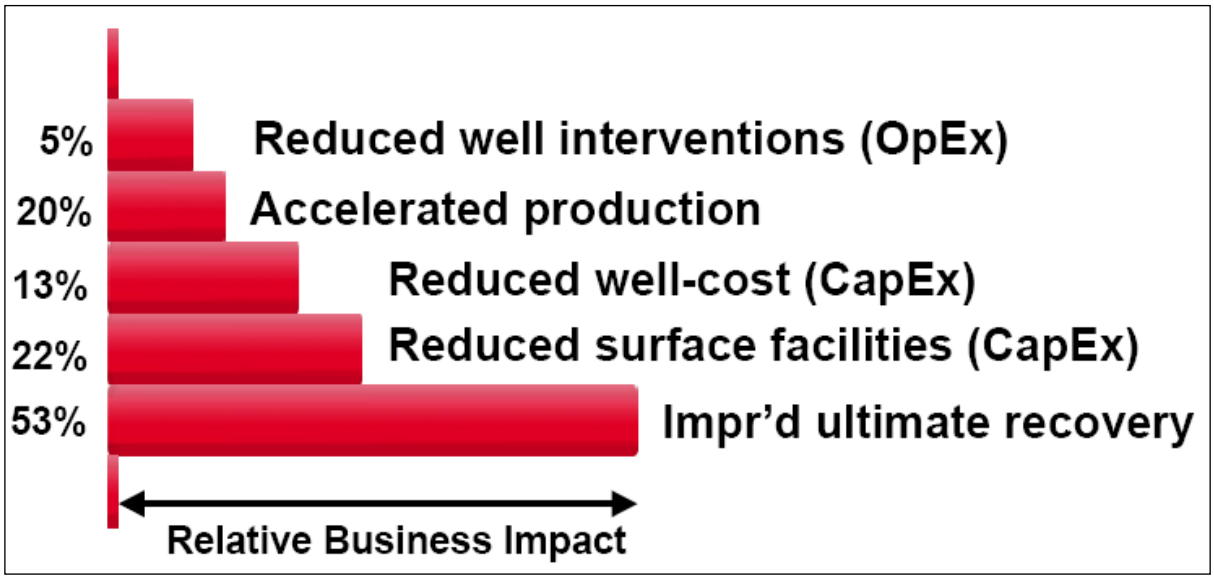
۱- عوامل اقتصادی ۲- عوامل فنی ۳- عوامل جغرافیایی ٤- عوامل محیط زیستی

دلایل این اولویت‌بندی را می‌توان به این صورت شرح داد که تمامی شرکت‌های نفتی در انجام هر پروژه به فکر سود اقتصادی می‌باشند. هم‌چنین مزیت کارکردهای هوشمندسازی در زمینه اقتصادی نسبت به معیارهای دیگر از قبیل کاهش تعداد چاه‌ها، کاهش تعداد عملیات مداخله در چاه، چاه‌آزمایی و دیگر موارد بیشتر است. اگر چه عوامل فنی نیز به نوبه خود دارای اهمیت می‌باشد ولی باید توجه داشت که به‌کارگیری تکنولوژی هوشمند اگر از لحاظ فنی به سود باشد ولی صرفه اقتصادی نداشته باشد به خودی خود تمایل برای به‌کارگیری آن از بین خواهد رفت. عوامل جغرافیایی در اولویت سوم است چرا که در مقایسه عوامل جغرافیایی نسبت به محیط زیستی مسئله‌ای که مدنظر قرار گرفته است این است که اولا نیروی انسانی مهم‌ترین دارایی هر شرکت محسوب می‌شود و ثانیاً شرکت‌های مختلف به دنبال جذب نیروهای زبده هستند. برای این منظور هر چه محیط کار از لحاظ آب و هوا، امنیت و رفت و آمد مناسب‌تر باشد دسترسی به این مهم آسان‌تر خواهد بود. به‌علاوه برخی از مناطق به دلیل غیر قابل دسترس بودن و نیاز به کنترل از راه دور اهمیت بالایی برای انجام عملیات هوشمندسازی دارند. دیدگاه فوق مربوط به کسانی است که عوامل جغرافیایی را نسبت به عوامل محیط زیستی ارجح دانسته‌اند. اما در دیدگاه برخی اهمیت این دو پارامتر یکسان است و دلیل آن هم توجه جهان به اهمیت مسئله محیط زیست می‌باشد. مزیت‌های هوشمندسازی در زمینه عوامل فنی نسبت به عوامل جغرافیایی نیز با توجه به زیرمعیارهایی که دارند بیشتر می‌باشد، بنابراین در اولویت بهتری نسبت به عوامل جغرافیایی قرار می‌گیرد.

سطح دوم (زیر معیارهای عوامل اقتصادی):

۱- درآمد نفتی ۲- هزینه سرمایه ۳- هزینه عملیاتی

دلیل این اولویت‌بندی را می توان در نمودار زیر که توسط دو شرکت رکسار و شل ارائه شده است مشاهده کرد[۲]



.شکل :٤ اثر به‌کارگیری تکنولوژی هوشمند روی هر یک از معیارهای اقتصادی

همان‌طور که ملاحظه می‌شود تکنولوژی هوشمند ۳۵ درصد هزینه سرمایه را بهبود می‌دهد اما تنها ۵ درصد هزینه عملیاتی را تحت تاثیر قرار داده است. نکته دیگر این است که حذف یک چاه برای توسعه میدان نسبت به حذف چندین عملیات مداخله سودمندتر است. اما کسانی که اهمیت این دو پارامتر را یکسان بیان کردند دلیلشان این بود که اولا با توجه به در نظر گرفتن تعداد چاه‌ها در یک میدان و طول عمر میدان و تعداد عملیات مداخله از سویی و کاهش تعداد چاه‌ها به واسطه عملیات هوشمندسازی از سوی دیگر و نیز استفاده از تجهیزات گران‌قیمت جهت هوشمندسازی اهمیت این دو معیار یکسان است. بیشترین درصد بهبود مربوط به ضریب بازیافت نهایی می‌باشد که تاثیر اصلی را در درآمد نفتی دارد.

به‌علاوه ممکن است در صورت موفقیت‌آمیز بودن هوشمندسازی در میادین توسعه یافته منجر به بهبود هزینه سرمایه نشود ولی مسئله کنترل و افزایش بهره‌وری، که در نهاد این تکنولوژی است باعث افزایش ضریب بازیافت شده و نهایتا درآمد نفتی را افزایش می‌دهد. در مورد مقایسه درآمد نفتی با هزینه عملیاتی، اگرچه تکنولوژی هوشمند باعث کاهش مداخله در چاه می‌شود اما کمترین افزایش در ضریب بازیافت بیشترین سود را عاید شرکت‌های نفتی می‌کند.

سطح دوم (زیرمعیارهای عوامل فنی):

۱- درجه ناهمگونی ۲- نوع چاه حفرشده ۳- عمر میدان ٤- لایه‌بندی ۵- قدرت آبده و فاصله تکمیل تا سطح تماس آب و نفت ٦- فشار کلاهک گازی و فاصله تکمیل تا سطح تماس نفت و گاز.

این اولویت‌بندی در برخی از موارد با توجه به سناریوها و روش‌های جایگزین انجام شده است که در توضیحات به آن‌ها پرداخته خواهد شد.

ریشه بیشتر مشکلات چاه و مخزن اعم از مشکل تولید آب و گاز ناخواسته و تغییرات رفتاری چاه و مخزن در درجه ناهمگونی می‌باشد. بنابراین به‌کارگیری تکنولوژی هوشمند با قابلیت کنترل به‌هنگام و انعطاف پذیری[1] لازم می‌تواند کمک شایانی را در رفع موارد فوق الذکر کند. مسائل مربوط به خصوصیات مخزن[2] از قبیل وجود ناهمگونی زمین‌شناسی، تفاوت چشم‌گیر تراوایی افقی و عمودی و تخلخل در بخش‌های مختلف مخزن، لیتولوژی، مدل شکاف‌ها و غیره باعث می‌شود که تغییر و تحولاتی که در جریان سیال، در ته چاه رخ می‌دهد قابل پیش‌بینی نباشد. به علاوه در موضوع مدیریت مخزن بیشتر بحث مدیریت عدم قطعیت مطرح می‌باشد که یکی از عوامل عدم قطعیت درجه ناهمگونی می‌باشد. به طور کلی هر چه درجه ناهمگونی بیشتر باشد تمایل بیشتری جهت هوشمندسازی وجود دارد چرا که این تکنولوژی اثرات منفی این خصوصیت مخزن را کاهش می‌دهد.

در مورد نوع چاه حفر شده در مقالات متعدد اشاره به کاربرد بیشتر این تکنولوژی در چاه‌های افقی شده است که نشان از اهمیت نوع چاه می‌باشد. به‌علاوه هنگامی که به شرکت های خدماتی جهت پیاده سازی تکنولوژی هوشمند مراجعه می‌شود، اولین سوالی که پرسیده می‌شود نوع چاه حفر شده در میدان است چون ارزش افزوده تکنولوژی هوشمند به نوع چاه وابستگی زیادی دارد[۳].

در مقایسه عمر میدان و نوع چاه حفر شده نیز باید گفت اگر چه به‌کارگیری تکنولوژی هوشمند در میادینی که عمر باقیمانده زیادی دارند (میادین سبز) مناسب می‌باشد ولی اگر توجه شود در صورتی که چاه‌ها عمودی باشد ارزش افزوده کمی نصیب شرکت نفتی خواهد شد. بنابراین توجه به نوع چاه نسبت به عمر میدان از اهمیت بالاتری برخوردار است. برای مثال ارزش افزوده به‌کارگیری تکنولوژی هوشمند در میدانی که ۱۵ سال از عمر آن باقی مانده و دارای چاه افقی می‌باشد به مراتب بیشتر از میدانی است که ۲۰ سال دیگر عمر دارد ولی چاه‌های عمودی در آن حفر شده است. لازم به ذکر است که برای برطرف کردن مشکل تولید در چاه‌های افقی جایگزینی در مقابل هوشمندسازی وجود ندارد اما در انواع دیگر چاه‌ها این جایگزینی به صورت تکمیل‌های سنتی وجود دارد.

[1] Flexibility
[2] Reservoir Characteristics

علت آن‌که لایه‌بندی بعد از عمر میدان رتبه‌بندی شده این است که فلسفه هوشمندسازی در میادین با عمرهای مختلف مزیت یکسانی ایجاد نمی‌کند و نیز بر اساس مطالعات، به‌کارگیری تکنولوژی هوشمند در ابتدای توسعه میدان یا در میادین با عمر باقیمانده بیشتر ارزش افزوده بیشتری نصیب شرکت نفتی می‌کند. به‌علاوه عمر باقیمانده هر میدان با توجه به سناریوی سنتی آن تعیین شده و چه بسا با به‌کارگیری این تکنولوژی و با توجه به اطلاعاتی که در طول بهره‌برداری از میدان از طریق تکنولوژی هوشمند کسب می‌شود، به‌توان سناریوی توسعه بهتری برای مخزن برای آینده تدوین کرد که منجر به افزایش عمر شود. لایه‌بندی تنها مقوله شتاب در تولید را در خود دارد که در مقابل عمر از ارزش کمتری برخوردار است.

جایگاه لایه‌بندی در رتبه بالاتری از دو معیار قدرت آبده و فاصله تکمیل تا سطح تماس آب و نفت است. علت این است که پارامتر لایه‌بندی علاوه بر داشتن مقوله کنترل و بهینه‌سازی تولید، در برخی شرایط شتاب در تولید در شرایط تولید آمیخته را در خود دارد اما دو پارامتر دیگر ذکر شده به عنوان دو مورد از ریشه‌های مشکلات چاه و مخزن محسوب می‌شوند.

قدرت آبده و فاصله تکمیل تا سطح تماس آب و نفت با توجه به ماهیت‌شان در یک سطح دیده شده‌اند. هر دو معیار در مشکل تولید آب تاثیر دارند علت اینکه این معیار نسبت به معیارهای فشار کلاهک گازی و فاصله تکمیل تا سطح تماس گاز و نفت در اولویت بالاتری قرار داده شده است این است که حل مشکل تولید آب بسیار مهم‌تر است چرا که اگر گاز نیز تولید شود می توان از جنبه مثبت فرازآوری گاز به آن نگاه کرد. به علاوه به دلیل تحرک[1] بالایی که گاز نسبت به آب دارد، اگر کنترل نواحی مشرف به گاز مد نظر قرار گیرد تنها راه حل مسدود کردن آن ناحیه می‌باشد در صورتی‌که در شرایط تولید آب می توان با بستن جزئی شیرهای کنترلی و کاهش دبی تولید، میزان آب را کاهش داد[٤].

۵-۲. مرحله دوم

مقایسه زوجی معیارها بر اساس جدول مقایسه دو به دو.

اساس قضاوت ها بر دو محور استوار است:

۱- تجربیات جهانی که در قالب مقالات و انتشارات بیان شده است.

۲- نظر کارشناسی با توجه به تخصص و تجربه کارشناسان

جدول ۲: مقایسه زوجی معیارهای درخت سلسله مراتبی اولویت‌بندی هوشمندسازی توسط کارشناسان

مقایسه دو به دو[۲]	قضاوت اول	قضاوت دوم	قضاوت سوم	قضاوت چهارم
سطح اول درخت سلسله مراتبی				
عوامل اقتصادی با عوامل محیط زیستی	۵	٦	٦	٦
عوامل اقتصادی با عوامل فنی	۳	۳	۲	۳
عوامل اقتصادی با عوامل جغرافیایی	٦	۵	۵	٦
عوامل فنی با عوامل محیط زیستی	۵	٤	۵	۳
عوامل فنی با عوامل	۵	۳	٤	۳

[1] Mobility

[۲] اعداد غیر کسری اهمیت طرف اول مقایسه و اعداد کسری اهمیت طرف دوم مقایسه را نشان می‌دهند.

مقایسه دو به دو[۲]	قضاوت اول	قضاوت دوم	قضاوت سوم	قضاوت چهارم
جغرافیایی				
عوامل جغرافیایی با عوامل محیط زیستی	۲	۲	۳	۱
سطح دوم درخت سلسله مراتبی- عوامل اقتصادی				
هزینه سرمایه با هزینه عملیاتی	۵	۱	۳	۳
درآمد نفتی با هزینه سرمایه	٤	۳	٤	۲
درآمد نفتی با هزینه عملیاتی	۸	۳	۵	۵
سطح دوم درخت سلسله مراتبی- عوامل فنی (مدیریت مخزن)				
درجه ناهمگونی با نوع چاه حفر شده	۳	۳	۳	۲
درجه ناهمگونی با لایه‌بندی	٤	۵	۵	۵
درجه ناهمگونی با عمر میدان	۳	٤	٤	۲
نوع چاه حفر شده با لایه‌بندی	۳	٤	٤	٤
نوع چاه حفر شده با عمر میدان	۲	۳	۳	۱
عمر میدان با لایه-بندی	۲	۳	۳	٤
درجه ناهمگونی با GOC[۱]	۷	٦	۷	٦
درجه ناهمگونی با WOC	۵	٦	٦	٦
نوع چاه حفر شده با GOC	٦	۵	٦	۵
نوع چاه حفر شده با WOC	۵	۵	۵	۵

[۱] منظور از GOC و WOC فاصله تکمیل چاه تا این سطوح است که به اختصار در جداول آمده‌اند.

مقایسه دو به دو[۲]	قضاوت اول	قضاوت دوم	قضاوت سوم	قضاوت چهارم
لایه‌بندی با GOC	۳	٤	٤	۳
لایه‌بندی با WOC	۲/٥	۳	۳	۳
WOC با GOC	۲	۱	۲	۱
عمر میدان با GOC	٥	٤	٥	٥
عمر میدان با WOC	۳	٤	٤	٥
لایه‌بندی با قدرت آبده	۲/٥	۳	۳	۳
لایه‌بندی با فشار کلاهک گازی	۳	٤	٤	۳
عمر میدان با قدرت آبده	۳	٤	٤	٥
عمر میدان با فشار کلاهک گازی	٥	٤	٥	٥
درجه ناهمگونی با قدرت آبده	٥	٦	٦	٦
درجه ناهمگونی با فشار کلاهک گازی	۷	٦	۷	٦
woc با قدرت آبده	۱	۱	۱	۱
woc با فشار کلاهک گازی	۲	۱	۲	۱
قدرت آبده باgoc	۲	۱	۲	۱
goc با فشار کلاهک گازی	۱	۱	۱	۱
نوع چاه حفر شده با قدرت آبده	٥	٥	٥	٥
نوع چاه حفر شده با فشار کلاهک گازی	٦	٥	٦	٥

مقایسه دو به دو[۲]	قضاوت اول	قضاوت دوم	قضاوت سوم	قضاوت چهارم
قدرت آبده با فشار کلاهک گازی	۲	۱	۲	۱

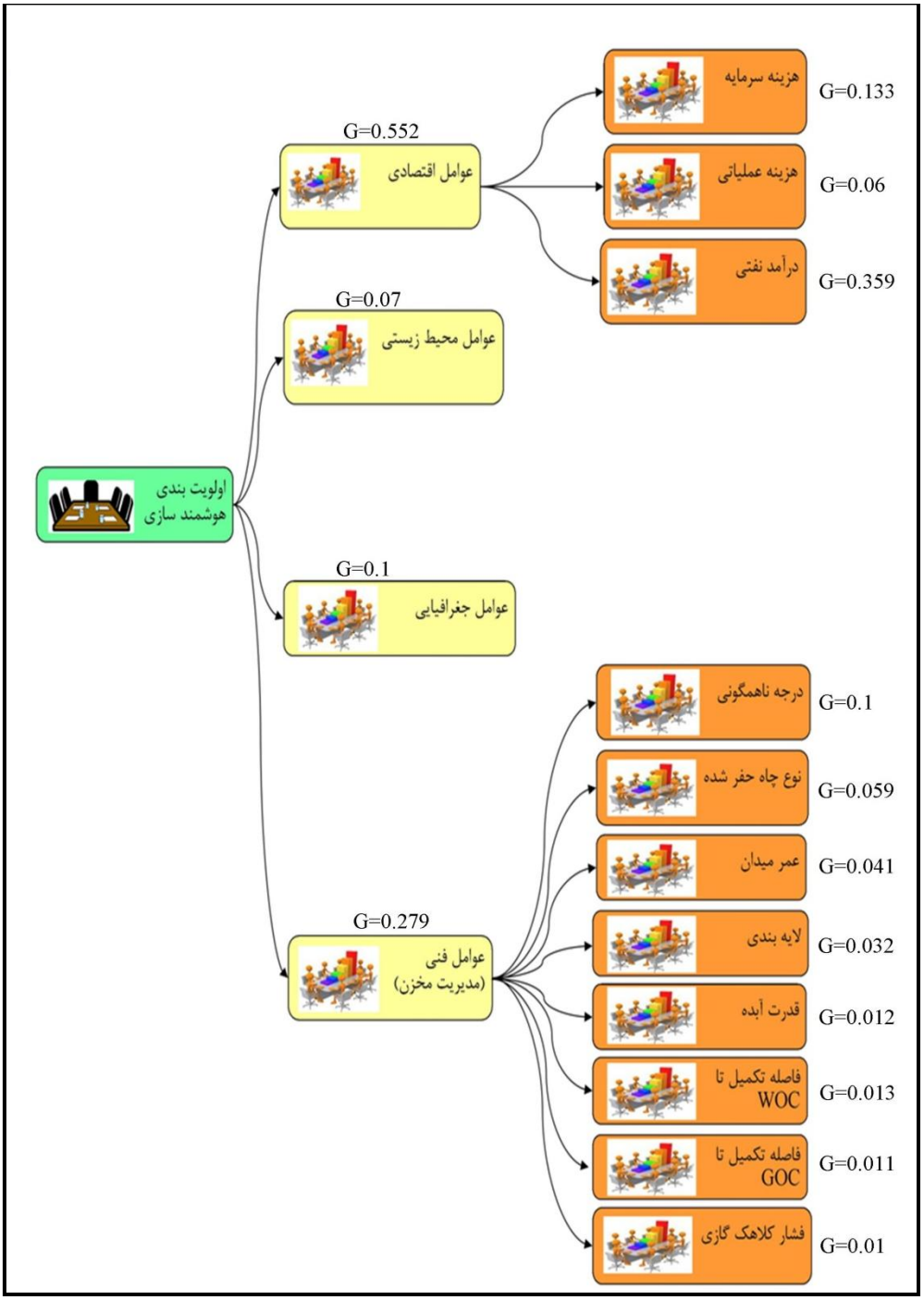
همان‌طور که جدول فوق نشان می‌دهد در مقایسه دو به دو بیشتر پارامترها، روند مشترکی میان نظرات کارشناسان وجود دارد. اگر عددگذاری‌ها با یکدیگر تفاوت دارد به دلیل آن است که اولا اعداد معادل مقایسه کیفی میان دو پارامتر هستند که در جدول ۱ آمده است و ثانیا نظر کارشناسی مشخص می‌کند که به چه صورت این عددگذاری‌ها انجام شود. در حقیقت در جدول۲ مقایسات کیفی به صورت کمی گزارش شده است. لازم به ذکر است که این تفاوت‌ها زمانی اهمیت پیدا می‌کند که در هنگام ترکیب نظرات، ناسازگاری نهایی از ۱۰ درصد بیشتر باشد که در این‌صورت باید در قضاوت ها تجدیدنظر صورت گیرد[۵].

لازم به ذکر است تمامی پارامترهای ذکر شده در زمینه هوشمندسازی یک میدان دارای اهمیت بالایی می‌باشد و عددگذاری-های فوق الذکر تنها نشان دهنده ارجحیت پارامترها نسبت به یکدیگر می‌باشند.

٦. نتیجه گیری

بعد از اینکه هر یک از اعضا قضاوت‌های خود را در مقایسه دو به دو معیارها انجام دادند تمام این قضاوت ها با تمام ویژگی‌هایی که دارند با یکدیگر ترکیب می‌شوند، که این ترکیب توسط نرم افزار صورت می‌پذیرد. شکل ۵ و جدول ۳ نتیجه نهایی وزن هر یک از معیارها را نشان می‌دهد. همان‌طوریکه در ادامه مشاهده می‌شود عوامل اقتصادی با ضریب ۰,۵۵۲ بیشترین ضریب اهمیت و عوامل محیط زیستی با ضریب ۰,۰۷ کمترین ضریب را در مقایسه با سایر عوامل دارد که نقش و اهمیت سایر ضرایب در ادامه آورده می‌شود.

خروجی این موضوع موید این است که یک تکنولوژی هر چند به لحاظ فنی و تکنیکی و سایر موارد مورد پذیرش باشد ولی کارایی اقتصادی نداشته باشد عملاً امکان توسعه آن وجود ندارد و باید از لحاظ اقتصادی قابل قبول باشد. هم‌چنین اهمیت خروجی این کار به مراتب از سایر روش‌ها به لحاظ پوشش بسیار مناسب تمامی عوامل درگیر از جمله اقتصادی، جغرافیا و محیط زیست ، به شرط انجام درست، بالاتر است این درحالی است که بسیاری از این عوامل در سایر روش‌ها لحاظ نمی-شوند و فقط عوامل فنی و اقتصادی را بررسی می‌نمایند. اعتقاد نویسندگان این مقاله براین است که دانش مهندسی نفت و مخازن و شبیه‌سازی مخازن یکی از ابزارهای این روش و متدلوژی می‌باشد. نکته مهم اینکه، در انتها، میدان انتخاب شده برای به‌کارگیری تکنولوژی مخازن هوشمند می‌بایست با طراحی جزئیات مورد مطالعات کامل شبیه سازی قرار بگیرد.



شکل ۵: وزن نهایی معیارهای اولویت‌بندی هوشمندسازی بر مبنای مقایسه زوجی

جدول۳: وزن نهایی معیارهای اولویت‌بندی هوشمندسازی بر مبنای مقایسه زوجی

هدف	معیار	وزن نهایی (درصد)	زیرمعیار	وزن نهایی (درصد)
اولویت‌بندی هوشمندسازی	عوامل اقتصادی	۵۵/۱	هزینه سرمایه	۱۳/۳
			هزینه عملیاتی	٦
			درآمد نفتی	۳۵/۹
	عوامل فنی و زمین شناسی	۲۷/۹	درجه ناهمگونی	۱۰
			نوع چاه حفر شده	۵/۹
			عمر میدان	٤/۱
			لایه‌بندی	۳/۲
			فاصله تکمیل تا WOC	۱/۳
			قدرت آبده	۱/۲
			فاصله تکمیل تا GOC	۱/۱
			فشار کلاهک گازی	۱
	عوامل جغرافیایی	۱۰		–
	عوامل محیط زیستی	۷		–

" هیئت تحریریه مجله از آقایان دکتر محمد کرامتی و دکتر عباس شهرآبادی که داوری مقاله را بر عهده داشته اند کمال تشکر و سپاس را دارد"

منابع و ماخذ

[۱] گزارش پروژه کاربرد تکنولوژی در مخازن ایران، پژوهشگاه صنعت نفت، ۱۳۸۹

[2]S.A. Sakowski, A. Anderson, and K. Furui, Baker Oil Tools, "Impact of Intelligent Well Systems on Total Economics of Field Developments", SPE 94672 presented at SPE Hydrocarbon Economics and Evaluation Symposium, Apr 03 - 05, 2005, Dallas, Texas

[3]E.A. Addiego-Guevara, SPE, and M.D. JaCKson, SPE, Department of Earth Science and Engineering, Imperial College London, UK, and M.A. Giddins, SPE, Schlumberger, " Insurance Value of Intelligent Well Technology Against Reservoir Uncertainty", SPE113918 presented at SPE/DOE Symposium on Improved Oil Recovery, 20-23 April 2008, Tulsa, Oklahoma, USA

[4] A.P. Leemhuis, SPE, S.P.C Belfroid, SPE, and G.J.N. Alberts, TNO Science and Industry, The Netherlands, " Gas Coning Control for Smart Wells", SPE110317 presented at SPE Annual Technical Conference and Exhibition, 11-14 November 2007, Anaheim, California, U.S.A.

[۵] دکتر عادل آذر، دکتر علی رجب زاده، کتاب "تصمیم گیری کاربردی (رویکرد MADM)، انتشارات نگاه دانش، چاپ سوم، ۱۳۸۸

Determining Geological, Environmental and Economical Impact Weight for Oil Field Prioritization to Implement Smart Well Technology

Behrouz T., Motahari S.M., Nadri pari M., Hendi S.S.

Abstract

Deep oil reservoirs with high heterogeneity need thorough management to maximize production and recovery along with minimizing OPEX and CAPEX. This management is integration between technology, human resource and processes.

Smart Well technology helps oil companies to meet aforementioned goals. Since smart well technology imposes high initial expenditure it is a risky and costly decision for oil companies to apply it for all companies. Indeed, this fact dictates prioritization of oil fields based on several parameters to decide where this technology should be implemented first.

In this paper we present a novel screening technique under Analytical Hierarchy Process (AHP) engine. This technique needs criteria and sub-criteria affecting smart well potential of fields such as Geological, Geographical, Environmental and Economical parameters.

In this study, the main components of the four main mentioned parameters have been extracted. All of them weighted according to our objective function. The result of this research would be impact weight of each parameter with respect to each other that can be used an engineering box for making decision among several fields for implementing smart well technology.

Keywords: Smart well, Geological Parameters, Geographical Parameters, Decision tree, Technical parameter, Weighting