بسم الله الرحمن الرحيم

عنوان طرح:

"دستیابی به دانش فنی و اجرایی فناوری شکافت هیدرولیکی"

گزارش فاز دوم:

"غربالگری و انتخاب مخزن و چاه"

کد طرح:

واحد سازمانی مجری:پژوهشکده علوم پایه کاربردی

گروه پژوهشی: زمین شناسی نفت – توسعه میادین نفت و گاز

مسئول اجرای طرح: دکتر کمال خدایی

فروردین ۱۴۰۰

مشخصات مسئول و همکاران طرح مطابق پرسشنامه مصوب:

ردیف	نام و نام خانوادگی	مسئولیت در طرح	تخصص	رتبه	جمع کل نفر ساعت همکاری در طرح
۱	کمال خدایی	مجری	زمین شناس	استادیار	۲۰۰
۲	علی یزدانی	ناظر فنی	مهندس مخزن	استادیار	۴۵۰
۳	ابراهیم سفیداری	پتروفیزیست	زمین شناس نفت	استادیار	۴۵۰
۴	میرحسین طاهری	مهندس مخزن	مهندس مخزن	استادیار	۴۵۰
۵	سجاد قره‌چلو	ژئومکانیست	زمین شناس نفت	استادیار	۴۵۰
۶	سپیده یاسمی	ژئوفیزیست	ژئوفیزیک	مربی	۴۵۰
۷	مهران کلهری	ژئومکانیست	مهندس معدن	کارشناس ارشد	۴۵۰
۸	هوشنگ مهرابی	رسوب شناس	رسوب شناس	کارشناس ارشد	۴۵۰
۹	مرضیه قدیمی	مهندس نفت	مهندس نفت	کارشناس ارشد	۴۵۰
۱۰	بتول جانجانه	زمین شناس	زمین شناس	مربی	۴۵۰

پیشگفتار

با توجه به ماهیت طبیعی میادین هیدروکربنی کشور، نیاز به فناوریهای روز دنیا جهت نگهداشت، بهبود و ازدیاد برداشت از ذخائر نفت و گاز، تامین امنیت انرژی نسلهای آینده کشور و همچنین جایگاه استراتژیک ایران به عنوان تامین کننده انرژی منطقه، طرح کلان ملی "دستیابی به دانش فنی-اجرایی فناوری شکافت هیدرولیکی" توسط مجموعه جهاد دانشگاهی به عنوان یک نهاد انقلابی و پیشرو در علم و فناوری کشور با مرکزیت پژوهشکده علوم پایه مستقر در دانشگاه شهید بهشتی تعریف گردید. هدف از این طرح کلان دستیابی به دانش فنی-اجرایی این فناوری و بومی سازی آن در کشور بعنوان یک فناوری پر کاربرد است. در پایان این طرح انتظار میرود که با انتقال دانش مربوطه قابلیت اجرای عملیات در میادین و چاههای منتخب کشور توسط متخصصین داخلی ایجاد گردد.

بدین منظور، این طرح در چهار فاز ۱) تشکیل تیم های فنی و گردآوری اطلاعات کلی ۲) غربالگری و انتخاب چاه و مخزن ۳) دانش فنی جامع تئوریک و ۴) مهندسی و طراحی موارد کاربردی و تهیه طرح جامع اجرای عملیات اجرایی تعریف گردیده است.

گزارش حاضر به تشریح مطالب مربوط به فعالیتهای تعریف شده در فاز دو (۲) این طرح ذیل غربالگری و انتخاب چاه و مخزن میپردازد. این گزارش در قالب دو (۲) فصل بترتیب زیر ارائه میگردد:

فصل ۱: پارامترها و روش های موثر در غربالگری

فصل ۲: تهیه پایگاه داده های میادین ایران و اجرای غربالگری جهت انتخاب میادین مناسب

فهرست مطالب

فصل اول: پارامترها و روش های موثر در غربالگری ۱

۱-۱ مقدمه ۱

۱-۲ ضرورت انجام غربالگری ۲

۱-۳ سطوح و مقیاسهای مختلف انجام غربالگری ۳

۱-۴ پارامترهای تاثیرگذار بر غربالگری ۴

۱-۴-۱- پارامترهای فنی ۵

۱-۴-۱-۱ پارامترهای زمین شناسی و ژئومکانیکی (استاتیکی) ۵

۱-۴-۱-۲ پارامترهای مخزنی (دینامیکی) ۱۷

۱-۴-۱-۳ پارامترهای مرتبط با تکمیل چاه ۲۳۲۳۲۴

۱-۴-۲ پارامترهای غیر فنی ۲۵۲۵۲۶

۱-۴-۲-۱ فاکتورهای اقتصادی و هزینه ای ۲۵۲۵۲۶

۱-۴-۲-۲ نگرشها و ملزومات کارفرمایی ۲۷۲۷۲۸

۱-۵ روش های غربالگری ۲۹

۱-۵-۱- روش های معمول ۲۹

۱-۵-۱-۱ روش مبتنی بر اندیس تولید (Martin and Economides, 2010) ۳۰

۱-۵-۱-۲ روش های متداول مبتنی بر وزن دهی پارامترها ۳۱

۱-۵-۲ روش تحلیل سلسه مراتبی (AHP) ۳۳

۱-۵-۳ روش های هوشمند ۳۷

۱-۵-۳-۱ روش منطق فازی ۳۹

فصل دوم: تهیه پایگاه داده و غربالگری میادین ۴۴

۲-۱ مقدمه ۴۴

۲-۲ تهیه پایگاه داده های میادین ۴۴

۲-۲-۱ تفکیک میادین بر حسب نوع و موقعیت ۴۵

۲-۲-۲ گروه بندی (غربالگری) مخازن میادین از نقطه نظر درصد وجود اطلاعات ۴۷۴۷۴۸
۲-۳ - استخراج پارامترهای مهم، مورد نیاز و تاثیر گذار برای غربالگری ۴۹۴۹۵۰
۲-۴- اجرای غربالگری کیفی مخازن ۵۰۵۰۵۱
۲-۴-۱ اولویت بندی مخازن از نقطه نظر فنی ۵۱
۲-۴-۲ نتایج اولویت بندی مخازن از نقطه نظر فنی ۵۲
۲-۴-۳ اولویت بندی نهایی مخازن ۵۴
۲-۴-۴ نتایج نهایی غربالگری ۵۵۵۵۵۶
۲-۴-۴-۱ اولویت ۱ ..... ۵۶
۲-۴-۴-۲ اولویت ۲ ..... ۵۸
۲-۴-۴-۳ اولویت ۳ ..... ۶۰
۲-۴-۴-۴ اولویت ۴ ..... ۶۱
۲-۴-۴-۵ اولویت ۵ ..... ۶۱
۲-۴-۴-۶ اولویت ۶ ..... ۶۲
۲-۵ غربالگری کیفی دیگر مخازن ۶۳
۲-۵-۱ میادین گازی-خشکی ۶۴
۲-۵-۲ میادین نفتی-دریایی ۶۵
۲-۵-۳ میادین گازی-دریایی ۶۶
۲-۶ اجرای غربالگری هوشمند با روش منطق فازی ۶۷
منابع ۸۶
پیوست ۸۸
لیست مخازن خشکی- نفتی با میزان اطلاعات ۱ و ۲ ..... ۸۹
لیست مخازن خشکی- گازی با میزان اطلاعات ۱ و ۲ ..... ۹۸
لیست مخازن دریایی- نفتی با میزان اطلاعات ۱ و ۲ ..... ۹۹
لیست میادین بدون اطلاعات ۱۰۴

فهرست اشکال

شکل ۱-۱- مثلث موفقیت عملیات شکافت هیدرولیکی (Zoveidavianpoor et al., 2012) ۳

شکل۱-۲- محصور شدن یک شکاف توسط لایه های بالایی و پایین الف) گرادیان تنش ثابت ب) افزایش تنش در لایه ی بالایی (Heydarabadi et al., 2010) ۱۴

شکل ۱-۳- برخورد شکاف هیدرولیکی با شکاف طبیعی ۱۶

شکل ۱-۴- نمونه ای از رابطه ی افزایش اندیس تولید بر حسب تراوایی (Martin and Economides, 2010).....۳۱

شکل ۱-۵- درخت سلسله مراتبی ساخته شده برای مسألهٔ انتخاب لایه های کاندید برای عملیات شکافت هیدرولیکی ۳۴

شکل ۱-۶- تحلیل حساسیت عملکرد لایه های کاندید نسبت به معیارها.....۳۷

شکل ۱-۷- مقایسه ی منطق بولین و فازی در تصمیم گیری ۳۹

شکل ۱-۸- انواع توابع عضویت مورد استفاده ۴۰

شکل ۲-۱- درصد تعداد میادین بر حسب موقعیت و نوع آن ۴۶۴۶۴۷

شکل ۲-۲- تابع عضویت پارامتر عمق.....۷۰

شکل ۲-۳- تابع عضویت پارامتر دبی تولید نفت.....۷۱

شکل ۲-۴- تابع عضویت پارامتر تخلخل ۷۲

شکل ۲-۵- تابع عضویت پارامتر تراوایی ۷۳

شکل ۲-۶-تابع عضویت پارامتر برش آب ۷۴

شکل ۲-۷- تابع عضویت پارامتر اشباع آب ۷۴

شکل ۲-۸- تابع عضویت پارامتر فشار ۷۵

شکل ۲-۹- تابع عضویت پارامتر API ۷۶

شکل ۲-۱۰- تابع عضویت پارامتر نسبت گاز به نفت تولیدی ۷۶

فهرست جداول

جدول ۱-۱- ملاحظات انتخاب کاندید مناسب در مقیاس مختلف (Zoveidavianpoor et al., 2012)..... ۴

جدول ۱-۲- محدوده مناسب پارامترهای زمین شناسی و ژئومکانیکی در انتخاب چاه کاندید ۱۷

جدول ۱-۳- محدوده پارامترها در مخازن نفتی و گازی ۲۳

جدول ۱-۴- پارامترهای مخزنی و زمین شناسی که در روش معمولی (conventional) غربالگری استفاده می شود (Zoveidavipour and Gharibi 2016)..... ۳۳

جدول ۱-۵- مقیاس استاندارد برای مقایسه اهمیت زوجی معیارها ۳۵

جدول ۱-۶- نحوه ارزیابی کیفی معیارهای اصلی برای انتخاب کاندید در سازند ایلام ۳۵

جدول ۱-۷- ارزیابی معیارها و اولویت بندی لایه های کاندید در سازند ایلام ۳۶

جدول ۱-۸- معیار دسته بندی چاه ها ۴۰

جدول ۱-۹- زیربازه های ضریب پوسته ی چاه ها، قبل از انجام عملیات شکافت هیدرولیکی و درصد هر کدام از چاه ها ۴۲

جدول ۱-۱۰- زیربازه های تراوایی چاه ها، قبل از انجام عملیات شکافت هیدرولیکی و درصد هر کدام از چاه ها ۴۲

جدول ۱-۱۱- زیربازه های سیالیت چاه ها، قبل از انجام عملیات شکافت هیدرولیکی و درصد هر کدام از چاه ها..... ۴۲

جدول ۱-۱۲- زیربازه های فشار(مگاپاسکال) چاه ها، قبل از انجام عملیات شکافت هیدرولیکی و درصد هر کدام از چاه ها ۴۲

جدول ۱-۱۳ بازه های طبقه بندی شده ی پارامترهای مختلف ۴۳

جدول ۲-۱- تعداد میادین بر حسب نوع و موقعیت ۴۶

جدول ۲-۲.عناوین میادین با موقعیت نفتی-خشکی (۶۱ میدان) ۴۷

جدول ۲-۳- مخازن حاوی اطلاعات برای میادین نفتی-خشکی..... ۴۸۴۸۴۹

جدول ۲-۴ پارامترهای غربالگری در مقیاس میدان محور مورد استفاده در اجرای این غربالگری..... ۵۰

جدول ۲-۵- گروه بندی مخازن از نظر فنی ۵۱۵۱۵۲

جدول ۲-۶ -الف. گروه فنی ۱ ..... ۵۲

جدول ۲-۶- ب. گروه فنی ۲ ..... ۵۲۵۲۵۳

جدول ۲-۶- ج. گروه فنی ۳ ..... ۵۳

جدول ۲-۷- اولویت بندی مخازن ۵۴۵۴۵۵

جدول ۲-۸- تعداد مخازن نفتی-خشکی بر حسب اولویت نهایی ۵۵۵۵۵۶

جدول ۲-۹- مخازن میادین نفتی-خشکی با اولویت ۱ ..... ۵۷
جدول ۲-۱۰- مخازن میادین نفتی-خشکی با اولویت ۲ ..... ۵۹
جدول ۲-۱۱- مخازن میادین نفتی-خشکی با اولویت ۳ ..... ۶۰
جدول ۲-۱۲- مخازن میادین نفتی-خشکی با اولویت ۴ ..... ۶۱
جدول ۲-۱۳- مخازن میادین نفتی-خشکی با اولویت ۵ ..... ۶۲
جدول۲-۱۴- مخازن میادین نفتی-خشکی با اولویت ۶..... ۶۳
جدول ۲-۱۵- مخازن میادین گازی-خشکی (۲۵ میدان-۴۲ مخزن)..... ۶۴
جدول ۲-۱۶- مخازن میادین نفتی-دریایی (۲۴ میدان-۴۴ مخزن)..... ۶۶
جدول ۲-۱۷- مخازن میادین گازی-دریایی (۲۴ میدان-۳۶ مخزن) ۶۷
جدول ۲-۱۸-درصد وزنی و بازه ی هر گروه برای ۱۲ پارامتر تاثیر گذار انتخاب شده در این غربالگری ۶۹
جدول ۲-۱۹- تابع عضویت پارامترهای ورودی در غربالگری میادین ۷۸
جدول ۲-۲۰- اطلاعات میدان "سپهر" سازند "ایلام"..... ۷۸
جدول ۲-۲۱- ماتریس درجه عضویت پارامترهای مختلف میدان "سپهر" سازند "ایلام" ۷۹
جدول ۲-۲۲- درجه عضویت میدان "سپهر" سازند "ایلام" در ۳ گروه انتخاب اول، انتخاب دوم و انتخاب سوم ۸۰
جدول ۲-۲۳- مقایسه ی نتایج الگوریتم فازی و تصمیم گیری کیفی ۸۰
جدول ۲-۲۴- اطلاعات سازند" گدوان "میدان "سپهر"..... ۸۲
جدول ۲-۲۵- اطلاعات سازند" آسماری- پابده "میدان "کرنج"..... ۸۳
جدول ۲-۲۶- اطلاعات سازند" فهلیان "میدان "جفیر" ۸۳۸۳۸۴
جدول ۲-۲۷- اطلاعات سازند" گدوان "میدان "جفیر"..... ۸۴۸۴۸۵

فصل اول: پارامترها و روش های موثر در غربالگری

۱-۱ مقدمه

عوامل مختلفی در میزان موفقیت یک عملیات شکافت هیدرولیکی تاثیرگذار ه ستند. یکی از این عوامل مهم و تاثیر گذار انتخاب در ست میدان، چاه و بازه مخزنی منا سب جهت انجام عملیات ا ست. بدون انجام غربالگری و انتخاب مخزن مناسب انتظار موفقیت از هر عملیاتی بسیار پایین خواهد بود. بنابراین، این فصل از گزارش به موضوع غربالگری جهت انتخاب گزینه مناسب برای اجرای عملیات شکافت هیدرولیکی می پردازد. برای غربالگری باید پارمترهای مختلفی در نظر گرفته شود. این پارامترها را می‌توان در دو بخش پارامترهای فنی و پارمتر های غیر فنی در نظر گر فت. از آنجایی که پروژه جاری انتقال دانش و فناوری تکنولوژی شکا فت هیدرولیکی در ایران برای اولین بار بصورت سیستماتیک تعریف می‌گردد، بنابراین باید عواملی که در پایین آوردن میزان موفقیت در یک عملیات نقش دارند یا عواملی که بر پیچیدگی های عملیات بیفزایند در نظر گرفته شود. عوامل فنی تاثیر گذار بر عملیات شکافت هیدرولیکی را می‌توان در مقیاس‌های مختلف بزرگ مقیاس یا منطقه‌ایی جهت انتخاب میدان، متوسط مقیاس جهت انتخاب چاه و مقیاس کوچک جهت انتخاب بازه مخزنی خاص در یک چاه مورد بررسی قرار داد.

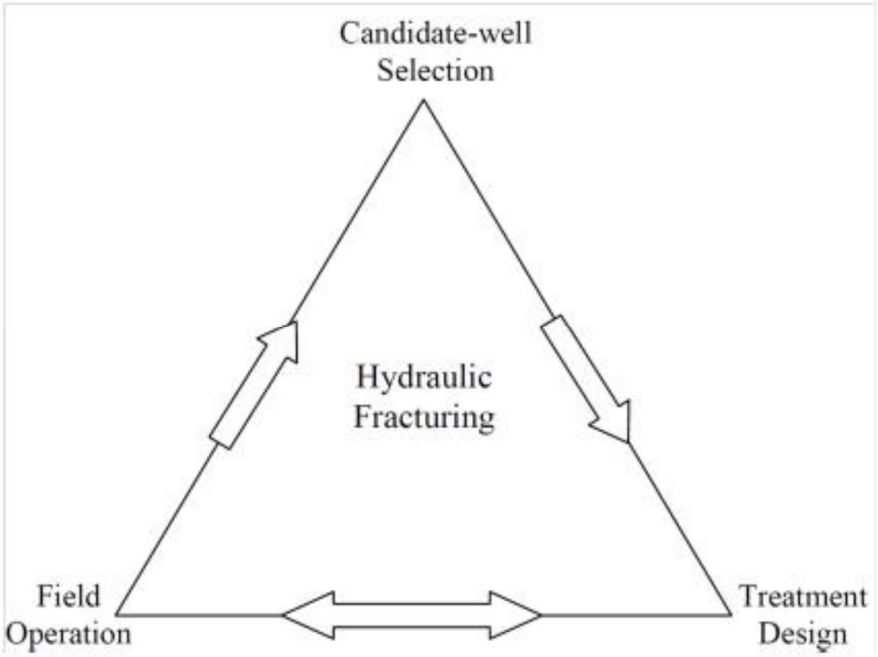
در این گزارش، غربالگری و انتخاب کاندید مناسب در مقیاس بسیار بزرگ و میدان محور مد نظر است و با برر سی اطلاعات، مخازن و میادین منا سب برای انجام شکافت هیدرولیکی معرفی می شوند به این ترتیب که با برر سی اطلاعاتی مانند اطلاعات پتروفیزیکی (تخلخل، تراوایی و ا شباع شدگی)، و ضعیت شکاف ها و ناهمگونی ها، لیتولوژی، ذخیره ی در جا، تاریخچه ی تولید و ... از میادین و مخازن مختلف اقدام به تصمیم گیری می

شود.. در مراحل بعدی و مقیا سهای دیگر که نیاز به اطلاعات دقیق تر و جزئی تری مانند اطلاعات تولید چاه ها، نتایج چاه آزمایی و چاه پیمایی، ویژگی های تکمیل چاه، تجهیزات سر چاهی و ته چاهی می باشد، می توان چاه مناسب را برای انجام عملیات شکافت هیدرولیکی در هر یک از مخازن پیشنهادی انتخاب کرد.

این فصل از گزارش در دو بخش عمده تعیین و بررسی پارامترهای تاثیر گذار در انجام غربالگری و همچنین بررسی روشهای موجود انجام غربالگری تدوین و تهیه گردیده است.

۱-۲ ضرورت انجام غربالگری

انجام غربالگری فرآیند انتخاب و تشخیص مخزن یا چاهی ا ست که بیشترین احتمال موفقیت اجرای عملیات و همچنین بیشترین پتانسیل را برای افزایش تولید و بازگشت سرمایه، پس از انجام عملیات داشته باشد. همانطور که در شکل۱-۱ مشخص است غربالگری و انتخاب چاه مناسب، طراحی مناسب و اجرای صحیح و بدون خطای عملیات سه راس مثلث موفقیت می باشد. از این رو چنانچه یک طراحی بهینه و عملیات دقیق بر روی یک چاه نامنا سب انجام گیرد، عملیات موفقیت آمیز نخواهد بود. انتخاب گزینه منا سب تا حد زیادی موفق بودن یک عملیات را تضمین می کند. اگرچه فرآیند انتخاب کاندید مناسب یک فرآیند بسیار پیچیده است که از پارامترهای بسیاری تاثیر می پذیرد و تا کنون یک روش یکپارچه که به طور موثری بتواند در شرایط مختلف عملیاتی، زمین شنا سی، مخزنی و ... این مهم را به انجام بر ساند، ارائه نشده ا ست در این گزارش سعی شده که نتایج برر سی مطالعات گذ شته با وجود نا سازگاری های این روش ها با یکدیگر، به صورت یکپارچه و جامع بیان گردد (Zoveidavianpoor et al., 2012).



شکل ۱-۱- مثلث موفقیت عملیات شکافت هیدرولیکی (Zoveidavianpoor et al., 2012)

۱-۳ سطوح و مقیاس‌های مختلف انجام غربالگری

اگرچه امروزه در بسیاری از کشورهای صاحب فناوری در صنایع بالادست نفت و گاز، فناوری شکافت هیدرولیکی فراتر از یک روش برای بهبود و ازدیاد برداشت از مخازن دارای مشکلات تولیدی است، اما چنانچه ما در ایران فقط به دنبال اعمال این روش در مخازن مشکل دار باشیم؛ مرحله ی نخست باید بررسی علت مشکلات مخزن باشد. چنانچه کاهش تولید چاه، به علت آسیب دیدگی ناحیه ی اطراف آن باشد و یا تراوایی پایین مخزن مانعی در برابر تولید از آن باشد، شکافت هیدرولیکی راه حل مناسبی برای این چاه می باشد. اما اگر کاهش تولید چاه، به علت کاهش فشار مخزن ناشی از تخلیه شدن آن باشد، شکافت هیدرولیکی راه حل مناسبی نیست (Zoveidavianpoor et al., 2012). جدول ۱-۱ پارامترهای غربالگری در سه سطح، از میدان تا چاه را نشان می دهد (Zoveidavianpoor et al., 2012).

جدول ۱-۱- ملاحظات انتخاب کاندید مناسب در مقیاس مختلف (Zoveidavianpoor et al., 2012)

Scale	Variables
Regionalized (Macro)	Reservoir Heterogeneity Reservoir Continuity Gathering and Production
Neighborhood (Meso)	Offset Well Performance Drainage Shape and Area Areal Connectivity Publicly Available Data
Localized (Micro):	Reservoir Characteristics Pressure Transient Analysis Production History Mechanical Integrity

۱-۴ پارامترهای تاثیرگذار بر غربالگری

همانطور که قبلا ذکر گردید انتخاب میدان و چاه مناسب نقش مهم و کلیدی در میزان موفقیت عملیات شکافت هیدرولیکی داردپارامترهای تاثیر گذار بر غربالگری را می‌توان از جنبه‌های مختلف تقسیم بندی کرد که هر کدام از سطح اهمیت متفاوتی برخوردار هستند. برای مثال می‌توان این موضوع را از جهت دریایی بودن یا خشکی بودن میدان نفتی دنبال کرد. در این حالت، پیچیدگی فرآیندها و تجهیزات مورد نیاز در دریا و همچنین فراهم کردن پلاتفرم دریایی مورد نیاز شکافت هیدرولیکی در درجه اول اهمیت قرار می‌گیرد. در این حالت اجرای عملیات شکافت هیدرولیکی یک مرحله‌ایی در خشکی راحت تر از اجرای عملیات شکافت هیدرولیکی در دریا است. در روش دیگر می‌توان غربالگری را بر اساس میادین نفتی یا گازی بررسی کرد. در این حالت نیز، معیارهای مورد مطالعه متفاوت است. از آنجایی که در شرایط یکسان مخزنی میزان بازیافت گاز بیشتر از نفت است و از طرف دیگر کنترل کردن شکافت در مخزن گازی از پیچیدگی فراوانتری نسبت به میدان نفتی برخوردار است. بنابراین، معیارهای مخزنی متفاوتی برای یک مخزن نفتی و گازی باید تعریف و انتخاب شود که بر اساس آن غربالگری انجام گیرد. همچنین غربالگری را در مقیاس‌های مختلف ناحیه‌ایی یا میدان، چاه و زون‌های مختلف یک مخزن در یک چاه بررسی کرد. در این مرحله از کار غربالگری جهت غربال کردن میادین انجام خواهد شد با

این پیش فرض پارامترهای موثر بر غربال گری را از نظر فنی به چند دسته پارمترهای مخزنی، پارمترهای زمین شناسی و ژئومکانیکی و پارمترهای مرتبط با تکمیل و محدودیت های چاه های تولیدی تقسیم کرد. در ادامه این پارامترها به تفصیل مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

۱-۴-۱- پارامترهای فنی

۱-۴-۱-۱ پارامترهای زمین شناسی و ژئومکانیکی (استاتیکی)

بخشی از پارامترهای انتخاب میدان، چاه و لایه کاندید جهت اجرای عملیات شکافت هیدرولیکی عوامل زمین شناسی و ژئومکانیکی هستند که عمدتا در زمره پارامترهای استاتیک قرار میگیرند. همانطور که قبلا نیز اشاره گردید این پارامترها در مقیاس‌های مختلف قابل بحث و بررسی هستند و اهمیت و تاثیر گذاری هر کدام از این پارامترها در فرایند انتخاب بسته به مقیاس و هدف غربالگری متغیر خواهد بود . از مهمترین این پارامترها در این بخش می توان به خواص پتروفیزیکی از جمله تخلخل، اشباع شدگی آب، لیتولوژی سازند یا مخزن، خواص ساختمانی از جمله وجود شکستگی و شکاف‌های طبیعی در مخزن، عمق مخزن، محصور شدن مخزن بین دو لایه با خواص زمین شناسی و ژئومکانیکی متفاوت و خواص ژئومکانیکی مانند مقدار استرس در جای مخزن، مقاومت تک محوری فشاری، میزان اختلاف بین استرس‌های افقی حداقل و حداکثر چاه، شاخص شکاف پذیری، شاخص شکنندگی و محدود سازی شکاف است. در ادامه پارامترهای زمین شناسی و ژئومکانیکی تاثیر گذار در انتخاب چاه و لایه برای اجرای عملیات شکافت هیدرولیکی بحث خواهد شد.

تخلخل

تخلخل نشان دهنده فضاهای خالی سنگ و معرف ظرفیت ذخیره سنگ مخزن است. این پارامتر یکی از فاکتورهای تاثیر گذار در غربالگری و انتخاب گزینه مناسب جهت اجرای عملیات شکافت هیدرولیکی بوده و در اکثر مطالعاتی که در این زمینه گزارش شده نیز در نظر گرفته شده است. در بسیاری از مخازن بین تخلخل و تراوایی ارتباط وجود دارد. در مخازن آواری این ارتباط بیشتر به یک ارتباط خطی نزدیک می‌گردد. یعنی با افزایش تخلخل، تراوایی نیز افزایش می‌یابد. در مخازن کربناته ارتباط تخلخل با تراوایی پیچیده تر از یک ارتباط

خطی است. با این وجود، در مخازن کربناته نیز افزایش تخلخل در حالت کلی منجر به افزایش تراوایی می‌گردد. این موضوع به قطر گلوگاه‌های تخلخل مرتبط است بدین صورت که با افزایش تخلخل قطر گلوگاه تخلخل نیز افزایش یافته و در نتیجه تراوایی افزایش می‌یابد. در اکثر موارد، تخلخل‌های بالای ۲۰ تا ۲۵ درصد همراه با تراوایی بالا است. این دست از مخازن با تخلخل و تراوایی بالا همانطور که در بحث تراوایی گفته خواهد شد بصورت طبیعی تخلیه می‌گردند و لذا نیاز به فناوری شکافت هیدرولیکی مورد سوال قرار خواهد گرفت.

از طرفی تخلخل های پایین (زیر ۵ درصد) نیز به دلیل نداشتن ظرفیت ذخیره سیال هیدروکربنی کافی (بخصوص زمانی که سنگ مخزن آب دوست باشد) گزینه مناسبی جهت عملیات شکافت هیدرولیکی نیستند چرا که میزان نفت قابل استحصال و توجیه پذیری اقتصادی عملیات را متاثر خواهد نمود. از طرف دیگر و از آنجاییکه تخلخل با خصوصیات مکانیک سنگی و رفتار ژئومکانیکی سنگ در ارتباط است، تخلخل خیلی پایین منجر به افزایش مقاومت سنگ شده و فشار شکست را بالا خواهد برد. همچنین گسترش شکاف در تخلخل‌های پایین با مشکلاتی همراه بوده و ممکن است بعنوان عامل محدود کننده عمل نماید.

با این تعاریف و بنابر مطالعات انجام شده در این زمینه، محدوده تخلخل ۸ تا ۱۸ درصد به عنوان بهترین محدوده تخلخل سنگ مخزن برای اجرای عملیات شکافت هیدرولیکی پیشنهاد شده است (Zoveidavipour and Gharibi 2016).

آب اشباع شدگی مخزن

این پارامتر نیز یکی از فاکتورهای مهم در انتخاب گزینه مناسب برای اجرای عملیات شکافت هیدرولیکی است. اگر چه در حالت عادی آب اشباع شدگی در یک مخزن متخلخل به کنترل عواملی از قبیل ارتفاع از سطح آب آزاد، گونه سنگی و نوع تخلخل‌های موجود در سنگ مخزن و نهایتا به ترشدگی مخزن مرتبط است. با این وجود، آب اشباع شدگی بالا می‌تواند نشان دهنده عواملی از قبیل پایین بودن و ریز بودن تخلخل، نزدیک بودن به سطح آب آزاد و آبخوان مخزن و یا پایین بودن کیفیت مخزنی باشد. اشباع آب بالا کاهش ذخیره نفت را به همراه خواهد داشت و ممکن است صرفه اقتصادی عملیات شکافت هیدرولیکی را زیر سوال ببرد. همچنین اشباع آب

بالا ممکن است به دلیل نزدیکی به آبخوان مخزن باشد. در این حالت نیز شکاف ممکن است در آبخوان گسترش پیدا کند و کنترل عملیات را با مشکلات عدیده ای همراه کند. از طرفی وجود اشباع آب بالا بخصوص در مواردی که بخش قابل توجهی از این آب قابلیت حرکت دا شته با شد میتواند در جهت دهی حرکت سیال هیدروکربنی و همچنین گسترش شبکه شکاف ایفای نقش کرده و تاثیرات منفی در کنترل فرایند و عملیات اجرا به جای بگذارد. بنابراین، در فرایندهای غربالگری اشباع شدگی آب بالا (بیشتر از ۴۰ درصد) به عنوان یک فاکتور نامناسب برای اجرای عملیات شکافت هیدرولیکی عنوان میگردد.

لیتولوژی مخزن

لیتولوژی غالب سنگ مخزن میتواند بعنوان یک پارامتر کلی و تاثیر گذار بخصوص در مقیاسهای غربالگری بزرگ مطرح گردد. علاوه بر تاثیرات لیتولوژی سازند بر پارامترهای ژئومکانیکی که جداگانه بحث میگردند، بطور کلی از آنجاییکه همگن و یکنواخت بودن لیتولوژی سازند قابلیت کنترل فرایند (گسترش و جهت دهی ایجاد شبکه شکاف هیدرولیکی) را بیشتر میکند بعنوان یک پارامتر مطلوب در اجرای این عملیات در نظر گرفته میشود. لذا، انجام عملیات در مخازن ما سه سنگی از این لحاظ دارای ریسک پایین تری خواهد بود. در نقطه مقابل، مخازن کربناته عموما بعلت وجود ناهمگنی و شکافهای طبیعی در سازند پیچیدگیهای بیشتری در کنترل فرایند خواهند داشت که نیاز به مطالعات و داده های زمین شناسی بیشتر در جهت شناسایی نوع و کمیت ناهمگنی در انتخابهای مقیاس کوچکتر دارد. در این میان مخازنی که بطور ترکیبی و تواما متشکل از لیتولوژی سازندی ماسه سنگی و کربناته بدون لایه های جداکننده هستند را شاید بتوان در زمره مخازن پر ریسک عملیاتی قرار داد.

عمق مخزن

عمق مخزن یکی از پارامترهای مهم و حیاتی جهت انتخاب گزینه های مناسب عملیات شکافت هیدرولیکی در تمامی مقیاسهای فرایند غربالگری میباشد. عمق سازند مد نظر رابطه مستقیمی با پارامترهای ژئو مکانیکی جهت

تخمین و محا سبه تن شها و ف شارهای شک ست مورد نیاز ایجاد و گ سترش شکافت هیدرولیکی دارد. همچنین محدودیتهای تجهیزاتی و عملیاتی رابطه م ستقیمی با عمق سازند در را ستای امکان سنجی عملیات ایفا میکند. فارغ از رابطه مستقیم عمق با فشار سازند، بطور کلی اعماق پایینتر ریسک اجرایی تمام عملیات درون چاهی درگیر در فرایند اجرای شکافت هیدرولیکی را بالاتر میبرد.

ضخامت بازه مخزنی

ضخامت بازه مخزنی مد نظر جهت انجام عملیات شکافت هیدرولیکی یکی از پارامترهای مهم و دخیل در انتخاب و غربالگری گزینه مناسب فناوری شکافت هیدرولیکی میباشد. اهمیت این پارامتر در غربالگری های مقیاس کوچکتر، انتخاب چاه و یا لایه منا سب، دو چندان میگردد. ا صلی ترین علت اهمیت این پارامتر به قابلیت کنترل فرایند و محدود سازی شکافت ایجاد شده و گسترش آن در لایه مد نظر بر میگردد. لذا، طبیعتا سازندها و لایه های با ضخامت بی شتر گزینه های بهتری برای انجام این عملیات در نظر گرفته خواهند شد. علاوه بر ضخامت سازند عدم ارتباط با لایه های فوقانی و تحتانی جهت کنترل گ سترش شکاف عامل ب سیار تعیین کننده ای در افزایش ضریب موفقیت این عملیات خواهد بود. احتمال موفقیت عملیات در لایه های که کمتر از ۱۰ متر ضخامت دارند بسیار کم است.

نزدیکی به سطوح تماس آب - نفت و گاز - نفت

داشتن فاصله ایمن و مناسب از سطوح تماس آب-نفت و گاز-نفت یکی دیگر از پارامترهای مهم در انتخاب مخزن، چاه و یا لایه مناسب جهت طراحی و انجام عملیات شکافت هیدرولیکی میباشد. اگرچه روش هایی مانند تزریق بهبود دهنده های تراوایی نسبی به همراه سیال شکافت و استفاده از پروپانت هایی که به صورت ترجیحی به سمت قسمت بالای شکاف رفته و آن جا را باز نگه دارند برای کاهش اثرات نفوذ شکاف هیدرولیکی در ناحیه ی آبی وجود دارد، اما این واقعیت که در هر صورت با ورود شکاف به ناحیه ی آبی، تولید آب به بهای کاهش

تولید نفت و گاز، افزایش می یابد، باعث شـده اسـت که نزدیکی به سـطح تماس آب و نفت عملیات را بسـیار پر ریسک گرداند. باید به این مسئله نیز توجه داشت که سطح تماس آب و نفت، در طول عمر مخزن جابه جایی زیادی خواهد داشت و نباید بر اساس نتایج تست های گذشته در این زمینه تصمیم گیری کرد.

همان طور که شکاف ممکن است به درون ناحیه ی آبی وارد شود، می تواند به سمت بالا نیز توسعه یابد و وارد ناحیه ی گازی شـــود. با این تفاوت که در این مورد، روش های خیلی کمتری برای جلوگیری از تولید گاز وجود دارد.

ژئوشیمی مخزن

یکی از عواملی که باید در انتخاب کاندید مناسب جهت اجرای عملیات شکافت هیدرولیکی در نظر گرفته شود ژئوشیمی مخزن است. نوع نفتی که به مخزن مهاجرت کرده بایستی مورد مطالعه قرار بگیرد. نفت یک سری از مخازن به دلیل ماهیت ژئوشـیمیایی سـنگ منشـاء مهاجرت کرده از آن دارای میزان آسـفالتین و رزین بالایی هستند. این سری از مخازن ممکن است با تغییر در فشار و دمای مخزن به شدت آسفالتینی شوند و عملیات شـکافت هیدرولیکی را به مخاطره اندازند. از طرف دیگر، ماهیت ژئوشـیمیایی نفت تا حدودی در ویسـکوزیته و گراویته نفت منعکس خواهد شـد. به این صـورت که نفت‌های با میزان آسـفالتین و رزین بالا از گراویته پایین برخوردار هستند و به راحتی به داخل چاه جریان نمی یابند. همچنین مطالعات ژئوشیمیایی میزان ترکیبات غیر هیدروکربنی موجود در نفت مخزن را از قبیل ترکیبات گوگردی، نیتروژنی و اکسـیژنی را مشـخص خواهد کرد و در طراحی عملیات و دستگاه های مورد نیاز کمک کننده خواهد بود.

شاخص شکنندگی

در غربالگریهای مقیاس کوچکتر و در صورت دسترسی به داده های مورد نیاز اثر لیتولوژی در رفتار مکانیک سـنگ را می توان در پارامتر اندیس شـکنندگی مشـخص کرد. اندیس شـکنندگی یکی از پارامترهای رایج در

مکانیک سنگ است که در شناسایی خصوصیات و امکان شکست در توده سنگ نقش دارد. هدف اصلی از تحریک حجمی از مخزن، به حداکثر رساندن سطح تماس شکستگی و ماتریکس می باشد. از نظر زمین شناسی برای ایجاد شبکه شکستگی بایستی شاخص شکنندگی سازند بالا باشد. بدین منظور شکنندگی، در جایی از مخزن که ماتریکس در آن توانایی شکسته شدن به طور مؤثر را داشته باشد، تعریف می شود. شکنندگی سنگ هم برای توسعه ی شکستگی و هم برای ایجاد شکستگی یکپارچه پارامتر سودمندی است.

روش‌های مختلفی برای محاسبه اندیس شکنندگی در سنگ بر اساس مفاهیم متفاوت مانند ترکیب کانی شناسی، تنش درجا و پارامترهای مقاومت سنگ وجود دارد (Jin et al. 2014). بطورکلی سنگی که دارای شکستگی طبیعی می‌باشد و تحت فشار هیدرولیکی راحتتر می شکند را شکننده[1]و رفتار برعکس این حالت را شکل‌پذیر[2]گویند. اندیس شکستگی در سنگهای رسوبی وابسته به خصوصیاتی چون ترکیب، بافت، محتوای آب و تخلخل می باشد. به دلیل عدم وجود یک رابطه جهانی و جامع برای شکنندگی، روشهای مختلفی برای ارزیابی آن ارائه شده است. اریکمن و همکاران ۲۰۰۸ برای ارزیابی شکنندگی رابطه زیر را ارائه کردند:

$$B = \frac{E_n + \vartheta_n}{2} \qquad 1\text{-}1$$

که در آن En و υn به ترتیب مدول یانگ و و ضریب پواسون نرمال شده اند که از روابط زیر به دست می آیند:

$$E_n = \frac{E - E_{min}}{E_{max} - E_{min}}$$

$$\vartheta_n = \frac{\vartheta_{max} - \vartheta}{\vartheta_{max} - \vartheta_{min}} \qquad 1\text{-}2 \text{ و } 1\text{-}3$$

این رابطه نشان می دهد که سازندهای با مدول یانگ بالاتر و نسبت پواسون کمتر، شکنندگی بیشتری دارند. اما رابطهٔ عکس بین مدول یانگ و نسبت پواسون ممکن است در مورد مواد خاصی مناسب باشد و رابطه بین مدول

[1] Brittle
[2] Ductility

یانگ و نسبت پواسون ممکن است مستقیم باشد، بنابراین تعمیم چنین روابطی به هر نوع سازندی می تواند اشتباه باشد.

ارزیابی شکنندگی بر اساس روابط مختلفی انجام گرفته است. تعداد زیادی از این روابط بر اساس تستهای مکانیک سنگی و برخی نیز با استفاده از نگارهای چاه پیمایی به دست آمده اند که گروه دوم از نظر عملی کاربرد بیشتری دارند. از نقطه نظر فیزیکی، شکنندگی به دست آمده از آنالیز کانی شناسی قابل اعتمادتر است. ابتدا تنها کوارتز را به عنوان کانی شکننده در نظر گرفته می شد اما پس از آن مشاهده شده که وجود دولومیت نیز موجب افزایش شکنندگی می شود. همچنین مشخص شد که کانی های سیلیکاته مانند فلدسپارو میکا و همچنین کانی های کربناته دیگر مانند کلسیت نیز نسبت به کانی های رسی شکنندگی بیشتری دارند. بنابراین رابطه جدیدی برای محاسبه شکنندگی پیشنهاد شد که تمام کانی های شکننده را در نظر میگیرد (Jin et al., 2014).

$$B = \frac{W_{QFM}}{W_{Tot}} + \frac{W_{Carb}}{W_{Tot}} \approx \frac{W_{QFM} + W_{Calcite} + W_{Dolomite}}{W_{Tot}} \qquad ۴-۱$$

که در این رابطه $\frac{Wqfm}{WTot}$ کسر وزنی کوارتز، فلدسپار و میکا از وزن کل سنگ و $\frac{WCarb}{WTot}$ کسر وزنی کانی های کربناته شامل دولومیت، کلسیت و دیگر کانیهای کربناته در صورت وجود از وزن کل سنگ است.

روابط دیگری توسط قره چلو و همکاران ۲۰۲۰ ارائه شده است که اثر بافت، تخلخل، سیمان و کانی دولومیت را در رفتار مکانیکی سنگهای کربناته را نشان می دهد. سنگهای رسوبی از چهار جزء چارچوب (دانه یا ذرات)، سیمان، خمیره و تخلخل تشکیل شده‌اند. بر اساس همین اصل اندیس رخساره با پنج جزء سنگ رسوبی شامل دانه یا آلوکم، خمیره، تخلخل، سیمان و دولومیت تعریف شد (رابطه ۱-۵):

$$Facies\ Index = \frac{G+M+P}{C+D} \qquad ۵-۱$$

در این رابطه G درصد دانه یا آلوکم، M درصد خمیره و ریزتخلخل، C درصد سیمان و D درصد دولومیت می‌باشد. این رابطه به گونه‌ای نوشته شده است که مرتبط با رفتار مکانیک سنگی باشد. در این رابطه هر اندازه که صورت کسر بزرگ شود سنگ مقاومت فشاری کمتر با رفتار شکل پذیرتر نشان می‌دهد، و متقابلا هر اندازه که مخرج کسر بزرگ شود سنگ دارای مقاومت فشاری بیشتر با رفتار شکننده‌تر خواهد بود. بمنظور محاسبه چهار جز تشکیل دهنده سنگ رسوبی از مقاطع نازک میکروسکپی استفاده شده است.

شاخص شکاف پذیری

ارزیابی شکستگی مخزن با شکنندگی سنگ منطقی به نظر نمی رسد؛ چون مقاومت سنگ را نشان نمی دهد. برای مثال یک مانع شکستگی برای شیل می تواند دولومیت آهکی با شکنندگی بالا باشد. برای این منظور یک شاخص جدید به نام شاخص شکاف پذیری برای غلبه بر ضعف شکنندگی معرفی شد. به طور خلاصه شکاف پذیری میزان سادگی ایجاد شکاف هیدرولیکی در یک سازند را نشان می دهد. این شاخص به طورکلی مربوط به مقاومت سنگ است اما می تواند به عوامل دیگری نیز بستگی داشته باشد. این شاخص با استفاده از یکپارچه سازی شکنندگی و اتلاف انرژی در طول شکافت هیدرولیکی فرض می کند که سازند مناسب برای انجام این عملیات، نه تنها شکنندگی بالایی دارد بلکه به انرژی کمتر برای ایجاد یک سطح شکستگی جدید نیازمند است. در مورد شکاف پذیری نیز مشابه با شکنندگی، رابطهٔ جامعی وجود ندارد و در مطالعات مختلف، با توجه به سازند و شرایط خاص مخزن رابطه ای برای شکافپذیری ارائه شده است. جین و همکاران () رابطه۱-۲ را برای بررسی شکاف پذیری و انتخاب لایه های کاندید در یک مخزن شیلی پیشنهاد کرده اند:

$$FI = \frac{B_n + G_{cn}}{2}$$

۶-۱

در این رابطه Bn و Gcn به ترتیب شکنندگی و نرخ اتلاف انرژی استاندارد شده هستند که طبق روابط ۱-۳ و ۱-۴ محاسبه می شوند:

$$B_n = \frac{B - B_{min}}{B_{max} - B_{min}}$$

$$G_{cn} = \frac{G_{c\,max} - G_c}{G_{c\,max} - G_{c\,min}}$$

۱-۷ و ۱-۸

یکی از پارامترهای مهمی که بر روی هندسه و فشار ایجاد شکست هیدرولیکی تأثیر به سزایی دارد، مدول یانگ است. با افزایش مدول یانگ انرژی شکستگی افزایش می یابد؛ در نتیجه در طول شکست انرژی بیشتری از بین می رود. بنابراین رابطه جدیدی از FI با توجه به شکنندگی و مدول یانگ، تعریف می شود:

$$FI = \frac{B_n + E_n}{2}$$

۱-۹

که در این رابطه En مدول یانگ استاندارد شده است که مطابق رابطه زیر است:

$$E_n = \frac{E_{max} - E}{E_{max} - E_{min}}$$

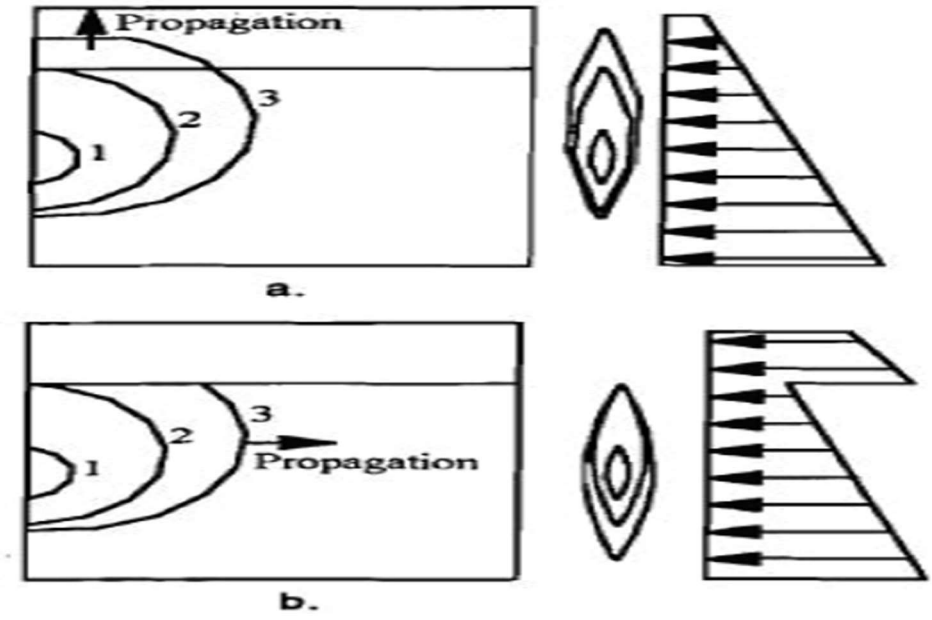
۱-۱۰

با توجه به رابطه بالا می توان چنین اظهار داشت که سازند با شکنندگی نزدیک به ۹ ممکن است برای شکستگی مناسب نباشد؛ چون امکان دارد مدول یانگ سازند بالا باشد. از سوی دیگر، سازند با مدول یانگ پایین ممکن است برای ایجاد شکستگی مناسب نباشد؛ چون شکنندگی امکان دارد کم باشد که مانع اتصال شبکه شکستگی با سازند شده و در نتیجه منجربه FI کمتر می شود. بنابراین به طورکلی میتوان گفت وقتی FI بیشتر از ۳/۳ باشد، سازند کاندیدای خوبی برای عملیات شکافت هیدرولیکی است؛ در غیر اینصورت نامناسب است.

تاکنون از شاخص شکاف پذیری برای ارزیابی شکنندگی در مخازن شیلی استفاده گردیده است و برای مخازن کربناته رابطه ای ارائه نشده است.

محدود سازی شکاف

همانطور که بالاتر نیز اشاره شد، یک لایه ی مخزنی زمانی برای شکاف زنی مناسب می باشد که از بالا و پایین، توسط لایه هایی محصور شده باشد که فشار شکستی، بالاتر از فشار شکست لایه ی مورد نظر داشته باشند و به این ترتیب می توان گسترش شکاف به سایر لایه ها را کنترل کرد (شکل ۱-۲) (Heydarabadi et al., 2010).



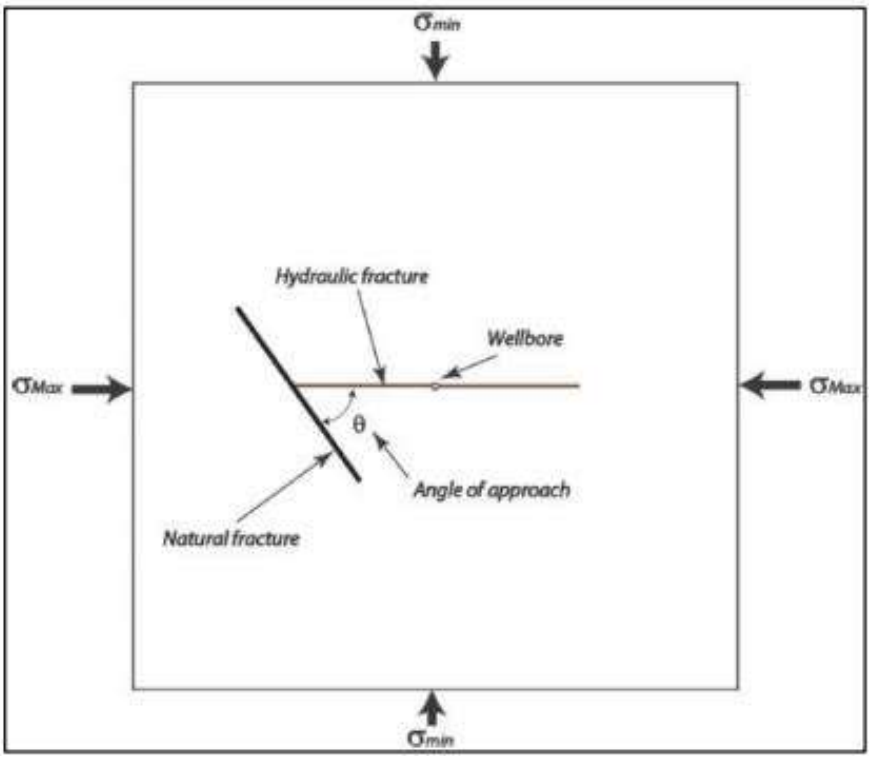
شکل۱-۲- محصور شدن یک شکاف توسط لایه های بالایی و پایین الف) گرادیان تنش ثابت ب) افزایش تنش در لایه ی بالایی (Heydarabadi et al., 2010)

یکی از روش های محدود سازی شکاف تقسیم کردن سازند به یکسری واحد می باشد که تحت عنوان واحدهای ژئومکانیکی (Geomechanical Units, GMU) شناخته می شوند. بر اساس این مفهوم زون انتخابی برای عملیات شکافت هیدرولیکی باید درون یکی از این واحدها باشد و مرز این واحدها به معنای مرز یا محدوده لایه منتخب می باشند. برای تعیین واحدهای ژئومکانیکی در سازند روش های مختلفی وجود دارد (Gharechelou et al. 2020, Kadkhodaie 2021). برای مثال می‌توان از مقدار مدول یانگ به عنوان شاخصی در تعیین واحدهای

ژئومکانیکی استفاده کرد. همچنین می‌توان از خوشه بندی خواص مکانیک سنگی برای تعیین واحدهای ژئومکانیکی استفاده کرد. پس از واحدبندی ژئومکانیکی مخزن، اختلاف واحد ژئومکانیکی لایه با لایه های بالایی و پایینی به عنوان معیاری برای ارزیابی توانایی محدودسازی شکاف در نظر گرفته می‌شود.

برهمکنش بین شکاف هیدرولیکی و شکافهای طبیعی

هنگامی که شکاف هیدرولیکی در مسیر انتشار خود به یک شکاف طبیعی برخورد می کند (شکل ۱-۳) برهم کنش بین آنها ممکن است منجر به سه سناریوی مختلف شود . ۱- قطع شکاف طبیعی؛ در این حالت شکاف هیدرولیکی بدون تغییر جهت شکاف طبیعی را قطع کرده و مسطح باقی می ماند، ۲- انحراف شکاف هیدرولیکی؛ این حالت زمانی اتفاق می افتد که شکاف هیدرولیکی شکاف طبیعی را قطع نمی کند، اما فشار سیال برای انحراف شکاف در جهت شکاف طبیعی مناسب است، ۳- توقف شکاف هیدرولیکی؛ در این حالت شکاف هیدرولیکی بعد از رسیدن و برخورد با شکاف طبیعی متوقف می شود، در این مورد فشار سیال کمتر از مقدار مورد نیاز برای گسترش بیشتر شکاف هیدرولیکی است. پارامترهای مختلفی این برهمکنش را کنترل می کنند که مهمترین آن ها زوایه برخورد شکاف هیدرولیکی با شکاف طبیعی، اختلاف بین تنش های افقی و مقاومت برشی شکاف طبیعی است. شکاف هیدرولیکی تنها تحت شرایط اختلاف تنش بالا و زاویه برخورد زیاد قادر به قطع شکاف طبیعی است. در زوایای برخورد و اختلاف تنش کم یا متوسط، شکاف هیدرولیکی به داخل شکاف طبیعی منحرف شده یا به وسیلهٔ آن متوقف می گردد.



شکل ۱-۳- برخورد شکاف هیدرولیکی با شکاف طبیعی

مطالعات گسترده ای توسط محققان مختلف بر روی برهمکنش بین شکاف هیدرولیکی و شکاف طبیعی صورت گرفته است. بنابراین حضور شکستگی‌های طبیعی در سنگ مخزن منجر به پیچیدگی فراوان در اجرای عملیات شکافت هیدرولیکی می‌گردد. بنابراین یکی از عواملی که در انتخاب کاندید مناسب در اجرای عملیات شکافت هیدرولیکی در نظر گرفته شود وجود یا عدم وجود شکستگی‌های طبیعی در سنگ مخزن و الگوی رفتار شکاف های طبیعی با شکاف ایجاد شده با عملیات شکاف زنی است.

چگالی شکاف (حضور شکستگی‌های طبیعی در مخزن)

نسبت تعداد شکستگی های قابل شناسایی در سازند به ضخامت کل سازند را چگالی شکستگی گویند. این پارامتر را با استفاده از لاگهای چگالی و صوتی، داده تولید، هرزروی گل و لاگهای تصویری یا داده های لرزه ای می توان بدست آورد. بعضی از کارشناسان معتقدند که اهمیت چگالی شکاف طبیعی از برهم کنش شکاف

هیدرولیکی و طبیعی بیشتر است. لذا این پارامتر در انتخاب کاندید دارای اهمیت بیشتری نسبت به پارامتر برهم کنش شکاف هیدرولیکی و طبیعی میباشد.

برای مثال، چنانچه شکاف طبیعی در لایه موجود باشد و جهت گیری آن نامناسب باشد، وضعیت چگالی شکاف ضعیف در نظر گرفته می شود. زیرا در این حالت وجود شکاف طبیعی بیشتر باعث انحراف بیشتر شکاف می شود.

محدوده مناسب پارامترهای مهم فنی بخش زمین شناسی و ژئومکانیک که در انتخاب چاه کاندید تاثیر گذار است در جدول ۱-۲ نشان داده شده است.

جدول ۱-۲- محدوده مناسب پارامترهای زمین شناسی و ژئومکانیکی در انتخاب چاه کاندید

پارامتر	محدوده مناسب برای کاندید شدن	
شاخص شکاف پذیری	کمتر از ۰,۵ ضعیف بالاتر از ۰,۷ عالی	
محدود سازی شکاف	اختلاف تنش بیشتر بین لایه هدف با لایه های بالا و پایین	
حضور شکاف های طبیعی	شکاف طبیعی کمتر	
جهت گیری شکاف طبیعی	جهت‌گیری مناسب شکاف طبیعی با شکاف هیدرولیکی	
لیتولوژی مخزن	لیتولوژی های شکننده خوب و لیتولوژی های رسی نامناسب	
عمق و فشار مخزن	هر چه عمق بیشتر فشار شکست بالاتر خواهد رفت. عمق و فشار در حدی باشد که ساختار تکمیل شده چاه، فشار شکست را با محدودیت همراه نکند	
فاصله از مرز آب و گاز	بیشترین فاصله	
-	**مخزن نفتی**	**مخزن گازی**
تخلخل	بین ۸ تا ۱۸ درصد	بین ۲ تا ۱۲ درصد
آب اشباع	کمتر از ۴۰٪	کمتر از ۵۰٪
ضخامت مخزن	کمتر از ۱۰ متر نامناسب و بالاتر از ۳۰ متر عالی	بیش از ۱۰ مناسب

۱-۴-۱-۲ پارامترهای مخزنی (دینامیکی)

پارامترهای مخزنی که در غربالگری و انتخاب میدان یا چاه مناسب جهت اجرای عملیات شکافت هیدرولیکی باید مورد نظر قرار گیرند و عمدتا از نوع شاخصهای دینامیکی میباشند شامل شاخص های پتروفیزیکی نظیر تراوایی، خواص سیالی مانند گراویته ، ویسکوزیته نفت و نسبت گاز محلول به نفت، خواص مربوط به وضعیت تولیدی چاه

نظیر برش آب تولیدی، تشکیل پوسته در اطراف دیواره چاه، و دبی تولید چاه و همچنین خواص دینامیکی مخزن مانند فشار حال حاضر مخزن، فشار زمان حال مخزن نسبت به فشار اولیه و ضریب برداشت کل مخزن میباشند. در ادامه نقش هر کدام از این پارامترها در فرآیند شـــکافت هیدرولیکی و غربالگری میدان جهت اجرای شـــکافت هیدرولیکی توضیح داده شده است.

تراوایی

تمامی مطالعاتی که به بررسی انتخاب گزینه مناسب جهت اجرای عملیات شکافت هیدرولیکی پرداخته‌اند پارامتر تراوایی را به عنوان یکی از مهمترین پارامترها در غربالگری در نظر گرفته‌اند. در حقیقت، ا صلی ترین نقش ایجاد شکافت هیدرولیکی ایجاد مسیرها وکانالهایی با تراوایی بسیار بالا بمنظور دسترسی به منابع هیدروکربنی مخزن میبا شد که جریان سیالات به محدوده تحریک شده چاه را تسهیل نماید. در مخازن با تراوایی بالا، بدون در نظر گرفتن عوامل دیگر، نفت بصـــورت طبیعی به دورن چاه جریان می‌یابد. در نتیجه تا زمانی که مخزن افت فشـــار محسوسی را تجربه نکند برداشت از ذخیره میدان به صورت تخلیه طبیعی قابل توجه میباشد. معمولا، در اینگونه مخازن که با تولید بیش از حد از میدان ذخیره میدان کاهش یافته و دچار کاهش زیاد فشـــار مخزن (پایین تر از یک سوم فشار اولیه مخزن) شده اند، فرآیند شکافت هیدرولیکی توصیه نمی گردد.

در نقطه مقابل، در منابع مختلف انجام این عملیات در مخازن با تراوایی پایین بصـــورت جدی مورد توصـــیه و پیشنهاد متخصصین میباشد. مثال بارز اینگونه مخازن شرایطی است که در مخازن گازی بسیار کم تراوا و شیل های گازی یا نفتی رخ می دهد. بطور معمول مخازنی که دارای تخلخل بالا و تراوایی پایین میبا شند جزو ا صلی ترین گزینه های مورد نظر جهت اجرای این فناوری پیشنهاد میگردند. در مخازن کربناته ای که تراوایی ماتریس سنگ پایین میباشد این فناوری دارای کاربرد جدی می باشد.

از لحاظ کمی، منابع مختلف مقادیر متفاوتی را برای این پارامتر ذکر کرده اند. مخزن نفتی با تراوایی کمتر از ۱ میلی دار سی کاندید منا سبی برای شکاف هیدرولیکی و مخزن نفتی با تراوایی بیش از ۱۰ میلی دار سی کاندید

منا سبی برای عملیات ا سید زنی می با شد. تراوایی بین ۱ تا ۱۰ میلی دار سی، نیاز به برر سی بی‌شتر دارد. برای مخازن گازی عدد ۰,۱ میلی دارسی بیان شده است. در منبع دیگری مخازن گازی و نفتی با تراوایی کمتر از ۰,۵ و ۵ میلی دارسی به عنوان کاندید مناسب معرفی شده اند (Heydarabadi et al., 2010).

ضریب برداشت از کل مخزن (نسبت فشار کنونی به فشار اولیه مخزن)

ف شار کنونی مخزن در واقع نماینده ای از ضریب بردا شت، عمر مخزن و میزان نفت باقی مانده در مخزن ا ست. مخزنی که افت فشار قابل توجهی داشته است به این معنی است که بخش زیادی از آن تخلیه شده است. بنابراین عملیات شکافت هیدرولیکی حتی در صورت موفقیت آمیز بودن ممکن است دارای توجیه اقتصادی نباشد. ترجیحا، مخازنی که افت فشار مخزنی قابل توجهی را تجربه نکرده با شند و در برر سیهای اقتصادی دارای توجیه اجرای این فناوری باشند در فرایند غربالگری و انتخاب گزینه مناسب در اولویت قرار خواهند گرفت.

فشار مخزن

علاوه بر اهمیت پارامتر نسبت فشار کنونی به فشار اولیه مخزن که در پاراگراف بالا بدان ا شاره شد، مقدار فشار کنونی مخزن بعنوان یک پارامتر با اهمیت و م ستقل در انجام غربالگری باید ستی مد نظر قرار گیرد. رفتار و نقش این پارامتر معمولا در راستای نقش پارامتر عمق مخزن که قبلا مورد بحث قرار گرفت بوده و روابط نزدیکی با پارامتر های دخیل در مباحث ژئو مکانیکی سنگ مخزن مانند رژیم تنش، فشار شکست، فشار گسترش شکافت و غیره را دارا میباشد.

همچنین، این پارامتر بصورت مستقل از پارامترهای محدود کننده اجرایی تلقی میگردد چنانچه مخازن فشار بالا (که معمولا در دمای بالایی نیز ه ستند) با محدودیت های تجهیزاتی (تجهیزات سر چاهی و ادوات درون چاهی) جهت اعمال فشار های درون چاهی موردنیاز ایجاد شکافت روبرو هستند. لذا، در فرایند غربالگری پایین بودن فشار کنونی مخزن بعنوان یک پارامتر دارای اهمیت با وزن بالا مد نظر میباشد.

خواص سیال

خواص سیال از پارامتر های مهمی است که در بحث غربالگری مد نظر قرار میگیرد. مهمترین خواص سیال تاثیر گذار شامل ویسکوزیته، گراویته و نسبت گاز محلول به نفت میباشند. ویسکوزیته ی نفت نشان دهنده ی روان بودن حرکت نفت می باشد در حالیکه گراویته ی نفت میزان سنجش سنگینی نفت است. نسبت میزان گاز محلول به نفت نیز با وجود داشتن رابطه نزدیک با ویسکوزیته و گراویته میتواند بعنوان پارامتر مستقلی بحث شود.

در نتیجه عملیات شکافت هیدرولیکی در مخازن با ویسکوزیته بالا حرکت پذیری[۳] $\left(\frac{K}{\mu}\right)$ سیال میتواند بهبود یابد که این افزایش بوسیله افزایش در تراوایی سنگ مخزن صورت میگیرد. در عین حال، در ویسکوزیته های بسیار بالا و نوع نفتهایی که جریان سیال به سختی انجام میگیرد، ممکن است افزایش در حرکت پذیری سیال در نتیجه اجرای این فناوری به تنهایی توجیه اقتصادی مورد نظر را دارا نباشد.

از آنجائیکه گراویته سیال (API) رابطه مستقیمی با ویسکوزیته و در نتیجه با حرکت پذیری سیال دارد و از طرفی اندازه گیری این کمیت به مراتب آسان تر، در دسترس تر و با عدم قطعیت پایینتری نسبت به مقادیر مستقیم ویسکوزیته همراه است، لذا جهت استفاده در فرایندهای غربالگری پارامتر مناسبتری بنظر میرسد.

با وجود اینکه پارامتر نسبت گاز محلول به نفت نیز معمولا رابطه مستقیمی با گراویته و ویسکوزیته نفت دارد، از آنجائیکه این پارامتر همچنین تابعیت مهمی از پارامتر های دیگر بمانند فشار اشباع و شرایط دیگر مخازنی داراست، لذا میتواند بعنوان پارامتر مستقلی مد نظر قرار گیرد. همچنین، وقتی احتمال فرایندهای فازی شدن سیالات در شرایط مخزنی و درون چاهی در نتیجه انجام عملیات ایجاد شکاف هیدرولیکی متصور شود این پارامتر میتواند نقش پیچیده تری نسبت به پارامترهای دیگر سیال ایفا کند. بنظر میرسد در مواردی که نسبت

[۳] Mobility

گاز محلول به نفت ســیال مقادیر بالایی باشــد، احتمال پایین آمدن کنترل پذیری عملیات شــکافت بالا خواهد رفت.

برش آب تولیدی

یکی از عواملی که در اکثر مطالعات در ارتباط با انتخاب کاندید مناسب جهت اجرای عملیات شکافت هیدرولیکی در نظر گرفته شده است برش آب تولیدی است. بالا بودن برش آب یا تغییرات پیوسته در برش آب تولیدی یک چاه در طول تاریخچه تولید آن می‌تواند دلایل مختلفی دا شته با شد. یکی از عواملی که ممکن ا ست باعث برش بالای آب در یک چاه گردد نزدیکی بازه تکمیل چاه به ســطح آبخوان اســت. یکی دیگر از عواملی که منجر به افزایش یا تغییر در برش آب در چاه می‌گردد میتوان به وجود گســل‌ها و شــکســتگی‌ها در مخزن یا اطراف چاه نســبت داد. از آنجائیکه هدف از اجرای عملیات شــکافت هیدرولیکی ایجاد کانالها و مســیر های با تراوایی بالا بمنظور ت سهیل جریان سیال میبا شد، وجود این قبیل عوامل میتواند منجر به افزایش احتمال برخورد و تداخل مسیر های جدید (شکافهای هیدرولیکی) با مسیر های پر ریسک قبلی شده، افزایش برش آب تولیدی چاه را در پی داشــته، کنترل پذیری و پیچیدگی اجرای عملیات و ریســک نتیجه گیری را افزایش دهند. با توجه به این موضــوعات، در اکثر مطالعات انجام گرفته در این زمینه بازه برش آب کمتر از ۳۰ درصــد را برای اجرای عملیات شکافت هیدرولیکی گزارش کرده‌اند. قابل ذکر ا ست که بعلت تغییرات ناحیه ای معمول برش آب در یک مخزن، این پارامتر در غربالگریهای مقیاس کوچکتر و در انتخاب چاه کاندید اهمیت بیشتری بخود خواهد گرفت.

ضریب پوسته

ضــریب پوســته ی مثبت و بزرگ به معنی وجود انواع آســیبهای ســازندی و کاهش تراوایی ناحیه ی اطراف چاه نســبت به نواحی دورتر و حالت اولیه ی آن می باشــد. نخســتین راه حل برای رفع آســیب مخزن، بخصــوص در مخازن کربناته، عملیات اســید زنی می باشــد. این روش، به ویژه در مخازن با تراوایی بالاتر نتیجه بخش خواهد

بود. در بعضی مواقع، زمانی که اسید زنی نتواند آسیبهای اطراف چاه را بطور قابل ملاحظه ای برطرف کرده و منجر به بهبود وضعیت تولیدی چاه گردد، فناوری شکافت هیدرولیکی بعنوان یک روش موثر جهت تحریک نواحی اطراف چاه پیشنهاد می شود. بنابراین ضریب پوسته که نمایانگر شدت آسیب های سازندی اطراف چاه است می تواند بعنوان یک پارامتر جهت انجام فرایند غربالگری جهت انجام عملیات شکافت هیدرولیکی مطرح گردد. قابل ذکر است که بعلت چاه محور بودن، این پارامتر در غربالگریهای مقیاس کوچکتر و در انتخاب چاه کاندید اهمیت بیشتری بخود خواهد گرفت.

دبی تولیدی چاه

انتخاب بین چاههای با دبی بالا در مقابل چاههایی که با مشکل تولید جدی روبرو هستند جهت انجام فناوری شکافت هیدرولیکی یکی از بحثهای رایج بین کارشناسان امر میباشد. این انتخاب مستقیما به یک مسئله اقتصادی و سود در مقابل هزینه برمیگردد. طرفداران انتخاب چاههای مرده و کم بازده شکافت هیدرولیکی را بعنوان راه حلی جهت احیای پتانسیل موجود در چاههای با توان کم میبینند در صورتیکه طرف مقابل صرف هزینه بالای اجرای این عملیات را با افزایش بهره وری در چاههای با عملکرد بالا توجیه پذیرتر از منظر اقتصادی و بازگشت سرمایه میداند. در هرصورت درنظر گرفتن دبی تولید چاه بعنوان یک پارامتر با اهمیت در مباحث غربالگری غیر قابل انکار خواهد بود.

عملکرد و تاریخچه ی تولید چاه

تاریخچه تولید چاه و رفتار کاهشی میزان و فشار تولید آن میتواند بعنوان یک پارامتر هر چند کیفی در فرایند غربالگری مورد استفاده قرار گیرد. بررسی علل افت عملکرد چاه از مهمترین فعالیتهای فرایند غربالگری بخصوص در مقیاسهای کوچکتر و چاه محور است. بطور مثال، مخزنی یا چاهی که بر اثر تخلیه طبیعی و کاهش میزان ذخایر در جای آن دچار افت عملکردی شده است در مقایسه با مواردی که افت عملکردی بیشتر به دلایل

آسیبهای سازندی اولویت متفاوتی در انتخاب بعنوان کاندید مناسب جهت انجام عملیات شکافت هیدرولیکی خواهد دا شت. بعنوان نمونه ای دیگر، و اگر چنانچه افت عملکرد چاه مربوط به تخلیه سیال شبکه شکاف های طبیعی و عدم تغذیه ی این شکاف ها به علت تراوایی پایین ماتریس باشد، این مورد میتواند اولویت بالاتری را در غربالگری بمنظور عملیات شکافت هیدرولیکی دارا باشد. قابل ذکر است بررسی عملکرد و تاریخچه چاه صرفا یک فعالیت کیفی بوده و در فرایند غربالگری این پارامتر میتواند در نقش پارامتر های دیگر کمی که در بخشهای بالاتر معرفی و بررسی گردیدند گنجانده شوند.

جدول۱-۳ زیر بازه های مناسب پیشنهادی در منابع مختلف بعضی از پارامترهای مورد بررسی در بخشهای بالا را نشان میدهد:

جدول ۱-۳- محدوده پارامترها در مخازن نفتی و گازی

پارامتر	مخزن نفتی	مخزن گازی
تراوایی	۱ تا ۱۰ میلی دارسی	۰,۱ تا ۵ میلی دارسی
میزان برش آب تولیدی	کمتر از ۳۰٪	کمتر از $۲۰۰ bbl/MMscf$
فشار مخزن نسبت به فشار اولیه	بیش از ۷۰٪ ذخیره ی مخزن باقی مانده باشد	بیش از ۲ برابر فشار ترک مخزن

۱-۴-۱-۳ پارامترهای مرتبط با تکمیل چاه

پارامترهای فنی و محدودیت هایی که در عمل باعث انتخاب یا عدم انتخاب یک چاه به عنوان یک کاندید برای انجام عملیات شکافت هیدرولیکی می شوند علاوه بر پارامترهای ا ستاتیکی و دینامیکی مربوط به مخزن و چاه به نوع و محدودیتهای ناشی از نوع تکمیل چاه و همچنین محدودیتهای اجرایی نیز بر میگردد. در انجام فرایند غربالگری پارامتر های مربوط به تکمیل چاه بسته به انجام عملیات در چاههای موجود و یا چاههای مورد نظر برای حفاری در آینده میتواند متفاوت باشد. بعنوان پیشنهاد کلی میتوان چنین مطرح کرد که انجام عملیات شکافت هیدرولیکی در طراحی و نوع تکمیل چاههایی که در طرح تو سعه برای حفاری در نظر گرفته می شوند از

ابتدا در نظر گرفته شوند. در غیر اینصورت و یا در مواردی که انجام عملیات در چاههای موجود و قدیمی مد نظر اســـت محدودیتهای جدی عملیاتی میتواند منجر به عدم انتخاب و یا عدم نتیجه گیری مناســـب و بهره بردن از مزایای این فناوری در مخزن و چاه مورد مطالعه با شد. بعضی از این محدودیتها میتواند شامل موارد زیر با شند: (Martin and Economides, 2010):

محدودیت های فشاری تجهیزات تکمیل چاه

اینکه عملیات شـــکافت هیدرولیکی به فشـــارهایی به مراتب بالاتر از شـــرایط تولید عادی چاه نیاز دارد، یک امر بدیهی ا ست. علاوه بر توجه به مقاومت فشاری لوله ی چاه[۴]و لوله جداری،[۵] به تجهیزات تکمیل چاه مانند شیرها و ماندرال ها،[۶] ابزار کنترل جریان و درهای کشـــویی لغزنده نیز باید توجه داشـــت. پکرها نیز ممکن اســـت بر اثر افزایش فشار از جا در آمده و به سمت بالا حرکت کنند. اگرچه که در بسیاری از موارد با اعمال فشار در فضای حلقوی رشته ی تکمیل چاه، می توان اختلاف فشار (فشار خالص) وارد بر اجزا را کاهش داد.

انقباض لوله ی درون چاه[۷]

دو عامل باعث کاهش طول لوله ی درون چاهی می شـــود: ۱. فشـــار داخلی اضـــافی ۲. خنک شـــدن لوله به دلیل دمای پایین سیال شکاف زنی. باید مطمئن شد که این عامل، استرس قابل توجهی به سیستم وارد نمی کند. بر اثر این عامل، ممکن است قطعات رشته از هم جدا شوند.

محدودیت فشار سر چاهی

[۴] tubing
[۵] casing
[۶] mandrel
[۷] Tubing

بسیاری از تجهیزات سر چاهی، تحمل فشار لازم برای این عملیات را ندارند، از این رو باید به صورت موقتی تجهیزات سر چاهی را با wellhead isolation tool (treesaver) جایگزین کرد که این عمل، زمان و هزینه ی عملیات را افزایش می دهد.

لوله مغزی های کم کیفیت

لوله مغزی ها بر اثر گذر زمان دچار خوردگی میشوند و کیفیت خود را از د ست میدهند. تعویض لوله های درون چاهی و لوله ی جداری هزینه ی زیادی را در پی دارد. به ویژه تعویض لوله جداری که عملیاتی به مراتب دشوارتر از تعویض لوله ی درون چاهی می باشد.

پیوندهای سیمانی ضعیف

برای اینکه بخش های مختلف چاه ایزوله شده و شکاف در همان ناحیه ی مد نظر انجام شود و به نواحی مجاور که مد نظر نیست، توسعه نیابد از سیمان برای جدا کردن بخش های مختلف استفاده می شود. پیوندهای سیمانی ضعیف، این مهم را دچار اختلال می کند.

۱-۴-۲ پارامترهای غیر فنی

جدا از پارامتر های علمی و فنی تاثیر گذار در فرایند غربالگری فناوری شکافت هیدرولیکی که در بخشهای قبلی این گزارش مورد بحث و بررسی قرار گرفت، یکسری از پارامتر های تاثیر گذار دیگری که الزاما طبیعت فنی ندارند در این فرایند وجود دارند که میتوانند نقش حیاتی در تصمیم گیریهای نهایی ایفا نمایند. در این بخش از گزارش این پارامتر های غیر فنی در دو د سته پارامتر های اقتصادی-هزینه ای و پارامترهای مربوط به نگر شها و ملاحظات کارفرمایی تقسیم بندی شده و به اختصار در مورد هر دسته توضیحاتی داده میشود.

۱-۴-۲-۱ فاکتورهای اقتصادی و هزینه ای

هزینه های عملیات

هزینه های اجرای عملیات شکافت هیدرولیکی میتواند بسیار بالا باشد و لذا بررسی توجیه پذیری چنین عملیاتی یکی از ارکان اصـــلی قبل از اجرا خواهد بود. هزینه های اجاره تجهیزات اصـــلی، تجهیزات جانبی، مواد تزریقی و پرسنل و غیره بستگی به محل اجرا، زمان اجرا، روش اجرا، حجم پروژه، و دیگر عوامل میتواند بسیار متغیر باشد. لذا در انجام هر گونه فرایند غربالگری در نظر گرفتن اینگونه عوامل که هزینه های عملیاتی را مد نظر قرار دهد بسیار حیاتی خواهد بود. چند مورد از عواملی مه در هزینه های عملیاتی میتوانند موثر باشند در ذیل آورده شده اند:

الف) حساسیت سیال سازند

بسیاری از سیستم ها، نسبت به سیالات آبی حساس هستند و بعضی سازندها به ویژه سیالات حاوی گاز خشک، به کلی نسبت به هر سیال خارجی حساسیت دارند. سیستم هایی که برای مقابله با این مشکل وجود دارند بسیار گران قیمت هستند.

ب) ایزوله کردن ناحیه ای

در حالت ایده آل، عملیات شکافت هیدرولیکی باید در نواحی سوراخ شده ی جدا از سایر سوراخ شدگی ها و یا نواحی بدون لوله جداری که دارای طول محدود هســـتند، انجام گیرد. این اقدام در چاه های تازه حفر شـــده به راحتی قابل انجام اســـت. در حالی که مداخلات مورد نیاز برای رســـیدن به این شـــرایط در چاه هایی که از قبل تکمیل شده اند، بسیار هزینه بر است.

ج) عدم امکان انجام workover بر روی چاه

خیلی بعید اســـت که بتوان چاهی را یافت که از نظر شـــرایط تکمیل و ســـوراخ شـــدگی، مناســـب انجام عملیات شکافت هیدرولیکی باشد ولی تا کنون این عملیات بر روی آن انجام نشده باشد. از این رو انجام عملیات شکافت

هیدرولیکی در یک شکاف قطعا نیاز به مداخلات و انجام workover دارد. اگر به علت نبود امکانات و یا به عنوان مثال محدودیت های در تجهیزات دریایی، امکان workover نباشد، این چاه باید کنار گذاشته شود.

د) نبود زیرساخت ها و تجهیزات شکافت هیدرویکی

البته این مسئله در ایران کاربردی نمی باشد، ولی چنانچه در یک میدان سابقه ی انجام عملیات شکافت هیدرولیکی بوده باشد و تجهیزات مورد نیاز این عملیات تا حدی در آن جا موجود باشند نسبت به میدانی که هیچ کدام از این تجهیزات، از قبل در آن جا وجود نداشته، گزینه ی بهتری خواهد بود. بنابراین گاهی اوقات همین عامل که چاه و میدان مورد نظر از قبل مورد عملیات قرار نگرفته اند و هیچ زیر ساختی موجود نمی باشد، باعث می شود که با افزایش زیاد هزینه ها روبرو باشیم.

ه) عدم امکان بازیابی و دفع ضایعات فرآیند

بخش مهمی از فرآیند عملیات شکافت هیدرولیک توانایی مدیریت، بازیابی و دفع سیالات پس از انجام عملیات ا ست و اگر از هر نظر امکان انجام این م سئله برای چاهی وجود ندا شته با شد، این چاه کاندید منا سبی نخواهد بود.

۱-۴-۲-۲ نگرش‌ها و ملزومات کارفرمایی

شناخت ذینفعان، انتظارات و نگرش آنها و ملزومات کارفرمایی از مهمترین عناصر موفقیت در هر پروژه ای میباشد. از طرفی بایستی به این نکته توجه کرد که فناوری شکافت هیدرولیکی در ایران بسیار نو پا بوده و هنوز به بلوغ کافی در ایران نر سیده ا ست. بخشی از بلوغ مورد نظر، به نگرش مدیریتی کارفرمایی به مباحث فناوری و همچنین گسترش دانش فنی در بدنه مجموعه های فنی ذینفع و کارفرمایی برمیگردد.با توجه به تجارب کسب شده از اجرای اندک پروژه های فناور محور و بخصوص فناوری شکافت هیدرولیکی در کشور بنظر میرسد آموزش مباحث فنی و اجرایی فناوری به ذینفعان و کارفرمایان در شناخت و تغییر نگرش آنها نقش بسزایی داشته باشد.

با توجه به موارد مطروحه بالا، در نظر گرفتن نگرشـــهای موجود در ذینفعان و ملزومات کارفرمایی بعنوان یکی از پارامتر های غیر فنی دخیل در اجرای فرایند غربالگری و انتخاب میادین مناسب جهت این فناوری بسیار منطقی بنظر میرسد.

در این راستا و بطور مثال، پیشنهاد میشود انتخاب گزینه‌های دریایی که از پیچیدگی‌های فراوان‌تر و هزینه های بیشتری نسبت به عملیات خشکی برخوردار است باید در اولویت پایین‌تری قرار گیرد.

همچنین از آنجایی که معمولا برقراری جریان چاهها در چاههای گازی آسـانتر از چاههای نفتی میباشـد و بطور کلی تراوایی مورد نیاز مخازن گازی پایینتر استبنظر میرسد فرایند توجیه کارفرمایان و ذینفعان با شناخت اندک کنونی از کاربردهای این فناوری نیاز به صـــرف زمان، انرژی و آموزش بیشـــتری دارد و لذا غربالگری و انتخاب میادین گازی کشـــور بدین منظور در اولویت های بعدی قرار میگیرد. این در حالیســـت که امروزه اجرای این فناوری در چاههای گازی در دنیا بسیار متداول است.

بعنوان نمونه دیگری در همین خصوص میتوان به اجرای این عملیات در چاههای پر بازده و بدون مشکل و صرفا بمنظور افزایش بهره وری از چاه اشـاره کرد. قابل توجه اسـت که افزایش بهره وری در چاههای پربازده شـاید از لحاظ اقتصادی و برگشت سرمایه دارای توجیه پذیری بمراتب بالاتری نسبت به چاههای مرده و کم بازده داشته باشد. ولیکن تنها بعلت نگرشهای خاص کارفرمایی در ایران و آشنایی به نحوه برخورد با فناوری، بنظر میرسد با شرایط حاضر اینگونه چاهها در اولویتهای بالا نمتوانند باشند.

بخش دیگری از محدودیتها و ملزومات کارفرمایی و ذینفعان که میبایست بعنوان پارامتر غیر فنی لحاظ گردد به نوع رابطه قراردادی، حیطه مسئولیتهای پیمانکار و حتی سابقه کارفرما در نحوه تعامل با پیمانکار اجرایی میباشد. معمولا برای کســب این قبیل اطلاعات بایســتی از افراد متخصــص و مجرب در صــنعت که شــناخت کافی از مشکلات و موارد اجرایی با کارفرمایان مختلف را دارا هستند استفاده نمود.

۱-۵ روش های غربالگری

تکنیک های مورد استفاده در انتخاب کاندید مناسب برای شکافت هیدرولیکی، به سه دسته ی روش های معمول یا مبتنی بر نظر کاربر، روش‌های آماری چند معیاره و روش های هوشمند تقسیم می شوند. در روش های معمول کارشناسان و متخصصان با در نظر گرفتن جنبه های مهندسی، زمین شناسی و ... اقدام به تصمیم گیری می نمایند. اما با توجه به پیچیدگی فراوان و عدم قطعیت بالا در مسئله ی مورد نظر، امروزه کاربرد روش های هوشمند و داده محور به سرعت در حال افزایش است. در روش‌های آماری پارامترهای ورودی که بر اساس آنها تصمیم سازی انجام می‌گیرد در سطوح مختلف از نظر اهمیت قرار می‌گیرند و تصمیم گیری نهایی بر اساس ترکیب ورودی ها و سطوح اهمیتی انجام خواهد شد. روش‌های هوشمند امروزه به صورت خیلی گسترده در شاخه‌های مختلف مرتبط با نفت مورد استفاده قرار می‌گیرد. یکی از مهمترین این کاربردها استفاده از روش‌های هوشمند در تصمیم سازی در مقیاس های مختلف است.

در این بخش به معرفی مختصری از روشهای موجود غربالگری که در منابع مختلف بدانها اشاره شده است و شامل روشهای معمول، روش تحلیل سلسه مراتبی و روش های هوشمند میشوند پرداخته میشود.

۱-۵-۱- روش های معمول

روش‌های معمول متفاوتی جهت تصمیم سازی در غربالگری و کاندید مناسب برای عملیات شکافت هیدرولیکی وجود دارد. از جمله این روش ها می توان به تعریف کردن اندیس های خاص برای مخزن یا چاه و تصمیم گیری بر اساس محدوده تغییرات اندیس تعریف شده در گزینه مورد مطالعه اشاره کرد. از جمله این روش ها می توان به اندیس تولید اشاره کرد.

یکی دیگر از روش های معمول برای غربالگری تعیین پارامترهای مهم و تاثیر گذار ذاتی (زمین شناسی، ژئومکانیکی، مخزنی و تولیدی-تکمیلی) و اظهار نظر کیفی بر اساس این پارامترها است. در این روش، پارمترها از نظر اهمیت در شکافت هیدرولیکی توسط کارشناسانی که به شرایط میدان اشراف کامل اطلاعاتی دارند انجام

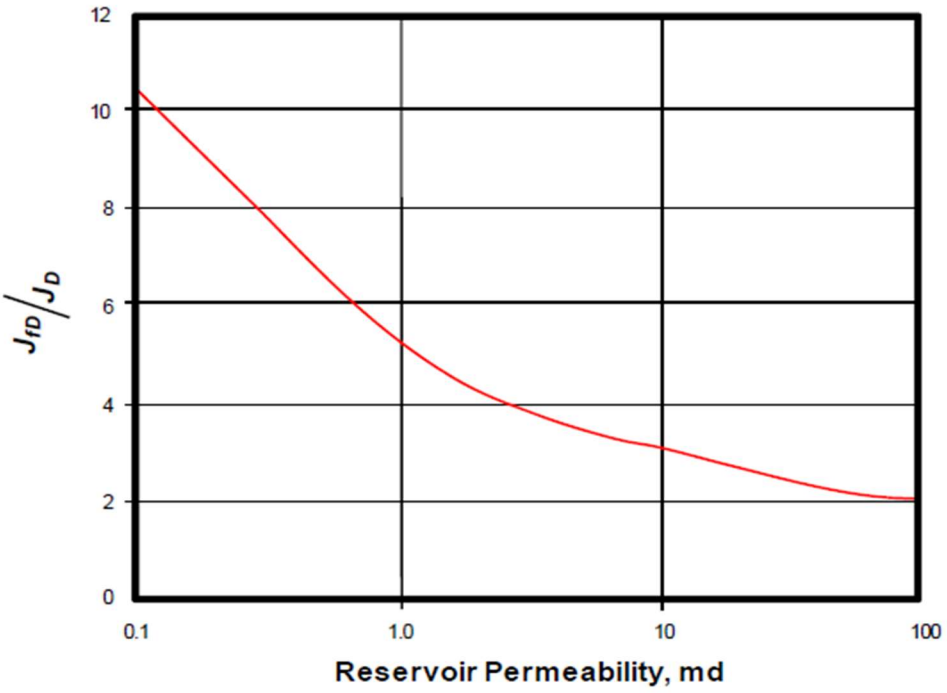
می شود و بر اساس میزان همخوانی پارامترها با عملیات شکافت هیدرولیکی غربالگری انجام می گیرد. بزرگترین مشکل این روش زمانی بوجود می آید که تعداد پارامترهایی که تصمیم گیری بر اساس آنها انجام می شود زیاد باشد. در این حالت نقش هر پارامتر و ارتباط آن با پارامترهای دیگر پیچیده خواهد شد. در این حالت ناگزیر به استفاده از روش های آماری پیشرفته یا روش های هوشمند هستیم.

۱-۵-۱-۱ روش مبتنی بر اندیس تولید (Martin and Economides, 2010)

یکی از روش هایی که البته چندان هم قابل اعتماد نیست، اما می تواند به عنوان یک غربال اولیه برای انتخاب چاه مناسب مورد استفاده قرار گیرد، به این صورت انجام می شود که در رابطه ی مربوط به اندیس تولید، مقدار ضریب پیوسته را عددی بین ۵- تا ۷- (استفاده از عدد ۵- برای چاه ها در مخازن بدون سابقه ی شکاف هیدرولیکی و استفاده از ۷- در چاه های میادینی که قبلا نمونه های موفق شکافت هیدرولیکی را داشته اند) قرار داده و چاه ها را بر اساس افزایش اندیس تولید رتبه بندی کنیم (فرمول ۱-۱۱).

$$J = \frac{q}{\Delta p} = \frac{kh}{141.2\ \mu B_o[\ln(r_e/r_w)+s]} \qquad ۱۱-۱$$

اما این روش مورد تردید بسیاری از محققان است اگر نسبت اندیس تولید بعد از شکافت (قرار دادن ضریب پوسته ی منفی در معادله) به مقدار آن قبل از شکافت را با توجه به معادله ی بالا، بر حسب تراوایی مخزن رسم شود. مشاهده می شود که در تراوایی های پایین، یعنی مخازنی که پیش از شکافت، میزان تولید بالایی نداشتند، درصد افزایش J بیشتر خواهد بود (شکل ۱-۴).



شکل ۱-۴- نمونه ای از رابطه ی افزایش اندیس تولید بر حسب تراوایی (Martin and Economides, 2010)

اما باید به این نکته نیز توجه کرد که افزایش تولید دو برابری در یک مخزن با تراوایی اولیه ی ۱۰۰ میلی دارسی، نسبت به افزایش تولید پنج برابری در یک مخزن با تراوایی اولیه ی ۱ میلی دارسی، منجر به بازگشت سرمایه ی بیشتری خواهد شد و از نقطه نظر اقتصادی، توجیه پذیر تر است. بنابراین عده ای بر این باورند که بهترین چاه ها از نظر عملکردی، بهترین کاندید برای عملیات شکافت هیدرولیکی هستند (Ely et al., 2000; Green et al., 2006; Husen et al., 2003; Jennings, 2000; Reeves et al., 2000). البته باید توجه کرد که مشکلات عملیاتی از منظر هرزروی و نفوذ سیال شکاف به داخل سازند[۸] در مخزن با تراوایی بالاتر بیشتر خواهد بود.

۱-۵-۱-۲ روش های متداول مبتنی بر وزن دهی پارامترها

روش متداول در انتخاب کاندید مناسب بر اساس نظر مهندسان مخزن و زمین شناسانی که به شرایط میدان اشراف کامل اطلاعاتی دارند انجام می شود. همانطور که گفته شد در این روش از پارامترهای مختلفی از قبیل

[۸] Leak Off

خواص ذاتی سنگ مخزن، خواص نفت موجود در مخزن، شرایط ترمو-دینامیکی و شیمیایی مخزن و شرایط چاه و شرایط تکمیل چاه همراه با اطلاعات زمین شناسی و محدودیت های مدیریتی و لجستیکی برای غربالگری استفاده خواهد شد. انتخاب پارامتر مناسب جهت غربالگری به سطح یا مقیاس غربالگری بستگی دارد. برای مثال در غربالگری میدان بیشتر به فشار مخزن نسبت به فشار اولیه، موقعیت میدان از نظر تولیدی یا اکتشافی بودن، عمق مخزن و فشار اولیه شکست، لیتولوژی مخزن، حضور شکستگی های طبیعی، API نفت و پارامترهایی از این دست توجه خواهد شد. در غربالگری در مقیاس چاه پارامترهای دیگری از قبیل محدودیت های شرایط تکمیل شده چاه، اشباع شدگی، برش آب، ضریب پوسته و پارامترهایی از این دست استفاده خواهد شد. همچنین در غربالگری در مقیاس زون در یک چاه از تخلخل، تراوایی، محدود شدن بین دو بازه با خواص مکانیکی سنگی متفاوت، دوری یا نزدیکی به آبخوان و پوش گازی و ضخامت بازه مورد نظر توجه خواهد شد.

بنابراین، در هر مطالعه ای بر اساس شرایط مخزن پارامترهای خاصی را انتخاب می کنند. بعبارت دیگر نمی توان یکسری پارامتر را تعریف کرده و برای همه چاه ها و میادین از آن استفاده کرد. در واقع در هر میدانی یکسری از پارامترها اهمیت بیشتری نسبت به سایرین دارند. در مطالعات مختلف از پارامترهای مختلفی در روش متداول ا ستفاده می کنند که در جدول ۱-۴ نشان داده شده ا ست. همچنین وزن هر یک از پارامترها در روش متداول انتخاب چاه متفاوت است.

جدول ۱-۴- پارامترهای مخزنی و زمین شناسی که در روش معمولی (conventional) غربالگری استفاده می شود (Zoveidavipour and Gharibi 2016).

Methods	Researchers/parameters	K	s	h	P_r	Q	ϕ	Wc	PI	SP	DA	OP	DC	FD
Conventional	Howard and Fast [62]	✔			✔	✔				✔		✔	✔	
	Bailey and Wickham [63]	✔		✔	✔		✔							
	Bustin and Sierra [64]	✔							✔					
	Smith [65]										✔	✔		
	Moore and Ramakrishnan [66]	✔		✔			✔				✔			
	Shadizadeh et al. [67]	✔					✔	✔		✔				
	Hashemi et al. [68]	✔	✔	✔	✔			✔						

K permeability, s skin, h pay-zone thickness, P_r reservoir pressure, Q production rate, ϕ porosity, Wc water cut, PI productivity index, SP stress profile, DA drainage area, OP offset production, DC degree of consolidation, FD formation depth

۱-۵-۲ روش تحلیل سلسه مراتبی (AHP)

تحلیل سلسله مراتبی (Analytical Hierarchy Process) یک روش تصمیم گیری چند معیاره است. با استفاده از این روش می توان اهمیت نسبی معیارهای کمی و کیفی مختلف در یک مسأله تصمیم گیری را تعیین کرد (Badri, 2001). به طور کلی تصمیم گیری با استفاده از روش AHP در طی چند مرحله به شرح زیر انجام می شود.

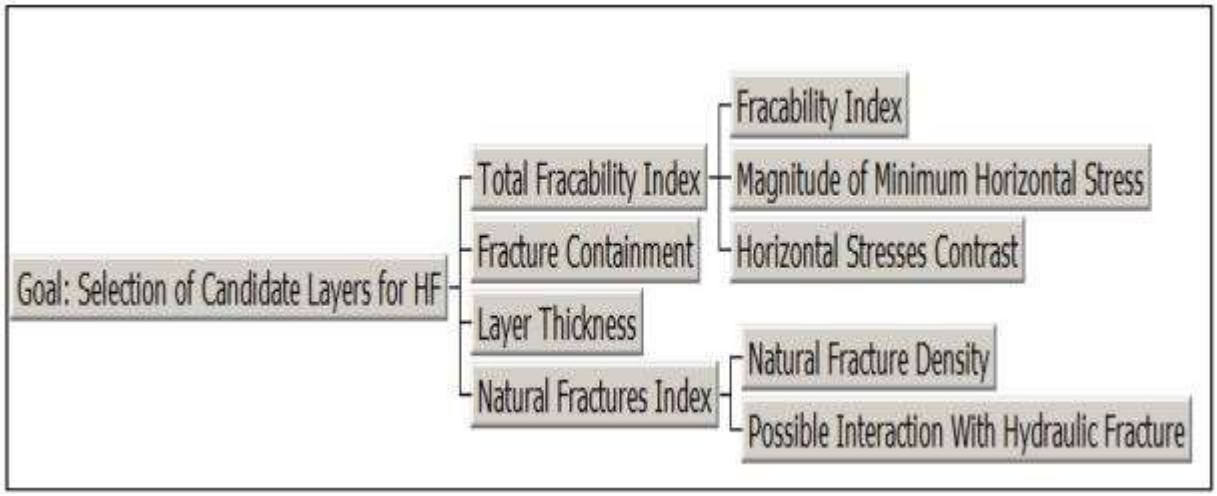
الف) ساخت درخت سلسله مراتبی

ب) تعیین اهمیت نسبی معیارها و گزینه ها

ج) نتیجه گیری و اولویت بندی گزینه ها

این روش ابتدا یک مسألهٔ پیچیده تصمیم گیری چند معیاره را تجزیه کرده و به یک درخت سلسله مراتبی تبدیل می کند که در آن المانهای مختلف مانند هدف، معیارها و زیرمعیارها با هم در ارتباط اند. هدف اصلی مسأله در بالاترین سطح قرار میگیرد و پس از آن معیارها، زیرمعیارها و گزینه ها به ترتیب در سطوح پایینتر قرار

می گیرند. مثالی از ا ستفاده درخت سل سه مراتبی ساخته شده از این روش در م سأله انتخاب لایه های کاندید برای عملیات شکافت هیدرولیکی درشکل ۱-۵ نشان داده شده است.



شکل ۱-۵- درخت سلسله مراتبی ساخته شده برای مسألهٔ انتخاب لایه های کاندید برای عملیات شکافت هیدرولیکی

برای مثال، تعیین اهمیت ن سبی معیارها و زیر معیارها، یک پر س شنامه طرح شده و در آن اهمیت ن سبی هر دو معیار ن سبت به هم مورد پر سش قرار می گیرد. این پر س شنامه به و سیله افراد متخ صص و با تجربه در زمینه شکافت هیدرولیکی پاسخ داده خواهد شد. سپس با استفاده از میانگین نظرات این افراد، اهمیت نسبی معیارها و زیرمعیارها نسبت به یکدیگر تعیین خواهد شد. در روش AHP مقایسه زوجی بین معیارها بر اساس یک مقیاس استاندارد انجام می شود که در جدول ۱-۵ زیر نشان داده شده است.

جدول ۱-۵- مقیاس استاندارد برای مقایسه اهمیت زوجی معیارها

Intensity of importance	Definition	Explanation
1	Equal importance	Two activities contribute equally to objective
2	Weak	
3	Moderate importance	Experience and judgment slighty favor one activity over another
4	Moderate plus	
5	Strong importance	Experience and judgment strongly favor one activity over another
6	Strong plus	
7	Very strong or demonstrated importance	An activity is favored very strongly over another
8	Very, very strong	
9	Extreme importance	The evidence favoring one activity over another is of the highest possible order of affirmation

مثالی از اجرای این روش در غربالگری جهت انتخاب لایه مناسب در سازند ایلام یکی از میادین در زیر ارائه شده است. همانطور که ملاحظه می شود ارزیابی کاندیدها به صورت کیفی انجام شده است. در جدول نحوه ارزیابی کیفی معیارها نشان داده شده است. اولویتبندی نهایی کاندیدها را نیز میتوان در جدول ۱-۶ ملاحظه کرد.

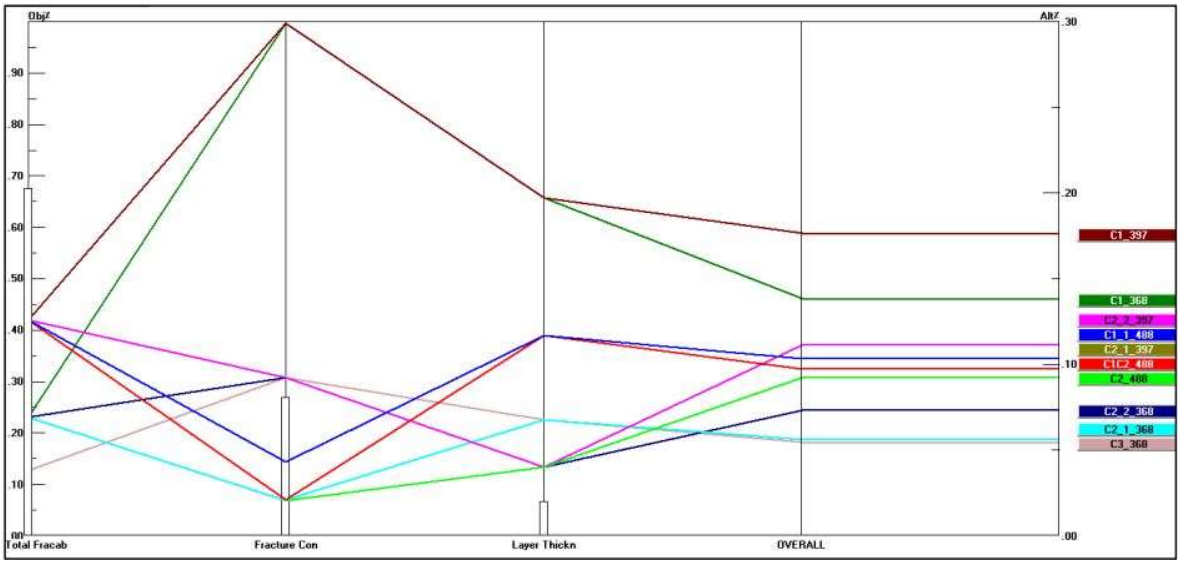
جدول ۱-۶- نحوه ارزیابی کیفی معیارهای اصلی برای انتخاب کاندید در سازند ایلام

شاخص	ضعیف	متوسط	خوب	خیلی خوب	عالی
شکاف‌پذیری کل (TFI)	TFI < 0.5	0.5 < TFI < 0.6	0.6 < TFI < 0.65	0.65 < TFI < 0.7	TFI > 0/7
ضخامت لایه (متر)	T < 10	10 < T < 20	20 < T < 25	25 < T < 30	T > 30
محدودسازی شکاف	ΔGMU < 1	1 < ΔGMU < 1.3	1.3 < ΔGMU < 2	ΔGMU > 2	-

جدول ۱-۷- ارزیابی معیارها و اولویت بندی لایه های کاندید در سازند ایلام

رتبه کاندید	چاه	زون	بازه عمقی (متر)	وضعیت شاخص شکاف-پذیری کل (TFI)	وضعیت محدودسازی شکاف	وضعیت ضخامت	امتیاز کل
۱	۳۹۷	C1	3356-3403	خیلی خوب	خیلی خوب	عالی	0.176
۲	۳۶۸	C1	3200-3237	خوب	خیلی خوب	عالی	0.138
۳	۳۹۷	C2-2	3432-3450	خیلی خوب	خوب	متوسط	0.111
۴	۴۸۸	C1-1	3366-3395	خیلی خوب	متوسط	خیلی خوب	0.103
۵	۴۸۸	C1-C2	3397-3423	خیلی خوب	ضعیف	خیلی خوب	0.097
۶	۳۹۷	C2-1	3405-3431	خیلی خوب	ضعیف	خیلی خوب	0.097
۷	۴۸۸	C2	3425-3440	خیلی خوب	ضعیف	متوسط	0.092
۸	۳۶۸	C2-2	3263-3276	خوب	خوب	متوسط	0.073

در نرم افزار Choice Expert روشهای مختلفی برای تحلیل حساسیت گزینه ها نسبت به معیارها (تحلیل حساسیت عملکرد) وجود دارد (شکل ۱-۶). در این شکل در محور افقی معیارها نشان داده شده است. بر روی هر معیار یک نمودار میله ای وجود دارد که نشان دهندهٔ اهمیت آن معیار است. در سمت راست نمودار نیز امتیاز کلی کاندیدها به نمایش درآمده است. به عنوان مثال ملاحظه می گردد که دو لایه کاندید اول از نظر محدودسازی و ضخامت لایه وضعیت مشابهی دارند، اما شاخص شکافپذیری کل در لایه C1 در چاه ۹۳۳ بیشتر از لایه C1 در چاه ۹۶۳ است که همین امر باعث شده تا امتیاز کلی این لایه نیز بیشتر شده و در رتبه اول قرار بگیرد.



شکل ۱-۶- تحلیل حساسیت عملکرد لایه های کاندید نسبت به معیارها

۱-۵-۳ روش های هوشمند

تابعیت غیر خطی از تعداد زیادی پارامتر، باعث می شود که ذهن انسان قادر به درک الگوهای موجود و در نتیجه انجام مدل سازی فیزیکی نباشد از این رو یافتن الگو به ماشین سپرده می شود. با این استدلال که فیزیک مسئله، درون داده ها نهفته است و با توجه به اینکه امروزه با پیشرفت تکنولوژی، روزانه حجم زیادی داده در مسائل مختلف تولید شده و به راحتی از نقطه ای به نقطه ی دیگر منتقل می شوند این داده های فراوان و با کیفیت به ماشین سپرده می شوند تا با پردازش آن ها با استفاده از الگوریتم های غیرصریح، بتوانند برای موردهای جدید کاربر را به پیش بینی های قابل اعتمادی برسانند. در مسئله ی انتخاب کاندید مناسب برای انجام عملیات شکاف هیدرولیکی، تا کنون در سراسر جهان هزاران عملیات شکاف هیدرولیکی انجام شده است که نتایج آن ها نیز در رنج گسترده ای از کاملا شکست تا کاملا موفقیت آمیز متغیر بوده است. در هر کدام از این عملیات ها، مشخصات کامل میدان، لایه و چاه (مشخصات مخزنی، ژئومکانیکی، زمین شناسی، عملیاتی، تاریخچه تولید) به همراه نتیجه ی نهایی عملیات در دسترس است. برای انسان غیر ممکن خواهد بود که این حجم عظیم داده را پردازش کرده و از آن به یک استنباط و نتیجه برای انجام عملیات های بعدی برسد. در واقع

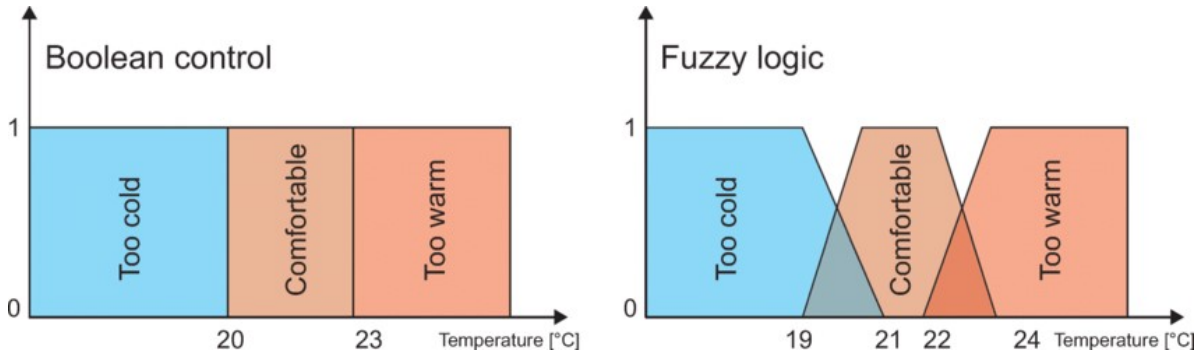
انسان شاید بتواند به نتایج ناقصی درباره تاثیر پارامترها به صورت انفرادی و با ثابت در نظر گرفتن سایر پارامترها برسد اما تاثیر همزمان کلیه ی پارامترها و اثر متقابل آن ها بر یکدیگر را نمی تواند درک کند. اما ماشین ها با ساخت ابرصفحه هایی در فضاهای با ابعاد بالا می توانند این رابطه ی تابعی را کشف کنند و در فضای پارامترها، نقاط اکسترمم و بهینه را پیدا کنند. از این رو در انتخاب های بعدی، کافی است که مقادیر این پارمترها را برای مخزن مورد نظر در اختیار شبکه قرار دهیم تا ماشین میزان موفقیت آمیز بودن این عملیات را پیش بینی کند. به این فرآیند یادگیری ماشین گفته می شود و هر چه داده های بیشتر، دقیق تر و با کیفیت تری در اختیار ماشین قرار گیرد، نتایج نیز دقیق تر خواهند بود. روش های هوشمند گستره ی وسیعی از روش های ابتدایی تر و ساده تر مانند منطق فازی تا روش های پیچیده و جدید امروزی مانند شبکه های عصبی عمیق را در بر می گیرند. یک اصل اساسی وجود دارد و آن این است که هرچه روش ها، پیچیده تر و هوشمندتر می شوند، نتایج دقیق تری را ارائه می دهند اما توضیح پذیری و درک آن ها برای انسان دشوار می شود. روش هایی مانند منطق فازی نسبت به استفاده از شبکه های عصبی عمیق، قابلیت تفسیر، توضیح و درک بیشتری را دارند. همانطور که تاکنون نیز چندین بار ذکر شد، روش های هوشمند نیازمند داده های فراوان و با کیفیت هستند و به طور کلی علت اینکه این روش ها در سال های اخیر به این میزان از محبوبیت و کارایی رسیده اند، گسترش ابزارهای ضبط، ذخیره و انتقال داده است.

متاسفانه در میدان های ایران به جز یکی دو مورد محدود تاکنون عملیات شکافت هیدرولیکی انجام نشده است که داده ای در دسترس باشد. صرف نظر از انجام یا عدم انجام عملیات شکافت هیدرولیکی، حتی داده های ابتدایی توصیف یک مخزن، نیز در کشور موجود نمی باشند و غالبا با رنج زیادی از عدم قطعیت همراهند و در مواردی نیز که مطالعات میدانی جامع تر می باشند، داده ها به راحتی در دسترس محققان قرار نمی گیرند.

در زیر بخش بعدی به شرح بیشتر روش منطق فازی بعنوان یکی از روشهای پرکاربرد هوشمند که در اجرای این فاز پروژه نیز مورد آزمایش قرار گرفته است پرداخته میشود.

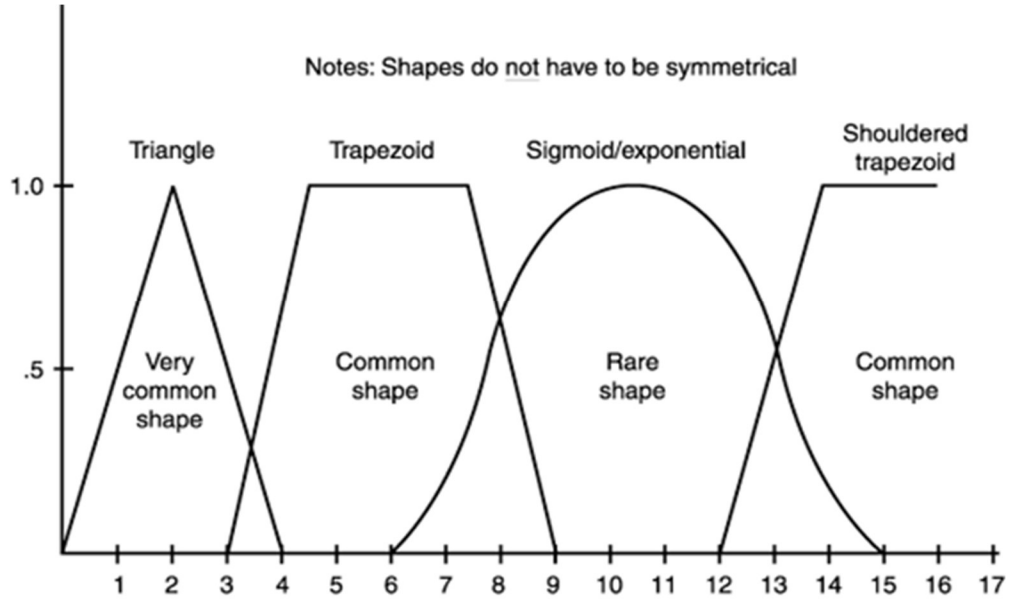
۱-۵-۳-۱ روش منطق فازی

بر خلاف منطق بولین[۹] که در آن متغیرها، فقط می توانند دو مقدار صـــفر و یک را اختیار کنند، در منطق فازی، متغیرها می توانند هر عددی بین صفر و یک اختیار کنند. در واقع به جای نتایج مطلق از نتایج نسبی استفاده می شود (شکل ۱-۷). در منطق بولین هر گاه دمای محیط پایین تر از ۲۰ درجه ی سانتی گراد باشد، در دسته بندی خیلی سرد (Too Cold)، جای می گیرد و اگر سیستم گرمایشی خودکار، بر اساس این منطق کار کند، حتی در دما ۲۰/۰۰۰۱ درجه نیز اقدام به گرم کردن محیط نمی کند. در واقع برای این ســـیســـتم، دمای ۲۰/۰۰۰۱ درجه به اندازه ی دمای ۲۲ درجه، دمای مناســـبی تلقی می شـــود و اقدامی برای تغییر دمای محیط انجام نمی گیرد. در حالی که ادراک انسان اینگونه نیست. به همین دلیل در منطق فازی هر دمایی در رنج ۱۹ تا ۲۱ درجه، تا حدودی سرد و تا حدودی مناسب تلقی می شود. این که دمای ۲۰ درجه چند درصد سرد و چند درصد راحت و مناسب تلقی می شود به نوع تعریف تابع عضویت بستگی دارد. شکل ۱-۸ چند نوع رایج از توابع عضویت را نمایش می دهد که بسته به مسئله ی مورد نظر توسط متخصص انتخاب می شوند.



شکل ۱-۷- مقایسه ی منطق بولین و فازی در تصمیم گیری

[۹] Boolean Logic



شکل ۱-۸- انواع توابع عضویت مورد استفاده

برای شـــرح بیشـــتر کاربرد روش منطق فازی در اجرای فرایند غربالگری عملیات شـــکافت هیدرولیکی به معرفی مطالعه ای توسط (Yin and Wu, 2009) پرداخته میشود.

در این مطالعه پارامترهای ضریب پو سته، تراوایی، سیالیت؛[۱] میزان برش آب، فشار مخزن، عرض شکاف و میزان تولید به عنوان پارامترهای موثر در نظر گرفته شـــده اند. داده های ۳۲۰ چاه که عملیات شـــکافت هیدرولیکی در آن ها انجام شـــده اســـت، مورد بررســـی قرار گرفته اند و بر اســـاس میزان افزایش تولید این چاه ها، پس از انجام عملیات، به چهار گروه تقسیم شده اند (جدول ۱-۸).

جدول ۱-۸- معیار دسته بندی چاه ها

A	افزایش تولید بیش از ۱۰ تن بر روز پس از عملیات شکافت هیدرولیکی
B	افزایش تولید بین ۶ تا ۱۰ تن بر روز پس از عملیات شکافت هیدرولیکی
C	افزایش تولید بین ۲ تا ۶ تن بر روز پس از عملیات شکافت هیدرولیکی
D	افزایش تولید کمتر از ۲ تن بر روز پس از عملیات شکافت هیدرولیکی

[۱] Fluidity

سپس بازه هر کدام از پارامترهای تاثیر گذار، به چند قسمت تقسیم می شود و در هر زیربازه پارامتر مورد نظر بر ا ساس نتایج نهایی انجام شکافت هیدرولیکی بر روی چاه های این میدان و د سته بندی انجام شده در جدولها درصد چاه های A، B، C و D مشخص شده اند (جدول های ۱-۹ تا ۱-۱۲). مثلا در جدول ۱-۹ مشخص است که ۱۹,۸ درصد چاه هایی که قبل از انجام عملیات شکافت هیدرولیکی دارای ضریب پوسته ی بزرگتر از ۴ بوده اند، پس از انجام عملیات، بر اســـاس میزان افزایش تولیدشـــان در گروه A قرار گرفته اند و به همین ترتیب ۱۴ درصد گروه B، ۴,۱ درصد گروه C و ۲,۵ درصد گروه D هستند. در نهایت با توجه به درصد زیاد چاه های گروه A و B و درصـــد کم چاه های گروه C وD در این زیربازه ی بزرگتر از ۴، این بازه، به عنوان انتخاب اول در نظر گرفته شده است. به همین ترتیب این بررسی برای سایر پارامترها نیز انجام شده است. مثلا تراوایی کمتر از ۳۰ میلی دارسی، نیز به علت درصد بالای چاه های A و B (۱۷,۹ و ۱۰,۷ درصد) و درصد کم چاه های گروه C و D(۳,۶ و ۱,۸ درصد) به عنوان انتخاب اول تشخیص داده می شود. در نهایت جدول۱-۱۳ ورودی الگوریتم فازی اســـت. در این جدول مشـــخص اســـت که هر پارامتر در چه محدوده ای باشـــد، به عنوان انتخاب اول، دوم و یا نامنا سب برای انجام عملیات شکافت هیدرولیکی در نظر گرفته می شود. همانطور که قبلا در شکل ۱-۷ تفاوت منطق فازی و بولین نشان داده شده ا ست. در این م سئله نیز منطق فازی بیان می کند که به عنوان مثال نباید چاهی که دارای ضریب پوسته ی ۴ می با شد با اطمینان ۱۰۰ درصد، به عنوان انتخاب اول و چاهی که ضریب پوسته ی ۳,۹ دارد به عنوان انتخاب دوم در نظر گرفته شود. بلکه بر اساس تعریف توابع عضویت، هر کدام از این دو مقدار ضـریب پوسـته، با یک درصـدی مربوط به دسـته ی انتخاب اول و با یک درصـدی مربوط به دسـته ی انتخاب دوم ه ستند. در این مقاله، توابع ع ضویت از نوع توزیع نرمال انتخاب شده اند و در شکل ۱-۸ این توابع برای پارامتر ضریب پوسته نشان داده شده اند و به همین ترتیب برای سایر پارامترها نیز می توان رسم کرد.

جدول ۱-۹- زیربازه های ضریب پوسته ی چاه ها، قبل از انجام عملیات شکافت هیدرولیکی و درصد هر کدام از چاه ها

Classified interval	≥4	4～2	2～0	≤0
A	19.8%	9.9%	5.0%	0.8%
B	14.0%	6.6%	3.3%	2.5%
C	4.1%	4.3%	7.1%	5.2%
D	2.5%	4.7%	6.3%	4.7%
Selected types	First selection	Second selection	Unsuitable selection	Not available

جدول ۱-۱۰- زیربازه های تراوایی چاه ها، قبل از انجام عملیات شکافت هیدرولیکی و درصد هر کدام از چاه ها

Classified interval	0～30	30～50	50～100	100～300
A	17.9%	8.9%	7.1%	0.0%
B	10.7%	8.9%	5.4%	1.8%
C	3.6%	8.9%	8.9%	1.8%
D	1.8%	1.8%	8.9%	3.6%
Selected types	First selection	Second selection	Unsuitable selection	Not available

جدول ۱-۱۱- زیربازه های سیالیت چاه ها، قبل از انجام عملیات شکافت هیدرولیکی و درصد هر کدام از چاه ها

Classified interval	0～0.05	0.05～0.1	0.1～0.15	0.15～0.2
A	15.70%	12.40%	5.40%	2.00%
B	7.40%	11.30%	5.40%	2.30%
C	2.10%	3.10%	8.80%	5.80%
D	1.30%	2.90%	5.30%	8.80%
Selected types	First selection	Second selection	Unsuitable selection	Not available

جدول ۱-۱۲- زیربازه های فشار(مگاپاسکال) چاه ها، قبل از انجام عملیات شکافت هیدرولیکی و درصد هر کدام از چاه ها

Classified interval	14～10	10～8	8～6	6～4
A	17.1%	12.6%	3.6%	0.9%
B	14.4%	6.3%	3.6%	2.7%
C	9.9%	4.5%	5.4%	0.9%
D	5.2%	6.4%	5.5%	0.9%
Selected types	First selection	Second selection	Unsuitable selection	Not available

جدول ۱-۱۳ بازه های طبقه بندی شده ی پارامترهای مختلف

degree	Skin factor	permeability ($\times10^{-3}\mu m2$)	fluidity	Water cut (%)	Strata pressure (MPa)	Fractured thickness (m)	production (t/d)
First selection	5.0~4.0	0~30	0—0.05	75~80	14~10	5~3.0	0~3
Second selection	4.0~2.0	30~50	0.05~0.1	80~85	10~8	3.0~1.0	3~6
Unsuitable selection	2.0~0	50~100	0.1~0.15	85~90	8~6	1.0~0.5	6~9
Not available	0~-6	100~300	0.15~0.20	90~95	6~4	0.5~0.0.	9~12

بعد از ساخت و تو سعه ی نرم افزار منطق فازی با داده های در د سترس از چاه های دارای شکاف هیدرولیکی، داده های ۴۲۲ چاه جدید در این میدان مورد بررسی قرار گرفتند و ابن نرم افزار ۳۴ چاه را کاندید انجام عملیات شکافت هیدرولیکی کرد. نتایج بسیار موفقیت آمیز بودند و تنها ۲ چاه از این چاه ها در د سته یD قرار گرفتند، به این معنی که افزایش تولید کمتر از ۲ تن بر روز حاصـــل شـــد و ۷۶ درصـــد چاه های انتخابی، پس از انجام عملیات در دسته ی A و B قرار گرفتند (Yin and Wu, 2009).

فصل دوم: تهیه پایگاه داده های میادین ایران و اجرای غربالگری جهت انتخاب میادین مناسب

۲-۱ مقدمه

در فصل قبل گزارش، پارمترها و عواملی که در انتخاب و کاندید گزینه مناسب جهت اجرای عملیات شکافت هیدرولیکی در مقیاس‌های مختلف نقش دارند معرفی گردید. در این فصل بر اساس پارامترهای توضیح داده شده در فصل قبل سعی شده که پایگاه داده‌ای از میادین ایران تهیه گردد. مقیاس غربالگری بزرگ مقیاس یا مقیاس منطقه ایی خواهد بود و در حد انتخاب و کاندید میدان خلاصه خواهد شد.

در مرحله بعد بر اساس پایگاه داده تهیه شده، غربالگری میدان جهت انتخاب بهترین کاندید به منظور اجرای عملیات شکافت هیدرولیکی انجام خواهد گرفت. برای انجام غربالگری پارامترهای مختلفی در مقیاس کلی و عمومی تا پارمترهای فنی و عملیاتی دقیق نقش خواهند داشت.

با توجه به میزان در دسترس بودن و دقت داده های میادین غربالگری به دو روش کیفی و هوشمند و نتایج بر اساس اولویت‌های مختلف تعریف شد.

۲-۲ تهیه پایگاه داده های میادین

این اطلاعات از منابع مختلفی از قبیل جستارهای اینترنتی، مراجعه به سامانه‌های شرکتهای نفتی وابسته به وزارت نفت، استفاده از مقالات، پایان‌نامه ها و گزارشات مرتبط با میادین نفت و گاز ایران، جمع آوری گردید.

همانطور که گفته شد پایگاه داده تشکیل شده بر اساس جستارهای اینترنتی، مراجعه به سامانه‌های شرکتهای نفتی وابسته به وزارت نفت در اینترنت، استفاده از مقالات، پایان‌نامه ها و گزارشات در دسترس مرتبط با میادین نفت و گاز ایران، جمع آوری گردید. از آنجایی که در این مطالعه دسترسی به اطلاعات دقیق چاه‌های مختلف

میادین ایران در دسترس نبود و تا انجام این مرحله از گزارش بازخوردی از شرکت های نفتی جهت دریافت اطلاعات از آنها دریافت نشده بود بنابراین اطلاعات جمع آوری شده در مقیاس منطقه ایی و میدان محور بوده و فقط غربالگری در مقیاس میدان را پوشش داده است. بر این اساس یک پایگاه داده شامل تعداد ۱۳۲ میدان استخراج شد.

۲-۲-۱ تفکیک میادین بر حسب نوع و موقعیت

اولین گام در این مرحله تفکیک میادین گردآوری شده بر حسب ترکیب موقعیت (خشکی و دریایی) و نوع میدان از نظر سیال هیدروکربنی (نفتی و گازی) می‌باشد. دلیل تفکیک میادین بدین صورت علاوه بر کاربردهای فنی به دلیل میزان اهمیت هر یک با توجه به مشکلات اجرایی، ذهنیت‌های کارفرمایی، و بالقوه بودن اطلاعات برخی میادین است.

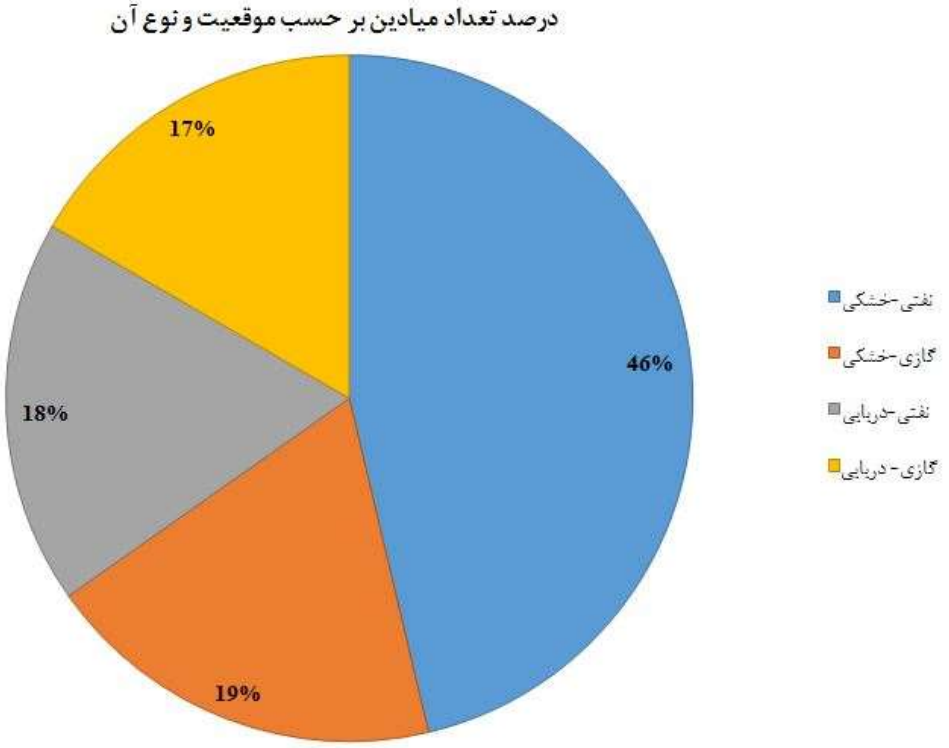
عملیات دریایی شکافت هیدرولیکی نسبت به عملیات خشکی بسیار بسیار پیچیده تر بوده و نیاز به تجهیزات مورد نیاز در سکوی دریایی است که فراهم کردن سکو یا پلاتفرم مورد نظر خود یک مشکل است. و از آنجایی که این عملیات در ایران سابقه آنچنانی ندارد بنابراین سعی شده میادین بر اساس دریایی یا خشکی بودن مورد مطالعه قرار گیرند. پس از گردآوری عناوین میادین، نسبت به تفکیک آنها بر حسب خشکی و دریایی اقدام شد که بر این اساس تعداد ۸۶ میدان در موقعیت خشکی و ۴۶ میدان در موقعیت دریایی قرار گرفتند.

جدا از مباحث فنی مربوط به عملیات شکافت هیدرولیکی، یک سری عوامل دیگر مثل اولویت استراتژیکی وزارت نفت، خط فکری و استدلالی کارشناسان بدنه نفتی و میزان تخلیه طبیعی مخزن از نظر نوع سیال هیدروکربنی نیز به خودی خود در انتخاب مخزن بهینه جهت اجرا عملیات هیدرولیکی در این برهه از زمان نقش خواهند داشت. بر این اساس مخازن مورد مطالعه در پایگاه داده جمع آوری شده بر اساس گازی یا دریایی بودن به دو دسته مخازن گازی و مخازن دریایی تقسیم بندی گردید. بر این اساس ۸۵ مخزن نفتی و ۴۷ مخزن گازی شناسایی گردید.

در جدول ۲-۱ با لحاظ نمودن میزان اولویت بررسی هر یک، تعداد هرکدام نیز به تفکیک آورده شده است. همچنین در نمودار ۲-۱ درصد تعداد آنها بر حسب موقعیتهای ذکر شده نشان داده شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود میادین با موقعیت نفتی- خشکی درصد بالایی را به خود اختصاص داده اند و این موضوع در کنار شرایط مناسب اینگونه میادین از نظر اجرایی وفنی باعث شده که اولین گام برای غربالگری با این نوع میادین انجام پذیرد. در جدول ۲-۲ عناوین میادین با موقعیت نفتی - خشکی آورده شده است.

جدول ۲-۱- تعداد میادین بر حسب نوع و موقعیت

نوع میدان	اولویت بررسی	تعداد میدان
نفتی- خشکی	۱	۶۱
گازی- خشکی	۲	۲۵
نفتی - دریایی	۳	۲۴
گازی - دریایی	۴	۲۲



شکل ۲-۱- درصد تعداد میادین بر حسب موقعیت و نوع آن

جدول ۲-۲.عناوین میادین با موقعیت نفتی-خشکی (۶۱ میدان)

ردیف	میدان	ردیف	میدان	ردیف	میدان	ردیف	میدان	ردیف	میدان	ردیف	میدان	ردیف	میدان
۱	سپهر	۱۲	دهلران	۲۲	توسن	۳۲	رگ سفید	۴۲	سوسنگرد	۵۲	رودک
۲	دارخوین	۱۳	نفت شهر	۲۳	رامین	۳۳	بند کرخه	۴۳	اروند	۵۳	چهاربیشه
۳	اروند	۱۴	اهواز	۲۴	عسلویه شرقی	۳۴	مارون	۴۴	امید	۵۴	میلاتون
۴	پازنان	۱۵	آب تیمور	۲۵	گچساران	۳۵	مسجد سلیمان	۴۵	خرمشهر	۵۵	دارا
۵	جلینگر	۱۶	بالارود	۲۶	جفیر	۳۶	منصورآباد	۴۶	زاغه	۵۶	قلعه نار
۶	کوپال	۱۷	بی بی حکیمه	۲۷	شادگان	۳۷	هفتکل	۴۷	نرگسی	۵۷	دانان
۷	نام آوران	۱۸	بینک	۲۸	آذر	۳۸	یادآورا	۴۸	چشمه خوش	۵۸	زیلایی
۸	سروستان	۱۹	یاران شمالی	۲۹	منصوری	۳۹	مغان	۴۹	رامشیر	۵۹	لب سفید
۹	پایدار غرب	۲۰	پارسی	۳۰	آزادگان	۴۰	البرز قم	۵۰	کبود	۶۰	نفت سفید
۱۰	چنگوله	۲۱	پرنج	۳۱	کرنج	۴۱	سراجه قم	۵۱	گلخاری	۶۱	مشتاق
۱۱	خشت	-	-		-	-	-	-	-	-	-

۲-۲-۲ گروه بندی (غربالگری) مخازن میادین از نقطه نظر درصد وجود اطلاعات

پس از اینکه پارامترهای موثر برای غربالگری استخراج شدند. اولویت بندی مخازن بر اساس اطلاعات جمع آوری شده انجام گردید. دلیل این موضوع را می‌توان از دو جنبه مورد بررسی قرار داد. با انجام این کار می‌توان شانس مطالعه مجدد میادینی که در حال حاضر از آنها اطلاعات در دسترس نیست همچنان در آینده محفوظ باشد. دلیل دوم این است که در اولویت های تعیین شده نهایی درصد وزن میادینی که اطلاعات کامل از آنها در دسترس است در نتیجه نهایی بالاتر خواهد رفت و با قاطعیت بالاتری در مورد آنها می‌توان اظهار نظر کرد. علت اینکه در این

گام مخازن مورد بررسی قرار می گیرند این است که طبق جدول ۲-۳ و دسته بندی پارامترها از نقطه نظر سازندی، کلیه اطلاعات و پارامترهای مورد نیاز برای غربالگری برای مخازن میادین مختلف نیز گردآوری شده اند. بر این اساس ابتدا جدول کلی حاوی تمامی اطلاعات و پارامترهای ذکر شده در جدول ۳ تهیه گردید (پیوست ۲) و کلیه مخازن میادین گردآوری شده از نظر میزان اطلاعات موجود به ۳ دسته تقسیم بندی شدند. مخازن میادینی که دارای اکثریت اطلاعات هستند (بالاتر از ۸۰ درصد اطلاعات مورد نیاز پیوست ۱) گروه ۱ را تشکیل می‌دهند. مخازن میادینی که اطلاعات آنها کامل نیست (در حدود ۵۰ درصد از اطلاعات مورد نیاز در پیوست یک را پوشش می دهند) در گروه ۲ قرار گرفتند. در این میان، مخازن میادینی که هیچ اطلاعاتی از آنها در دسترس نیست یا اطلاعات آنها کمتر از ۵۰ درصد است در گروه ۳ قرار گرفته اند. لازم به ذکر است به دلیل نبود اطلاعات فنی کافی از گروه ۳ بنابراین از هر گونه اظهار نظر و اولویت بندی خودداری شده است چرا که هیچ مبنای علمی نخواهد داشت. این دسته از میادین در صورتی که در آینده اطلاعات تکمیلی از آنها در دسترس قرار گرفت می توان غربالگری را بروز کرده و در اولویت ها قرار گیرند. لذا برای۶۱ میدان نفتی- خشکی تعداد تعداد ۱۱۷ مخزن شناسایی شدند. تعداد ۶۷ مخزن از ۱۱۷ مخزن شناسایی شده در این مرحله حذف شدند و ۵۰ مخزن برای مراحل بعدی باقی ماندند (جدول ۲-۴).

لازم به ذکر است، میدان نفتی مغان با توجه به اطلاعات کارفرمایی که از آن در دسترس می باشد، انجام عملیات شکافت هیدرولیکی برای آن ضروری است و لذا در نمره دهی از قوانین اتخاذ شده در بالا تبعیت نمی نماید. این ۵۰ مخزن در جدول ۲-۳ آمده اند.

جدول ۲-۳- مخازن حاوی اطلاعات برای میادین نفتی-خشکی

ردی ف	نام میدان	نام مخزن	ردی ف	نام میدان	نام مخزن	ردی ف	نام میدان	نام مخزن	ردی ف	نام میدان	نام مخزن	ردی ف	نام میدان	نام مخزن
۱	سپهر	ایلام	۱۱	کوپال	بنگستان	۲۱	یاران شمالی	فهلیان و گدوان	۳۱	آذر	سروک	۴۱	رگ‌سفید	سروک

۲	سپهر	سروک	۱۲	سروستان	سروک	۲۲	جفیر	ایلام	۳۲	منصوری	آسماری	۴۲	بند کرخه	ایلام
۳	سپهر	گدوان	۱۳	پایدار غرب	سروک	۲۳	جفیر	سروک	۳۳	منصوری	بنگستان	۴۳	بند کرخه	سروک
۴	سپهر	فهلیان پایین	۱۴	چنگوله	بنگستان	۲۴	جفیر	گدوان	۳۴	منصوری	خامی	۴۴	چشمه خوش	آسماری
۵	سپهر	فهلیان پایین	۱۵	دهلران	ایلام	۲۵	جفیر	فهلیان پایین	۳۵	آزادگان	سروک	۴۵	دانان	آسماری
۶	دارخوین	فهلیان	۱۶	دهلران	سروک	۲۶	جفیر	فهلیان پایین	۳۶	آزادگان	کژدمی	۴۶	دانان	ایلام
۷	اروند	فهلیان	۱۷	اهواز	آسماری	۲۷	شادگان	آسماری بالا	۳۷	آزادگان	گدوان	۴۷	دانان	سروک
۸	پازنان	آسماری	۱۸	اهواز	بنگستان	۲۸	شادگان	آسماری پایین	۳۸	آزادگان	فهلیان	۴۸	لب سفید	آسماری
۹	پازنان	فهلیان	۱۹	بینک	سروک	۲۹	شادگان	ایلام	۳۹	کرنج	آسماری-پابده	۴۹	نفت سفید	آسماری
۱۰	کوپال	آسماری	۲۰	یاران شمالی	سروک بالا	۳۰	شادگان	سروک	۴۰	رگ‌سفید	آسماری-پابده	۵۰	خشت	آسماری-جهرم

۳-۲ - استخراج پارامترهای مهم، مورد نیاز و تاثیر گذار برای غربالگری

ابتدا سعی شد که یک فایل اکسل تهیه شود که تمامی پارمترهای تاثیر گذار بر عملیات شکافت هیدرولیکی توضیح داده شده در فصل قبل در آن وجود داشته باشد. فایل مورد نظر جدا از پارامترهای فنی پارمترهای کلی دیگر از قبیل خشکی یا دریایی بودن مخزن، نفتی یا گازی بودن مخزن، در حال توسعه یا تولیدی بودن مخزن و غیره را پوشش دهد.

پس از گردآوری مشخصات عمومی میادین و تفکیک آنها از نقطه نظر نوع و موقعیت ، برای اولین گام غربالگری نیاز است پارامترهای مورد نیاز که جهت انجام عملیات غربالگری ضروری هستند، استخراج گردند. بدین منظور با استفاده از موارد ذکر شده در فصل قبل گزارش و بررسی پارامترهای غربالگری، جدولی تهیه گردید. لازم به یادآوری است تعداد پارامترهای منتخب در این جدول محدود به پارامترهای تاثیر گذار در مقیاس میدان محور

میباشد و دیگر پارامترهای عنوان شده در فصل قبل که در غربالگری مقیاس های کوچکتر و چاه محور لحاظ میگردند را شامل نمیشود.

جدول ۲-۴ پارامترهای غربالگری در مقیاس میدان محور مورد استفاده در اجرای این غربالگری

دسته بندی پارامتر	عنوان پارامتر
عمومی	نوع میدان, منطقه، موقعیت(خشکی، دریایی)، وضعیت توسعه میدان
سازندی	نام سازند، نام لایه، تعداد چاه در سازند، نوع حفاری چاهها، عمق سازند، فشار، دما،
مشخصات مخزنی	نوع سیال سازند، API، SG، ویسکوزیته، GOR، آسفالت، H2S، برش آب، بازه دبی تولید چاه، بازه فشار سرچاهی چاهها
پتروفیزیکی	لیتولوژی غالب سازند، تخلخل متوسط سازند، اشباع آب متوسط سازند، تراوایی متوسط سازند، نمونه‌های مغزه و آزمایشات Rcal/Scal، نمودارهای پیشرفته، چاههای مرجع مشخصات پتروفیزیکی
ژئومکانیکی	مطالعات ژئومکانیکی، وضعیت شکستگیها
تکمیل چاه/ تولید و بهره برداری	توضیحات رشته تکمیلی (سایز لوله‌های جداری و تیوبینگ، نوع تاج...)، نوع تکمیل بخش مخزنی چاه(مشبک کاری یا حفره باز یا لاینر)، مشکلات تولیدی چاهها

۲-۴- اجرای غربالگری کیفی مخازن نفتی-خشکی

در این مرحله نسبت به غربالگری میادین اقدام خواهد شد و میادین کاندید شده جهت عملیات شکافت هیدرولیکی مشخص خواهند گردید. برای اجرای غربالگری عوامل مختلف از فاکتورهای کلی از قبیل دریایی یا خشکی و گازی یا نفتی گرفته تا عوامل کاملا فنی مثل پارمترهای مخزن و زمین شناسی و ژئومکانیکی دخیل داده شدند. برای این منظور غربالگری با چند روش اجرا گردید. در روش اول غربالگری بر اساس اطلاعات کلی اجرا شد. در روش دوم غربالگری بر اساس میزان اطلاعات در دسترس انجام گرفت. در مرحله بعد غربالگری بر اساس پارامترهای فنی انجام گردید. در مرحله بعد غربالگری بر اساس ترکیب پارامترهای فنی و میزان اطلاعات با همدیگر اجرا شد. در مرحله نهایی نیز غربالگری بر اساس روش¬های هوشمند در مخازنی که از نظر اطلاعات فنی کامل بودند اجرا گردید.

۲-۴-۱ اولویت بندی مخازن از نقطه نظر فنی

پس از اینکه مخازن میادین مورد مطالعه از نظر درصد وجود اطلاعات گروه بندی شده نیاز به گروه بندی آنها از نقطه نظر فنی می باشد. برای این منظور اطلاعات فنی جمع آوری شده بر اساس جدول‌های ۱ و ۲ بر مبنای روند اطلاعات فنی و مناسب یا نامناسب جهت اجرای عملیات شکافت هیدرولیکی دخیل داده شدند. بر این اساس سه گروه از نظر اولویت تعریف گردید.

گروه اولویتی ۱ شامل مخازنی است که بیشتر از ۸۰ درصد اطلاعات فنی موافق با عملیات شکافت هیدرولیکی را پاس خواهند کرد.

گروه اولویتی ۲ شامل مخازنی است که اطلاعات فنی آنها در حدود ۶۰ درصد موافق با اجرای عملیات شکافت هیدرولیکی است.

گروه اولویتی ۳ شامل مخازنی است که کمتر از ۵۰ درصد اطلاعات فنی موافق با عملیات شکافت هیدرولیکی را پاس خواهند کرد. طبق جدول شماره ۲-۲، معیارهای گروه بندی از نظر فنی نمره دهی شدند.

جدول ۲-۵- گروه بندی مخازن از نظر فنی

گروه	میزان انطباق اطلاعات فنی با معیار های اجرای موفق عملیات شکافت هیدرولیکی
۱	>۸۰٪
۲	۵۰٪ < و <۸۰%
۳	<۵۰٪

۲-۴-۲ نتایج اولویت بندی مخازن از نقطه نظر فنی

پس از اینکه معیارهای گروه بندی از نظر فنی مشخص شد ، مخازن نمره دهی شدند. در جداول ۲-۶- الف تا ج، نتایج این گروه بندی نشان داده شده است.

جدول ۲-۶ -الف. گروه فنی ۱

ردیف	نام میدان	نام مخزن
۱	جفیر	ایلام
۲	آذر	سروک
۳	منصوری	بنگستان
۴	آزادگان	سروک
۵	رگ‌سفید	سروک
۶	بند کرخه	ایلام
۷	بند کرخه	سروک
۸	دانان	آسماری
۹	دانان	ایلام
۱۰	دانان	سروک

جدول ۲-۶- ب. گروه فنی ۲

ردیف	نام میدان	نام مخزن
۱	کوپال	بنگستان
۲	چنگوله	بنگستان
۳	دهلران	ایلام
۴	دهلران	سروک
۵	اهواز	بنگستان
۶	بینک	سروک
۷	یاران شمالی	فهلیان و گدوان

۸	جفیر	سروک
۹	شادگان	آسماری بالا
۱۰	شادگان	آسماری پایین
۱۱	شادگان	ایلام
۱۲	شادگان	سروک
۱۳	رگ‌سفید	آسماری-پابده
۱۴	خشت	آسماری-جهرم

جدول ۲-۶- ج. گروه فنی ۳

ردیف	نام میدان	نام مخزن
۱	سپهر	سروک
۲	سپهر	گدوان
۳	سپهر	فهلیان پایین
۴	سپهر	فهلیان پایین
۵	دارخوین	فهلیان
۶	اروند	فهلیان
۷	پازنان	آسماری
۸	پازنان	فهلیان
۹	کوپال	آسماری
۱۰	اهواز	آسماری
۱۱	جفیر	گدوان
۱۲	جفیر	فهلیان پایین
۱۳	جفیر	فهلیان پایین
۱۴	منصوری	آسماری
۱۵	منصوری	خامی
۱۶	آزادگان	کژدمی
۱۷	آزادگان	گدوان

۱۸	آزادگان	فهلیان
۱۹	کرنج	آسماری-پابده
۲۰	چشمه خوش	آسماری
۲۱	لب سفید	آسماری
۲۲	نفت سفید	آسماری

۲-۴-۳ اولویت بندی نهایی مخازن نفتی-خشکی

در این مرحله با توجه به گروه بندی مخازن از نظر درصد وجود اطلاعات و از نظر میزان درصد اطلاعات فنی، نسبت به اولویت بندی آنها جهت انجام غربالگری کیفی نهایی اقدام شد. بدین منظور با آگاهی از درجه اهمیت هر یک از این گروهها، معیارهایی برای اولویت بندی مخازن تعیین شدند که در جدول ۲-۷- ذکر شده اند.

جدول ۲-۷- اولویت بندی مخازن

شماره گروه از نظر وجود اطلاعات	شماره گروه از نظر فنی	اولویت نهایی
۱	۱	۱
۲	۱	۲
۲	۲	۳
۱	۲	۴
۲	۳	۵
۱	۳	۶

تعاریف اولویتها:

اولویت ۱: اولویت یک شامل میادین خشکی نفتی است که از نظر میزان اطلاعات در گروه اطلاعاتی یک و از نظر پاس کردن اطلاعات فنی در گروه فنی یک قرار می گیرند.

اولویت ۲: اولویت دو شامل میادین خشکی نفتی است که از نظر میزان اطلاعات در گروه اطلاعاتی دو و از نظر پاس کردن اطلاعات فنی در گروه فنی یک قرار می گیرند.

اولویت ۳: اولویت سه شامل میادین خشکی نفتی است که از نظر میزان اطلاعات در گروه اطلاعاتی دو و از نظر پاس کردن اطلاعات فنی در گروه فنی دو قرار می گیرند.

اولویت ۴: اولویت چهار شامل میادین خشکی نفتی است که از نظر میزان اطلاعات در گروه اطلاعاتی یک و از نظر پاس کردن اطلاعات فنی در گروه فنی دو قرار می گیرند.

اولویت ۵: اولویت پنج شامل میادین خشکی نفتی است که از نظر میزان اطلاعات در گروه اطلاعاتی دو و از نظر پاس کردن اطلاعات فنی در گروه فنی سه قرار می گیرند.

اولویت ۶: اولویت شش شامل میادین خشکی نفتی است که از نظر میزان اطلاعات در گروه اطلاعاتی یک و از نظر پاس کردن اطلاعات فنی در گروه فنی سه قرار می گیرند.

۲-۴-۴ نتایج نهایی غربالگری

پس از استخراج جدول ۵ و مشخص شدن معیارهای اولویت بندی نهایی، برای ۵۰ مخزن مورد مطالعه برای موقعیت نفتی-خشکی، اولویت های نهایی لحاظ شدند. در جدول ۲-۸- تعداد مخازن نفتی-خشکی برای اولویتهای ۱ تا ۶ آورده شده است.

جدول ۲-۸- تعداد مخازن نفتی-خشکی بر حسب اولویت نهایی

اولویت	تعداد مخزن (نفتی-خشکی)
۱	۸
۲	۶
۳	۸
۴	۶
۵	۹
۶	۱۳

۲-۴-۴-۱ اولویت ۱

به منظور شناخت بیشتر از مخازن میادین با اولویت نهایی ۱ در جدول ۸ -۲ عناوین میدان و مخزن مربوطه به همراه نکات مثبت مرتبط با هر یک آورده شده است. در این گروه اولویتی، تعداد ۷ مخزن قرار می‌گیرند (جدول ۹-۲).

جدول ۲-۹- مخازن میادین نفتی-خشکی با اولویت ۱

ردیف	نام میدان	نام مخزن	نکات مثبت
۱	سپهر	ایلام	فشار کم ، عمق مناسب ، تخلخل مناسب، ضخامت مناسب ، نفت سبک، در طرح توسعه میدان، عملیات شکافت ذکر گردیده است.
۲	یاران شمالی	سروک بالا	عملیات شکافت در طرح توسعه شرکت پرشیا قرار دارد.
۳	جفیر	ایلام	خواص سازندی و دینامیکی مناسب، در طرح توسعه میدان عملیات شکافت موجود است.
۴	منصوری	بنگستان	شرایط عمقی و فشار مناسب -شرایط مخزنی مناسب
۵	آزادگان	سروک	شرایط عمقی و فشار مناسب -شرایط مخزنی مناسب
۶	رگ سفید	سروک	شرایط عمقی و فشار مناسب -شرایط مخزنی مناسب
۷	بند کرخه	ایلام	عملیات شکافت در طرح توسعه قرار دارد.

در میدان نفتی سپهرکه میدانی در حال توسعه است، مخزن ایلام دارای عمقی در حدود ۲۹۷۰ متر می‌باشد. لیتولوژی غالب این مخزن کربناته می‌باشد. این مخزن با دارا بودن تخلخل متوسط سازندی در حدود ۱۵,۵ و تراوایی در حدود ۴ mD با دارا بودن نفت سبک بسیار مناسب برای اجرای عملیات شکافت هیدرولیکی می‌باشد.

میدان یاران شمالی نیز اگر چه در حال تولید است ولی با توجه به اینکه در دستور کار طرح توسعه آن اجرای عملیات شکافت هیدرولیکی توصیه شده است در اولویت ۱ قرار گرفته است. مخزن آن سروک بالا با لیتولوژی غالب کربناته با عمقی در حدود ۲۸۰۰ متر است. با توجه به تولیدی بودن آن تعداد ۲۰ چاه در آن گزارش شده است.

مخزن ایلام در میدان جفیر نیز که میدانی در حال توسعه است با لیتولوژی غالب کربناته دارای نفت سبک بوده و عمقی در حدود ۲۹۵۰ متر دارد. این مخزن، خواص سازندی و دینامیکی مناسبی جهت اجرای عملیات شکافت هیدرولیکی دارد و علاوه بر آن با توجه به اینکه در طرح توسعه آن نیز این عملیات در دستور کار قرار گرفته در این غربالگری نیز در اولویت ۱ بررسی گنجانده شده است.

میدان منصوری نیز میدانی تولیدی قدیمی است که مخزن آن نیز بنگستان می‌باشد و تعداد ۷۶ چاه در آن گزارش شده است. مخزن این میدان با لیتولوژی غالب کربناته و عمق و فشار سازندی ۳۳۰۰ متر و ۴۸۰۰Psi در اولویت ۱ بررسی قرار گرفته است.

در میدان در حال تولید آزادگان، مخزن سروک با با لیتولوژی غالب کربناته، اگرچه دارای نفت سنگین است ولی با توجه به عمق و فشار سازندی ۳۰۰۰ متر و ۴۸۰۰Psi و تخلخل متوسط ۱۴ دارای شرایط مناسب مخزنی و سازندی می باشد و در اولویت ۱ بررسی جهت اجرای عملیات شکافت هیدرولیکی قرار گرفته است.

در میدان تولیدی رگ سفید نیز مخزن سروک با لیتولوژی غالب کربناته، دارای شرایط مناسب مخزنی از جمله عمق، فشار و تخلخل می باشد و در اولویت ۱ قرار گرفته است.

مخزن ایلام با لیتولوژی غالب کربناته در میدان اکتشافی بند کرخه نیز از جمله مخازنی است که علاوه بر اینکه قبلا در طرح توسعه آن اجرای عملیات شکافت هیدرولیکی گنجانده شده در این غربالگری نیز در اولویت ۱ بررسی قرار گرفته است.

۲-۴-۴-۲ اولویت ۲

به منظور شناخت بیشتر از مخازن میادین با اولویت ۲، در جدول۹- ۲ عناوین میدان و مخزن مربوطه به همراه نکات مثبت و منفی مرتبط با هر یک آورده شده است. در این گروه اولویتی، تعداد ۷ مخزن قرار می‌گیرند (جدول ۲-۱۰).

جدول ۲-۱۰- مخازن میادین نفتی-خشکی با اولویت ۲

ردیف	نام میدان	نام مخزن	نکات مثبت/منفی
۱	سروستان	سروک	مطالعه توسط شرکت پترو ایران ، عمق مناسب/ کمبود اطلاعات دینامیکی
۲	پایدار غرب	سروک	در حال اقدام برای اجرای عملیات شکافت توسط شرکت روسی
۳	بند کرخه	سروک	عملیات شکافت در طرح توسعه قرار دارد.
۴	دانان	آسماری	شرایط مخزنی مناسب
۵	دانان	ایلام	عملیات شکافت در طرح توسعه قرار دارد.
۶	دانان	سروک	عملیات شکافت در طرح توسعه قرار دارد.
۷	آذر	سروک	فشار نسبتا بالا، قبلا جهت عملیات شکافت در نظر گرفته شده است.

در میدان در حال تولید سروستان، مخزن سروک با لیتولوژی غالب کربناته، اگرچه اطلاعات دینامیکی زیادی از آن در دسترس نیست ولی با توجه به اینکه عمق سازندی آن مناسب و در حدود ۲۹۰۰-۲۵۰۰ متر است، در اولویت ۲ بررسی برای اجرای عملیات شکاغت هیدرولیکی قرار گرفته است.

مخزن سروک در میدان در حال تولید پایدار غرب نیز لیتولوژی غالب آن کربناته است. سیال این سازند نفت سنگین می باشد و فشار مخزن نیز پایین است ولی یک شرکت روسی در حال اقدام جهت انجام عملیات شکافت هیدرولیکی در این مخزن است و با جمع بندی های انجام شده در اولویت ۲ بررسی قرار گرفته است.

همانگونه که قبلا اشاره شد مخزن ایلام در میدان اکتشافی بند کرخه در اولویت ۱ بررسی قرار گرفته بود ولی مخزن سروک این میدان با لیتولوژی غالب کربناته اگرچه دارای اطلاعات فنی کمی می باشد ولی به دلیل آنکه قبلا در طرح توسعه آن اینچنین عملیاتی توصیه شده است در اولویت ۲ بررسی قرار گرفته است.

در مخزن آسماری میدان در حال تولید دانان، لیتولوژی غالب کربناته است و دارای عمق و فشار سازندی مناسب با مقادیر تقریبی ۲۴۰۰ متر و ۲۲۰۰Psi است ولی با توجه به اینکه اطلاعات فنی زیادی از آن در دسترس نیست و شکستگیها در آن توسعه نیافته اند، در اولویت ۲ بررسی قرار گرفته است. همچنین مخازن ایلام و سروک این

میدان نیز با وجود اینکه اطلاعات فنی موجود آنها بسیار کم است ولی با توجه به اینکه در طرح توسعه آنها، عملیات شکافت هیدرولیکی در دستور کار قرار گرفته، در اولویت ۲ بررسی می باشند.

در میدان تولیدی آذر نیز مخزن سروک با لیتولوژی غالب کربناته و عمق در حدود ۴۳۰۰ متر عملیات شکافت هیدرولیکی قبلا انجام گرفته است. در این مخزن وضعیت شکستگیها زیاد گزارش شده است. بعلت عمق نسبتا زیاد و پیچیدگیهای گزارش شده عملیات قبلی هم اکنون جزو اولویت ۲ قرار گرفته است.

۲-۴-۴-۳ اولویت ۳

به منظور شناخت بیشتر از مخازن میادین با اولویت ۳، در جدول ۱۰ عناوین میدان و مخزن مربوطه به همراه نکات مثبت و منفی مرتبط با هر یک آورده شده است. در این گروه اولویتی، تعداد ۸ مخزن قرار می‌گیرند (جدول ۲-۱۱).

جدول ۲-۱۱- مخازن میادین نفتی-خشکی با اولویت ۳

ردیف	نام میدان	نام مخزن	نکات مثبت/منفی
۱	کوپال	بنگستان	قابل مطالعه، کربناته/ عمق نامناسب بالا در حدود ۴۴۰۰-۵۵۰۰
۲	چنگوله	بنگستان	قابل مطالعه، اکتشافی، مستعد عملیات شکافت به دلیل قرارگیری کنار میدان آذر
۳	دهلران	ایلام	قابل مطالعه، در حال تولید،سازند مناسب
۴	دهلران	سروک	قابل مطالعه، در حال تولید، عمق مناسب در حدود ۳۵۰۰ متر، سازند مناسب
۵	اهواز	بنگستان	قابل مطالعه، در حال تولید، عمق مناسب در حدود ۳۰۰۰ متر
۶	یاران شمالی	فهلیان و گدوان	اکتشافی، نفت سبک، عملیات شکافت در طرح توسعه شرکت پرشیا قرار دارد.
۷	شادگان	ایلام	قابل مطالعه، اکتشافی، سازند مناسب
۸	شادگان	سروک	قابل مطالعه، اکتشافی، سازند مناسب

۲-۴-۴-۴ اولویت ۴

به منظور شناخت بیشتر از مخازن میادین با اولویت ۴، در جدول۱۱ عناوین میدان و مخزن مربوطه به همراه نکات مثبت و منفی مرتبط با هر یک آورده شده است. در این گروه اولویتی، تعداد ۶ مخزن قرار می‌گیرند (جدول۲-۱۲).

جدول ۲-۱۲- مخازن میادین نفتی-خشکی با اولویت ۴

ردیف	نام میدان	نام مخزن	نکات مثبت/منفی
۱	بینک	سروک	کربناته،تولیدی قدیمی/ تراوایی بسیار پایین، مشکلات تولیدی مثل اب نمک
۲	جفیر	سروک	قابل مطالعه، اکتشافی / نفت سنگین
۳	شادگان	آسماری بالا	قابل مطالعه ، تولیدی قدیمی/ ترکیب ماسه سنگ و کربناته، مشکل تولید ماسه، تراوایی بسیار بالا
۴	شادگان	آسماری پایین	قابل مطالعه، تولیدی قدیمی / ترکیب ماسه سنگ و کربناته، مشکل تولید ماسه، تراوایی بسیار بالا
۵	رگ سفید	آسماری - پابده	کربناته،در حال تولید، عمق مناسب حدود ۲۳۰۰ متر
۶	خشت	آسماری - جهرم	کربناته، اکتشافی، دارای شکستگیهای زیاد، عمق مناسب در حدود ۲۷۰۰ متر

۲-۴-۴-۵ اولویت ۵

به منظور شناخت بیشتر از مخازن میادین با اولویت ۵، در جدول ۲-۱۳ عناوین میدان و مخزن مربوطه به همراه نکات منفی و مثبت مرتبط با هر یک آورده شده است. در این گروه اولویتی، تعداد ۹ مخزن قرار می‌گیرند (جدول ۲-۱۳).

جدول ۲-۱۳- مخازن میادین نفتی-خشکی با اولویت ۵

ردیف	نام میدان	نام مخزن	نکات منفی/مثبت
۱	اروند	فهلیان	در حال توسعه / عمق بالا در حدود ۴۰۰۰ متر شبیه دیگر لایه های فهلیان در میادین دیگر، API بسیار بالا (۴۴)، کمبود اطلاعات
۲	پازنان	آسماری	کربناته،نفت-گاز-سیال میعانی/ تولیدی قدیمی(نیمه دوم عمر)، افت فشار زیاد از ۴۲۰۰ به ۲۲۰۰به علت تخلیه زیاد، تزریق گاز برای جبران تولید، عملیات شکافت تاثیر زیادی نخواهد داشت.
۳	پازنان	فهلیان	کربناته، در حال تولید/ عدم وجود اطلاعات، سازند نامناسب فهلیان
۴	کوپال	آسماری	کربناته- ماسه سنگی، در حال تولید/ مچالگی جداری،افت فشار مخزن،مشکلات ژئومکانیکی، تزریق گاز، عمق نامناسب
۵	اهواز	آسماری	در حال تولید/تولید قدیمی ممکن است مشکل ایجاد کند، بررسی شود
۶	منصوری	خامی	کربناته، اکتشافی/اطلاعات خیلی کم
۷	چشمه خوش	آسماری	کربناته-ماسه سنگ، در حال تولید/ در دست روسیه است.
۸	لب سفید	آسماری	نفت سبک /تولیدی قدیمی، تولید آب نمک اضافی، عدم وجود واحد نمک زدایی، تخلیه مخزن، تزریق گاز ترش از بنگستان
۹	نفت سفید	آسماری	کربناته/تولیدی بسیار قدیمی، افت فشار، در صورت وجود بنگستان به علت عمق کم قابل مطالعه

۲-۴-۴-۶ اولویت ۶

به منظور شناخت بیشتر از مخازن میادین با اولویت ۶، در جدول ۲-۱۴ عناوین میدان و مخزن مربوطه به همراه نکات منفی و مثبت مرتبط با هر یک آورده شده است. در این گروه اولویتی، تعداد ۱۳ مخزن قرار می‌گیرند (جدول ۲-۱۴).

جدول۲-۱۴- مخازن میادین نفتی-خشکی با اولویت ۶

ردیف	نام میدان	نام مخزن	نکات منفی/مثبت
۱	سپهر	سروک	کربناته، اکتشافی/ نفت فوق سنگین
۲	سپهر	گدوان	ماسه سنگ، در حال توسعه، نفت سبک/کم ضخامت
۳	سپهر	فهلیان ۱،۲،۳	کربناته، نفت فوق سبک/فشار بالا
۴	سپهر	فهلیان ۵،۶	فشار بالا
۵	دارخوین	فهلیان	کربناته، در حال تولید، نفت سبک/فشار و عمق بالا
۶	جفیر	گدوان	ماسه سنگی، در حال توسعه، نفت سبک/ نازک
۷	جفیر	فهلیان ۱،۲،۳	کربناته، در حال توسعه، نفت فوق سبک /عمق بالا
۸	جفیر	فهلیان ۵،۶	کربناته، در حال توسعه، نفت فوق سبک /عمق بالا
۹	منصوری	آسماری	کربناته-ماسه سنگی/تولیدی قدیمی، تولید ماسه، افت دبی
۱۰	آزادگان	کژدمی	ماسه سنگی، در حال تولید، نفت سبک/ تولید ماسه، ضخامت کم
۱۱	آزادگان	گدوان	ماسه سنگی، در حال تولید، نفت سبک/ تولید ماسه، ضخامت کم
۱۲	آزادگان	فهلیان	کربناته، در حال تولید، نفت سبک/عمق و فشار بالا
۱۳	کرنج	آسماری - پابده	کربناته/تولیدی قدیمی، افت فشار مخزن، تولید گاز

۲-۵ غربالگری کیفی دیگر مخازن

همانگونه که در بخش ۱-۳ اشاره شد، اولویت بررسی به دلیل کلیه مشکلات اجرایی و فنی با مخازن متعلق به میادین نفتی – خشکی می‌باشد. ولی به دلیل اینکه تهیه پایگاه داده ای از مخازن کل میادین ایران ارزشمند بوده و ممکن است در هر مرحله از عملیات مراجعه به آنها خالی از لطف نباشد، جدول کلی ارائه شده در پیوست حاوی تمامی پارامترهای مورد اشاره برای غربالگری جدول۳ ، گروه بندی از نقطه نظر درصد وجود اطلاعات، پارامترهای فنی و اولویت بندی می باشد. جدول مذکور در محیط اکسل تهیه شده و با اعمال فیلترهای مورد نظر می توان به هر یک از اطلاعات مورد نظر دسترسی داشت. با این حال به طور خلاصه به بررسی هر یک در ذیل پرداخته شده است.

۲-۵-۱ میادین گازی-خشکی

همانگونه که قبلا اشاره شد تعداد ۲۵ میدان به همراه ۴۲ مخزن در موقعیت گازی – خشکی قرار دارند. میادین خشکی گازی با استفاده از تقسیم بندی کلی میادین بر اساس خشکی و دریایی همراه با نفتی و گازی از لحاظ بررسی برای اجرای عملیات شکافت هیدرولیکی، در اولویت های بعد از میادین نفتی خشکی قرار دارند. در جدول ۲-۱۵ عناوین آنها به همراه مخازن مربوطه ذکر شده است. ولی از این تعداد مخازن، تنها ۳ مخزن شناسایی شده برای میدان خانگیران دارای اطلاعات فنی کافی جهت اظهار نظر برای اولویت بندی و ورود به مرحله غربالگری بودند.

جدول ۲-۱۵- مخازن میادین گازی-خشکی (۲۵ میدان-۴۲ مخزن)

ردیف	نام میدان	نام مخزن	ردیف	نام میدان	نام مخزن	ردیف	نام میدان	نام مخزن	ردیف	نام میدان	نام مخزن
۱	تنگ بیجار و کمانکوه	سروک	۱۲	ارم	-	۲۳	تابناک	دالان	۳۳	دی	گروه دهرم
۲	گنبدلی	-	۱۳	مختار	-	۲۴	وراوی	دشتک	۳۴	سفید زاخور	گروه دهرم
۳	خانگیران	مزدوران	۱۴	سرخون	مخزن گوری-بازده	۲۵	وراوی	کنگان	۳۵	هالگان	گروه دهرم
۴	خانگیران	شوریجه-بی	۱۵	سرخون	جهرم	۲۶	وراوی	دالان	۳۶	سفید باغون	گروه دهرم
۵	خانگیران	شوریجه-دی	۱۶	سرخون	رازک	۲۷	شانول	دشتک	۳۷	مدار	-
۶	نار	گروه دهرم	۱۷	گشوی	سروک	۲۸	شانول	کنگان	۳۸	آغاجاری	داریان
۷	کنگان	گروه دهرم	۱۸	گشوی	پابده	۲۹	شانول	دالان	۳۹	آغاجاری	فهلیان
۸	آغار	دالان	۱۹	گشوی	آسماری	۳۰	هما	دشتک	۴۰	مارون	مخزن خامی
۹	آغار	دشتک	۲۰	تابناک	دشتک	۳۱	هما	کنگان	۴۱	پازنان	آسماری
۱۰	دالان	-	۲۱	تابناک	کنگان	۳۲	هما	دالان	۴۲	خیام	-
۱۱	سورو	گدوان	۲۲	سورو	داریان						

با لحاظ نمودن کلیه گروه بندی ها از نقطه نظر فنی و میزان اطلاعات و همچنین اولویت بندی مخازن، برای میادین گازی-خشکی، مخزن شوریجه-بی از میدان خانگیران در این موقعیت به دلیل عمق و فشار سازندی مناسب در اولویت ۱برای عملیات شکافت هیدرولیکی قرار دارد و این عملیات در این مخزن به عنوان یک روش بهبود در افزایش تولید قابل بررسی است. سازند مزدوران از میدان فوق نیز در اولویت ۶ قرار دارد ولی برای سایر مخازن میزان اطلاعات فنی ناکافی بوده و لذا برای اولویت بندی آنها نمیتوان اظهار نظر نمود.

۲-۵-۲ میادین نفتی-دریایی

با توجه به گردآوری عناوین میادین و موارد ذکر شده تعداد ۲۴ میدان همراه با ۴۴ مخزن در موقعیت نفتی-دریایی قرار دارند. اینگونه میادین برای اجرای عملیات شکافت هیدرولیکی در اولویت بعد از میادین نفتی خشکی و گازی خشکی قرار دارند. با این حال لیستی از آنها در جدول ۲-۱۶ گردآوری شده است. لازم به ذکر است در این موقعیت مخازن میادین بهرگانسر، سلمان، نوروز، اسفندیار، سروش، نصرت و مخزن آسماری میدان ابوذر (جمعا ۲۰ مخزن) دارای اطلاعات فنی کافی جهت ورود به مرحله اولویت بندی بودند که از میان آنها، سازند Shuaiba از میدان سلمان با توجه به اینکه در نیمه اول عمر خود قرار دارد و دارای عمق، فشار و خواص سنگ مناسب است در اولویت ۱ بررسی جهت اجرای عملیات شکافت هیدرولیکی قرار دارد. سایر مخازن نیز اولویت بندی شدند و در رده اولویت ۳ تا ۶ قرار گرفتند. اطلاعات کافی از این موقعیت در جدول پیوست () موجود است.

جدول ۲-۱۶- مخازن میادین نفتی-دریایی (۲۴ میدان-۴۴ مخزن)

ردیف	نام میدان	نام مخزن	ردیف	نام میدان	نام مخزن	ردیف	نام میدان	نام مخزن	ردیف	نام میدان	نام مخزن
۱	بهرگانسر	غار-نفت	۱۲	اسفندیار	گدوان	۲۳	رسالت	–	۳۴	فرزام	–
۲	بهرگانسر	آسماری	۱۳	اسفندیار	فهلیان	۲۴	رشادت	–	۳۵	فروزان	–
۳	بهرگانسر	سروک	۱۴	سروش	آسماری	۲۵	سیری	–	۳۶	فروزان	–
۴	سلمان	عرب بالا	۱۵	سروش	کژدمی	۲۶	بلال	سروک	۳۷	فرزاد A	–
۵	سلمان	عرب پایین	۱۶	سروش	داریان	۲۷	بلال	داریان	۳۸	فرزاد B	–
۶	سلمان	گدوان	۱۷	سروش	گدوان	۲۸	بلال	بخش بالایی سورمه	۳۹	هنگام	–
۷	سلمان	شعیبه	۱۸	سروش	فهلیان	۲۹	دنا	–	۴۰	مبارک	–
۸	نوروز	کژدمی	۱۹	هندیجان	–	۳۰	سیوند	–	۴۱	نصرت	سروک
۹	نوروز	داریان	۲۰	فردوسی	–	۳۱	آرش	گدوان	۴۲	ابوذر	آسماری
۱۰	نوروز	گدوان	۲۱	دورود	–	۳۲	آرش	فهلیان	۴۳	ابوذر	آسماری
۱۱	نوروز	فهلیان	۲۲	ابوذر	–	۳۳	ابوذر	–	۴۴	سردار جنگل	–

۲-۵-۳ میادین گازی-دریایی

همانگونه که قبلا اشاره شد تعداد ۲۲ میدان به همراه ۳۶ مخزن در موقعیت گازی-دریایی قرار دارند. که در جدول ۲-۱۷ لیست آنها آورده شده است. در این موقعیت هیچ یک از مخازن به دلیل نبود اطلاعات فنی کافی جهت اظهار نظر اولویت یندی نشده اند ولی اطلاعاتی که در دسترس بود در جدول پیوست گردآوری شده اند.

جدول ۲-۱۷- مخازن میادین گازی-دریایی (۲۴ میدان-۳۶ مخزن)

ردیف	نام میدان	نام مخزن	ردیف	نام میدان	نام مخزن	ردیف	نام میدان	نام مخزن	ردیف	نام میدان	نام مخزن
۱	سلمان	کنگان و دالان	۱۰	پارس جنوبی	–	۱۹	آرش	-	۲۸	گورزین	سروک
۲	سلمان	فراقون	۱۱	گلشن	دالان	۲۰	کیش	گروه دهرم	۲۹	گورزین	فهلیان
۳	نصرت	کنگان و دالان	۱۲	گلشن	فراقان	۲۱	فرزاد A	–	۳۰	مبارک	–
۴	رام	–	۱۳	گلشن	کنگان	۲۲	فرزاد B	–	۳۱	هامون	–
۵	پارس شمالی	کنگان و دالان	۱۴	فردوسی	کنگان	۲۳	بلال	دالان	۳۲	فارو	–
۶	پارس شمالی	کنگان و دالان	۱۵	فردوسی	دالان	۲۴	بلال	کنگان	۳۳	هنگام	ایلام
۷	پارس شمالی	کنگان و دالان	۱۶	سلمان	گروه دهرم	۲۵	لاوان	–	۳۴	هنگام	سروک
۸	پارس جنوبی	کنگان و دالان	۱۷	لاوان	گروه دهرم	۲۶	رشادت	–	۳۵	سردار جنگل	-
۹	پارس جنوبی	سورمه	۱۸	قشم		۲۷	گورزین	آسماری	۳۶	چالوس	-

۲-۶ اجرای غربالگری هوشمند با روش منطق فازی

اعمال روش های هوشمند نیازمند داشتن اطلاعات کامل است و همانگونه که بیان گردید، موانع بسیاری در گردآوری اطلاعات میادین وجود داشته است. البته به طور کلی جمع آوری داده های فراوان و کامل نیازمند مانیتورینگ های مداوم از شرایط چاه ها می باشد که هزینه بر و بعضا زمان بر نیز هستند. همچنین تکنولوژی ثبت بعضی اطلاعات نیز از دسترس صنعت نفت کشورمان خارج است. بنابراین حتی در مواردی نیز که دسترسی به اطلاعات و گزارش های یک میدان به طور کامل میسر بود، این اطلاعات و گزارش ها دارای نقص ذاتی بودند. در این پروژه سعی شده است که علاوه بر روش متداول غربالگری کیفی مه در بخش بالا شرح داده شد، یک روش

هوشمند نیز منطبق بر منطق فازی ارائه و اعمال گردد. مبنای کار در این بخش، مقاله ای است که نتایج و روش آن در بخش های قبلی آورده شده است (Yin and Wu 2009).

اگرچه که روش هوشمند، بر روی میادین و چاه هایی که دارای سطح اطلاعات ۱ (بالاترین میزان اطلاعات در دسترس) هستند، انجام می گیرد، اما باز هم نواقصی در اطلاعات این میادین وجود داشت که با نظر متخصصین، بر اساس شناختی که از میدان و با در نظر گرفتن روابط پارامترهای مختلف با یکدیگر و روند های مشاهده شده این اطلاعات به صورت تقریبی تکمیل شدند. اطلاعاتی که به این طریق وارد فایل اکسل شده اند، با رنگ قرمز مشخص شده اند.

بر اساس مطالب شرح داده شده در فصل یک این گزارش ۱۲ پارامتر و داده موثر و نسبتا قابل دسترس در نظر گرفته شد. همانگونه که بیان شد گروه بندی ۶ دسته ای ارائه شده در این تحقیق، نتیجه ی تلفیق گروه بندی صرفا فنی و عدم قطعیت ناشی از سطح اطلاعات در دسترس می باشد. از آنجایی که سطح اطلاعات کلیه ی موارد استفاده شده در این روش یکسان می باشد (سطح ۱ - بالاترین سطح اطلاعات) گروه بندی صرفا فنی انجام می گیرد (۳ دسته: اولین انتخاب، دومین انتخاب، سومین انتخاب). برای هر کدام از این پارامترها بازه ی مربوط به اولین انتخاب، دومین انتخاب و سومین انتخاب مشخص گردید. اما همچنان که قبلا توضیح داده شد، در منطق فازی جواب ها ۰ و۱ (بله و خیر) نیستند. بلکه یک عدد می تواند تا حدودی و با یک درجه ای بله باشد و با یک درجه ایی خیر باشد. بنابراین اگر به عنوان مثال بیان می گردد که برای یک پارامتر بازه ی ۱۰۰-۱۰ مربوط به انتخاب دوم است باید توجه داشت که هر عددی که داخل این بازه قرار دارد فقط مربوط به انتخاب دوم نمی باشد و به ویژه اعداد مرزی این بازه با یک درجه ای مربوط به انتخاب سوم و انتخاب اول نیز می باشند. درجه ی عضویت هر عدد در سه گروه به وسیله ی توابع عضویت مشخص می گردد. در اینجا توابع عضویت برای بازه های از دو طرف محصور (به عنوان مثال ۱۰۰-۱۰) به شکل توزیع نرمال و برای بازه های از یک طرف محصور (مانند >۱۰۰

یا <۱۰) تا نقطه ی میانی به شکل توزیع نرمال و بعد از آن به شکل خط صاف با مقدار عضویت ثابت ۱ در نظر گرفته شده اند که در ادامه برای هر پارامتر نشان داده می شوند.

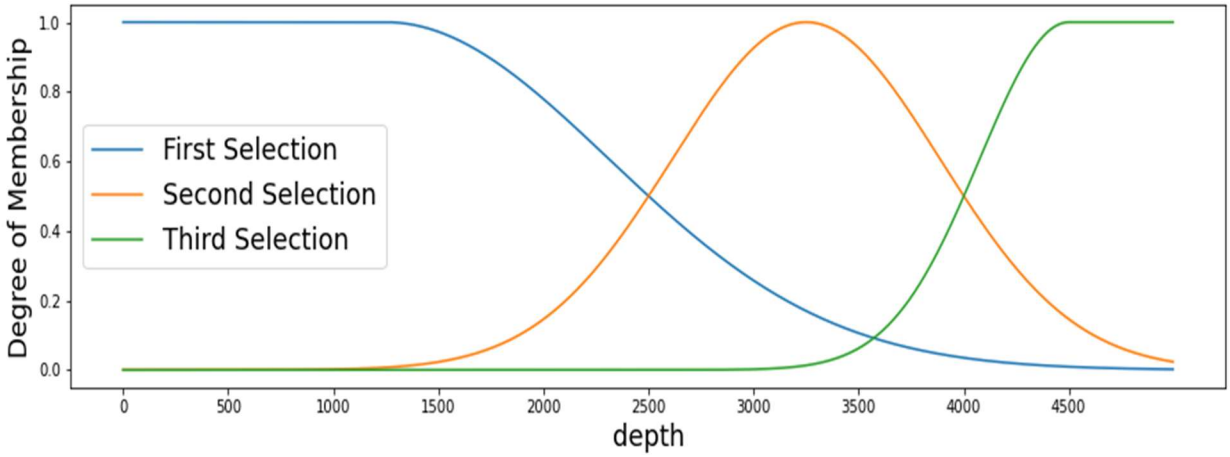
به هر کدام از این ۱۲ پارامتر یک درصد وزنی نیز اختصاص داده شده است. این درصد وزنی صرفا نشان دهنده ی اهمیت فنی آن پارامتر نمی باشد. در بعضی موارد اگرچه یک پارامتر به لحاظ فنی اهمیت بالایی داشته است ولی به علت عدم قطعیت بالا در مقادیر آن، درصد وزنی کمی به آن اختصاص داده شده است (مقادیر آن پارامتر برای درصد بالایی از میادین در فایل اکسل پیوست شماره به رنگ قرمز نشان داده شده است). در ادامه بازه های در نظر گرفته شده و درصد وزنی تک تک پارامترها مورد بحث قرار می گیرد (جدول ۲-۱۸).

جدول ۲-۱۸-درصد وزنی و بازه ی هر گروه برای ۱۲ پارامتر تاثیر گذار انتخاب شده در این غربالگری

پارامتر	انتخاب اول	انتخاب دوم	انتخاب سوم	درصد وزنی (درصد)
عمق (متر)	۰-۲۵۰۰	۲۵۰۰-۴۰۰۰	۴۰۰۰-۵۰۰۰	۱۰
نرخ تولید نفت (بشکه بر روز)	۵۰۰-۱۵۰۰	۰-۵۰۰	۱۵۰۰-۱۰۰۰۰	۱۲/۵
وضعیت توسعه ی میدان	اکتشافی در حال توسعه	در حال تولید	تولیدی قدیمی	۱۲/۵
تخلخل	۸-۱۸	۱۸-۶۰	۰-۸	۵
تراوایی	۰-۱	۱-۱۰	۱۰-۱۹۰	۵
میزان برش آب	۰-۱۰	۱۰-۳۰	۳۰-۶۰	۷/۵
اشباع آب	۰-۲۰	۲۰-۴۰	۴۰-۷۰	۵
فشار	۲۰۰۰-۳۰۰۰	۳۰۰۰-۵۰۰۰	۵۰۰۰-۱۱۰۰۰	۱۲/۵
API	۲۰-۳۵	۳۵-۵۰	۱۰-۲۰	۱۰
نسبت گاز به نفت تولیدی	۱۰۰-۵۰۰	۵۰۰-۱۰۰۰	۱۰۰۰-۲۰۰۰	۷/۵
لیتولوژی	کربناته یا ماسه سنگ	-	ترکیب ماسه سنگ و کربناته	۵
وضعیت شکستگی ها	ندارد محدود	دارد	زیاد و شدید	۷/۵

۱) عمق

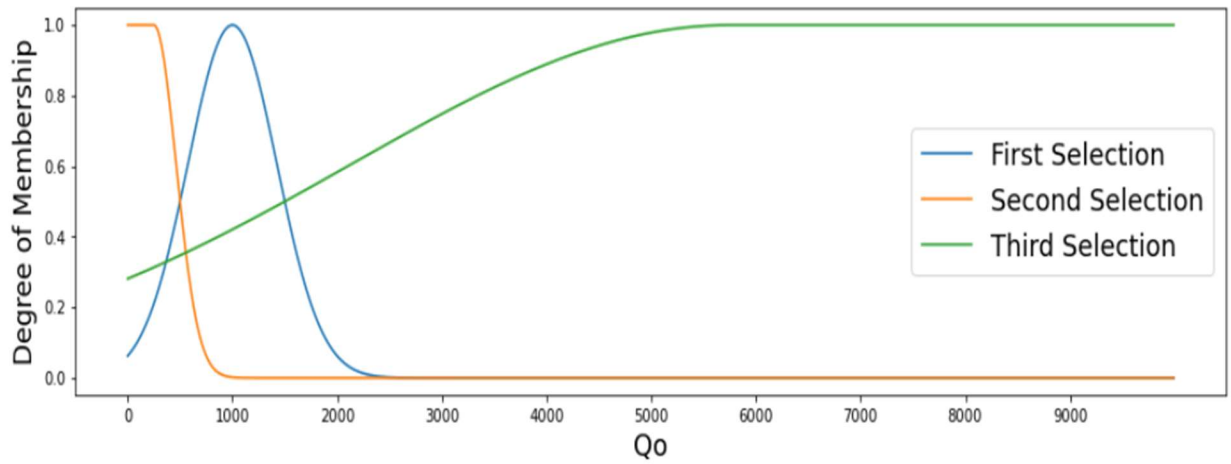
همانطور که به مشروح در فصل یک این گزارش بحث گردید، روند مطلوب عمق کاملا بدیهی می باشد بطوریکه هر چه عمق یک مخزن کمتر باشد، احتمالا (مگر در موارد استثنائی) فشار آن مخزن نیز کمتر خواهد بود و از این رو انجام عملیات شکست در آن مخزن نیاز به انرژی و فشار کمتری دارد و از این نظر بسیار مطلوب خواهد بود. عمق کمتر از ۲۵۰۰ متر انتخاب اول و عمق بالای ۴۰۰۰ متر انتخاب سوم خواهند بود. بر اساس شکل توابع عضویت، درجه ی عضویت عمق ۲۵۰۰ متر، برای دسته ی اول ۰,۵ و برای دسته ی انتخاب دوم نیز ۰,۵ می باشد. همچنین عمق ۴۰۰۰ متر، با ۰,۵ درجه ی عضویت مربوط به دسته ی انتخاب دوم و با ۰,۵ درجه ی عضویت مربوط به دسته ی انتخاب سوم می باشد. عمق، پارامتر بسیار مهمی است و در تصمیم گیری کیفی هم نقش مهمی بر عهده داشته است. درصد وزنی اختصاص یافته به آن ۱۰ درصد و جزء بالاترین درصد های جدول بالا می باشد.



شکل ۲-۲- تابع عضویت پارامتر عمق

۲) نرخ تولید نفت

در مورد این پارامتر، یک بازه ی میانی ۱۵۰۰-۵۰۰ بشکه در روز به عنوان اولین انتخاب در نظر گرفته شده است. با توجه به چالشهای مربوط به اقناع کارفرمایان داخل کشور (عموما بعلت نا آشنایی با این فناوری) برای دست کاری چاههای با دبی بالا بسیار ، مخازن با دبی بالای ۱۵۰۰ به عنوان انتخاب سوم در نظر گرفته شده اند. همچنین موارد با دبی بسیار ناچیز و بخصوص بدون جریان که احتمالا دارای مشکلات متعددی (اعم از مشکلات درون چاهی، تولید آب، رسوب مواد آلی و معدنی ..) بوده و اجرای عملیات را با با چالشهای خاصی روبرو خواهند کرد در انتخاب دوم قرار میگیرند. درصد وزنی این پارامتر ۱۲,۵ درصد انتخاب شده که به دلیل نقش مهم و تاثیر گذار این پارامتر می باشد.

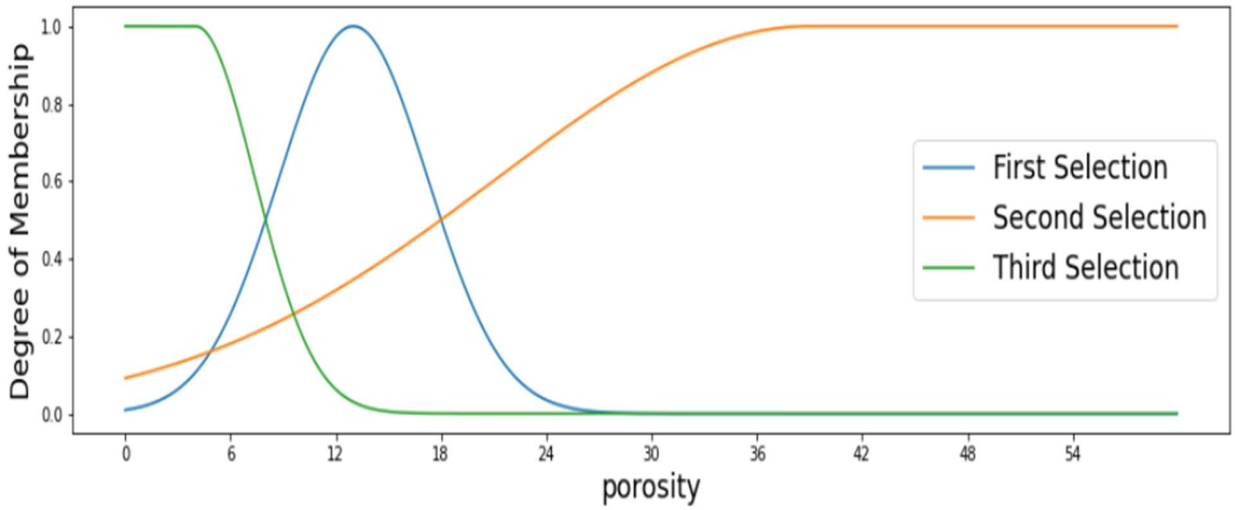


شکل ۲-۳- تابع عضویت پارامتر دبی تولید نفت

۳) تخلخل

بر اساس آن چه که در مطالب فصل یک این گزارش بیان گردیده، تخلخل بین ۸ تا ۱۸ به عنوان انتخاب اول، کمتر از ۸ انتخاب سوم و بالاتر از ۱۸ انتخاب دوم می باشند. تخلخل از یک طرف با میزان تراوایی در ارتباط است و از طرف دیگر نشانه ای از میزان نفت درجای مخزن می باشد. از این رو تخلخل های خیلی پایین به معنی نفت

درجای کم می باشد که انجام شکافت هیدرولیکی برای آنها توصیه نمی گردد و تخلخل های خیلی بالا هم به معنی تراوایی بالا هستند که بازده سیال شکاف را پایین می آورند. اگرچه که این پارامتر بسیار با اهمیت است و همواره در پژوهش های گذشته به عنوان یک پارامتر تاثیر گذار در فرآیند انتخاب کاندید مناسب در نظر گرفته شده است اما به علت عدم قطعیت در اندازه گیری مقادیر و همچنین قابل استناد بودن مقادیر میانگین بعنوان معرف کل مخزن در مقیاس بزرگ میدان/مخزن محور این غربالگری درصد وزنی این پارامتر کم (۵ درصد) در نظرگرفته شده است.

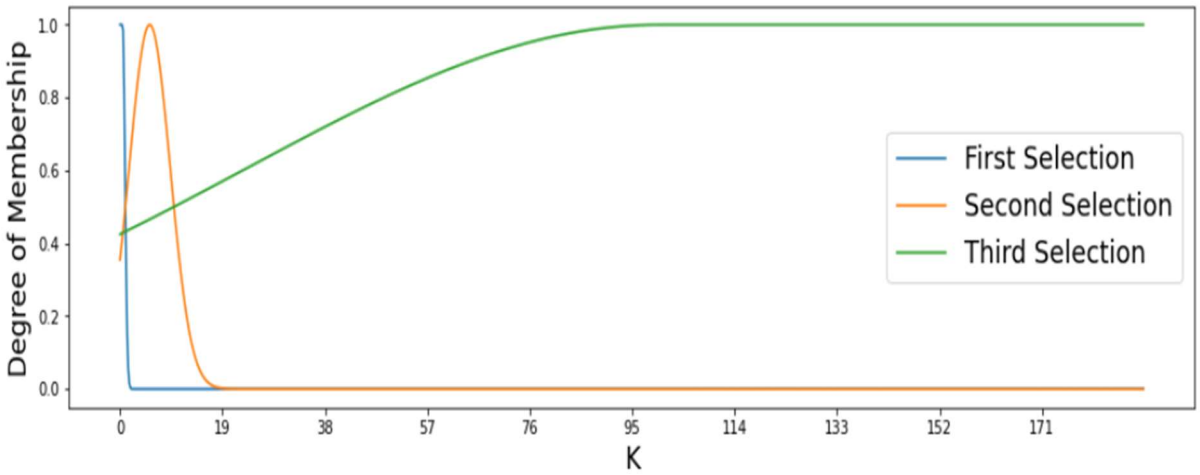


شکل ۲-۴- تابع عضویت پارامتر تخلخل

۴) تراوایی

بر اساس نتایج بررسی مطالب فصل یک این گزارش بازه ی ۰,۱ تا ۱ میلی دارسی به عنوان بهترین انتخاب در نظر گرفته شده است. با افزایش تراوایی بازده سیال شکاف کاهش می یابد. عدد ۱۰ میلی دارسی، مرز بین گروه دوم و سوم می باشد (درجه عضویت آن در هر دو گروه ۰,۵) می باشد. بمانند تخلخل، اگرچه این پارامتر بسیار تاثیر

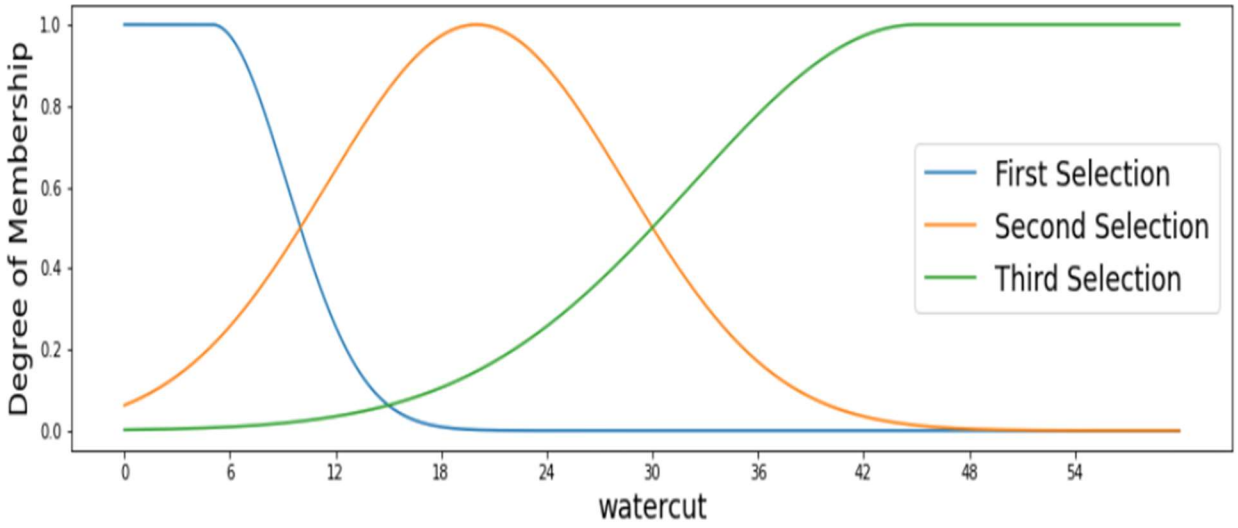
گذار است ولی عدم قطعیت در مقادیر گزارش شده بسیار بالا است و نمی توان به آن ها به عنوان پارامتر معرف کل مخزن اعتماد کرد. از این رو ۵ درصد وزنی به آن اختصاص داده شده است.



شکل ۲-۵- تابع عضویت پارامتر تراوایی

۵) میزان برش آب

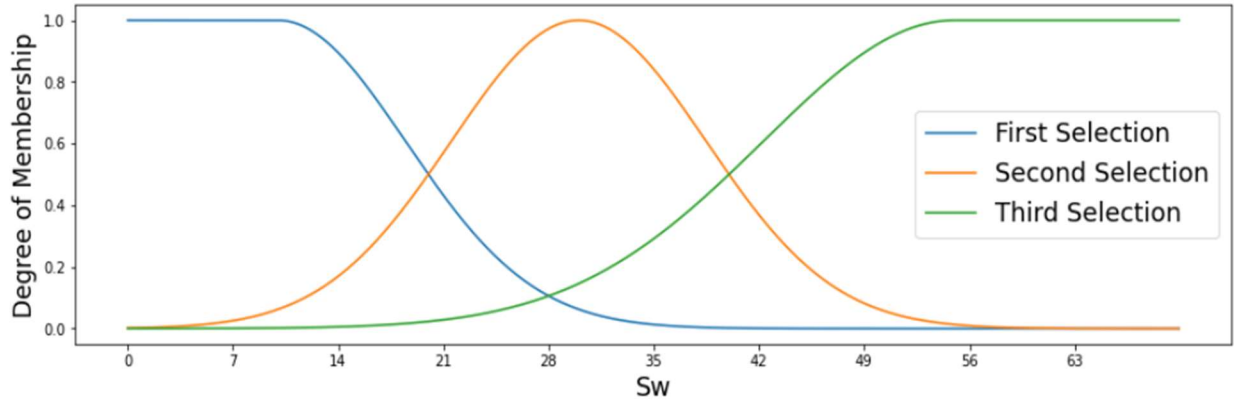
روند مطلوب میزان برش آب مشخص بوده و قطعا هر چقدر میزان برش آب کمتر باشد، بهتر است. این پارامتر بسیار مهم است ولیکن به علت عدم قطعیت بالا در داده های این پارامتر، مقیاس غریالگری مورد نظر در این مطالعه و همچنین در دسترس نبودن داده های تولیدی در اکثر میادین مورد بررسی ۷٫۵ درصد وزنی بدان اختصاص یافته است. قابل ذکر است برای موارد زیادی از میادین، مقدار این پارامتر در فایل اکسل با رنگ قرمز نشان داده شده است.



شکل ۲-۶-تابع عضویت پارامتر برش آب

۶) اشباع آب

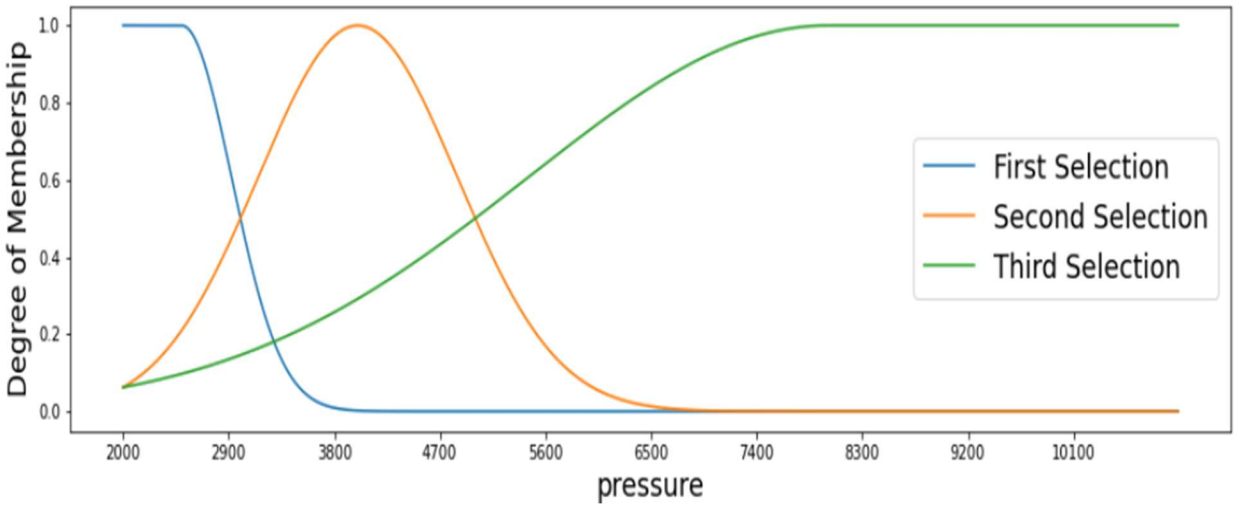
روند این پارامتر نیز مانند برش آب تولیدی بوده و مقدار کمتر مطلوب تر خواهد بود. بمانند دیگر خواص پتروفیزیکی، اگرچه این پارامتر بسیار تاثیر گذار است ولی در مقیاس غربالگری مد نظر و بالا بودن عدم قطعیت در مقادیر گزارش شده نمی توان به آن ها به عنوان پارامتر معرف کل مخزن اعتماد کرد. درصد وزنی آن کمتر از میزان برش آب تولیدی در نظر گرفته شده است (۵ درصد).



شکل ۲-۷- تابع عضویت پارامتر اشباع آب

۷) فشار

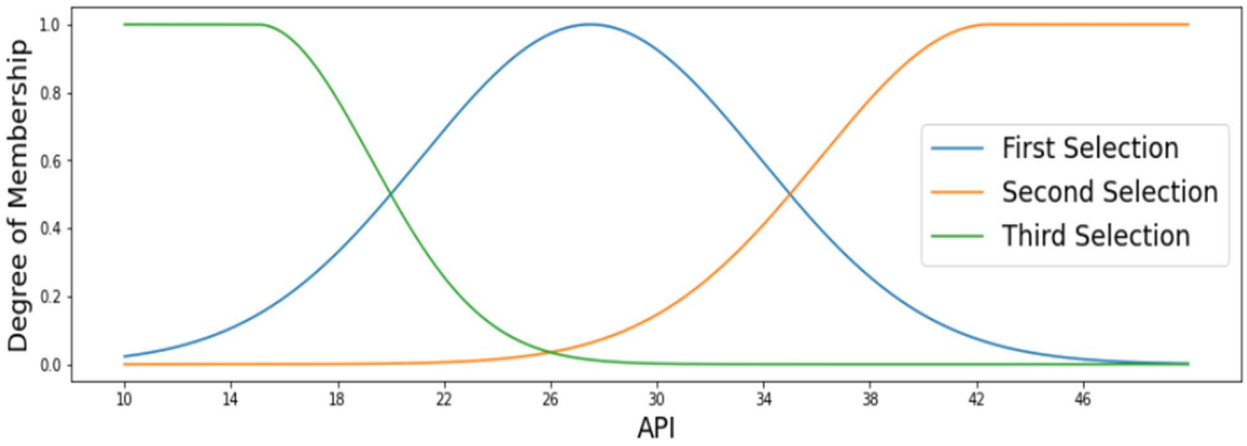
به طور واضحی با افزایش فشار مخزن، انجام عملیات شکافت هیدرولیکی دشوارتر می شود و نیاز به فشار عملیاتی بیشتری است. بازه ی هر گروه و توابع عضویت برای پارامتر فشار در شکل___ نمایش داده شده است. اهمیت زیاد این پارامتر در درصد وزنی بالای آن (۱۲,۵ درصد) اعمال شده است.



شکل ۲-۸- تابع عضویت پارامتر فشار

۸) API سیال مخزن

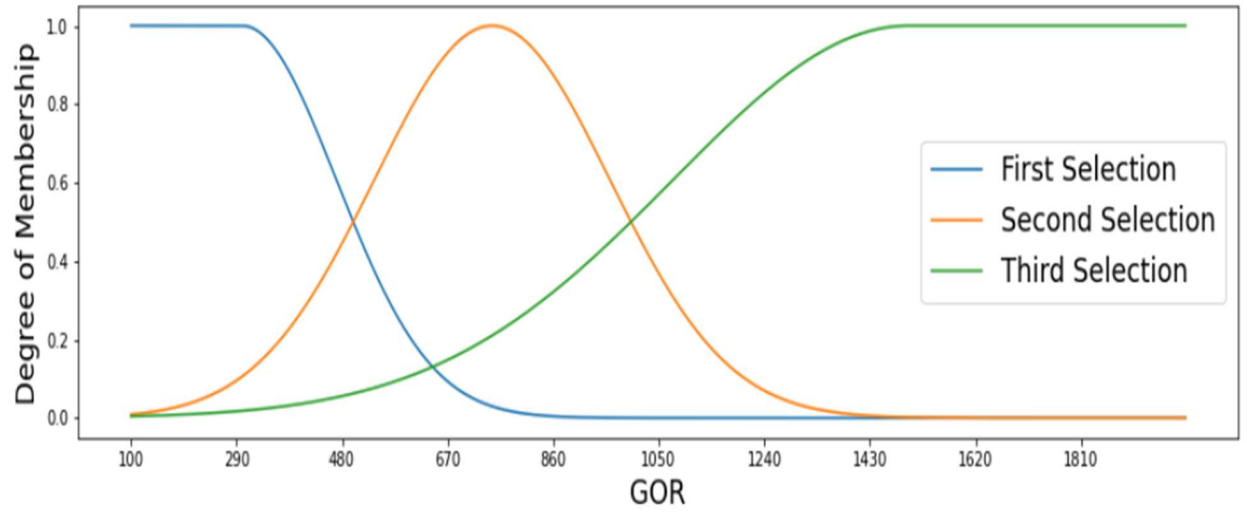
نفت های بسیار سنگین و بسیارسبک به ترتیب با مشکل دشواری حرکت و میزان بالای گاز آزاده شده روبرو هستند. بازه ی API ۲۰-۳۵ مناسب ترین بازه در نظر گرفته شده است. عدد ۲۰ مرز گروه ۱ و ۳ و عدد ۳۵ مرز گروه ۱ و ۲ می باشد. ۱۰ درصد وزنی به علت اهمیت بالای این پارامتر به آن اختصاص داده شده است.



شکل ۲-۹- تابع عضویت پارامتر API

۹) نسبت گاز به نفت تولیدی

مشکلات ناشی از افزایش گاز تولیدی مشابه افزایش میزان آب تولیدی می باشد. دو فازی شدن و تولید دو سیال کنترل عملیات را دشوار می سازد، فلذا هر چه مقدار گاز تولیدی بیشتر باشد، انتخاب نامناسب تری خواهد بود.



شکل ۲-۱۰- تابع عضویت پارامتر نسبت گاز به نفت تولیدی

علاوه بر پارامترهای ذکر شده در بالا که دارای مقادیر عددی بودند، ۳ پارامتر (وضعیت شکستگی ها، وضعیت توسعه ی میدان و لیتولوژی) نیز که به صورت کمی و پیوسته بیان نمی شوند در اجرای این غربالگری استفاده

گردیدند. با این پارامترها به صورت صفر و یکی رفتار می شود. به عنوان مثال اگر وضعیت شکستگی ها در یک میدان زیاد و شدید باشد، درجه ی عضویت آن در گروه سوم، ۱ و در گروه اول و دوم ۰ می باشد (۰،۰،۱). جدول نحوه ی عضویت هر یک از وضعیت های این پارامترها را در ۳ گروه نشان می دهد.

وضعیت توسعه ی یک میدان از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است (درصد وزنی ۱۲,۵ درصد). قدیمی بودن یک مخزن از دو جنبه مشکل ساز است. اولا مخزنی که برای مدت زیادی تولید کرده است، به احتمال زیاد حجم باقی مانده ی نفت آن کم می باشد، ثانیا تجهیزات درون چاهی و سیمان آن دچار فرسودگی و خوردگی شده باشد. در طرف مقابل مخزنی که در مراحل اولیه ی عمر خود است (اکتشافی و یا در حال توسعه) هم از نظر حجم باقی مانده ی نفت وضعیت بهتری دارد و هم اینکه می توان از ابتدا نوع تکمیل یک چاه را مناسب انجام عملیات طراحی کرد (جدول ۲-۱۹).

در مورد وضعیت شکستگی ها نیز واضح است که همچنان که تراوایی زیاد بازده سیال شکست را کاهش می دهد، مخزن شکاف دار نیز هدر رفت سیال شکاف زنی در آن بسیار زیاد خواهد بود و مناسب نمی باشد (جدول). وضعیت شکستگی ها پارامتر بسیار مهمی می باشد اما به علت عدم وجود داده مورد اطمینان و کافی، تنها ۷,۵ درصد وزنی بدان در نظر گرفته شده است.

از نظر لیتولوژی بعلت بزرگ بودن مقیاس مورد نظر در این غربالگری به ماسه سنگ یا کربناته بودن سنگ مخزن تفاوتی قائل نشده است. در حالیکه مواردی که داده های موجود بیانگر لیتولوژی ترکیبی از ماسه سنک و کربناته بوده است بعلت احتمال چالشهای موجود در کنترل عملیات ایجاد و گسترش شکاف در اولویت قرار نگرفته اند (جدول). برای این پارامتر وزن زیادی در نظر گرفته نشده است (۵ درصد).

جدول ۲-۱۹- تابع عضویت پارامترهای ورودی در غربالگری میادین

پارامتر	مقدار کیفی	تابع عضویت
وضعیت توسعه ی میادین	اکتشافی	(۱،۰،۰)
	در حال توسعه	(۱،۰،۰)
	در حال تولید	(۰،۱،۰)
	تولیدی قدیمی	(۰،۰،۱)
وضعیت شکستگی ها	ندارد	(۱،۰،۰)
	محدود	(۱،۰،۰)
	دارد	(۰،۱،۰)
	شدید و زیاد	(۰،۰،۱)
لیتولوژی	کربناته	(۱،۰،۰)
	ماسه سنگ	(۱،۰،۰)
	ترکیب کربناته و ماسه سنگ	(۰،۰،۱)

برای هر میدان، مقادیر هر کدام از ۱۲ پارامتر ذکر شده در توابع عضویت مربوط به هر دسته قرار داده می شود و درجه ی عضویت آن مقدار در سه دسته محاسبه می گردد. به عنوان مثال، اطلاعات میدان "سپهر" سازند "ایلام" به صورت خلاصه در جدول زیر آورده شده است.

جدول ۲-۲۰- اطلاعات میدان "سپهر" سازند "ایلام"

عمق (متر)	۲۹۷۰
نرخ تولید نفت (بشکه بر روز)	۱۰۰۰
وضعیت توسعه ی میدان	در حال توسعه
تخلخل	۱۵,۵
تراوایی	۴
میزان برش آب	۰
اشباع آب	۲۲
فشار	۵۵۱۸
API	۲۳
نسبت گاز به نفت تولیدی	۱۰۰
لیتولوژی	کربناته
وضعیت شکستگی ها	دارد

عمق ۲۹۷۰ متر اگر به ترتیب در توابع عضویت دسته ی انتخاب اول، انتخاب دوم و انتخاب سوم قرار گیرد، اعداد ۰,۲۶۹، ۰,۹ و ۰,۰۱۵ را می دهد (الزامی نیست که جمع این سه عدد برابر یک شود). ماتریس زیر به ابعاد ۳×۱۲ (به منظور درک بهتر به صورت جدول آورده شده است که عنوان هر سطر و ستون مشخص است). برای داده های این میدان درجه ی عضویت هر پارامتر در سه گروه انتخاب اول، انتخاب دوم و انتخاب سوم محاسبه شده است. این ماتریس ۳× ۱۲در یک ماتریس ۱۲×۱ که وزن های مربوط به این پارامترهاست ضرب می شود.

جدول ۲-۲۱- ماتریس درجه عضویت پارامترهای مختلف میدان "سپهر" سازند "ایلام"

پارامتر	انتخاب اول	انتخاب دوم	انتخاب سوم
عمق	۰,۲۶۹۱	۰,۹۰۷	۰,۰۰۱۵۱
دبی تولید نفت	۱	۰,۰۰۱۹۵	۰,۴
میزان توسعه ی میدان	۱	۰	۰
تخلخل	۰,۸۴	۰,۴۲	۰,۰۰۳
تراوایی	۰	۰,۹۲۵	۰,۴۵
میزان برش آب	۱	۰,۰۶۲۵	۰,۰۰۱۹۵۳
اشباع آب	۰,۳۶۸	۰,۶۴۱	۰,۰۳۴
فشار	۰	۰,۲۰۲	۰,۶۲۲
API	۰,۷۷۹	۰,۰۰۹	۰,۱۶
میزان گاز به نفت تولیدی	۱	۰,۰۰۹	۰,۰۰۴
لیتولوژی	۱	۰	۰
وضعیت شکستگی ها	۰	۱	۰

در نهایت یک ماتریس ۳×۱ به دست می آید که به صورت کلی و روی هم رفته با تجمیع اثر پارامترهای مختلف درجه ی عضویت این میدان را در هریک از سه گروه نشان می دهد. همانطور که در جدول زیر مشخص است، این میدان بیشینه ی درجه ی عضویت را در گروه انتخاب اول دارد، پس سازند ایلام میدان سپهر جزء اولین انتخاب

ها برای عملیات شکافت هیدرولیکی می باشد که در این مورد پیش بینی الگوریتم فازی بر پیش بینی کیفی منطبق می باشد.

جدول ۲-۲۲- درجه عضویت میدان "سپهر" سازند "ایلام" در ۳ گروه انتخاب اول، انتخاب دوم و انتخاب سوم

انتخاب سوم	انتخاب دوم	انتخاب اول
۰,۱۷	۰,۲۲	۰,۴۴

نتایج نهایی اعمال الگوریتم فازی در فرآیند تصمیم گیری به همراه مقایسه با نتایج تصمیم گیری کیفی، در جدول۲-۲۳ نشان داده شده است. اگر برای یک میدان و سازند، نتایج پیش بینی کیفی و اعمال الگوریتم یکسان باشد در مقابل نام آن میدان و سازند در ستون match، عبارت Yes به نمایش در آمده است.

نتایج نشان می دهد که در ۵۲ درصد موارد دو روش به پیش بینی یکسانی رسیده اند. در ۸۴ درصد موارد، پیش بینی ها فقط یک درجه با هم تفاوت داشتند (مثلا نتیجه ی دو پیش بینی (۱ و۲) یا (۲و۳) است). در ۴ مورد، نتایج دو روش به کلی یک دیگر را نقض می کنند (نتیجه ی دو پیش بینی (۱ و۳) است). این ۴ مورد از نزدیک بررسی می شوند.

جدول ۲-۲۳- مقایسه ی نتایج الگوریتم فازی و تصمیم گیری کیفی

میدان	مخزن	اولویت روش هوشمند	اولویت روش کیفی	match
سپهر	ایلام	1	1	Yes
	سروک	3	3	Yes
	گدوان	1	3	No
	فهلیان	3	3	Yes
دارخوین	فهلیان	3	3	Yes
بینک	سروک	2	2	Yes

No	1	2	سروک بالا	یاران شمالی
Yes	1	1	ایلام	جفیر
No	2	1	سروک	
No	3	1	گدوان	
No	3	1	فهلیان	
Yes	2	2	آسماری بالا	شادگان
Yes	2	2	آسماری پایین	
Yes	1	1	سروک	آذر
No	3	2	آسماری	منصوری
No	1	2	بنگستان	
Yes	1	1	سروک	آزادگان
No	3	2	کژدمی	
No	3	2	گدوان	
No	3	2	فهلیان	
No	3	1	آسماری-پابده	کرنج
Yes	2	2	آسماری-پابده	رگ سفید
No	1	2	سروک	
Yes	1	1	ایلام	بند کرخه
Yes	2	2	آسماری-جهرم	خشت

۱) سازند" گدوان "میدان "سپهر"

اطلاعات این میدان در جدول آورده شده است. عمق و فشار این سازند زیاد است و از این نظر محدودیت عملیاتی ایجاد می کنند. این دو پارامتر به علت آشنایی و آگاهی کارشناسان از دشواری های عملیاتی، در تصمیم گیری کیفی نقش مهمی داشتند. همچنین تراوایی بالای آن نیز به علت میزان بالای هدررفت سیال شکست[1]انجام عملیات را دشوار می سازد. به علاوه نرخ تولید از این چاه بالا می باشد، بنابراین متقاعد ساختن کارفرما با وعده ی افزایش بیشتر دبی تولید برای انجام عملیات در این میدان که در حال حاضر دارای دبی بالا می باشد، بسیار دشوار است. بدلایل بالا در تصمیم گیری کیفی، این سازند در گروه انتخاب سوم قرار گرفت و به عنوان کاندید مناسبی برای عملیات شکافت هیدرولیکی در نظر گرفته نشد. اما در تصمیم گیری بر اساس الگوریم فازی باید توجه داشت که مقدار پارامترهای برش آب، وضعیت شکستگی ها، تخلخل و لیتولوژی در گروه انتخاب اول و پارامترهایی مانندAPI و نسبت گاز به نفت تولیدی در گروه انتخاب دوم هستند و برآیند و نتیجه ی کلی الگوریتم جادادن این مخزن در گروه انتخاب اول بوده است.

جدول ۲-۲۴- اطلاعات سازند" گدوان "میدان "سپهر"

development	در حال توسعه
depth	4214
pressure	8326
API	36
GOR	1000
cut Water	0
Qo	4000
lithology	ماسه سنگی
porosity	12
Sw	17
K	190
fracture	ندارد

۲) سازند" آسماری- پابده "میدان "کرنج"

[1] Leak Off

در غربالگری کیفی، این مخزن عمدتا به علت قدیمی بودن، دبی بسیار بالای چاهها و شکاف دار بودن کاندید مناسبی برای انجام عملیات مناسب تشخیص داده نشد و در گروه ۳ قرار گرفته است. اما الگوریتم فازی به علت عمق و فشار بسیار مناسب مخزن، همچنین میزان برش آب صفر، تراوایی مناسب روی هم رفته این سازند را در گروه ۱ (اولین انتخاب) قرار داده است.

جدول ۲-۲۵- اطلاعات سازند" آسماری- پابده "میدان "کرنج"

development	تولیدی قدیمی
Depth	2300
pressure	2800
API	33
GOR	1000
Water cut	0
Qo	10000
lithology	کربناته
porosity	10
Sw	40
K	1
fracture	دارد

۳) سازند" فهلیان "میدان "جفیر"

این مورد نیز عمدتا به علت فشار و دمای بسیار بالا در غربالگری کیفی رد شده است. اما به علت وجود پارامترهای با اثر مثبت بسیار مانند در حال توسعه بودن، میزان آب تولیدی صفر، تراوایی و تخلخل مناسب و لیتولوژی یکنواخت از نظر الگوریتم، انتخاب اول می باشد.

جدول ۲-۲۶- اطلاعات سازند" فهلیان "میدان "جفیر"

Development	در حال توسعه
Depth	4510
Pressure	9934
API	43
GOR	1500
cut Water	0
Qo	700
Lithology	کربناته
Porosity	9.7
Sw	25.8
K	5
Fracture	دارد

۴) سازند" گدوان "میدان "جفیر"

فشار و عمق بالا با توجه به محدودیت امکانات در دسترس، به قدری عملیات را دشوار می کند که این مورد نیز به همین دلیل در غربالگری کیفی رد شده است. اما بدون شکاف بودن، لیتولوژی یکنواخت، صفر بودن آب تولیدی، در حال توسعه بودن و ... در الگوریتم بر پارامترهای منفی غالب شده و آن را در گروه انتخاب اول قرار داده است.

جدول ۲-۲۷- اطلاعات سازند" گدوان "میدان "جفیر"

Development	در حال توسعه
Depth	4258
Pressure	8227
API	41
GOR	1000
cut Water	0
Qo	1200

Lithology	ماسه سنگی
Porosity	12
Sw	25
K	15
Fracture	ندارد

منابع

Ely, J.W., Tiner, R., Rothenberg, M., Krupa, A., McDougal, F., Conway, M., Reeves, S., 2000. Restimulation Program finds success ICn enhancing recoverable reserve, in: SPE Annual Technical Conference and Exhibition. OnePetro.

Gharechelou, S., Amini, A., Bohloli, B., & Swennen, R. (2020). Relationship between the sedimentary microfacies and geomechanical behavior of the Asmari Formation carbonates, southwestern Iran. *Marine and Petroleum Geology*, *116*, 104306.

Green, D., Seanard, K., Martin, A.N., 2006. Hydraulic fracturing of Miocene and Oligocene sandstones in the Taranaki basin, New Zealand, in: SPE Asia Pacific Oil & Gas Conference and Exhibition. OnePetro.

Heydarabadi, F.R., Moghadasi, J., Safian, G.H., Ashena, R., 2010. Criteria for selecting a candidate well for hydraulic fracturing, in: Nigeria Annual International Conference and Exhibition. OnePetro.

Husen, A.A., Hosein, P., Ezzat, A., Mahmoud, K., 2003. Hydraulic fracturing the best producer—a myth, in: Paper SPE 81543 Presented at the 13th Middle East Oil Show and Conference. Bahrain.

Jennings, A.R., 2000. Strategic well stimulation: A key to reservoir management. J. Pet. Technol. 52, 62.

Jin, X., Shah, S. N., Roegiers, J. C., Zhang, B. (2014). *Fracability evaluation in shale reservoirs-an integrated petrophysics and geomechanics approach*. In SPE Hydraulic Fracturing Technology Conference. Society of Petroleum Engineers.

Kadkhodaie A (2021) The impact of geomechanical units (GMUs) classification on reducing the

uncertainty of wellbore stability analysis and safe mud window design. Journal of Natural Gas Science and Engineering, 91, 103964.

Martin, A.N., Economides, M.J., 2010. Best practices for candidate selection, design and evaluation of hydraulic fracture treatments, in: SPE Production and Operations Conference and Exhibition. OnePetro.

Reeves, S.R., Bastian, P.A., Spivey, J.P., Flumerfelt, R.W., Mohaghegh, S., Koperna, G.J., 2000. Benchmarking of restimulation candidate selection techniques in layered, tight gas sand formations using reservoir simulation, in: SPE Annual Technical Conference and Exhibition. OnePetro.

Yin, D., Wu, T., 2009. Notice of Retraction: Optimizing Well for Fracturing by Fuzzy Analysis Method of Applying Computer, in: 2009 First International Conference on Information Science and Engineering. IEEE, pp. 286–290.

Zoveidavianpoor, M., Samsuri, A., Shadizadeh, S.R., 2012. A review on conventional candidate-well selection for hydraulic fracturing in oil and gas wells. Int. J. Eng. Technol. 2, 51–60.

Zoveidavianpoor, M., Gharibi, A, 2016. Applications of type-2 fuzzy logic system: handling

the uncertainty associated with candidate-well selection for hydraulic fracturing. Neural Comput & Applic, 27:1831–1851.

پیوست

ردیف	۱				
موقعیت (دریایی - خشکی)	خشکی	خشکی	خشکی	خشکی	خشکی
نوع میدان (نفتی-گازی)	نفتی	نفتی	نفتی	نفتی	نفتی
نام میدان	سپهر	سپهر	سپهر	سپهر	سپهر
نام سازند	ایلام	سروک	گدوان	فهلیان پایین	فهلیان پایین
نام لایه				1،2،3	5،6
وضعیت توسعه میدان/سازند (اکتشافی، در حال	در حال توسعه	اکتشافی	در حال توسعه	در حال توسعه	در حال توسعه
تعداد چاه در سازند	1	1	1	1	1
نوع حفاری چاهها (عمودی، افقی، انحرافی)	عمودی	عمودی	عمودی	عمودی	عمودی
عمق سازند m	2970		4214	4520	4440
فشار Psi	5518		8326	9944	10065
دما F	200		260	275	275
نوع سیال سازند (گاز خشک، گاز مرطوب، نفت	نفت	نفت سنگین	نفت سبک	نفت فوق سبک	نفت فوق سبک
API	23.00	10.00	36.00	37.00	37.00
SG					
ویسکوزیته					
GOR	100.00		1000.00	1500.00	1500.00
آسفالت					
H2S (ppm)					
وضعیت تولید آب همراه (برش آب) ٪	0	0	0	0	0
بازه دبی تولید چاهها	1000	400-500	2500-4500	1000-4000	1000-4000
بازه فشار سر جاهی چاهها	100-300	50-100	2000-3000	1000-4001	1000-4001
نوع تکمیل بخش مخزنی چاه (مشبک کاری یا حفره	NA	NA	NA	NA	NA
لیتولوژی غالب سازند (نوع سنگ)	کربناته	کربناته	ماسه سنگی	کربناته	کربناته
تخلخل متوسط سازند	15.5	9	12	12	12
اشباع آب متوسط سازند	22	30	17	32	32
تراوایی متوسط سازند ((mD	4		190	5-11	8
نمونه های مغزه و آزمایشات RCAl /SCAL	ندارد	ندارد	ندارد	ندارد	ندارد
نمودارهای پیشرفته (تصویری، NMR، DSI، ...)	ندارد	ندارد	ندارد	ندارد	ندارد
آزمایشات و مطالعات ژئو مکانیکی (دارد- ندارد)	ندارد	ندارد	ندارد	ندارد	ندارد
وضعیت شکستگیها (نحدود - متوسط -	NA	NA	NA	NA	NA
مشکلات تولیدی چاهها (اسفالتین، افت فشار چاه،	NA	NA	NA	NA	NA
توضیحات			کم ضخامت	H2S high	H2S high
میزان اطلاعات	1	1	1	1	1
گروه بندی فنی	1	3	3	3	3
اولویت	1	6	6	6	6

اولویت	6	5	5	5	5
گروه بندی فنی	3	3	3	3	3
میزان اطلاعات	1	2	2	2	2
توضیحات	تزریق گاز	عمق ۴۲۳۲-	تولیدی(در نیمه دوم		تزریق گاز - عمق
مشکلات تولیدی چاهها (اسفالتین، افت فشار چاه،			افت فشار خیلی		مچالگی جداری
وضعیت شکستگیها (نحدود - متوسط-	محدود		دارد		زیاد
آزمایشات و مطالعات ژئو مکانیکی (دارد- ندارد)	ندارد				
نمودارهای پیشرفته (تصویری، NMR، DSI، ...)	FMI				
نمونه های مغزه و آزمایشات RCAl /SCAL	دارد				
تراوایی متوسط سازند ((mD	Permeabilit				
اشباع آب متوسط سازند	لایه ۱: ۵۰				
تخلخل متوسط سازند	لایه ۱: ۱۰				
لیتولوژی غالب سازند (نوع سنگ)	کربناته		کربناته	کربناته	کربناته-ماسه
نوع تکمیل بخش مخزنی چاه (مشبک کاری یا حفره					
بازه فشار سر جاهی چاهها					
بازه دبی تولید چاهها	5000-				2000
وضعیت تولید آب همراه (برش آب) ٪	0-20				
H2S (ppm)					
آسفالت					
GOR	1000				
ویسکوزیته					
SG					
API	38	۴۴			
نوع سیال سازند (گاز خشک، گاز مرطوب، نفت	نفت سبک		نفت-گاز-سیال		نفت
دما F					
فشار Psi	9000		۲۲۰۰		
عمق سازند m	4300	۴۲۳۲			3600
نوع حفاری چاهها (عمودی، افقی، انحرافی)	عمودی-		عمودی	عمودی	عمودی
تعداد چاه در سازند	31		132	؟	۳۵
وضعیت توسعه میدان/سازند (اکتشافی، در حال	در حال تولید	در حال توسعه	تولیدی قدیمی	در حال تولید	در حال تولید
نام لایه	لایه ۱-۳	فهلیان	آسماری	فهلیان	آسماری
نام سازند	فهلیان	فهلیان	آسماری	فهلیان	آسماری
نام میدان	دارخوین	اروند	پازنان	پازنان	کوپال
نوع میدان (نفتی-گازی)	نفتی	نفتی	نفتی	نفتی	نفتی
موقعیت (دریایی - خشکی)	خشکی	خشکی	خشکی	خشکی	خشکی
ردیف	۲	۳	۴		۵

اولویت	3	2	2	3	3	3
گروه بندی فنی	2	1	1	2	2	2
میزان اطلاعات	2	2	2	2	2	2
توضیحات	4400-5500	۲۹۰۰-۲۵۰۰				گوگرد 7.2
مشکلات تولیدی چاهها (اسفالتین، افت فشار چاه،			فشار مخزن			
وضعیت شکستگیها (نحدود – متوسط –	زیاد					
آزمایشات و مطالعات ژئو مکانیکی (دارد– ندارد)					دارد	دارد
نمودارهای پیشرفته (تصویری، NMR، DSI، ...)						
نمونه های مغزه و آزمایشات RCAl /SCAL					دارد	دارد
تراوایی متوسط سازند ((mD		۰،۱				
اشباع آب متوسط سازند						
تخلخل متوسط سازند		۱۰				
لیتولوژی غالب سازند (نوع سنگ)	کربناته	کربناته	کربناته			
نوع تکمیل بخش مخزنی چاه (مشبک کاری یا حفره						
بازه فشار سر جاهی چاهها						
بازه دبی تولید چاهها	3000					
وضعیت تولید آب همراه (برش آب) ٪						
H2S (ppm)						
آسفالت						
GOR						
ویسکوزیته						
SG						
API		۳۰		22	35	36
نوع سیال سازند (گاز خشک، گاز مرطوب، نفت	نفت	نفت	نفت سنگین	نفت	نفت	نفت
دما F						247
فشار Psi			۳۷۰۰			6600
عمق سازند m	4400	۲۵۰۰	۳۵۰۰			3596
نوع حفاری چاهها (عمودی، افقی، انحرافی)	عمودی	عمودی				
تعداد چاه در سازند	۲۰	۱۲		4	12	21
وضعیت توسعه میدان/سازند (اکتشافی، در حال	در حال تولید	در حال تولید	در حال تولید	اکتشافی	در حال تولید	در حال تولید
نام لایه	ایلام و سروک					
نام سازند	بنگستان	سروک	سروک	بنگستان	ایلام	سروک
نام میدان	کوپال	سروستان	پایدار غرب	چنگوله	دهلران	دهلران
نوع میدان (نفتی-گازی)	نفتی	نفتی	نفتی	نفتی	نفتی	نفتی
موقعیت (دریایی - خشکی)	خشکی	خشکی	خشکی	خشکی	خشکی	خشکی
ردیف		۶	۷	۸	۹	

ردیف	۱۰		۱۱	۱۲	
موقعیت (دریایی - خشکی)	خشکی	خشکی	خشکی	خشکی	خشکی
نوع میدان (نفتی-گازی)	نفتی	نفتی	نفتی	نفتی	نفتی
نام میدان	اهواز	اهواز	بینک	یاران شمالی	یاران شمالی
نام سازند	آسماری	بنگستان	سروک	سروک بالا	فهلیان و گدوان
نام لایه			سروک ۴و۵	USV-4	
وضعیت توسعه میدان/سازند (اکتشافی، در حال	در حال تولید	در حال تولید	تولیدی قدیمی	در حال تولید	اکتشافی
تعداد چاه در سازند	291	208	18	20	2
نوع حفاری چاهها (عمودی، افقی، انحرافی)			عمودی-انحرافی	عمودی-افقی	عمودی
عمق سازند m		3000	3350	2800	4000
فشار Psi			4400	4300	
دما F			250	195	
نوع سیال سازند (گاز خشک، گاز مرطوب، نفت	نفت	نفت	نفت	نفت	نفت سبک
API	29.2	25.5			
SG					
ویسکوزیته					
GOR			500	360	
آسفالت					
H2S (ppm)					
وضعیت تولید آب همراه (برش آب) ٪			10	10	
بازه دبی تولید چاهها			2500	1000-2000	
بازه فشار سر جاهی چاهها			پام 400-900		
نوع تکمیل بخش مخزنی چاه (مشبک کاری یا حفره			مشبک و حفره باز	perforated liner	
لیتولوژی غالب سازند (نوع سنگ)			کربناته	کربناته	
تخلخل متوسط سازند	18		8	5-20	
اشباع آب متوسط سازند				10	
تراوایی متوسط سازند ((mD			0.02	0.1-30	
نمونه های مغزه و آزمایشات RCAl /SCAL				دارد	دارد
نمودارهای پیشرفته (تصویری، NMR، DSI، ...)			ندارد	Full-set log	
آزمایشات و مطالعات ژئو مکانیکی (دارد- ندارد)			دارد	ندارد	ندارد
وضعیت شکستگیها (نحدود - متوسط -					
مشکلات تولیدی چاهها (اسفالتین، افت فشار چاه،					
توضیحات		گوگرد ۳	افت فشار و دبی	scf/bbl GOR=360	
میزان اطلاعات	2	2	1	1	2
گروه بندی فنی	3	2	2	1	2
اولویت	5	3	4	1	3

اولویت	1	4	6	6	6	4
گروه بندی فنی	1	2	3	3	3	2
میزان اطلاعات	1	1	1	1	1	1
توضیحات	(at 2950	(at 3080	(at 4258	(at 4510	(at 4510	۲ ماسه سنگ
مشکلات تولیدی چاهها (اسفالتین، افت فشار چاه،						
وضعیت شکستگیها (نحدود - متوسط -						محدود
آزمایشات و مطالعات ژئو مکانیکی (دارد- ندارد)	دارد	ندارد	ندارد	ندارد	ندارد	
نمودارهای پیشرفته (تصویری، NMR، DSI، ...)	دارد	ندارد	ندارد	ندارد	ندارد	
نمونه های مغزه و آزمایشات RCAl /SCAL	دارد	دارد	دارد	دارد	دارد	دارد
تراوایی متوسط سازند ((mD	1.5-29	3-12.5	15			
اشباع آب متوسط سازند	12.8	30	25	25.8	25.8	ماسه ۱۸-۴۵
تخلخل متوسط سازند	24	10	12	9.7	9.7	ماسه ۱۰-۲۰
لیتولوژی غالب سازند (نوع سنگ)	کربناته	کربناته	ماسه سنگی	کربناته	کربناته	کربناته-ماسه
نوع تکمیل بخش مخزنی چاه (مشبک کاری یا حفره						
بازه فشار سر جاهی چاهها						
بازه دبی تولید چاهها	200-1500	100-3000	1200	100-800	700	
وضعیت تولید آب همراه (برش آب) ٪						1-38
H2S (ppm)						
آسفالت						
GOR	175	260	1000	1500	1500	700
ویسکوزیته						
SG						
API	29.00	22.00	41.00	43.00	43.00	
نوع سیال سازند (گاز خشک، گاز مرطوب، نفت	نفت سبک	نفت سنگین	نفت سبک	نفت فوق سبک	نفت فوق سبک	نفت
دما F						220
فشار Psi	5583	5238	8227	9933	9934	4500
عمق سازند m	2950	3080	4258	4510	4510	3000
نوع حفاری چاهها (عمودی، افقی، انحرافی)	عمودی-افقی	عمودی-افقی	عمودی	عمودی	عمودی	عمودی
تعداد چاه در سازند	3	1	1	1	1	16
وضعیت توسعه میدان/سازند (اکتشافی، در حال	در حال توسعه	اکتشافی	در حال توسعه	در حال توسعه	در حال توسعه	تولیدی قدیمی
نام لایه				1،2،3	5،6	۱۲ ،
نام سازند	ایلام	سروک	گدوان	فهلیان پایین	فهلیان پایین	آسماری بالا
نام میدان	جفیر	جفیر	جفیر	جفیر	جفیر	شادگان
نوع میدان (نفتی-گازی)	نفتی	نفتی	نفتی	نفتی	نفتی	نفتی
موقعیت (دریایی - خشکی)	خشکی	خشکی	خشکی	خشکی	خشکی	خشکی
ردیف	۱۳					۱۴

اولویت	4	3	3	1	6	1
گروه بندی فنی	2	2	2	1	3	1
میزان اطلاعات	1	2	2	1	1	1
توضیحات	۵ کربناته				SG=0.75	3100-3300
مشکلات تولیدی چاهها (اسفالتین، افت فشار چاه،				آسفالتین - افت	تولید ماسه- افت	
وضعیت شکستگیها (نحدود - متوسط-	محدود	محدود	محدود	زیاد	دارد	دارد
آزمایشات و مطالعات ژئو مکانیکی (دارد- ندارد)		ندارد	ندارد	دارد	ندارد	ندارد
نمودارهای پیشرفته (تصویری، NMR، DSI، ...)		ندارد	ندارد	log Full-set	Full-set log	FMS
نمونه های مغزه و آزمایشات RCAl /SCAL	دارد	دارد	دارد	دارد	دارد	دارد
تراوایی متوسط سازند ((mD				۲	Kair = 0.0948	0.8
اشباع آب متوسط سازند	ماسه ۱۸-۴۵		25-40	۱۰		35
تخلخل متوسط سازند	ماسه ۱۰-۲۰		8-13	۶		8
لیتولوژی غالب سازند (نوع سنگ)	کربناته-ماسه		کربناته	کربناته	کربناته-ماسه	کربناته
نوع تکمیل بخش مخزنی چاه (مشبک کاری یا حفره				مشبک	مشبک و حفره باز	مشبک و حفره باز
بازه فشار سر جاهی چاهها				۹۰۰-۲۰۰		
بازه دبی تولید چاهها			3500	۱۰۰۰۰-۱۰۰۰	1500-10000	800
وضعیت تولید آب همراه (برش آب) ٪	1-38			٪۱۰-٪۲		
H2S (ppm)				۵۰۰۰		
آسفالت				۰،۵		
GOR	700			۱۱۰۰	۴۴۳	350
ویسکوزیته				۰،۴		1.7-3.8
SG					0.75	0.8
API			24	۳۱		
نوع سیال سازند (گاز خشک، گاز مرطوب، نفت	نفت	نفت	نفت	نفت	نفت	نفت
دما F	225			۲۴۷	۱۸۰	228
فشار Psi	4700	6900	6900	۷۲۴۰	۳۲۶۰	4800
عمق سازند m	3100	4000	4000	۴۳۲۷	2300	3300
نوع حفاری چاهها (عمودی، افقی، انحرافی)	عمودی-	عمودی	عمودی	عمودی	عمودی-انحرافی	عمودی-انحرافی
تعداد چاه در سازند	16	3	3	۲۰	23	76
وضعیت توسعه میدان/سازند (اکتشافی، در حال	تولیدی قدیمی	اکتشافی	اکتشافی	در حال تولید	تولیدی قدیمی	تولیدی قدیمی
نام لایه	۵۷ ،۶ ،		زون ۲-۷	سروک	Zone 1-3	
نام سازند	آسماری پایین	ایلام	سروک	سروک	آسماری	بنگستان
نام میدان	شادگان	شادگان	شادگان	آذر	منصوری	منصوری
نوع میدان (نفتی-گازی)	نفتی	نفتی	نفتی	نفتی	نفتی	نفتی
موقعیت (دریایی - خشکی)	خشکی	خشکی	خشکی	خشکی	خشکی	خشکی
ردیف				۱۵	۱۶	

اولویت	5	1	6	6	6
گروه بندی فنی	3	1	3	3	3
میزان اطلاعات	2	1	1	1	1
توضیحات		scf/bbl	scf/bbl	scf/bbl	P=7800-
مشکلات تولیدی چاهها (اسفالتین، افت فشار جاه،		افت دبی چاها	تولید ماسه	تولید ماسه	
وضعیت شکستگیها (نحدود – متوسط –	دارد	محدود			
آزمایشات و مطالعات ژئو مکانیکی (دارد– ندارد)	ندارد	دارد	دارد	دارد	دارد
نمودارهای پیشرفته (تصویری، NMR، DSI، ...)	FMS	FMI, DSI	FMI, DSI	FMI, DSI	FMI, DSI
نمونه های مغزه و آزمایشات RCAl /SCAL	دارد	دارد	دارد	دارد	دارد
تراوایی متوسط سازند ((mD		5-45			30-40
اشباع آب متوسط سازند		31	32	31	33
تخلخل متوسط سازند		14	14.6	16	14.5
لیتولوژی غالب سازند (نوع سنگ)	کربناته	کربناته	ماسه سنگی	ماسه سنگی	کربناته
نوع تکمیل بخش مخزنی چاه (مشبک کاری یا حفره					
بازه فشار سر جاهی چاهها					
بازه دبی تولید چاهها		700	1500-2000	1500-2000	1500-2000
وضعیت تولید آب همراه (برش آب) ٪		5	0-20	0-20	
H2S (ppm)					
آسفالت					
GOR		300	1000	1300	1700
ویسکوزیته		200			
SG					
API		20	33	33	36
نوع سیال سازند (گاز خشک، گاز مرطوب، نفت	نفت	نفت سنگین	نفت سبک	نفت سبک	نفت سبک
دما F		۲۰۵			
فشار Psi		۴۸۰۰	۵۰۰۰	۶۰۰۰	۹۳۰۰
عمق سازند m		3000	3400	3700	4000
نوع حفاری چاهها (عمودی، افقی، انحرافی)					
تعداد چاه در سازند	2	75	10	10	10
وضعیت توسعه میدان/سازند (اکتشافی، در حال	اکتشافی	در حال تولید	در حال تولید	در حال تولید	در حال تولید
نام لایه				زون ۵	
نام سازند	خامی	سروک	کژدمی	گدوان	فهلیان
نام میدان	منصوری	آزادگان	آزادگان	آزادگان	آزادگان
نوع میدان (نفتی-گازی)	نفتی	نفتی	نفتی	نفتی	نفتی
موقعیت (دریایی - خشکی)	خشکی	خشکی	خشکی	خشکی	خشکی
ردیف		۱۷			

اولویت	6	4	1	1	2	5
گروه بندی فنی	3	2	1	1	1	3
میزان اطلاعات	1	1	1	1	2	2
توضیحات	تزریق گاز	mu=1-2 cp	mu=1-2 cp	mu=1.8 cp		دارای دولومیت
مشکلات تولیدی چاهها (اسفالتین، افت فشار چاه،	افت فشار مخزن					
وضعیت شکستگیها (نحدود - متوسط -	دارد	دارد	دارد			دارد
آزمایشات و مطالعات ژئو مکانیکی (دارد- ندارد)	ندارد	ندارد	ندارد	ندارد		دارد
نمودارهای پیشرفته (تصویری، NMR، DSI، ...)	ندارد	FMS	FMS			دارد
نمونه های مغزه و آزمایشات RCAl /SCAL	دارد	دارد	دارد	دارد		
تراوایی متوسط سازند ((mD	0.1-2		0.5-10	.1-5		۲۴
اشباع آب متوسط سازند	40	22	23			
تخلخل متوسط سازند	10	10	5			۱۰
لیتولوژی غالب سازند (نوع سنگ)	کربناته	کربناته	کربناته	کربناته	کربناته	کربناته-ماسه
نوع تکمیل بخش مخزنی چاه (مشبک کاری یا حفره	مشبک-حفره باز					مشبک
بازه فشار سر جاهی چاهها	700-1000					
بازه دبی تولید چاهها	10000	1000-1500	1000-1500	1000		
وضعیت تولید آب همراه (برش آب) ٪						
H2S (ppm)						
آسفالت						
GOR	1000	700	700			
ویسکوزیته		1.5	1.5	1.8		
SG		0.72	0.76			
API	33			24		
نوع سیال سازند (گاز خشک، گاز مرطوب، نفت	نفت	نفت	نفت	نفت	نفت	نفت
دما F	165	185	185	230		
فشار Psi	2800	3400	3400	6500		۵۰۰۰
عمق سازند m	2300	2300	2450	3700	3850	۳۴۰۰
نوع حفاری چاهها (عمودی، افقی، انحرافی)	عمودی					عمودی
تعداد چاه در سازند	27	81	12	4	4	۲۸
وضعیت توسعه میدان/سازند (اکتشافی، در حال	تولیدی قدیمی	در حال تولید	در حال تولید	اکتشافی	اکتشافی	در حال تولید
نام لایه				زون C	زون E	
نام سازند	آسماری-پابده	آسماری-پابده	سروک	ایلام	سروک	آسماری
نام میدان	کرنج	رگسفید	رگسفید	بند کرخه	بند کرخه	چشمه خوش
نوع میدان (نفتی-گازی)	نفتی	نفتی	نفتی	نفتی	نفتی	نفتی
موقعیت (دریایی - خشکی)	خشکی	خشکی	خشکی	خشکی	خشکی	خشکی
ردیف	۱۸	۱۹		۲۰		۲۱

اولویت	2	2	2	5	5	4
گروه بندی فنی	1	1	1	3	3	2
میزان اطلاعات	2	2	2	2	2	1
توضیحات				تزریق گاز ترش	عمق ۱۳۰۰-	
مشکلات تولیدی چاهها (اسفالتین، افت فشار چاه،				افت تولید-تولید	افت فشار	
وضعیت شکستگیها (نحدود - متوسط -	شکافها توسعه			زیاد	دارد	زیاد
آزمایشات و مطالعات ژئو مکانیکی (دارد- ندارد)					دارد	ندارد
نمودارهای پیشرفته (تصویری، NMR، DSI، ...)				ندارد	NF-42	دارد FMI
نمونه های مغزه و آزمایشات RCAl /SCAL				دارد		دارد
تراوایی متوسط سازند ((mD					۱۰	.1-100
اشباع آب متوسط سازند						20-40
تخلخل متوسط سازند	۹				۱۶	9
لیتولوژی غالب سازند (نوع سنگ)	کربناته	کربناته	کربناته		کربناته	کربناته
نوع تکمیل بخش مخزنی چاه (مشبک کاری یا حفره				حفره باز-مشبک		
بازه فشار سر جاهی چاهها				۸۵۰-۲۵۰		
بازه دبی تولید چاهها				۳۰۰۰-۵۰۰		
وضعیت تولید آب همراه (برش آب) ٪						
H2S (ppm)						
آسفالت						
GOR				۷۰۰		600
ویسکوزیته						0.7
SG						
API	۲۷		۲۸	۳۵		30
نوع سیال سازند (گاز خشک، گاز مرطوب، نفت	نفت	نفت	نفت	نفت سبک	نفت	نفت
دما F				۱۶۰		200
فشار Psi	۲۲۴۰			۲۶۰۰		4000
عمق سازند m	۲۴۰۰			۱۶۰۰	۱۳۰۰	2700
نوع حفاری چاهها (عمودی، افقی، انحرافی)				عمودی	عمودی	عمودی
تعداد چاه در سازند	۹			۱۹		5
وضعیت توسعه میدان/سازند (اکتشافی، در حال	در حال تولید	در حال تولید	در حال تولید	تولیدی قدیمی	تولیدی قدیمی	اکتشافی
نام لایه					آسماری	
نام سازند	آسماری	ایلام	سروک	آسماری	آسماری	آسماری-
نام میدان	دانان	دانان	دانان	لب سفید	نفت سفید	خشت
نوع میدان (نفتی-گازی)	نفتی	نفتی	نفتی	نفتی	نفتی	نفتی
موقعیت (دریایی - خشکی)	خشکی	خشکی	خشکی	خشکی	خشکی	خشکی
ردیف		۲۲		۲۳	۲۴	۲۵

لیست مخازن خشکی - گازی با میزان اطلاعات ۱ و ۲

ردیف	۱		
موقعیت (دریایی - خشکی)	خشکی	خشکی	خشکی
نوع میدان (نفتی-گازی)	گازی	گازی	گازی
نام میدان	خانگیران	خانگیران	خانگیران
نام سازند	مزدوران	شوریجه-بی	شوریجه-دی
نام لایه	MZ-1, MZ-2, MZ-3,	SH-B	SH-D2, SH-D1
وضعیت توسعه میدان/سازند (اکتشافی، در حال	تولیدی قدیمی	تولیدی قدیمی	ذخیره سازی گاز
تعداد چاه در سازند	۴۲	۱۰	۲۵
نوع حفاری چاهها (عمودی، افقی، انحرافی)	عمودی	عمودی	عمودی
عمق سازند m	۲۸۹۵	۲۵۹۰	۲۵۹۰
فشار Psi	۶۴۱۳	۵۴۴۸	۵۱۱۸
دما F	۲۵۶،۸	۲۴۷،۷	۲۴۷،۷
نوع سیال سازند (گاز خشک، گاز مرطوب، نفت فرار،	گاز مرطوب	گاز میعان معکوس	گاز میعان معکوس
API			
SG			
ویسکوزیته			
GOR	۰،۲۲	۹	۱۰
آسفالت			
H2S (ppm)	۳۱۱۱۲	۰	
وضعیت تولید آب همراه (برش آب) ٪	برش آب ۵۰٪	٪۰	٪۰
بازه دبی تولید چاهها	MMSCFD to 50 ۱۳	MMSCFD to 25 ۳	to 50 ۱۱
بازه فشار سر جاهی چاهها	psi ۲۹۰۰ to ۱۷۰۰	psi ۲۵۰۰ to ۱۷۰۰	psi ۲۸۰۰ to ۱۱۰۰
نوع تکمیل بخش مخزنی چاه (مشبک کاری یا حفره باز		لاینر و مشبک کاری	لاینر و مشبک کاری
لیتولوژی غالب سازند (نوع سنگ)	کربناته	ماسه سنگی	ماسه سنگی
تخلخل متوسط سازند	3	4.2	3.8
اشباع آب متوسط سازند	34	33	48.6
تراوایی متوسط سازند ((mD	۷،۶۸	۱۵،۶	۱۷،۷
نمونه های مغزه و آزمایشات RCAl /SCAL	دارد	دارد	دارد
نمودارهای پیشرفته (تصویری، NMR، DSI، ...)	DT, CGR, BS, CALI,	CALI, DT, CGR, BS,	DT, BS, CALI,
آزمایشات و مطالعات ژئو مکانیکی (دارد- ندارد)	دارد	دارد	دارد
وضعیت شکستگیها (نحدود - متوسط-	متوسط	ندارد	ندارد
مشکلات تولیدی چاهها (اسفالتین، افت فشار چاه،	افت فشار چاه، فشار دالیزی	افت فشار چاه، فشار	افت فشار چاه، فشار
توضیحات	CGR=0.22	CGR=9	CGR=10 -
میزان اطلاعات	1	1	1
گروه بندی فنی	3	1	3
اولویت	6	1	6

ردیف	۱		
موقعیت (دریایی - خشکی)	دریایی	دریایی	دریایی
نوع میدان (نفتی-گازی)	نفتی	نفتی	نفتی
نام میدان	بهرگانسر	بهرگانسر	بهرگانسر
نام سازند	غار-نفت	آسماری	سروک
نام لایه	غار-نفت	آسماری	سروک
وضعیت توسعه میدان/سازند (اکتشافی، در حال توسعه، در	تولیدی قدیمی	تولیدی قدیمی	تولیدی قدیمی
تعداد چاه در سازند	۸	۱۴	۱۰
نوع حفاری چاهها (عمودی، افقی، انحرافی)	عمودی-افقی	عمودی-افقی	عمودی-افقی
عمق سازند m	۲۰۷۰	۲۱۵۰	۲۷۰۰
فشار Psi	۳۳۵۲	۳۵۲۰	۴۵۴۹
دما F	۱۷۴	۱۸۰,۶	۲۰۸,۵
نوع سیال سازند (گاز خشک، گاز مرطوب، نفت فرار، نفت	نفت سبک	نفت سبک	نفت
API	۳۴,۵۸	۳۲,۴۶	۲۵,۰۶
SG			
ویسکوزیته	۰,۵	۰,۵	۲,۴
GOR	۹۱۱	۹۵۱	۳۸۱,۷
آسفالت	۰	۰	۰
H2S (ppm)	۰	۰	۲,۸۶
وضعیت تولید آب همراه (برش آب) ٪	۰-۱۰۰	۰-۸۰٪	۰-۱۰۰٪
بازه دبی تولید چاهها	۲۰۰-۴۰۰۰	۲۰۰-۷۵۰۰	۲۰۰-۹۲۰۰
بازه فشار سر جاهی چاهها	۲۰۰-۲۶۰۰	۲۰۰-۲۲۰۰	۲۰۰-۱۰۰۰
نوع تکمیل بخش مخزنی چاه (مشبک کاری یا حفره باز یا	مشبک	مشبک	مشبک
نمونه های مغزه و آزمایشات RCAl /SCAL	دارد	دارد	دارد
نمودارهای پیشرفته (تصویری، NMR، DSI، ...)	ندارد	تصویری، FMI	ندارد
لیتولوژی غالب سازند (نوع سنگ)	کربناته-ماسه	کربناته	کربناته
تخلخل متوسط سازند	۱۷	۱۵,۴	۶,۳
اشباع آب متوسط سازند	٪۳۷	٪۲۵	٪۱۰
تراوایی متوسط سازند ((mD	۲۷۲	۲۲۸,۶	۱۴,۲
آزمایشات و مطالعات ژئو مکانیکی (دارد- ندارد)			
وضعیت شکستگیها (نحدود - متوسط -	متوسط	زیاد	زیاد
مشکلات تولیدی چاهها (اسفالتین، افت فشار چاه، افت فشار	تولید گاز اضافی	تولید آب اضافی	تولید آب اضافی
توضیحات			
میزان اطلاعات	1	1	1
گروه بندی فنی	2	3	2
اولویت	4	6	4

اولویت	6	6	6
گروه بندی فنی	3	3	3
میزان اطلاعات	1	1	1
توضیحات		scf/bbl GOR=550 mu=0.6 cp API=37	scf/bbl GOR=430 mu=0.75 cp API=38
مشکلات تولیدی چاهها (اسفالتین، افت فشار چاه، افت فشار	تولید آب زیاد، فشار پائین	تولید آب زیاد، فشار پائین	تولید آب زیاد، فشار پائین
وضعیت شکستگیها (نحدود – متوسط –			
آزمایشات و مطالعات ژئو مکانیکی (دارد- ندارد)	دارد (۱)D	دارد (۱)D	دارد (۱)D
نمودارهای پیشرفته (تصویری، NMR، DSI، ...)	۱۵ wells	15 wells	
نمونه های مغزه و آزمایشات RCAl /SCAL	دارد	دارد	دارد
تراوایی متوسط سازند ((mD)	۸,۹ md	36md	30.98 md
اشباع آب متوسط سازند	٪۴۳	20%	64%
تخلخل متوسط سازند	٪۶	17.90%	14.40%
لیتولوژی غالب سازند (نوع سنگ)	کربناته	کربناته	ماسه سنگ
نوع تکمیل بخش مخزنی چاه (مشبک کاری یا حفره باز یا	لاینر و مشبک کاری	لاینر و مشبک کاری	لاینر و مشبک کاری
بازه فشار سر جاهی چاهها	۱۵۰ - ۲۵۰	140 to 1000 psi	1000 to 1100
بازه دبی تولید چاهها	۱۰۰۰ ۷۰۰۰	1000 -17000	500 -5000
وضعیت تولید آب همراه (برش آب) ٪	٪۸۰	90%	40%
H2S (ppm)			
آسفالت			
GOR		550	430
ویسکوزیته			
SG			
API	۳۳	33	39
نوع سیال سازند (گاز خشک، گاز مرطوب، نفت فرار، نفت	نفت سبک	نفت سبک	نفت سبک
دما F	۱۹۸,۵	۲۰۰	۱۸۱
فشار Psi	۳۸۹۰	۳۹۳۲	۳۱۴۱
عمق سازند m	۲۳۷۷ m.s.s	2415 m.s.s	1920 m.s.s
نوع حفاری چاهها (عمودی، افقی، انحرافی)	عمودی و انحرافی	عمودی و انحرافی	عمودی و انحرافی
تعداد چاه در سازند	۲۸	35	23
وضعیت توسعه میدان/سازند (اکتشافی، در حال توسعه، در	تولیدی قدیمی	تولیدی قدیمی	تولیدی قدیمی
نام لایه	U-2A, U-3, U- U-1, U-2,	L-1, L-2A, L-2B, L-2C	BL-1A, BL-1B, BL-2A, BL
نام سازند	Upper-ARAB	Lower-Arab	Gadvan
نام میدان	سلمان	سلمان	سلمان
نوع میدان (نفتی-گازی)	نفتی	نفتی	نفتی
موقعیت (دریایی - خشکی)	دریایی	دریایی	دریایی
ردیف		۲	

اولویت	1	3	3	3	3
گروه بندی فنی	1	2	2	2	2
میزان اطلاعات	1	2	2	2	2
توضیحات	سیلاب زنی- scf/bbl	RCAL در افق بورگان دارد			
مشکلات تولیدی چاهها (اسفالتین، افت فشار چاه، افت فشار		مشکل افت فشار	مشکل افت فشار	مشکل افت فشار	مشکل افت فشار
وضعیت شکستگیها (نحدود – متوسط –					
آزمایشات و مطالعات ژئو مکانیکی (دارد- ندارد)	دارد (D1)	دارد	دارد	دارد	دارد
نمودارهای پیشرفته (تصویری، NMR، DSI، ...)		ندارد	ندارد	ندارد	ندارد
نمونه های مغزه و آزمایشات RCAl /SCAL	دارد	دارد	ندارد	ندارد	ندارد
تراوایی متوسط سازند (mD)	0.6 md	۷۰۰	۱۰	۵۰	۱۰
اشباع آب متوسط سازند	72%				
تخلخل متوسط سازند	16%	۲۴	۱۲	۱۴	۱۰
لیتولوژی غالب سازند (نوع سنگ)	کربناته	ماسه سنگی	کربناته	کربناته	کربناته
نوع تکمیل بخش مخزنی چاه (مشبک کاری یا حفره باز یا	لاینر و مشبک				
بازه فشار سر جاهی چاهها	400 to 1000				
بازه دبی تولید چاهها	200-1700				
وضعیت تولید آب همراه (برش آب) ٪	0%				
H2S (ppm)					
آسفالت					
GOR	500				
ویسکوزیته					
SG					
API	37.19				
نوع سیال سازند (گاز خشک، گاز مرطوب، نفت فرار، نفت	نفت سبک	نفت	نفت	نفت	نفت
دما F	۱۶۱				
فشار Psi	۲۸۰۵				
عمق سازند m	1702 m.s.s	۲۲۰۰	۲۳۰۰	۲۷۵۰	۲۹۰۰
نوع حفاری چاهها (عمودی، افقی، انحرافی)	عمودی و انحرافی	عمودی-افقی	عمودی	عمودی	عمودی
تعداد چاه در سازند	2	۳۶	۱۱	۶	۳
وضعیت توسعه میدان/سازند (اکتشافی، در حال توسعه، در	در حال تولید	در حال تولید	در حال تولید	در حال تولید	در حال توسعه
نام لایه	D-1A, D-1B,	بورگان	داریان	خلیج	فهلیان
نام سازند	Shuaiba	کژدمی	داریان	گدوان	فهلیان
نام میدان	سلمان	نوروز	نوروز	نوروز	نوروز
نوع میدان (نفتی-گازی)	نفتی	نفتی	نفتی	نفتی	نفتی
موقعیت (دریایی - خشکی)	دریایی	دریایی	دریایی	دریایی	دریایی
ردیف		۳			

اولویت	3	3	5	5	3
گروه بندی فنی	2	2	3	3	2
میزان اطلاعات	2	2	2	2	2
توضیحات	در حال تولید	در حال تولید	ضخامت ستون هیدروکربنی در		
مشکلات تولیدی چاهها (اسفالتین، افت فشار جاه، افت فشار					
وضعیت شکستگیها (نحدود – متوسط –					
آزمایشات و مطالعات ژئو مکانیکی (دارد- ندارد)	ندارد	ندارد			
نمودارهای پیشرفته (تصویری، NMR، DSI، ...)	ندارد	ندارد			
نمونه های مغزه و آزمایشات RCAl /SCAL	دارد	دارد	دارد	دارد	دارد
تراوایی متوسط سازند ((mD		۰،۱۵	۲۳۴۲	۷۵۹۸	۱،۵۸
اشباع آب متوسط سازند		21			
تخلخل متوسط سازند		۱۲	۲۸،۵	۲۹،۸	۱۳
لیتولوژی غالب سازند (نوع سنگ)	ماسه سنگی	کربناته	کربناته	ماسه سنگی	کربناته
نوع تکمیل بخش مخزنی چاه (مشبک کاری یا حفره باز یا		NA			
بازه فشار سر جاهی چاهها					
بازه دبی تولید چاهها	۸۰۰	۴۰۰۰			
وضعیت تولید آب همراه (برش آب) ٪					
H2S (ppm)					
آسفالت					
GOR					
ویسکوزیته					
SG					
API	۲۱	۳۱،۵			
نوع سیال سازند (گاز خشک، گاز مرطوب، نفت فرار، نفت	نفت	نفت	نفت	نفت	نفت
دما F		۲۱۵			
فشار Psi		۴۷۰۰			
عمق سازند m	۲۲۰۰	۲۷۰۰			
نوع حفاری چاهها (عمودی، افقی، انحرافی)			عمودی-افقی	عمودی	عمودی
تعداد چاه در سازند	۱	۴			
وضعیت توسعه میدان/سازند (اکتشافی، در حال توسعه، در	اکتشافی	اکتشافی	در حال تولید	در حال تولید	در حال تولید
نام لایه		رتاوی زیرین و	غار	بورگان	داریان
نام سازند	گدوان	فهلیان	آسماری	کژدمی	داریان
نام میدان	اسفندیار	اسفندیار	سروش	سروش	سروش
نوع میدان (نفتی-گازی)	نفتی	نفتی	نفتی	نفتی	نفتی
موقعیت (دریایی - خشکی)	دریایی	دریایی	دریایی	دریایی	دریایی
ردیف	۴		۵		

اولویت	3	3	5	3
گروه بندی فنی	2	2	3	2
میزان اطلاعات	2	2	2	2
توضیحات				
مشکلات تولیدی چاهها (اسفالتین، افت فشار چاه، افت فشار				
وضعیت شکستگیها (نحدود – متوسط –				
آزمایشات و مطالعات ژئو مکانیکی (دارد- ندارد)				
نمودارهای پیشرفته (تصویری، NMR، DSI، ...)				
نمونه های مغزه و آزمایشات RCAl /SCAL	دارد	دارد		
تراوایی متوسط سازند ((mD	۰,۳۵	۱,۱۸		۳
اشباع آب متوسط سازند				
تخلخل متوسط سازند	۱۳	۵,۳۸		۳۰
لیتولوژی غالب سازند (نوع سنگ)	کربناته	کربناته	کربناته	ماسه سنگی
نوع تکمیل بخش مخزنی چاه (مشبک کاری یا حفره باز یا				
بازه فشار سر جاهی چاهها				
بازه دبی تولید چاهها				
وضعیت تولید آب همراه (برش آب) ٪			۹۸	
H2S (ppm)				
آسفالت				
GOR				
ویسکوزیته				
SG				
API				۲۷
نوع سیال سازند (گاز خشک، گاز مرطوب، نفت فرار، نفت	نفت	نفت	نفت	نفت
دما F				
فشار Psi				
عمق سازند m			۲۷۳۰	۸۱۵
نوع حفاری چاهها (عمودی، افقی، انحرافی)	عمودی	عمودی	عمودی	
تعداد چاه در سازند			۶	
وضعیت توسعه میدان/سازند (اکتشافی، در حال توسعه، در	در حال تولید	در حال تولید	اکتشافی	در حال تولید
نام لایه	خلیج	فهلیان	میشریف	ماسه سنگ اهواز
نام سازند	گدوان	فهلیان	سروک	آسماری
نام میدان	سروش	سروش	نصرت	ابوذر
نوع میدان (نفتی-گازی)	نفتی	نفتی	نفتی	نفتی
موقعیت (دریایی - خشکی)	دریایی	دریایی	دریایی	دریایی
ردیف			۶	۷

لیست میادین بدون اطلاعات

ردیف	موقعیت (دریایی - خشکی)	نوع میدان (نفتی- گازی)	نام میدان	نام سازند	نام لایه	وضعیت توسعه میدان/سازند		ردیف	موقعیت (دریایی - خشکی)	نوع میدان (نفتی-گازی)	نام میدان	نام سازند	نام لایه	وضعیت توسعه میدان/سازند
۱	دریایی	گازی	سلمان	کنگان- دالان		تولیدی قدیمی		۵۸	خشکی	نفتی	دارا	فهلیان-گدوان:نفت		
	دریایی	گازی	سلمان	فراقون		اکتشافی			خشکی	نفتی	دارا	گدوان-داریان:گاز		
۲	خشکی	نفتی	دارخوین	بنگستان	ایلام-سروک	اکتشافی		۵۹	خشکی	نفتی	قلعه نار	آسماری		در حال توسعه
۳	دریایی	نفتی	هندیجان						خشکی	نفتی	قلعه نار	بنگستان		در حال توسعه
۴	دریایی	نفتی	فردوسی					۶۰	خشکی	نفتی	زیلایی	آسماری		در حال توسعه
۵	دریایی	نفتی	دورود						خشکی	نفتی	زیلایی	بنگستان		در حال توسعه
۶	دریایی	نفتی	رسالت					۶۱	خشکی	نفتی	لب سفید	بنگستان		
۷	دریایی	نفتی	رشادت					۶۲	خشکی	نفتی	مشتاق	آسماری		
۸	دریایی	نفتی	سیری					۶۳	خشکی	گازی	تنگ بیجار و کمانکوه	سروک		در حال تولید
۹	دریایی	نفتی	بلال	سروک	سروک	در حال تولید		۶۴	خشکی	گازی	گنبدلی			
	دریایی	نفتی	بلال	داریان	داریان	در حال تولید		۶۵	خشکی	گازی	نار	گروه دهرم		در حال تولید
	دریایی	نفتی	بلال	بخش بالایی سورمه	عرب	در حال تولید		۶۶	خشکی	گازی	کنگان	گروه دهرم		در حال تولید
۱۰	دریایی	نفتی	دنا					۶۷	خشکی	گازی	آغار	دالان		در حال تولید
۱۱	دریایی	نفتی	سیوند						خشکی	گازی	آغار	دشتک		در حال تولید
۱۲	دریایی	نفتی	آرش	گدوان	گدوان	اکتشافی		۶۸	خشکی	گازی	دالان			در حال تولید
	دریایی	نفتی	آرش	فهلیان	فهلیان	اکتشافی		۶۹	خشکی	گازی	سرخون	مخزن گوری-بازده		در حال تولید
۱۳	دریایی	نفتی	فرزام						خشکی	گازی	سرخون	جهرم		در حال تولید
۱۴	دریایی	نفتی	فروزان			در حال تولید			خشکی	گازی	سرخون	رازک		در حال تولید

ردیف	موقعیت (دریایی - خشکی)	نوع میدان (نفتی- گازی)	نام میدان	نام سازند	نام لایه	وضعیت توسعه میدان/سازند
	دریایی	نفتی	فروزان			در حال تولید
۱۵	دریایی	نفتی	فرزاد A			
۱۶	دریایی	نفتی	فرزاد B			
۱۷	دریایی	نفتی	هنگام			
۱۸	دریایی	نفتی	مبارک			
۱۹	دریایی	گازی	نصرت	دالان و کنگان	K1-K4	اکتشافی
۲۰	دریایی	نفتی	ابوذر	آسماری	غار	
	دریایی	نفتی	ابوذر		دمام	
	دریایی	نفتی	ابوذر		بورگان	
۲۱	خشکی	نفتی	پازنان	سروک	سروک	در حال تولید
۲۲	خشکی	نفتی	جلینگر	آسماری	آسماری	
۲۳	خشکی	نفتی	نام آوران	آسماری		اکتشافی
۲۴	خشکی	نفتی	نفت‌شهر	آسماری		در حال تولید
۲۵	خشکی	نفتی	اهواز	خامی		در حال تولید
۲۶	خشکی	نفتی	آب تیمور	ایلام		در حال تولید
	خشکی	نفتی	آب تیمور	سروک		در حال تولید
۲۷	خشکی	نفتی	بالارود	آسماری		در حال تولید
۲۸	خشکی	نفتی	بی‌بی‌حکیمه	آسماری		تولیدی قدیمی
	خشکی	نفتی	بی‌بی‌حکیمه	بنگستان		تولیدی قدیمی
	خشکی	نفتی	بی‌بی‌حکیمه	خامی		
۲۹	خشکی	نفتی	پارسی	آسماری		تولیدی قدیمی
۳۰	خشکی	نفتی	پرنج	آسماری		

ردیف	موقعیت (دریایی - خشکی)	نوع میدان (نفتی-گازی)	نام میدان	نام سازند	نام لایه	وضعیت توسعه میدان/سازند
۷۰	خشکی	گازی	گشوی	سروک		در حال تولید
	خشکی	گازی	گشوی	پابده		در حال تولید
	خشکی	گازی	گشوی	آسماری		در حال تولید
۷۱	خشکی	گازی	تابناک	دشتک		در حال تولید
	خشکی	گازی	تابناک	کنگان		در حال تولید
	خشکی	گازی	تابناک	دالان	بالایی	در حال تولید
۷۲	خشکی	گازی	وراوی	دشتک		در حال تولید
	خشکی	گازی	وراوی	کنگان		در حال تولید
	خشکی	گازی	وراوی	دالان		در حال تولید
۷۳	خشکی	گازی	شانول	دشتک		در حال تولید
	خشکی	گازی	شانول	کنگان		در حال تولید
	خشکی	گازی	شانول	دالان		در حال تولید
۷۴	خشکی	گازی	هما	دشتک		در حال تولید
	خشکی	گازی	هما	کنگان		در حال تولید
	خشکی	گازی	هما	دالان		در حال تولید
۷۵	خشکی	گازی	دی	گروه دهرم		در حال توسعه
۷۶	خشکی	گازی	سفید زاخور	گروه دهرم		در حال توسعه
۷۷	خشکی	گازی	هالگان	گروه دهرم		در حال توسعه
۷۸	خشکی	گازی	سفید باغون	گروه دهرم		در حال توسعه
۷۹	خشکی	گازی	مدار			در حال توسعه
۸۰	خشکی	گازی	آغاجاری	داریان		در حال تولید
	خشکی	گازی	آغاجاری	فهلیان		در حال تولید

ردیف	موقعیت (دریایی - خشکی)	نوع میدان (نفتی- گازی)	نام میدان	نام سازند	نام لایه	وضعیت توسعه میدان/سازند		ردیف	موقعیت (دریایی - خشکی)	نوع میدان (نفتی-گازی)	نام میدان	نام سازند	نام لایه	وضعیت توسعه میدان/سازند
۳۱	خشکی	نفتی	توسن	ایلام		در حال تولید		۸۱	خشکی	گازی	مارون	مخزن خامی		در حال تولید
	خشکی	نفتی	توسن	گدوان		در حال تولید		۸۲	خشکی	گازی	پازنان	آسماری		در حال توسعه
	خشکی	نفتی	توسن	فهلیان		در حال تولید		۸۳	خشکی	گازی	خیام			در حال توسعه
۳۲	خشکی	نفتی	رامین	بنگستان		در حال تولید		۸۴	خشکی	گازی	ارم			
	خشکی	نفتی	رامین	آسماری		در حال تولید		۸۵	خشکی	گازی	سورو	گدوان		در حال توسعه
۳۳	خشکی	نفتی	عسلویه شرقی	کنگان- دالان		در حال تولید			خشکی	گازی	سورو	داریان		در حال توسعه
۳۴	خشکی	نفتی	گچساران	آسماری		تولیدی قدیمی		۸۶	دریایی	گازی	رام			در حال تولید
	خشکی	نفتی	گچساران	بنگستان		تولیدی قدیمی		۸۷	خشکی	گازی	مختار			اکتشافی
	خشکی	نفتی	گچساران	خامی		اکتشافی		۸۸	دریایی	گازی	پارس شمالی	کنگان و دالان	K1 K2	در حال تولید
۳۵	خشکی	نفتی	آزادگان	ایلام		اکتشافی			دریایی	گازی	پارس شمالی	کنگان و دالان	K3	در حال تولید
۳۶	خشکی	نفتی	کرنج	بنگستان		اکتشافی			دریایی	گازی	پارس شمالی	کنگان و دالان	و دالان زیرینK4	در حال تولید
	خشکی	نفتی	کرنج	خامی		اکتشافی		۸۹	دریایی	گازی	پارس جنوبی	کنگان و دالان	K1 K2	در حال تولید
۳۷	خشکی	نفتی	مارون	آسماری		در حال تولید			دریایی	گازی	پارس جنوبی	سورمه	K3	در حال تولید
	خشکی	نفتی	مارون	بنگستان		در حال تولید			دریایی	گازی	پارس جنوبی		K4	در حال تولید
	خشکی	نفتی	مارون	خامی		در حال تولید		۹۰	دریایی	گازی	گلشن	دالان		در حال توسعه
۳۸	خشکی	نفتی	مسجد سلیمان	آسماری		در حال تولید			دریایی	گازی	گلشن	فراقان		در حال توسعه
۳۹	خشکی	نفتی	منصورآباد	آسماری		در حال تولید			دریایی	گازی	گلشن	کنگان		در حال توسعه
	خشکی	نفتی	منصورآباد	بنگستان		در حال تولید		۹۱	دریایی	گازی	فردوسی	کنگان		در حال توسعه
۴۰	خشکی	نفتی	هفتکل	آسماری		در حال تولید			دریایی	گازی	فردوسی	دالان		در حال توسعه
۴۱	خشکی	نفتی	یادآوران	سروک		در حال تولید		۹۲	دریایی	گازی	سلمان	گروه دهرم		در حال تولید
	خشکی	نفتی	یادآوران	فهلیان		در حال تولید		۹۳	دریایی	گازی	لاوان	گروه دهرم		در حال تولید

ردیف	موقعیت (دریایی - خشکی)	نوع میدان (نفتی-گازی)	نام میدان	نام سازند	نام لایه	وضعیت توسعه میدان/سازند		ردیف	موقعیت (دریایی - خشکی)	نوع میدان (نفتی-گازی)	نام میدان	نام سازند	نام لایه	وضعیت توسعه میدان/سازند
۴۲	خشکی	نفتی	مغان	زیوه یا زیور		اکتشافی		۹۴	دریایی	گازی	قشم			
۴۳	خشکی	نفتی	البرز قم	سازند قم		در حال توسعه		۹۵	دریایی	گازی	آرش			اکتشافی
۴۴	خشکی	نفتی	سراجه قم	سازند قم		در حال توسعه		۹۶	دریایی	گازی	کیش	گروه دهرم		اکتشافی
۴۵	دریایی	نفتی	سردار جنگل					۹۷	دریایی	گازی	فرزاد A			اکتشافی
۴۶	خشکی	نفتی	سوسنگرد	آسماری		در حال توسعه		۹۸	دریایی	گازی	فرزاد B			اکتشافی
	خشکی	نفتی	سوسنگرد	کژدمی		در حال توسعه		۹۹	دریایی	گازی	بلال	دالان		اکتشافی
	خشکی	نفتی	سوسنگرد	فهلیان		در حال توسعه			دریایی	گازی	بلال	کنگان		اکتشافی
	خشکی	نفتی	سوسنگرد	ایلام و سروک		در حال توسعه		۱۰۰	دریایی	گازی	لاوان			در حال تولید
	خشکی	نفتی	سوسنگرد			در حال توسعه		۱۰۱	دریایی	گازی	رشادت			اکتشافی
۴۷	خشکی	نفتی	اروند	فهلیان		در حال تولید		۱۰۲	دریایی	گازی	گورزین	آسماری		در حال تولید
۴۸	خشکی	نفتی	امید	فهلیان/داریان/سروک		اکتشافی			دریایی	گازی	گورزین	سروک		در حال تولید
۴۹	خشکی	نفتی	خرمشهر	فهلیان					دریایی	گازی	گورزین	فهلیان		در حال تولید
۵۰	خشکی	نفتی	زاغه	پابده		در حال تولید		۱۰۳	دریایی	گازی	مبارک			
۵۱	خشکی	نفتی	نرگسی	آسماری		در حال تولید		۱۰۴	دریایی	گازی	هامون			در حال توسعه
	خشکی	نفتی	نرگسی	سروک				۱۰۵	دریایی	گازی	فارو			
	خشکی	نفتی	نرگسی	جهرم				۱۰۶	دریایی	گازی	هنگام	ایلام		
۵۲	خشکی	نفتی	رامشیر	آسماری		در حال تولید			دریایی	گازی	هنگام	سروک		
	خشکی	نفتی	رامشیر	بنگستان		در حال تولید		۱۰۷	دریایی	گازی	سردار جنگل			اکتشافی
۵۳	خشکی	نفتی	کبود	آسماری		در حال تولید		۱۰۸	دریایی	گازی	چالوس			اکتشافی
	خشکی	نفتی	کبود	بنگستان		در حال تولید								

ردیف	موقعیت (دریایی - خشکی)	نوع میدان (نفتی- گازی)	نام میدان	نام سازند	نام لایه	وضعیت توسعه میدان/سازند		ردیف	موقعیت (دریایی - خشکی)	نوع میدان (نفتی-گازی)	نام میدان	نام سازند	نام لایه	وضعیت توسعه میدان/سازند
۵۴	خشکی	نفتی	گلخاری	آسماری		در حال تولید								
	خشکی	نفتی	گلخاری	جهرم		در حال تولید								
۵۵	خشکی	نفتی	رودک	آسماری		در حال تولید								
۵۶	خشکی	نفتی	چهاربیشه	آسماری/خامی		در حال تولید								
۵۷	خشکی	نفتی	میلاتون											