



دانشکده‌ی مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک

پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد

شناسایی فازی زون‌های تولید هیدروکربن در مخازن کربناته با رویکرد ترکیب اطلاعات

پدرام مسعودی

اساتید راهنما:

دکتر بهزاد تخم‌چی

دکتر مجید انصاری جعفری

تیر ۱۳۹۰

الحمد لله



دانشکده‌ی مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک

گروه اکتشاف نفت

شناسایی فازی زون‌های تولید هیدروکربن در مخازن کربناته با رویکرد ترکیب اطلاعات

پدرام مسعودی

اساتید راهنما:

دکتر بهزاد تخم‌چی

دکتر مجید انصاری جعفری

پایان‌نامه‌ی ارشد جهت اخذ درجه‌ی کارشناسی ارشد

تیر ۱۳۹۰

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده : مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک

گروه: اکتشاف

پایان نامه کارشناسی ارشد (رساله دکتری) آقای پدرام مسعودی

تحت عنوان:

شناسایی فازی زون‌های تولید هیدروکربن در مخازن کربناته با رویکرد ترکیب اطلاعات

در تاریخ ۱۳۹۰/۴/۲۸ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مورد ارزیابی و با درجه عالی مورد پذیرش قرار گرفت.

امضاء	اساتید مشاور	امضاء	اساتید راهنما
	دکتر محمد زمانزاده		دکتر بهزاد تخم‌چی
	مهندس علیرضا زاهدی		دکتر مجید انصاری جعفری

امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء	اساتید داور
	دکتر علیرضا عرب‌امیری		دکتر ابوالقاسم کامکار روحانی
			دکتر علی‌اکبر پویان

با احترام؛

به پدر و مادر مهربانم تقدیم می‌گردد

تشکر و قدردانی

خداوند رحمن را شاکرم که توفیق داد این پایان نامه را به انجام رسانم و از تمامی اساتید، کارشناسان و دوستان خود که در زمینه‌های مختلف من را یاری رساندند، تشکر و قدردانی می‌کنم بالاخص:

جناب آقای دکتر تخم‌چی و دکتر انصاری جعفری اساتید راهنمای این پایان نامه

مهندس احمد توحیدی‌نیا مشاور صنعتی پایان نامه

دکتر زمانزاده و مهندس زاهدی سایر مشاوران پایان نامه

دکتر کامکار، دکتر پویان و دکتر عرب‌امیری هیئت داوران

دکتر مشیری و دکتر کاووسی اساتید محترم دانشکده‌ی برق دانشگاه تهران

دکتر شرکتی رئیس پژوهش و فناوری مدیریت اکتشاف

دکتر ثابتی رئیس بخش اداره‌ی پتروفیزیک مدیریت اکتشاف

دانشجویان و دوستان عزیز آقایان مهندسین عسگری‌نژاد، ملاجان، حسینی، مهرگینی و پیش‌آهنگ و خانم‌های مهندسین مظاهری، تهرانی، ابراهیم‌زاده و مهری.

با آرزوی موفقیت و بهروزی

پدرام مسعودی

تعهدنامه

اینجانب پدram مسعودی دانشجوی کارشناسی ارشد رشته‌ی مهندسی اکتشاف نفت دانشکده‌ی مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده‌ی پایان‌نامه‌ی شناسایی فازی زون‌های تولید هیدروکربن در مخازن کربناته با رویکرد ترکیب اطلاعات تحت راهنمایی دکتر بهزاد تخم‌چی و دکتر مجید انصاری جعفری متعهد می‌شوم.

- تحقیقات در این پایان‌نامه 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 پایان‌نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه‌ی حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی 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 پایان‌نامه تاثیرگذار بوده‌اند در مقالات مستخرج رعایت می‌گردد.
- در کلیه‌ی مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافت‌های آنها) استفاده شده است، ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه‌ی مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که به حوزه‌ی اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاقی انسانی رعایت شده است.

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه‌ی حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه‌های رایانه‌ای، نرم‌افزارها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد. این مطلب باید به نحود مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان‌نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

چکیده

در این پایان‌نامه، روش‌های هوشمند و پیچیده‌ای در تعیین زون‌های تولید در چاه‌های نفتی به کار گرفته شده است. یکی از این روش‌ها مبتنی بر معادله‌ی جریان است و مابقی مبتنی بر روش‌های ترکیب اطلاعات. روش‌های ترکیب اطلاعات استفاده شده، مبتنی بر نظریه‌ی احتمالات شرطی بیزین و انتگرال‌های فازی است. خروجی روش‌های جدید ارائه شده در مقایسه با روش متداول تعیین زون تولید، نه تنها از صحت بالاتری برخوردار است بلکه خروجی آن‌ها فازی است و می‌تواند عدم قطعیت شناسایی زون‌های تولید را کاهش دهد. در بین روش‌های به کار گرفته شده، خروجی روش‌های انتگرال فازی سوگنو و مبتنی بر معادله‌ی جریان بیشترین صحت و قابلیت تعمیم را دارند. در نهایت، توسط فن رای اکثریت، خروجی شش روش استفاده شده با هم ترکیب شده و زون بندی واحدی برای مخزن کربناته‌ی سروک در میدان مورد مطالعه ارائه شده است.

کلمات کلیدی: زون تولید، ترکیب داده، نظریه‌ی فازی، پتروفیزیک

لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

مسعودی پ.، تخمچی ب.، انصاری جعفری م.، زمانزاده س. م.، توحیدی نیا ا.، (۱۳۹۰) "انتخاب بهترین افق برای عملیات تزریق گاز و ذخیره سازی آن در میادین نفتی تخلیه شده" اولین کنفرانس مجازی ذخیره سازی زیر زمینی مواد هیدروکربوری، شاهرود، ایران.

فهرست مطالب

تشکر و قدردانی	و
چکیده	ح
فصل اول: کلیات	۱
۱-۱ تعریف و مرور ادبیات زون تولید	۲
۱-۱-۱ مقدمه	۲
۲-۱-۱ مرور ادبیات زون تولید	۲
۳-۱-۱ ضرورت انجام این پایان نامه	۵
۴-۱-۱ تعریف زون تولید	۶
۲-۱ داده و میدان مورد مطالعه	۹
۱-۲-۱ محل میدان (F) مورد مطالعه	۹
۲-۲-۱ افق مورد مطالعه: مخزن سروک	۹
۳-۲-۱ داده و اطلاعات مورد استفاده	۱۲
فصل دوم: روش شناسی	۱۴
۱-۲ مقدمه	۱۵
۱-۱-۲ لزوم ترکیب اطلاعات	۱۶
۲-۱-۲ سطوح و تعریف ترکیب اطلاعات	۱۷
۲-۲ مختصری از مرور ادبیات ترکیب اطلاعات	۱۹
۳-۲ فنون ترکیب اطلاعات	۲۱
۱-۳-۲ فنون متداول	۲۲
۲-۳-۲ فنون هوشمند	۲۴
۳-۳-۲ فنون ترکیبی	۲۵
۴-۲ فنون استفاده شده در این پایان نامه	۲۵

۲۶	۱-۴-۲ روش مبتنی بر حد برش (روش متداول)
۲۷	۲-۴-۲ نظریه‌ی احتمالات شرطی بیزین
۲۹	۳-۴-۲ شبکه‌ی بیزین
۳۰	۴-۴-۲ انتگرال‌های فازی
۳۱	۵-۴-۲ روش مبتنی بر معادله‌ی جریان
۳۳	۵-۴-۲ ابزارهای مقایسه‌ی صحت روش‌های استفاده شده
۳۳	۱-۵-۲ ماتریس تداخل
۳۴	۲-۵-۲ میزان صحت (CCR)
۳۶	فصل سوم: تعیین زون تولید
۳۷	۱-۳ مقدمه
۳۷	۲-۳ نتایج روش مبتنی بر حد برش (روش متداول)
۴۶	۱-۲-۳ معایب و محاسن روش مبتنی بر حد برش
۴۶	۳-۳ نتایج روش احتمالات شرطی بیزین
۴۷	۱-۳-۳ انتخاب متغیرهای ورودی الگوریتم احتمالات شرطی
۵۲	۲-۳-۳ نتایج بیزین در حالت آموزش در چاه سه
۵۶	۳-۳-۳ نتایج بیزین در حالت آموزش در چاه چهار
۶۰	۴-۳-۳ معایب و محاسن روش بیزین
۶۲	۴-۳ نتایج روش فازی
۶۳	۱-۴-۳ نتایج انتگرال چوکویت
۶۶	۲-۴-۳ نتایج انتگرال سوگنو
۷۰	۵-۴-۳ معایب و محاسن روش‌های مبتنی بر فازی
۷۱	۵-۳ نتایج روش مبتنی بر معادله‌ی جریان
۷۸	۱-۵-۳ معایب و محاسن روش مبتنی بر معادله‌ی جریان
۷۹	فصل چهارم: مقایسه‌ی نتایج و جمع بندی

۸۰	۱-۴ مقدمه
۸۰	۲-۴ مقایسه‌ی نتایج
۸۳	۳-۴ زون بندی مخزن سروک از دید تولید
۸۵	۴-۴ تطابق عمقی زونهای تولید مخزن سروک در طول میدان F
۹۱	فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات
۹۲	۱-۵ نتیجه‌گیری
۹۲	۱-۱-۵ نتایج روش‌شناسی تعیین زون تولید
۹۳	۲-۱-۵ نتایج زمین‌شناسی
۹۴	۲-۵ پیشنهادات
۹۵	پیوست: جدول تبدیل یکاهای استفاده شده
۹۶	منابع



فصل اول: کلیات

۱-۱ تعریف و مرور ادبیات زون تولید

۱-۱-۱ مقدمه

۲-۱-۱ مرور ادبیات زون تولید

۳-۱-۱ ضرورت انجام این پایان نامه

۴-۱-۱ تعریف زون تولید

۲-۱ داده و میدان مورد مطالعه

۱-۲-۱ محل میدان (F) مورد مطالعه

۲-۲-۱ افق مورد مطالعه: مخزن سروک

۳-۲-۱ داده و اطلاعات مورد استفاده

۱-۱ تعریف و مرور ادبیات زون تولید

۱-۱-۱ مقدمه

در اکتشاف میادین نفت و گاز، پس از مطالعات دورسنجی، زمین‌شناسی سطحی و ژئوفیزیکی، محتمل‌ترین مکان حاوی هیدروکربور برای حفر چاه‌های اکتشافی تعیین می‌شود. پس از حفر چاه‌های اکتشافی، می‌بایست زون‌های حاوی نفت یا گاز قابل تولید (زون تولید^۱) درون هر چاه تعیین شوند تا برای عملیات تولید، بررسی‌ها و اقدامات لازم، انجام شوند.

روش‌های تعیین زون تولید را می‌توان به طور کلی به دو دسته‌ی مستقیم^۲ و غیر مستقیم^۳ تقسیم‌بندی کرد. در روش‌های مستقیم، زون تولید توسط مشاهده‌ی مایع مخزنی و دبی تولیدی تشخیص داده می‌شود (مثل آزمون چاه) در حالی که در روش‌های غیرمستقیم، تعیین زون تولید توسط تفسیر داده‌های ژئوفیزیکی یا پتروفیزیکی (چاه‌نمودارها) انجام می‌شود.

۱-۱-۲ 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 ۱۹۷۳). بخش دوم، از زمان اختراع سوندهای الکتریکی تا سال ۲۰۰۵. در این سال‌ها، تفسیر چاه‌نمودارهای پتروفیزیکی به صورت ساده و ابتدایی و فقط مبتنی بر دانش زمین‌شناسی انجام می‌شد. بخش سوم، از سال ۲۰۰۵ تا کنون که آن را می‌توان عصر ورود تحلیل‌های ریاضی و پیچیده به تفسیر نمودارهای پتروفیزیکی نامید. در ادامه، این تقسیم بندی مختصراً توضیح داده می‌شود.

^۱ net pay zone or productive zone

^۲ direct methods

^۳ indirect methods

بخش اول (تا سال ۱۹۷۳): احتمالاً روش‌های مستقیم در تعیین زون تولید، قدمت بیش‌تری نسبت به روش‌های غیرمستقیم دارند. دو روش مستقیم گازسنجی و فلئورسنجی از قدیمی‌ترین روش‌های تعیین زون تولید هستند (Connell et al., 1986; 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 (Chaudhry, 2004; Matthews and Russell, 1967). جدیدترین ابداع در زمینه‌ی تعیین زون تولید به صورت مستقیم، مقاله‌ای است که در سال ۲۰۰۱ چاپ شده و در آن، از آنالیز شیمیایی مغزه‌های دیواره‌ی چاه برای تعیین زون تولید استفاده شده است (Mathur et al., 2001).

بخش دوم (۱۹۷۳-۲۰۰۵): دسته روش‌های غیرمستقیم در تعیین زون تولید، مبتنی بر تفسیر چاه‌نمودارها بر اساس روابط پتروفیزیکی و سایر روش‌های تحلیلی است. از جمله تحقیقات انجام شده در این زمینه عبارت‌اند از: در سال ۱۹۷۱، اشنايدر 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، محققان به معرفی وسیله‌ای پرداختند که فشار مخزن را می‌سنجد و کاربرد آن را در تعیین سریع زون تولید معرفی کردند (Cooke-Yarborough, 1984).

در مقاله‌ای دیگر در سال ۱۹۹۸، تعیین زون‌های تولید گاز با قدرت تفکیک پذیری پایین بررسی شد و یک مجموعه‌ی داده‌ی ترکیبی برای تفکیک این زون‌های تولید گاز پیشنهاد شد که شامل چاه‌نمودارهای 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 تا کنون): 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 در 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 (MHI)^۴) را که برای تعیین زون تولید استفاده شده‌اند را گردآوری کردند و نشان دادند که تعیین متغیرهای پتروفیزیکی باید متناسب با هدف^۵ 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 تخمین حجم مخزن، مدل‌سازی دینامیکی مخزن، تعیین سازوکار بازیابی مخزن و غیره (Svec and Grigg, 2000; Worthington and Cosentino, 2005). در سال ۲۰۰۶، ینسن و منکه یک روش آماری برای تعیین حدبرش‌ها ارائه کردند که با استفاده از آن، خطای تعیین نسبت زون تولید به بازه‌ی ناخالص^۶ (N:G) به شدت کاهش می‌یابد. اهمیت به سزای این روش، در کاهش خطای تخمین حجم مخزن است چراکه 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، حدبرش 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

^۴ Moveable Hydrocarbon Index (MHI)

^۵ fit for purpose

^۶ net to gross (N:G)

بازهی سنگ^۷، زون خالص ماسه‌ای^۸، زون خالص مخزنی^۹ و زون خالص تولیدی^{۱۰} 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 تولید» استفاده شده است.)

تحقیقات دیگری نیز بر روی تعیین زون‌های تولید انجام پذیرفته است که کمتر به موضوع بحث این پایان‌نامه مرتبط هستند و به عنوان نمونه و تکمیل مرور ادبیات، دو مورد اشاره می‌شود. مورد اول، تعیین زون تولید توسط مقاطع لرزه‌ای است که برای اولین بار توسط سینگلتون انجام شد (Singleton, 2008). مورد بعدی، تعیین زون تولید در چاه‌های افقی است که مصطفی‌زاده و همکاران، برای تعیین این زون‌ها از شاخص تولید استفاده کردند (Mostafazadeh et al., 2010).

بنابراین، تحقیقات در زمینه‌ی تعیین زون‌های تولید از زوایای مختلفی انجام پذیرفته است. اما در این مجال، تمرکز بر شناسایی زون تولید در مخازن کربناته و به کمک تفسیر چاه‌نمودارهای پتروفیزیکی است. نوآوری بارز این پایان‌نامه، ارائه‌ی خروجی به صورت فازی است هر چند که به کارگیری روش‌های جدید در امور متداول، نیز نوعی خلاقیت است.

۳-۱-۱ ضرورت انجام این پایان‌نامه

ضرورت انجام این پایان‌نامه را می‌توان در چند جمله‌ی زیر خلاصه کرد. در حفاری چاه‌های تولیدی و توسعه‌ای، هدف اصلی تولید هیدروکربن است اما تولید هیدروکربن از تمام سنگ‌های حاوی هیدروکربن سودآوری حداکثری ندارد. یکی از راه‌های تولید هیدروکربن با حداکثر سود، تولید از افق -

⁷ gross rock

⁸ net sand

⁹ net reservoir

¹⁰ net pay

های خاص با دبی مناسب است که یافتن این افق ها امروزه، بر عهده‌ی علم اکتشاف است. بنابراین شناسایی و تعیین زون هایی برای تولید هیدروکربن، از ضروریات است. همچنین، روش‌های تعیین زون تولید عموماً در مخازن ماسه سنگی توسعه یافته‌اند و گاهی در شرایط کربناته پاسخ قابل قبولی ارائه نمی دهند. با توجه به نکات گفته شده، ارائه‌ی روشی با صحت قابل قبول که در مخازن کربناته قابل استفاده باشد، از اهمیت خاصی برخوردار است.

۴-۱-۱ تعریف زون تولید

همان‌طور که در بالا گفته شد، 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، به وضوح تعریف شده‌اند: کل بازه‌ی سنگ^{۱۱}، زون خالص ماسه‌ای^{۱۲}، زون خالص مخزنی^{۱۳} و زون خالص تولید^{۱۴}. 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 سنگ شناسی قابلیت مخزن بودن را دارند هر چند 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 نام-گذاری در مخازن ماسه سنگی، این زون، زون خالص ماسه‌ای نام گرفته است. شاید معادل آن

¹¹ gross rock

¹² net sand

¹³ net reservoir

¹⁴ net pay

در مخازن کربناته را بتوان زون خالص کربنات نامید که شامل تمام بخش‌های کربناته‌ی غیر متراکم است.)

- زون خالص مخزنی: زیرمجموعه‌ای 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 را 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 قابل تخلخل و تراوایی کم 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 زون بندی مخزنی به اقتباس از (Worthington, 2010).

تعیین زون تولید توسط حدبرش، پاسخ صفر و یکی (غیر فازی) ارائه می‌دهد. در این پایان‌نامه، روش-های ارائه شده برای تعیین زون تولید، این زون را به صورت فازی تعیین می‌کنند. فازی سازی کمک می‌کند تا تمام زون‌های تولید در یک دسته قرار نگیرند و متناسب با میزان تولید، دسته بندی شوند. بدین ترتیب، یک اولویت بندی برای این زون‌ها خواهیم داشت که می‌تواند راهنمایی برای پیمانکاران نفتی در ادامه‌ی عملیات تولید باشد.

۲-۱ داده و میدان مورد مطالعه

داده‌ها و اطلاعات میدان مورد مطالعه، توسط مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت ایران تامین شده است. بدیهی است به علت محرمانه بودن اطلاعات نفتی، از مشخص نمودن محل دقیق میدان معذوریم و این میدان را در این پایان‌نامه، (F) نام‌گذاری می‌کنیم (اقتباس از حرف اول کلمه‌ی میدان^{۱۵} در انگلیسی). اما در حد امکان، مشخصات مربوطه در زیر آمده است.

۱-۲-۱ محل میدان (F) مورد مطالعه

میدان F در دشت آبادان واقع است دشت آبادان از مناطق نفت خیز جنوب غربی ایران است که میداین آن شباهت بیش‌تری به میداین کشورهای عربی دارد تا میداین واقع در حوضه‌ی زاگرس. در واقع، از لحاظ ساختاری، میداین هیدروکربنی دشت آبادان، نسبت به عموم ساختمان‌های واقع در زاگرس، چین‌خوردگی کم‌تری دارند و بیشتر توسط عملیات ژئوفیزیکی کشف می‌شوند تا عملیات زمین‌شناسی سطح الارضی. امتداد میدان F، دارای روند شمالی-جنوبی است. در بخش الف از شکل ۱-۲، میدان F و موقعیت نسبی چاه‌های روی آن ترسیم شده است. مقاطع 'FF' و 'AA'، به ترتیب در بخش‌های ب و ج از شکل ۱-۲، دو مقطع عرضی این میدان هستند که شکل طاق‌دیسی میدان را به خوبی نشان می‌دهند.

۲-۲-۱ افق مورد مطالعه: مخزن سروک

میدان F، شامل مخازن متعددی است. در این مجال، مخزن سروک از گروه بنگستان مورد مطالعه قرار گرفته است. سروک، یک سازند کربناته است و مقطع نمونه‌ی^{۱۶} آن در تنگ سروک در کوه بنگستان،

¹⁵ field

¹⁶ type section

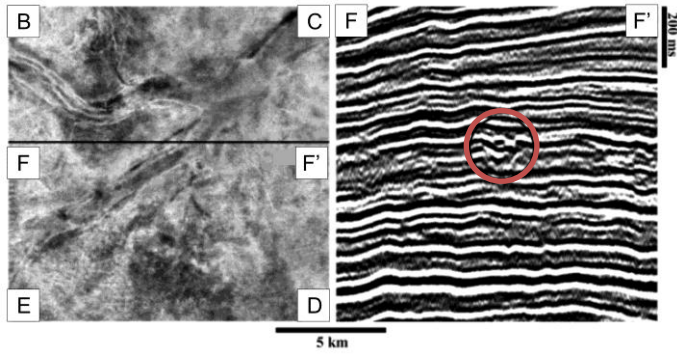
واقع در استان خوزستان با ضخامت ۸۳۲ متر قرار گرفته است و در بسیاری از میادین زاگرس، به عنوان سنگ مخزن مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد. سازند کمر پایین سازند سروک، معمولاً سازند عمیق کژدمی است و در بالا، سروک با یک دگرشیبی از سازند کمر بالای خود (معمولاً سازند ایلام اما در میدان F سازند لافان) جدا می‌شود (Motiei, 2009).

این دگر شیبی بالایی سروک، به علت بیرون از آب بودن سروک ایجاد شده است (پسروی آب دریا پس از نهشته شدن تختگاه آهکی ایران). یکی از تاثیرات این بیرون بودن از آب، ایجاد تخلخل حفره‌ای^{۱۷} و کارست^{۱۸} در بخش‌های فوقانی سروک است. در برخی مکان‌ها در مرز ایلام و سروک، کانی‌سازی بوکسیتی هم داریم (Zarasvandi et al., 2008) که خود از دیگر نشانه‌های بیرون از آب بودن سروک در زمان کانی‌زایی است. در شکل سمت چپ بخش ب از شکل ۱-۲، کانال‌ها و دره‌های پر شده در بالاترین افق سروک (که به علت بیرون بودن از آب این دره‌ها و کانال‌های آب رو تشکیل شده‌اند) با کمک مطالعات لرزه‌ای نشان داده شده‌اند. ویژگی^{۱۹} نشان داده شده در این شکل، ریشه‌ی مربع شدت حجم لرزه در ۳۰ میلی ثانیه است که معرف بالای تورونین (بالای سروک) است (Abdollahie Fard et al., 2006).

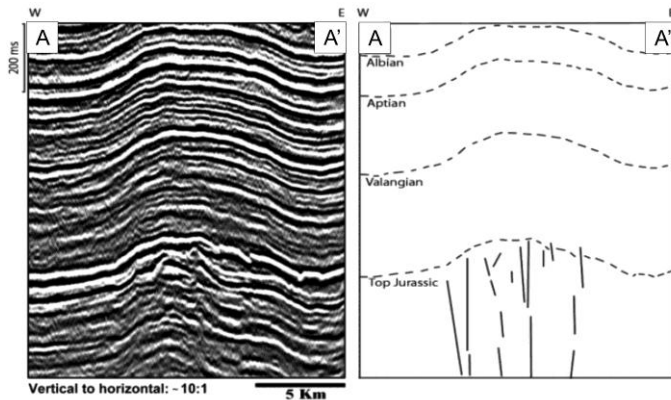
¹⁷ vug

¹⁸ karst

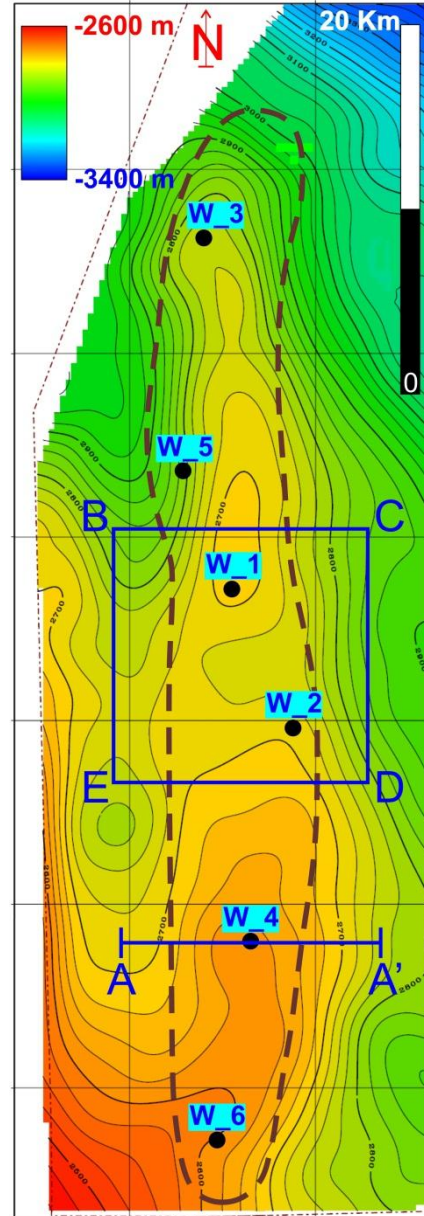
¹⁹ attribute



ب) شکل سمت چپ، نقشه‌ی ویژگی ریشه‌ی مربع شدت حجم لرزه است در ۳۰ میلی ثانیه است که معرف بالای تورونین (بالای سروک) است. در این شکل، دره‌های پر شده به وضوح معلوم هستند. شکل سمت راست، مقطع لرزه‌ای FF' است که در مرکز آن، یک کانال پیدا است (Abdollahie Fard et al., 2006).



ج) مقطع لرزه‌ای AA' در سمت چپ نشان داده شده است و تفسیر آن در سمت راست. این مقطع مربوط به لایه‌های تحتانی سروک است (Abdollahie Fard et al., 2006).



الف) نقشه‌ی هم عمق افق (UGC) سروک و نمایش محدوده و امتداد میدان F (خط چین) و موقعیت نسبی چاه‌های مورد مطالعه (عباسعلی نیا، ۱۳۸۹).

شکل ۱-۲ نقشه‌های ساختمانی میدان F، با محوریت افق سروک. الف) نقشه‌ی هم عمق بالای سروک و محل مقطع AA' و نقشه‌ی BCDE روی آن. ب) نقشه‌ی ویژگی (Attribute) لرزه‌ای BCDE مشخص کننده‌ی کانال‌های آب رو در بالای سروک. ج) مقطع لرزه‌ای AA' و تفسیر آن.

سازند سروک بین زمان‌های زمین‌شناسی آلبین تا تورونین راسب شده است و از نقطه نظر سنگ-شناسی، به گروه سنگ‌های پک استون^{۲۰}-وک استون^{۲۱} تعلق دارد. یک مطالعه‌ی چینه‌شناسی زیستی تفصیلی نشان داده است که این سازند در محیط کم‌عمق فلات قاره‌ی کربناته راسب شده است و حتی بخش‌های جوان‌تر در عمق کم‌تری نسبت به بخش‌های قدیمی‌تر نهشته شده‌اند (Ghabeishavi et al., 2010).

۳-۲-۱ داده و اطلاعات مورد استفاده

همان‌طور که در بالا گفته شد، تمام داده‌ها و اطلاعات استفاده شده در این پایان‌نامه، توسط اداره‌ی پتروفیزیک مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت ایران در اختیار محققان قرار گرفته است. این داده‌ها شامل چاه‌نمودارهای پتروفیزیکی (قطر چاه (Caliper)، گاما (GR)، گامای تصحیح شده (CGR)، زمان گذر موج (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))، اطلاعات تخلخل، تراوایی و ویژگی‌های مایع مخزنی اندازه گرفته شده از مغزه‌ها و آزمون‌های چاه برای شش چاه اکتشافی روی میدان F است. همان‌طور که در بخش الف شکل ۱-۲ دیده می‌شود، فاصله‌ی تقریبی هر چاه از چاه مجاور، حدود ۱۰ کیلومتر است. خلاصه‌ی اطلاعات و داده‌های مهم استفاده شده در این پایان‌نامه، در جدول ۱-۱ آمده است.

²⁰ pack stone

²¹ wack stone

جدول ۱-۱ چاه‌ها و وضعیت داده‌ی موجود در آن‌ها

W-6	W-5	W-4	W-3	W-2	W-1	
x	✓	✓	✓	✓	✓	مغزه
۲	۰	۳	۶	۳	۶	تعداد آزمون‌های چاه موجود
✓	✓	✓	x	✓	✓	CALI
✓	✓	✓	✓	x	✓	GR
✓	✓	✓	✓	✓	✓	CGR
✓	✓	✓	✓	✓	✓	DT
✓	✓	✓	✓	✓	✓	NPHI
✓	✓	✓	✓	✓	✓	RHOB
x	x	✓	✓	x	✓	DRHO
✓	✓	✓	✓	✓	✓	LLD
✓	✓	✓	✓	✓	✓	LLS
✓	✓	✓	✓	✓	✓	MSFL
x	✓	✓	x	x	✓	PEF

چاه‌نمودارهای پیروفریگی



فصل دوم: روش شناسی

۱-۲ مقدمه

۱-۱-۲ لزوم ترکیب اطلاعات

۲-۱-۲ سطوح و تعریف ترکیب اطلاعات

۲-۲ مختصری از مرور ادبیات ترکیب اطلاعات

۳-۲ فنون ترکیب اطلاعات

۱-۳-۲ فنون متداول

۲-۳-۲ فنون هوشمند

۳-۳-۲ فنون ترکیبی

۴-۲ فنون استفاده شده در این پایان نامه

۱-۴-۲ روش مبتنی بر حد برش (روش متداول)

۲-۴-۲ نظریه ی احتمالات شرطی بیزین

۳-۴-۲ شبکه ی بیزین

۴-۴-۲ انتگرال های فازی

۵-۴-۲ روش مبتنی بر معادله ی جریان

۵-۲ ابزارهای مقایسه ی صحت روش های استفاده شده

۱-۵-۲ ماتریس تداخل

۲-۵-۲ میزان صحت (CCR)

۱-۲ مقدمه

با پیشرفت علم و فن‌آوری در رشته‌های گوناگون (در این مبحث اکتشاف منابع تحت‌الارضی انرژی)، منابع اطلاعاتی^{۲۲} و داده‌ای مختلفی برای تصمیم‌گیری در اختیار کارشناسان هر رشته، قرار گرفته‌است. 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 داری 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^{۲۳} جهت ترکیب اطلاعات^{۲۴} 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.

²² information sources

²³ mechanism

²⁴ information fusion

۱-۱-۲ لزوم ترکیب اطلاعات

حال که تا حدودی با مفهوم ترکیب اطلاعات آشنا شدیم، به بیان اهمیت آن می‌پردازیم. در ادامه، با توجه به مقالات چاپ شده در زمینه‌ی ترکیب داده/اطلاعات، اهمیت و لزوم استفاده از سیستم‌های ترکیب اطلاعات از دیدگاه صاحب نظران این رشته، نقل می‌گردد.

ترکیب اطلاعات، یک جنبه‌ی مهم هر سیستم هوشمند^{۲۵} می‌باشد. منطق استفاده از ترکیب اطلاعات منابع چندگانه، این است که اطلاعات هر منبع اطلاعاتی یا عدم قطعیت دارد و یا دقیق نیست. همچنین معمولا یک ویژگی نمی‌تواند به تنهایی هدف مورد نظر را تامین کند و حتی در حقیقت یک مجموعه‌ای از ویژگی‌ها، معمولا 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 یک 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 دوبار ارائه نمی‌گردد و نتایج هیچ تضادی باهم ندارند (Bleiholder and Naumann, 2008).

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

²⁵ intelligent system

- جامع است:

- تصمیم نهایی از اطلاعات تمام منابع در دسترس بهره‌مند است.
- استنباط‌هایی ارائه می‌کند که از تک‌تک منابع اطلاعاتی، به تنهایی نمی‌توان آن استنباط‌ها را داشت.

- تضاد موجود در اطلاعات ترکیب شونده را ندارد.
- قطعیت تصمیم‌گیری در آن، نسبت به تصمیم بر پایه‌ی تک‌تک منابع اطلاعاتی، بالاتر است.

۲-۱-۲ سطوح و تعریف ترکیب اطلاعات

تکنیک‌های ترکیب اطلاعات، در سه سطح به کار می‌روند: سطح سنجنده^{۲۶}، سطح ویژگی^{۲۷} و سطح تصمیم^{۲۸}. اگر ترکیب اطلاعاتی در سطح سنجنده به کار رود، «ترکیب در سطح پایین یا ترکیب داده^{۲۹}» و اگر در سطح ویژگی به کار رود، «ترکیب ویژگی^{۳۰}» و اگر در سطح تصمیم‌گیری به کار رود، «ترکیب در سطح بالا یا ترکیب تصمیم^{۳۱}» نامیده می‌شود. البته کاربر می‌تواند با استفاده از ابتکار خود، ترکیبی از این سه سطح ترکیب را در یک مدل طراحی کند که در آن صورت یک مدل ترکیبی طراحی خواهد شد (شکل ۲-۱).

²⁶ sensor level

²⁷ feature level

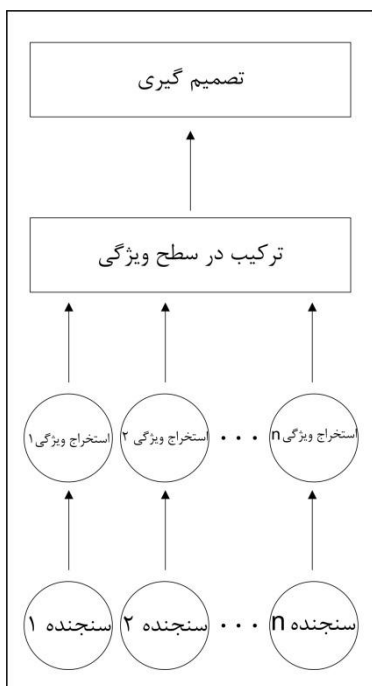
²⁸ decision level

²⁹ data fusion

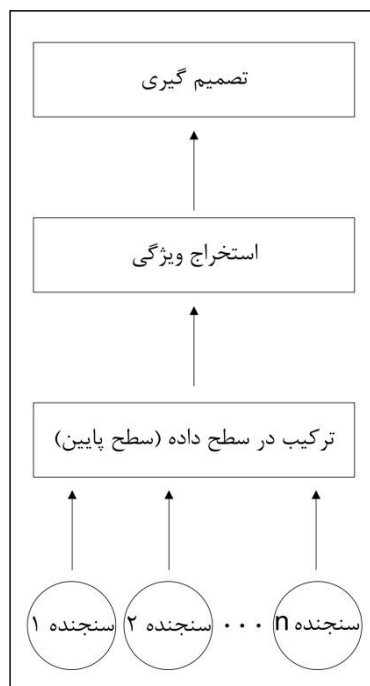
برای ترکیب اطلاعات در حالت کلی، اصطلاحات گوناگونی به کار برده شده‌است از قبیل: ترکیب داده، ترکیب اطلاعات، تلفیق داده، تلفیق اطلاعات و ... و این اسامی به صورت متداول، برای ترکیب در تمام سطوح اطلاعاتی نیز به کار برده می‌شوند.

³⁰ feature fusion

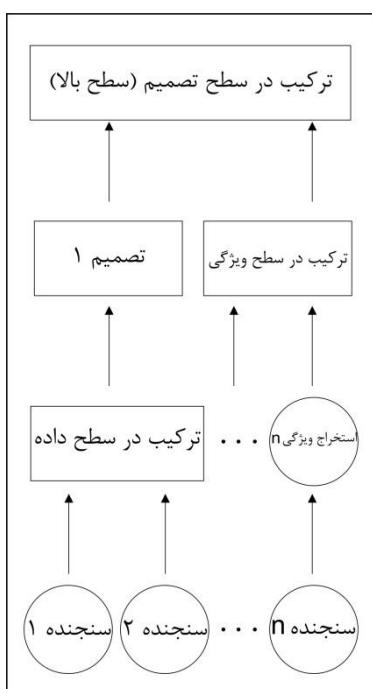
³¹ decision fusion



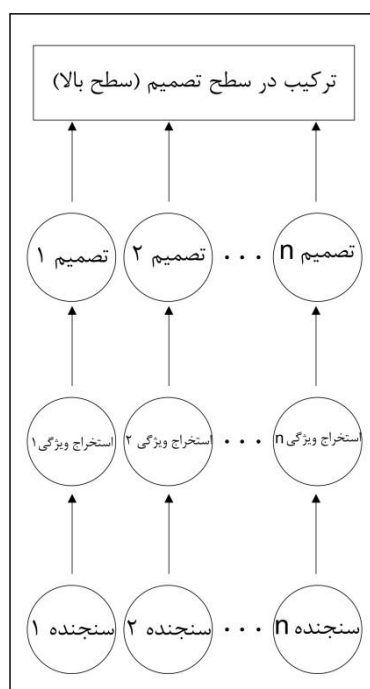
ب) ترکیب در سطح ویژگی



الف) ترکیب در سطح داده



د) ترکیب تلفیقی



ج) ترکیب در سطح تصمیم

شکل ۱-۲ نمایش شماتیک ترکیب در سطوح مختلف. (اقتباس از Hall and Llinas, 2001)

منظور از ترکیب در سطح داده (ترکیب داده)، ترکیب داده‌های خروجی از سنجنده‌های مختلف می‌باشد به نحوی که قبل از ورود داده‌ها به مدل طراحی شده، عملیات یا پردازشی روی این داده‌ها انجام نشده باشد. به همین ترتیب، منظور از ترکیب در سطح ویژگی (ترکیب ویژگی)، ترکیب اطلاعاتی است که پس از پردازش‌های مورد نیاز روی داده‌ها، حاصل شده باشند. و نیز منظور از ترکیب در سطح تصمیم (ترکیب تصمیم)، ترکیب نتایج حاصل از تصمیم‌های مختلف است که هر کدام، مراحل پردازش و تصمیم‌گیری را پشت سر گذاشته باشد (Hall and Llinas, 2001).

تعریف ترکیب داده: فنون ترکیب داده، داده‌های سنجنده‌های چندگانه و سایر اطلاعات مرتبط را باهم ترکیب می‌کند تا بتواند استنباط‌های خاصی را داشته‌باشد که توسط یک سنجنده‌ی مستقل نمی‌شود آن استنباط‌ها را داشت (Hall and Llinas, 2001).

۲-۲ 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 متحده‌ی آمریکا توسعه یافت. دپارتمان دفاع^{۳۲} ایالات متحده‌ی 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 مسئله‌ی تضاد متغیرهای اندازه‌گیری شده اشاره کرد (Dayal, 1983). سال ۱۹۸۶، تاسیس آزمایشگاهی مشترک^{۳۳} آغاز همکاری مستند متخصصان صنایع

³² Department of Defense (DoD)

³³ Joint Directors of Laboratories (JDL)

نظامی و محققان توسعه‌ی سیستم‌ها^{۳۴} 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^{۳۵} 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 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^{۳۶}، ضرورت و موقعیت ترکیب داده در ذیل موضوع کلی‌تر تجمیع اطلاعات^{۳۷}، مورد بحث قرار گرفت. نهایتاً در سال ۲۰۰۹، ویراست سوم دستینه‌ی ترکیب اطلاعات، به انضمام کدهای نرم‌افزار متلب^{۳۸} مورد استفاده در ترکیب داده، به چاپ رسید.

در حوزه‌های مختلفی از علوم‌زمین، ترکیب اطلاعات داخل شده‌است که به برخی از آن‌ها در این‌جا اشاره می‌گردد. استفاده از ترکیب اطلاعات (تکنیک فازی) در استخراج ویژگی‌های خطی

³⁴ system development

³⁵ hand book

³⁶ review paper

³⁷ data integration

³⁸ MATLAB

(خطواره‌ها) در تصاویر ماهواره‌ای (Chanussot et al., 1999). تعیین رخساره‌های سنگی و تخمین تراوایی درون چاه‌های نفتی (Abdulazeez et al., 2007; Cuddy, 2000; Ibrahim Sami and Adel, 2010). پهنه‌بندی مقاطع لرزه‌ای به نواحی مختلف توسط ترکیب اطلاعات ویژگی‌های لرزه‌ای^{۳۹} به کمک تکنیک فازی (Valet et al., 2001). ترکیب داده‌های ژئوفیزیکی (سرعت امواج لرزه‌ای و مقاومت الکتریکی) جهت تصویرسازی رفتار مکانیکی گل لغزه‌ها (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). کتاب منطق فازی در زمین‌شناسی^{۴۰} کاربردهای مختلفی از نظریه‌ی فازی (از نظریه‌ی فازی در ترکیب اطلاعات فراوان استفاده شده است) در حوزه‌های گوناگون زمین-شناسی را معرفی کرده‌است (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). مرور ادبیات گفته شده در بالا، فقط بخش کوچکی از پژوهش‌های انجام شده پیرامون ترکیب داده هستند.

۳-۲ فنون ترکیب اطلاعات

شاید امروزه در دنیای علم، محدود نمودن کاربرد فنون ترکیب اطلاعات به سادگی میسر نباشد چراکه بسیاری از اوقات پژوهشگران، اطلاعات منابع مختلف را ترکیب می‌کنند بدون این که نام ترکیب اطلاعات را در گزارشاتشان بیاورند. اما از طرف دیگر، محققان و متخصصان ترکیب اطلاعات، سعی در کلاسیک نمودن و طبقه‌بندی مفاهیم ترکیب اطلاعات به عنوان یک علم کاربردی دارند. بنابراین در

³⁹ attributes

⁴⁰ Fuzzy Logic in Geology

این مجال و به قدر حوصله، تکنیک‌های ترکیب اطلاعات در سه دسته‌ی فنون متداول، هوشمند و ترکیبی معرفی می‌گردند.

۱-۳-۲ فنون متداول

اگر بخواهیم فنون متداول در ترکیب اطلاعات را نام ببریم، می‌توان به پارامترهای آماری، نظریه‌ی احتمالات شرطی بیزین^{۴۱}، دمپسترشیفر^{۴۲}، میانگین وزنی مرتب^{۴۳}، فیلتر کالمن^{۴۴}، روش‌های کرنل^{۴۵} و غیره اشاره کرد. در ادامه، این فنون متداول در ترکیب اطلاعات، به صورت مختصر معرفی می‌گردند.

۱-۱-۳-۲ 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»^{۴۶} باشد که در آمار به مد^{۴۷} معروف است. از دیگر پارامترهای آماری دارای کاربرد در ترکیب اطلاعات، می‌توان از میانگین، میانه، حداکثر^{۴۸}، حداقل^{۴۹} و غیره نام برد.

⁴¹ Bayesian theory

⁴² Dempster-Shafer

⁴³ Ordered Weighted Averaging (OWA)

⁴⁴ Kalman Filter

⁴⁵ Kernel methods

⁴⁶ majority voting

⁴⁷ mode

⁴⁸ maximum

⁴⁹ minimum

۲-۳-۱-۲ 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؛ مثل شبکه‌ی احتمالاتی بیزین^{۵۰}. (فنون احتمالات شرطی و شبکه‌ی احتمالاتی بیزین در ادامه به تفصیل توضیح داده خواهند شد).

روش دمپسترشیفر، تعمیم روش احتمالاتی بیزین می‌باشد که در آن، به جای استفاده از احتمال رخداد که توسط نمونه برداری تعیین می‌شد، از مقدار عددی خروجی سنجنده استفاده می‌شود. همچنین خروجی دمپسترشیفر می‌تواند گزاره‌ی «تصمیم‌گیری مقدور نیست» باشد در حالی که در احتمالات شرطی بیزین، همیشه تصمیم‌گیری صورت می‌پذیرد (Challa and Koks, 2004).

۲-۳-۱-۳ روش میانگین وزنی مرتب

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

روش‌های گفته‌شده 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.

⁵⁰ Bayesian Networks (BN)

۲-۳-۲ 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 روش‌ها به صورت بهینه انجام شود. پرکاربردترین فنون هوشمند در ترکیب اطلاعات عبارت‌اند از شبکه‌های عصبی مصنوعی^{۵۱} و انتگرال‌های فازی^{۵۲} که در ادامه به اختصار تشریح می‌گردند.

۱-۲-۳-۲ شبکه‌ی عصبی مصنوعی

شبکه‌ی عصبی مصنوعی، تعمیمی است از فنون متداول در الگوشناسی^{۵۳} به روش آماری. 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.

۲-۲-۳-۲ انتگرال‌های فازی

بر پایه‌ی عملگرهای انتگرال فازی، روشی برای ترکیب شواهد (داده/ اطلاعات) گوناگون توسعه یافت که شواهد گوناگون را به صورت خطی یا غیرخطی 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 مد نظر است:

⁵¹ Artificial Neural Networks (ANN)

⁵² fuzzy theory

⁵³ pattern recognition

یکی بیشینه سازی دقت و دیگری، کمینه سازی پیچیدگی مدل (Guo et al., 2009). چگونگی کاربرد انتگرال‌های فازی در ادامه توضیح داده خواهد شد.

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، انعطاف پذیری و درصد موفقیت بیشتری دارند.

۲-۳-۲ 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 پرکاربرد، مدل‌های نرو-فازی^{۵۴} هستند که مجموعه‌ای از دو فن هوشمند شبکه‌ی عصبی و نظریه‌ی فازی می‌باشند.

۲-۴ فنون استفاده شده در این پایان‌نامه

در این پایان‌نامه، هدف از ترکیب اطلاعات، تعیین زون تولید کننده‌ی هیدروکربور است. روش متداول تعیین زون تولید که مبتنی بر حد برش است، خود یکی از روش‌های متداول ترکیب اطلاعات می‌باشد (پارامتر آماری حداقل). اما در این‌جا جهت توسعه‌ی ترکیب اطلاعات در تعیین زون تولید، از روش-های احتمالات شرطی بیزین (ترکیب در سطوح داده و ویژگی) و انتگرال‌های فازی سوگنو و چوکویت استفاده شده است.

⁵⁴ neuro-fuzzy

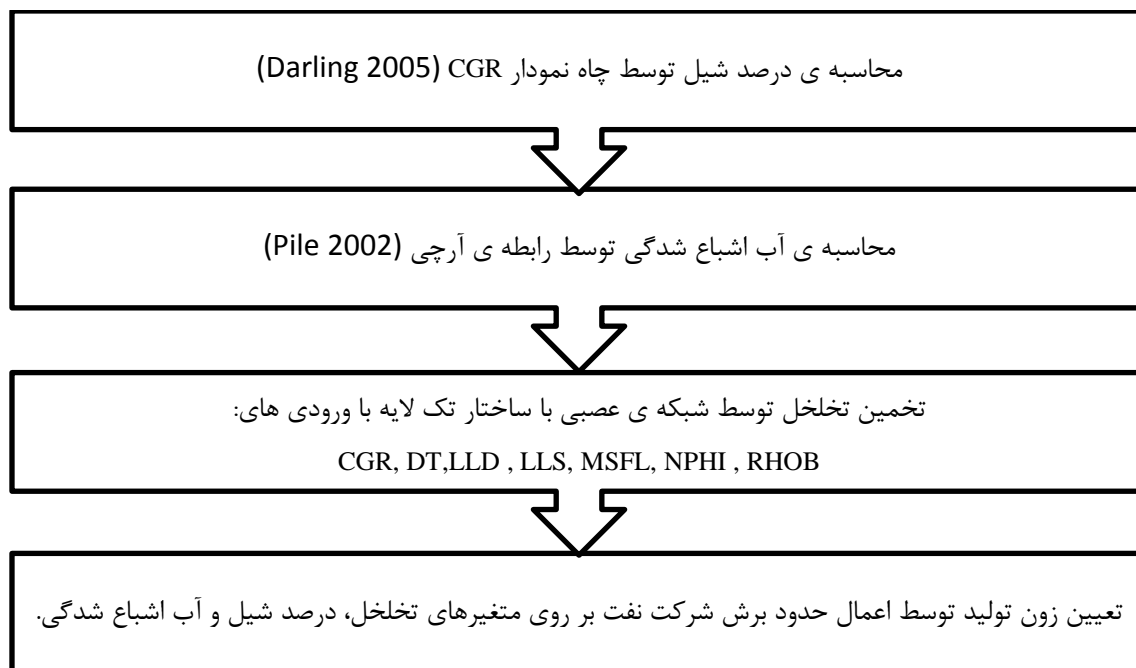
به علاوه، در این پایان‌نامه، یک روش دیگر برای تعیین زون تولید ابداع شده است که مبتنی بر معادله‌ی جریان است. این روش در تقسیم بندی روش‌های ترکیب اطلاعات جایگاهی ندارد اما از ماهیت ترکیب اطلاعات در سطح ویژگی برخوردار است. فنون گفته شده، به تفصیل در زیر توضیح داده شده‌اند.

۱-۴-۲ 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 (Deakin and Manan, 1998; Svec and Grigg, 2000; Worthington, 2010; Worthington and Cosentino, 2005). به طور معمول مقدار حد برش برای ماسه سنگ‌ها از ۰/۳ تا ۰/۵ برای مقدار 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 ماسه سنگی 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 ماسه سنگی 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.

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 ۲-۲ نشان دهنده‌ی مراحل تعیین زون تولید توسط روش مبتنی بر حد برش است. ذکر این نکته اهمیت دارد که خروجی این روش، غیر فازی است یعنی خروجی در هر عمقی یا تولیدکننده است یا نیست و حالت فیما بین وجود ندارد.



شکل ۲-۲ مراحل تعیین زون تولید توسط روش مبتنی بر حد برش.

۲-۴-۲ 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:

$$P(A|B) = \frac{P(A) \times P(B|A)}{P(B)} \quad (1-2)$$

که در آن، $P(A)$ و $P(B)$ ، به ترتیب احتمال رخداد پدیده‌های A و B هستند. $P(B|A)$ احتمال رخداد پدیده B ، به شرط رخداد پدیده A است و به "دانش اولیه"^{۵۵} معروف است و $P(A|B)$ احتمال رخداد پدیده A ، به شرط رخداد پدیده B است و به "احتمال پسین"^{۵۶} 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 دو را نسبت می‌دهیم و اگر میزان تولید در آن محدوده بیش از $\frac{1500 \text{ bbl oil}}{\text{day}}$ باشد، به این محدوده شاخص سه را نسبت می‌دهیم. (بنابراین خروجی این روش، فازی است یعنی هر عمقی یا تولیدکننده است (۳)، یا تولید کننده نیست (۱) و یا تولیدکننده با توان کم است (۲).)
- حال، داده‌های هر دسته را به دو بخش آموزش و آزمون به ترتیب به نسبت ۷۰٪ و ۳۰٪ تقسیم می‌کنیم.
- 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):

⁵⁵ priory knowledge

⁵⁶ posterior probability

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

که در آن، (npv) مخفف عبارت "مقدار زون تولید (net pay value)" است.

- محتمل ترین مقدار زون تولید برای هر عمق انتخاب می شود.
- ماتریس تداخل^{۵۷} و میزان صحت^{۵۸} (CCR) برای بررسی سازگاری خروجی روش بیزین با آزمون چاه محاسبه می شوند. در مورد این دو پارامتر در انتهای همین فصل توضیح مختصری خواهد آمد.

۳-۴-۲ شبکه‌ی بیزین

شبکه‌ی بیزین (BN^{۵۹}) یک گراف جهت‌دار بدون دور است که هر گره‌ی آن نمایشگر یک متغیر است و هر یال جهت‌دار نشان دهنده‌ی رابطه‌ی وابستگی است. به گره‌ای که یال از آن خارج می شود، والد (علت) و به گره‌ای که یال به آن وارد می شود، فرزند (معلول) گویند. شبکه‌ی بیزین در مدیریت عوامل موثر بر یک متغیر مورد نظر مفید است (Niedermayer, 2008)

روش‌ها و الگوریتم‌های ساختن این گراف، به دو دسته‌ی: مبتنی بر قید^{۶۰} و مبتنی بر امتیاز^{۶۱} تقسیم می شوند (Lauría, 2008). در این پایان‌نامه، یک روش مبتنی بر امتیاز به نام الگوریتم K2 به کار گرفته شده است تا شبکه‌های بیزین درست شوند. برای اجرای این الگوریتم، ورودی‌ها باید به ترتیب علی معلولی داخل الگوریتم شوند. یعنی باید جایگشتی از ورودی‌ها را داخل الگوریتم نمود که رابطه‌ی علی معلولی در آن از یک سمت به سمت دیگر جایگشت، یکسان باشد.

⁵⁷ confusion matrix

⁵⁸ Classification Correctness Rate (CCR)

⁵⁹ Bayesian Network (BN)

⁶⁰ Constraint based

⁶¹ Score based

به علت پیچیدگی و مفصل بودن روش شبکه‌ی بیزین، از توضیح بیشتر اجتناب می‌شود. برای مطالعه‌ی بیش‌تر در زمینه‌ی مفاهیم ابتدایی شبکه‌ی بیزین به (Niedermayer, 2008) و در زمینه‌ی الگوریتم K2، به مقاله‌ی مرجع (Doguc and Ramirez-Marquez, 2009) مراجعه شود.

۴-۴-۲ انتگرال‌های فازی

انتگرال‌های فازی، ترکیب‌کننده‌های مناسبی برای تلفیق کردن خروجی طبقه‌بندی‌کننده‌های دیگر هستند. فلسفه‌ی ترکیب‌کننده‌های فازی این است که نه تنها قدرت تاثیرگذاری هر یک از طبقه‌بندی‌کننده‌ها را به تنهایی بررسی می‌کنند، بلکه قدرت تاثیرگذاری هر زیرمجموعه از طبقه‌بندی‌کننده‌ها را نیز جداگانه بررسی می‌کند. این قدرت تاثیرگذاری را اندازه‌فازی نامند. در ادامه، الگوریتم استفاده شده برای پرکاربردترین انتگرال‌های فازی، یعنی انتگرال سوگنو که یک ترکیب‌کننده‌ی غیر خطی است و انتگرال چوکویت که یک ترکیب‌کننده‌ی خطی است، آمده است (Kuncheva, 2004). (توجه داشته باشید که سه مرحله‌ی اول بین این دو انتگرال فازی مشترک است و تنها در مرحله‌ی آخر الگوریتم تفاوت دارند):

- برای هر بردار ورودی \mathbf{x} ، که مولفه‌های آن، خروجی طبقه‌بندی‌کننده‌های دیگر است، بردار جدیدی ساخته می‌شود که مولفه‌های آن به ترتیب از کوچک به بزرگ مرتب شده باشد. بردار

جدید: $[d_{i_1,k}(\mathbf{x}), d_{i_2,k}(\mathbf{x}), d_{i_3,k}(\mathbf{x}), \dots, d_{i_L,k}(\mathbf{x})]^T$ که در آن:

$$d_{i_1,k}(\mathbf{x}) < d_{i_2,k}(\mathbf{x}) < d_{i_3,k}(\mathbf{x}) < \dots < d_{i_L,k}(\mathbf{x})$$

- جایگشت مقادیر اولیه‌ی اندازه فازی متناظر با بردار مرتب شده‌ی بالا انتخاب می‌شود:

$$g^{i_1}, g^{i_2}, g^{i_3}, \dots, g^{i_L}$$

- برای $t=2$ تا L ، به صورت بازگشتی، مقادیر نهایی اندازه فازی محاسبه می‌شوند:

$$g(t) = g^{it} + g(t-1) + \lambda g^{it} g(t-1) \quad (3-2)$$

• محاسبه‌ی مقدار عملگر انتگرال به ازای هر بردار ورودی:

عملگر انتگرال چوکویت:

$$\mu_j(\mathbf{x}) = d_{i_1,k}(\mathbf{x}) + \sum_{k=2}^L [d_{i_{k-1},j}(\mathbf{x}) - d_{i_k,j}(\mathbf{x})] g(k-1) \quad (4-2)$$

عملگر انتگرال سوگنو:

$$\mu_k(\mathbf{x}) = \max_{t=1:L} \{ \min \{ d_{i_t,k}(\mathbf{x}), g(t) \} \} \quad (5-2)$$

۵-۴-۲ روش مبتنی بر معادله‌ی جریان

در این روش، از راه‌های ترکیب اطلاعات متداول استفاده نشده است بلکه معیاری به عنوان مشخصه‌ی زون تولید در نظر گرفته شده است و به کمک معادله‌ی جریان محاسبه گشته است. در حقیقت، توسط معادله‌ی جریان، اطلاعات پتروفیزیکی (تخلخل، تراوایی، گرانروی و ...) با هم ترکیب شده‌اند و معیار زون تولید محاسبه گشته است. حقیقتاً این روش، نوآوری روش‌شناسی پایان‌نامه‌ی حاضر است.

در فشار ثابت، هر چه میزان دبی خروجی نفت بیشتر باشد، زون تولید اقتصادی‌تر خواهد بود. بنابراین، می‌توان نسبت دبی به فشار را معیاری برای زون تولید در نظر گرفت. معادله‌ی دیفرانسیلی جریان، رابطه‌ای بین فشار و سایر متغیرهای تاثیرگذار روی آن (یا متاثر از آن) را نشان می‌دهد. معادله‌ی ۶-۲، معادله‌ی جریان در رژیم شعاعی برای مایعات با تراکم پذیری کم است که در این‌جا مبنای فرمول نهایی این روش است.

$$\frac{\partial^2 p}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial p}{\partial r} = \frac{\phi \mu c}{0.000264 k} \frac{\partial p}{\partial t} \quad (6-2)$$

که در آن، p متغیر فشار (psia)، r متغیر فاصله از محور چاه (ft)، t متغیر زمان (hrs)، ϕ متغیر تخلخل (برحسب صدم)، k متغیر تراوایی (mD)، μ متغیر گرانیوی (cp) و c متغیر تراکم پذیری با یکای (psi^{-1}) است. یکی از روش‌های حل معادله‌ی ۶-۲، راه حل معادله‌ی E_i است که پس از حل، فرمول زیر حاصل خواهد شد:

$$p(r, t) = p_i + 70.6 \frac{Q_0 \mu_0}{kh} \times \ln \left(948 \frac{\phi \mu_0 c_t r^2}{kt} \right) \quad (7-2)$$

که در آن، $p(r, t)$ یعنی فشار (psia) در فاصله‌ی r فوت از محور چاه، پس از t ساعت، همان فشار اولیه قبل از تولید است، Q_0 دبی خروجی (بشکه در روز) نفت از چاه است، h طول زون تولید (ft) و باقی متغیرها همانند معادله‌ی ۶-۲ هستند. محدودیت‌های معادله‌ی ۷-۲، علاوه بر محدودیت‌های معادله‌ی ۶-۲، عبارت‌اند از: محیط متخلخل همگن، ضخامت یکسان، جریان تک فازی و تراکم پذیری ثابت و کوچک (Matthews and Russell, 1967). همچنین مقدار داخل لگاریتم نباید بیشتر از ۰/۰۱ باشد تا خطای تخمین کمتر از ۰/۲۵٪ باشد (Ahmed, 2001):

$$948 \frac{\phi \mu_0 c_t r^2}{kt} < 0.01 \quad (8-2)$$

با جایگزینی مقدار افت فشار با متغیر $\Delta p(r, t)$ و تقسیم دو طرف معادله‌ی ۷-۲ بر میزان دبی، معادله‌ی ۹-۲ را خواهیم داشت:

$$\frac{\Delta p(r, t)}{Q_0} = 70.6 \frac{\mu_0}{kh} \times \ln \left(948 \frac{\varphi \mu_0 c_t r^2}{kt} \right) \quad (9-2)$$

پس از محاسبه‌ی سمت راست معادله‌ی ۹-۲، مقدار کمیت سمت چپ به دست آمده است که با معکوس کردن آن، معیار زون تولید $\left(\frac{Q_0}{\Delta p}\right)$ محاسبه خواهد شد. در این پایان‌نامه، تمامی مراحل محاسبه‌ی معیار زون تولید توسط روش مبتنی بر معادله‌ی جریان، به کمک نرم‌افزار اکسل^{۶۲} انجام شده است. در ادامه‌ی این فصل، ابزارهای مقایسه‌ی صحت این روش‌ها توضیح داده شده‌اند.

۵-۲ ابزارهای مقایسه‌ی صحت روش‌های استفاده شده

ماتریس تداخل^{۶۳} و میزان صحت $(CCR)^{۶۴}$ برای کمی سازی صحت طبقه بندی کننده‌های مختلف و مقایسه‌ی آن‌ها محاسبه می‌شوند. در ادامه، توضیح مختصری در مورد آن‌ها خواهد آمد. در این پایان‌نامه، برای مقایسه‌ی روش‌های استفاده شده، از این دو مفهوم ریاضی استفاده شده است.

۱-۵-۲ ماتریس تداخل

ماتریس تداخل، نمایشگر چگونگی طبقه بندی شدن کسری از تمام داده‌های یک دسته‌ی واقعی در دسته‌ی دیگر (یا همان دسته) توسط طبقه بندی کننده می‌باشد (Theodoridis and Koutroumbas, 2003). در اکثر موارد این ماتریس مربعی است مگر زمانی که تعداد دسته‌های واقعی با تعداد دسته‌های طبقه‌بندی شده متفاوت باشد. مثلاً خروجی واقعی فازی باشد اما طبقه بندی کننده توانایی طبقه

⁶² excel

⁶³ confusion matrix

⁶⁴ Correctness Classification Rate (CCR)

بندی کردن به صورت فازی را نداشته باشد (مثل مورد تعیین زون تولید توسط حدبرش در این پایان-نامه). نمونه‌ای از یک ماتریس تداخل در شکل ۲-۳ آمده است.

خروجی واقعی

		1	2	3
خروجی طبقه‌بندی 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 طبقه‌بندی کننده. طبق این ماتریس، طبقه‌بندی کننده دسته‌ی اول را با دقت ۹۴٪ طبقه‌بندی کرده است، دسته‌ی دوم را با دقت ۵۰٪ و دسته‌ی سوم را با دقت ۱۰٪.

طبق این ماتریس، طبقه بندی کننده توانسته است ۹۴٪ از کل داده‌های دسته‌ی اول (ستون اول) را در همان دسته طبقه بندی کند و ۶٪ از داده‌های این دسته را نتوانسته است درست طبقه بندی کند و آن‌ها را در دسته‌ی دو طبقه بندی کرده است. در دسته‌ی دوم (ستون دوم) نیز ۵۰٪ داده‌ها درست طبقه بندی شده‌اند در حالی که ۵۰٪ باقیمانده در دسته‌های یک و سه. طبقه بندی دسته‌ی سوم (ستون سوم) نسبت دسته‌های یک و دو اصلا خوب صورت نگرفته است و فقط ۱۰٪ از داده‌ها درست طبقه بندی شده‌اند و خطای ۹۰٪ وجود دارد.

۲-۵-۲ میزان صحت (CCR)

میزان صحت^{۶۵} نیز مقداری کمی از صحت طبقه بندی کننده می‌باشد و توسط ماتریس تداخل بدین ترتیب محاسبه می‌شود: تقسیم درایه‌های قابل قبول ماتریس (معمولا روی قطر اصلی) بر تعداد کل دسته‌ها. مثلا مقدار میزان صحت ماتریس فوق به صورت زیر محاسبه می‌شود:

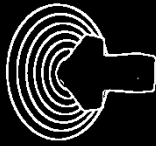
⁶⁵ Classification Correctness Rate (CCR)

$$CCR = \frac{0.94 + 0.50 + 0.10}{3} = 0.51$$

در این جا کمیت میزان صحت به دو روش محاسبه شده است: فازی و غیرفازی. منظور از میزان صحت فازی ($CCRf^{66}$)، تعیین صحت طبقه بندی به صورت فازی است که از تقسیم مجموع درایه‌های روی قطر اصلی بر تعداد دسته‌ها حاصل می‌شود (مثل مورد فوق) و منظور از میزان صحت غیر فازی ($CCRC^{67}$)، تعیین صحت طبقه بندی به صورت غیر فازی است (برای درک نحوه‌ی محاسبه‌ی آن به فرمول‌های زیر ماتریس‌های تداخل در فصل سوم مراجعه نمایید). بدیهی است که میزان صحت فازی برای روش‌هایی که خروجی فازی ندارند، قابل محاسبه نیست. خروجی تمامی روش‌های گفته شده در بالا، در فصل بعد آمده است، سپس در فصل چهارم به مقایسه‌ی معیارهای صحت این روش‌ها پرداخته شده است.

⁶⁶ Classification Correctness Rate- Fuzzy (CCRf)

⁶⁷ Classification Correctness Rate- Crisp (CCRC)



فصل سوم: تعیین زون تولید

۱-۳ مقدمه

۲-۳ نتایج روش مبتنی بر حد برش (روش متداول)

۱-۲-۳ معایب و محاسن روش مبتنی بر حد برش

۳-۳ نتایج روش احتمالات شرطی بیزین

۱-۳-۳ انتخاب متغیرهای ورودی الگوریتم احتمالات شرطی

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

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

۴-۳-۳ معایب و محاسن روش بیزین

۴-۳ نتایج روش فازی

۱-۴-۳ نتایج انتگرال چوکویت

۲-۴-۳ نتایج انتگرال سوگنو

۵-۴-۳ معایب و محاسن روش های مبتنی بر فازی

۵-۳ نتایج روش مبتنی بر معادله ی جریان

۱-۵-۳ معایب و محاسن روش مبتنی بر معادله ی جریان

۱-۳ مقدمه

در این فصل، نتایج هر یک از روش‌های گفته شده در فصل سوم آورده شده‌اند. همان‌طور که در قبل گفته شد، برای مقایسه‌ی نتایج از ماتریس تداخل و کمیت میزان صحت (CCR) استفاده شده است. معیار در نظر گرفته شده برای مقایسه‌ی تمامی خروجی‌ها، نتایج آزمون چاه است. بنابراین تمامی روش‌ها روی پنج چاه (یک، دو، سه، چهار و شش) اعمال شده‌اند تا امکان اعتبارسنجی خروجی روش‌ها وجود داشته باشد (چاه شماره‌ی پنج، اطلاعات آزمون چاه قابل اعتمادی ندارد (جدول ۱-۱)). برای طبقه بندی زون‌های مخزن سروک به زون‌های مخزنی و غیر مخزنی، مطابق آنچه در ۲-۴-۲ گفته شد، سه زون تولیدکننده (زون سه)، عدم تولید (زون یک) و تولیدکننده‌ی ضعیف (زون دو) به نحو زیر در نظر گرفته شده‌اند:

- زون یک: تولید نفت و گاز نداریم
- زون دو: تولید نفت داریم اما نرخ تولید نفت کمتر از $1500 \frac{bbl\ oil}{day}$
- زون سه: تولید نفت داریم با نرخ تولید نفت بیشتر از $1500 \frac{bbl\ oil}{day}$

در نهایت در فصل چهارم، به مقایسه و بحث پیرامون برتری و ضعف نسبی هر یک از این روش‌ها در مقایسه با همدیگر خواهیم پرداخت.

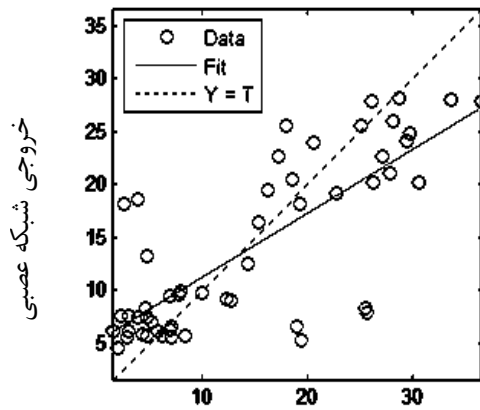
۲-۳ نتایج روش مبتنی بر حد برش (روش متداول)

این روش بر روی داده‌های هر شش چاه میدان F اعمال شده است هرچند که نتایج فقط پنج چاه از شش چاه در دسترس قابل کنترل شده است: چاه‌های یک تا شش بجز چاه پنج. دلیل عدم امکان کنترل خروجی در چاه پنج، نبود آزمون چاه معتبر در این چاه برای بررسی صحت روش است.

الگوریتم تعیین زون تولید در این روش مطابق شکل ۲-۲ است. یعنی ابتدا درصد شیل و آب اشباع شدگی توسط روابط متداول محاسبه شده، سپس تخلخل توسط شبکه‌ی عصبی تخمین زده شده است. ورودی‌های تخمین تخلخل، نمودارهای گامای تصحیح شده (CGR)، زمان گذر موج (DT)، تخلخل نوترون (NPHI)، وزن مخصوص توده (RHOB)، مقاومت الکتریکی عمیق (LLD)، مقاومت الکتریکی کم عمق (LLS) و مقاومت الکتریکی میکرو (MSFL) بوده و اطلاعات شاهد، آزمایشات مغزه می‌باشد. برای تخمین تخلخل، شبکه‌ی عصبی دو مرتبه آموزش دیده است. یک بار توسط داده‌های مغزه‌ی چاه‌های یک، دو و سه آموزش دیده است که توسط این شبکه، تخلخل در کل محدوده‌ی سازند سروک در چاه‌های یک، دو، سه، پنج و شش تخمین زده شده است.

بار دوم، شبکه‌ی عصبی در چاه شماره‌ی چهار آموزش دیده است و فقط برای تخمین در همین چاه نیز استفاده شده است. علت این که چاه‌های یک، دو و سه باهم آموزش دیده‌اند، کم‌بود داده‌های مغزه در چاه‌های یک و دو و نبود مغزه در چاه شش است. در هر دو مرتبه‌ی آموزش، درصد داده‌های آموزش، آزمون و اعتبار سنجی به ترتیب ۶۰٪، ۲۰٪ و ۲۰٪ در نظر گرفته شده است. چگونگی دقت و صحت این دو تخمینگر در شکل‌های زیر آمده است.

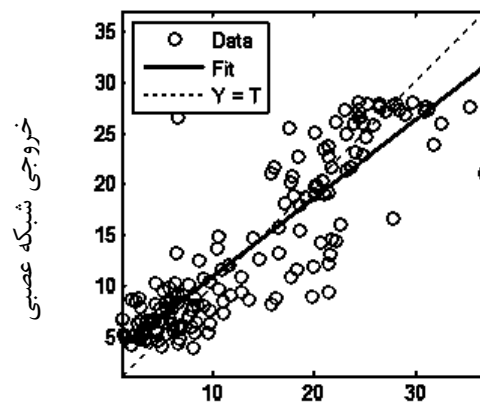
اعتبارسنجی: $r^2=0.78$



مقادیر واقعی (مغزه)

ب

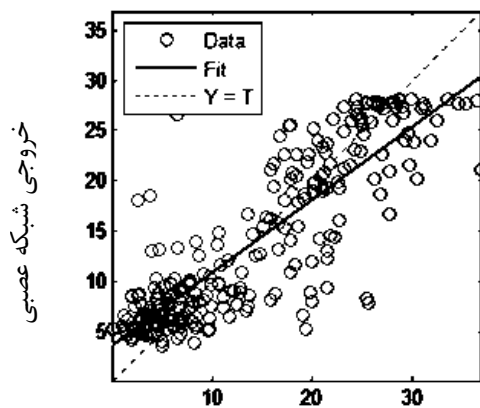
آموزش: $r^2=0.88$



مقادیر واقعی (مغزه)

الف

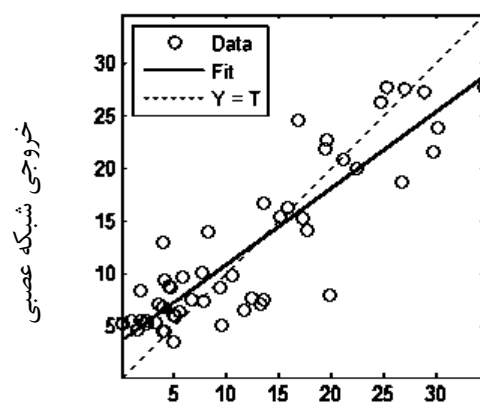
تمام داده‌های مغزه: $r^2=0.86$



مقادیر واقعی (مغزه)

د

آزمون: $r^2=0.88$

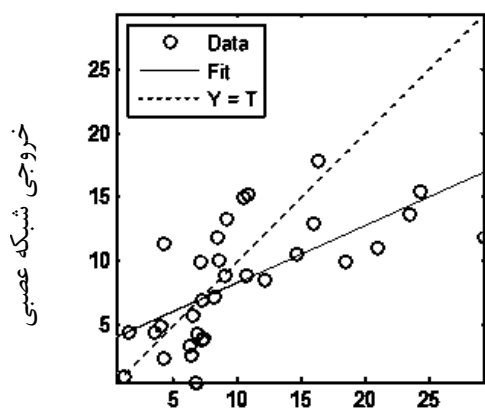


مقادیر واقعی (مغزه)

ج

شکل ۱-۳ نمایش چگونگی دقت و صحت تخمینگر (شبکه‌ی عصبی) تخلخل که در چاه‌های ۱، ۲ و ۳ آموزش دیده است (شبکه‌ی عصبی تک لایه با ۲ نرون در لایه‌ی نهانی) در مراحل الف (آموزش، ب) اعتبارسنجی، ج (آزمون، د) کل داده‌ها.

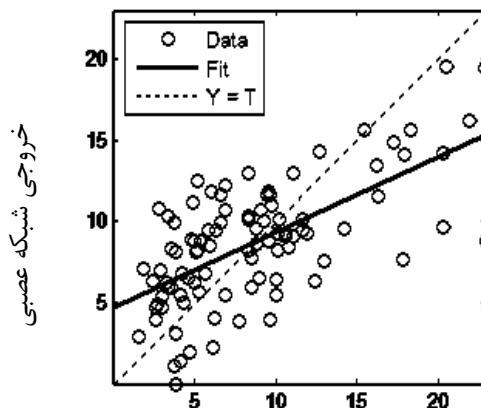
اعتبارسنجی: $r^2=0.66$



مقادیر واقعی (مغزه)

ب

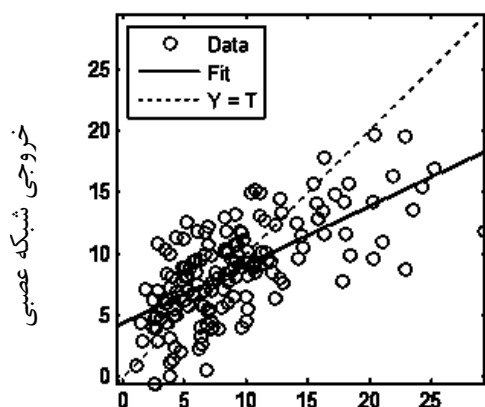
آموزش: $r^2=0.65$



مقادیر واقعی (مغزه)

الف

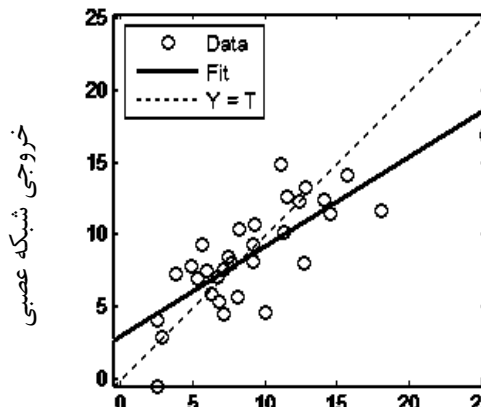
تمام داده‌های مغزه: $r^2=0.67$



مقادیر واقعی (مغزه)

د

آزمون: $r^2=0.80$



مقادیر واقعی (مغزه)

ج

شکل ۲-۳ نمایش چگونگی دقت و صحت تخمینگر (شبکه‌ی عصبی) تخلخل که در چاه ۴ آموزش دیده است (شبکه‌ی عصبی تک لایه با ۱۸۲ نرون در لایه‌ی نهانی) در مراحل الف) آموزش، ب) اعتبارسنجی، ج) آزمون، د) کل داده‌ها.

پس از تخمین تخلخل در همه‌ی چاه‌ها، حدود برش تعیین شده توسط شرکت نفت، روی داده‌های تخلخل، درصد شیل و آب اشباع شدگی اعمال شده‌اند (Nikzad et al., 2008a; Nikzad et al.,)

2008b; Nikzad et al., 2008c; Nikzad et al., 2008d; ثابت و هاشمی, ۱۳۸۱). در جدول ۳-۱

حدود برش اعمال شده برای هر چاه، در آمده است.

جدول ۳-۱ مقادیر حدبرش 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 حدود برش فوق بر روی داده‌های هر چاه، زون‌های تولید در همه‌ی چاه‌ها تعیین شدند. با توجه به معیار صحت گفته شده در قبل، ماتریس طبقه‌بندی و میزان صحت طبقه‌بندی به تفکیک هر چاه محاسبه شده و در شکل ۳-۳ آمده است. این روش، چاه شش را با بیشترین صحت (٪۹۲) و چاه چهار را با کمترین دقت (٪۲۳) زون‌بندی کرده است.

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		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		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		0.62	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		0.87	0.00	0.03
1		0.13	0.00	0.97

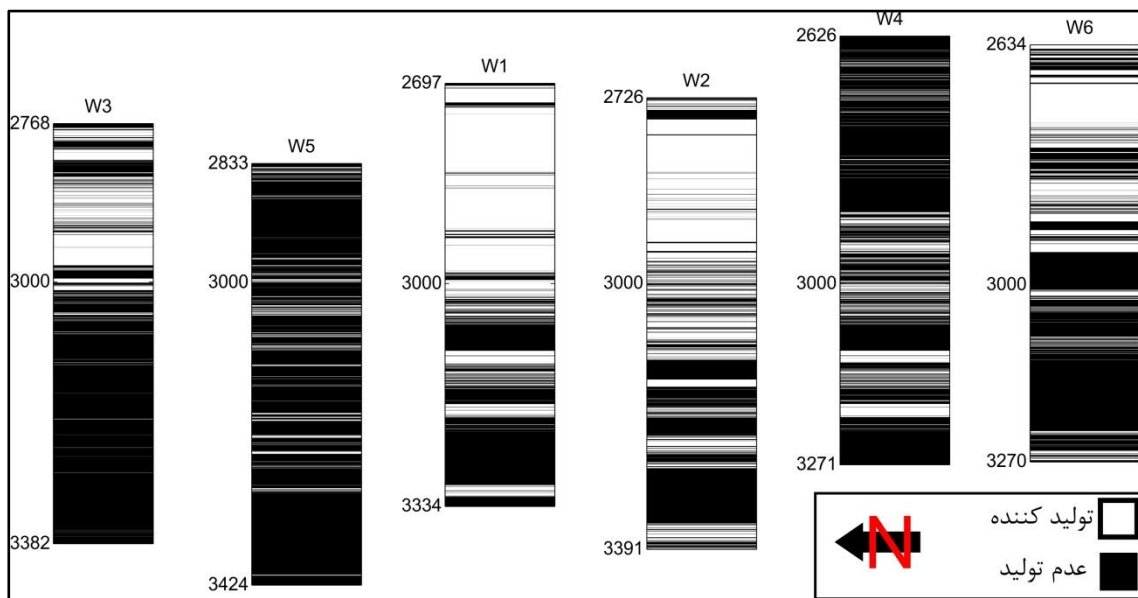
$$CCRC = \frac{0.87 + 0.00 + 0.97}{2} = 0.92$$

ه) چاه ۶

شکل ۳-۳ ماتریس‌های طبقه‌بندی و میزان صحت طبقه‌بندی زون تولید توسط روش متداول به تفکیک چاه.

همچنین، وضعیت زون تولید که توسط روش متداول تعیین شده است، در طول میدان ترسیم شده است (شکل ۳-۴). همان‌طور که در این شکل نشان داده شده است، چاه‌های یک، دو، سه و شش دارای رفتاری مشابه در طول خود هستند و رفتار چاه‌های چهار و پنج نیز به همدیگر نزدیک‌تر است.

علت تفاوت رفتار چاه چهار نسبت به عموم چاه‌ها، احتمالاً از تفاوت سیستم تخمین تخلخل آن نشئت می‌گیرد اما در مورد علت تفاوت رفتار چاه پنج اظهار نظر مطمئنی نمی‌توان نمود هر چند ذکر این نکته خالی از لطف نیست که در تخمین تخلخل، از داده‌های مغزه‌ی چاه پنج استفاده نشده است چرا که به علت نبود آزمون چاه، نمی‌توان صحت و سقم خروجی روش‌ها را در این چاه بررسی نمود و عملاً تمرکز این پایان‌نامه روی چاه‌های یک، دو، سه و چهار است. به هر حال، جهت هر چه کامل‌تر بودن پایان‌نامه، خروجی روش‌ها (بدون در نظر گرفتن صحت و سقم) در چاه پنج نیز آمده‌اند تا دید کامل‌تری نسبت به رفتار میدان در طول آن داشته باشیم.



شکل ۳-۴ نمودار وضعیت زون تولید در طول میدان بر حسب روش متداول.

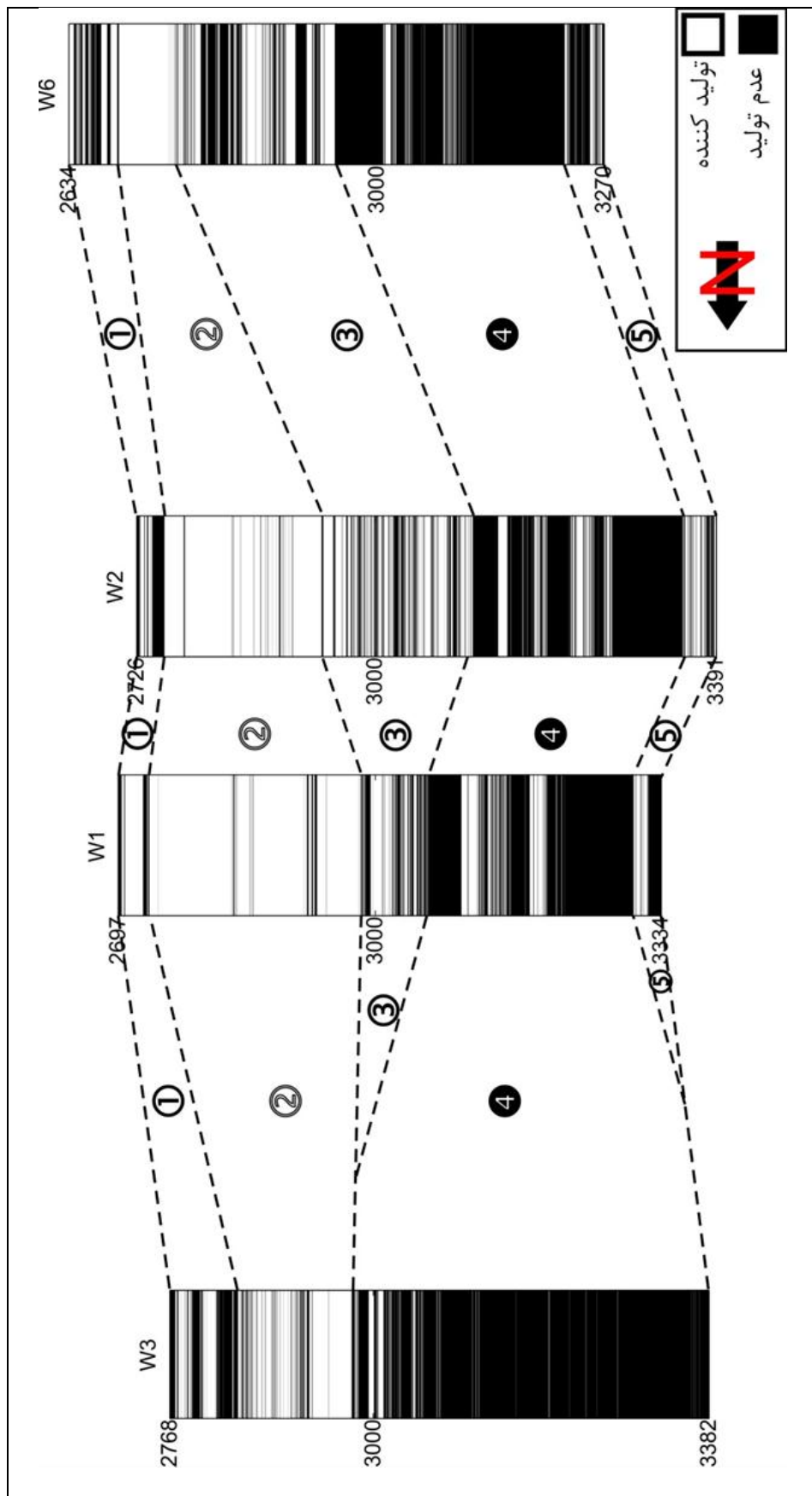
اگر بخواهیم رفتار این میدان را (از لحاظ قابلیت تولید) در طول قائم توصیف کنیم، بهتر است با در نظر گرفتن چاه‌های یک، دو، سه و شش که رفتار مشابهی دارند نتیجه‌گیری کنیم و چاه‌های چهار و پنج را به علت ناسازگاری با بقیه، ملحوظ نکنیم. طبق این چهار چاه، رفتار میدان در قبال تولید، به دو

بخش عمده‌ی تولید کننده (حدوداً اعماق کمتر از ۳۰۰۰ متر) و غیر قابل تولید (حدوداً اعماق بیش‌تر از ۳۰۰۰ متر) تقسیم می‌شود. شایان ذکر است که طبق گزارشات شرکت نفت، سطح آب و نفت در این میدان، در حدود عمق ۳۰۰۰ متری قرار دارد.

تقسیم بندی فوق، کاملاً کلی است و در تقسیم بندی دقیق‌تری، می‌توان کل میدان را به پنج زون (یک زون تولید خالص، سه زون تولید ناخالص و یک زون بدون قابلیت تولید) مطابق شکل ۳-۵ تقسیم نمود:

- زون یک: زون تولید ناخالص بالایی.
- زون دو: زون تولید کننده‌ی خالص. این زون، بهترین افق برای تولید نفت از این میدان است.
- زون سه: زون تولید ناخالص میانی.
- زون چهار: زون بدون قابلیت تولید.
- زون پنج: زون تولید ناخالص پایینی.

البته همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود، زون‌های سه و پنج که زون‌های تولید ناخالص هستند، در بخش شمالی میدان از بین می‌روند، به نحوی که در چاه سه فقط سه زون (زون‌های یک، دو و چهار) داریم. مهم‌ترین وجه تمایز این روش نسبت به سایر روش‌های ارائه شونده، شکل خروجی آن است که به صورت غیر فازی است.



شکل ۳-۵ نمودار تطابق عمقی زون‌های تولید کننده در طول میدان بر حسب روش متداول. زون یک: زون ناخالص بالایی. زون دو: زون تولید کننده‌ی خالص. زون سه: زون ناخالص میانی. زون چهار: زون بدون قابلیت تولید. زون پنج: زون ناخالص پایینی.

۱-۲-۳ معایب و محاسن روش مبتنی بر حد برش

مهم‌ترین حسن روش مبتنی بر حد برش، سادگی و سرعت انجام الگوریتم آن است. تمامی مراحل الگوریتم این روش را به سادگی می‌توان توسط نرم‌افزار اکسل اجرا کرد. شناسایی زون‌های تولید به این روش، احتیاج به دانش طبقه‌بندی و یا سایر علوم هوشمند ندارد. و فقط با دانستن روش‌های تجربی و ساده‌ی اکتشافی، می‌توان زون‌های تولید را توسط این روش تعیین نمود.

بزرگترین عیب این روش، دقت پایین آن در تعیین زون‌های تولید در مخازن کربناته است. ویژگی بارز سنگ‌های کربناته، همبستگی پایین متغیرهای پتروفیزیکی در آن است. در نتیجه‌ی این همبستگی پایین، حد برش یک متغیر پتروفیزیکی (مانند تخلخل) معیار دقیقی از حد برش متغیری دیگر (مانند تراوایی) نیست.

۳-۳ نتایج روش احتمالات شرطی بیزین

همان‌طور که در الگوریتم احتمالات شرطی در فصل سوم گفته شد، روش بیزین نیاز به آموزش دارد. بنابراین، باید یک مجموعه‌ی داده برای این امر در نظر گرفته شود. با توجه به قرارداد این پایان‌نامه در مورد طبقه بندی زون تولید (یعنی طبقه بندی زون تولید به سه بخش تولید کننده، بدون قابلیت تولید و تولید کننده‌ی 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.

اگر بخواهیم برای آموزش، یک چاه را انتخاب کنیم، با توجه به جدول ۳-۱، مشاهده می‌شود که تنها چاه‌های سه و چهار می‌توانند 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.

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

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

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

۱-۳-۳ انتخاب متغیرهای ورودی الگوریتم احتمالات شرطی

انتخاب متغیرهای الگوریتم احتمالات شرطی در دو مرحله انجام شد: مرحله‌ی اول، انتخاب متغیرهایی که با هم برازش کمی دارند و مرحله‌ی دوم، ساختن شبکه‌ی بیزین توسط متغیرهای منتخب در مرحله‌ی اول و در نهایت، انتخاب متغیرهای نهایی. متغیرهای منتخب در مرحله‌ی اول با استفاده از




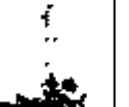





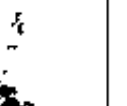


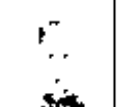
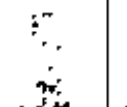

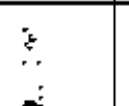
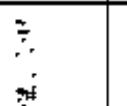

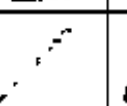

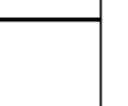
جدول همبستگی داده‌های همه‌ی چاه‌ها استخراج شده است (شکل ۳-۶). متغیرهای چاه سه در

شکل ۳-۷ نسبت به هم رسم شده‌اند.

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 ۳-۶ 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، LLD هستند.

DT						
	RHOB					
		NPHI				
			CGR			
				LLD		
					LLS	
						LLD/LLS

شکل ۳-۷ 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. در این جا، جایگشت «CGR→NPHI→LLD→LLD/LLS→Net Pay» برای ورود به الگوریتم انتخاب شده است. دلایل زمین‌شناسی و ریاضی این انتخاب:

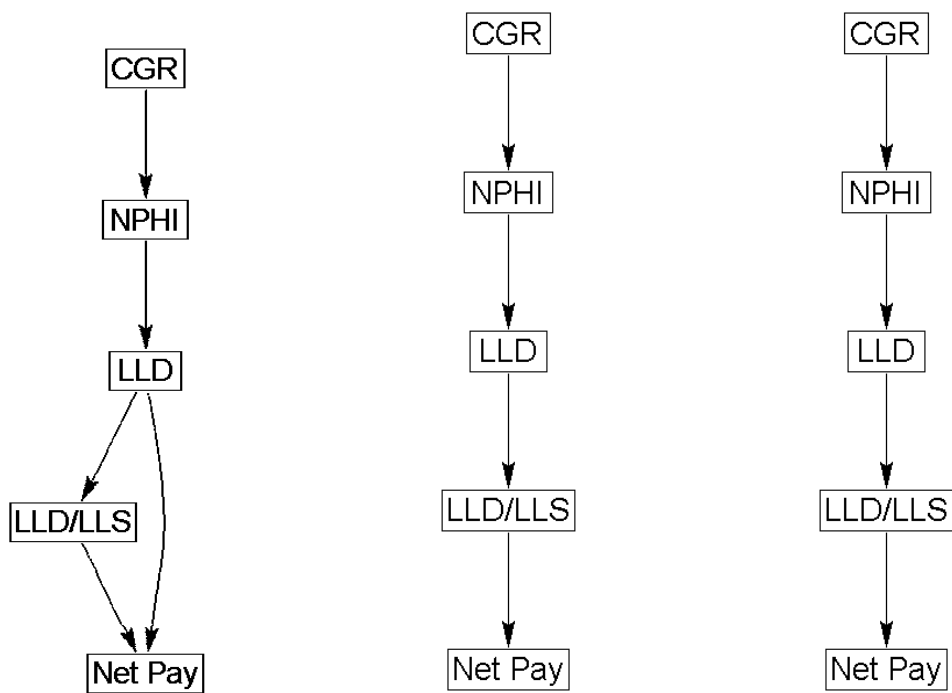
الف) تاثیرپذیری تخلخل (که NPHI در رابطه‌ی مستقیم با تخلخل کل است) از سنگ‌شناسی به خصوص درصد شیل (که CGR در رابطه‌ی مستقیم با درصد شیل است).

ب) تاثیر تخلخل (NPHI) روی نفت اشباع شدگی (که LLD در رابطه‌ی مستقیم با نفت اشباع شدگی است). هرچه تخلخل کم‌تر باشد، مقاومت ناشی از فشار موینگی بیش‌تر است و در نتیجه جایگزینی آب توسط نفت (در مرحله‌ی مهاجرت نفت) سخت‌تر انجام می‌شود.

ج) تاثیر LLD روی LLD/LLS از رابطه‌ی ریاضی بین این دو مشهود است.

د) متغیر زون تولید در انتهای این ترتیب قرار گرفته است چرا که قرار است تاثیر متغیرهای دیگر روی این متغیر بررسی شود.

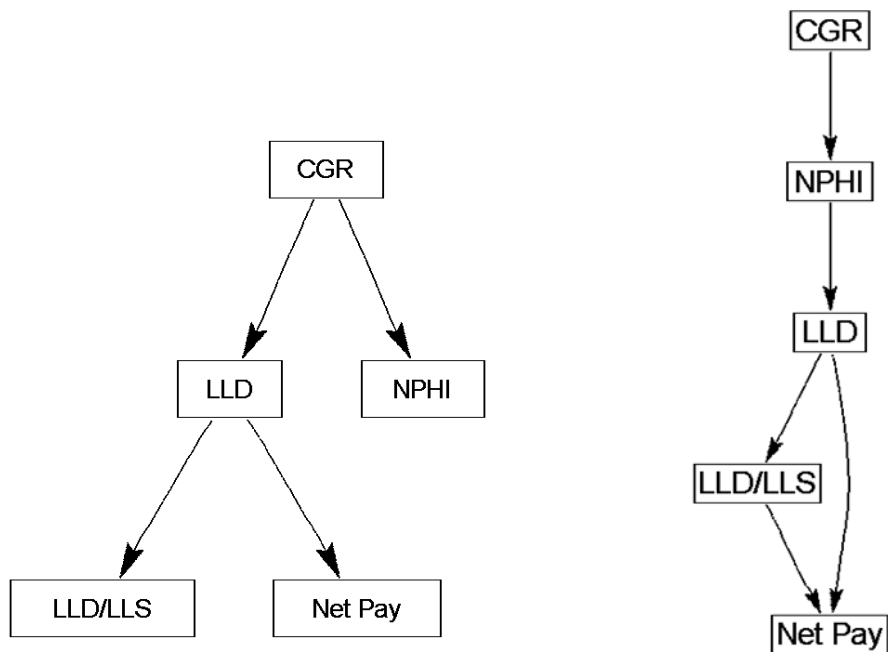
پس از اعمال الگوریتم K2 روی متغیرهای پتروفیزیکی هر چاه به صورت مجزا، شبکه‌های بیزین ساخته شده در شکل ۳-۸ آمده است. در تمام چاه‌ها، متغیر LLD/LLS مستقیماً روی زون تولید موثر است به جز چاه شش. همچنین همیشه LLD در رابطه‌ی مستقیم یا غیر مستقیم با زون تولید است. تفسیر شکل ۳-۸ در ادامه آمده است.



ج) چاه ۳

ب) چاه ۲

الف) چاه ۱



و) چاه ۶

هـ) چاه ۴

شکل ۳-۸ شبکه‌های بیزین ساخته شده توسط الگوریتم K2 برای هر چاه.

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

- چاه یک: تمام متغیرها روی زون تولید تاثیر دارند اما با اولویت LLD/LLS، سپس LLD.
- چاه دو: مشابه چاه یک.
- چاه سه: تمام متغیرها روی زون تولید تاثیر دارند اما اولویت به طور 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 به عنوان ورودی روش احتمالات شرطی انتخاب شدند. در ادامه، خروجی روش احتمالات شرطی توسط آموزش در دو چاه سه و چهار به طور جداگانه ارائه می‌شوند.

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

در این حالت، الگوریتم روش احتمالات شرطی در چاه سه آموزش دیده است. پس از آموزش در چاه سه، روی داده‌های چاه‌های دیگر اعمال شده و ماتریس‌های طبقه‌بندی و میزان صحت به صورت زیر محاسبه شده‌اند.

خروجی واقعی

تصمیم (روش بیزین 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

تصمیم (روش بیزین 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

تصمیم (روش بیزین 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

تصمیم (روش بیزین 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

تصمیم (روش بیزین 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

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

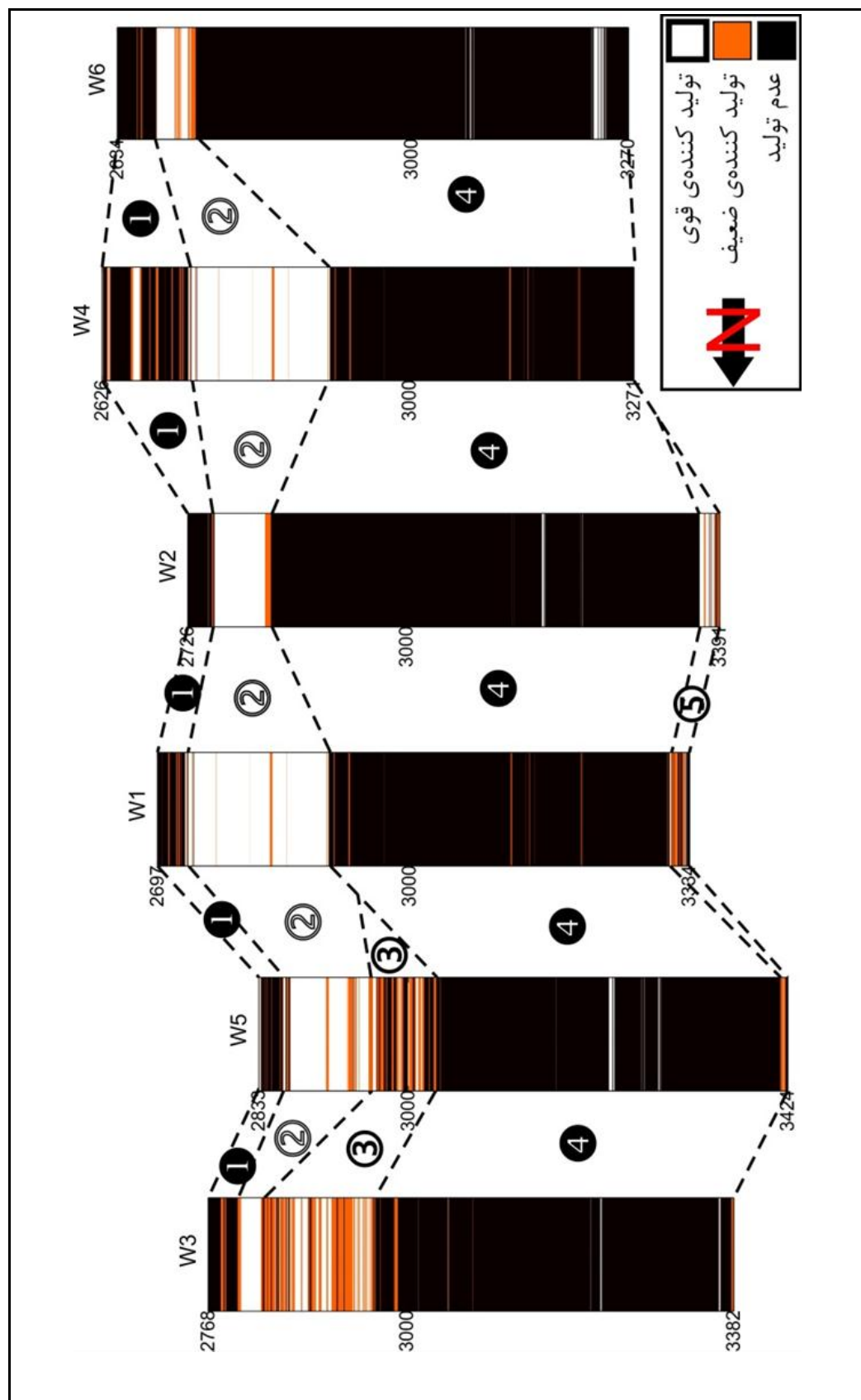
$$CCRf = \frac{1.00 + 0.00 + 0.76}{2} = 0.88$$

ه) چاه ۶

شکل ۳-۹ ماتریس‌های طبقه‌بندی و میزان صحت طبقه‌بندی زون تولید توسط روش بیزین (آموزش دیده در چاه سه) به تفکیک چاه.

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 دیده 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، به سادگی به دو بخش عمده‌ی تولید کننده (حدوداً اعماق کمتر از ۳۰۰۰ متر) و غیر قابل 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.



تقسیم بندی فوق، کاملاً کلی است و در تقسیم بندی 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 غیر قابل تولید بالایی. از لحاظ مکانی، منطبق بر زون ناخالص بالایی روش متداول است.
- زون دو: زون تولید کننده‌ی 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 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

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

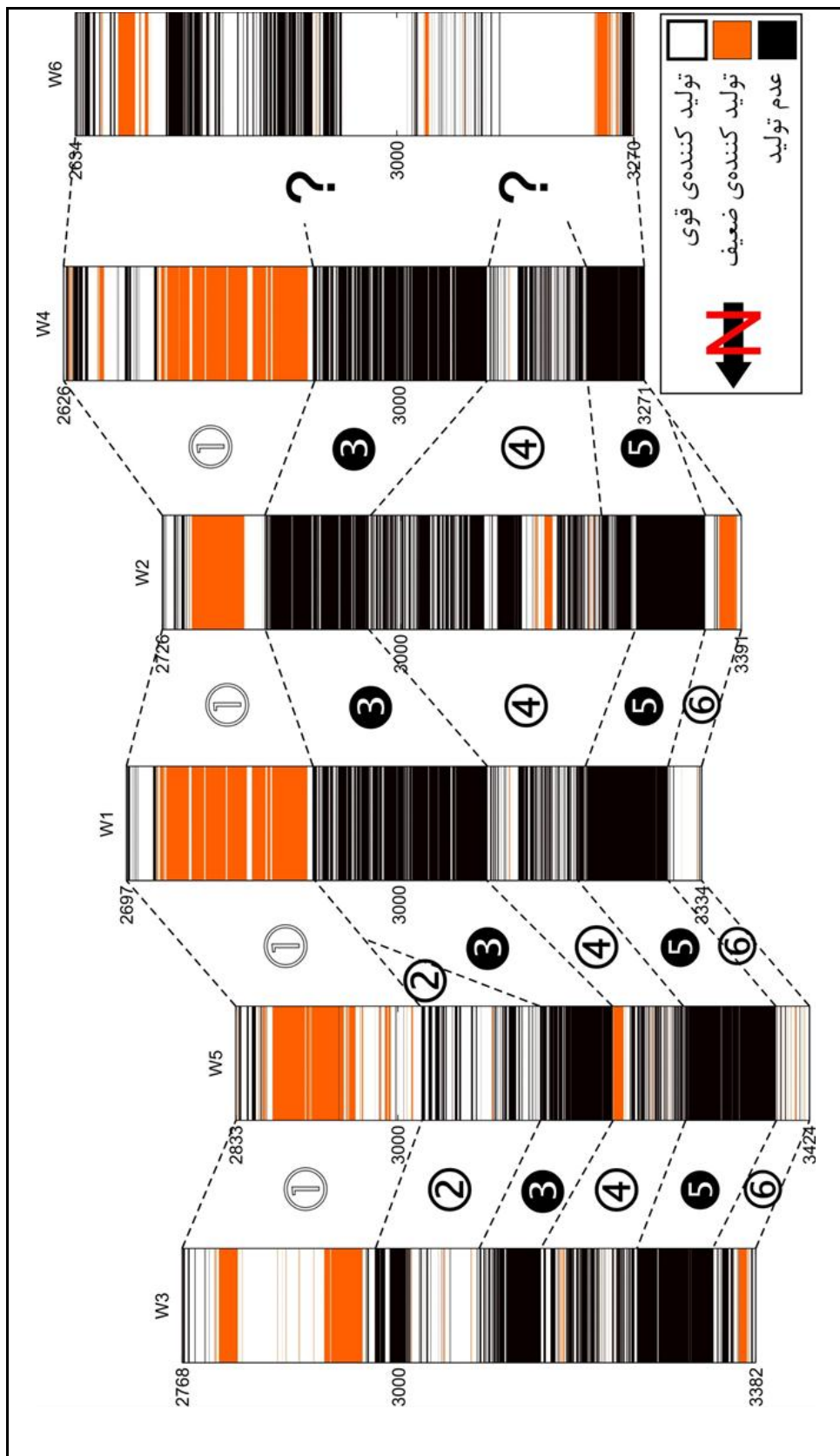
$$CCRf = \frac{0.14 + 0.00 + 0.53}{2} = 0.33$$

ه) چاه ۶

شکل ۳-۱۱: 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 تولید کننده (حدوداً اعماق کمتر از ۳۰۰۰ متر) و غیر قابل 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.



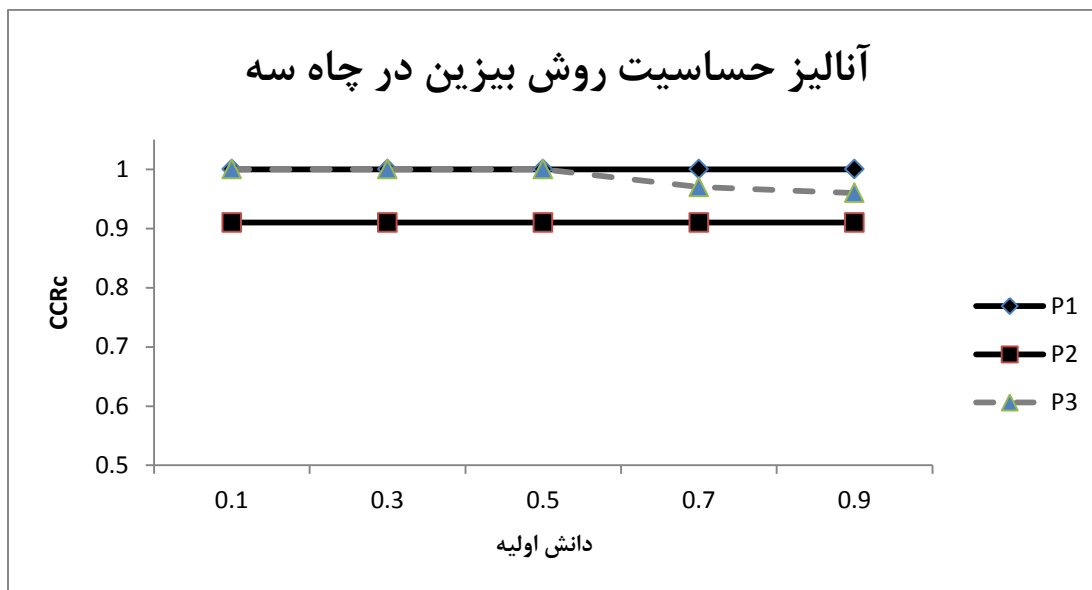
شکل ۳-۱۲ تطابق عمقی از لحاظ وضعیت زون تولید در طول میدان بر حسب روش بیژن آموزش دیده در چاه چهار.

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

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

۴-۳-۳ معایب و محاسن روش بی‌زین

بزرگترین عیب روش احتمالات شرطی بی‌زین، وابستگی شدید این روش به مقادیر دانش اولیه است. اما این روش نسبت به تعیین زون تولید حساسیت زیادی ندارد. برای بررسی حساسیت این روش، مقادیر دانش اولیه برای هر یک از سه کلاس مورد بررسی در چاه سه به عمده تغییر داده شده است (با ثابت نگهداشتن باقی مقادیر دانش اولیه) و دقت طبقه‌بندی ترسیم شده است (شکل ۳-۱۳).



شکل ۳-۱۳ آنالیز حساسیت روش احتمالاتی بیزین در چاه سه. مقادیر دانش اولیه‌ی برای حالت بدون نفت (P1)، نفت‌دار کمتر از ۱۵۰۰ بشکه در روز (P2) و نفت‌دار بیشتر از ۱۵۰۰ بشکه در روز (P3) به عمد تغییر داده شده‌اند و صحت‌های حاصله، مقایسه بررسی شده است.

شبه افقی بودن سه نمودار فوق نمایشگر عدم حساسیت روش بیزین به دانش اولیه است. طبق شکل ۳-۱۳ روش بیزین نسبت به دانش اولیه‌ی کلاس‌های بدون نفت و نفت‌دار کمتر از ۱۵۰۰ بشکه در روز حساس نیست اما نسبت به دانش اولیه‌ی کلاس نفت‌دار بیشتر از ۱۵۰۰ بشکه در روز کمی حساسیت دارد که البته قابل اغماض است. علت عدم حساسیت روش بیزین نسبت به تعیین زون تولید در این میدان، تفاوت زیاد دبی تولید (خروجی آزمون‌های چاه) است. در صورتی که در یک میدان این تفاوت کم باشد، روش بیزین نسبت در آن میدان حساس خواهد بود. همچنین اگر در همین میدان، تعداد خروجی را زیادتر کنیم، یعنی مقادیر npv را بیش از سه حالت قرار دهیم، در این میدان نیز حساسیت مشاهده خواهد شد.

عیب دیگر روش بیزین، نیاز آن به آموزش دیدن است. این امر باعث کاهش قدرت تعمیم آن در چاه‌های دیگر می‌شود و محدوده‌ی عملکرد موثر آن را محلی می‌کند. همچنین در مواردی که بازه-ی آزمون چاه به نحوی بزرگ باشد که بازه‌ی تحت آزمون شرایط گوناگونی از درون چاه را در بر گیرد،

به علت طبقه بندی کل آن بازه در یک کلاس، دقت آموزش دیدن پایین می‌آید. بنابراین برای بالاتر بردن دقت روش بیزین، بازه‌ی آزمون چاه باید در حد امکان کوچک باشد.

بزرگ‌ترین حسن این روش، کارایی آن در مخازن کربناته است. به علت نبود روشی تخصصی برای شناسایی زون‌های تولید در مخازن کربناته، این روش به علت آموزش دیدن در مخزن مورد مطالعه، اهمیت خاصی در بررسی مخازن کربناته دارد. مضافاً بر این، دقت و صحت بالای روش‌های احتمالاتی در شرایط بهینه (حداکثر بودن داده برای آموزش)، اطمینان و قطعیت این روش در چاهی که داده‌های آن زیاد باشد را بسیار بالا می‌برد.

۳-۴ نتایج روش فازی

طبقه بندی کننده‌های گوناگون، خروجی‌های متفاوت و بعضاً متضادی دارند. بنابراین در تصمیم‌گیری توسط نتایج طبقه بندی کننده‌های گوناگون متخصصان بعضاً دچار شک و تردید شده و تصمیم‌گیری برای ایشان سخت می‌شود. همان‌طور که در بخش ۲-۴-۴ گفته شد، انتگرال‌های فازی روش‌هایی برای تلفیق طبقه بندی کننده‌های گوناگون هستند.

در این پایان‌نامه تا کنون از سه طبقه بندی کننده (روش‌های متداول، بیزین سه و بیزین چهار) استفاده شده است که حالت خروجی دوتایشان مشابه است (خروجی روش‌های بیزین فازی است در حالی که خروجی روش متداول غیرفازی است) و می‌توان آن دو را با هم ترکیب نمود. عمل تلفیق طبقه بندی کننده‌های بیزین سه و بیزین چهار، توسط الگوریتم بخش ۲-۴-۴ به دو روش چوکویت^{۶۸} و سوگنو^{۶۹} انجام شده است. مقادیر اولیه‌ی اندازه‌فازی، همان مقادیر میزان صحت (CCR) انتخاب شده‌اند. نتایج این ترکیب در ادامه آمده است.

⁶⁸ Choquet

⁶⁹ Sugeno

نتایج انتگرال چوکویت ۱-۴-۳

طبق ترکیب طبقه بندی کننده‌های بیزین سه و بیزین چهار توسط انتگرال چوکویت که یک ترکیب کننده‌ی خطی است، ماتریس‌های تداخل کننده و میزان صحت تعیین شدند که در شکل ۳-۱۴ آمده است.

خروجی واقعی

تصمیم (روش چوکویت)		1	2	3
1	0.69	0.00	0.00	
2	0.00	0.00	1.00	
3	0.31	0.00	0.00	

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

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

ب) چاه ۲

خروجی واقعی

تصمیم (روش چوکویت)		1	2	3
1	0.98	0.00	0.00	
2	0.00	1.00	0.38	
3	0.02	0.00	0.62	

$$CCRc = \frac{0.98 + 1.00 + 0.00 + 0.38 + 0.62}{3} = 0.99$$

$$CCRf = \frac{0.98 + 1.00 + 0.62}{3} = 0.87$$

د) چاه ۴

خروجی واقعی

تصمیم (روش چوکویت)		1	2	3
1	0.51	0.00	0.00	
2	0.06	1.00	0.00	
3	0.43	0.00	0.00	

$$CCRc = \frac{0.51 + 1.00 + 0.00 + 0.00 + 0.00}{2} = 0.75$$

$$CCRf = \frac{0.51 + 1.00 + 0.00}{2} = 0.75$$

الف) چاه ۱

خروجی واقعی

تصمیم (روش چوکویت)		1	2	3
1	0.57	0.92	0.00	
2	0.03	0.08	1.00	
3	0.41	0.00	0.00	

$$CCRc = \frac{0.57 + 0.08 + 0.00 + 1.00 + 0.00}{3} = 0.55$$

$$CCRf = \frac{0.57 + 0.08 + 0.00}{3} = 0.21$$

ج) چاه ۳

خروجی واقعی

تصمیم (روش چوکویت)		1	2	3
1	0.14	0.00	0.01	
2	0.00	0.00	0.99	
3	0.86	0.00	0.00	

$$CCRc = \frac{0.14 + 0.00 + 0.00 + 0.99 + 0.00}{2} = 0.56$$

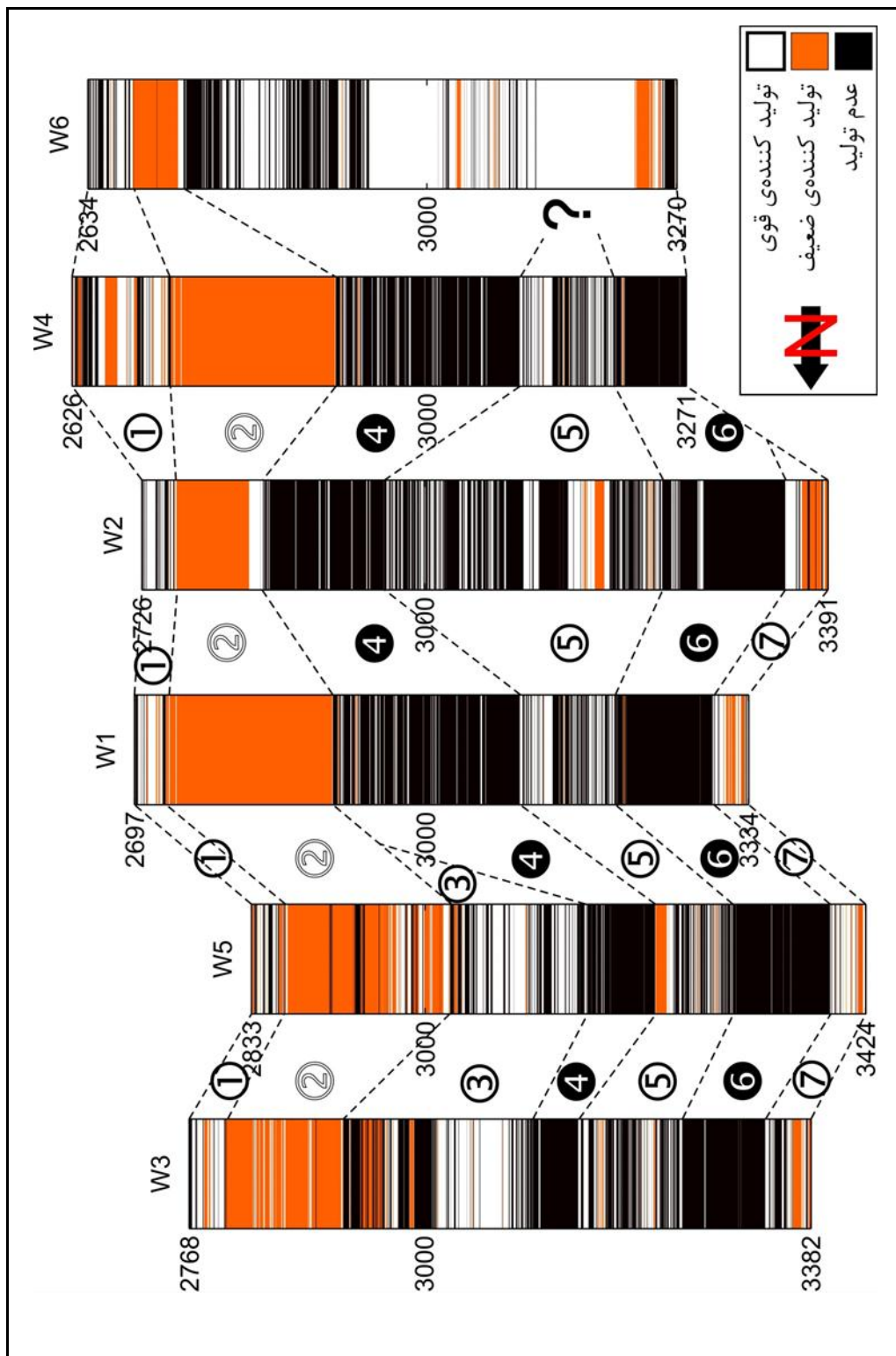
$$CCRf = \frac{0.14 + 0.00 + 0.00}{2} = 0.07$$

ه) چاه ۶

شکل ۳-۱۴: ماتریس‌های طبقه‌بندی و میزان صحت طبقه‌بندی زون تولید توسط انتگرال چوکویت (ترکیب بیزین سه و بیزین چهار) به تفکیک چاه.

وضعیت زون تولید که توسط انتگرال چوکویت (ترکیب طبقه بندی کننده‌های بیزین سه و بیزین چهار) تعیین شده است نیز، همانند روش‌های قبل، در طول میدان ترسیم شده است (شکل ۳-۱۵). در این شکل نیز، رفتار یک چاه (چاه شش) با پنج چاه دیگر متفاوت است. بنابراین در تطابق عمقی وضعیت تولید در میدان، چاه شش نادیده گرفته شده است.

اگر بخواهیم رفتار این میدان از لحاظ قابلیت تولید (توسط انتگرال چوکویت) در طول قائم توصیف کنیم، همانند روش‌های قبل، به سادگی به دو بخش عمده‌ی تولید کننده (حدودا اعماق کمتر از ۳۰۰۰ متر) و غیر قابل تولید (حدودا اعماق بیش‌تر از ۳۰۰۰ متر) تقسیم می‌شود. مجددا یادآوری می‌شود که سطح آب و نفت در این میدان، در حدود عمق ۳۰۰۰ متری قرار دارد. در ادامه، تقسیم بندی تفصیلی ارائه شده است.



شکل ۳-۱۵ تطابق عمقی از لحاظ وضعیت زون تولید در طول میدان بر حسب انگرال چوکویت (ترکیب بیزین سه و بیزین چهار).

علاوه بر تقسیم بندی کلی فوق، در تقسیم بندی دقیق تری، می توان کل میدان را به هفت زون (یک زون تولید خالص، چهار زون تولید ناخالص و دو زون بدون قابلیت تولید) مطابق شکل ۳-۱۵ تقسیم نمود:

- زون یک: زون تولید ناخالص بالایی. این زون مشابه زون یک در روش های متداول و بیزین سه و بخش بالایی زون یک در روش بیزین چهار است.
- زون دو: زون تولید کننده ی خالص که مشابه زون دو در روش های متداول و بیزین سه و زون یک در روش بیزین چهار است.
- زون سه: زون تولید کننده ی ناخالص که فقط در بخش شمالی میدان قابل مشاهده است. این زون از لحاظ موقعیت جغرافیایی، ارتفاعی و طبقه بندی تولید، مشابه زون سه در روش های بیزین سه و بیزین چهار است.
- زون های چهار و شش: زون های عدم تولید. این زون ها از لحاظ مکانی و تولید، مشابه زون چهار در تطابق عمقی به روش های متداول و بیزین سه و زون های سه و پنج در تطابق عمقی به روش بیزین چهار است.
- زون پنج: زون تولید ناخالص در بین زون های بدون قابلیت تولید است. این زون مشابه زون تولید ناخالص چهار در روش بیزین چهار است.
- زون هفت: زون تولید خالص پایینی. مشابه زون پنج در روش های متداول و بیزین سه و زون شش در روش بیزین چهار است.

۲-۴-۳ نتایج انتگرال سوگنو

همان طور که در بخش ۲-۴-۴ اشاره شد، انتگرال سوگنو پرکاربرد ترین ترکیب کننده ی طبقه بندی کننده ها در بین روش های فازی ترکیب اطلاعات است. طبق ترکیب طبقه بندی کننده های بیزین سه

و بیزین چهار توسط انتگرال سوگنو که یک ترکیب کننده‌ی غیر خطی است، ماتریس‌های تداخل کننده و میزان صحت تعیین شدند که در شکل ۳-۱۶ آمده است.

خروجی واقعی

		1	2	3
تصمیم (روش سوگنو)	1	0.69	0.00	0.00
	2	0.00	0.00	0.00
	3	0.31	0.00	1.00

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

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

خروجی واقعی

		1	2	3
تصمیم (روش سوگنو)	1	0.51	0.00	0.00
	2	0.00	0.89	0.00
	3	0.49	0.11	0.00

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

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

(ب) چاه ۲
خروجی واقعی

		1	2	3
تصمیم (روش سوگنو)	1	0.98	0.00	0.00
	2	0.00	0.78	0.05
	3	0.01	0.22	0.95

$$CCRc = \frac{0.98 + 0.78 + 0.22 + 0.05 + 0.95}{3} = 0.99$$

$$CCRf = \frac{0.98 + 0.78 + 0.95}{3} = 0.91$$

(الف) چاه ۱
خروجی واقعی

		1	2	3
تصمیم (روش سوگنو)	1	0.55	0.00	0.00
	2	0.04	0.92	0.00
	3	0.42	0.08	1.00

$$CCRc = \frac{0.55 + 0.92 + 0.08 + 0.00 + 1.00}{3} = 0.85$$

$$CCRf = \frac{0.55 + 0.92 + 1.00}{3} = 0.82$$

(د) چاه ۴
خروجی واقعی

		1	2	3
تصمیم (روش سوگنو)	1	0.14	0.00	0.00
	2	0.00	0.00	0.01
	3	0.86	0.00	0.99

$$CCRc = \frac{0.14 + 0.00 + 0.00 + 0.01 + 0.99}{2} = 0.57$$

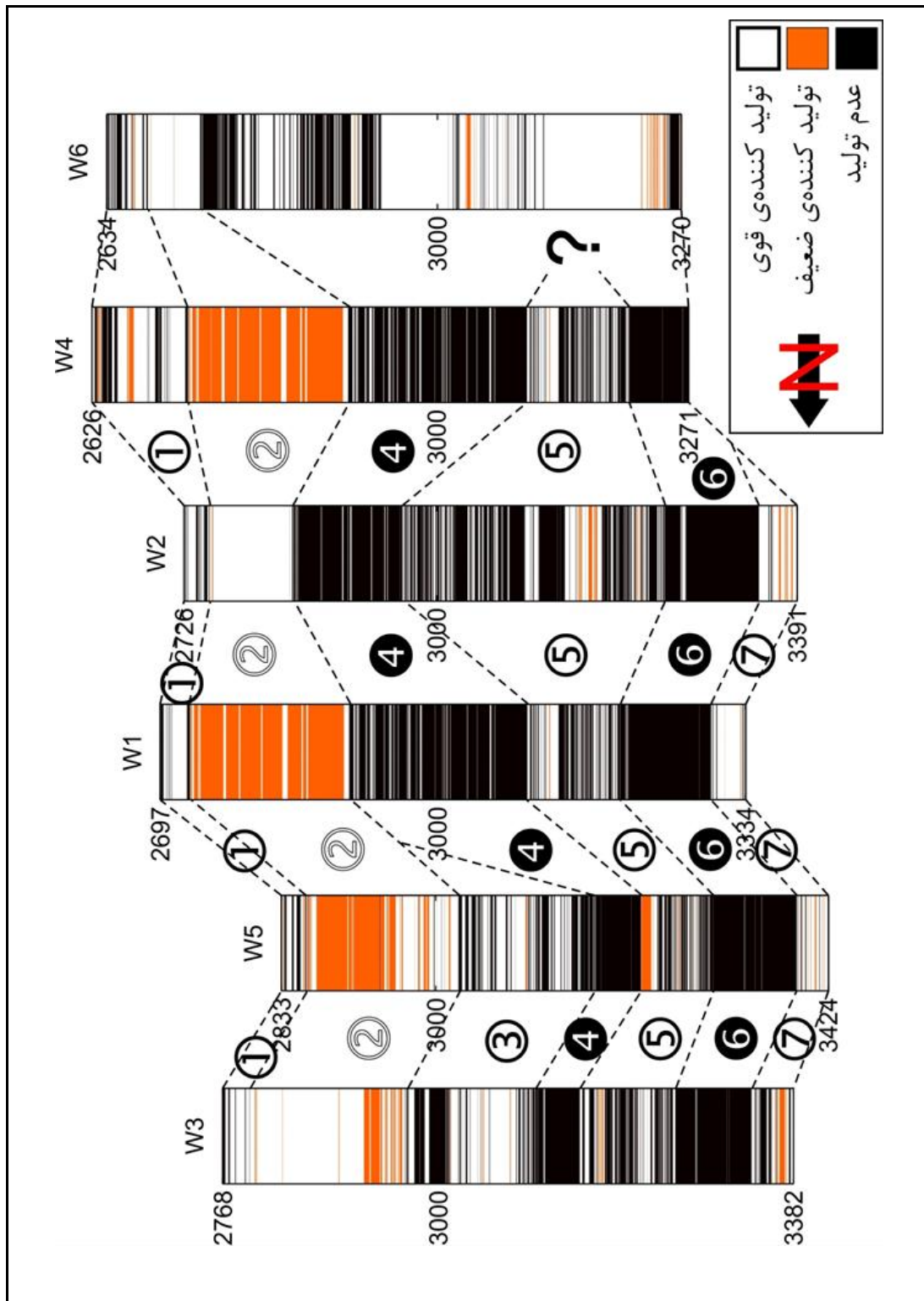
$$CCR = \frac{0.14 + 0.00 + 0.99}{2} = 0.56$$

(هـ) چاه ۶

شکل ۳-۱۶: ماتریس‌های طبقه‌بندی و میزان صحت طبقه‌بندی زون تولید توسط انتگرال سوگنو (ترکیب بیزین سه و بیزین چهار) به تفکیک چاه.

وضعیت زون تولید که توسط انتگرال سوگنو (ترکیب طبقه بندی کننده‌های بیزین سه و بیزین چهار) تعیین شده است نیز، همانند روش‌های قبل، در طول میدان ترسیم شده است (شکل ۳-۱۷). در این شکل نیز، رفتار چاه شش با پنج چاه دیگر متفاوت است. بنابراین در تطابق عمقی وضعیت تولید در این میدان، همانند روش چوکویت، چاه شش نادیده گرفته شده است.

اگر بخواهیم رفتار این میدان از لحاظ قابلیت تولید (توسط انتگرال سوگنو) در طول قائم توصیف کنیم، همانند روش‌های قبل، به سادگی به دو بخش عمده‌ی تولید کننده (حدودا اعماق کمتر از ۳۰۰۰ متر) و غیر قابل تولید (حدودا اعماق بیش‌تر از ۳۰۰۰ متر) تقسیم می‌شود. مجددا یادآوری می‌شود که سطح آب و نفت در این میدان، در حدود عمق ۳۰۰۰ متری قرار دارد.



شکل ۳-۱۷ تطابق عمقی از لحاظ وضعیت زون تولید در طول میدان بر حسب انتگرال سوگنو (ترکیب بیزین سه و بیزین چهار).

علاوه بر تقسیم بندی کلی فوق، در تقسیم بندی دقیق تری، می توان کل میدان را به هفت زون (یک زون تولید خالص، چهار زون تولید ناخالص و دو زون بدون قابلیت تولید) مطابق شکل ۳-۱۷ تقسیم نمود. جالب این جا است که نتایج تطابق عمقی توسط روش های فازی (انتگرال های سوگنو و چوکویت) تقریباً یکسان است که این امر خود تاییدی بر دقت بالای (تکرار پذیری) این روش ها است.

- زون یک: زون تولید ناخالص بالایی. مشابه زون یک در تطابق عمقی به روش چوکویت.
- زون دو: زون تولید کننده ی خالص. مشابه زون دو در تطابق عمقی به روش چوکویت.
- زون سه: زون تولید کننده ی ناخالص که فقط در بخش شمالی میدان قابل مشاهده است. مشابه زون سه در تطابق عمقی به روش چوکویت.
- زون های چهار و شش: زون های عدم تولید مشابه زون های چهار و شش در تطابق عمقی به روش چوکویت.
- زون پنج: زون تولید ناخالص در بین زون های بدون قابلیت تولید است. مشابه زون پنج در تطابق عمقی به روش چوکویت.
- زون هفت: زون تولید خالص پایینی. مشابه زون هفت در تطابق عمقی به روش چوکویت.

۳-۴-۵ معایب و محاسن روش های مبتنی بر فازی

بزرگترین عیب روش های فازی، پیچیدگی مفهومی و الگوریتمی آن ها نسبت به سایر روش ها است. این پیچیدگی باعث می شود تنظیم پارامترهای کنترلی روش های فازی سخت باشد. بنابراین گاهی ممکن است این روش پتانسیل مناسبی برای تعیین زون های تولید داشته باشد اما دانش کم استفاده کننده -ی آن باعث شود که نتواند پاسخ بهینه را دریافت کند. عیب دیگر روش های فازی، عدم امکان طبقه بندی بدون وجود خروجی طبقه بندی کننده ی دیگر است چراکه این روش ها، تلفیق کننده ی خروجی طبقه کننده های دیگر هستند و معمولاً به خودی خود برای طبقه بندی کردن به کار نمی روند.

اما سازگاری بالای مفهوم فازی با مفاهیم زمین‌شناسی، بزرگترین حسن عمومی روش‌های مبتنی بر نظریه‌ی فازی است. اما به صورت اخص در این پایان‌نامه مشاهده می‌شود که قابلیت تعمیم روش سوگنو نسبت به روش‌های دیگر بیش‌تر است که در مورد آن در فصل چهارم بحث خواهد شد.

۳-۵ نتایج روش مبتنی بر معادله‌ی جریان

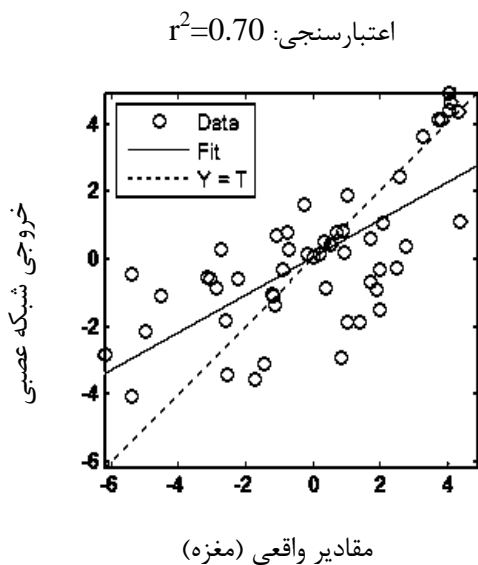
همان‌طور که در قبل گفته شد، این روش جز روش‌های مرسوم ترکیب اطلاعات نیست اما ماهیت تلفیق اطلاعات منابع داده‌ای مختلف را دارد. مبنای این روش، رابطه‌ی ۲-۹ است. بنابراین برای محاسبه‌ی معیار زون تولید $(\frac{Q_0}{\Delta p})$ ، باید مقادیر گرانروی سیال، تراوایی هر عمق، ارتفاع زون مورد بررسی، تخلخل هر عمق، تراکم پذیری، فاصله از محور چاه و مدت زمان تولید کل را داشته باشیم. مقادیر گرانروی سیال و تراکم پذیری از گزارشات آزمایش‌های مغزه‌ی شرکت نفت استخراج شده است (جدول ۳-۳) در چاه‌هایی که به هر دلیلی (از قبیل نبود مغزه) این داده وجود نداشت، از داده‌ی چاه مجاور استفاده شده است.

جدول ۳-۳ مقادیر گرانروی و تراکم پذیری در هر چاه (مستخرج از گزارشات شرکت نفت)

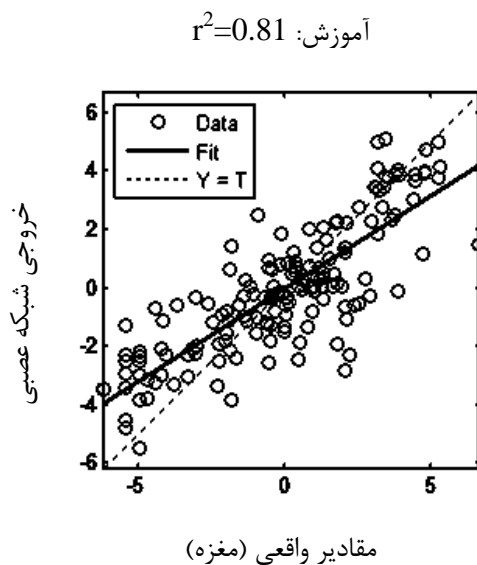
چاه یک	چاه دو	چاه سه	چاه چهار	چاه پنج	چاه شش
گرانروی (cp)	همان چاه پنج	7.48×10^{-6}	6.03×10^{-6}	7.72×10^{-6}	همان چاه سه
تراکم پذیری (psia ⁻¹)	همان چاه پنج	5.436	6.678	3.865	همان چاه سه

کمیت معیار تولید، هم از لحاظ مقدار نسبی آن و هم از لحاظ مقدار مطلق آن معنا و اهمیت دارد. در این جا برای برآوردن شرط ۲-۸ از بخش ۲-۴-۵، مقادیر فاصله از محور چاه و زمان تولید، مقادیری ثابت و به ترتیب پنج فوت (۱/۵ متر) و ۵۰۰۰ ساعت (تقریباً ۷ ماه) در نظر گرفته شده‌اند. انتخاب این اعداد، به علت ثابت بودن مقادیرشان برای تمام چاه‌ها، باعث می‌شود ارزش نسبی کمیت معیار تولید حفظ شود هرچند معناداری مطلق آن تحت شعاع قرار می‌گیرد (که البته این مطلب به معنای عدم اعتبار مفهوم مطلق معیار تولید نیست).

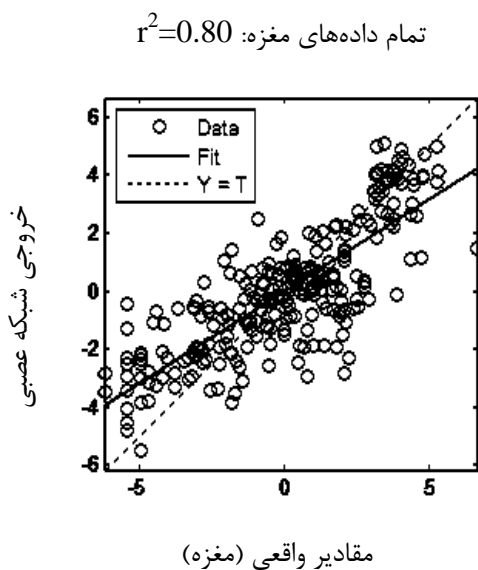
مقدار تخلخل برای هر عمق، همان تخلخل تخمینی توسط شبکه عصبی برای تعیین زون تولید به روش متداول حد برش (بخش ۳-۲) در نظر گرفته شده است. برای مقدار تراوایی نیز، همانند تخلخل، از شبکه‌ی عصبی با یک میان لایه‌ی پنهان استفاده شده است. ورودی‌های تخمین تراوایی نیز، نمودارهای گامای تصحیح شده (CGR)، زمان گذر موج (DT)، تخلخل نوترون (NPHI)، وزن مخصوص توده (RHOB)، مقاومت الکتریکی عمیق (LLD)، مقاومت الکتریکی کم عمق (LLS) و مقاومت الکتریکی میکرو (MSFL) بوده و اطلاعات شاهد، آزمایشات مغزه می‌باشد. در این جا نیز مانند تخمین تخلخل، برای تخمین تراوایی چاه‌های یک، دو و سه یک بار شبکه‌ی عصبی در این چاه‌ها آموزش دیده شده است و بار دیگر برای تخمین تراوایی در چاه چهار، به طور مجزا در آن چاه آموزش دیده شده است. در هر دو مرتبه‌ی آموزش، درصد داده‌های آموزش، آزمون و اعتبار سنجی به ترتیب ۶۰٪، ۲۰٪ و ۲۰٪ بوده است. چگونگی دقت و صحت این دو تخمینگر در شکل‌های زیر آمده است:



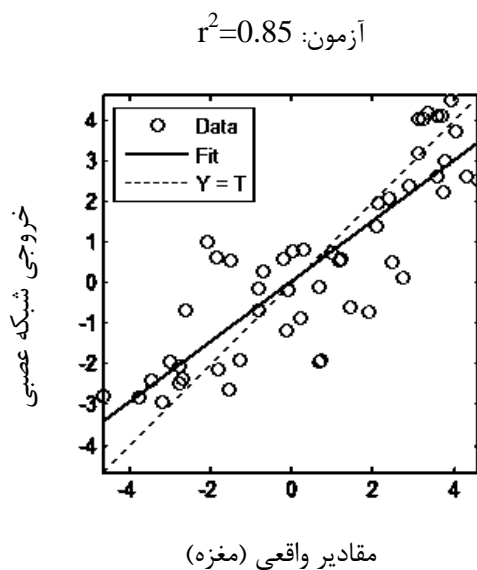
ب



الف



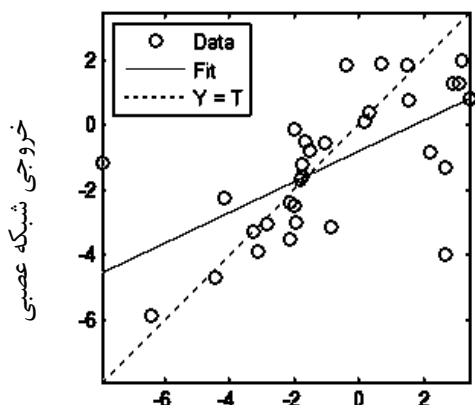
د



ج

شکل ۳-۱۸ نمایش چگونگی دقت و صحت تخمینگر (شبکه‌ی عصبی) تراوبی که در چاه‌های یک، دو و سه آموزش دیده است (شبکه‌ی عصبی تک لایه با ۵۷ نرون در لایه‌ی نهانی) در مراحل الف) آموزش، ب) اعتبارسنجی، ج) آزمون، د) کل داده‌ها.

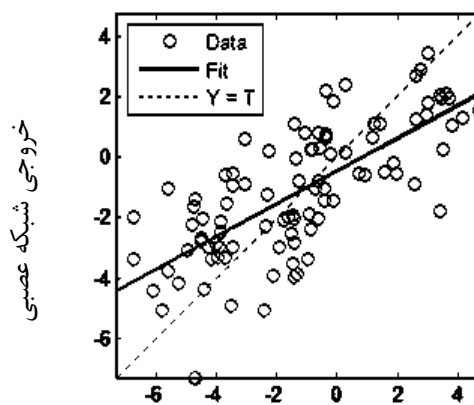
اعتبارسنجی: $r^2=0.63$



مقادیر واقعی مغزه)

ب

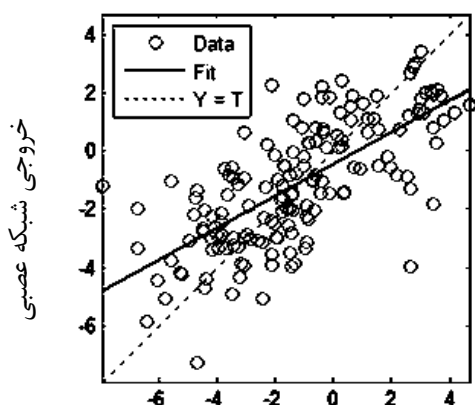
آموزش: $r^2=0.75$



مقادیر واقعی مغزه)

الف

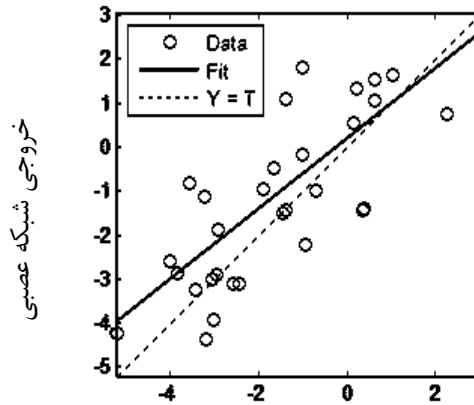
تمام داده‌های مغزه: $r^2=0.70$



مقادیر واقعی مغزه)

د

آزمون: $r^2=0.75$



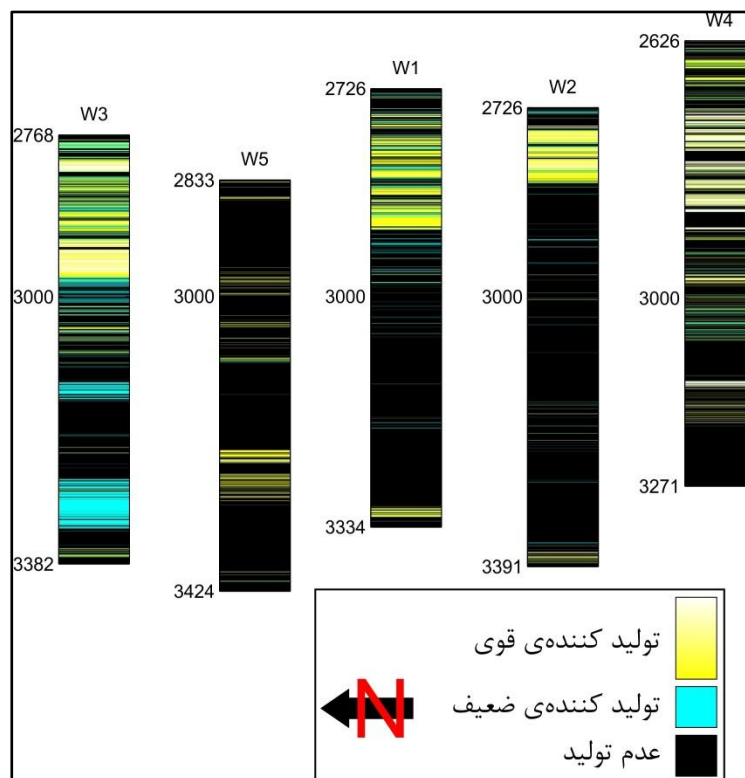
مقادیر واقعی مغزه)

ج

شکل ۳-۱۹ نمایش چگونگی دقت و صحت تخمینگر (شبکه‌ی عصبی) تراوایی که در چاه چهار آموزش دیده است (شبکه‌ی عصبی تک لایه با ۱۵۲ نرون در لایه‌ی نهانی) در مراحل الف) آموزش، ب) اعتبارسنجی، ج) آزمون، د) کل داده‌ها.

پس از تخمین تراوایی در همه‌ی چاه‌ها، کمیت معیار تولید در چاه‌های یک تا پنج محاسبه شده است. علت عدم محاسبه‌ی معیار تولید در چاه شش، نبود اطلاعات مغزه و تخمین دور از واقعیت متغیر

تخلخل توسط شبکه‌ی عصبی آموزش دیده در چاه چهار است (حدود نیمی از مقادیر تخمینی تخلخل، در محدوده‌ی منفی است). نتایج تعیین زون تولید توسط معادله‌ی جریان در زیر آمده است.



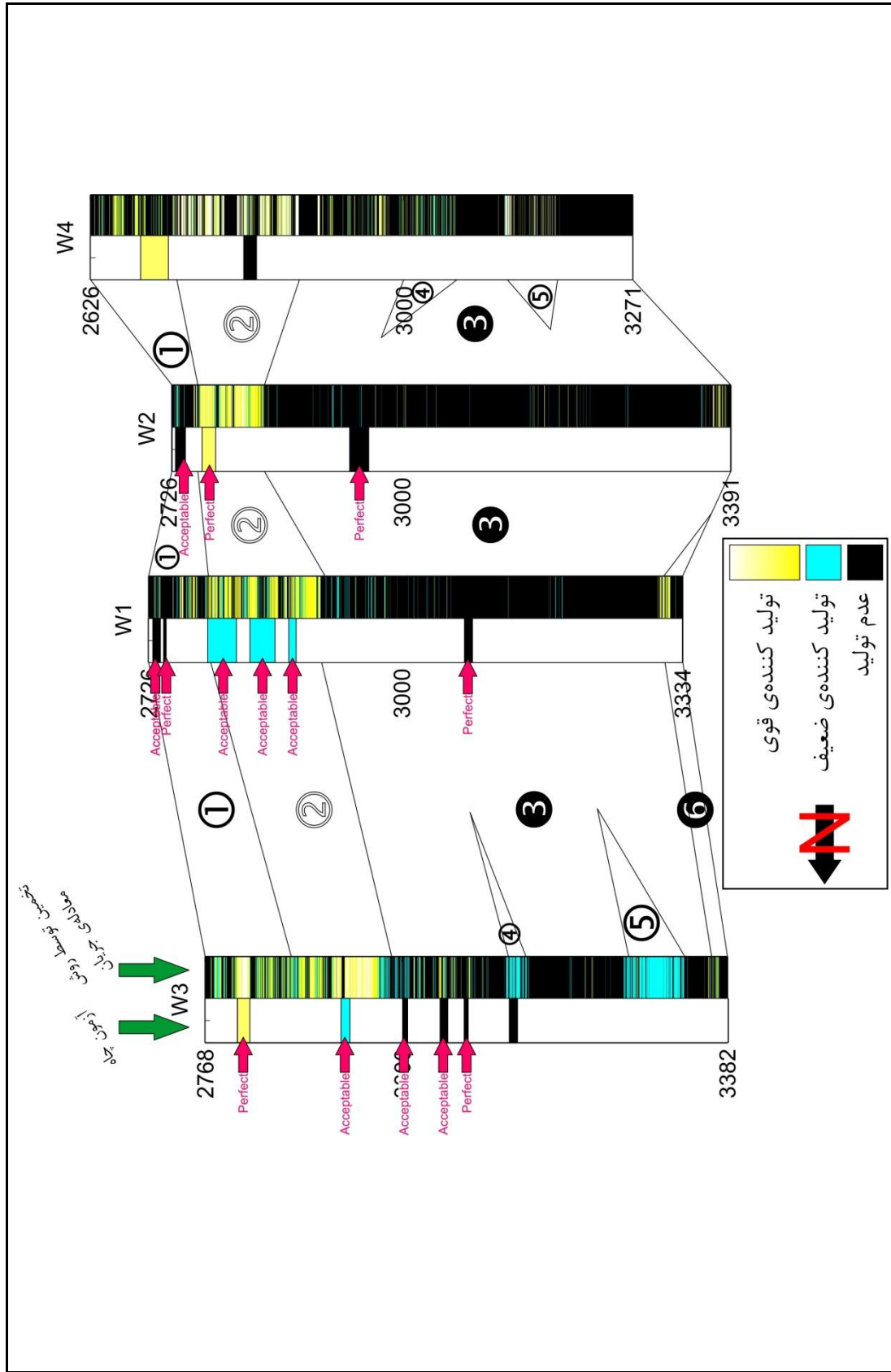
شکل ۳-۲۰: ترسیم خروجی زون تولید در طول میدان بر حسب روش معادله‌ی جریان.

همان‌طور که در شکل ۳-۲۰ به وضوح دیده می‌شود، روش مبتنی بر معادله‌ی جریان، نمی‌تواند چاه پنج را از نظر تولید بررسی کند (مقادیر در همه‌ی افق‌ها یکسان و نزدیک صفر هستند). بنابراین برای تطابق عمقی چاه‌های میدان F، چاه پنج حذف شده است. علت جواب ندادن این روش در چاه پنج، احتمالاً عدم مشارکت داده‌های مغزه‌ی این چاه در تخمین تخلخل و تراوایی است (یادآور می‌شود که برای تخمین تخلخل و تراوایی چاه پنج، از شبکه‌های عصبی آموزش دیده در چاه‌های یک، دو و سه استفاده شده است. علت این امر، نبود آزمون چاه معتبر در این چاه است که امکان بررسی صحت

روش را در این چاه نمی‌دهد). طبق شکل فوق، مخزن سروک به طور کلی به دو بخش تولید کننده‌ی فوقانی و غیر قابل تولید تحتانی تقسیم می‌شود. تقسیم بندی با جزئیات بیشتر در شکل ۳- ۲۱ آمده است.

برای بررسی صحت این روش، نمی‌توان از ماتریس تداخل یا کمیت میزان صحت طبقه بندی (CCR) استفاده کرد. چراکه در این روش، طبقه بندی صورت نپذیرفته بلکه کمیت معیار تولید $(\frac{Q_0}{\Delta p})$ محاسبه شده است. به جای ابزارهای گفته شده در فوق، در شکل ۳- ۲۱ کنار ستون تخمینی مقدار $(\frac{Q_0}{\Delta p})$ ، ستون وضعیت آزمون چاه گذاشته شده است تا نتایج این روش به صورت چشمی با شاهد (آزمون چاه) مقایسه شوند.

همان‌طور که در این شکل نشان داده شده است، در دو محل از چاه‌های دو و سه نتایج تخمین با واقعیت تناسب بسیار زیادی دارد. به طور کلی نتایج در چاه‌های یک، دو و سه از صحت مناسبی برخوردار است اما در مورد چاه چهار نمی‌توان اظهار نظر مطمئنی کرد. ویژگی بارز خروجی فازی در این روش، پیوستگی مقادیر خروجی است. برخلاف روش‌های فوق (مبنتی بر ترکیب داده) که مقادیر خروجی گسسته است.



شکل ۳-۲۱: تطابق عمقی مخزن سروک در طول میدان بر حسب روش معادله‌ی جریان. برای هر چاه، وضعیت آزمون چاه نیز برای مقایسه گذاشته شده است.

طبق شکل فوق، مخزن سروک به شش بخش به قرار زیر تقسیم بندی می‌شود:

- زون یک: زون تولید ناخالص بالایی. مشابه زون یک در تطابق عمقی به روش سوگنو.
- زون دو: زون تولید کننده‌ی خالص. مشابه زون دو در تطابق عمقی به روش سوگنو
- زون سه: زون غیر قابل تولید که ضخامت قابل توجهی دارد. این زون مشابه زون چهار در روش بیزین سه و زون‌های چهار و شش در روش‌های فازی است.
- زون‌های چهار و پنج: زون‌های تولید کننده‌ی ناخالص که در تمام میدان به صورت یکنواخت دیده نمی‌شوند. مشابه زون‌های سه و پنج در روش سوگنو.
- زون شش: زون تولید ناخالص پایینی که در بخش جنوبی دیده نمی‌شود. مشابه زون هفت در تطابق‌های عمقی به روش‌های فازی.

۳-۵-۱ معایب و محاسن روش مبتنی بر معادله‌ی جریان

بزرگترین عیب بنیادین این روش، استفاده از فرمولی است که در مخازن ماسه سنگی توسعه یافته است (فرمول ۲-۹). اما از طرفی، پاسخ قابل قبول (۱۴ بازه‌ی آزمون چاه از کل ۱۷ بازه‌ی آزمون چاه موجود در میدان، با خروجی این روش سازگاری دارند) روش مبتنی بر معادله‌ی جریان در این مخزن کربناته، نشانگر قابلیت بالای این روش در مخازن ماسه سنگی است. عیب دیگر این روش، وابستگی شدید آن به اطلاعات مغزه جهت تخمین تخلخل و تراوایی است. به نحوی که امکان اعمال این روش روی اطلاعات چاه شش (به علت نبود مغزه) وجود ندارد.

اما حسن بزرگ این روش، قابلیت فازی سازی خروجی به صورت پیوسته است. یعنی خروجی این روش، شامل کلیه‌ی اعداد حقیقی بین صفر و یک است. در حالی که در روش‌های قبل، خروجی فقط شامل تعداد معدودی از اعداد بین صفر و یک است و اصلاً این روش‌ها قابلیت ارائه‌ی خروجی فازی به صورت پیوسته را ندارند.



فصل چهارم: مقایسه‌ی نتایج و جمع بندی

۱-۴ مقدمه

۲-۴ مقایسه‌ی نتایج

۳-۴ زون‌بندی مخزن سروک از دید تولید

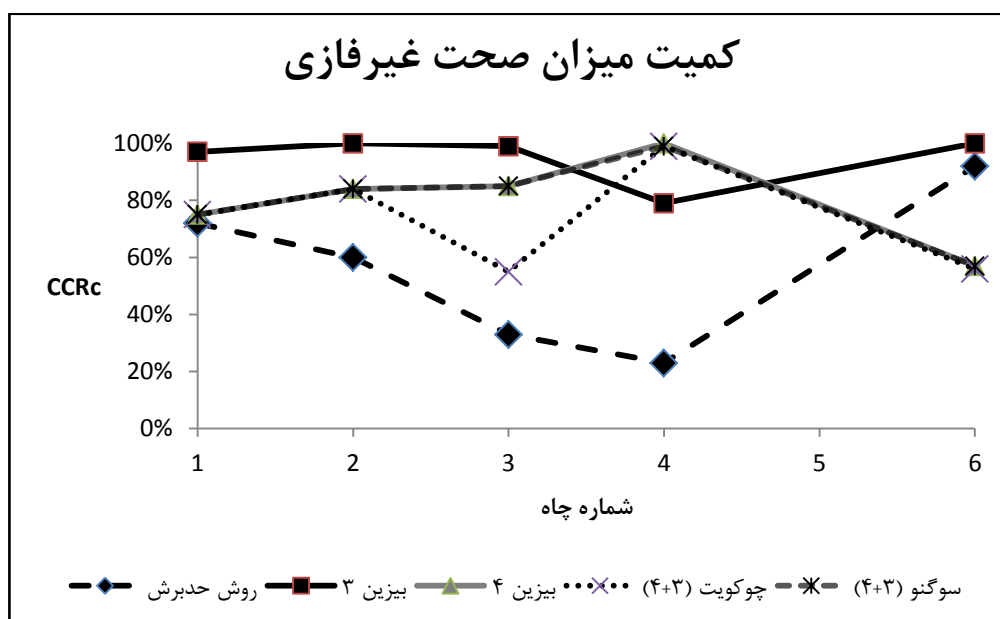
۴-۴ تطابق عمقی زون‌های تولید مخزن سروک در طول میدان F

۱-۴ مقدمه

این فصل به مقایسه‌ی نتایج گفته شده در فصل سوم و زون بندی مخزن سروک و نهایتاً ارائه‌ی مدل نهایی زون تولید برای میدان F اختصاص داده شده است. بنابراین ابتدا اعتبار خروجی‌ها با هم مقایسه شده و روش‌های استفاده شده برای تعیین زون تولید در این میدان، اولویت بندی شده‌اند، سپس زون بندی واحدی برای مخزن سروک و میدان مورد مطالعه ارائه شده که از تلفیق روش‌های قبلی به روش رای اکثریت حاصل شده است.

۲-۴ مقایسه‌ی نتایج

در این بخش به مقایسه‌ی صحت خروجی هر یک از روش‌های فوق می‌پردازیم. ساده‌ترین راه برای مقایسه‌ی صحت این روش‌ها، کمیت میزان صحت است. این کمیت که به دو طریق غیرفازی و فازی محاسبه شده است، به ترتیب در دو شکل ۴-۱ و ۴-۲ به ازای هر چاه ترسیم شده است.



شکل ۴-۱: مقایسه‌ی کمیت‌های میزان صحت غیر فازی هر روش در هر چاه.

توسط شکل ۴-۱ که میزان صحت غیرفازی ترسیم شده است، روش‌ها را (بر اساس میزان صحت) به صورت زیر می‌توان اولویت بندی نمود:

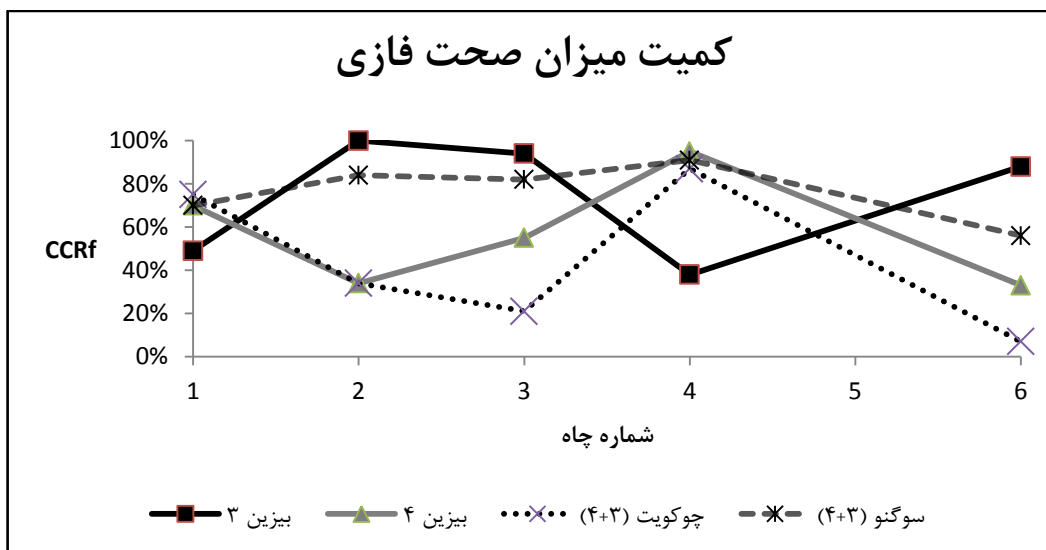
الف) روش بیزین آموزش دیده در چاه سه.

ب) روش‌های بیزین آموزش دیده در چاه چهار و سوگنو (تلفیق بیزین سه و بیزین چهار).

ج) روش چوکویت (تلفیق بیزین سه و بیزین چهار).

د) روش متداول (حدبرش).

طبق این اولویت بندی، روش متداول کم‌ترین میزان صحت را دارا است و روش بیزین سه از بیش‌ترین صحت برخوردار است. اما اگر برای مقایسه‌ی این روش‌ها، کمیت میزان صحت فازی را معیار قرار دهیم، خواهیم داشت، شکل ۴-۲ ترسیم خواهد شد.



شکل ۴-۲: مقایسه‌ی کمیت‌های میزان صحت فازی هر روش در هر چاه.

حال با توجه به شکل ۴-۲ به اولویت بندی این روش‌ها از دیدگاه فازی می‌پردازیم:

الف) روش سوگنو (ترکیب بیزین سه و بیزین چهار).

ب) روش‌های بیزین آموزش دیده در چاه سه.

ج) بیزین آموزش دیده در چاه چهار.

د) روش چوکویت (ترکیب بیزین سه و بیزین چهار).

بنابراین با توجه به دو اولویت بندی فوق این‌طور می‌توان نتیجه گرفت: اولاً تمام روش‌های پیشنهادی از روش متداول کارآمدتر هستند (چه از لحاظ صحت غیر فازی بالا و چه از لحاظ خروجی فازی). ثانیاً در میان روش‌های پیشنهادی، روش انتگرال چوکویت ضعیف‌ترین روش و انتگرال سوگنو کارآمدترین روش است.

در جدول ۴-۱ خلاصه‌ای از ویژگی‌های هر روش به منظور مقایسه آمده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، روش متداول به عنوان ساده‌ترین روش، روش مبتنی بر معادله‌ی جریان به عنوان بالاترین قدرت فازی سازی خروجی و روش سوگنو به عنوان روشی با بالاترین قابلیت تعمیم معرفی شده‌اند. برتری روش سوگنو با دارا بودن سه رتبه‌ی بالا در میان سایر روش‌ها محرز است.

جدول ۴-۱ خلاصه‌ای از ویژگی‌های هر روش جهت مقایسه

سادگی روش	قدرت فازی کردن خروجی	قابلیت تعمیم	میزان صحت فازی (CCRf)	میزان صحت غیر فازی (CCRc)	
<u>بالا</u>	ندارد	پایین	ندارد	پایین	مبتنی بر حد برش (متداول)
پایین	متوسط	پایین	متوسط	<u>بالا</u>	بیزین سه
پایین	متوسط	پایین	متوسط	<u>بالا</u>	بیزین چهار
پایین	متوسط	پایین	پایین	متوسط	انتگرال چوکویت
پایین	متوسط	<u>بالا</u>	<u>بالا</u>	<u>بالا</u>	انتگرال سوگنو
پایین	<u>بالا</u>	<u>بالا</u>	$\frac{14}{17} = 82\%$	میزان صحت کلی:	مبتنی بر معادله‌ی جریان

۳-۴ زون بندی مخزن سروک از دید تولید

در این مجال، قصد آن داریم تا مخزن سروک میدان F را با توجه به وضعیت تولید، زون بندی کنیم. در بخش‌های قبل، این مخزن توسط شش روش مختلف (روش‌های متداول، بیزین سه، بیزین چهار، انتگرال چوکویت، انتگرال سوگنو و روش مبتنی بر معادله‌ی جریان) زون بندی شد. اما سوال این جا است که کدام زون بندی صحت و قطعیت بیشتری دارد؟ یعنی احتمال واقعی بودن آن بیش تر است؟ مسلماً ضریب صحت معیاری مناسب برای بررسی صحت و قطعیت هر روش است. اما معیاری دیگر برای بررسی قطعیت، تشابه زون بندی توسط دو یا چند روش مختلف است یعنی روش آماری رای اکثریت.

به طور کلی با توجه به خروجی‌های فوق، می‌توان سروک را به هفت بخش مطابق شکل ۴-۳

زون بندی نمود. حروف لاتین نوشته شده روی هر زون، نمایشگر کیفیت نسبی تولید در آن زون می‌باشد و به ترتیب از A تا G کیفیت از خوب به ضعیف تغییر می‌کند.

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

شکل ۴-۳: زون بندی سازند سروک در میدان مورد مطالعه با توجه به خروجی‌های روش‌های فوق الذکر.

زون‌های یک، دو و هفت قابلیت تولید مناسبی دارند. در این میان، زون دو، بالاترین کیفیت تولید را دارد چرا که هم خلوص آن بیش‌تر است و هم ضخامت مناسبی دارد. پس از زون دو، بالاترین کیفیت متعلق به زون‌های یک و هفت است. در حالی که زون هفت نسبت به زون یک خالص‌تر است، اما در این‌جا 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، 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.

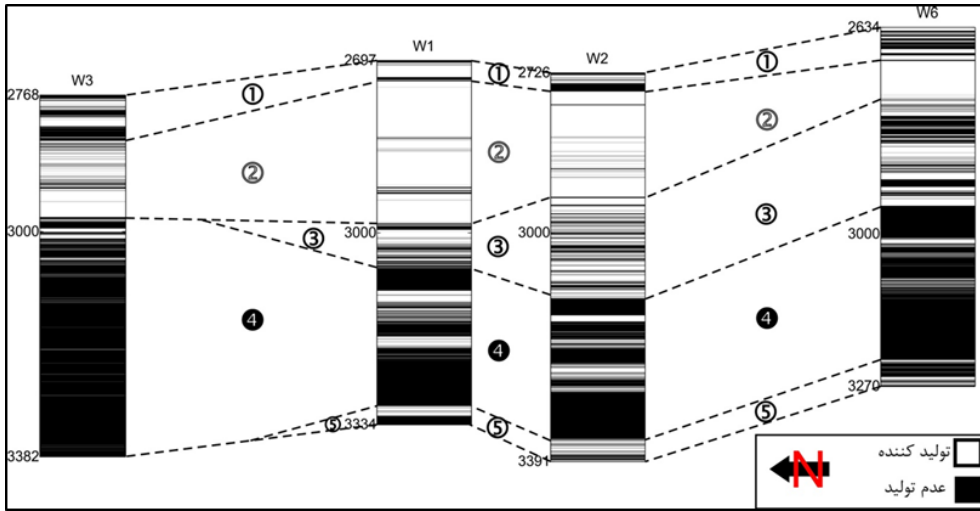
۴-۴ تطابق عمقی زون‌های تولید مخزن سروک در طول میدان F

برای تطابق عمقی زون‌بندی مخزن سروک (از دید تولید) در طول میدان F، از خروجی روش‌های فصل سوم استفاده شده است. در این تطابق عمقی، از روش رای اکثریت^{۷۰} استفاده شده است که یکی از فنون ترکیب اطلاعات است. خروجی تفسیر شده‌ی روش‌های گفته شده در قبل، در شکل ۴-۳ آمده است.

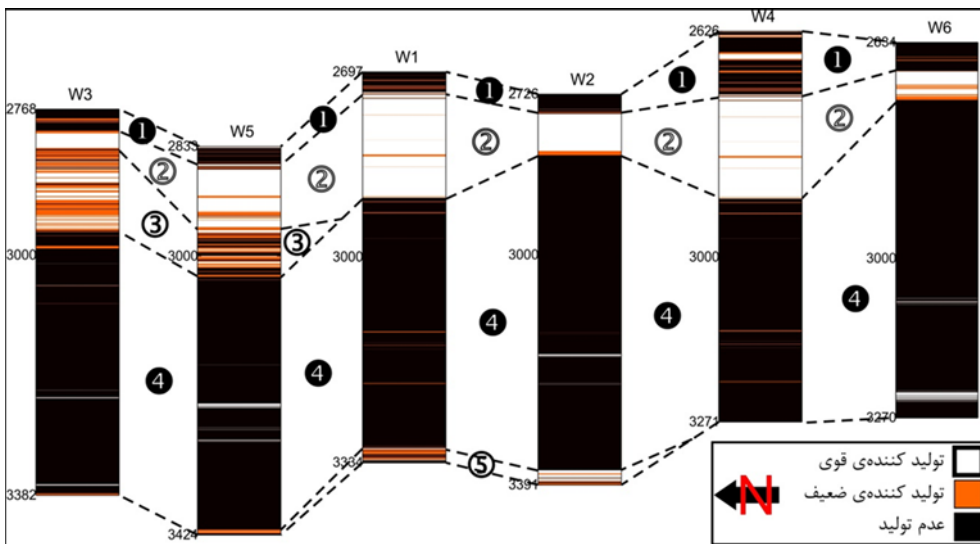
نتیجه‌ی این تطابق عمقی در شکل ۴-۵ آمده است. در این شکل، ارتفاع نسبی زون‌ها رعایت نشده است، بلکه فقط تبدیلات جانبی بررسی شده‌اند. تغییر ضخامت‌های لحاظ شده نیز، با توجه به خروجی شش روش (شکل ۴-۴) می‌باشد. به عنوان مثال، در شکل ۴-۵ در محل چاه شماره‌ی چهار افزایش ضخامت زون یک را داریم. این پدیده، در خروجی تمام شش روش نیز دیده می‌شود. و یا کاهش ضخامت زون دو در چاه شش، توسط چهار روش تایید می‌شود و در دو روش دیگر، این چاه مورد تحلیل قرار نگرفته است. همچنین کاهش ضخامت زون دو در چاه دو در پنج روش پیشنهادی دیده شده است و فقط در روش متداول تایید نمی‌گردد.

زون زبانه‌ای شکل سه توسط پنج روش پیشنهادی پروژه تایید می‌شود اما روش متداول تعیین زون تولید، وجود آن را تایید نمی‌کند. همچنین سه پدیده‌ی افزایش ضخامت زون چهار در محل چاه چهار، افزایش ضخامت زون پنج در محل چاه دو و نازک شدگی زون شش در بخش جنوبی میدان، در تمام روش‌هایی که وجود این زون‌ها را تایید کرده‌اند (بیزین چهار، چوکویت و سوگنو)، دیده می‌شود. در نهایت، نازک شدگی زون هفت نیز توسط تمام پنج روش پیشنهادی (بجز روش متداول) تایید می‌شود.

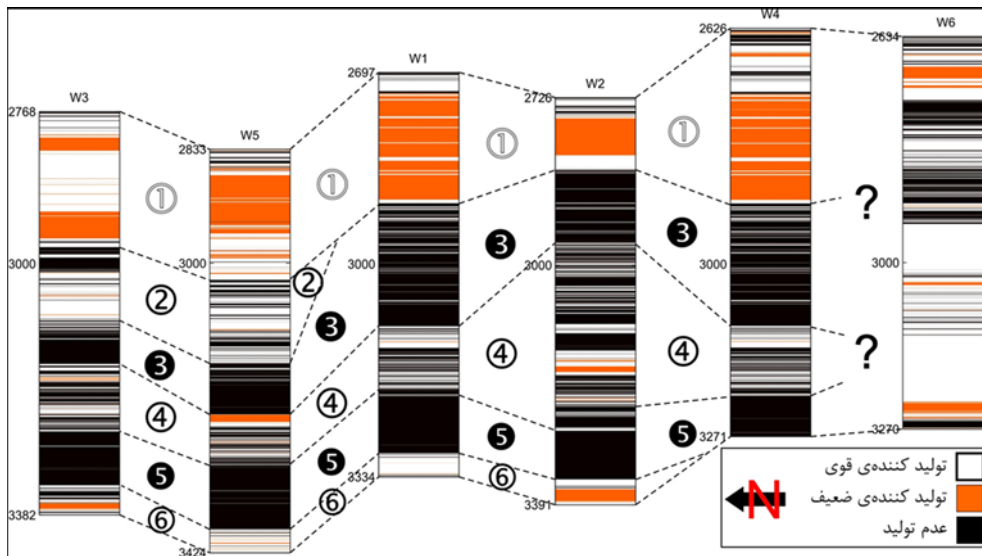
⁷⁰ majority voting



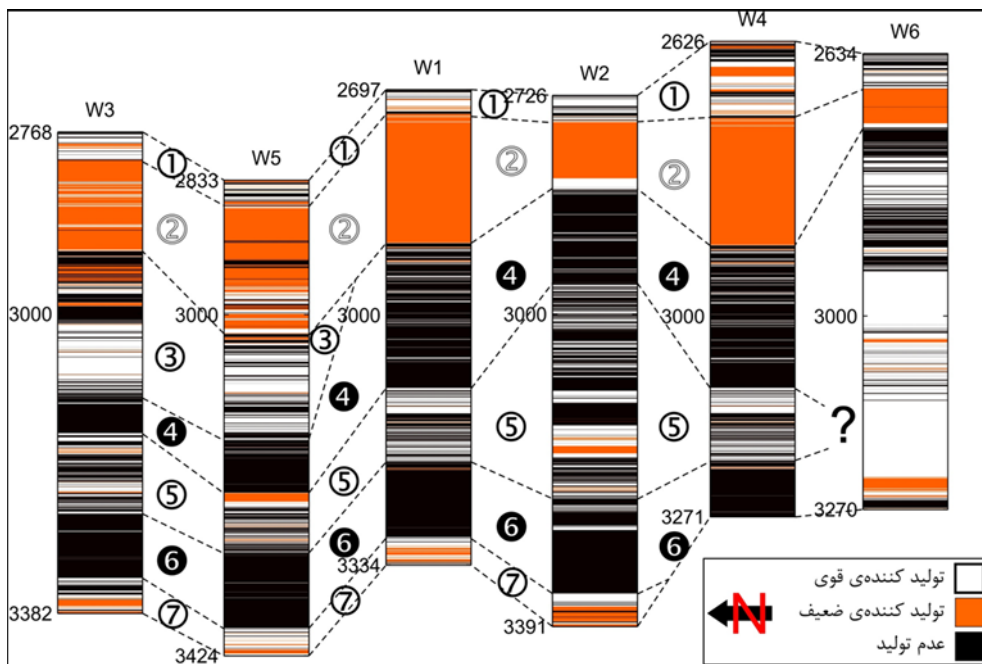
الف) خروجی روش متداول (مبتنی بر حد برش)



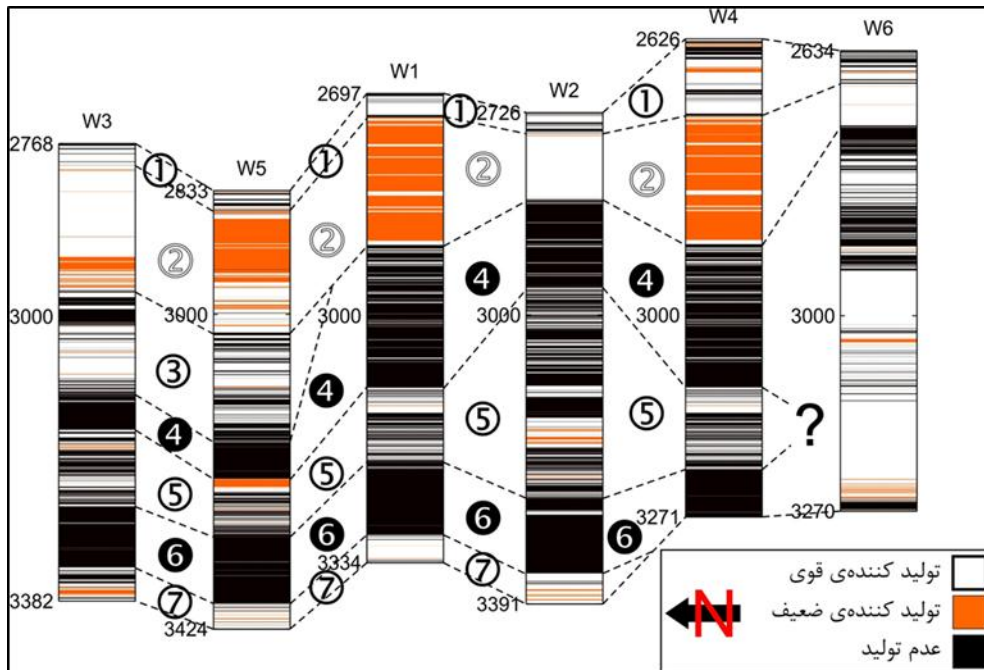
ب) خروجی روش بیزین سه



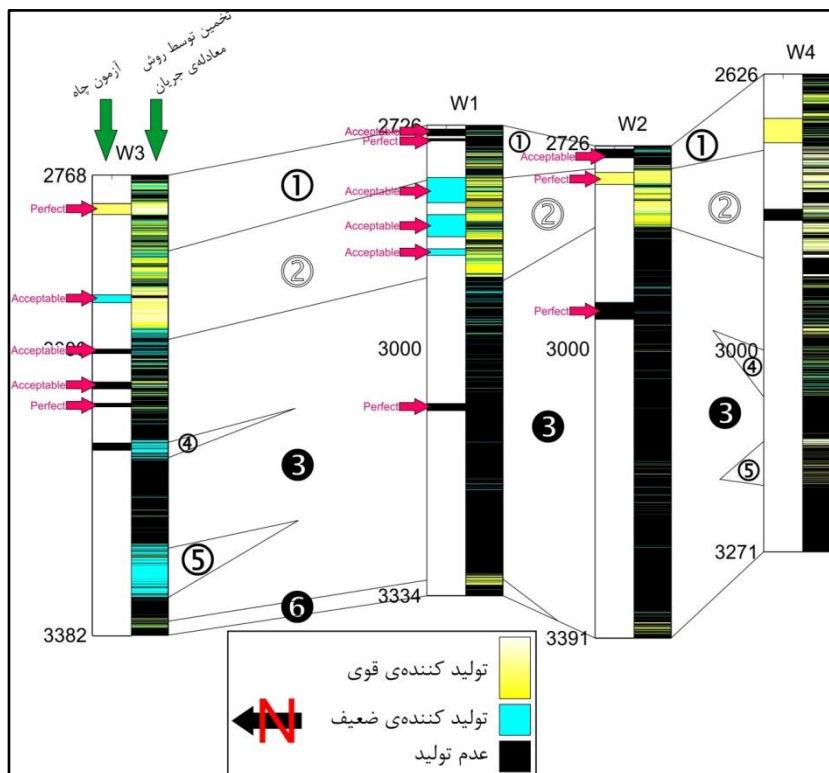
ج) خروجی روش بیزین چهار



د) خروجی روش انتگرال فازی چوکویت

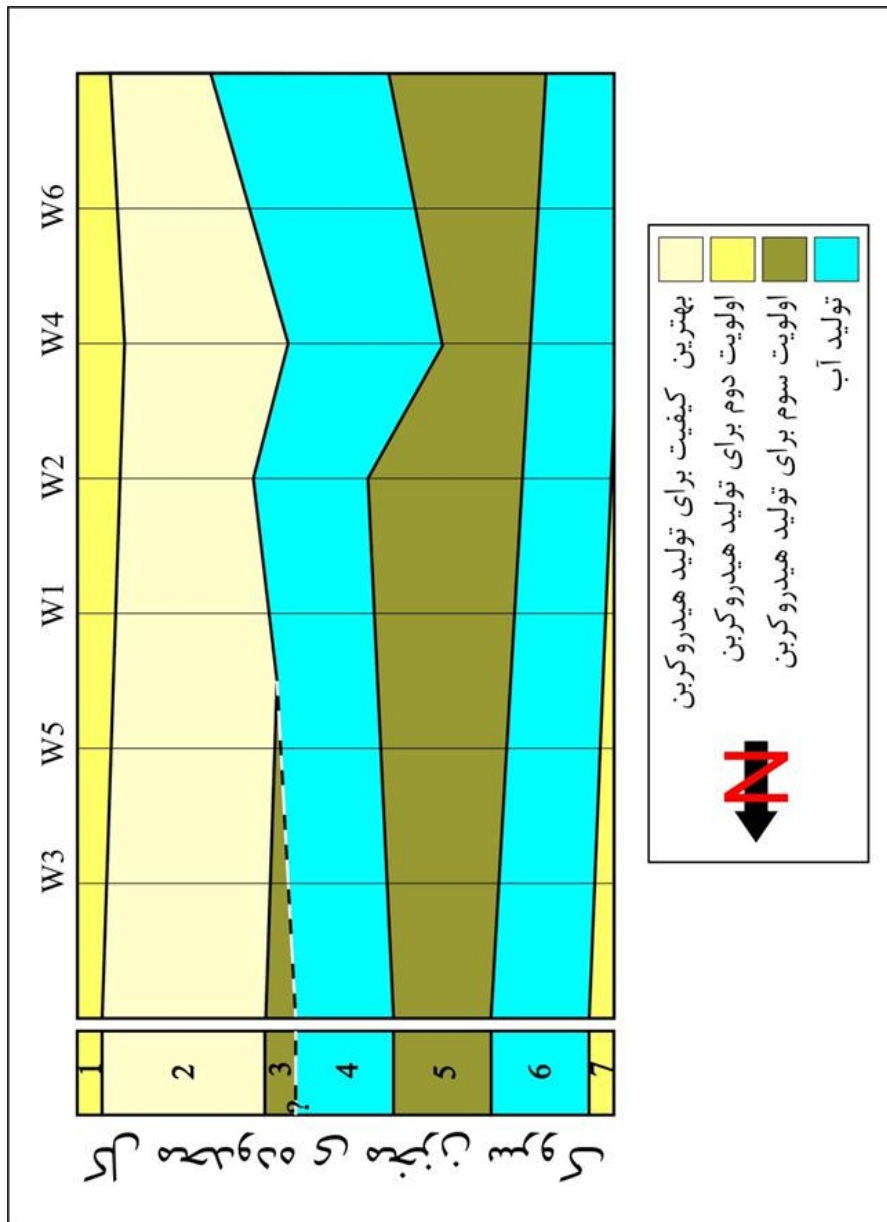


ه) خروجی روش انتگرال فازی سوگنو



و) خروجی روش مبتنی بر معادله‌ی جریان

شکل ۴-۴: خروجی‌های طبقه بندی زون‌های تولید توسط شش روش استفاده شده در این پایان‌نامه



همان طور که در فصل اول اشاره شد، بخش های جوان تر سازند سروک، در عمق کمتری نسبت به بخش های قدیمی تر نهشته شده اند (Ghabeishavi et al., 2010). طبق شکل ۴-۵، عموماً زون های جوان تر (زون های ۱، ۲ و ۳) در مقایسه با زون های قدیمی تر (زون های ۴، ۵، ۶ و ۷) تولید کننده های

بهتری هستند. بنابراین می‌توان این‌طور نتیجه گرفت که به‌طور کلی هر چه کیفیت تولید بالاتر باشد، عمق رسوب‌گذاری کم‌تر است و برعکس.

با استفاده از قضیه‌ی استنتاج شده در بند قبل و با توجه به موقعیت زون‌های ۶ و ۷ در شکل ۴-۵، می‌توان نتیجه گرفت که در آغاز رسوب‌گذاری سروک، بخش‌های شمالی میدان F، در عمق کم‌تری نسبت به بخش‌های جنوبی بوده‌اند که زون کم‌عمق ۷ توانسته است راسب شود. به عبارت دیگر، جهت‌پسروی دریا در آن زمان آلبین و اوایل سنومانین، به سمت جنوب بوده است.



فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات

۱-۵ نتیجه گیری

۱-۱-۵ نتایج روش شناسی تعیین زون تولید

۲-۱-۵ نتایج زمین شناسی

۲-۵ پیشنهادات

۱-۵ نتیجه‌گیری

کلیه‌ی نتایج حاصل از این پایان‌نامه را می‌توان به ۲ بخش تقسیم کرد: نتایج روش‌شناسی تعیین زون تولید و نتایج زمین‌شناسی. منظور از نتایج روش‌شناسی تعیین زون تولید، نتایجی است که در مورد روش‌های مطرح شده در فصل‌های دوم و سوم حاصل شده است و منظور از نتایج زمین‌شناسی، نتایجی است که در مورد زمین‌شناسی میدان F گرفته شده است.

۱-۱-۵ نتایج روش‌شناسی تعیین زون تولید

- تمامی روش‌های توسعه یافته در فصل سوم (فنون ترکیب اطلاعات و روش مبتنی بر معادله‌ی جریان)، توانایی تفکیک زون تولید به صورت فازی را دارند. یعنی خروجی آن‌ها با خروجی‌های آزمون چاه (شاهد) سازگار است.
- در تعیین زون تولید در میدان F، تمامی روش‌های پنج‌گانه‌ی پیشنهادی، صحت بالاتری نسبت به روش متداول دارند (طبق شکل ۴-۱).
- روش متداول مضافاً بر این که خروجی غیر فازی ارائه می‌دهد، در مخزن کربناته‌ی مورد مطالعه قدرت تفکیک خوبی ندارد.
- روش بیزین آموزش دیده در چاه سه بیش‌ترین صحت را در تعیین زون تولید به صورت غیر فازی در این میدان را دارد. پس از آن، روش‌های بیزین چهار و سوگنو، چوکویت و نهایتاً روش متداول کم‌ترین صحت را دارد. (طبق شکل ۴-۱).
- از لحاظ صحت تفکیک زون‌های تولید به صورت فازی، روش سوگنو (ترکیب بیزین سه و بیزین چهار) بالاترین صحت را در این میدان دارد. سپس روش بیزین سه، سپس بیزین چهار و نهایتاً کم‌ترین صحت به روش چوکویت (ترکیب بیزین سه و بیزین چهار) اختصاص دارد (طبق شکل ۴-۲).

- از جدول ۴-۱ استنتاج می‌شود که در شناسایی زون‌های تولید در میدان F ، روش سوگنو نسبت به سایر روش‌ها برتری دارد چرا که هم میزان صحت‌های فازی و غیر فازی آن در رتبه‌ی بالا قرار دارد و هم قابلیت تعمیم آن.
- شبکه‌ی بیزین در گزینش بعد ورودی روش بیزین در این میدان کارآمد است. صحت این روش کاهش بعد در خروجی‌های موفق روش‌های بیزین نسبت به سایر روش‌ها قابل مشاهده است.
- خروجی روش تعیین زون تولید مبتنی بر معادله‌ی جریان، نسبت به سایر روش‌ها قدرت فازی سازی بیش‌تری دارد. یعنی خروجی آن شامل طیفی پیوسته از اعداد بین صفر و یک است.

۵-۱-۲ نتایج زمین‌شناسی

- مخزن سروک در میدان F را می‌توان به دو بخش کلی تولید کننده (اعماق کمتر از ۳۰۰۰ متر) و بدون قابلیت تولید (اعماق بیشتر از ۳۰۰۰ متر) تقسیم کرد.
- مخزن سروک در میدان F را می‌توان به صورت دقیق‌تر به هفت زون از لحاظ تولید تقسیم کرد. در این بین، زون دو بالاترین کیفیت را برای تولید دارا است (شکل ۴-۳).
- به طور کلی، هرچه کیفیت زون (از لحاظ تولید) بهتر باشد، عمق راسب شدن کم‌تر است (این خود دلیلی بر صحت روش‌های ارائه شده می‌باشد چراکه منطبق با شواهد زمین‌شناسی است).
- طبق نتیجه‌ی گرفته شده از شکل ۴-۵، در زمان آلبین و اوایل سنومانین، جهت پسروری دریا در محل میدان F ، از شمال به سمت جنوب بوده است که در نتیجه‌ی آن، زون کم‌عمق هفت در جنوب میدان تبدیل به زون شش می‌شود که آب تولید می‌کند.

۲-۵ پیشنهادات

- راهکارهای جدید و هوشمند برای حل مسائل اکتشافی در بسیاری از موارد (مثل مورد تحت مطالعه) می‌تواند راهگشا باشد. بنابراین بررسی این روش‌ها اکیدا پیشنهاد می‌گردد.
- روش‌های ترکیب اطلاعات، مبتنی بر داده هستند. بنابراین برای دقیق‌تر و صحیح‌تر شدن خروجی آن‌ها باید در برداشت داده‌های ورودی، دقت بیشتری نمود. یکی از ملاحظات که می‌تواند دقت و صحت خروجی این روش‌ها را بالاتر ببرد، کم کردن محدوده‌های آزمون چاه (جهت افزایش یکنواختی در محدوده‌ی آزمون) و بیش‌تر کردن اطلاعات مغزه و تعداد آزمون-های چاه (افزایش داده برای آموزش) است.
- بررسی روش مبتنی بر معادله‌ی جریان در مخازن ماسه سنگی. احتمال می‌رود که این روش در مخازن ماسه سنگی پاسخ بسیار بهتری نسبت به مخازن کربناته داشته باشد.

پیوست: جدول تبدیل یکاهای استفاده شده

تبدیل به SI	یکای میدانی	یکای استاندارد (SI)	
$1 \text{ ft} \cong 0.305 \text{ m}$	فوت (ft)	متر (m)	طول
$1 \text{ bbl} \cong 0.159 \text{ m}^3$	بشکه (bbl)	متر مربع (m^3)	حجم
$1 \text{ hrs} = 3600 \text{ sec}$ $1 \text{ day} = 86'400 \text{ sec}$	ساعت (hrs) یا روز (day)	ثانیه (sec)	زمان
$1 \text{ psia} \cong 1.488 \text{ Pa}$	پوند بر مربع اینچ (psia)	پاسکال (Pa)	فشار
$1 \text{ mD} = 10^{-3} \text{ D}$	میلی دارسی (mD)	دارسی (D)	تراوایی
$1 \text{ cp} = 100 \text{ Pa} \cdot \text{sec}$	سانتی پواز (cp)	پاسکال ثانیه (Pa.sec)	گرانروی
$1 \text{ psia}^{-1} \cong 0.672 \text{ Pa}^{-1}$	عکس پواز (psia^{-1})	عکس پاسکال (Pa^{-1})	تراکم پذیری

منابع

منابع فارسی

- ثابت م. و هاشمی ن.، (۱۳۸۱) "گزارش نهایی مهندسی نفت چاه های ۲ و ۳" اداره ی مهندسی مخازن، اداره کل مهندسی نفت مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت ایران، تهران.
- عباسعلی نیا م.، (۱۳۸۹) "گزارش تکمیلی چاه F-۷" اداره زمین شناسی تحت الارضی، اداره کل زمین شناسی، مدیریت اکتشاف، شرکت ملی نفت ایران، تهران.

منابع لاتین

- 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.
- Abdulazeez A. et al. (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.
- Ahmed T. (2001) "**Reservoir Engineering Handbook**" Gulf Professional Publishing, Boston, **1186** pp.
- Bishop C.M. (1995) "**Neural Networks for Pattern Recognition**". clarendon press, Oxford.
- Bleiholder J. and Naumann F. (2008) "Data Fusion" **ACM Computing Surveys**, **41**, **1**, pp 1-41.
- Challa S. and Koks D. (2004) "Bayesian and Dempster-Shafer fusion" **Sadhana**, **29**, **2**, pp 145-174.
- 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.
- Chaudhry A.U. (2004) "**Introduction, Oil Well Testing Handbook**". Gulf Professional Publishing, Burlington, pp. 1-12.

- Connell D.L., Coates J.A. and Frost D.A. (1986) “Development of a Fluorimetric Method for Detection of Pay Zones During Drilling With Invert Muds” **SPE Formation Evaluation**, **1**, **6**.
- Cooke-Yarborough P. (1984) “Reservoir Analysis By Wireline Formation Tester: Pressures, Permeabilities, Gradients and Net Pay”, *The Log Analyst*, XXV, 6
- Cremer F., Breejen E.d. and Schutte K. (1998) “Sensor data fusion for anti-personnel land-mine detection”. In: M. Bedworth and J.O. Brien (Editors), *International Conference on Data Fusion, Great Malvern. EuroFusion98, UK*, pp. 55-60.
- Cuddy S., (2000) “Litho-Facies and Permeability Prediction From Electrical Logs Using Fuzzy Logic”, **SPE Reservoir Evaluation & Engineering**, **3**, **4**, pp. **319-324**.
- Darling T. (2005) “**Quicklook log interpretation, Well Logging and Formation Evaluation**”, Gulf Professional Publishing, Burlington, pp. **29-48**.
- Dasarathy B.V. (1991), “Decision fusion strategies in multisensor environments” **Systems, Man and Cybernetics**, **21**, **5**, pp. **1140-1154**.
- Dayal U. (1983), “Processing Queries Over Generalization Hierarchies in a Multidatabase System”, *Proceedings of the 9th International Conference on Very Large Data Bases. Morgan Kaufmann Publishers Inc.*
- 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.*
- 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**.
- Duda R.O., Hart P.E. and Stork D.G. (2000) “**Pattern Classification**”, Wiley.
- 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**.
- 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**.

- 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**.
- 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**.
- 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**.
- Hall, D.L. and Llinas, J., (2001) “**Handbook of multisensor data fusion**”, CRC Press LLC, Boca Raton.
- 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.
- Jensen J.L. and Menke J.Y. (2006) “Some Statistical Issues in Selecting Porosity Cutoffs for Estimating Net Pay” **PetroPhysics**, **47, 4**.
- Johnson D.E. and Pile K.E. (2002) “**Well Logging In Nontechnical Language**”, PennWell, Tulsa, pp. **289**.
- Kuncheva, L.L. (2004) “**Combining Pattern Classifiers ,Methods and Algorithms**”, A Wiley-Interscience publication, Hoboken, **350** pp.
- Lauría, 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**.
- 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**.
- Matthews C.S. and Russell D.G. (1967) “Pressure Buildup and Flow Tests in Wells”, Society of Petroleum Engineers of AIME: 163.
- 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**.

- 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 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**.
- Motiei H. (2009) "**Petroleum Geology of the Persian Gulf**", University of Tehran, Tehran, pp. **707**.
- 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**.
- Nikzad R., Barati A. and Bagherpour M. (2008) "a. F Field Log Evaluation Report_W1_ Sarvak Formation", Petroiran Development Company, Tehran.
- Nikzad R., Barati A. and Bagherpour M. (2008) "b. F Field Log Evaluation Report_W3_ Sarvak Formation", Petroiran Development Company, Tehran.
- Nikzad R., Barati A. and Bagherpour M., (2008) "c. F Field Log Evaluation Report_W4_ Sarvak Formation", Petroiran Development Company, Tehran.
- Nikzad R., Barati A. and Bagherpour M. (2008) "d. F Field Log Evaluation Report_W5_ Sarvak Formation", Petroiran Development Company, Tehran.
- Robert V.D. and George J.K. (2004) "**Fuzzy Logic in Geology**", Academic Press, Burlington, pp. **347**.
- Russo F. and Ramponi G. (1994) "Fuzzy methods for multisensor data fusion" **Instrumentation and Measurement, IEEE Transactions on** **43, 2**, pp. **288-294**.
- 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**.
- 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.
- Svec R.K. and Grigg R.B. (2000) "Reservoir Characterization and Laboratory Studies Assessing Improve Oil Recovery Methods for the Teague-Blinebry Field", SPE

Permian Basin Oil and Gas Recovery Conference, Society of Petroleum Engineers Inc., Midland, Texas.

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**.

Valet L., Bolon P. and Keskes N. (2001) "Seismic image segmentation by fuzzy fusion of attributes" **iee transaction on instrumentation and measurement**, **50**, **4**, pp. **1014-1018**.

Worthington P.F. (2000) "Recognition and evaluation of low-resistivity pay" **Petroleum Geoscience**, **6**, **1**, pp. **77-92**.

Worthington P.F. (2008) "The Application of Cutoffs in Integrated Reservoir Studies" **SPE Reservoir Evaluation & Engineering**, **11**, **6**, pp. **968-975**.

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**.

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**.

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**.

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. **521-532**.

Abstract:

In the present thesis, application of data fusion approaches in determining productive zones is investigated. Conventionally, net pay zones (purest zones for production) are determined by selecting intervals with combination of high or low values of some petrophysical features. But here, for the first time three different methodologies are used for net pay determination. Methods used here are based on Bayesian theory, fuzzy theory and diffusivity equation. The most advantage of all presented methods is determining productive zones fuzzily. Another advantage is to serve some methodologies, suitable for net pay determination in carbonate reservoirs (As a case study: Sarvak Formation). At the end, by combining outputs of used methods, a novel zonation for Sarvak Formation through the studied field is presented from the point of view of productivity.

Key words: productive zones; net pay; data fusion; fuzzy theory; petrophysics



Shahrood University of Technology

Faculty of Mining, Petroleum and Geophysics Engineering

**Fuzzy Hydrocarbon Pay Zone Detection in
Carbonate Reservoirs Using Data Fusion Approach**

Pedram Masoudi

Supervisors:

Dr. Behzad Tokhmechi

Dr. Majid Ansari Jafari

July 2011