





دانشکده معدن، نفت و ژئوفیزیک

رشته نفت گرایش اکتشاف

پایان نامه کارشناسی ارشد

**تحلیل عدم قطعیت در شناسایی مناطق تولید هیدروکربن با استفاده از تئوری**

**دمپستر-شیفر**

نگارنده: امید رمضانی

استاتید راهنما

دکتر ابوالقاسم کامکار روحانی

دکتر بهزاد تخم چی

استاد مشاور

پدرام مسعودی

شهریور ۱۳۹۵

شماره: ۹۶۹۵/۱۸۱۴  
 تاریخ: ۹۱/۷/۲۶  
 ویرایش:

بسمه تعالی



مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره ۷: صورتجلسه نهایی دفاع از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم / آقای امید رمضانی به شماره دانشجویی ۹۲۰۷۲۴۴ رشته مهندسی نفت گرایش اکتشاف نفت تحت عنوان تحلیل عدم قطعیت در شناسایی مناطق تولید کننده با استفاده از نظریه دمپستر شیفر که در تاریخ ۱۳۹۵/۰۶/۱۸ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

قبول (با درجه):  خوب - امتیاز: ۱۷/۱۵  دفاع مجدد  مردود

نوع تحقیق:  نظری  عملی

۱- عالی (۲۰-۱۹)

۲- بسیار خوب (۱۸/۹۹-۱۸)

۳- خوب (۱۶-۱۷/۹۹)

۴- قابل قبول (۱۵/۹۹-۱۴)

۵- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنمای اول	دکتر ابوالقاسم کامکار روحانی	دانشیار	
۲- استاد راهنمای دوم	دکتر بهزاد تخم چی	دانشیار	
۳- استاد مشاور	مهندس پدram مسعودی	دانشجوی دکتری	
۴- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	دکتر مهرداد سلیمانی	استادیار	
۵- استاد ممتحن اول	دکتر محمد عطایی	استاد	
۶- استاد ممتحن دوم	دکتر سید رضا قوامی ریایی	دانشیار	

نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده:

تاریخ و امضاء و مهر دانشکده:



آنان که محیط فضل و آداب شدند

در جمع کمال شمع اصحاب شدند

ره زین شب تاریک نبروند برون

گفتند فسانه ای و در خواب شدند

دل گرچه در این بادیه بسیار شگافت

یک موی ندانست و بسی موی شگافت

اندر دل من هزار خورشید بتافت

آخر به کمال ذره ای راه نیافت

## شکر و قدردانی

بر خود لازم می‌دانم تا مراتب سپاس را از بزرگوارانی به جا آورم که اگر دست یاریگیرشان نبود، هرگز مسیر آموزش، پژوهش و انجام این پایان نامه طی نمی‌شد. از اساتید کراتقدرم جناب آقایان دکتر ابوالقاسم کامکار روحانی و دکتر بهزاد تخم‌چی که زحمات راهنمایی این پایان نامه را بر عهده داشته و پژوهش و اخلاق علمی را به من آموختند، خالصانه سپاسگزارم.

از جناب آقای مهندس پدرام مسعودی مشاور محترم، به پاس مشورت‌های ارزنده در تمام مراحل این پایان نامه قدردانی می‌نمایم. از دوست کراتقدر جناب آقای مهندس مجید مرادی بخاطر همراهی و بهیاری در انجام این پژوهش صمیمانه سپاسگزارم. در نهایت، از راهنمایی‌ها و زحمات بی‌دریغ دوستان و اساتید کراتقدر دکتر عطایی، دکتر قوامی، دکتر سلیمانی، افشین فرزانه و تمام عزیزانی که به هر طریق یاری‌گر بنده تحسیر بودند کمال شکر را دارم.

## تعهد نامه

اینجانب امید رمضانی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی نفت دانشکده معدن، نفت و ژئوفیزیک دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه با عنوان " تحلیل عدم قطعیت در شناسایی مناطق تولید هیدروکربن با استفاده از نظریه دمپستر - شیفر " تحت راهنمایی اساتید گرامی جناب آقایان دکتر ابوالقاسم کامکار و دکتر بهزاد تخمچی و مشاوره جناب آقای مهندس پدرام مسعودی متعهد می شوم.

- تحقیقات این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهش‌های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارایه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج با نام "دانشگاه صنعتی شاهرود" و یا "Shahrood University of Technology" به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده‌اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می‌گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته و یا استفاده شده است اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاقی انسانی رعایت شده است.

➤ ۹۵/۰۶/۱۰

➤ امید رمضانی

### مالکیت نتایج و حق نشر

کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه‌های رایانه‌ای، نرم‌افزار و تجهیزات ساخته شده) متعلق به دانشگاه شاهرود می‌باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود. استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

## چکیده

شناسایی زون‌های تولید کننده‌ی هیدروکربن و جدایش مرز بین آب و نفت به منظور سوراخکاری و بهره‌برداری از چاه‌های نفت، یکی از مراحل کلیدی در مهندسی نفت به شمار می‌آید. برای این منظور معمولاً از روش اعمال حد برش بر روی پارامترهای پتروفیزیکی همچون تخلخل، حجم شیل و اشباع شدگی استفاده می‌شود، که داری خطاست. علاوه بر این یکی از مسائل مهم در مهندسی، عدم قطعیت و مقدار اطمینان به پاسخ است. در این پایان‌نامه با رویکردی نوین زون‌های تولید کننده‌ی هیدروکربن سازند مخزنی سروک در یکی از میادین نفتی جنوب غربی ایران مورد بررسی قرار گرفته و شناسایی گردیدند. بدین منظور در مرحله نخست خواص مخزنی این سازند شامل تخلخل، تراوایی، حجم شیل و اشباع‌شدگی به عنوان فاکتورهای اصلی کنترل کننده‌ی تولید هیدروکربن در این میدان تعیین گردید. در مرحله بعد مطابق با روش متداول و اعمال حد برش بر فاکتورهای پتروفیزیکی مناطق تولیدی مشخص گردید. سپس با استفاده از نظریه‌ی احتمالات شرطی بیزین و نظریه شواهد به عنوان نظریات مطرح در ترکیب اطلاعات اقدام به ارزیابی و تعیین این مناطق گردید. مقایسه نتایج حاصل با نتایج به دست آمده از آزمایش چاه نشان داده است که با تکیه بر ترکیب اطلاعات شناسایی مناطق تولیدی با دقت بالاتری انجام می‌گیرد. همچنین با استفاده از نظریه شواهد علاوه بر دستیابی به این مهم با مشخص نمودن عدم قطعیت موجود در نتایج امکان مدل‌سازی دقیق‌تر مخزن فراهم می‌گردد و اطمینان به نتایج به دست آمده نیز قابل بررسی به صورت کمی خواهد بود.

کلمات کلیدی: زون تولید، ترکیب اطلاعات، نظریه‌ی احتمالات شرطی بیزین، دمپستر- شيفر، عدم

قطعیت

## فهرست مطالب

تشکر و قدردانی.....	ز.....
چکیده.....	ش.....
فصل اول: کلیات.....	۱.....
۱-۱ طرح مسأله.....	۱.....
۳-۱ تعریف زون تولید.....	۵.....
۴-۱ عدم قطعیت.....	۷.....
۱-۱-۱ انواع عدم قطعیت.....	۸.....
۲-۴-۱ خطا و عدم قطعیت.....	۱۰.....
۵-۱ میدان و داده‌ها.....	۱۱.....
۱-۵-۱ معرفی میدان.....	۱۱.....
۲-۵-۱ معرفی سازند مخزنی سروک.....	۱۲.....
۳-۵-۱ داده‌ها.....	۱۵.....
۶-۱ ضرورت انجام پایان‌نامه.....	۱۶.....
۷-۱ اهداف پژوهش.....	۱۶.....
۸-۱ ساختار پژوهش.....	۱۶.....
فصل دوم: روش‌شناسی.....	۱۹.....
۱-۲ مقدمه.....	۲۰.....
۲-۲ لزوم ترکیب اطلاعات.....	۲۱.....
۳-۲ مختصری از مرور ادبیات ترکیب اطلاعات.....	۲۲.....



- ۲۴-۲ فنون ترکیب اطلاعات..... ۲۴
- ۲۴-۲-۱ فنون متداول..... ۲۴
- ۲۴-۲-۱-۱ پارامترهای آماری..... ۲۴
- ۲۵-۲-۱-۲ نظریه‌ی احتمالات شرطی بیزین..... ۲۵
- ۲۵-۲-۱-۳ روش میانگین وزنی مرتب..... ۲۵
- ۲۵-۲-۲ فنون هوشمند..... ۲۵
- ۲۶-۲-۱-۲ شبکه‌ی عصبی مصنوعی..... ۲۶
- ۲۶-۲-۲-۲ انتگرال‌های فازی..... ۲۶
- ۲۷-۲-۳ فنون ترکیبی..... ۲۷
- ۲۷-۲-۵ فنون استفاده شده در این پایان‌نامه..... ۲۷
- ۲۷-۲-۵-۱ روش مبتنی بر حد برش(روش متداول)..... ۲۷
- ۲۹-۲-۵-۲ نظریه‌ی احتمالات شرطی بیزین..... ۲۹
- ۳۰-۲-۵-۳ دمپستر-شیفر..... ۳۰
- ۳۰-۲-۵-۳-۱ مروری بر تاریخچه تئوری دمپستر-شیفر..... ۳۰
- ۳۲-۲-۵-۳-۲ نظریه دمپستر-شیفر(شواهد): مفهوم و نمادگذاری..... ۳۲
- ۳۵-۲-۶ اندازه‌گیری دقت روش‌های استفاده شده..... ۳۵
- ۳۷ فصل سوم: شناسایی زون‌های تولید هیدروکربن و تعیین عدم قطعیت..... ۳۷
- ۳۸-۱-۳ مقدمه..... ۳۸
- ۳۸-۲-۳ نتایج روش حد برش..... ۳۸
- ۴۳-۳-۳ نتایج روش بیزین..... ۴۳

انتخاب متغیرهای ورودی الگوریتم احتمالات شرطی ۱-۳-۳.....	۴۳
نتایج بیزین در حالت آموزش در چاه سه.....	۴۸
نتایج روش بیزین در حالت آموزش در چاه چهار.....	۵۲
نتایج روش دمپستر-شیفر.....	۵۶
فصل چهارم: زون بندی تولیدی مخزن و جمع بندی نتایج.....	۶۱
۱-۴ زون بندی تولیدی مخزن.....	۶۲
۲-۴ تطابق عمقی زون های تولید در چاه ها.....	۶۳
فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات.....	۶۷
۱-۵ نتیجه گیری.....	۶۸
۱-۱-۵ مزایای نظریه ی شواهد.....	۶۸
۲-۱-۵ معایب نظریه ی شواهد.....	۶۹
۲-۵ پیشنهادات.....	۷۰
منابع و مأخذ.....	۷۱

## ظ فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱ چگونگی ارتباط مفاهیم زون‌بندی مخزنی ..... ۶
- شکل ۲-۱ نتیجه‌ی نادیده گرفتن عدم قطعیت در محاسبات ..... ۹
- شکل ۳-۱ انواع مختلف خطا و تاثیر آنها بر اندازه‌گیری یا نتایج آزمون و عدم قطعیت آن ..... ۱۰
- شکل ۴-۱ نقشه هم‌عمق (UGC) سازند سروک و موقعیت نسبی چاه‌های مورد مطالعه (الف)، مقطع عرضی لرزه‌ای که در آن دره‌های فرسایشی انتهایی تورونین نشان داده شده است (ب)، تفسیر مقطع لرزه‌ای و تعیین بخش‌های مختلف سازند سروک در میدان (ج) ..... ۱۲
- شکل ۵-۱ ستون چینه‌شناسی رسوبات کرتاسه در جنوب غرب ایران و کشورهای مجاور. موقعیت میدان مورد مطالعه به صورت نسبی به نمایش درآمده است ..... ۱۴
- شکل ۱-۲ مراحل روش مبتنی بر حد برش ..... ۲۸
- شکل ۲-۲ شماتیک کلی الگوریتم تصمیم‌گیری بر اساس نظریه‌ی شواهد ..... ۳۵
- شکل ۳-۲ نمایش یک ماتریس تداخل که طبق آن طبقه‌بندی‌کننده دسته‌ی اول را با دقت ۹۴٪، دسته‌ی دوم را با دقت ۵۰٪ و دسته‌ی سوم را با دقت ۱۰٪ طبقه‌بندی نموده است ..... ۳۶
- شکل ۱-۳ دقت تخمین‌گر تخلخل (الف) داده‌های آموزش (ب) داده‌های آزمون (ج) داده‌های اعتبارسنجی (د) کل داده‌ها ..... ۳۹
- شکل ۲-۳ ماتریس تداخل و CCR در چاه‌های میدان نفتی مورد مطالعه ..... ۴۱
- شکل ۳-۳ نمودار تولید در چاه‌های مختلف بر اساس نتایج حاصل از اعمال حد برش ..... ۴۲
- شکل ۴-۳ زون‌بندی چاه‌ها بر مبنای خواص تولیدی ..... ۴۲
- شکل ۵-۳ نمایش چگونگی همبستگی متغیرهای پتروفیزیکی در کل داده‌های میدان مورد مطالعه. همبستگی‌های بالای ۸۰٪ با خط تحتانی مشخص شده‌اند ..... ۴۴
- شکل ۶-۳ نمودارهای متغیرهای چاه سه ..... ۴۵

- شکل ۳-۷ شبکه‌های بیزین ساخته شده توسط الگوریتم K2 برای هر چاه..... ۴۷
- شکل ۳-۸ ماتریس‌های طبقه‌بندی و میزان صحت طبقه‌بندی زون تولید توسط روش بیزین (آموزش دیده در چاه سه) به تفکیک چاه..... ۵۰
- شکل ۳-۹ تطابق عمقی از لحاظ وضعیت زون تولید در طول میدان برحسب روش بیزین آموزش دیده در چاه سه..... ۵۱
- شکل ۳-۱۰ ماتریس‌های طبقه‌بندی و میزان صحت طبقه‌بندی زون تولید توسط روش بیزین (آموزش در چاه چهار) به تفکیک چاه..... ۵۳
- شکل ۳-۱۱ تطابق عمقی از لحاظ وضعیت زون تولید در طول میدان برحسب روش بیزین آموزش دیده در چاه چهار..... ۵۵
- شکل ۳-۱۲ نتایج اعمال روش دمپستر-شیفر در شناسایی زون تولید به تفکیک چاه..... ۵۷
- شکل ۳-۱۳ نتایج روش دمپستر-شیفر به همراه عدم قطعیت آن‌ها در چاه‌های یک، دو و سه..... ۵۸
- شکل ۳-۱۴ نتایج روش دمپستر-شیفر به همراه عدم قطعیت آن‌ها در چاه‌های چهار، پنج و شش..... ۵۹
- شکل ۳-۱۵ زون‌های تولیدی بر مبنای روش دمپستر- شیفر در چاه‌های میدان نفتی مورد مطالعه..... ۶۰
- شکل ۴-۱ زون‌های تولیدی مخزن سروک بر مبنای کیفیت از A تا G تغییر می‌کنند..... ۶۲
- شکل ۴-۲ زون‌بندی تولیدی چاه‌های میدان نفتی مورد مطالعه با روش حد برش..... ۶۳
- شکل ۴-۳ زون‌بندی تولیدی چاه‌های میدان نفتی مورد مطالعه با روش احتمالات شرطی بیزین ۳..... ۶۴
- شکل ۴-۴ زون‌بندی تولیدی چاه‌های میدان نفتی مورد مطالعه با روش احتمالات شرطی بیزین ۴..... ۶۴
- شکل ۴-۵ زون‌بندی تولیدی چاه‌های میدان نفتی مورد مطالعه با روش دمپستر-شیفر..... ۶۵
- شکل ۴-۶ تطابق عمقی زون‌های تولیدی سازند سروک در میدان نفتی مورد مطالعه..... ۶۶

فهرست جداول

جدول ۱-۱ چاه‌ها و داده‌های مورد استفاده..... ۱۵

جدول ۱-۳ مقادیر حد برش برای تعیین زون تولید در هر چاه..... ۴۰

جدول ۲-۳ وضعیت آزمون‌های چاه در شش چاه مورد بررسی..... ۴۴



## فصل اول

### کلیات

## ۱-۱ طرح مسأله

لازمه توسعه هدفمند و سودمند هر میدان نفتی در توانایی اشراف بر خصوصیات مخزنی آن میدان می‌باشد. چرا که هرگونه اطلاعات از مخزن در مکان‌یابی چاه‌های تولیدی و همچنین تعیین محل دقیق هیدروکربن-های ذخیره شده و پیش‌بینی رفتار پتروفیزیکی آنها در مخزن کمک شایانی می‌کند، از طرفی تعیین و تفکیک زون‌های تولید هیدروکربن و آب نیز نقش بسیار مهمی در انتخاب بازه‌های بهره‌برداری و مشبک‌کاری دارد. ابزار در دسترس جهت ارزیابی این بخش‌ها داده‌های چاه‌آزمایی، مطالعات مغزه و نمودارهای چاه است.

روش‌های تعیین زون تولید را می‌توان به طور کلی به دو دسته‌ی مستقیم و غیرمستقیم تقسیم‌بندی کرد. در روش‌های مستقیم، زون تولید توسط مشاهده‌ی مایع مخزنی و دبی تولیدی تشخیص داده می‌شود (مانند آزمون چاه) درحالی‌که در روش‌های غیرمستقیم، تعیین زون تولید توسط تفسیر داده‌های ژئوفیزیکی یا پتروفیزیکی (چاه نمودارها) انجام می‌شود.

اما سوالی که در این میان مطرح می‌شود این است که مدل‌های ارائه شده بر پایه‌ی این دسته داده‌ها چقدر قابلیت اطمینان دارد؟ به عبارت دیگر نقص و ابهام موجود در اندازه‌گیری‌ها تا چه حد بر روی پاسخ مدل تأثیرگذار است؟ بدیهی است که داشتن معیاری از اطمینان و عدم قطعیت منجر به شناخت بهتر واقعیت‌های مخزن شده و ما را به سمت بهره‌برداری صحیح و بهینه از ذخایر سوق خواهد داد.

فرموله کردن شرایط عدم قطعیت از سال ۱۹۶۰ با کارهای پروفیسور لطفی‌زاده و منطق فازی و در سال ۱۹۶۸ به وسیله‌ی دمپستر با تئوری برآورد آغاز گردیده است.



## ۱-۲ مرور ادبیات زون تولید

به طور کلی، می‌توان تاریخچه‌ی تعیین زون تولید را به سه بخش تقسیم کرد: بخش اول، تعیین زون تولید توسط فنون حین حفاری (از ابتدای حفاری تا سال ۱۹۷۱). بخش دوم، از زمان اختراع سوندهای الکتریکی تا سال ۲۰۰۵. در این سال‌ها، تفسیر چاه نمودارهای پتروفیزیکی به صورت ساده و ابتدایی و فقط مبتنی بر دانش زمین‌شناسی انجام می‌شد. بخش سوم، از سال ۲۰۰۵ تاکنون که آن را می‌توان عصر ورود تحلیل‌های ریاضی و پیچیده به تفسیر نمودارهای پتروفیزیکی نامید. در ادامه، این تقسیم بندی مختصراً توضیح داده می‌شود.

**الف. بخش اول (تا سال ۱۹۷۱):** احتمالاً روش‌های مستقیم در تعیین زون تولید، قدمت بیشتری نسبت به روش‌های غیرمستقیم دارند. دو روش مستقیم گازسنجی و فلوتور سنجی از قدیمی‌ترین روش‌های تعیین زون تولید هستند (Connel et al., 1968; Millikan, 1925). در این دو روش، زون تولید توسط آزمایش بر روی نمونه‌ی مایع مخزنی خارج شده از چاه تعیین می‌شود. روش‌های آزمایش تولید چاه، ساق مته و سایر آزمایش‌های چاه از دیگر روش‌های متداول تعیین زون تولید هستند که از قدیم مورد استفاده قرار می‌گرفته است (Matthews and Russell, 1967).

**بخش دوم (۱۹۷۱-۲۰۰۵):** دسته‌ی روش‌های غیرمستقیم در تعیین زون تولید، مبتنی بر تفسیر چاه نمودارها بر اساس روابط پتروفیزیکی و سایر روش‌های تحلیلی است. از جمله تحقیقات انجام شده در این زمینه عبارتند از: در سال ۱۹۷۱، اشنایدر توسط ترکیب نمودارهای مقاومت و گاما، به تعیین زون تولید پرداخت (Snyder, 1971). فلاور در سال ۱۹۸۳، نمودارهای مقاومت و امواج صوتی برشی را به کار گرفت تا زون تولید را تعیین کند (Flower, 1983). در تحقیقی دیگر، یکی از محققان به معرفی وسیله‌ای پرداختند که فشار مخزن را می‌سنجد و کاربرد آن را در تعیین سریع زون تولید معرفی کردند (Cooke-Yarborqugh, 1984).

در مقاله‌ای دیگر در سال ۱۹۹۸، تعیین زون‌های تولید گاز با قدرت تفکیک‌پذیری پایین بررسی شد و یک مجموعه‌ی داده‌ی ترکیبی برای تفکیک این زون‌های تولید گاز پیشنهاد شد که شامل چاه نمودارهای متداول، فشار موئینگی مغزه‌ها و تفاسیر نمودارهای تصویری بود (Deakin and Manan, 1998). در تحقیقی دیگر روی زون‌های تولید با شدت مقاومت پایین، ورتینگتن این زون‌ها را با توجه به ویژگی‌های اساسی زمین‌شناسی، به شش دسته تقسیم بندی نمود. همچنین، الگوریتمی واحد برای تشخیص زون‌های تولید با مقاومت پایین ارائه نمود (Worthington, 2000).

**بخش سوم (۲۰۰۵ تاکنون):** متداول‌ترین روش تعیین زون‌های تولید، مبتنی بر حدبرش متغیرهای پتروفیزیکی است. در سال ۲۰۰۵، ورتینگتن و کاستینو مطالعه‌ای جامع بر روی نقش حدبرش‌ها بر روی تعیین زون تولید انجام دادند. آن‌ها با بررسی ۳۱ تحقیق انجام شده‌ی قبلی (بین سال‌های ۱۹۸۰ و ۲۰۰۲)، ترکیب‌های مختلفی از حدودبرش مختلف (تخلخل، درصد شیل، آب اشباع شدگی، تراوایی، مقاومت و شاخص تحرک هیدروکربن را که برای تعیین زون تولید استفاده شده‌اند را گردآوری کردند و نشان دادند که تعیین متغیرهای پتروفیزیکی باید متناسب با هدف استفاده از زون تولید باشد (Worthington and Cosentino, 2005).

لازم به ذکر است که تعیین زون تولید، کارایی‌های مختلفی دارد از جمله تعیین تراوایی موثر و تعیین حجم مخزن، مدل دینامیکی مخزن، تعیین سازوکار بازیابی مخزن و غیره (Svec and Grigg, 2000; Worthington and Cosentino, 2005). در سال ۲۰۰۶، یسن و منکه یک روش آماری برای تعیین حد برش‌ها ارائه کردند که با استفاده از آن، خطای تعیین نسبت زون تولید به بازه‌ی ناخالص به شدت کاهش می‌یابد. اهمیت به سزای این روش، در کاهش خطای تخمین حجم مخزن است چرا که با برابر قرار دادن خطاهای نوع اول و دوم، برآیند خطا را صفر می‌کند و در نتیجه خطای محاسبه کمینه می‌شود (Jensen and Menke, 2006).

ورتینگتن در سال ۲۰۰۸ در مقاله‌ای دیگر، حد برش دینامیکی را مطرح ساخت که توسط آن، حدبرش با توجه به استراتژی تولید تعیین می‌شود (Worthington, 2008). مجدداً ورتینگتن در سال ۲۰۱۰، یک مقاله‌ی بنیادین پیرامون زون‌های تولید نوشت و در آن تعاریف جامع و مانعی برای کل بازه‌ی سنگ<sup>۱</sup>، زون

---

1.gross rock

خالص ماسه‌ای<sup>۱</sup>، زون خالص مخزنی<sup>۲</sup> و زون خالص تولیدی<sup>۳</sup> ارائه کرد (Worthington, 2010) که همین تعریف، مبنای تعریف زون تولید در پایان‌نامه‌ی حاضر می‌باشد. (در این پایان‌نامه، برای تسهیل، به جای عبارت «زون خالص تولیدی»، از عبارت «زون تولیدی» استفاده شده است).

### ۳-۱ تعریف زون تولید

تعریف زون تولید در این پایان‌نامه مبتنی بر تعریفی است که ورتینگتن در سال ۲۰۱۰ ارائه کرده است (Worthington, 2010). در این مقاله، چهار مفهوم پایه‌ای مخازن نفتی: کل بازه‌ی سنگ، زون خالص ماسه‌ای، زون خالص مخزنی و زون خالص تولید تعریف شده‌اند. چگونگی ارتباط این زون‌ها در شکل ۱-۱ به صورت شماتیک آمده است.

• کل بازه‌ی سنگ: تمام محدوده‌ی مورد مطالعه است. چه قابلیت تولید داشته باشد و چه نداشته باشد.

زون خالص ماسه‌ای: بخشی از کل بازه‌ی سنگ که پتانسیل مخزن بودن را دارد. منظور بخش‌هایی است که از لحاظ سنگ‌شناسی قابلیت مخزن بودن را دارند هرچند که مخزن بالفعل نباشند. به طور خاص، محدوده‌های تبخیری در زون خالص ماسه قرار نمی‌گیرند و شیل‌ها در اکتشاف ذخایر متداول نیز در این زون قرار نمی‌گیرند (به علت توسعه‌ی این نام‌گذاری در مخازن ماسه‌سنگی، این زون، زون خالص ماسه‌ای نام گرفته است، شاید معادل آن در مخازن کربناته را بتوان زون خالص کربنات نامید که شامل تمام بخش‌های کربناته‌ی غیر متراکم است).

---

2. net sand

3. net reservoir

<sup>3</sup> . net pay

- زون خالص مخزنی: زیر مجموعه‌ای از زون خالص ماسه‌ای است که دارای مقادیر تخلخل و تراوایی مناسب برای تولید است.
- زون خالص تولید: به بخشی از زون خالص مخزنی گویند که حداقل میزان اشباع شدگی از هیدروکربور که برای تولید مناسب باشد را داشته باشد. به عبارت دیگر، این زون مخزن تولید کننده‌ی نفت به صورت بالفعل است. برای اختصار، این زون در این پایان‌نامه، زون تولید نامیده شده است.

کل بازه‌ی سنگ	زون خالص ماسه‌ای	زون خالص مخزنی	زون تولید
کل بازه‌ی مورد مطالعه	مخزن محتمل	مقادیر قابل قبول تخلخل و تراوایی موجود است	مقادیر قابل توجه اشباع شدگی از هیدروکربن موجود است
			مقادیر کم هیدروکربن
		مقادیر تخلخل و تراوایی کم است	
		غیر مخزنی: تبخیری‌ها، گل سنگ‌ها، پی سنگ بدون شکستگی	

شکل ۱-۱ چگونگی ارتباط مفاهیم زون‌بندی مخزنی به اقتباس از (Worthington, 2010)

## ۴-۱ عدم قطعیت

عدم قطعیت به معنی نداشتن قطعیت است یا شرایطی است که به دلیل عدم دانش کافی امکان اظهار نظر قطعی در مورد شرایط موجود یا آینده وجود نداشته باشد. در حل مسائل مهندسی مشکلاتی به وجود می‌آید که ناشی از ماهیت اطلاعات مورد استفاده است. بر این اساس اطلاعات مورد استفاده در مسائل مهندسی را می‌توان به دو بخش تقسیم کرد. بخش اول که به آن‌ها اطلاعات قطعی<sup>۱</sup> یا مشخص گفته می‌شود، مشکلات کمی در حل مسائل ایجاد می‌کنند. در عوض بیشتر مشکلات در حل مسائل ناشی از بخش دوم است که به آن‌ها اطلاعات نامشخص<sup>۲</sup> گفته می‌شود. این اطلاعات به دلیل پیچیدگی سیستم مورد مطالعه، عدم آگاهی<sup>۳</sup>، عدم دقت<sup>۴</sup> و تضادفی بودن<sup>۵</sup> و غیره به وجود می‌آیند. بنابراین، دانش ناکافی در مورد سیستم مورد مطالعه، روش کار و داده‌ها باعث ایجاد عدم قطعیت می‌شود.

عدم قطعیت مفهومی است که در زمینه‌های مختلفی از قبیل فلسفه، آمار، اقتصاد، بیمه، روانشناسی، جامعه‌شناسی، مهندسی و علوم اطلاعات کاربرد دارد. این مفهوم در پیش‌بینی وقایع آینده و اندازه‌گیری‌های انجام شده مورد استفاده قرار می‌گیرد.

به عنوان مثال اگر شما در مورد وضعیت هوای فردا مطمئن نباشید (باران می‌آید یا نه)، در این حالت عدم قطعیت وجود دارد. وقتی شما در مورد وضعیت هوای فردا به صورت احتمالی صحبت می‌کنید، عدم قطعیت خود را کمی کرده‌اید. فرض کنید پیش‌بینی شما در مورد وضعیت هوای فردا اینگونه باشد: "به احتمال ۹۰٪ هوا آفتابی است." اگر شما برای فردا برنامه‌ی مهمی در فضای باز داشته باشید، در این حالت ۱۰٪ احتمال

---

<sup>1</sup> deterministic

<sup>2</sup> uncertain

<sup>3</sup> ignorance

<sup>4</sup> imprecision

<sup>5</sup> randomness

دارد که باران ببارد و برنامه شما انجام نشود. اگر این برنامه، برنامه‌ی کاری باشد و به دلیل بارش باران ۱۰,۰۰۰,۰۰۰ تومان از دست بدهید، در این صورت عدم قطعیت خود را اینگونه کمی می‌کنید: " ۱۰٪ احتمال از دست دادن ۱۰,۰۰۰,۰۰۰ تومان وجود دارد." حتی می‌توان این پیش‌بینی را به صورت واقعی‌تر و از طریق کمی کردن عدم قطعیت در مورد باران کم و باران شدید، هزینه‌ی تاخیر و یا هزینه‌ی لغو برنامه و... بیان کرد.

### ۱-۱-۱ انواع عدم قطعیت

دو نوع عدم قطعیت به نام‌های عدم قطعیت تصادفی<sup>۱</sup> و عدم قطعیت شناختی<sup>۲</sup> وجود دارد.

#### الف. عدم قطعیت تصادفی

این عدم قطعیت ناشی از تغییرات طبیعی غیر قابل پیش‌بینی در سیستم مورد مطالعه می‌باشد. این نوع عدم قطعیت را نمی‌توان با بدست آوردن اطلاعات بیشتر در مورد سیستم مورد مطالعه کاهش داد. به این نوع از عدم قطعیت، عدم قطعیت طبیعی<sup>۳</sup>، عدم قطعیت کاهش نیافتنی<sup>۴</sup> و عدم قطعیت اتفاقی<sup>۵</sup> نیز گفته می‌شود.

#### ب. عدم قطعیت شناختی

این نوع از عدم قطعیت در نتیجه‌ی نبود دانش کافی در مورد سیستم مورد مطالعه به وجود می‌آید. این نوع از عدم قطعیت را با افزایش دانش در مورد سیستم و بدست آوردن داده‌های بیشتر، می‌توان کاهش داد. به این نوع از عدم قطعیت، عدم قطعیت فردی<sup>۶</sup> و عدم قطعیت کاهش یافتنی<sup>۷</sup> گفته می‌شود. به عنوان مثال در

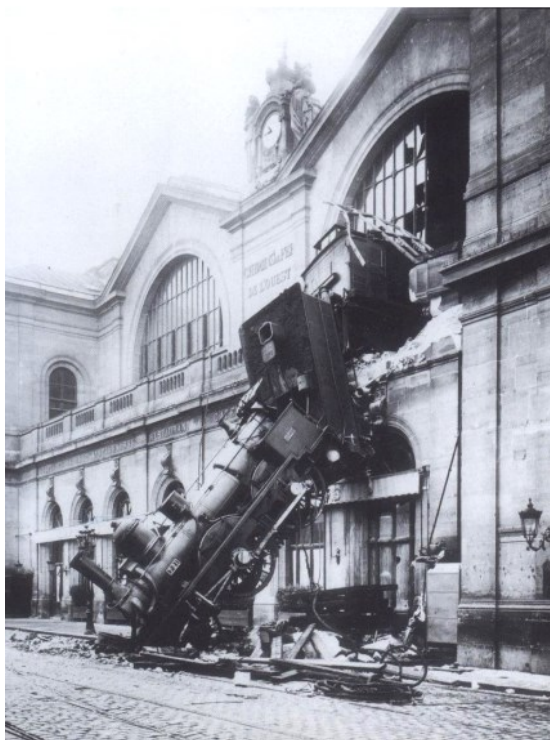
---

<sup>1</sup> Aleatory  
<sup>2</sup> Epistemic  
<sup>3</sup> natural  
<sup>4</sup> irreducible  
<sup>5</sup> stochastic  
<sup>6</sup> subjective  
<sup>7</sup> reducible

زمان طراحی یک موشک، شما در مورد اینکه آیا این موشک کار می‌کند یا نه مطمئن نیستید، اما این عدم قطعیت با انجام آزمایشات و تحقیقات بیشتر از بین می‌رود.

در فیزیک، اصل عدم قطعیت هایزنبرگ، محدوده‌ای را مشخص می‌کند که می‌توان در مورد موقعیت و سرعت یک ذره آگاهی داشت. این عدم قطعیت به دلیل نادیده گرفتن اطلاعات نیست بلکه در حقیقت اطلاعات بیشتری در این زمینه وجود ندارد.

مهندسی که طراحی مسائل مرتبط با ایمنی هواپیماها، خودروها یا قطارها را انجام می‌دهند باید عدم قطعیت‌های مربوط به زمان عکس‌العمل راننده، مسافتی که پس از ترمز کردن، وسیله نقلیه می‌پیماید تا متوقف شود و سایر متغیرها را در نظر گیرند در غیر این صورت تصادفاتی از قبیل شکل (۱-۲) اتفاق می‌افتد.

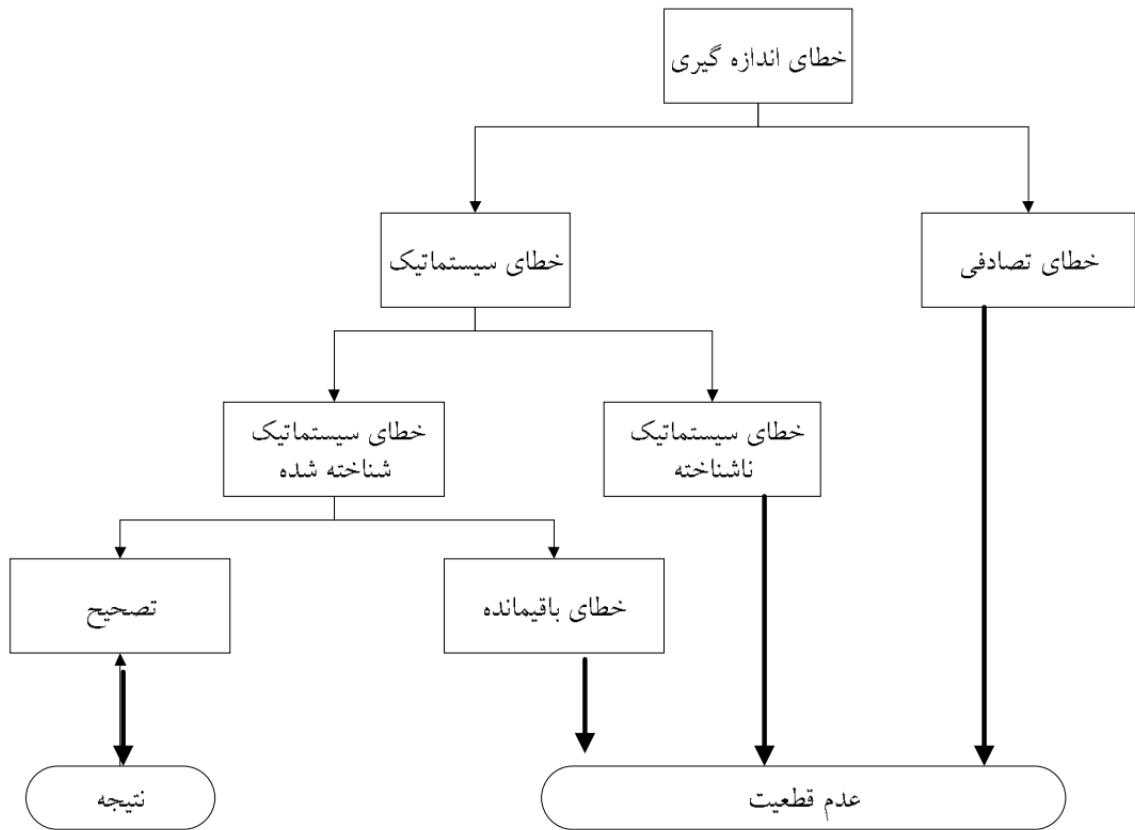


شکل ۱-۲ نتیجه‌ی نادیده گرفتن عدم قطعیت در محاسبات

### ۱-۴-۲ خطا و عدم قطعیت

مفهوم دو اصطلاح "خطا" و "عدم قطعیت" نباید با هم اشتباه گرفته شود. خطا تفاوت بین مقدار اندازه‌گیری شده با مقدار واقعی کمیتی است که اندازه‌گیری می‌شود در حالی که عدم قطعیت کمی نمودن تردیدی است که درباره‌ی اندازه‌گیری وجود دارد (شکل ۱-۳).

هر زمانی که ممکن باشد تلاش می‌شود که خطاهای شناخته شده اصلاح گردد ولی هر خطایی که مقدارش مشخص نباشد، می‌تواند یک منبع عدم قطعیت باشد. در جایی که مقادیر دقیق خطای مربوط به نتیجه‌ی یک اندازه‌گیری ناشناخته باشد، عدم قطعیت ناشی از عوامل تصادفی یا سیستماتیک باید ارزیابی شوند.



شکل ۱-۳ انواع مختلف خطا و تاثیر آن‌ها بر اندازه‌گیری نتایج آزمون و عدم قطعیت آن

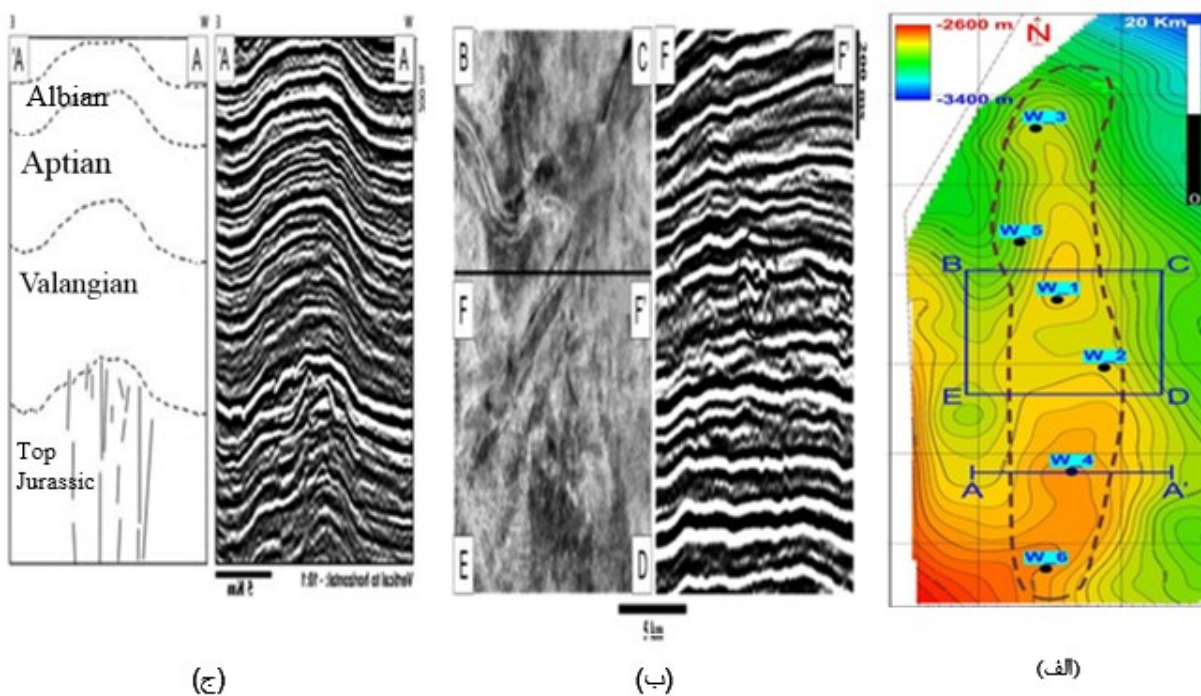


## ۵-۱ میدان و داده‌ها

به دلیل محرمانه بودن اطلاعات میدان مورد مطالعه از ذکر نام میدان معذوریم و از این میدان به عنوان میدان نفتی مورد مطالعه در این پایان‌نامه یاد خواهد شد. اما اطلاعات زمین‌شناسی میدان به اختصار توضیح داده خواهد شد.

### ۱-۵-۱ معرفی میدان

میدان نفتی مورد مطالعه به عنوان یکی از میادین بزرگ کشور در غرب فروافتادگی دزفول و در پهنه آبادان واقع شده است. این میدان همچون سایر میادین واقع در دشت آبادان، نسبت به نفتگیرهای واقع در فروافتادگی دزفول، چین‌خوردگی کمتری داشته و شیب یال‌های تاقدیس آن ملایم‌تر است. در این میدان سازند سروک از گروه بنگستان به عنوان سنگ مخزن اصلی شناخته شده است. همچنین لافان به عنوان پوش‌سنگ و کژدمی به عنوان سنگ منشأ این میدان معرفی شده‌اند (عباسعلی نیا، ۱۳۸۹). اطلاعات شش چاه حفاری شده‌ی میدان، در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته است. در بخش الف از شکل ۱-۴ موقعیت این چاه‌ها و نقشه هم‌عمق سروک نمایش داده شده است. همچنین در بخش‌های ب و ج دو مقطع عرضی از این میدان نشان داده شده است که گویای ساختار تاقدیسی نفتگیر میدان است.

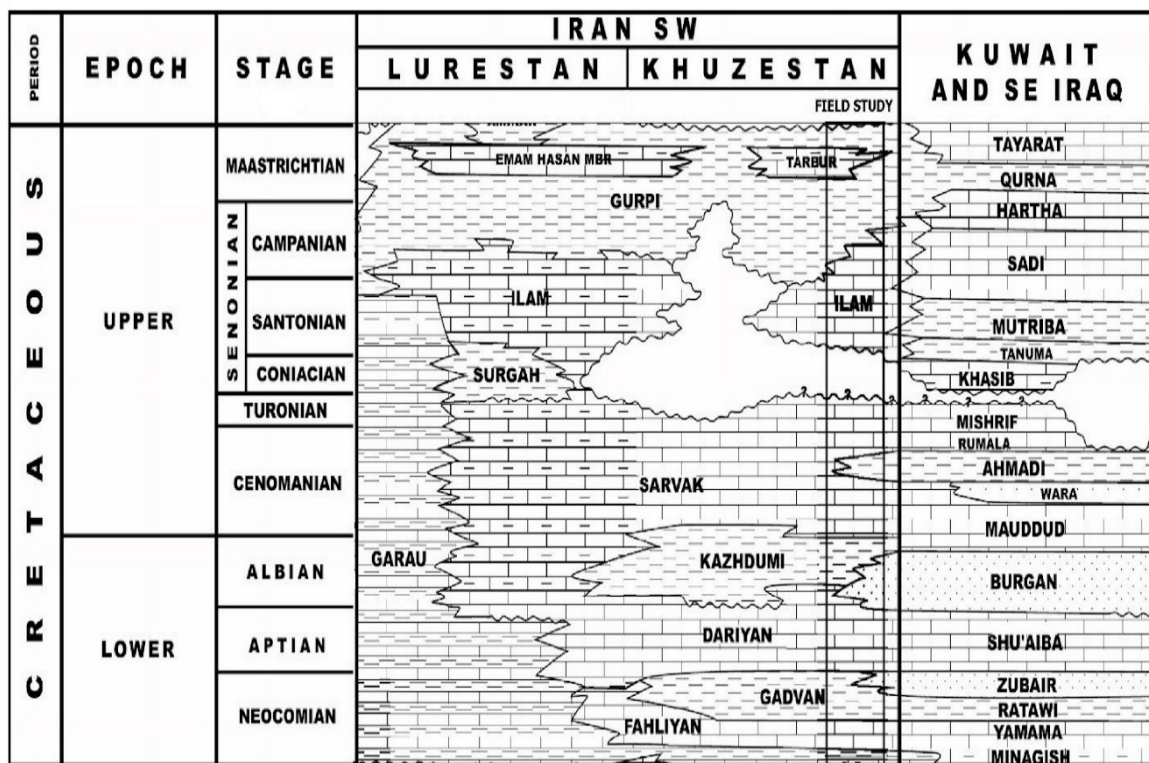


شکل ۱-۴. نقشه هم‌عمق (UGC) سازند سروک و موقعیت نسبی چاه‌های مورد مطالعه (عباسعلی نیا، ۱۳۸۹) (الف)، مقطع عرضی لرزه‌ای که در آن دره‌های فرسایشی انتهایی تورونین نشان داده شده است (Abdollahie Fard et al., 200۶) (ب)، تفسیر مقطع لرزه‌ای و تعیین بخش‌های مختلف سازند سروک در میدان (Abdollahie Fard et al., 2006) (ج)

### ۱-۵-۲ معرفی سازند مخزنی سروک

سازند سروک، به سن آلبین تا تورونین، واحد سنگ‌چینه‌ای کربناته ضخیمی است که در جنوب غرب ایران و در حاشیه جنوبی نئوتتیس نهشته شده است. مقطع تیپ این سازند در تنگ سروک واقع در یال جنوبی تاقدیس کوه بنگستان در شمال غربی شهرستان بهبهان قرار دارد (James and Wynd, 1965). از آنجا که این سازند یکی از مهمترین افق‌های مخزنی در بسیاری از میداین هیدروکربوری جنوب غرب و غرب ایران محسوب می‌شود، از دیرباز مورد توجه زمین‌شناسان بوده است (James and Wynd, 1965; Taghavi et al., 2006; Hajikazemi et al., 2010; Piryaee et al., 2010).

در میدان نفتی مورد مطالعه، واقع در دشت آبادان، سازند سروک با ضخامت بالغ بر ۶۰۰ متر در میان سازند کژدمی در پایین و سازند لافان در بالا قرار گرفته است. این سازند متشکل از توالی ضخیمی از سنگ آهک و میان لایه‌هایی از سنگ آهک رسی بوده و بنابراین تغییرات سنگ‌شناسی قابل توجهی در آن مشاهده نمی‌شود (مطیعی ۱۳۷۴). بالآمدگی و فرسایش پلت‌فرم کربناته سروک بالایی در اواخر سنومانین سبب خارج شدن آن از آب و نبود رسوبگذاری در بخش‌هایی از حوضه رسوبی زاگرس و از جمله در میدان مورد مطالعه شده است (Harris and Forest, 1984; Ghazban, 2007) به طوری‌که در سازند سروک میدان X طی اواخر سنومانین گسترش نهشته‌های کانالی گزارش شده است (شکل ۱-۴ ب و ج) (Hassanzadeh, 2009; Azar et al., 2009; Honarmand et al., 2009). از آنجا که شناخت رخساره‌ی کانالی صرفاً بر اساس شواهد برداشت شده از نمونه‌های مغزه و مقاطع نازک و بدون توجه به مورفولوژی کانال، از اطمینان بالایی برخوردار نیست (Rankey, 2003; Ebreli et al., 2004; Grelaud et al., 2010)، و از طرفی در این میدان به دلیل سنگ‌شناسی یکسان رسوبات پرکننده کانال با نهشته‌های بالا و پائین آن، تفکیک زون کانالی با استفاده از نمودارهای چاه‌پیمایی نیز مقدور نبوده (Serra, 1988)، لذا برای مطالعه و شناسایی کانال‌ها در این میدان می‌بایست از نتایج برداشت‌های لرزه‌ای به شکل برش‌ها و مقاطع لرزه‌ای استفاده گردد (هنرمند و مداحی، ۱۳۸۹). ستون چینه‌شناسی رسوبات کرتاسه در جنوب غرب ایران و کشورهای مجاور در شکل ۱-۵ نمایش داده شده است.



شکل ۱-۵ ستون چینه‌شناسی رسوبات کرتاسه در جنوب غرب ایران و کشورهای مجاور. موقعیت میدان مورد مطالعه به صورت نسبی به نمایش درآمده است (James and Wynd, 1965).

پژوهشگران در طی سال‌ها مطالعه سازند سروک، مدل‌های رسوبی مختلفی برای آن پیشنهاد داده‌اند. در میدان نفتی مورد مطالعه و میداین مجاور آن، عموم پژوهشگران معتقد به رسوبگذاری سروک در یک پلاتفرم کریناته از نوع رمپ هستند (Farzadi and Hesthammer, 2006; Taghavi et al., 2007; Honarmand et al., 2009). در رمپ کریناته (توده‌های عظیم کریناته هستند که در فاصله دور از نواحی برجسته و سرایشی‌های قدیمی ناحیه‌ای توسعه می‌یابند. شیب آن‌ها ممتد و الگوهای رخساره‌ای وابسته به آنها معمولاً گسترده می‌باشد. در مناطقی با بالاترین انرژی تشکیل می‌شوند و معمولاً به ساحل نزدیک می‌باشند) مذکور رسوبات ریفی گسترش بسیار زیادی دارند (Agrawi, 2007; Razin et al., 2010).

### ۱-۵-۳ داده‌ها

داده‌های در اختیار جهت انجام این پژوهش مشتمل بر نگارهای چاه (شامل قطرسنجی (Caliper)، گاما (GR) گامای تصحیح شده (CGR)، زمان گذر صوت (DT)، تخلخل نوترون (NPHI)، وزن مخصوص توده (RHOB)، وزن مخصوص تصحیح شده (DRHO)، مقاومت الکتریکی عمیق (LLD)، مقاومت الکتریکی کم عمق (LLS)، مقاومت الکتریکی میکرو (MSFL) و اثر فوتوالکتریک (PEF))، نتایج آزمایشات معمول مغزه (شامل تخلخل و تراوایی)، آزمایش چاه، گزارش زمین‌شناسی و نتایج توصیف مقاطع نازک میکروسکوپی در شش چاه میدان نفتی مورد مطالعه می‌باشد. خلاصه اطلاعات استفاده شده در پژوهش در جدول ۱-۱ نمایش داده شده است.

جدول ۱-۱ چاه‌ها و داده‌های مورد استفاده

چاه	W-1	W-2	W-3	W-4	W-5	W-6
آزمایش مغزه	✓	✓	✓	✓	✓	x
آزمون چاه	۶	۳	۶	۳	-	۲
مقاطع نازک	✓	x	✓	✓	✓	x
CALIPER	✓	✓	x	✓	✓	✓
GR	✓	x	✓	✓	✓	✓
CGR	✓	✓	✓	✓	✓	✓
DT	✓	✓	✓	✓	✓	✓
NPHI	✓	✓	✓	✓	✓	✓
RHOB	✓	✓	✓	✓	✓	✓
DRHO	✓	x	✓	✓	x	x
MSFL	✓	✓	✓	✓	✓	✓
LLD	✓	✓	✓	✓	✓	✓
LLS	✓	✓	✓	✓	✓	✓
PEF	✓	x	x	✓	✓	x

## ۱-۶ ضرورت انجام پایان نامه

هدف نهایی در صنعت نفت بهره‌برداری از مخازن هیدروکربوری با بیشترین بهره‌وری ممکن است. بدیهی است تعیین زون‌های تولید کننده‌ی هیدروکربن کلیدی‌ترین مرحله در دستیابی به این مهم است. بنابراین تعیین این زون‌ها به عنوان هدف اصلی این پژوهش از ضروریات صنعت بالادستی نفت است. همچنین تعیین عدم قطعیت در شناسایی این زون‌ها به منظور افزایش درک از حقایق مخزن و بهینه نمودن تولید هیدروکربن نیز از ضروریات افزایش بهره‌وری در تولید از مخزن است.

## ۱-۷ اهداف پژوهش

سه هدف در این پژوهش مد نظر بوده است:

✓ تعیین شاخص‌های پتروفیزیکی شامل تخلخل، تراوایی، حجم شیل و اشباع آب به عنوان کنترل-

کننده‌های تولید هیدروکربن مخزن

✓ ارزیابی و تعیین زون‌های تولید هیدروکربن با استفاده فنون ترکیب اطلاعات به منظور افزایش دقت

در شناسایی این مناطق

✓ بررسی عدم قطعیت موجود در ارزیابی زون‌های تولیدکننده‌ی هیدروکربن

## ۱-۸ ساختار پژوهش

یکی از ویژگی‌هایی که یک پژوهش هدفمند، مشاهده‌ی یک روند منطقی در انجام آن و روشن بودن جایگاه و چرایی انجام هر بخش است. به عبارت دیگر می‌بایست مشخص شود که هدف از انجام هر بخش و نقشی که در کلیت پژوهش دارد، چیست؟

در این پایان‌نامه، پس از بیان کلیات در مورد زون تولید، عدم قطعیت و میدان مورد مطالعه در فصل اول، در فصل دوم به بررسی کلی روش‌های ترکیب اطلاعات، اعم از روش‌های متداول و هوشمند پرداخته شده است. سپس در مورد روش حد برش و نظریه‌ی احتمالات شرطی بیزین و نظریه‌ی دمپستر-شیفر توضیح داده شده است.

در فصل سوم نتایج روش حد برش به همراه نمودار تولید در چاه‌های مختلف و نتایج روش احتمالات شرطی بیزین با آموزش در چاه‌های سه و چهار به همراه ماتریس طبقه‌بندی و میزان صحت طبقه‌بندی و نتایج روش دمپستر-شیفر به همراه زون‌بندی تولیدی آورده شده است.

در فصل چهارم در مورد زون‌بندی تولیدی مخزن و تطابق عمقی زون‌های تولیدی سازند سروک در چاه‌های مختلف بحث شده است.

در نهایت در فصل پنجم به بررسی نتایج و پیشنهادات مربوطه ارائه گردیده است.





فصل دوم

روش شناسی

## ۲-۱ مقدمه

با پیشرفت علم و فن آوری در رشته‌های گوناگون (در این مبحث اکتشاف منابع تحت الارضی انرژی)، منابع اطلاعاتی و داده‌ای مختلفی برای تصمیم‌گیری در اختیار کارشناسان هر رشته، قرار گرفته است. این چندگانگی منابع اطلاعاتی و داده‌ای، اثر دوگانه‌ای بر تصمیم‌گیری‌های کارشناسان در حوزه‌های تخصصی ایشان دارد. یعنی در مواقعی که منابع اطلاعاتی مختلف، نتیجه‌ی واحدی را نشان می‌دهند اطمینان تصمیم‌گیری بالاتر رفته و در مواقعی که این منابع چندگانه نتایج مختلفی را نشان می‌دهند، سبب ابهام و عدم قطعیت در تصمیم‌گیری و اختلاف نظر کارشناسان امر می‌شود.

به عنوان مثال اگر در سال ۱۹۰۲، جورج برنارد رینولدز، کارشناس حفاری نفت که در استخدام ویلیام ناکس دارسی بود، تنها با کمک شواهد زمین‌شناسی، تصمیم به حفاری در سه نقطه‌ی ایران از جمله مسجد سلیمان گرفت، امروزه کارشناسان اکتشاف نفت، از ابزارهای ژئوفیزیک و ژئوشیمی علاوه بر شواهد زمین‌شناسی در تصمیم‌گیری‌های خود بهره می‌برند. حال در مواقعی که تمامی این منابع اطلاعاتی (شواهد زمین‌شناسی، تفاسیر ژئوفیزیکی، تفاسیر ژئوشیمیایی و غیره) اتفاق نظر دارند، تصمیم‌گیری با قطعیت و اطمینان صورت می‌پذیرد اما در مواقعی که این منابع اطلاعاتی مختلف پاسخ‌های مختلفی دارند، تصمیم‌گیری در حاله‌ای از ابهام فرو می‌رود. این ابهام و عدم قطعیت، لزوم وجود سازوکاری جهت ترکیب اطلاعات این منابع مختلف اطلاعاتی را ایجاب می‌کند تا اتفاق نظری بین خروجی روش‌های مختلف حاصل آید.

به طور کلی تکنیک‌های ترکیب اطلاعات، برای کمک به کارشناسان رشته‌های مختلف، جهت تصمیم‌گیری با کمک منابع اطلاعاتی چندگانه توسعه یافته‌اند. هدف اصلی این تکنیک‌ها، افزایش قطعیت و اطمینان و کاهش ریسک و خطا در تصمیم‌گیری و عوارض ناشی از آن می‌باشد. در این فصل مروری بر روش‌های مورد استفاده در شناسایی زون تولید شده و روش‌های استفاده شده در این پایان‌نامه نیز شرح داده می‌شود.

## ۲-۲ لزوم ترکیب اطلاعات

ترکیب اطلاعات، یک جنبه‌ی مهم در هر سیستم هوشمند می‌باشد. منطق استفاده از ترکیب اطلاعات منابع چندگانه، این است که اطلاعات هر منبع اطلاعاتی یا عدم قطعیت دارد و یا دقیق نیست. همچنین معمولاً یک ویژگی نمی‌تواند به تنهایی هدف مورد نظر را تامین کند و حتی در حقیقت یک مجموعه‌ای از ویژگی‌ها، معمولاً نمی‌تواند یک نمونه را از بقیه‌ی نمونه‌ها با دقت مورد انتظار تشخیص دهد (Tahani and Keller, 1990). به طور کلی، هدف از پردازش داده‌های حاصل از منابع مختلف، تصمیم‌گیری در شرایط عدم قطعیت می‌باشد (Russo and Ramponi, 1994).

در مقاله‌ی مروری پیرامون ترکیب داده، لزوم استفاده از سیستم‌های ترکیب اطلاعات بدین ترتیب توجیه شده است: یکی از مزایای سیستم‌های ترکیب اطلاعات، این است که کاربر آن، یک دید کامل و مختصری از داده‌های موجود کسب می‌کند. منظور از دید کامل، این است که در میان نتایج، هیچ هدفی از قلم نمی‌افتد و منظور از مختصر این است که هیچ هدفی دو بار ارائه نمی‌گردد و نتایج هیچ تضادی با هم ندارند (Bleiholder and Naumann, 2008).

به عنوان نتیجه‌گیری از مطالب فوق، می‌توان گفت: ترکیب اطلاعات در حالت ایده آل، با استفاده از تلفیق منابع اطلاعاتی چندگانه، یک سیستم تصمیم‌گیری ارائه می‌کند که:

- جامع است:
  - تصمیم‌نهایی از اطلاعات تمام منابع در دسترس بهره‌مند است.
  - استنباط‌هایی ارائه می‌کند که از تک تک منابع اطلاعاتی، به تنهایی نمی‌توان آن استنباط‌ها را داشت.
- تضاد موجود در اطلاعات ترکیب‌شونده را ندارد.
- قطعیت تصمیم‌گیری در آن، نسبت به تصمیم‌بر پایه‌ی تک تک منابع اطلاعاتی، بالاتر است.

## ۲-۳ مختصری از مرور ادبیات ترکیب اطلاعات

از فنون ترکیب اطلاعات، در بسیاری از پژوهش‌های علمی بدون اینکه به نام آن اشاره شود، استفاده می‌شود، اما این فنون به صورت سیستماتیک، برای اولین بار در صنایع نظامی ایالات متحده ی آمریکا توسعه یافت. دپارتمان دفاع ایالات متحده ی آمریکا از این روش‌ها برای تعیین موقعیت و تشخیص اشیای متحرک (ابزار و ادوات جنگی، واحدهای ارتشی و...) استفاده می‌کند (Hall and Llinas, 2001).

اما نیاز به ترکیب اطلاعات به صورت سیستماتیک در سایر صنایع و علوم نیز به چشم می‌خورد. به عنوان مثال، دایال در سال ۱۹۸۳ به مسأله‌ی تضاد متغیرهای اندازه‌گیری شده اشاره کرد (Dayal, 1983). سال ۱۹۸۶، تاسیس آزمایشگاهی مشترک آغاز همکاری مستند متخصصان صنایع نظامی و محققان توسعه‌ی سیستم‌ها در عرصه‌ی ترکیب داده بود (Hall and Llinas, 2001). از این به بعد، تکنیک‌های ترکیب اطلاعات و کاربردهای آن‌ها، بسیار گسترده شدند که در ادامه، فقط به بخش کوچکی از پژوهش‌های انجام شده در این زمینه اشاره شده است.

در سال ۱۹۹۱، آقای داساراتی در پژوهشی پیرامون اهداف صنایع نظامی، استراتژی‌های مختلفی را در ترکیب اطلاعات به کار برد و نتایج پژوهش خود را در مقاله‌ی خود ارائه نمود (Dasarathy, 1991). در همان سال، اولین دستینه‌ی<sup>۱</sup> ترکیب اطلاعات به چاپ رسید. اولین کنفرانس سالانه‌ی ترکیب داده در سال ۱۹۹۸ برگزار شد (Challa and Koks, 2004). در آن کنفرانس، کرمر و همکاران در مقاله‌ای کاربردی به کشف مین‌های ضد نفر توسط سه روش ترکیب داده پرداختند و از روی نتایج یافتند که نظریه‌ی دمپستر-شیفر، مناسب‌ترین پاسخ را دارد (Cremer et al., 1998).

در سال ۲۰۰۱، ویراست دوم دستینه‌ی ترکیب داده به چاپ رسید (Hall and Llinas, 2001). در سال ۲۰۰۴، طی پژوهشی، دو تکنیک بیزین و تعمیم آن، دمپستر-شیفر مورد مقایسه قرار گرفتند (Challa

---

<sup>۱</sup> Handbook

and Koks, 2004). در سال ۲۰۰۶ از ترکیب روش‌های بیزین و فازی برای تعیین هدف در صنایع نظامی استفاده شد (Yong and Wen-Kang, 2006). در سال ۲۰۰۸، در یک مقاله‌ی مروری، ضرورت و موقعیت ترکیب داده در ذیل موضوع کلی‌تر تجمیع اطلاعات، مورد بحث قرار گرفت. نهایتاً در سال ۲۰۰۹، ویراست سوم دستینه‌ی ترکیب اطلاعات، به انضمام کدهای نرم افزار MATLAB مورد استفاده در ترکیب داده، به چاپ رسید.

در حوزه‌های مختلفی از علوم زمین، ترکیب اطلاعات داخل شده است که به برخی از آن‌ها در اینجا اشاره می‌گردد. استفاده از ترکیب اطلاعات (تکنیک فازی) در استخراج ویژگی‌های خطی (خطواره‌ها) در تصاویر ماهواره‌ای (Chanussot et al., 1999).

تعیین رخساره‌های سنگی و تخمین تراوایی درون چاه‌های نفتی (Abdulazeez et al., 2007; Cuddy, 2010; Ibrahim Sami and Adel, 2010) پهنه‌بندی مقاطع لرزه‌ای به نواحی مختلف توسط ترکیب اطلاعات و ویژگی‌های لرزه‌ای به کمک تکنیک فازی (Valet et al., 2001). کتاب منطق فازی در زمین شناسی کاربردهای مختلفی از نظریه‌ی فازی (از نظریه‌ی فازی در ترکیب اطلاعات فراوان استفاده شده است) در حوزه‌های گوناگون زمین‌شناسی را معرفی کرده است (Robert and George, 2004).

تاکنون تکنیک‌های ترکیب اطلاعات، در زمینه‌های مختلفی به کار رفته‌اند از جمله: صنایع نظامی، مالی، پزشکی، نجوم، زبان‌شناسی، زیست‌شناسی، آنالیز ترافیک، علوم زمین و .... (Challa and Koks, 2004). ترکیب داده‌های ژئوفیزیکی (سرعت امواج لرزه‌ای و مقاومت الکتریکی) جهت تصویرسازی رفتار مکانیکی گل‌لغزه‌ها (Grandjean et al., 2007). کشف قوانین فازی برای ارزیابی میزان نفتی بودن سازند توسط ترکیب دو داده‌ی سرعت موج و اشباع شدگی از نفت (Guo et al., 2009). مرور ادبیات گفته شده در بالا، فقط بخش کوچکی از پژوهش‌های انجام شده پیرامون ترکیب داده هستند.

## ۲-۴ فنون ترکیب اطلاعات

شاید امروزه در دنیای علم، محدود نمودن کاربرد فنون ترکیب اطلاعات به سادگی میسر نباشد چرا که بسیاری از اوقات پژوهشگران، اطلاعات منابع مختلف را ترکیب می‌کنند بدون اینکه نام ترکیب اطلاعات را در گزارشاتشان بیاورند. از طرف دیگر، محققان و متخصصان ترکیب اطلاعات، سعی در کلاسیک نمودن و طبقه بندی مفاهیم ترکیب اطلاعات به عنوان یک علم کاربردی دارند. بنابراین در این مجال و به قدر حوصله، تکنیک‌های ترکیب اطلاعات در سه دسته‌ی فنون متداول، هوشمند و ترکیبی معرفی می‌گردند.

### ۲-۴-۱ فنون متداول

اگر بخواهیم فنون متداول در ترکیب اطلاعات را نام ببریم، می‌توان به پارامترهای آماری، نظریه‌ی احتمالات شرطی بیزین<sup>۱</sup>، دمپستر-شیفر<sup>۲</sup>، میانگین وزنی مرتب<sup>۳</sup>، فیلتر کالمن<sup>۴</sup>، روش‌های کرنل<sup>۵</sup> و غیره اشاره کرد. در ادامه، این فنون متداول در ترکیب اطلاعات، به صورت مختصر معرفی می‌گردند.

### ۲-۴-۱-۱ پارامترهای آماری

بسیاری از روش‌هایی که برای ترکیب اطلاعات مورد استفاده قرار می‌گیرند، بر پایه‌ی مفاهیم آماری استوار هستند. شاید مرسوم‌ترین فن ترکیب اطلاعات، رای اکثریت<sup>۶</sup> باشد که در آمار به مد<sup>۷</sup> معروف است. از دیگر پارامترهای آماری دارای کاربرد در ترکیب اطلاعات، می‌توان از میانگین، میانه، حداکثر<sup>۸</sup>، حداقل<sup>۹</sup> و غیره نام برد.

---

<sup>1</sup> Bayesian theory  
<sup>2</sup> Dempster\_Shafer  
<sup>3</sup> Ordered Weighted Averaging (OWA)  
<sup>4</sup> Kalman Filter  
<sup>5</sup> Kernel methods  
<sup>6</sup> majority voting  
<sup>7</sup> mode  
<sup>8</sup> maximum  
<sup>9</sup> minimum

## ۲-۴-۱-۲ نظریه‌ی احتمالات شرطی بیزین

احتمالات شرطی بیزین، یکی دیگر از نظریه‌های متداول پرکاربرد در سیستم‌های ترکیب اطلاعات می‌باشد. این نظریه هم مبتنی بر آمار و هم مبتنی بر احتمالات است و حتی در برخی موارد، وارد حوزه‌های هوشمند نیز می‌شود.

## ۲-۴-۱-۳ روش میانگین وزنی مرتب

روش میانگین وزنی مرتب، تعمیم یافته‌ی میانگین حسابی می‌باشد. در این روش، یک نداشت از فضای  $n$ -بعدی ورودی به فضای تک بعدی خروجی طراحی می‌شود به نحوی که به هر درآیه‌ی ورودی عددی بین صفر و یک ضرب می‌شود. حاصل جمع مضارب باید یک باشد. سپس حاصل ضرب‌ها با هم جمع می‌شوند و مقدار خروجی حاصل می‌گردد (Michel et al., 1998).

روش‌های گفته شده در بالا، خلاصه‌ای بودند از روش‌های متداول ترکیب اطلاعات که فقط برای ارائه‌ی یک دید کلی به خواننده‌ی محترم مطرح شدند. در ادامه به روش‌های هوشمند قابل استفاده در سیستم‌های ترکیب اطلاعات می‌پردازیم.

## ۲-۴-۲ فنون هوشمند

روش‌های هوشمند نسبت به روش‌های متداول دارای درصد موفقیت و سازگاری بیشتری با شرایط مختلف هستند اما پیچیدگی مدل‌هایشان نیز بیشتر است. در نتیجه، کاربر آن‌ها باید تخصص لازم را داشته باشد تا تنظیمات

پارامترهای این روش ها به صورت بهینه انجام شود. پرکاربردترین فنون هوشمند در ترکیب اطلاعات عبارتند از شبکه‌های عصبی مصنوعی<sup>۱</sup> و انتگرال‌های فازی<sup>۲</sup>.

## ۲-۴-۲-۱ شبکه‌ی عصبی مصنوعی

شبکه‌ی عصبی مصنوعی، تعمیمی از فنون متداول در الگوشناسی<sup>۳</sup> به روش آماری است. این شبکه یک نگاشت غیر خطی از ورودی‌ها به خروجی‌های مورد نظر است (Bishop, 1995). شبکه‌های عصبی مصنوعی که الهام گرفته از شبکه‌های عصبی طبیعی هستند، محاسبات ساده‌ای را به تعداد بسیار زیاد انجام می‌دهند و یک مدل تجربی ارائه می‌دهند که توسط فضای ورودی (چند بعدی)، یک فضای خروجی (یک یا چند بعدی) ارائه می‌دهد.

## ۲-۴-۲-۲ انتگرال‌های فازی

برپایه‌ی عملگرهای انتگرال فازی، روشی برای ترکیب شواهد (داده/اطلاعات) گوناگون توسعه یافت که شواهد گوناگون را به صورت خطی یا غیر خطی ترکیب می‌کند. عمل ترکیب روی توابع عضویت و با توجه به اهمیت نسبی منابع اطلاعاتی در تصمیم‌گیری اعمال می‌گردد (Tahani and Keller, 1990). در استفاده از نظریه‌ی فازی در ترکیب اطلاعات، دو هدف اصلی: یکی بیشینه‌سازی دقت و دیگری، کمینه‌سازی پیچیدگی مدل مدنظر است (Guo et al., 2009).

روش‌های هوشمند بسیار گسترده هستند. به عنوان مثال، دو موردی که به اختصار در بالا گفته شده، هر کدام دسته‌ای از روش‌ها را شامل می‌شوند که به فراخور مورد، می‌توان از آن‌ها استفاده نمود. این روش‌ها ابزار بسیار قدرتمند و متنوعی در اختیار کاربران قرار می‌دهند و با توجه به هوشمندی آن‌ها، انعطاف‌پذیری و درصد موفقیت بیشتری دارند.

---

<sup>1</sup> Artificial Neural Networks (ANN)

<sup>2</sup> fuzzy theory

<sup>3</sup> pattern recognition



## ۲-۴-۳ فنون ترکیبی

با توجه به نواقص نسبی فنون متداول و هوشمند، گاهی کاربر خلاق تصمیم می‌گیرد تا مدلی بسازد که از ترکیبی از فنون ترکیب اطلاعات بهره‌مند باشد و نواقص موردی این فنون را نداشته باشد. نمونه‌ای بارز و پر کاربرد، مدل‌های نرو-فازی<sup>۱</sup> هستند که مجموعه‌ای از دو فن هوشمند شبکه عصبی و نظریه‌ی فازی می‌باشند.

## ۲-۵ فنون استفاده شده در این پایان نامه

### ۲-۵-۱ روش مبتنی بر حد برش (روش متداول)

همان‌طور که در مرور ادبیات گفته شد، به طور متداول، تعیین زون تولید توسط اعمال حدود برش روی چند چاه نمودار انجام می‌شود (Worthington, 2000; Svec and Grigg, 2000; Deakin and Manan, 1998; Worthington and Cosentino, 2005; Worthington, 2010); به طور معمول مقدار حد برش برای ماسه‌سنگ‌ها از ۰/۳ تا ۰/۵ برای حجم شیل، از ۰/۰۶ تا ۰/۰۸ برای تخلخل و از ۰/۵ تا ۰/۶ برای آب اشباع شدگی است. برای مخازن کربناته نیز مقادیر مشابه مخازن ماسه‌سنگی است با تفاوت در حد برش تخلخل که بین ۰/۰۴ و ۰/۰۵ است (Worthington and Cosentino, 2005). شایان ذکر است که روش تعیین زون‌های تولید به روش حد برش عموماً در مخازن ماسه‌سنگی توسعه یافته است اما همانند بسیاری دیگر از روش‌های اکتشافی و مدل‌سازی، در مطالعه‌ی مخازن کربناته نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. همبستگی پایین بین متغیرهای پتروفیزیکی کربنات‌ها، باعث می‌شود که این روش در تعیین زون تولید مخازن کربناته با دقت پایینی همراه باشد.

---

<sup>1</sup> neuro-fuzzy

مقدار دقیق حد برش از ترسیم نمودار نیمه لگاریتمی تخلخل بر حسب تراوایی داده‌های مغزه تعیین می‌شود. بدین ترتیب که پس از محاسبه‌ی بهترین خط برازش بر این نمودار، مقدار تخلخل در تراوایی مشخص (معمولاً برای مخازن نفتی ۱ میلی داری و برای مخازن گازی ۰/۱ میلی داری) با کمک خط برازش شده بر داده‌ها خوانده می‌شود. سپس مقادیر دقیق حدود برش درصد شیل و آب اشباع شدگی نیز به همین صورت توسط ترسیم نمودارهای آن‌ها بر حسب تخلخل تعیین می‌شود (Worthington, 2010; Worthington and Cosentino, 2005). شکل ۱-۲ نشان دهنده‌ی مراحل تعیین زون تولید توسط روش مبتنی بر حد برش است.

مقدار حجم شیل از روی نمودار CGR، اشباع آب از روی رابطه‌ی آرچی و تخلخل با استفاده از همه‌ی نمودارهای در دسترس و از طریق روش هوشمند تعیین می‌شود.



شکل ۱-۲ مراحل روش مبتنی بر حد برش

## ۲-۵-۲ نظریه‌ی احتمالات شرطی بیزین

از نظریه‌ی بیزین، به عنوان یک روش برای ترکیب داده استفاده می‌شود (Challa and Koks, 2004);  
Hall and Llinas, 2001). این نظریه، فرمولی برای محاسبه‌ی احتمال شرطی یک پدیده با در نظر گرفتن  
رخداد پدیده‌ی دیگر ارائه می‌دهد:

$$P(A|B) = \frac{P(A)*P(B|A)}{P(B)} \quad (۱-۲)$$

که در آن  $P(A)$  و  $P(B)$ ، به ترتیب احتمال رخداد پدیده‌های  $A$  و  $B$  هستند.  $P(B|A)$  احتمال رخداد  
پدیده‌ی  $B$ ، به شرط رخ دادن پدیده‌ی  $A$  است و به دانش اولیه<sup>۱</sup> معروف است و  $P(A|B)$  احتمال رخداد  
پدیده‌ی  $A$ ، به شرط رخداد پدیده‌ی  $B$  است و به احتمال پسین<sup>۲</sup> معروف است. الگوریتم استفاده شده  
برای تعیین زون تولید توسط نظریه‌ی بیزین به شرح زیر است:

- یک چاه به عنوان چاه آموزش انتخاب می‌شود.
- محدوده‌های آزمون چاه در چاه آموزش در نظر گرفته می‌شوند.
- تمام محدوده‌های آزمون چاه با توجه به میزان تولید به سه دسته تقسیم می‌شوند: اگر تولید نفت  
و گاز نداشته باشیم، به آن محدوده شاخص تولید یک را اختصاص می‌دهیم و اگر تولید نفت داشته  
باشیم اما میزان تولید در آن محدوده کمتر از  $\frac{1500 \text{ bbl oil}}{\text{day}}$  باشد، به این محدوده شاخص ۲ را  
نسبت می‌دهیم و اگر میزان تولید در آن محدوده بیش‌تر از  $\frac{1500 \text{ bbl oil}}{\text{day}}$  باشد، به این محدوده  
شاخص ۳ را نسبت می‌دهیم.
- حال، داده‌های هر دسته را به دو بخش آموزش و آزمون به ترتیب به نسبت ۷۰٪ و ۳۰٪ تقسیم  
می‌کنیم.

<sup>1</sup> priory knowledge

<sup>2</sup> posterior probability

- توسط داده‌های آموزش، تابع توزیع احتمال (PDF) هر یک از ویژگی‌ها برای هر یک از دسته‌ها محاسبه می‌شود.

- احتمال تعلق هر یک از داده‌های بخش آزمون به هر یک از مقادیر سه گانه‌ی زون تولید، توسط فرمول زیر محاسبه می‌شود (Duda et al., 2000):

$$P(npv) = \sum_{i=1}^n P(npv|d_i) * P(d_i) \quad (2-2)$$

که در آن،  $(npv)$  مخفف عبارت مقدار زون تولید<sup>۱</sup> است.  $(d_i = \text{مقدار لاگ})$

- محتمل‌ترین مقدار زون تولید برای هر عمق انتخاب می‌شود.
- ماتریس تداخل<sup>۲</sup> و میزان صحت<sup>۳</sup> برای بررسی سازگاری خروجی روش بیزین با آزمون چاه مقایسه می‌شود.

## ۲-۵-۳ دمپستر-شیفر

پیش از پرداختن به روش دمپستر-شیفر لازم است مفهوم و تاریخچه‌ی نظریه‌ی شواهد مورد بحث و بررسی قرارگیرد.

## ۲-۵-۳-۱ مروری بر تاریخچه تئوری دمپستر-شیفر

نظریه‌ی شواهد در سال ۱۹۶۷ توسط دمپستر با نظریه حدود بالا و پایین احتمال ارائه گردید. دمپستر در واقع نوعی عدم قطعیت در بیان اندازه احتمال پیشامدها را مدل‌سازی نمود (Dempster, 1967). پس از آن شیفر در سال ۱۹۷۶ این نظریه را با عنوان نظریه‌ی شواهد به عنوان ساختاری برای نمایش اطلاعات ناکامل و استدلال تحت عدم قطعیت، فرمول‌بندی نمود (Shafer, 1976). در ادامه محققین با بررسی و

---

<sup>1</sup> net pay value

<sup>2</sup> confusion matrix

<sup>3</sup> Classification Correctness Rate (CCR)

مقایسه دو تئوری بیزین و دمپستر-شیفر نشان دادند که ترکیب داده‌ها در تئوری دمپستر-شیفر برخلاف ترکیب داده‌ها در تئوری بیزین نیاز به اطلاعات اولیه ندارد (Hoffman and Murphy, 1993).

پس از ارائه‌ی مدل دمپستر بر اساس حدود بالا و پایین احتمال و به دنبال آن نظریه‌ی شواهد، مدل‌های مختلفی براساس توابع اعتماد ارائه گردید، از جمله مدل Hints (Kohlas and Monney, 1995) و TBM<sup>1</sup> (Smets and Kennes, 1994)، که سطوح معنایی متفاوتی را برای استفاده از این نظریه به منظور توابع به عنوان TBM مدل‌سازی عدم قطعیت ارائه نمودند. در میزان اعتماد در اعتقاد غیرقطعی، بدون ارجاع به هرگونه اساس احتمالاتی، تفسیر می‌شوند. در حالی که مدل Hints نزدیکی بیشتری به مدل دمپستر داشته و پایه احتمالاتی برای توابع اعتماد در نظر می‌گیرد. یکی از مسائل موجود در استفاده از این تئوری، مشکلات محاسباتی آن است که پیشنهاد شده با استفاده از چند الگوریتم مانند الگوریتم مونت کارلو می‌توان آن را حل نمود (Wilson, 1999).

در دهه گذشته مطالعات زیادی در رابطه با بسط تئوری دمپستر-شیفر انجام گرفت، در یکی از این مطالعات (Al-Ani and Deriche 2002) یک روش ترکیبی جدید را بر اساس تئوری دمپستر-شیفر ارائه و مفهوم تئوری مذکور را به طور جزئی مورد بررسی قرار دادند. در ادامه آن‌ها روشی را پیشنهاد کردند که در آن، داده‌ها طوری آموزش داده شوند که میزان خطای میانگین مربعات حداقل شود. ترکیب دو تئوری بیزین و دمپستر-شیفر نیز به عنوان یک ابزار جدید در حوزه ترکیب اطلاعات مورد بررسی قرار گرفت (Koks and Challa, 2003).

یکی از محدود مطالعاتی که در علوم زمین و با استفاده از تئوری دمپستر-شیفر انجام گرفته است، تشخیص گسل‌ها با استفاده از آن و همچنین مقایسه‌ی این روش با روش‌های متداول تشخیص گسل بوده است (Fan and Zuo, 2006).

---

<sup>1</sup> Transferable Belief Model

## ۲-۳-۵-۲ نظریه دمپستر-شیفر (شواهد): مفهوم و نمادگذاری

استدلال بر پایه‌ی شواهد یک استدلال تقریبی-تصادفی است که دلیل قابلیت حمل مفهوم ناآگاهی علاوه بر تصادف، به عنوان یک محمل طبیعی برای رسیدن به یک مدل آماری-احتمالاتی به شمار می‌رود. نظریه‌ی شواهد و یا به بیانی دیگر نظریه دمپستر-شیفر روشی بر اساس استنتاج احتمالاتی جهت بیان میزان باور<sup>۱</sup> به وقوع یک پیشامد است.

چنانچه مجموعه‌ی چارچوب تمایزی<sup>۲</sup> با  $N$  عضو به صورت  $\Omega = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n\}$  در نظر گرفته شود، تابع جرم<sup>۳</sup>  $m(\cdot)$ ، به صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$m: 2^\Omega \rightarrow [0,1] \quad m(A) \geq 0, \forall A \in 2^\Omega \quad (۳-۲)$$

$$m(\emptyset) = 0, \quad \sum_{A \subseteq \Omega} m(A) = 1 \quad (۴-۲)$$

که  $2^\Omega$  مجموعه‌ی زیر مجموعه‌های  $\Omega$  است.  $m(\cdot)$  تخصیص احتمال پایه<sup>۴</sup> نیز نامیده می‌شود. زیر مجموعه‌هایی از  $\Omega$  ( $A_j$ ها) که مقدار جرم غیر صفر دارند، اعضای کانونی<sup>۵</sup> نامیده می‌شوند. یک ساختار شواهدی<sup>۶</sup> شامل همه‌ی اعضای کانونی به همراه توزیع جرم آن‌ها به صورت زیر معرفی می‌گردد:

$$\{A_1, A_2, \dots, A_n\}, \{m_1, m_2, \dots, m_n\} \quad (۵-۲)$$

$$\emptyset \neq A_j \subset \Omega, m_j > 0, \sum m_j = 1 \quad (۶-۲)$$

<sup>1</sup> Belief

<sup>2</sup> Frame of Discernment

<sup>3</sup> Mass function

<sup>4</sup> Basic Probability Assignment

<sup>5</sup> Focal element

<sup>6</sup> Body of evidence

که n بیانگر تعداد اعضای کانونی است.

در این نظریه، شفر توابع باور، تابع تخمین خوشبینانه<sup>1</sup> و معمولیت<sup>2</sup> را از طریق توابع جرم به صورت زیر معرفی نمود.

$$Bel: 2^{\Omega} \rightarrow [0,1], Bel(B) = \sum_{A \subseteq B, A \neq \emptyset} m(A) \quad \forall B \subseteq \Omega \quad (7-2)$$

$$Pl: 2^{\Omega} \rightarrow [0,1], Pl(B) = \sum_{A \subseteq \Omega, A \cap B \neq \emptyset} m(A) \quad \forall B \subseteq \Omega \quad (8-2)$$

همچنین ترکیب دو باور از منبع مستقل با توزیع‌های جرم  $m_1(\cdot)$  و  $m_2(\cdot)$  با استفاده از قانون ترکیب دمپستر<sup>3</sup> انجام شده و جرم  $m_1 \oplus m_2(\cdot)$  حاصل می‌گردد (که علامت ترکیب می‌باشد).

$$m_1 \oplus m_2(A) = (1/1 - k) \sum_{B,C \subseteq \Omega, B \cap C = A} m_1(B) m_2(C) \quad \forall A \subseteq \Omega, \quad (10-2)$$

که در آن

$$k = \sum_{B,C \subseteq \Omega, B \cap C = \emptyset} m_1(B) m_2(C) \quad (11-2)$$

چنان چه فرض  $m(\emptyset) = 0$  در نظر گرفته نشود، ساختار شواهدی به دست آمده، نابهنجار<sup>4</sup> نامیده می‌شود. در این شرایط  $m_1 \oplus m_2(\emptyset) = 1 - k$  بوده که K از رابطه‌ی  $(1-V)$  به دست می‌آید. لازم به ذکر است که قانون ترکیب دمپستر، دارای خواص بسیار مهمی است و در مقالات مختلفی مورد بررسی و اثبات قرار گرفته است. هرچند که در بعضی موارد، محدودیت‌هایی را ایجاد می‌کند که محققان را به سمت یافتن قوانین ترکیب دیگر سوق داده است.

<sup>1</sup> Plausibility

<sup>2</sup> Commonality

<sup>3</sup> Dempster's rule of combination

<sup>4</sup> Un-normalized

عدم قطعیت<sup>۱</sup> یا به صورت خلاصه  $Unc$  از اختلاف بین تخمین خوشبینانه و تخمین محتاطانه به دست می -

(۱۲-۲)

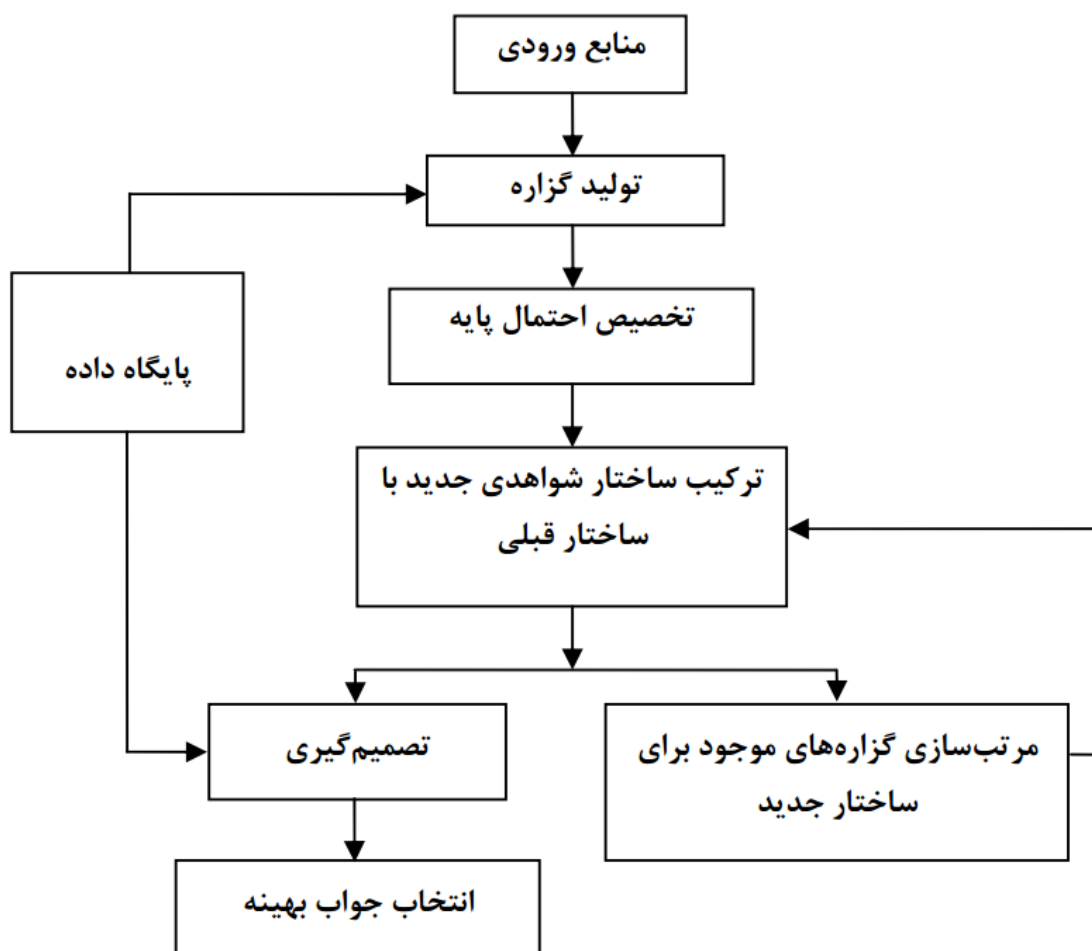
$$Unc(X) = Pls(X) - bel(X)$$

شکل ۲-۲ شماتیک کلی تصمیم‌گیری را بر اساس این نظریه نشان می‌دهد. با استفاده از اطلاعات تهیه شده توسط منابع ورودی و استفاده از اطلاعات اولیه (مجموعه داده‌ها)، یک گزاره‌ی جدید تولید می‌گردد. سپس بر اساس این گزاره، تخصیص احتمال پایه با توجه به عدم قطعیت و ابهام موجود صورت می‌گیرد. چنانچه تخصیص احتمال پایه‌ی ورودی،  $m_0$  نامیده شود، ساختار جدید با ترکیب  $m_0$  و تخصیص احتمال پایه در گام قبل،  $m_{i-1}$ ، به وجود می‌آید. نتیجه حاصل در زمان جاری  $m_i$ ، برای تصمیم‌گیری به کار می‌رود و در نتیجه بر اساس معیار انتخاب شده بهترین تصمیم اتخاذ می‌گردد.

---

<sup>۱</sup> Uncertainty





شکل ۲-۲ شماتیک کلی الگوریتم تصمیم‌گیری بر اساس نظریه‌ی شواهد

## ۶-۲ اندازه‌گیری دقت روش‌های استفاده شده

ماتریس تداخل و میزان صحت (CCR) ابزارهای استفاده شده به منظور کمی‌سازی عملکرد روش‌های استفاده شده هستند. ماتریس تداخل نمایانگر چگونگی طبقه‌بندی شدن کسری از تمام داده‌های یک دسته‌ی واقعی در دسته‌ی دیگر (یا همان دسته) توسط طبقه‌بندی کننده می‌باشد.

این ماتریس به صورت یک ماتریس مربعی ساخته شده که سطرها در آن معرف کلاس واقعی و ستون‌ها معرف کلاس تصمیم‌گیری طبقه‌بندی کننده است (شکل ۲-۳).

		خروجی واقعی		
		1	2	3
خروجی طبقه بندی کننده	1	0.94	0.30	0.10
	2	0.06	0.50	0.80
	3	0.00	0.20	0.10

شکل ۲-۳ نمایش یک ماتریس تداخل که طبق آن طبقه‌بندی کننده دسته‌ی اول را با دقت ۹۴٪، دسته‌ی دوم را با دقت ۵۰٪ و دسته‌ی سوم را با دقت ۱۰٪ طبقه‌بندی نموده است.

میزان صحت از روی ماتریس تداخل محاسبه می‌شود. با تقسیم مجموع قطر اصلی بر تعداد دسته‌ها میانگین دقت طبقه‌بندی یا میزان صحت (CCR) حاصل می‌شود.

## فصل سوم

شناسایی زون‌های تولید هیدروکربن و تعیین عدم

قطعیت

### ۳-۱ مقدمه

در این فصل نتایج حاصل از روش‌های ارائه شده در فصل قبل آورده شده است. برای مقایسه نتایج از ماتریس تداخل و میزان صحت استفاده شده است. معیار مقایسه‌ی نتایج نیز آزمون‌های چاه بوده است. روش‌های گفته شده بر روی ۶ چاه میدان مورد مطالعه اعمال شده است. البته در یکی از چاه‌ها با توجه به عدم دسترسی به نتایج آزمایش چاه فقط روش حد برش اعمال شده است.

زون‌های مخزنی سروک در این میدان بر اساس تولید به سه کلاس تقسیم شده‌اند:

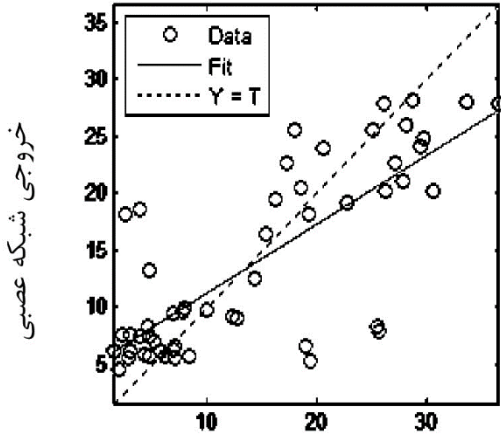
- کلاس ۱: فاقد تولید
- کلاس ۲: تولید نفت با نرخ کمتر از ۱۵۰۰ بلیون بشکه در روز
- کلاس ۳: تولید نفت با نرخ بیشتر از ۱۵۰۰ بلیون بشکه در روز

### ۳-۲ نتایج روش حد برش

مطابق با روش‌شناسی ارائه شده در فصل قبل حجم شیل از روی نگار CGR، اشباع آب از روی نگارهای مقاومت و با استفاده از روش آرچی و تخلخل با استفاده از شبکه عصبی محاسبه گردید.

تخمین تخلخل با استفاده از شبکه عصبی به عنوان تخمین‌گر، نگارهای NPHI, DT, RHOB, LLS, LLD, MSFL و CGR به عنوان ورودی و اطلاعات مغزه به عنوان شاهد صورت پذیرفته است. از مجموع داده‌های مغزه‌ی در اختیار از ۷۰٪ به منظور آموزش شبکه، از ۱۵٪ به منظور آزمون آن و از ۱۵٪ نیز برای اعتبارسنجی استفاده شد. عملگر تخمین‌گر در شکل ۳-۱ آورده شده است:

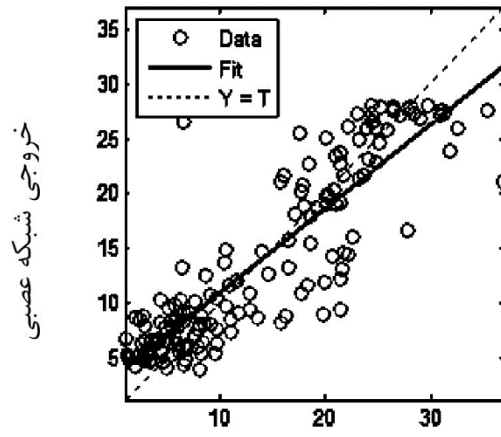
اعتبارسنجی:  $r^2=0.78$



مقادیر واقعی (مغزه)

ب

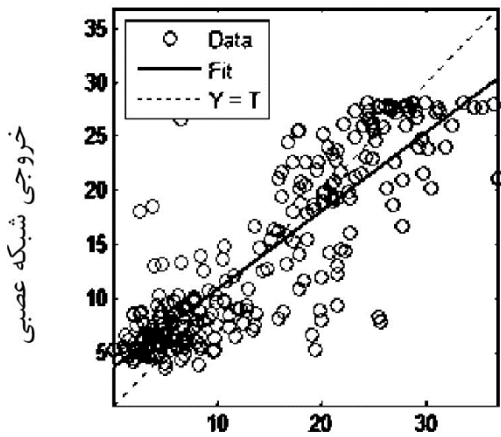
آموزش:  $r^2=0.88$



مقادیر واقعی (مغزه)

الف

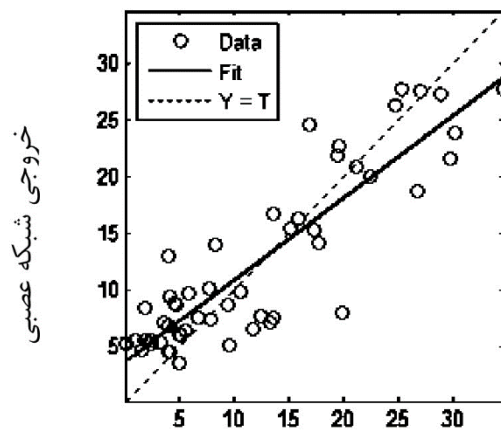
تمام داده‌های مغزه:  $r^2=0.86$



مقادیر واقعی (مغزه)

د

آزمون:  $r^2=0.88$



مقادیر واقعی (مغزه)

ج

شکل ۳-۱ دقت تخمینگر تخلخل (الف) داده‌های آموزش (ب) داده‌های آزمون (ج) داده‌های اعتبارسنجی (د) کل داده‌ها

پس از محاسبه پارامترها در تمام ضخامت چاه‌ها حدود برش استفاده شده در شرکت ملی نفت بر روی داده‌ها اعمال گردید. مقادیر حد برش در چاه‌های مختلف در جدول ۱-۳ آورده شده است (Nikzad, 2008):

جدول ۱-۳ مقادیر حد برش برای تعیین زون تولید در هر چاه

شماره‌ی چاه	حد برش تخلخل	حد برش مقدار شیل	حد برش آب اشباع شدگی
۱	٪۵	٪۲۵	٪۴۰
۲	٪۶	٪۲۵	٪۵۰
۳	٪۵	٪۲۵	٪۴۰
۴	٪۵	٪۲۵	٪۴۰
۵	٪۵	٪۲۵	٪۴۰
۶	٪۵	٪۲۵	٪۴۰

پس از اعمال حد برش و محاسبه زون تولید در هر چاه ماتریس تداخل و CCR در هر چاه محاسبه شد. نتایج در شکل ۲-۳ آورده شده است. بالاترین دقت در چاه ۶ با ٪۹۲ و پایین‌ترین دقت در چاه ۴ با ٪۲۳ حاصل گردیده است.

خروجی واقعی

تصمیم (روش متداول)

	1	2	3
0	0.20	0.00	0.00
1	0.80	0.00	1.00

$$CCRC = \frac{0.20 + 0.00 + 1.00}{2} = 0.60$$

ب) چاه ۲

خروجی واقعی

تصمیم (روش متداول)

	1	2	3
0	0.62	1.00	0.92
1	0.38	0.00	0.08

$$CCRC = \frac{0.62 + 0.00 + 0.08}{3} = 0.23$$

د) چاه ۴

خروجی واقعی

تصمیم (روش متداول)

	1	2	3
0	0.47	0.03	0.00
1	0.53	0.97	0.00

$$CCRC = \frac{0.47 + 0.97 + 0.00}{2} = 0.72$$

الف) چاه ۱

خروجی واقعی

تصمیم (روش متداول)

	1	2	3
0	1.00	1.00	1.00
1	0.00	0.00	0.00

$$CCRC = \frac{1.00 + 0.00 + 0.00}{3} = 0.33$$

ج) چاه ۳

خروجی واقعی

تصمیم (روش متداول)

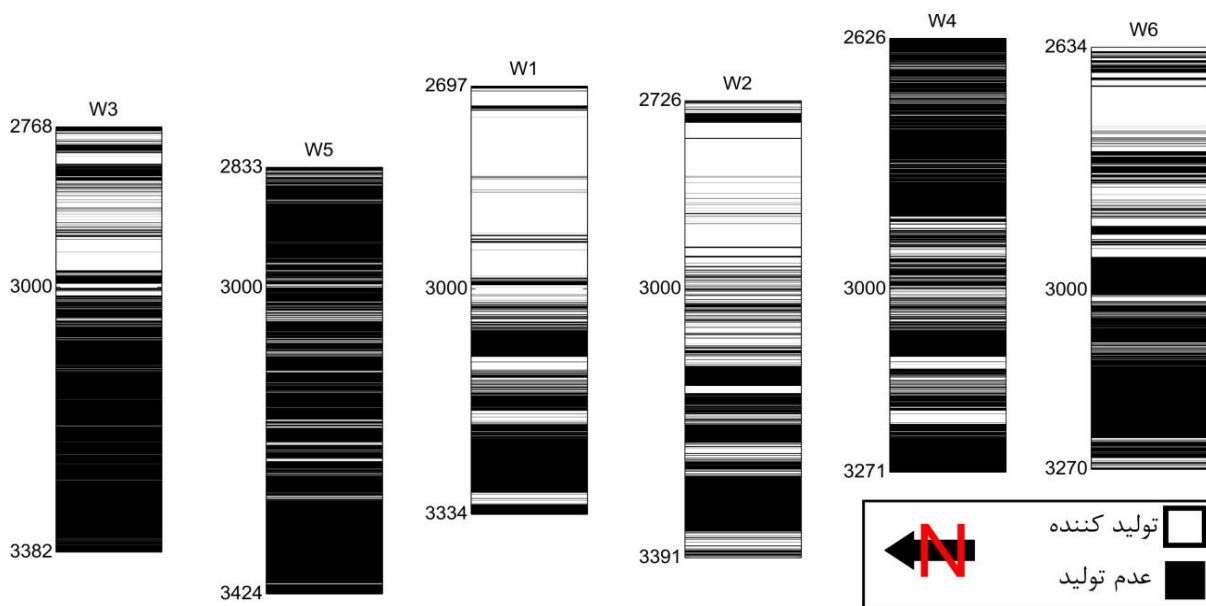
	1	2	3
0	0.87	0.00	0.03
1	0.13	0.00	0.97

$$CCRC = \frac{0.87 + 0.00 + 0.97}{2} = 0.92$$

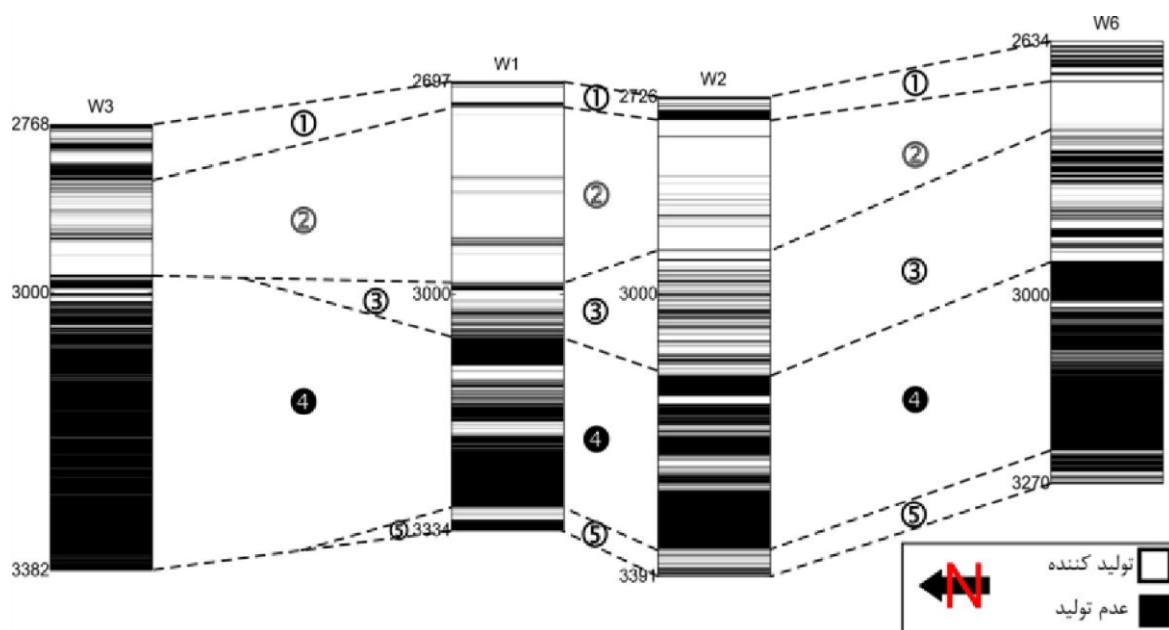
ه) چاه ۶

شکل ۲-۳ ماتریس تداخل و CCR در چاه‌های میدان نفتی مورد مطالعه

در شکل ۳-۴ نمودار ستونی تولید در چاه‌های میدان آورده شده است. مطابق با شکل چاه‌های ۱، ۲، ۳ و ۶ از نظر تولیدی مشابه هستند. چاه‌های ۴ و ۵ نیز رفتار مشابه نشان می‌دهند. در شکل ۳-۵ چاه‌های ۱، ۲، ۳ و ۶ بر مبنای خواص تولیدی زون‌بندی شده‌اند.



شکل ۳-۴ نمودار تولید در چاه‌های مختلف بر اساس نتایج حاصل از اعمال حد برش



شکل ۳-۴ زون‌بندی چاه‌ها بر مبنای خواص تولیدی



## ۳-۳ نتایج روش بیزین

همان‌طور که در الگوریتم احتمالات شرطی در فصل سوم گفته شد، روش بیزین نیاز به آموزش دارد. بنابراین، باید یک مجموعه داده برای این امر در نظر گرفته شود. با توجه به قرارداد این پایان‌نامه در مورد طبقه‌بندی زون تولید (یعنی طبقه‌بندی زون تولید به سه بخش تولید کننده، بدون قابلیت تولید و تولید کننده ی ضعیف)، شرط لازم برای مجموعه‌ی داده‌ی آموزش آن است که دارای هر سه نوع داده باشد تا روش بیزین برای تمام آن حالات آموزش ببیند.

با توجه به جدول ۳-۲، مشاهده می‌شود که تنها چاه‌های سه و چهار می‌توانند برای آموزش انتخاب شوند چراکه فقط این دو چاه هستند که تمامی حالات تولید را دارند. آموزش روش بیزین در بقیه‌ی چاه‌ها امکان‌پذیر نیست چراکه دانش اولیه (یکی از ارکان اصلی در فرمول بیزین) برای حداقل یکی از سه کلاس در نظر گرفته شده قابل محاسبه نیست.

بنابراین، در این پایان‌نامه برای تعیین زون تولید به روش احتمالات شرطی، یک بار چاه سه و یک بار چاه چهار به عنوان چاه آموزش در نظر گرفته شده است. بنابراین دو طبقه‌بندی کننده‌ی مختلف بیزین داریم و از این دو طبقه‌بندی کننده، در دیگر چاه‌ها نیز استفاده شده است تا قابلیت تعمیم هر یک بررسی شود.

## ۳-۳-۱ انتخاب متغیرهای ورودی الگوریتم احتمالات شرطی

انتخاب متغیرهای الگوریتم احتمالات شرطی در دو مرحله انجام شد: مرحله اول انتخاب متغیرهایی که با هم برازش کمی دارند و مرحله دوم، انتخاب متغیرهای نهایی. متغیرهای منتخب در مرحله اول با استفاده از جدول همبستگی همه‌ی چاه‌ها استخراج شده است (شکل ۳-۶). متغیرهای چاه سه در شکل ۳-۷ نسبت به هم رسم شده‌اند.

جدول ۲-۳ وضعیت آزمون‌های چاه در شش چاه مورد بررسی






















چاه	تعداد آزمون چاه بدون تولید نفت	تعداد آزمون چاه قابلیت تولید $\frac{bbl\ oil}{day}$ ۱۵۰۰ کم‌تر از	تعداد آزمون چاه با قابلیت تولید $\frac{bbl\ oil}{day}$ ۱۵۰۰ بیش‌تر از
	npv=1	npv=2	npv=3
۱	۳	۳	۰
۲	۲	۰	۱
۳	۴	۱	۱
۴	۱	۱	۱
۵	۰	۰	۰
۶	۱	۰	۱

DT	<u>-۰/۸۶</u>	<u>۰/۸۳</u>	۰/۲۶	۰/۰۶
	RHOB	<u>-۰/۸۳</u>	-۰/۳۵	-۰/۱۴
		NPHI	۰/۱۷	-۰/۰۳
			LLD	<u>۰/۸۹</u>
				LLS

شکل ۳-۵ نمایش چگونگی همبستگی متغیرهای پتروفیزیکی در کل داده‌های میدان مورد مطالعه. همبستگی‌های بالای

۸۰٪ با خط تحتانی مشخص شده‌اند

بدین ترتیب از میان متغیرهای NPHI، RHOB و DT به علت برآزش بالا (بالای ۸۰٪) فقط یکی (NPHI) انتخاب شد. همچنین از میان متغیرهای LLD و LLS نیز به علت برآزش بیش از ۸۰٪ فقط یکی (LLD) انتخاب شده است. بنابراین، متغیرهای منتخب در مرحله‌ی اول عبارت‌اند از: NPHI، CGR و LLD هستند.

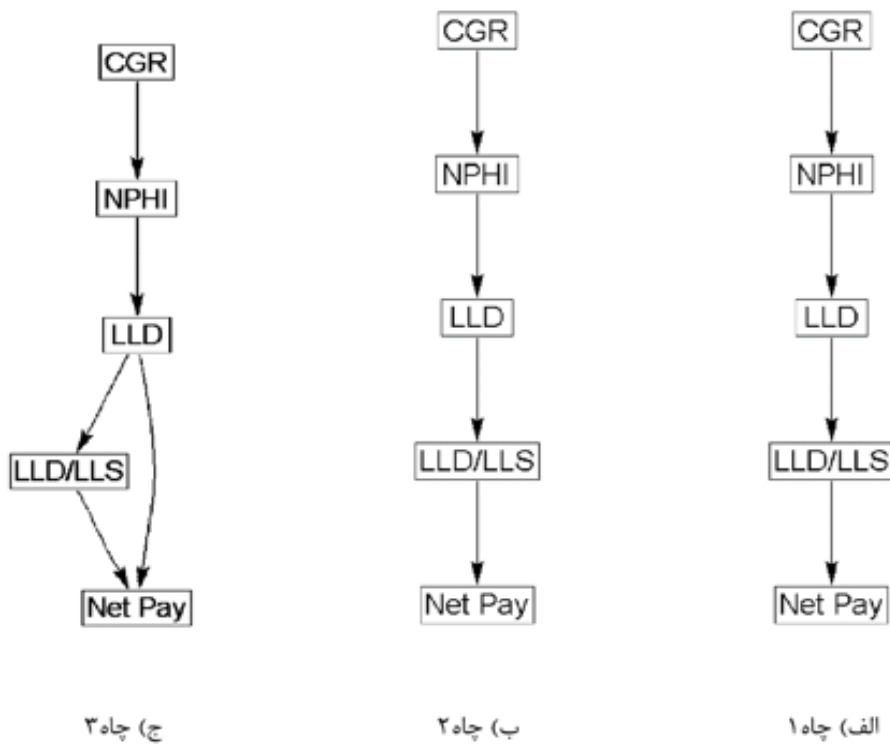
DT						
	RHOB					
		NPHI				
			CGR			
				LLD		
					LLS	
						LLD/LLS

شکل ۳-۶ نمودارهای متغیرهای چاه سه

سپس، روی متغیرهای منتخب در مرحله‌ی اول، الگوریتم K2 به طور جداگانه در هر چاه اجرا شده است. در وارد کردن متغیرها به شبکه‌ی بیزین، بایستی ترتیب علی معلولی متغیرها حفظ شود. زدر این جا جایگشت «CGR→NPHI→LLD→LLD/LLS→Net pay» برای ورود به الگوریتم انتخاب شده است. دلایل زمین شناسی و ریاضی این انتخاب:

- الف) تأثیرپذیری تخلخل (که NPHI در رابطه‌ی مستقیم با تخلخل کل است) از سنگ‌شناسی به خصوص درصد شیل (که CGR در رابطه‌ی مستقیم با درصد شیل است).
- ب) تأثیر تخلخل (NPHI) روی نفت اشباع شدگی (که LLD در رابطه‌ی مستقیم با نفت اشباع شدگی است). هرچه تخلخل کم‌تر باشد، مقاومت ناشی از فشار مویینگی بیش‌تر است و در نتیجه جایگزینی آب توسط نفت (در مرحله‌ی مهاجرت نفت سخت‌تر انجام می‌شود).
- ج) تأثیر LLD روی LLD/LLS از رابطه‌ی ریاضی بین این دو مشهود است.
- د) متغیر زون تولید در انتهای این ترتیب قرار گرفته است، چراکه قرار است تأثیر متغیرهای دیگر روی این متغیر بررسی شود.

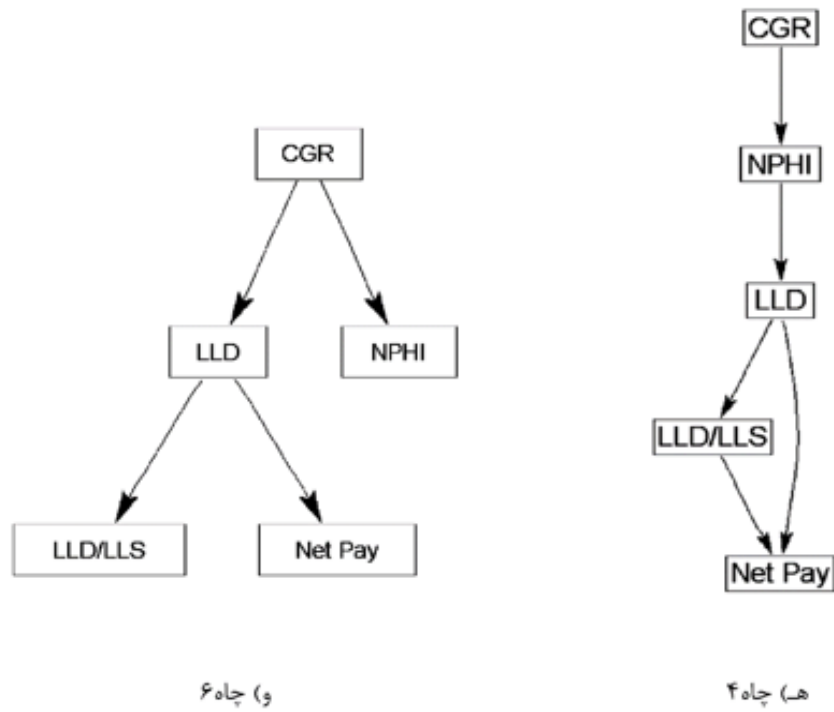
پس از اعمال الگوریتم K2 روی متغیرهای پتروفیزیکی هر چاه به صورت مجزا، شبکه‌های بیزین ساخته شده در شکل ۳-۸ آمده است. در تمام چاه‌ها به جز چاه شش، متغیر LLD/LLS مستقیماً روی زون تولید موثر است. همچنین همیشه LLD در رابطه‌ی مستقیم یا غیرمستقیم با زون تولید است. تفسیر شکل ۳-۸ در ادامه آمده است.



ج (ج) چاه ۳

ب (ب) چاه ۲

الف (الف) چاه ۱



و (و) چاه ۶

هـ (هـ) چاه ۴

شکل ۳-۷ شبکه‌های بیزین ساخته شده توسط الگوریتم K2 برای هر چاه

حال طبق شکل فوق، می‌توان متغیرهای موثر بر زون تولید را بدین صورت معرفی نمود:

- چاه یک: تمام متغیرها روی زون تولید تأثیر دارند اما با اولویت LLD/LLS، سپس LLD.
  - چاه دو: مشابه چاه یک.
  - چاه سه: تمام متغیرها روی زون تولید تأثیر دارند اما اولویت به‌طور مساوی با دو متغیر LLD/LLS و LLD است.
  - چاه چهار: مشابه چاه سه.
  - چاه شش: متغیرهای CGR و LLD با اولویت LLD روی زون تولید موثراند. متغیرهای NPHI و LLD/LLS با اولویت LLD/LLS، در صورت وجود رابطه‌ی همبستگی روی متغیر زون تولید موثر هستند. در غیر این صورت زون تولید به آن‌ها وابسته نیست. اما با توجه به وابستگی زون تولید به این دو متغیر در چهار چاه دیگر، به احتمال زیاد رابطه‌ی همبستگی بین زون تولید و این دو متغیر وجود دارد و در نتیجه زون تولید به آن دو متغیر در این چاه نیز وابسته است.
- در نهایت با توجه به اجماع تاثیرگذار بودن دو متغیر LLD/LLS و LLD روی زون تولید، این دو متغیر به‌عنوان ورودی روش احتمالات شرطی انتخاب شدند. در ادامه، خروجی روش احتمالات شرطی بیزین توسط آموزش در دو چاه سه و چهار به‌طور جداگانه ارائه می‌شوند.

### ۳-۳-۲ نتایج بیزین در حالت آموزش در چاه سه

در این حالت، الگوریتم روش احتمالات شرطی بیزین در چاه سه آموزش دیده است. پس از آموزش در چاه سه، روی داده‌های چاه‌های دیگر اعمال شده و ماتریس‌های طبقه‌بندی و میزان صحت در شکل (۳-۹) محاسبه شده‌اند. برای مقایسه‌ی نتایج روش حد برش با روش احتمالات شرطی بیزین، در روش بیزین از دو CCR استفاده شده است.  $CCR_c$  و  $CCR_f$ ، که  $CCR_c$  همانند CCR در روش حد برش است و فقط دو

کلاس زون تولید(معادل کلاس ۲) و عدم زون تولید(معادل کلاس ۱) و  $CCR_f$  هر سه کلاس تولید کننده‌ی قوی(معادل کلاس ۳) و تولید کننده‌ی(معادل کلاس ۲) ضعیف و عدم زون تولید(معادل کلاس ۱) را شامل می‌شود.

وضعیت زون تولید که توسط بیزین آموزش دیده، در چاه سه تعیین شده است. در طول میدان همانند روش متداول ترسیم شده است(شکل ۳-۱۰). برخلاف تطابق عمقی در روش متداول (شکل ۳-۵) که رفتار دو چاه با چهار چاه دیگر متفاوت بود، در تعیین زون تولید توسط روش بیزین(آموزش در چاه سه)، تمام چاه‌ها رفتار نزدیک به همدیگر دارند. بنابراین در تطابق عمقی وضعیت تولید در این میدان با استفاده از این روش احتمالاتی، تمام چاه‌ها شرکت داده شده‌اند.

اگر بخواهیم رفتار این میدان را (از لحاظ قابلیت تولید) در طول قائم توصیف کنیم، همانند تفسیر خروجی‌های روش متداول، به‌سادگی به دو بخش عمده‌ی تولیدکننده(حدوداً اعماق کمتر از ۳۰۰۰ متر) و غیرقابل تولید (حدوداً اعماق بیش‌تر از ۳۰۰۰ متر) تقسیم می‌شود. یادآوری می‌شود که سطح آب و نفت در این میدان، در حدود عمق ۳۰۰۰ متری قرار دارد. تفسیر تفصیلی رفتار میدان در ادامه آمده است.

خروجی واقعی

تقسیم (روش بیژین سه)

	1	2	3
1	1.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	1.00

$$CCRc = \frac{1.00 + 0.00 + 0.00 + 0.00 + 1.00}{2} = 1.00$$

$$CCRF = \frac{1.00 + 0.00 + 1.00}{2} = 1.00$$

ب) چاه ۲

خروجی واقعی

تقسیم (روش بیژین سه)

	1	2	3
1	1.00	0.00	0.62
2	0.00	0.04	0.29
3	0.00	0.96	0.09

$$CCRc = \frac{1.00 + 0.04 + 0.29 + 0.96 + 0.09}{3} = 0.79$$

$$CCRF = \frac{1.00 + 0.04 + 0.09}{3} = 0.38$$

د) چاه ۴

خروجی واقعی

تقسیم (روش بیژین سه)

	1	2	3
1	0.94	0.00	0.00
2	0.06	0.04	0.00
3	0.00	0.96	0.00

$$CCRc = \frac{0.94 + 0.04 + 0.96 + 0.00 + 0.00}{2} = 0.97$$

$$CCRF = \frac{0.94 + 0.04 + 0.00}{2} = 0.49$$

الف) چاه ۱

خروجی واقعی

تقسیم (روش بیژین سه)

	1	2	3
1	0.97	0.00	0.00
2	0.01	0.92	0.07
3	0.02	0.08	0.93

$$CCRc = \frac{0.97 + 0.92 + 0.08 + 0.07 + 0.93}{3} = 0.99$$

$$CCRF = \frac{0.97 + 0.92 + 0.93}{3} = 0.94$$

ج) چاه سه

خروجی واقعی

تقسیم (روش بیژین سه)

	1	2	3
1	1.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.24
3	0.00	0.00	0.76

$$CCRc = \frac{1.00 + 0.00 + 0.00 + 0.24 + 0.76}{2} = 1.00$$

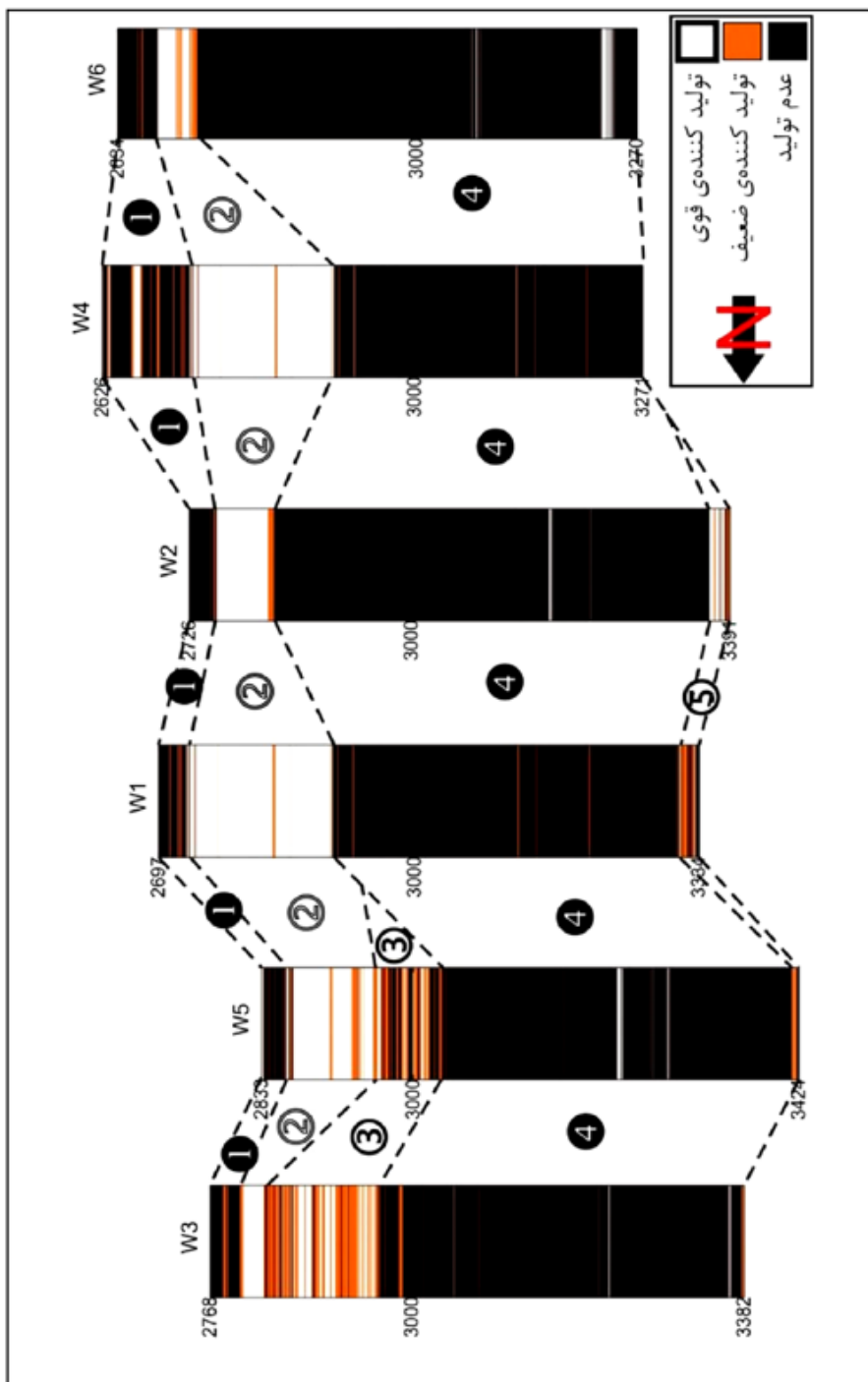
$$CCRF = \frac{1.00 + 0.00 + 0.76}{2} = 0.88$$

ه) چاه ۶

شکل ۳-۸ ماتریس‌های طبقه‌بندی و میزان صحت طبقه‌بندی زون تولید توسط روش بیژین (آموزش دیده در چاه سه) به

تفکیک چاه





شکل ۳-۹ تطابق عمقی از لحاظ وضعیت زون تولید در طول میدان برحسب روش بیژین آموزش دیده در چاه سه

تقسیم‌بندی فوق، کاملاً کلی است و در تقسیم‌بندی دقیق‌تری، می‌توان کل میدان را به پنج زون (یک زون تولید خالص، دو زون تولید ناخالص و دو زون تقریباً بدون قابلیت تولید) مطابق شکل ۳-۱۰ تقسیم نمود:

- زون یک: زون غیرقابل تولید بالایی. از لحاظ مکانی، منطبق بر زون ناخالص بالایی روش متداول (حد برش) است.

- زون دو: زون تولیدکننده‌ی خالص. مشابه زون دو در روش متداول.

- زون سه: زون تولید ناخالص میانی. که فقط در بخش شمالی میدان قابل مشاهده است. این زون نیز مشابه زون سه در تطابق عمقی به روش متداول است.

- زون چهار: مشابه زون چهار در روش متداول است و قابلیت تولید ندارد.

- زون پنج: زون تولید ناخالص پایینی. مشابه زون پنج در روش متداول است ولی گسترش آن فقط در قسمت‌های میانی میدان وجود دارد.

### ۳-۳-۳ نتایج روش بیزین در حالت آموزش در چاه چهار

در این حالت نیز همانند حالت قبل، روش احتمالات شرطی بیزین به کار گرفته شده با این تفاوت که آموزش در چاه چهار انجام شده است. ماتریس طبقه‌بندی و میزان صحت به تفکیک هر چاه، به صورت زیر محاسبه شده‌اند.

خروجی واقعی

تصمیم (روش بیزین چهار)

	1	2	3
1	0.69	0.00	0.00
2	0.00	0.00	1.00
3	0.31	0.00	0.00

$$CCRc = \frac{0.69 + 0.00 + 0.00 + 1.00 + 0.00}{2} = 0.84$$

$$CCRf = \frac{0.69 + 0.00 + 1.00}{2} = 0.34$$

ب) چاه ۲

خروجی واقعی

تصمیم (روش بیزین چهار)

	1	2	3
1	1.00	0.00	0.00
2	0.00	1.00	0.14
3	0.00	0.00	0.86

$$CCRc = \frac{1.00 + 1.00 + 0.00 + 0.14 + 0.86}{3} = 1.00$$

$$CCRf = \frac{1.00 + 1.00 + 0.86}{3} = 0.95$$

د) چاه ۴

خروجی واقعی

تصمیم (روش بیزین چهار)

	1	2	3
1	0.51	0.00	0.00
2	0.00	0.89	0.00
3	0.49	0.11	0.00

$$CCRc = \frac{0.51 + 0.89 + 0.11 + 0.00 + 0.00}{2} = 0.75$$

$$CCRf = \frac{0.51 + 0.89 + 0.00}{2} = 0.70$$

الف) چاه ۱

خروجی واقعی

تصمیم (روش بیزین چهار)

	1	2	3
1	0.55	0.00	0.00
2	0.05	1.00	0.89
3	0.41	0.00	0.11

$$CCRc = \frac{0.55 + 1.00 + 0.11 + 0.89 + 0.11}{3} = 0.85$$

$$CCRf = \frac{0.55 + 1.00 + 0.11}{3} = 0.55$$

ج) چاه ۳

خروجی واقعی

تصمیم (روش بیزین چهار)

	1	2	3
1	0.14	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.47
3	0.86	0.00	0.53

$$CCRc = \frac{0.14 + 0.00 + 0.00 + 0.47 + 0.53}{2} = 0.57$$

$$CCRf = \frac{0.14 + 0.00 + 0.53}{2} = 0.33$$

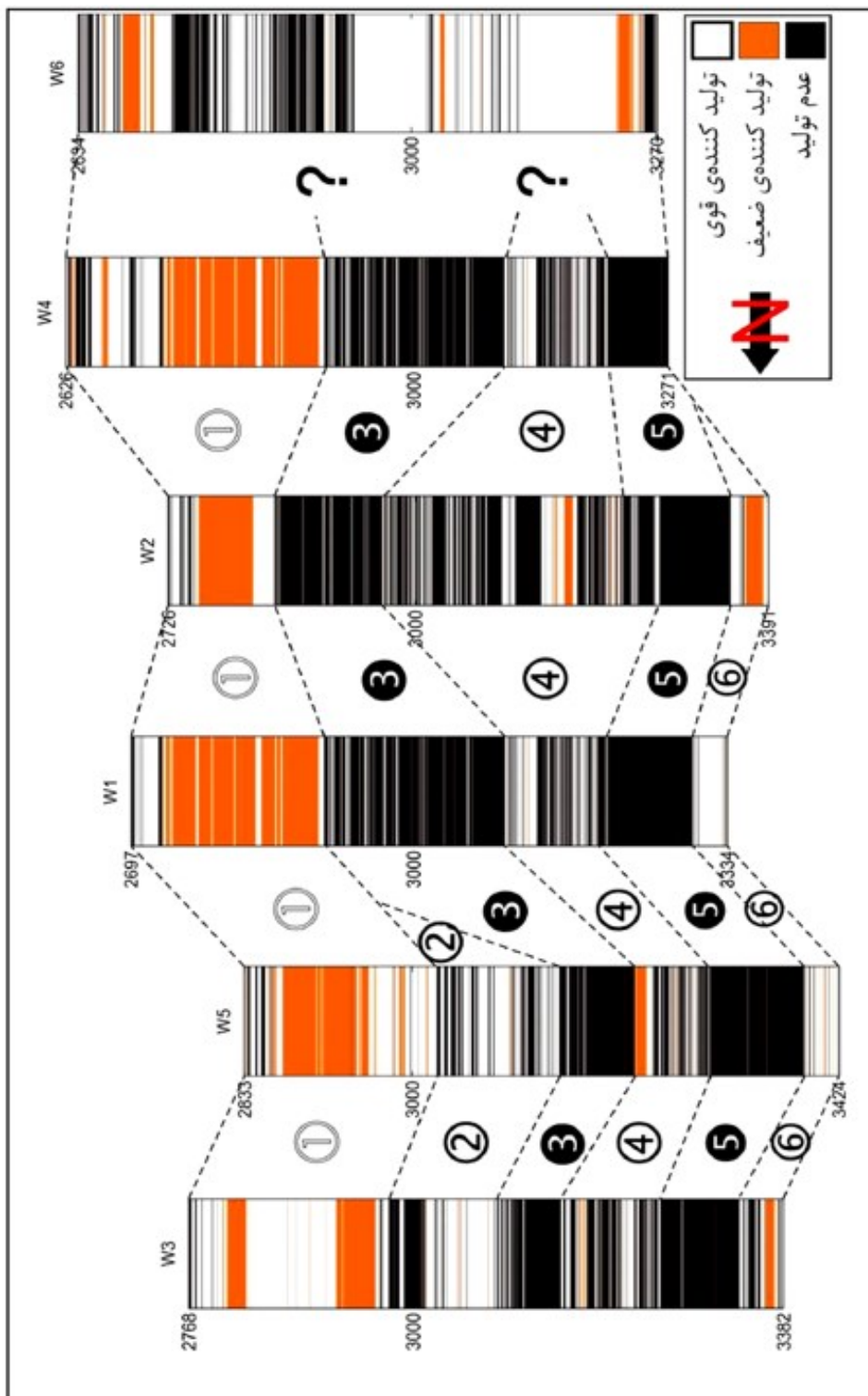
ه) چاه ۶

شکل ۳-۱۰ ماتریس‌های طبقه‌بندی و میزان صحت طبقه‌بندی زون تولید توسط روش بیزین (آموزش در چاه چهار) به

تفکیک چاه

وضعیت زون تولید که توسط بیزین آموزش دیده در چاه چهار تعیین شده است نیز، همانند روش‌های قبل، در طول میدان ترسیم شده است (شکل ۳-۱۲). در این شکل، رفتار چاه شش با پنج چاه دیگر متفاوت است. بنابراین در تطابق عمقی وضعیت تولید در این میدان، چاه شش نادیده گرفته شده است.

اگر بخواهیم رفتار این میدان از لحاظ قابلیت تولید (توسط بیزین آموزش دیده در چاه چهار) در طول قائم توصیف کنیم، همانند دو روش قبل، به سادگی به دو بخش عمده‌ی تولیدکننده (حدوداً اعماق بیش‌تر از ۳۰۰۰ متر) و غیرقابل تولید (حدوداً اعماق بیش‌تر از ۳۰۰۰ متر) تقسیم می‌شود. مجدداً یادآوری می‌شود که سطح آب و نفت در این میدان، در حدود عمق ۳۰۰۰ متری قرار دارد.



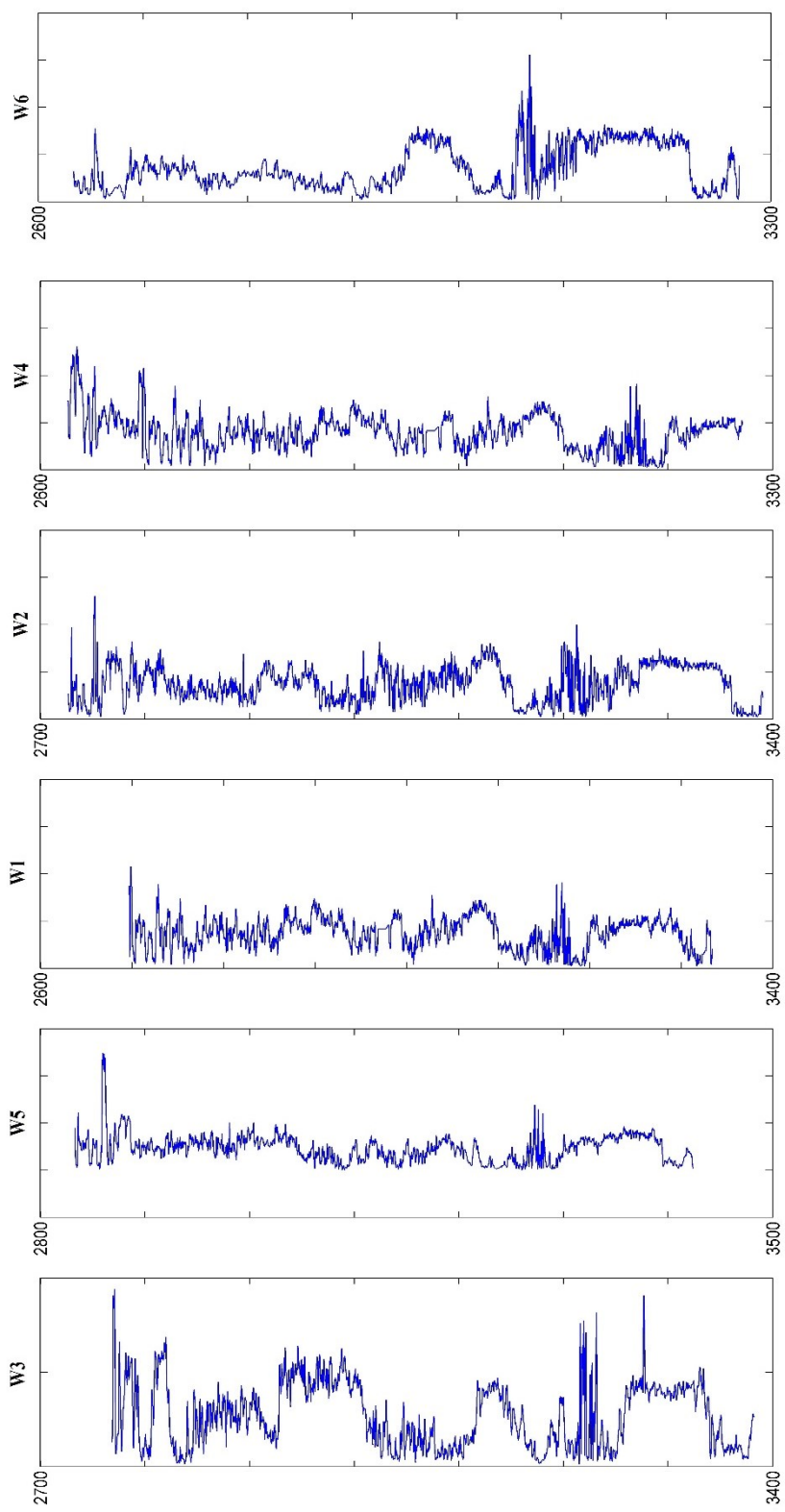
شکل ۳-۱۱ تطابق عمقی از لحاظ وضعیت زون تولید در طول میدان برحسب روش بیزین آموزش دیده در چاه چهار

تقسیم‌بندی فوق، کاملاً کلی است و در تقسیم‌بندی دقیق‌تری، می‌توان کل میدان را به شش زون (یک زون تولید خالص، سه زون تولید ناخالص و دو زون بدون قابلیت تولید) مطابق با شکل ۳-۱۲ تقسیم نمود:

- زون یک: زون تولید خالص. این زون مشابه زون دو در روش‌های متداول و بی‌زین در چاه سه است با این تفاوت که ضخامت آن در خروجی این روش بیش‌تر است.
- زون دو: زون تولیدکننده‌ی ناخالص که فقط در بخش شمالی میدان قابل مشاهده است. این زون از لحاظ موقعیت جغرافیایی، ارتفاعی و طبقه‌بندی تولید، مشابه زون سه در روش بی‌زین در چاه سه است.
- زون‌های سه و پنج: زون‌های عدم تولید. این زون‌ها از لحاظ مکانی و تولید، مشابه زون چهار در تطابق عمقی به روش‌های متداول و بی‌زین در چاه سه هستند.
- زون چهار: زون تولید ناخالص مخصوص روش بی‌زین در چاه چهار. این زون در روش‌های قبل مشابهی ندارد و مخصوص روش بی‌زین در چاه چهار است.
- زون شش: زون تولید خالص پایینی. مشابه زون پنج در روش‌های متداول و بی‌زین در چاه سه است. ضخامت کم این زون و عدم تداوم جانبی آن، از کیفیت آن کاسته است.

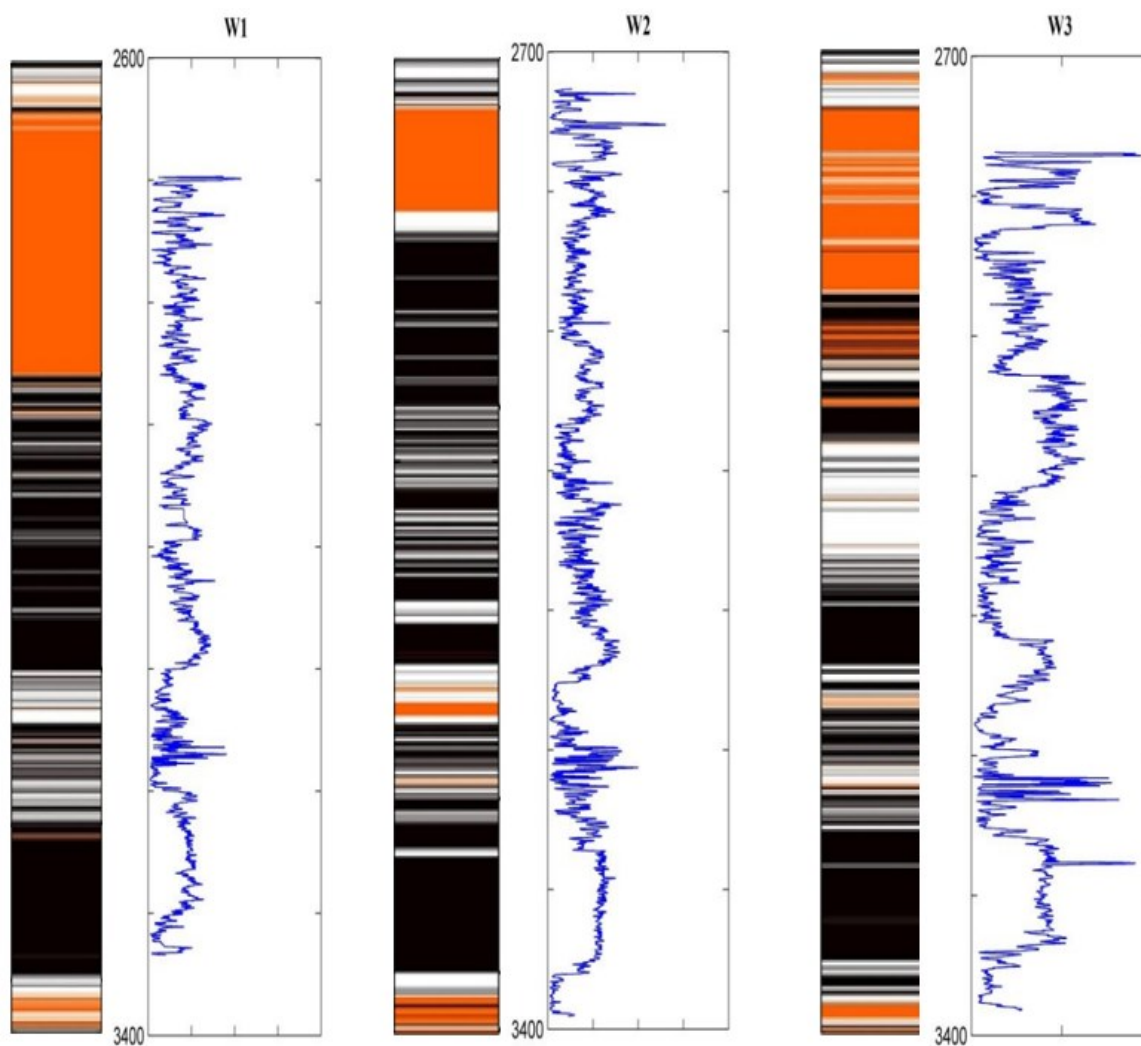
### ۳-۴ نتایج روش دمپستر-شیفر

با استفاده از پارامترهای حجم شیل، اشباع آب و تخلخل به عنوان پارامترهای ورودی به الگوریتم دمپستر-شیفر (مطابق با روش ارائه شده در فصل دوم) و محاسبه تابع جرم برای هر پارامتر توانایی تولید در افق‌های مختلف عمقی سنجیده شد. نتایج در شکل ۳-۱۳ نشان داده شده است.



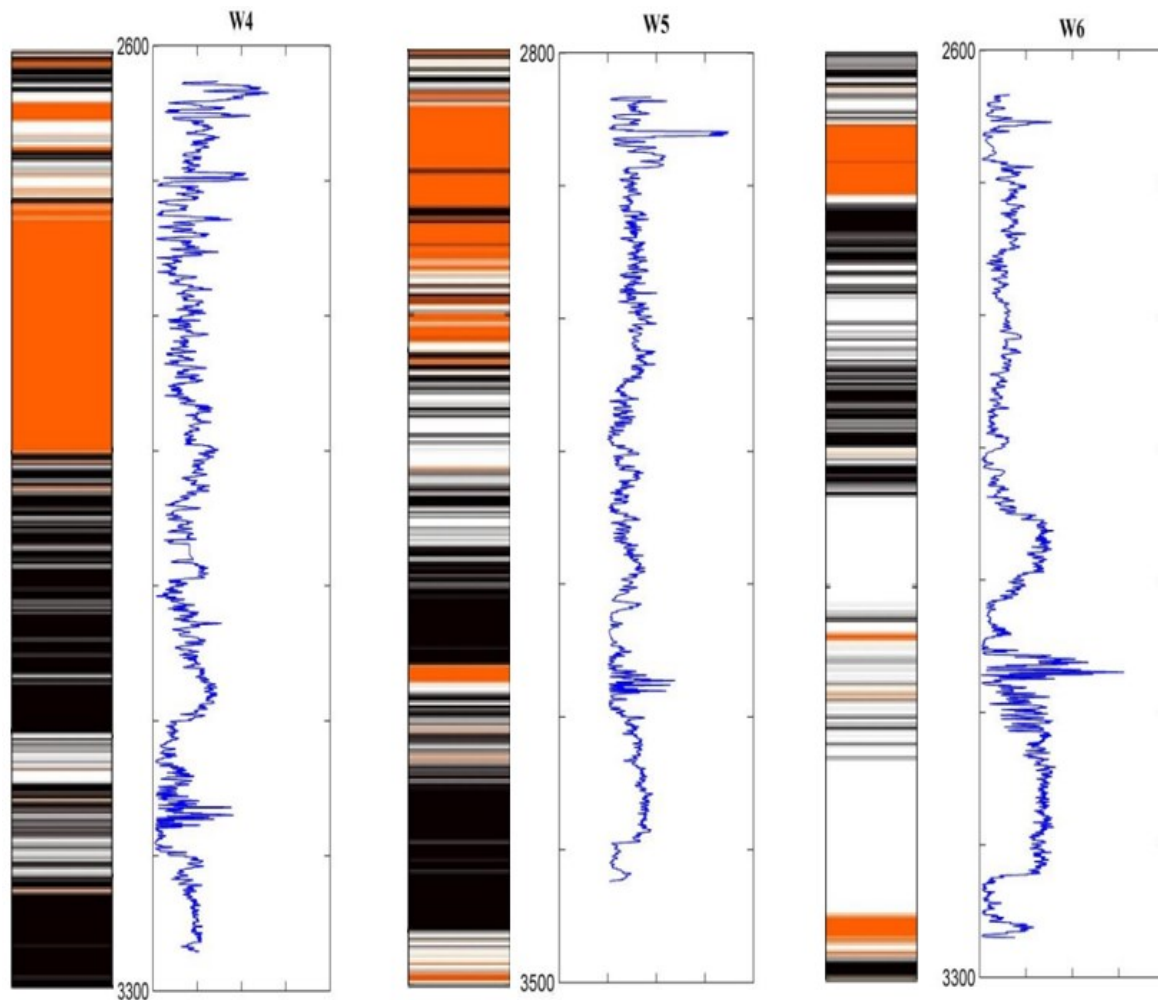
شکل ۳-۱۲ نتایج اعمال روش دمپستر-شیفر در شناسایی زون تولید به تفکیک چاه

مقایسه نتایج با بیزین همخوانی این دو روش را نشان می‌دهد. با این وجود در این روش تغییرات تولید به صورت کمی و نه کلاس بدست آمده است. در این روش در بخش‌هایی که خواص مخزنی افت کرده‌اند عدم قطعیت افزایش یافته است. از میان خواص مخزنی و ورودی‌های استفاده شده تخلخل نقش مهم‌تری در تغییرات عدم قطعیت داشته است.



شکل ۳-۱۳ نتایج روش دمپستر-شیفر به همراه عدم قطعیت آن‌ها در چاه‌های یک، دو و سه



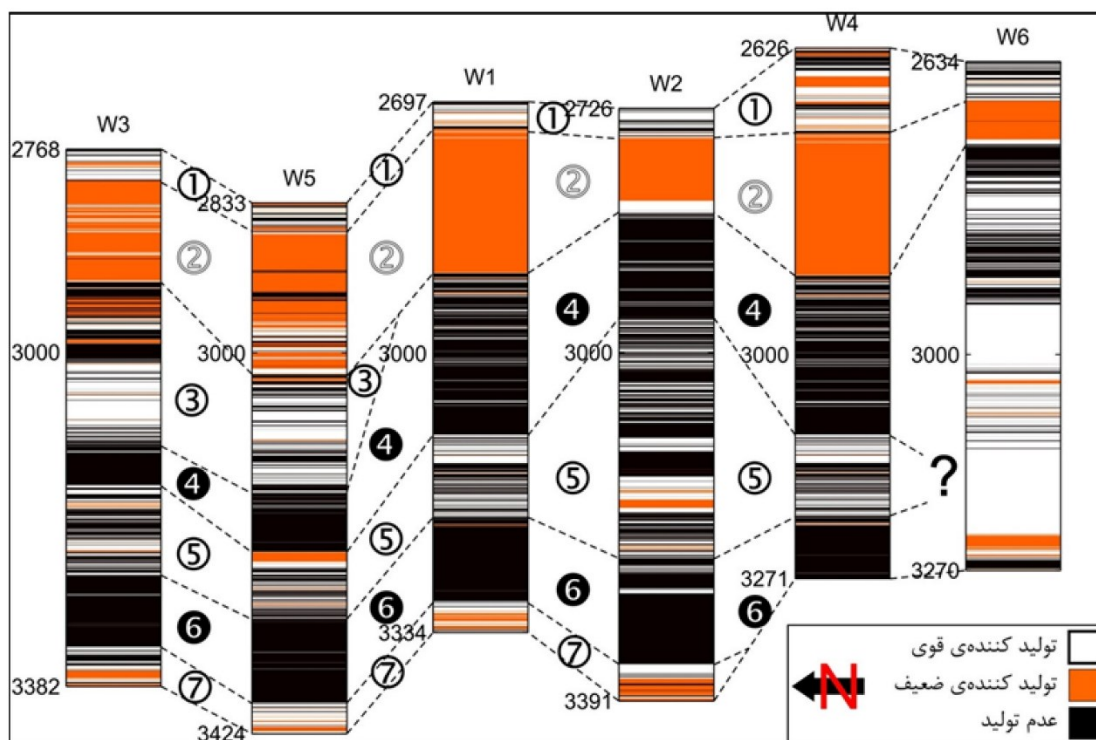


شکل ۳-۱۴ نتایج روش دمپستر-شیفر به همراه عدم قطعیت آن‌ها در چاه‌های چهار، پنج و شش

سازند سروک در این میدان بیش از ۶۰۰ متر ضخامت داشته که ۱۰۰ متر فوقانی آن نقش مخزن را ایفا می‌کند. با نگاهی به نتایج مشخص می‌شود که به سمت بخش عمیق‌تر و توأم با کاهش خواص مخزنی عدم قطعیت افزایش می‌یابد. زون‌های تولیدی تعیین شده بر مبنای این روش در شکل ۳-۱۴ آورده شده است.

یک بخش عمده از عدم قطعیت در این میدان ناشی از تغییرات شدید زمین‌شناسی سازند سروک در این حوزه‌ی رسوبی است. مطالعات مختلف به تغییرات نیم متر- نیم متر رخساره‌های زمین‌شناسی در سازند

مخزنی سروک اشاره کرده‌اند. به طور مثال رخساره از گرینستون که یک سنگ رسوبی دانه‌درشت و با تخلخل بالاست، تبدیل به مادستون که یک سنگ با تخلخل و تراوایی پایین است تغییر می‌کند. محققین دیگر که بر روی این میدان مطالعه کرده‌اند نیز بزرگ‌ترین مشکل در مدل سازی این میدان را تغییرات شدید زمین‌شناسی بیان کرده‌اند.



شکل ۳-۱۵ زون‌های تولیدی بر مبنای روش دمپستر- شيفر در چاه‌های میدان نفتی مورد مطالعه

رخساره‌های زمین‌شناسی در چاه‌های مختلف میدان، در فواصل کوتاه تغییر می‌کنند. نبود پیوستگی در ویژگی‌های زمین‌شناسی باعث پراکندگی در خواص پتروفیزیکی و در نتیجه توان تولیدی بخش‌های مختلف سازند می‌شود.

اگر برنامه‌ریزی برای تولید این مخزن این باشد که ما مطمئن‌ترین قسمت‌ها را برای تولید سوراخ‌کاری بکنیم، روش دمپستر- شيفر می‌تواند زون‌های تولیدی با عدم قطعیت پایین را معرفی کند.

## فصل چهارم

زون بندی تولیدی مخزن و جمع بندی نتایج

## ۱-۴ زون بندی تولیدی مخزن

با توجه به نتایج حاصل سازند سروک در میدان نفتی مورد مطالعه به هفت زون تقسیم می‌شود. این هفت زون که با حروف A تا G نامگذاری شده‌اند از A تا G نیز دچار افت کیفیت تولید می‌شوند (شکل ۱-۴).

1	B
2	A
3	D
4	F
5	E
6	G
7	C

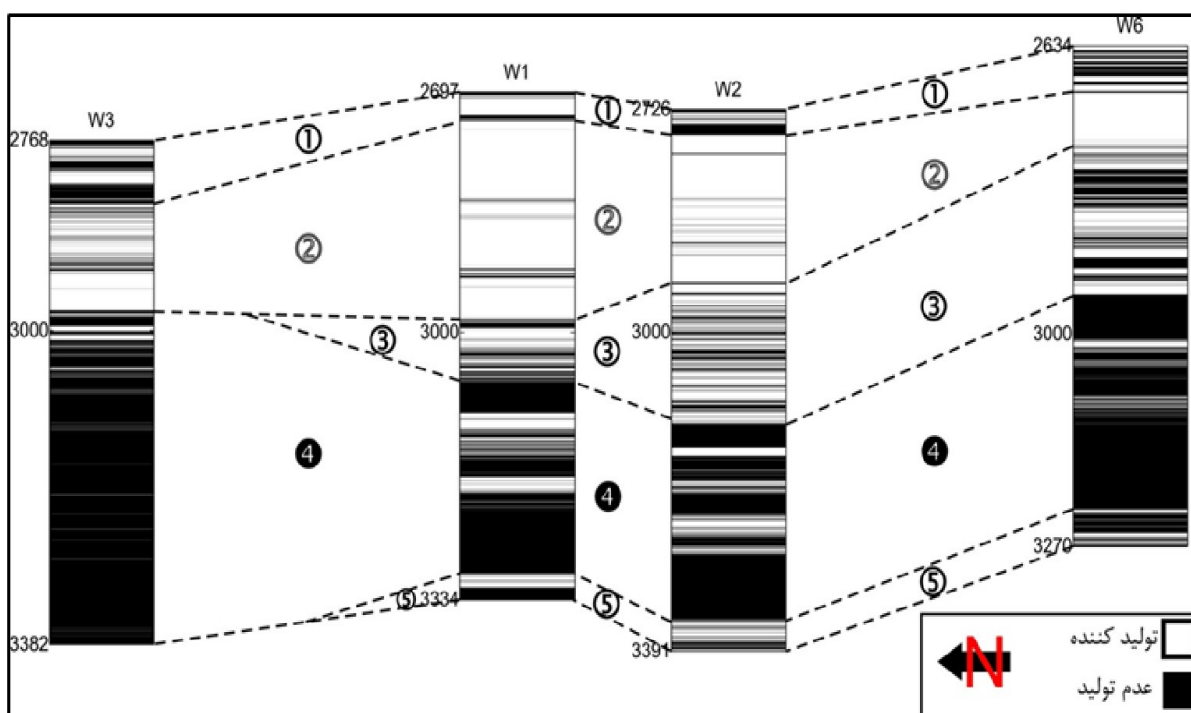
شکل ۱-۴ زون‌های تولیدی مخزن سروک بر مبنای کیفیت از A تا G تغییر می‌کنند.

زون‌های یک، دو و هفت قابلیت تولید مناسبی دارند. در این میان، زون دو بالاترین کیفیت تولید را دارد چراکه هم خلوص آن بیشتر است و هم ضخامت مناسبی دارد. پس از زون دو، بالاترین کیفیت متعلق به زون‌های یک و هفت است. درحالی‌که زون هفت نسبت به زون یک خالص‌تر است، اما در این جا اولویت به زون یک داده می‌شود چراکه زون هفت امتداد جانبی خوبی ندارد و گاهی حالت زبانه‌ای به خود می‌گیرد.

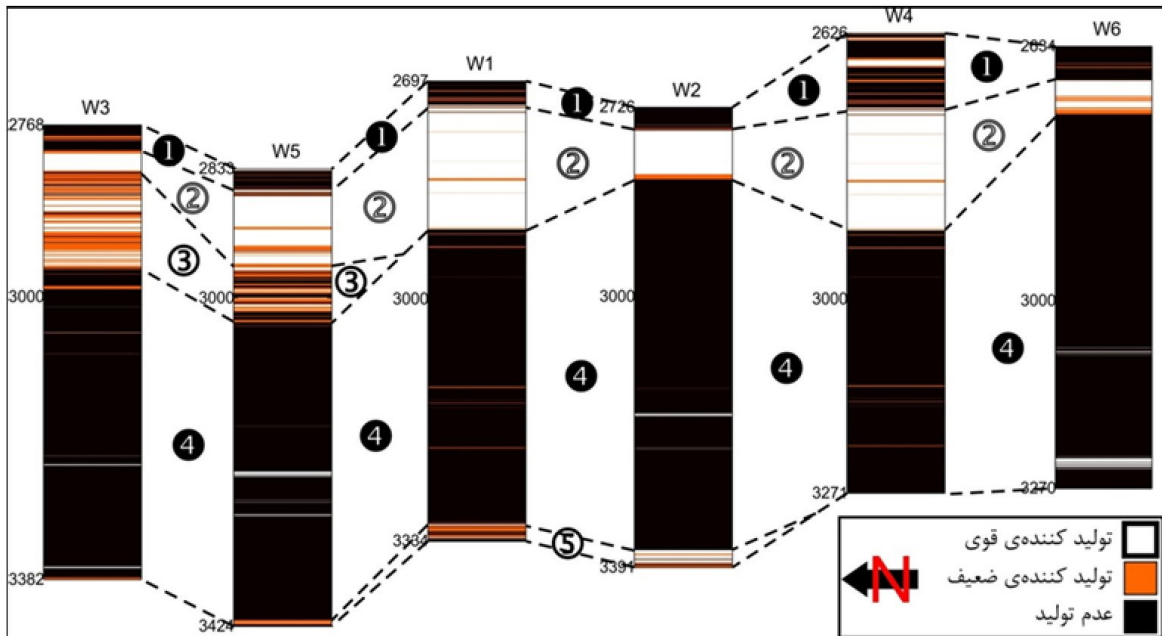
زون‌های سه و پنج از لحاظ تولید در وضعیت میانه هستند. یعنی نه قابلیت تولید زون‌های یک و دو و هفت را دارند و نه مثل زون‌های چهار و شش هستند که قابلیت تولید نداشته باشند. زون پنج نسبت به زون سه دو برتری دارد: اولاً زون پنج امتداد جانبی و ضخامت خوبی دارد. ثانیاً زون سه در تمام روش‌های استفاده شده، به صورت یکسان تشخیص داده نشده است. یعنی عدم قطعیت در تشخیص زون سه بسیار بالا است. نهایتاً زون‌های چهار و شش قابلیت تولید ندارند.

## ۲-۴ تطابق عمقی زون‌های تولید در چاه‌ها

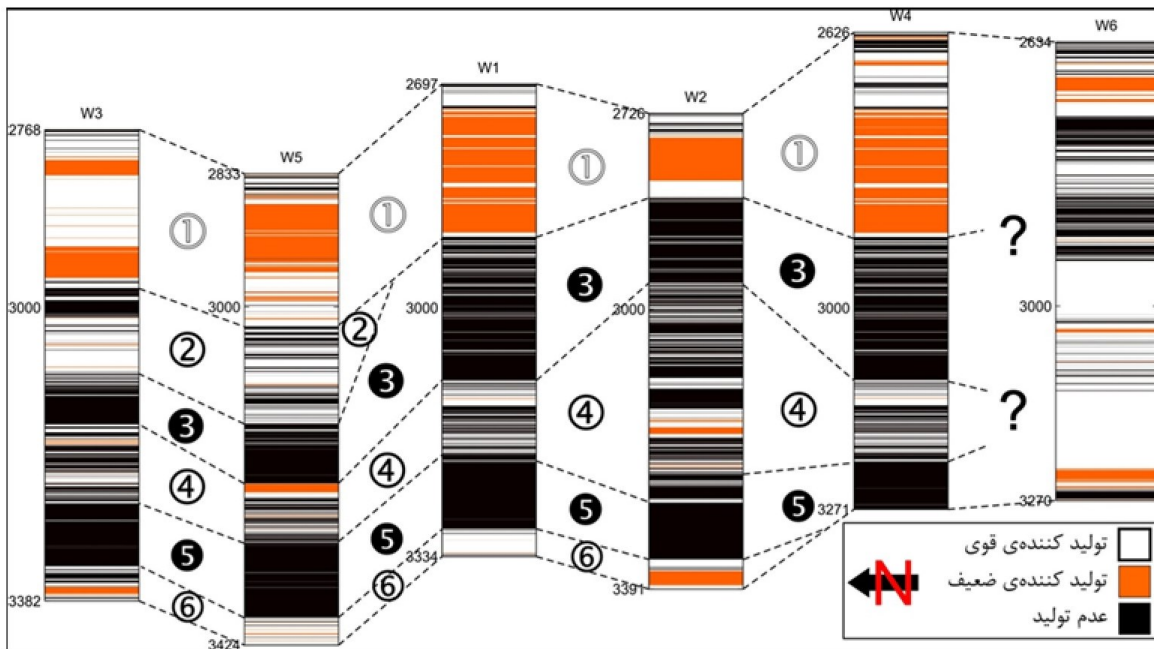
زون‌های تولیدی مخزن سروک در میدان نفتی مورد مطالعه در همه‌ی چاه‌ها با سه حد برش، بیزین و دمپسترشیفر تعیین گردید. در شکل‌های ۱-۴ الی ۴-۴ این زون‌بندی نشان داده شده است.



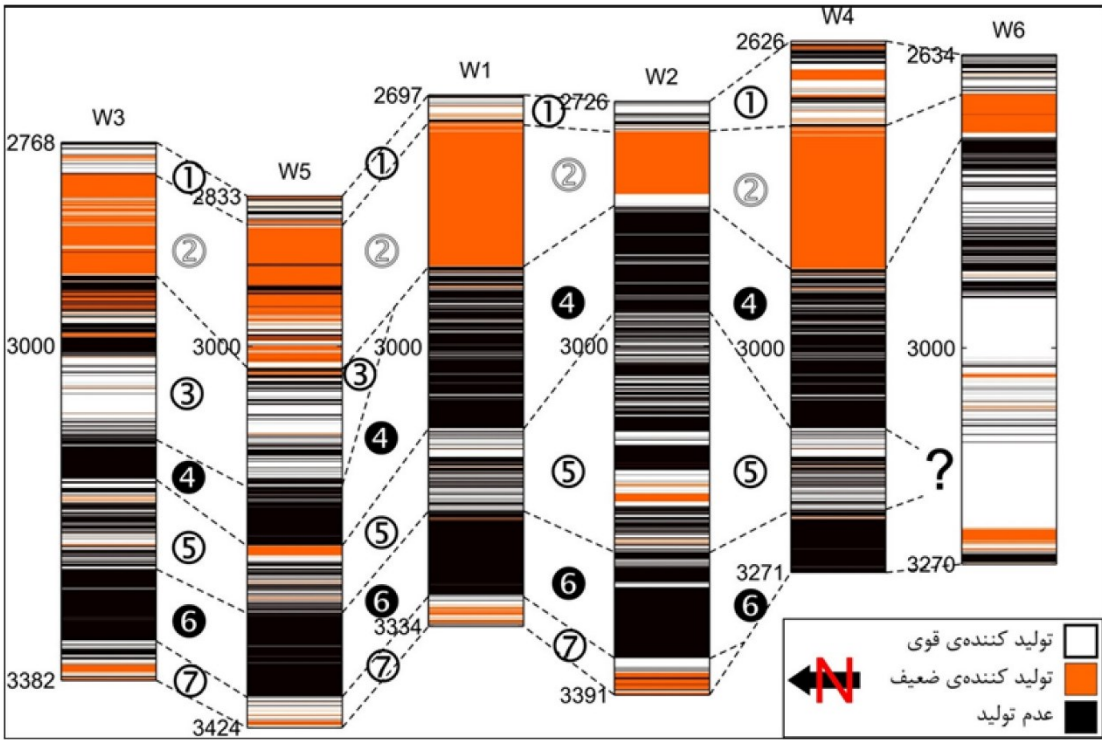
شکل ۲-۴ زون‌بندی تولیدی چاه‌های میدان نفتی مورد مطالعه با روش حد برش



شکل ۳-۴ زون‌بندی تولیدی چاه‌های میدان نفتی مورد مطالعه با روش احتمالات شرطی بی‌زین ۳

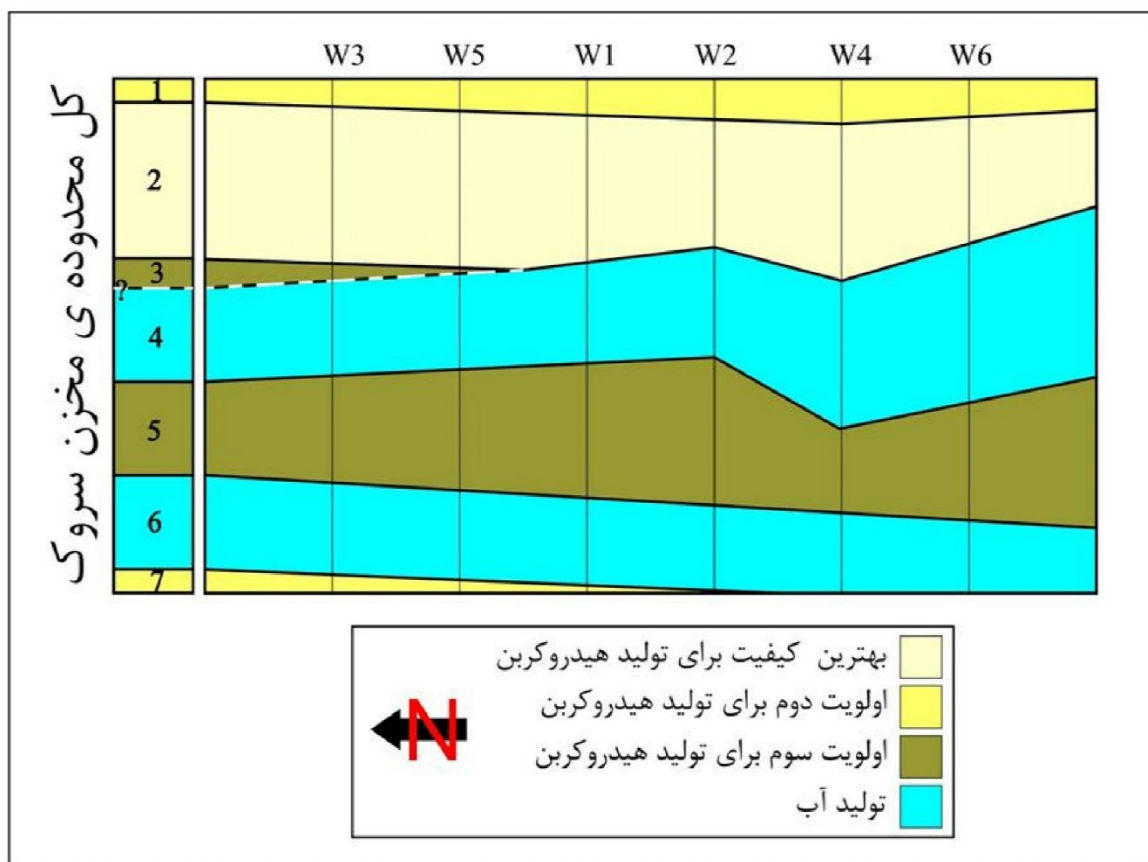


شکل ۴-۴ زون‌بندی تولیدی چاه‌های میدان نفتی مورد مطالعه با روش احتمالات شرطی بی‌زین ۴



شکل ۴-۵ زون بندی تولیدی چاه های میدان نفتی مورد مطالعه با روش دمپستر-شیفر

با مقایسه ی زون های حاصل از این روش ها و انطباق آن ها در چاه های مختلف مدل تولیدی در طول این میدان بدست آمده است. این انطباق و مدل حاصل در شکل ۴-۵ آورده شده است.



شکل ۴-۶ تطابق عمقی زون‌های تولیدی سازند سروک در میدان نفتی مورد مطالعه

بخش‌های عمیق سازند سروک عمدتاً تولیدکننده‌ی آب بوده و کیفیت تولیدی پایینی دارند. بهترین زون تولیدی کمی پایین‌تر از مرز بالایی مخزن آغاز می‌شود. نکته‌ی دیگر در رابطه با زون‌ها پیوستگی جانبی آن‌هاست. زون‌های شماره‌ی ۳ و ۷ به صورت زبانه‌ای بوده و به سمت جنوب باریک و محو می‌شوند. سایر زون‌ها به صورت پیوسته در سراسر میدان قابل رهگیری هستند.

با توجه به مطالب ارائه شده در فصل اول بخش‌های جوان‌تر سازند سروک در محیط رسوبی کم‌عمق‌تری نسبت به بخش‌های قدیمی‌تر نهشته شده‌اند. عموماً زون‌های جوان‌تر (زون‌های ۱، ۲ و ۳) در مقایسه با زون‌های قدیمی‌تر (زون‌های ۴، ۵، ۶ و ۷) کیفیت تولیدی بالاتری دارند.



## فصل پنجم

### نتیجه‌گیری و پیشنهادات

## ۵-۱ نتیجه گیری

ترکیب اطلاعات به عنوان یک ابزار قدرتمند در مطالعات مهندسی روز به روز در حال توسعه و گسترش است. در زمینه‌ی شناسایی زون‌های تولید هیدروکربن این رویکرد می‌تواند با دقت بالاتری نسبت به روش‌های مرسوم نتایج فراهم آورد.

نظریه‌ی احتمالات شرطی بیزین و نظریه‌ی شواهد هر کدام در جایگاه خود اطلاعات ارزشمندی از شرایط تولیدی مخزن ارائه می‌دهند هر چند نظریه‌ی شواهد می‌تواند بر خلاف بیزین که پاسخ گسسته و کلاس‌بندی شده ارائه می‌دهد یک پاسخ پیوسته ارائه دهد.

به طور کلی مزایا و معایب نظریه‌ی شواهد به صورت زیر قابل دسته‌بندی است:

### ۵-۱-۱ مزایای نظریه‌ی شواهد

- وجود اندازه‌های حدود بالا و پایین در نظریه‌ی شواهد، بهبود ساختار کلاسیک احتمال را به دنبال دارد که امکان نمایش عدم قطعیت را فراهم می‌سازد. این خاصیت در واقع راهی برای نزدیک شدن به احتمال تجربی پدیده‌ها است که یک اندازه‌ی جمع پذیر نیست و بیشتر به نظر می‌آید که یک اندازه‌ی ترتیبی است. از این رو نظریه‌ی شواهد را می‌توان توسعه‌ای از نظریه احتمال دانست که تعبیر عدم قطعیت و ناآگاهی در بیان خود احتمال را نیز در بر دارد.
- خاصیت حمل عدم قطعیت در نظریه‌ی شواهد، این امکان را فراهم می‌آورد که بتوان قابلیت رویارویی با اطلاعات کم را نیز از ویژگی‌های این نظریه دانست.
- عدم نیاز به اطلاعات اولیه از جمله خواص مفید نظریه‌ی شواهد در مقایسه با روش‌های استنتاجی مانند استنتاج بیزی به شمار می‌رود.

- در نظریه‌ی شواهد با اضافه شدن یک آگاهی جدید، تعداد اعضای موجود در اعضای کانونی ساختار شواهدی، کم شده و در واقع حرکت به سمت داشتن تابع احتمال بیزی است که خاصیتی موافق با دیدگاه کلی کم شدن عدم قطعیت در مواجهه با اطلاعات جدید است.
- توجه به دیدگاه مجموعه توزیع‌های احتمال سازگار با ساختار اعتقادی، امکانی برای استفاده سراسر از مفاهیم موجود در نظریه‌ی غنی احتمالات را فراهم می‌نماید.
- اگرچه تعبیر عدم قطعیت کامل و درگیری آن با اختصاص احتمال یکسان در نبود دلایل کافی از نظر آماردانان مورد بحث است، اما در واقع بیان عددی عدم قطعیت و محاسبه آن مهم‌ترین دستاورد نظریه‌ی شواهد بوده که منجر به مفاهیم جدیدی نسبت به ساختارهای خاص مانند نظریه احتمال شده است.

## ۵-۱-۲ معایب نظریه‌ی شواهد

- فرض منابع اطلاعاتی مستقل در نظریه شواهد اگرچه تعبیر ریاضی واضحی دارد، اما تحقق آن در عمل بسیار بحث برانگیز بوده و در واقع محدود شدن کاربرد نظریه‌ی شواهد را در برخی موارد به دنبال خواهد داشت.
- قانون ترکیب دمپستر در گام بهنجار سازی به دلیل نوع تعریف تابع جرم، باعث توزیع مجدد مقادیر جرم پیشامدهای تهی به پیشامدهای ناتهی می‌گردد؛ که این امر در مواقعی منجر به نتایج نادرست و ناسازگاری در تصمیم‌گیری خواهد شد. اگرچه تلاش‌هایی برای رفع این مشکل انجام گرفته، ولی هنوز معیار استاندارد برای آن وجود ندارد.
- با توجه به اینکه مجموعه چارچوب تمایزی برگرفته از دانش فرد خبره بوده و تمایل فرد خبره به سمت تخصیص یک احتمال ناچیز به پیشامدهای ناممکن جهت اطمینان بیشتر است، لذا این امر

منجر به بزرگ شدن فضای مجموعه ی چارچوب تمایزی و امکان ایجاد تضاد با توجه به عدم خوش تعریفی این مجموعه خواهد شد.

- در ساختار نظریه‌ی شواهد فرض صفر بودن جرم مربوط به زیرمجموعه تهی، معادل با فرض بسته بودن جهان بوده و در بعضی موارد فرایند بهنجارسازی مورد استفاده در این روش نتایج نامطلوب به دنبال خواهد داشت.
- بزرگ بودن مجموعه ی اعضای کانونی در یک ساختار شواهدی عدم دسترسی آسان به اطلاعات موجود در یک مشاهده را به دنبال خواهد داشت.
- چنانچه در مواردی بین توابع باور، ناسازگاری وجود داشته باشد، این نظریه توانایی مدیریت چنین توابعی را برای انجام تصمیم گیری نخواهد داشت.
- یکی از مشکلات بسیار اساسی در این نظریه عدم توانایی در پیاده سازی مسایل کاربردی است که دلیل اصلی آن مواجهه با تعداد اعضای کانونی زیاد به جهت استفاده از قانون ترکیب دمپستر می باشد.

## ۲-۵ پیشنهادات

- با توجه به داده محور بودن روش‌های ترکیب اطلاعات می‌توان با افزایش حجم اطلاعات ورودی همچون افزایش داده‌های مغزه و کوتاه نمودن بازه‌های آزمایش چاه به دقت بالاتری دست یافت.
- نقش پارامترهای دیگر مخزنی که به نظر می‌رسد بر تولید هیدروکربن اثرگذار باشند، رای مثال تراوایی و شاخص تحرک، در فرآیند ترکیب اطلاعات سنجیده شود.
- بررسی منبع به وجود آورنده‌ی عدم قطعیت به منظور مدل‌سازی دقیق‌تر جریان تولید
- تعیین کارایی روش‌های ترکیب اطلاعات و به خصوص نظریه‌ی شواهد در انواع مخازن با ویژگی‌های خاص زمین‌شناسی

## منابع و مأخذ

۱. امینی ع، (۱۳۹۰)، مبانی چینهننگاری سکانسی، چاپ دوم
۲. مسعودی پ، (۱۳۹۰)، شناسایی فازی زونهای تولید هیدروکربن در مخازن کربناته با رویکرد ترکیب اطلاعات، دانشکده معدن، نفت و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود
۳. ثابت م، هاشمی ن، (۱۳۸۱)، گزارش نهایی مهندسی نفت چاههای شماره ۲ و ۳، اداره‌ی مهندسی مخازن، اداره کل مهندسی نفت مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت ایران، تهران.
۴. عباسعلی‌نیا م، (۱۳۸۹)، گزارش تکمیلی چاه ۷، اداره زمین‌شناسی تحت‌الارضی، اداره کل زمین‌شناسی مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت ایران، تهران.

## References

1. AbdollahieFard I., Braathen A., Mokhtari M. and Alavi S.A. (2006) "Interaction of the Zagros Fold Thrust Belt and the Arabian-type, deep-seated folds in the Abadan Plain and the Dezful Embayment, SW Iran" *Petroleum Geoscience*, 12, 4, pp 347-362 .
2. Abdulazeez A. Sabakhy E, Ahmed M and Korvin, G. (2007) "Estimation of Permeability from Wireline Logs in a Middle Eastern Carbonate Reservoir Using Fuzzy Logic" *SPE Middle East Oil and Gas Show and Conference*. Society of Petroleum Engineers, Kingdom of Bahrain .
3. Ahmed T. (2001) "Reservoir Engineering Handbook" Gulf Professional Publishing , Boston, 1186 pp .
4. Bishop C.M. (1995) "Neural Networks for Pattern Recognition". Clarendon press, Oxford .
5. Bleiholder J. and Naumann F. (2008) "Data Fusion" *ACM Computing Surveys*, 41, 1, pp 1-41 .

6. Challa S. and Koks D. (2004) "Bayesian and Dempster-Shafer fusion" *Sadhana*, 29, 2, pp 145-174 .
7. Chanussot J., Mauris G. and Lambert P. (1999) "Fuzzy fusion techniques for linear features detection in multitemporal SAR images" *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 37, 2, pp 1292-1305 .
8. Chaudhry A.U. (2004) "Introduction, Oil Well Testing Handbook". Gulf Professional Publishing, Burlington, pp. 1-12 .
9. Connell D.L., Coates J.A. and Frost D.A. (1968) "Development of a Fluorimetric Method for Detection of Pay Zones During Drilling With Invert Muds" *SPE Formation Evaluation*, 1, 6 .
10. Cooke-Yarborough P. (1984) "Reservoir Analysis By Wireline Formation Tester: Pressures, Permeabilities, Gradients and Net Pay", *The Log Analyst*, XXV, 6
11. Cremer F., Breejen E.D. and Schutte K. (1998) "Sensor data fusion for anti-personnel land-mine detection". In: M. Bed worth and J.O. Brien (Editors), *International Conference on Data Fusion*, Great Malvern. EuroFusion98, UK, pp. 55-60 .
12. Cuddy S., (2000) "Litho-Facies and Permeability Prediction From Electrical Logs Using Fuzzy Logic", *SPE Reservoir Evaluation & Engineering*, 3, 4, pp. 319-324 .
13. Darling T. (2005) "Quicklook log interpretation, Well Logging and Formation Evaluation", Gulf Professional Publishing, Burlington, pp. 29-48 .
14. Deakin M. and Manan W. (1998) "The Integration of Petrophysical Data for the Evaluation of Low Contrast Pay" *SPE Asia Pacific Conference on Integrated Modelling for Asset Management*, Society of Petroleum Engineers, Inc., Kuala Lumpur, Malaysia .
15. Doguc O. and Ramirez-Marquez J.E (2009) "A generic method for estimating system reliability using Bayesian networks", *Reliability Engineering & System Safety*, 94, 2, pp. 542-550 .
16. Duda R.O., Hart P.E. and Stork D.G. (2000) "Pattern Classification", Wiley .
17. Fard I.A., Braathen A., Mokhtari M. and Alavi S.A. (2006) "Interaction of the Zagros Fold-Thrust Belt and the Arabian-type, deep-seated folds in the Abadan Plain and the Dezful Embayment, SW Iran" *Petroleum Geoscience*, 12, 4, pp. 347-362 .

18. Flower J.G. (1983) "Use of Sonic-Shear-Wave/Resistivity Overlay as a Quick-Look Method for Identifying Potential Pay Zones in the Ohio (Devonian) Shale" SPE Journal of Petroleum Technology, 35, 3 .
19. Ghabeishavi A., Vaziri-Moghaddam H., Taheri A. and Taati F. (2010) "Microfacies and depositional environment of the Cenomanian of the Bangestan anticline, SW Iran" Journal of Asian Earth Sciences, 37, 3, pp. 275-285 .
20. Grandjean, G., Malet, J.P., Bitri, A. and Meric O. (2007) "Geophysical data fusion by fuzzy logic for imaging the mechanical behaviour of mudslides" Bulletin de la Societe Geologique de France, 178, 2, pp. 127-136 .
21. Guo, H.-X., Zhu, K.-J., Gao, S.-W., Li, Y. and Zhou, J.-J., (2009) "Extracting fuzzy rules based on fusion of soft computing in oil exploration management" Expert Systems with Applications, 36, 2(1), pp. 2081-2087 .
22. Hall, D.L. and Llinas, J., (2001) "Handbook of multisensor data fusion", CRC Press LLC, Boca Raton .
23. Ibrahim Sami, N. and Adel, M (2010) "Permeability Prediction from Wireline Well Logs Using Fuzzy Logic and Discriminant Analysis", SPE Asia Pacific Oil and Gas Conference and Exhibition. Society of Petroleum Engineers, Brisbane, Queensland, Australia .
24. Jensen J.L. and Menke J.Y. (2006) "Some Statistical Issues in Selecting Porosity Cutoffs for Estimating Net Pay" PetroPhysics, 47, 4 .
25. Johnson D.E. and Pile K.E. (2002) "Well Logging In Nontechnical Language", PennWell, Tulsa, pp. 289 .
26. Kuncheva, L.L. (2004) "Combining Pattern Classifiers, Methods and Algorithms", A Wiley-Interscience publication, Hoboken, 350 pp .
27. Laura, E. (2008) "An Information-Geometric Approach to Learning Bayesian Network Topologies from Data" In: D. Holmes and L. Jain (Editors), Innovations in Bayesian Networks. Studies in Computational Intelligence. Springer Berlin / Heidelberg, pp . 187-217
28. Mathur N., Raju S.V. and Kulkarni T.G. (2001) "Improved Identification of Pay Zones through Integration of Geochemical and Log Data: A Case Study from Upper Assam Basin, India" AAPG Bulletin, 85, 2, pp. 309-323 .

29. Matthews C.S. and Russell D.G. (1967) "Pressure Buildup and Flow Tests in Wells", Society of Petroleum Engineers of AIME: 163 .
30. Michel G., Sergei A.O. and Ronald R.Y. (1998) "Fuzzy aggregation of numerical preferences, Fuzzy sets in decision analysis, operations research and statistics" Kluwer Academic Publishers, pp. 31-68 .
31. Millikan C.V. (1925) "Use of Gas Meters for Determination of Pay Strata in Oil Sands. "Mostafazadeh M., Mousavi S.A., Ghadami N. and Aghdasinia H. (2010) "The
32. Productivity Estimation of Designed Horizontal Oil and Gas Wells Before a Drilling Operation, Using Seismic and Petrophysical Parameters and Modeling" Petroleum Science and Technology, 28, 18, pp. 1863 - 1877 .
33. Motiei H. (2009) "Petroleum Geology of the Persian Gulf", University of Tehran, Tehran, pp. 707 .
34. Niedermayer D. (2008) "An introduction to Bayesian networks and their contemporary applications", In: D.E. Holmes and L.C. Jain (Editors), Innovations in Bayesian Networks Theory and Applications. Studies in computational intelligence .Springer, Berlin, pp. 117-130 .
35. Robert V.D. and George J.K. (2004) "Fuzzy Logic in Geology", Academic Press, Burlington, pp. 347.
36. Singleton S. (2008) "The use of seismic attenuation to aid simultaneous impedance inversion in geophysical reservoir characterization" The Leading Edge, 27, 3, pp. 398-407 .
37. Snyder R.H. (1971) "A Review of the Concepts and Methodology of Determining Net Pay", Fall Meeting of the Society of Petroleum Engineers of AIME. 1971, New Orleans, Louisiana .
38. Svec R.K. and Grigg R.B. (2000) "Reservoir Characterization and Laboratory Studies Assessing Improve Oil Recovery Methods for the Teague-Blinbry Field", SPE
39. Permian Basin Oil and Gas Recovery Conference, Society of Petroleum Engineers Inc., Midland, Texas .



40. Tahani H. and Keller J.M. (1990) "Information fusion in computer vision using the fuzzy integral Systems" *Man and Cybernetics*, 20, 3, pp. 733-741 .
41. Valet L., Bolon P. and Keskes N. (2001) "Seismic image segmentation by fuzzy fusion of attributes" *ieee transaction on instrumentation and measurement*, 50, 4, pp . 1014-1018
42. Worthington P.F. (2000) "Recognition and evaluation of low-resistivity pay" *Petroleum Geoscience*, 6, 1, pp. 77-92.
43. Worthington P.F. (2008) "The Application of Cutoffs in Integrated Reservoir Studies" *SPE Reservoir Evaluation & Engineering*, 11, 6, pp. 968-975 .
44. Worthington P.F. (2010) "Net Pay--What Is It? What Does It Do? How Do We Quantify It? How Do We Use It?" *SPE Reservoir Evaluation & Engineering*, 13(5): pp. 812-822 .
45. Worthington P.F. and Cosentino L. (2005) "The Role of Cut-offs in Integrated Reservoir Studies" *SPE Reservoir Evaluation & Engineering*, 8, 4, pp. 276-290 .
46. Yong D. and Wen-Kang S. (2006) "A fuzzy-Bayesian approach to target recognition based on multisensor fusion" *Journal of Computer and Systems Sciences International*, 45, 1, pp. 114-119 .
47. Zarasvandi A., Charchi A., Carranza E.J.M. and Alizadeh B. (2008) "Karst bauxite deposits in the Zagros Mountain Belt, Iran" *Ore Geology Reviews*, 34, 4, pp. 521-53



## **Abstract**

Identifying hydrocarbon-producing zones and separation of the boundary between the oil and water to the perforation and exploitation of oil wells, is one of the key steps in petroleum engineering. For this purpose usually applied cut-off methods on petrophysical parameters such as porosity, saturation and shale volume is used, which has wrong. In addition, one of the most important problems in engineering, uncertainty and the confidence to respond. In this thesis a new Approach of producing hydrocarbon zones Sarvak Formation in the southwestern Iranian oil fields have been studied and identified. For this purpose, in the first stage of this formation reservoir properties including porosity, permeability, saturation and shale volume as the main factors controlling hydrocarbon production in this field was determined. In the next step, according to the conventional method and applied cut off on the petrophysical parameters, pay zones were identified. Then, using the conditional Bayesian probability theory and the theory of evidence as the theories presented on data fusion evaluated and these zones were determined. Compare the results with the results of well testing has shown that relying on a data fusion, identify pay zones with higher precision is carried out. Also uses the theory of evidence in addition to achieving this purpose, by specifying the uncertainty in the results, the possibility of more precision reservoir modeling is provided and confidence to the results will be investigated quantitatively.

**Keywords:** pay zone, Data fusion, Bayesian theory, Dempster-Shafer theory, uncertainty



Shahrood University of Technology

Faculty of Mining, Petroleum and Geophysics engineering

**MSc Thesis in Petroleum exploration department**

**Uncertainty Analysis in Pay Zone Detection Using Dempster-Shafer Theory**

By: Omid Ramezani

Supervisors

Dr.Abolghasem Kamkar Rouhani

Dr.Behzad Tokhmchi

Advisor

Pedram Masoudi

September 2016