

بسم الله الرحمن الرحيم



دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک

مهندسی اکتشاف نفت

پایان نامه کارشناسی ارشد

تهیه مدل رخساره ای یکی از میادین نفتی جنوب غرب ایران
به کمک داده‌های مغزه و نگارهای چاه

دانشجو

یاسر زارع

استاد راهنما

دکتر علی مرادزاده

استاد مشاور

مهندس نوذر صالحی

بهار ۱۳۹۰

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده : مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک

گروه : اکتشاف نفت

پایان نامه کارشناسی ارشد آقای یاسر زارع

تحت عنوان: تهیه مدل رخساره ای یکی از میادین نفتی جنوب غرب ایران به کمک داده‌های مغزه و نگارهای چاه

در تاریخ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد

مورد ارزیابی و با درجه مورد پذیرش قرار گرفت.

امضاء	اساتید مشاور	امضاء	اساتید راهنما
	نام و نام خانوادگی : مهندس نوذر صالحی		نام و نام خانوادگی : دکتر علی مرادزاده
	نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی :

امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء	اساتید داور
	نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی :
			نام و نام خانوادگی :
			نام و نام خانوادگی :
			نام و نام خانوادگی :

تقديم به

• • • •

تقدیر و تشکر

با ذکر حمد و سپاس پروردگار و از آنجا که می‌دانیم کوچکترین محبت‌ها از ضعیف‌ترین حافظه‌ها هم پاک نمی‌گردند، جا دارد در اینجا از زحمات گرانقدر عزیزانی که بنده را در قسمت های مختلف این پایان نامه یاری رسانده اند کمال تشکر را داشته باشم.

نگارنده این پایان نامه بر خود می‌داند که از زحمات استاد راهنما جناب آقای دکتر علی مراد زاده و مشاور صنعتی جناب آقای نوذر صالحی که در تمام مراحل انجام این کار دلسوزانه مرا یاری رسانده اند تشکر و سپاسگزاری نماید.

همکاری شرکت مهندسی و توسعه نفت جهت در اختیار قرار دادن داده های لازم، نرم‌افزارهای مورد نیاز و همچنین حمایت مالی، جای تقدیر و تشکر دارد.

از جناب آقای دکتر کنشلو، دکتر ضعیمی، مهندس امین‌زاده، مهندس امینیان و مهندس یآوری بخاطر راهنمایی‌ها و کمک‌های ارزشمندشان کمال تقدیر و سپاس‌گزاری را دارم. جا دارد از کلیه دوستانم در دانشگاه‌های صنعتی شریف، امیرکبیر و علم و صنعت و همچنین خانم اکرمی مقدم که در دوران اقامت در تهران پذیرای اینجانب بودند، کمال تشکر و قدردانی را داشته باشم.

همچنین از مسئولین و اساتید دانشکده و از دوستان گرانقدرم سعید کریمی، محمود رامیار، محمود بانسی، ابوالفضل مسعودی، مهدی وثوقی‌فر، رضا کرمی، علی حسینی، آرش حدادیان، فرشاد دارابی، احمد برزگر، امین نبوی، عباس محمدیان، کیومرث سیف، خانم نازیلا هاشمی و ساناز عدنانی‌نژاد کمال تشکر را دارم.

در انتها و از همه مهمتر از پدر و مادر عزیزم به خاطر فداکاریشان در تمام طول سال‌های تحصیل و نیز برادر و خواهران عزیزم، ممنون و سپاسگزارم.

دانشجو تأیید می نماید که مطالب مندرج در این پایان نامه نتیجه تحقیقات خودش می باشد و در صورت استفاده از نتایج دیگران مرجع آن را ذکر نموده است.

کلیه حقوق مادی مترتب از نتایج مطالعات ، آزمایشات و نوآوری ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد

ماه و سال .../۳/۱۳۹۰

چکیده

با توجه به نقش ذخایر هیدروکربوری در اقتصاد کشور ضرورت مطالعات دقیق مخزن با استفاده از روش‌ها و تکنولوژی‌های جدید جهت ارائه مدل‌های مناسب امری ضروری می‌باشد. میدان هیدروکربوری مورد مطالعه در این پایان نامه، یک میدان نفتی واقع در استان خوزستان است، که اطلاعات هفت چاه از این میدان در دسترس می‌باشد. هدف اصلی مطالعه حاضر تهیه مدل رخساره ای سنگ مخزن نفتی کربناته یکمک داده های چاه‌نگاری و پتروفیزیکی برای شناسایی جامع‌تر مخزن نفتی مورد نظر در جنوب غرب ایران است. از دیگر اهداف می‌توان به تعیین ارتباط میان پارامترهای پتروفیزیکی مهم مخزن نظیر تخلخل و نفوذپذیری و سپس تهیه نقشه توزیع آنها بمنظور ساخت مدل زمین شناسی، اکتشافی و مدل استاتیکی سنگ مخزن نام برد.

برای نیل به اهداف مورد نظر در وهله اول با داشتن اطلاعات خام چاه‌نگاری، پارامترهای پتروفیزیکی مورد نیاز محاسبه شده است. این کار برای تخلخل، تراوایی و اشباع آب بوسیله نرم‌افزار IP انجام شد. این مرحله از حساسیت بالایی برخوردار می‌باشد، چرا که محاسبه غلط این پارامترها منجر به درک نامناسب از شرایط مخزن و نهایتاً ایجاد مدلی نامتعارف برای مخزن می‌گردد. در مرحله دوم با استفاده از نرم‌افزار Petrel و روش‌های مختلف به مدل‌سازی پارامترهای پتروفیزیکی و همچنین رخساره‌های لیتولوژیکی پرداخته شد. برای این مهم از روش‌های زمین‌آماري که شامل روش‌های تصادفی و قطعی می‌باشند استفاده شد و نتیجه گرفته شد که روش‌های تصادفی نسبت به روش‌های قطعی بهتر عمل نموده و درک مناسب‌تری از ناهمگونی مخزن ارائه می‌دهند.

نتایج بررسی حاضر نشان می‌دهد که روش تابع تصادفی گوسی (GRFS) بعنوان بهترین روش جهت توزیع پارامترهای پیوسته (تخلخل، تراوایی و اشباع آب) و روش تکرار پی‌درپی (SIS) جهت توزیع پارامترهای گسسته (رخساره لیتولوژیکی) عمل می‌نماید. این مطالعه نشان می‌دهد که میدان نفتی تحت بررسی در قسمت غربی، شمالی و جنوب غربی نسبت به دیگر مناطق میدان از کیفیت مخزنی مناسب‌تری برخوردار می‌باشد. در این قسمت‌ها رخساره‌های گرینستون و وکستون/پکستون نسبت به دیگر رخساره‌ها بیشتر به چشم می‌خورند چرا که این رخساره‌ها برای سنگ مخزن مناسب‌ترند. میزان متوسط تخلخل، تراوایی و اشباع آب برای سه بخش اول لایه سوم به ترتیب ۱۲/۵۱ درصد، ۲۲/۶۷ میلی داری و ۱۶/۵۸ درصد و برای بخش آخر لایه سوم که بعنوان لایه فشرده شناخته شد ۵/۹ درصد، ۶ میلی داری و ۴۰ درصد می‌باشد.

کلمات کلیدی: مدل رخساره‌ای و پتروفیزیکی، داده‌های مغزه و چاه‌نگاری، روش‌های مدل‌سازی تصادفی و قطعی، تابع تصادفی گوسی (GRFS)، روش تکرار پی‌درپی (SIS)

لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

"مدل سازی تخلخل با استفاده از روش های تصادفی"

منتشر شده در

• بیست و نهمین گردهمایی علوم زمین، بهمن ۱۳۸۹- تهران

فهرست مطالب

فصل اول: کلیات ۱

۱-۱ مقدمه ۲

۲-۱ مروری بر مدل سازی و نحوه ی توزیع پارامتر های پتروفیزیکی ۳

۳-۱ اهمیت و ضرورت مطالعه ۶

۴-۱ اهداف پایان نامه و روش تحقیق ۷

۵-۱ ساختار پایان نامه ۸

فصل دوم: معرفی منطقه مورد مطالعه، داده های مورد استفاده و شرح مختصر روش های

مدل سازی ۹

۱-۲ مقدمه ۱۰

۲-۲ میدان نفتی تحت مطالعه ۱۰

۳-۲ ساختارهای زمین شناسی مناطق جنوب ایران ۱۱

۱-۳-۲ سازند بختیاری ۱۲

۲-۳-۲ سازند آغا جاری ۱۲

۳-۳-۲ سازند میشان ۱۲

۴-۳-۲ سازند گچساران ۱۲

۵-۳-۲ سازند آسماری ۱۴

۶-۳-۲ سازند چهارم ۱۴

۷-۳-۲ سازند پایده ۱۴

۸-۳-۲ سازند گورپی ۱۵

۹-۳-۲ سازند ایلام ۱۵

۱۰-۳-۲ سازند سروک ۱۵

۱۱-۳-۲ سازند کژدمی ۱۶

- ۱۶-۳-۲ سازند داریان ۱۶
- ۱۶-۳-۲ سازند گدوان ۱۶
- ۱۷-۳-۲ سازند فهلپان ۱۷
- ۴-۲ بخش بندی زمین شناسی سازند فهلپان ۱۷
- ۵-۲ داده های مورد استفاده ۱۸
- ۶-۲ پارامترهای پتروفیزیکی مورد مطالعه ۲۱
- ۱-۶-۲ تخلخل عوامل موثر بر تخلخل ۲۱
- ۲-۱-۶-۲ عوامل موثر بر تخلخل ۲۱
- ۲-۱-۶-۲ روش های محاسبه تخلخل ۲۲
- ۱-۲-۱-۶-۲ محاسبه تخلخل با استفاده از داده های چاه نگاری ۲۲
- ۱-۲-۱-۶-۲ نمودار متقاطع دانسیته- صوتی ۲۲
- ۲-۱-۶-۲ نمودار متقاطع صوتی- نوترون اصلاح شده ۲۳
- ۲-۱-۶-۲ نمودار متقاطع دانسیته- نوترون اصلاح شده ۲۴
- ۲-۱-۶-۲ نمودارهای متقاطع M-N ۲۵
- ۲-۶-۲ تراوایی ۲۶
- ۱-۲-۶-۲ تراوایی مطلق، موثر و نسبی ۲۷
- ۲-۲-۶-۲ تقسیم بندی تراوایی ۲۹
- ۳-۲-۶-۲ نشانه های تشخیص تراوایی (زون تراوا) به صورت چشمی از روی نگارها ۳۰
- ۴-۲-۶-۲ فاکتورهای کنترل کننده تراوایی ۳۱
- ۳-۶-۲ اشباع شدگی ۳۱
- ۷-۲ مدل سازی خواص پتروفیزیکی و رخساره ها ۳۲
- ۱-۷-۲ روش های تصادفی ۳۲
- ۱-۱-۷-۲ روش مدل سازی پی در پی گوسی (SGS) ۳۳
- ۲-۱-۷-۲ روش مدل سازی تابع تصادفی گوسی (GRFS) ۳۴

۳۴.....	۳-۱-۷-۲ روش مدل سازی پی در پی شاخص (SIS)
۳۵.....	۲-۲-۲ روش های قطعی
۳۵.....	۱-۲-۷-۲ روش کریجینگ
۳۶.....	۲-۲-۷-۲ روش تابعی
۳۶.....	۳-۲-۷-۲ Closest روش
۳۹.....	فصل سوم: ارزیابی پارامترهای پتروفیزیکی
۴۰.....	۱-۳ مقدمه
۴۰.....	۲-۳ تهیه بانک اطلاعات پتروفیزیکی
۴۱.....	۱-۲-۳ ورود اطلاعات سربرگ نمودارها به نرم افزار
۴۱.....	۲-۲-۳ آماده سازی و پردازش داده ها
۴۵.....	۳-۲-۳ بررسی کیفیت اطلاعات نگارهای حاصل از چاه نگاری
۴۶.....	۴-۲-۳ تطابق عمقی نگارها
۴۶.....	۵-۲-۳ محاسبات اطلاعات مقدماتی
۴۷.....	۶-۲-۳ تصحیحات محیطی
۵۱.....	۳-۳ سنگ شناسی
۵۱.....	۱-۳-۳ تعیین کانیهای تشکیل دهنده سنگ مخزن
۵۳.....	۲-۳-۳ تعیین نوع کانیهای رسی سنگ مخزن
۵۶.....	۳-۳-۳ تعیین لیتولوژی
۵۷.....	۴-۳ پارامترهای ورودی
۵۷.....	۵-۳ گرادیان حرارتی و محاسبات اولیه دما
۵۸.....	۶-۳ ارزیابی پتروفیزیکی
۵۹.....	۱-۶-۳ مدل های پتروفیزیکی و نحوه ترکیب مدلها
۶۵.....	۲-۶-۳ بررسی صحت و کیفیت ارزیابی های پتروفیزیکی

۶۷.....	۳-۶-۳ تعیین مقادیر حدی و متوسط خواص پتروفیزیکی
۶۹.....	۳-۷ نتیجه گیری
۷۲.....	فصل چهارم: مدل سازی رخساره های پتروفیزیکی و لیتولوژیکی
۷۳.....	۴-۱ مقدمه
۷۳.....	۴-۲ نرم افزار Petrel و نحوه ی ساختن مدل
۷۴.....	۴-۲-۱ قالب بندی و وارد کردن اطلاعات
۷۶.....	۴-۲-۲ تهیه مدل ساختمانی
۷۸.....	۴-۲-۲-۱ ساختن سطوح گذرنده از سر(تاپ) زیرلایه ها با استفاده از داده های لرزه
۸۰.....	۴-۲-۲-۲ تهیه نقشه های عمقی
۸۰.....	۴-۲-۳ ساخت شبکه سه بعدی
۸۳.....	۴-۲-۴ بلوک کردن چاهها و مقیاس گردانی
۸۴.....	۴-۲-۴-۱ کنترل کیفی نتایج
۸۶.....	۴-۲-۵ مدل سازی پتروفیزیکی
۸۶.....	۴-۲-۵-۱ واریوگرام
۹۲.....	۴-۲-۵-۲ مدل سازی تخلخل
۱۰۵.....	۴-۲-۵-۳ مدل اشباع آب
۱۰۸.....	۴-۲-۵-۴ مدل تراوایی
۱۱۱.....	۴-۲-۶ مدل سازی رخساره ها
۱۲۱.....	فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات
۱۲۲.....	۵-۱ جمع بندی نتایج و بحث روی آنها
۱۲۳.....	۵-۲ پیشنهادات
۱۲۵.....	منابع مورد استفاده

فهرست پیوست ها

پیوست الف نمایش شکل های مورد استفاده در مطالعه حاضر ۱۳۱

فهرست اشکال

فصل دوم: معرفی منطقه مورد مطالعه، داده های مورد استفاده، پارامترهای پتروفیزیکی و

شرح مختصر روش های مدل سازی ۹

شکل (۱-۲) موقعیت جغرافیایی میدان مورد مطالعه ۱۱

شکل (۲-۲) چینه شناسی عمومی منطقه زاگرس ۱۳

شکل (۳-۲) وضعیت و موقعیت چاه های مورد مطالعه بر روی سطح لرزه ای گذرنده از بالای

سازند فهلپان ۱۸

شکل (۴-۲) نمودارهای چاه پیمایی در چاه های تحت مطالعه همراه با نمایش عمقی آنها ۱۹

شکل (۵-۲) ارتباط زیر لایه ها در لایه سوم سازند فهلپان در چاه های (۸)، (۹) و (۱۰) به همراه

نمودار تخلخل بوسیله نرم افزار Petrel ۲۰

شکل (۶-۲) نمودار متقاطع دانسیته- صوتی ۲۳

شکل (۷-۲) نمودار متقاطع تخلخل صوتی- نوترون ۲۴

شکل (۸-۲) نمودار متقاطع دانسیته- نوترون که در یک وضعیت سنگ شناسی ساده برای تعیین

تخلخل و جنس سنگ بکار برده می شود ۲۵

شکل (۹-۲) نمودار متقاطع سنگ شناسی M-N ۲۷

شکل (۱۰-۲) مدل تخلخل ساخته شده توسط روش تصادفی (SGS) ۳۷

شکل (۱۱-۲) مدل تخلخل ساخته شده به روش قطعی (کریجینگ) ۳۸

فصل سوم: ارزیابی پارامترهای پتروفیزیکی ۳۹

شکل (۱-۳) مراحل بدست آوردن پارامترهای پتروفیزیکی با استفاده از نرم افزار IP ۴۰

شکل (۲-۳) مراحل تهیه بانک اطلاعات پتروفیزیکی بوسیله نرم افزار IP ۴۱

شکل (۳-۳) نمونه ای از نگارهای رانده شده در چاه شماره ۴ ۴۵

شکل (۴-۳) محاسبه اطلاعات مقدماتی توسط Calculation نرم افزار IP.....	۴۷
شکل (۵-۳) تصحیحات محیطی با استفاده از نمودارهای استاندارد شولمبرژه	۴۸
شکل (۶-۳) تصحیحات محیطی با استفاده از نمودارهای استاندارد شولمبرژه	۴۹
شکل (۷-۳) نمودار متقاطع NPHI و RHOB برای بازه عمقی ۴۳۵۶-۴۵۸۲ متری در چاه	
شماره ۴ قبل (راست) و بعد (چپ) از انجام تصحیحات محیطی.....	۴۹
شکل (۸-۳) هیستوگرام نمودار NPHI ، مربوط به بازه عمقی ۴۳۵۶-۴۵۸۲ متری در چاه ۴	
مربوط به قبل (چپ) و بعد از تصحیح (راست)	۵۰
شکل (۹-۳) نمائی از نمودار NPHI اولیه (سبز) و تصحیح شده (قرمز) بر روی هم مربوط به	
بازه عمقی ۴۳۵۶-۴۴۰۰ متری در چاه ۴	۵۰
شکل (۱۰-۳) هیستوگرام چگالی اندازه گیری شده از نمونه های مغزه چاه شماره ۵ مربوط به	
لایه ی سوم	۵۲
شکل (۱۱-۳) نمودار متقاطع نمودارهای تخلخل نوترون و چگالی در چاه شماره ۵ برای بازه	
عمقی ۴۳۵۳-۴۵۵۵ متری	۵۳
شکل (۱۲-۳) نمودار متقاطع نگارهای توریم در مقابل پتاسیم در چاه شماره ۵ در بازه	
عمقی ۴۳۵۳-۴۵۵۵ متری	۵۴
شکل (۱۳-۳) نمودار متقاطع پتاسیم در مقابل نگار توریم جهت تشخیص نوع کانی رسی	۵۴
شکل (۱۴-۳) نمودار متقاطع پتاسیم در مقابل نگار اثر جذب فتوالکتریک در چاه ۵ در بازه	
عمقی ۴۳۵۳-۴۵۵۵ متری.....	۵۵
شکل (۱۵-۳) نمودار متقاطع نسبت توریم به پتاسیم (Th/K) در مقابل نگار اثر جذب	
فتوالکتریک در چاه ۵ در بازه عمقی ۴۳۵۳-۴۵۵۵ متری.....	۵۵
شکل (۱۶-۳) گرادیان حرارتی میدان تحت مطالعه	۵۸
شکل (۱۷-۳) نمونه ای از ارزیابی پتروفیزیکی انجام شده در چاه شماره ۵.....	۵۹
شکل (۱۸-۳) تعیین بازه عمقی هر زیر لایه (بخش) در چاه (نرم افزار IP).....	۶۰
شکل (۱۹-۳) تعیین مشخصات کانی رسی شامل چگالی، پاسخ در برابر نگار صوتی و دیگر	
پارامترها (نرم افزار IP)	۶۰
شکل (۲۰-۳) تعیین پارامترهای مربوط به مقاومت ویژه آب سازندی، گل و دمای آنها	۶۱

- شکل (۳-۲۱) تعیین پارامترهای مربوط به هیدروکربور (نرم افزار IP) ۶۱
- شکل (۳-۲۲) تعیین خصوصیات سنگ زمینه (نرم افزار IP) ۶۲
- شکل (۳-۲۳) تعیین خصوصیات مربوط به محاسبه تخلخل (نرم افزار IP) ۶۲
- شکل (۳-۲۴) تعیین منطق و روش محاسبه اشباع آب (نرم افزار IP) ۶۳
- شکل (۳-۲۵) تعیین مقادیر حدی در مورد مقدار تخلخل، حجم شیل، اشباع شدگی و غیره ۶۳
- شکل (۳-۲۶) تعیین پارامترهای مربوط به محاسبه تخلخل به روش نوترون/چگالی ۶۴
- شکل (۳-۲۷) تعیین پارامترهای مربوط به محاسبه تخلخل به روش صوتی (نرم افزار IP) ۶۴
- شکل (۳-۲۸) خروجی نرم افزار IP در فرمت ASCII جهت ورود به نرم افزار Petrel ۶۵
- شکل (۳-۲۹) نمودار متقاطع تخلخل محاسبه شده بوسیله نگارهای چاه پیمایی (خروجی نرم افزار IP) در مقابل تخلخل مغزه در چاه ۵ در بازه ۴۴۰۰-۴۳۵۳ متری ۶۶
- شکل (۳-۳۰) نمودار متقاطع اشباع آب محاسبه شده بوسیله نگارهای چاه پیمایی (خروجی نرم افزار IP) در مقابل اشباع آب مغزه در چاه ۵ در بازه ۴۴۰۰-۴۳۵۳ متری ۶۶
- شکل (۳-۳۱) نمودار متقاطع تراوایی محاسبه شده بوسیله نگارهای چاه پیمایی (خروجی نرم افزار IP) در مقابل تراوایی مغزه در چاه ۵ در بازه ۴۴۰۰-۴۳۵۳ متری ۶۷
- فصل چهارم: مدل سازی رخساره های پتروفیزیکی و لیتولوژیکی ۷۲**
- شکل (۴-۱) مراحل ساخت یک مدل به کمک نرم افزار Petrel ۷۳
- شکل (۴-۲) نحوه ی وارد کردن اطلاعات مربوط به یک چاه در نرم افزار Petrel ۷۴
- شکل (۴-۳) وارد کردن اطلاعات اصلی چاه در فرمت ASCII ۷۵
- شکل (۴-۴) کنترل و تایید داده های ورودی (A) و مشاهده داده ها (B) ۷۶
- شکل (۴-۵) مراحل تهیه مدل ساختمانی در نرم افزار Petrel ۷۷
- شکل (۴-۶) وارد کردن عمق بخش فوقانی هر زون (زیر لایه های ۱.۳، ۲.۳، ۳.۳ و ۴.۳) ۷۷
- شکل (۴-۷) ساختن سطوح لرزه ای با استفاده از نقاط حاصل از لرزه نگاری سه بعدی ۷۸
- شکل (۴-۸) سطح لرزه ای بخش ۱.۳، قبل از هموار شدن در نرم افزار Petrel ۷۹
- شکل (۴-۹) سطح لرزه ای بخش ۱.۳، بعد از هموار شدن در نرم افزار Petrel ۷۹
- شکل (۴-۱۰) سطوح گذرنده از تاپ بخش های مختلف لایه ۳ سازند فهلین ۸۰
- شکل (۴-۱۱) محدوده مشخص شده جهت ساختن مدل سه بعدی (راست) و نقشه عمقی تاپ

بخش ۱.۳ (چپ).....	۸۱
شکل (۱۲-۴) مدل ساختمانی میدان از نمای شرقی، همراه با چاه‌های میدان.....	۸۱
شکل (۱۳-۴) تعیین پارامترها و اندازه شبکه سه بعدی.....	۸۲
شکل (۱۴-۴) نمایی از شبکه سه بعدی تهیه شده برای میدان مورد مطالعه.....	۸۲
شکل (۱۵-۴) مدل بلوکی ساخته شده در چاه شماره ۴ (۴۵۸۲-۴۳۵۶ متر) و ۵ (۴۵۵۵-۴۳۵۳ متر)	
برای پارامتر تخلخل.....	۸۳
شکل (۱۶-۴) مقایسه آماری مقادیر تخلخل خام (قرمز) و بلوکی شده (سبز).....	۸۴
شکل (۱۷-۴) مقایسه آماری مقادیر اشباع آب خام (قرمز) و بلوک‌شده (سبز) در چند چاه میدان.....	۸۵
شکل (۱۸-۴) مقایسه آماری مقادیر تراوایی خام (قرمز) و بلوکی شده (سبز).....	۸۵
شکل (۱۹-۴) شکل شماتیک از یک واریوگرام همراه با پارامترهای آن.....	۸۷
شکل (۲۰-۴) تصویر شماتیکی از بیضوی آنیزوتروپی.....	۸۹
شکل (۲۱-۴) انتخاب پارامتر و زون مورد نظر جهت تخمین پارامترهای واریوگرام در قسمت	
Data analysis.....	۹۰
شکل (۲۲-۴) تعیین پارامترهای واریوگرام در جهت Major.....	۹۰
شکل (۲۳-۴) تعیین پارامترهای واریوگرام در جهت Minor.....	۹۱
شکل (۲۴-۴) تعیین پارامترهای واریوگرام در جهت Vertical.....	۹۱
شکل (۲۵-۴) نمایی از مدل تخلخل ایجاد شده به روش تابع تصادفی گوسی (GRFS) مربوط	
به بخش ۲.۳.....	۹۵
شکل (۲۶-۴) مقایسه هیستوگرام تخلخل بلوکی شده (سبز) در چاه‌های میدان با هیستوگرام مقادیر	
تخلخل مدل شده (آبی).....	۹۶
شکل (۲۷-۴) نمایی از مدل تخلخل ایجاد شده به روش قطعی (کریجینگ) مربوط به بخش ۲.۳.....	۹۶
شکل (۲۸-۴) نقشه کیفی تخلخل مخزن در بخش ۱.۳.....	۹۷
شکل (۲۹-۴) نمایی از مدل تخلخل ایجاد شده به روش تابع تصادفی گوسی (GRFS) مربوط	
به بخش ۱.۳.....	۹۸
شکل (۳۰-۴) نقشه کیفی تخلخل مخزن در بخش ۲.۳.....	۹۹
شکل (۳۱-۴) نمایی از مدل تخلخل ایجاد شده به روش تابع تصادفی گوسی (GRFS) مربوط	

.....	به بخش ۲.۳	۱۰۰
.....	شکل (۳۲-۴) نقشه کیفی تخلخل مخزن در بخش ۳.۳	۱۰۲
.....	شکل (۳۳-۴) نمایی از مدل تخلخل ایجاد شده به روش تابع تصادفی گوسی (GRFS) مربوط	
.....	به بخش ۳.۳	۱۰۳
.....	شکل (۳۴-۴) نقشه کیفی تخلخل مخزن در بخش ۴.۳	۱۰۴
.....	شکل (۳۵-۴) نمایی از مدل تخلخل ایجاد شده به روش تابع تصادفی گوسی (GRFS) مربوط	
.....	به بخش ۴.۳	۱۰۵
.....	شکل (۳۶-۴) نمایی از مدل اشباع آب مدل به روش تابع تصادفی گوسی مربوط به بخش ۱.۳	۱۰۷
.....	شکل (۳۷-۴) مقایسه هیستوگرام اشباع آب بلوک شده (سبز) در چاه‌های میدان با هیستوگرام مقادیر اشباع مدل شده (آبی)	۱۰۷
.....	شکل (۳۸-۴) نمایی از مدل تراوایی به روش تابع تصادفی گوسی مربوط به بخش ۲.۳	۱۱۰
.....	شکل (۳۹-۴) مقایسه هیستوگرام تراوایی بلوک شده (سبز) در چاه‌های میدان با هیستوگرام مقادیر تراوایی مدل شده (آبی)	۱۱۰
.....	شکل (۴۰-۴) نحوه‌ی کد بندی رخساره‌های موجود در هر چاه	۱۱۳
.....	شکل (۴۱-۴) نحوه‌ی تعریف رخساره‌های موجود در هر چاه	۱۱۳
.....	شکل (۴۲-۴) تغییرات لیتولوژیکی لایه تحت مطالعه در چند چاه	۱۱۴
.....	شکل (۴۳-۴) مدل نهایی رخساره لیتولوژیکی در میدان به روش SIS	۱۱۵
.....	شکل (۴۴-۴) نمای شرقی از مدل نهایی رخساره لیتولوژیکی در میدان به روش SIS	۱۱۶
.....	شکل (۴۵-۴) مقایسه هیستوگرام رخساره بلوک شده (سبز) در چاه‌های میدان با هیستوگرام مقادیر رخساره مدل شده (آبی)	۱۱۶
.....	شکل (۴۶-۴) مدل رخساره ای ایجاد شده با توجه به تغییرات تخلخل	۱۱۹
.....	شکل (۴۷-۴) نمای شرقی مدل رخساره ای ایجاد شده با توجه به تغییرات تخلخل	۱۱۹
.....	شکل (۴۸-۴) مدل رخساره ای ایجاد شده با توجه به تغییرات تراوایی	۱۲۰
.....	شکل (۴۹-۴) نمای شرقی مدل رخساره ای ایجاد شده با توجه به تغییرات تراوایی	۱۲۰

فهرست جداول

فصل دوم: معرفی منطقه مورد مطالعه، داده های مورد استفاده و شرح مختصر روش های

مدل سازی

۹.....

جدول (۱-۲) تقسیم بندی تراوایی از نقطه نظر اقتصادی ۲۹

فصل سوم: ارزیابی پارامترهای پتروفیزیکی ۳۹

جدول (۱-۳) پارامترهای تصحیح محیطی چاه شماره ۴ ۴۲

جدول (۲-۳) خلاصه ای از نگارهای رانده شده ۴۳

جدول (۳-۳) مغزه گیری چاه شماره ۴ ۴۳

جدول (۴-۳) مغزه گیری چاه شماره ۵ ۴۳

جدول (۵-۳) مغزه گیری چاه شماره ۶ ۴۴

جدول (۶-۳) کانیهای انتخاب شده در مدل کانی شناسی و مقادیر پاسخ هر نگار به زمینه کانی های انتخاب شده ۵۷

جدول (۷-۳) مقادیر متوسط خواص پتروفیزیکی (مخزنی) در چاه شماره ۴ ۶۸

جدول (۸-۳) مقادیر متوسط خواص پتروفیزیکی (مخزنی) در چاه شماره ۵ ۶۸

جدول (۹-۳) مقادیر متوسط خواص پتروفیزیکی (مخزنی) در چاه شماره ۶ ۶۹

جدول (۱۰-۳) رابطه بین تخلخل و تراوایی با استفاده از نمودارهای متقاطع تخلخل و تراوایی حاصل از آنالیز مغزه ۶۹

فصل چهارم: مدل سازی رخساره های پتروفیزیکی و لیتولوژیکی ۷۲

جدول (۱-۴) تعیین پارامترهای واریوگرام برای پارامترهای پتروفیزیکی در بخش های مختلف

مخزن ۹۱

جدول (۲-۴) روشهای مختلف جهت ساخت مدل نهایی تخلخل ۹۴

جدول (۳-۴) مقایسه مقادیر متوسط تخلخل در نگارهای خام، مقیاس گردانی شده و مدل شده

به روش تابع تصادفی گوسی (GRFS) ۹۴

- جدول (۴-۴) روشهای مختلف جهت ساخت مدل نهایی اشباع آب..... ۱۰۶
- جدول (۵-۴) مقایسه مقادیر متوسط اشباع آب در نگارهای خام، مقیاس گردانی شده و مدل
 شده به روش تابع تصادفی گوسی (GRFS)..... ۱۰۸
- جدول (۶-۴) روشهای مختلف جهت ساخت مدل نهایی تراوایی ۱۰۹
- جدول (۷-۴) مقایسه مقادیر متوسط نفوذپذیر در نمودارهای خام، مقیاس گردانی شده و مدل
 شده به روش تابع تصادفی گوسی (GRFS)..... ۱۱۱
- جدول (۸-۴) در صد هر رخساره در بخشهای مختلف در حالت مدل شده..... ۱۱۶

فصل اول

کلیات

۱-۱ مقدمه

منابع طبیعی و خدادادی در هر کشور، جزو سرمایه‌های گرانبها و ارزشمند آن کشور محسوب می‌گردند. امروزه در میان این سرمایه‌های خدادادی، منابع نفت و گاز به واسطه کاربردهای گوناگون، از اهمیت بسزایی برخوردارند. خوشبختانه کشور ما ایران از جمله کشورهایی است که سرشار از منابع نفت و گاز می‌باشد. اولین چاهی که در ایران به نفت رسید در استان خوزستان و در شهر مسجد سلیمان در کنار چشمه‌های نفتی حفر گردید (رضایی، ۱۳۸۰). این حفاری با قدیمی‌ترین تئوری جهت اکتشاف نفت، یعنی تئوری طاق‌دیس‌های (Anticline theory) نفتی (Hunt, 1979)، مطابق بود.

با توجه به اهمیت این منابع، مدیریت صحیح جهت اکتشاف، حفاری و بهره‌برداری از آنها امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. جهت نیل به این مهم، فهم خواص مخزن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. محاسبه خصوصیات مخزن، از اهداف مهم مهندسين نفت می‌باشد. یک استراتژی مدیریت مفید فقط زمانی می‌تواند بکار گرفته شود که توزیع فضایی پارامترهای سنگ مخزن بخوبی و با جزئیات کافی بدست آید. در میان این خصوصیات، پارامترهایی چون تخلخل، نفوذپذیری و اشباع آب از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. از آنجا که نحوه تغییرات رخساره‌ای (لیتولوژیکی و پتروفیزیکی) بر چگونگی تغییرات این پارامترها دخیل می‌باشد، لذا مدل سازی رخساره‌ها نیز دارای اهمیت می‌باشد.

جهت تعیین و تخمین پارامترهای فوق استفاده از داده‌های مغزه یک روش بظاهر مناسب می‌باشد. اما از آنجا که این روش بسیار گران و زمان‌بر بوده و همه چاه‌های یک میدان دارای مغزه نمی‌باشند، بایستی از روش‌های دیگر نظیر روش‌های آماری و هوشمند، بهره جست. به کمک این روش‌ها می‌توان به تخمین و پیش‌بینی پارامترهای مختلف پتروفیزیکی در فواصل و چاه‌هایی که فاقد مغزه می‌باشند، پرداخت.

امروزه با گذشت زمان و پیشرفت تکنولوژی و اهمیت صنعت نفت در سراسر دنیا نرم افزارهایی به وجود آمده که به مهندسين نفت اجازه ارزیابی سریع و آسان داده‌ها را می‌دهد. تفسیر نگارهای چاه‌نگاری و داده‌های مغزه جهت تعیین پارامترهای مورد نظر، گام اول در تفسیر و ارزیابی مخزن می‌باشد که در اینجا بوسیله نرم

افزار IP^۱ (Schlumberger, 2007) انجام شده است. از آنجا که نتایج حاصل از تفسیر نگارهای چاه و داده های مغزه، به عنوان اطلاعات مقدماتی جهت مدل سازی به کار می روند، لذا انجام دقیق این مرحله حایز اهمیت بوده، چرا که تفسیر نابجای داده ها سبب ایجاد مدل نامتعارف و نهایتاً مدیریت نامناسب مخزن می گردد.

اما بعد از بدست آمدن پارامترهای مهم مخزنی نظیر تخلخل، نفوذپذیری و اشباع آب، آنچه که به مراتب از اهمیت بالاتری برخوردار می باشد، نحوه ی توزیع و پراکندگی این پارامترها در مخزن و یا مدل سازی آنها می باشد. جهت تحقق این امر روش های گوناگونی وجود دارد. از پرکاربردترین این روش ها که استفاده آنها در صنعت نفت به وفور دیده می شود، روش های زمین آماری (تصادفی و قطعی) می باشد. امروزه با پیشرفت روش های هوشمند در کلیه زمینه ها، در کنار روش های زمین آماری، روش شبکه های عصبی و فازی نیز مورد استفاده می باشد (Wang and Srinivasan S. and Sen, 2009 - Lianshuang and Timothy, 2005 - Wong, 1999 - Alabert et al., 1990). همان طور که در بالا اشاره شد، با توجه به پیشرفت تکنولوژی و دانش رایانه ها، در این مطالعه از نرم افزار Petrel (Schlumberger, 2009) جهت توزیع و مدل سازی پارامترهای پتروفیزیکی و رخساره ها استفاده می گردد.

۲-۱ مروری بر مدل سازی و نحوه ی توزیع پارامتر های پتروفیزیکی

به علت تفاوت های فراوان در محیط های رسوبی و تغییرات تکنیکی، دسته بندی و توصیف موثر رخساره های رسوبی و پتروفیزیکی جهت توزیع فضایی، بایستی بر اساس مدل زمین شناسی رخساره ها باشد (Johnson and Jones, 1988). شبیه سازی خواص مخزن و رخساره ها بر اساس ایده الگوریتم تکرار پی در پی توسط سوپرو پرز^۲ و ژورنل^۳ در سال ۱۹۸۹ مطرح گردید (Suroperez and Journal, 1989). ونگ و ژانگ در سال ۱۹۹۵ با استفاده از روش مدل سازی تصادفی و با استفاده از داده های چاه نگاری و اطلاعات

^۱ -Interactive Petrophysics

^۲ -Suroperez

^۳ -Journal

زمین‌شناسی به توصیف خواص مخزن و معرفی رخساره‌های موجود در مخزن پرداختند. آنها دریافتند که استفاده از این روش در مخازن دارای رخساره‌های آواری و مخازن گسل‌دار، مناسب می‌باشد. آنها در این مطالعه، روش تکرار پی در پی گوسی و روش تابع تصادفی گوسی را به عنوان مهمترین روش‌های تصادفی معرفی کردند (Wang and Zhang, 1995).

مدل‌سازی زمین‌آماري بعنوان یک ابزار مناسب در دست مهندسين و زمین‌شناسان جهت تسريع در ارزیابی و تفسیر مخازن می‌باشد. روش‌های زمین‌آماري اجازه ارزیابی ناهمگنی عمودی چاه و مناطق بین چاه‌ها را می‌دهد. در قیاس با روش‌های قدیمی این روش‌ها که براساس تکنیک Boolean است، برای مقایسه داده‌هایی که از سازندها و افق‌های مختلف به دست می‌آیند آسان و سریع می‌باشد (Nikolayenko, 1998). (Simlote and Srivastava, 1994). روش‌های تصادفی زمین‌آماري بعنوان روش‌های جدیدتر توسط سیمولته^۱ و نیکلاینکو^۲ در سال ۱۹۹۸ جهت مطالعات مخزن و با استفاده از داده‌های چاه‌نگاری و مغزه در یک مورد مطالعاتی استفاده گردید. با استفاده از روش زمین‌آماري می‌توان به توصیف جزئی خواص مخزن پرداخت، همچنین مدل‌های زمین‌آماري به زمین‌شناسان اجازه می‌دهد تا اطلاعات خود را در اختیار مهندسين مخزن قرار دهند. بعلاوه با پیشرفت روش‌های زمین‌آماري نتایج قابل قبول‌تری از مطالعات مخزن در آینده بدست خواهد آمد (Simlote and Nikolayenko, 1998).

هیچ روش مدل‌سازی نمی‌تواند به تنهایی پاسخ‌گوی تمام مشکلات مخازن نفتی باشد. اگر چه زمین‌آمار سالیان دراز در صنعت معدن مورد استفاده بوده، اما کاربرد آن در صنعت نفت به اوایل سال ۱۹۹۰ باز می‌گردد (Voget, 1993). مزیت اصلی مدل‌سازی تصادفی فراهم نمودن مدل‌های متناوب می‌باشد. الگوریتم‌های تصادفی اجازه ایجاد مدل‌های چندگانه را می‌دهد (Journel, 1990).

¹-Srivastava

²-Simlote

³-Nikolayenko

ونگ و وونگ از تلفیق روش زمین‌آماري و شبکه عصبی و با استفاده از داده‌های چاه‌نگاری و زمین‌شناسی، جهت توزیع تخلخل در میدان نفتی A'nan واقع در شمال چین استفاده کردند. استفاده از شبکه‌های عصبی منجر به استفاده از داده‌ها با ابعاد بالا و همچنین داده‌های غیرخطی گردید، اگر چه استفاده معتبر و قابل قبول از شبکه‌های عصبی نیازمند تجربه جهت تنظیم پارامترهای شبکه و زمان زیادی جهت آموزش می‌باشد (Wang and Wong, 1999). البته ایده اصلی این کار توسط کانفسکی^۱ و دیگران در سال ۱۹۹۶ مطرح گردید. در سال ۲۰۰۰ نیز پرچسز^۲ و دیگران با در دست داشتن داده‌های لرزه‌نگاری سه بعدی، مغزه و چاه‌نگاری از روش‌های زمین‌آماري جهت مدل‌سازی رخساره‌ها و شکستگی‌ها در یک میدان نفتی در ونزوئلا استفاده کردند. کاهش عدم قطعیت در تعیین خواص مخزن و پیش‌بینی شکستگی‌ها از نتایج مهم این مطالعه بود (Porjesz et al., 2000). در سال ۲۰۰۳، هاگ^۳ و سایورسوی^۴ از روش کریجینگ بعنوان یکی از روش‌های قطعی زمین‌آماري جهت توزیع رخساره‌ها استفاده کردند. آنها برای مدل پتروفیزیکی از روش تبدیل گوسی و جهت شرطی‌سازی داده‌های چاه از روش کریجینگ استفاده کردند که نتیجه قابل قبولی در پی داشت (Hauge and Syversveen, 2003).

علی رغم استفاده از روش‌های هوشمند در علوم مختلف، استفاده از روش‌های زمین‌آماري در مدل‌سازی و توزیع خواص پتروفیزیکی مخزن همچنان متداول بوده و کاربرد بیشتری نسبت به دیگر روش‌ها دارد. زمین-آمار یک روش منحصر به فرد جهت گرد آوردن داده‌های گوناگون زمین‌شناسی، ژئوفیزیکی و پتروفیزیکی برای مطالعات مخزن می‌باشد. برای استفاده از زمین‌آمار و روش‌های تصادفی در مطالعات مخزن و مدل-سازی خواص مخزن، در یک تلاش چند جانبه، صنعت و انجمن‌های علمی گرد آمدند و در پیشرفت و توسعه روش‌های زمین‌آماري همگام شدند. نتایج این مطالعات منجر به چاپ و انتشار مقالات و کتب علمی فراوانی در طی سالیان اخیر گردید که در بالا به آنها اشاره شد. این روش‌ها جهت توزیع تخلخل و نفوذپذیری در

^۱-Kanevski

^۲-Porjesz

^۳-Hauge

^۴-Syversveen

یکی از مخازن گازی کربناته در ایران در سال ۲۰۰۹ و با استفاده از نرم افزار Petrel، بکار گرفته شد (Mahdavi and Kharrrat, 2009).

با توجه به کارایی و اهمیت روش‌های زمین‌آماري در صنعت نفت، در این مطالعه نیز با توجه به استفاده از نرم‌افزار Petrel، از این روش‌ها جهت توزیع و مدل‌سازی خواص مخزن در میدان کربناته تحت مطالعه استفاده می‌گردد. این روش‌ها در دیگر میادین نفتی ایران نظیر اروندان و آزادگان شمالی توسط شرکت مهندسی و توسعه نفت و با استفاده از نرم‌افزار Petrel، جهت مدل‌سازی و توزیع خواص پتروفیزیکی مخزن، نیز استفاده گردیده است.

۳-۱ اهمیت و ضرورت مطالعه

بمنظور ساخت مدل اکتشافی و زمین‌شناسی و به منظور تعیین مناطق با پتانسیل نفتی بالا و همچنین تعیین نقاط بهینه حفاری و نهایتاً برای تهیه نقشه توزیع پارامترهای پتروفیزیکی نظیر تخلخل و نفوذپذیری سنگ مخزن نیاز به تهیه مدلی برای رخساره‌ها (رسوبی و پتروفیزیکی) و طبقه‌بندی آنها می‌باشد. در این راستا روشهای متفاوتی وجود دارد. هدف مطالعه حاضر تلفیق نگاره‌های چاه، اطلاعات آنالیز مغزه و داده‌های لرزه نگاری برای تهیه مدل و نقشه رخساره‌ها و توزیع پارامترهای پتروفیزیکی برای یکی از میادین نفتی کربناته جنوب غرب ایران است. با فهم دقیق توزیع پارامترهای مختلف پتروفیزیکی مخزن نظیر تخلخل، نفوذپذیری و اشباع آب توسط روش‌های نوین و نرم افزارهای مختلف می‌توان مدل مناسب تری را برای هریک از ذخایر هیدروکربوری ارائه نمود و از آن در مراحل مختلف ارزیابی، توسعه و تکمیل و بهره‌برداری استفاده کرد. ارزیابی پارامترهای پتروفیزیکی در چند چاه میدان انجام شده است که با نتایج بدست آمده از این مطالعه در تطابق کامل می‌باشد. اما در جهت تهیه مدل رخساره‌ای و پتروفیزیکی این میدان تاکنون اقدام جدی صورت نگرفته است (شرکت مهندسی و توسعه نفت، ۱۳۸۴). تهیه این مدل‌ها منجر به شناسایی نقاط بهینه و مناسب جهت حفاری می‌گردد.

از آنجا که توسعه میدان تحت مطالعه در سال‌های اخیر انجام گردیده، لذا اطلاعات به روز و مفیدی از این میدان در دسترس می‌باشد. میدان موردنظر یک میدان نفتی بوده و جهت مدیریت صحیح و بهره‌برداری اصولی از میدان در این مطالعه سعی گردیده تا با مدل‌سازی استاتیکی مخزن، به مهندسين مخزن در ارایه مدل دینامیکی جامع و دقیق کمک شود.

۱-۴ اهداف پایان نامه و روش تحقیق

هدف اصلی مطالعه حاضر تهیه مدل رخساره ای سنگ مخزن نفتی کربناته بکمک داده های چاه‌نگاری و پتروفیزیکی برای شناسایی جامع‌تر مخزن نفتی مورد نظر در جنوب غرب ایران است. از دیگر اهداف می‌توان به تعیین ارتباط میان پارامترهای پتروفیزیکی مهم مخزن نظیر تخلخل و نفوذپذیری و سپس تهیه نقشه توزیع آنها بمنظور ساخت مدل زمین‌شناسی، اکتشافی و مدل استاتیکی سنگ مخزن نام برد.

جهت نیل به اهداف فوق ابتدا کلیه داده های موجود نظیر انواع نگارهای چاه‌نگاری (صوتی، چگالی، نوترون و...)، داده های مغزه و پتروفیزیکی و اطلاعات لرزه ای میدان و چاه های موجود در میدان نفتی جمع آوری می شوند. در مرحله بعد پارامترهای پتروفیزیکی مهم نظیر تخلخل، نفوذپذیری و اشباع آب جهت استفاده در مرحله بعد استخراج می‌شوند. با داشتن داده های مغزه در چند چاه می‌توان رابطه میان نفوذپذیری و تخلخل را کشف نمود و از آن برای تعیین مقادیر نفوذپذیری در سایر نقاط میدان نفتی استفاده نموده و اقدام به تهیه نقشه های توزیع نفوذپذیری و تخلخل در سراسر میدان نمود. در نهایت پارامترهای مورد نظر با استفاده از روش‌های زمین‌آماري در کل میدان توزیع می‌گردند. با داشتن داده های لرزه ای و نتایج آنالیز آن بصورت نقشه شبه تخلخل و همچنین نتایج آنالیز مغزه و تست چند چاه می‌توان به مقایسه و ارزیابی صحت تخمین های صورت گرفته در مطالعه حاضر اقدام نمود. در این مطالعه جهت تحقق اهداف فوق از نرم-افزارهای IP و Petrel که از نرم‌افزارهای پرکاربرد در صنعت نفت می‌باشند، استفاده می‌شود. در فصل های آتی مراحل که هر یک از نرم افزار ها استفاده شده است توضیح داده می‌شود.

۱-۵ ساختار پایان نامه

این پایان نامه در پنج فصل تهیه و تنظیم شده است. فصل اول شامل مقدمه، بررسی سوابق کارهای انجام شده، اهمیت و ضرورت مطالعه و اهداف مطالعه مورد نظر است. فصل دوم شامل شرح مختصری از ساختار های زمین شناسی، اطلاعاتی درباره میدان تحت مطالعه، داده های استفاده شده در مطالعه حاضر، مفاهیمی درباره پارامترهای پتروفیزیکی، چگونگی تخمین و محاسبه آنها و نیز شرح مختصری در مورد روش های مدل سازی می باشد. در فصل سوم به پردازش و ارزیابی پارامترهای پتروفیزیکی و چگونگی محاسبه آنها در میدان مورد نظر پرداخته می شود. فصل چهارم به چگونگی توزیع و مدل سازی خواص پتروفیزیکی و لیتولوژیکی مخزن می پردازد. در انتها در فصل پنجم به نتایج مطالعه و پیشنهادات و کارهایی که در آینده قابل طرح و انجام است پرداخته شده است.

فصل دوم

معرفی منطقه مورد مطالعه، داده های مورد استفاده و
شرح مختصر روشهای مدل سازی

۲-۱ مقدمه

مطالعه حاضر بر روی یک میدان نفتی واقع در جنوب غربی ایران انجام شده است. این فصل مشتمل بر دو بخش کلی می باشد. در قسمت اول در مورد موقعیت جغرافیایی، مطالعات انجام شده، زمین شناسی و چینه-شناسی منطقه و داده های مورد استفاده در این میدان پرداخته می شود. از آنجا که تخلخل^۱، تراوایی^۲ و اشباع شدگی^۳ از مهمترین پارامترهای پتروفیزیکی مخازن هستند که در تعبیر، تفسیر و مدل سازی ها نقش بسزایی دارند، در قسمت دوم با توجه به اهمیت پارامترهای پتروفیزیکی مذکور، به معرفی این سه پارامتر و مبانی اندازه گیری آن ها و نیز روش های مدل سازی آن ها پرداخته می شود.

۲-۲ میدان نفتی تحت مطالعه

میدان نفتی تحت مطالعه در محدوده ای به وسعت ۲۴۰ کیلومترمربع در جنوب غربی استان خوزستان و در غرب رودخانه کارون قرار دارد (شکل ۲-۱). در ابتدای امر سه چاه توسط شرکت ملی نفت ایران جهت بررسی میدان حفر گردید. بر اساس اطلاعات زمین شناسی و ژئوفیزیکی و اطلاعات چاههای حفاری شده، میدان مورد نظر تاقدیسی متقارن است که بطور متوسط دارای ۲۴ کیلومتر طول و ۱۰ کیلومتر عرض و دارای روند شمالی-جنوبی می باشد. اولین چاه تنها چند متر از مخزن را در بر گرفت، در عوض چاه دوم که در راس تاقدیس حفر گردیده بود ۴۰۰ متر از ستون نفتی مخزن را در بر گرفت. چاه سوم که در شرق تاقدیس حفر شده بود، گسترش میدان در آن جهت را تایید کرد. هیچ گونه گسل مهمی در این میدان گزارش نشده است، اگر چه مطالعه لرزه نگاری سه بعدی تعداد کمی شکستگی را نشان می دهد (شرکت مهندسی و توسعه نفت، ۱۳۸۴- N.I.O.C and PEDEC, 2003- N.I.O.C).

سنگ مخزن این میدان شامل سنگ آهک می باشد که دارای ضخامت تقریبی ۴۰۰ متر می باشد. بر اساس نتایج حفاری های انجام شده، ناخالصی های شیلی در قسمت بالای مخزن قابل مشاهده می باشد. تغییرات لیتولوژیکی سنگ مخزن نامحسوس بوده و همانطور که اشاره شد سنگ آهک قسمت عمده مخزن را تشکیل می دهد. همچنین سنگ مخزن این میدان توسط لایه های شیلی سازند گدوان (پایینی) پوشیده شده است

¹ -Porosity

² -Permeability

³ -Saturation

(شرکت مهندسی و توسعه نفت، ۱۳۸۴). سنگ مخزن این میدان در سازند فهلپان (کرتاسه پایینی-نئوکومین) قرار دارد که در ادامه به شرح مختصر این سازند پرداخته می شود.



شکل (۱-۲) موقعیت جغرافیایی میدان مورد مطالعه

۳-۲ ساختارهای زمین شناسی مناطق جنوب ایران

ساختارهای زمین شناسی جنوب ایران تحت تاثیر چین خوردگی زاگرس و در برخی نواحی متاثر از گنبد های نمکی هستند. شکل (۲-۲) سازند های مختلف در منطقه زاگرس را با توجه به کشیدگی های آنها نشان می دهد. از آنجائی که این مطالعه، مخزن موجود در سازند فهلپان متعلق به میدان تحت مطالعه را مورد ارزیابی قرار می دهد از این رو در ادامه به شرح سازند های موجود در منطقه مطالعاتی از جدید به قدیم پرداخته می شود.

۱-۳-۲ سازند بختیاری

نام این سازند از کوه های بختیاری در شمال شرق خوزستان اخذ شده است و شامل کنگلومراهای آهکی و چرت دار است که به طور متناوب همراه با ماسه سنگ بوده و ضخامت آن در حدود ۵۱۸ متر است. قطعات سازنده این کنگلومرا، گرد و کروی و اصولاً متعلق به ترشیاری، چرت های قهوه ای تیره هستند که با سیمانی از آهک و رس به هم چسبیده اند. در سطح تماس زیرین این سازند، معمولاً سازند آغاجاری با دگر شیئی زاویه دار یا فرسایشی دیده می شود. سن این سازند پلیوسن پایانی و جوان تر است و سطح بالایی آن را رسوبات آبرفتی پوشانده است (درویش زاده، ۱۳۸۲).

۲-۳-۲ سازند آغاجاری

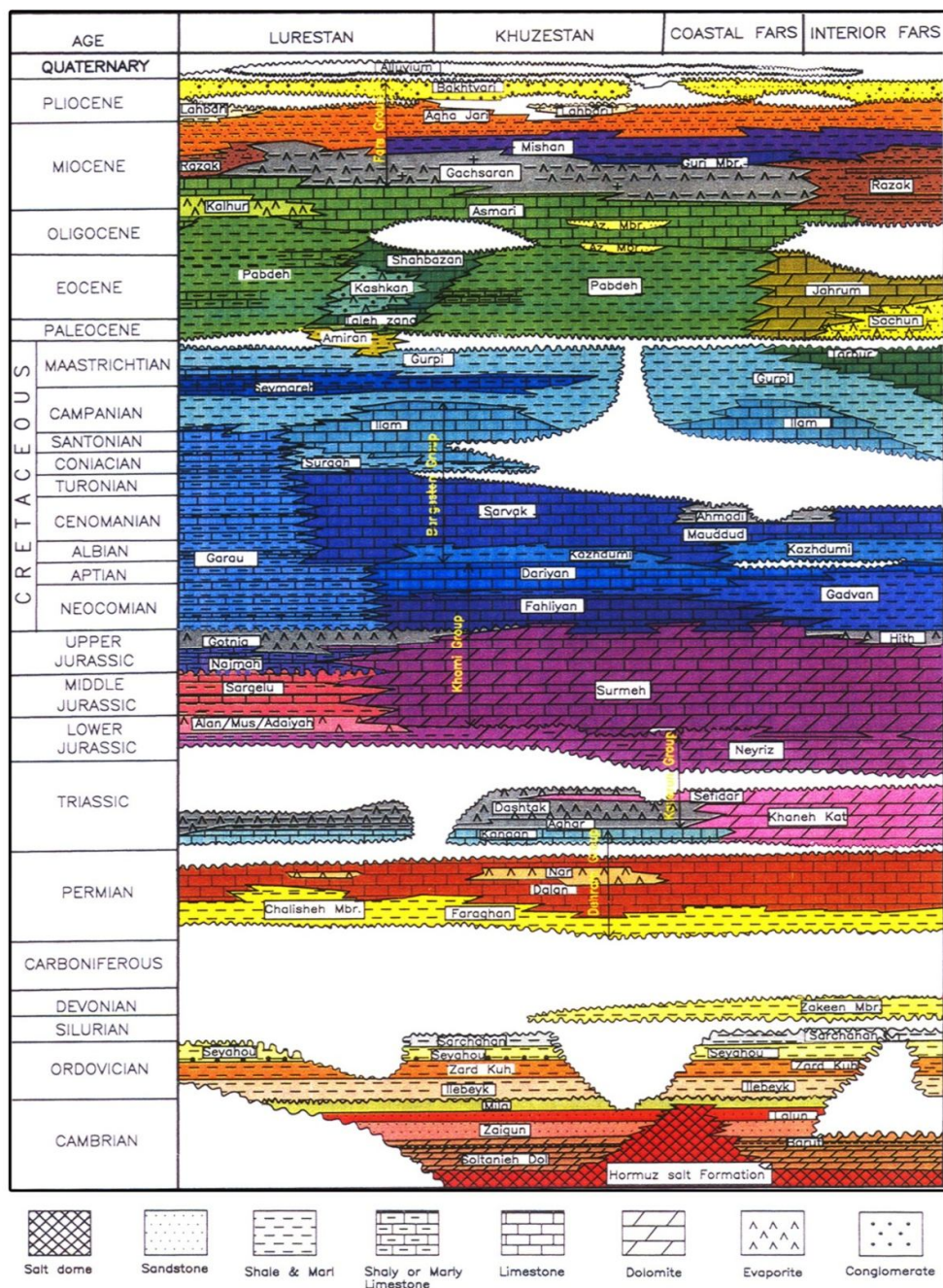
این سازند از لحاظ سنگ شناسی شامل ماسه سنگ های آهک دار قهوه ای خاکستری، رگه های گچ، مارن های قرمز و سیلتستون است و ضخامت آن به ۲۹۶۵ متر می رسد. در سطح تماس زیرین این سازند، مارن های خاکستری و آهک های سازند میشان قرار دارند و در سطح تماس فوقانی آن، سازند بختیاری به حالت دگر شیئی قرار دارد. سن این سازند میوسن فوقانی تا پلیوسن تعیین شده است (درویش زاده، ۱۳۸۲).

۲-۳-۳ سازند میشان

نام این سازند از روستای میشان در خوزستان گرفته شده است و مقطع تیپ آن از دامنه های جنوب غربی میدان نفتی گچساران گرفته شده است، ضخامت آن در محل مقطع تیپ ۷۱۰ متر و از نظر سنگ شناسی شامل ۶۱ متر تناوب آهک صدف دار و مارن خاکستری و ۶۴۹ متر تناوب رسوبات هوازده مارنی نرم و آهک صدفدار مقاوم تر است. سن این سازند میوسن آغازی تا میانی است (درویش زاده، ۱۳۸۲).

۲-۳-۴ سازند گچساران

نام این سازند از میدان نفتی گچساران انتخاب شده است و دارای ۷ بخش است. بخش یک با ضخامت ۳۹/۶ متر که شامل تناوبی از لایه های ضخیم انیدریت و لایه های نازک آهکی و گاهی همراه با شیل های قیری است. بخش دو با ضخامت ۱۱۳/۵ متر و شامل قشر ضخیم نمک است که در آن لایه هایی از انیدریت و آهک



شکل (۲-۲) چینه‌شناسی عمومی منطقه زاگرس (NISOC, 1382)

نازک دیده می شود. بخش سه با ضخامت ۲۲۵ متر که بخش زیرین آن را انیدریت و بخش فوقانی آن را تناوبی از انیدریت و لایه های نازک آهک و مارن تشکیل می دهد. بخش چهار با ضخامت ۸۳۴/۵ متر و شامل لایه های ضخیم نمک همراه با مارن و آهک خاکستری یا انیدریت است. بخش پنج با ضخامت ۳۰۸ متر و شامل تناوبی از انیدریت با مارن های قرمز تا خاکستری می شود. بخش شش با ضخامت ۲۷۸ متر که

۱۰۳ متر پایینی آن را تناوبی از انیدریت با مارن قرمز و آهک، قسمت میانی آن را نمک و انیدریت و ۶۱ متر فوقانی آن را انیدریت با مارن های قرمز یا خاکستری رنگ تشکیل می دهد. بخش هفت با ضخامت ۱۳۷ متر که شامل تناوبی از انیدریت و مارن خاکستری و آهک ماسه ای است (درویش زاده، ۱۳۸۲).

۲-۳-۵ سازند آسماری

نام این سازند از کوه آسماری در خوزستان گرفته شده است، مقطع تیپ آن در تنگ گل ترش در جنوب غربی کوه آسماری انتخاب شده است. ضخامت آن در مقطع تیپ ۳۱۴ متر است ولی عموماً از چند متر تا ۵۱۸ متر متفاوت است. از لحاظ سنگ شناسی شامل آهک کرم تا قهوه ای رنگ است. سن کلی سازند آسماری اولیگوسن تا میوسن آغازی است. سازند آسماری شامل دو بخش ماسه سنگی اهواز و بخش انیدریتی کلهر است. سازند آسماری در تمام منطقه زاگرس، هر کجا که سازند آسماری در زیر سازند گچساران یا سازند مشابه آن قرار داشته باشد، به علت درز و شکاف فراوان و تخلخل زیاد، جدیدترین سنگ مخزن نفت محسوب می شود (درویش زاده، ۱۳۸۲).

۲-۳-۶ سازند جهرم

نام این سازند از کوه جهرم در ناحیه فارس انتخاب شده است. از لحاظ سنگ شناسی شامل ۳۵ متر دولومیت های قهوه ای رنگ، ۱۶۱/۵ متر دولومیت های لایه نازک تا لایه متوسط و ۲۸۷/۵ متر بخش فوقانی با آهک دولومیتی با میکروفسیل های فراوان است. سن این سازند پالئوسن تا ائوسن پسین است (درویش زاده، ۱۳۸۲).

۲-۳-۷ سازند پابده

نام این سازند از کوه پابده در خوزستان گرفته شده است و ضخامت آن ۷۹۸/۵ متر است و شامل ۱۴۰ متر بخش شیل ارغوانی با شیل ها و مارن های همراه با لایه های نازکی از آهک، ۷۴ متر بخش شیلی با آهک رسی، ۴۲/۶ متر بخش آهک رسی با ندول های چرتی، ۸۲/۳ متر بخش شیل های تیره با لایه های آهکی پراکنده در قاعده و ۴۵۸/۵ متر بخش فوقانی با آهک های رسی لایه نازک با تناوبی از شیل است. سن این سازند پالئوسن تا میوسن است (درویش زاده، ۱۳۸۲).

۲-۳-۸ سازند گورپی

مقطع نمونه این سازند در تنگ پابده، در دامنه جنوب غربی کوه پابده در شمال میدان نفتی لالی در خوزستان اندازه گیری شده و ضخامت آن ۳۵۰ متر می باشد. از نظر لیتولوژی شامل مارن های تیره ی خاکستری مایل به آبی، شیل و کمی آهک مارنی خاکستری رنگ است. در کنتاکت زیرین سازند گورپی با سازند ایلام دگرشیبی فرسایشی خفیفی وجود دارد که با سطح آهن دار هوازده مشخص است. و در مناطقی که سازند ایلام وجود نداشته باشد سازند گورپی با انفصال رسوب مشخصی بر روی سروک قرار می گیرد. سن این سازند سانتونین گزارش شده و در بعضی نواحی ماستریشتین تعیین گردیده است (درویش زاده، ۱۳۸۲).

۲-۳-۹ سازند ایلام

محل مقطع نمونه سازند ایلام در انتهای شمال غربی کبیر کوه ایلام انتخاب شده است. سازند ایلام دو رخساره متفاوت دارد، یکی رخساره پلاژیک نسبتاً عمیق که در لرستان وجود دارد و دیگری رخساره های کم عمق که در خوزستان و فارس گسترش دارد. رخساره های پلاژیک در مقطع نمونه دارای ۱۹۰ متر ضخامت بوده و از نظر لیتولوژی شامل آهک های رسی دانه ریز خاکستری رنگ با لایه بندی منظم است و در آن لایه های نازکی از شیل های سیاه رنگ هم دیده می شود. رخساره های کم عمق از نظر لیتولوژی شامل آهک های قلوهای و در بسیاری از موارد از آهک های مشابه رخساره پلاژیک تشکیل شده است. سن هر دو رخساره سانتونین تا کامپانین تعیین شده است (درویش زاده، ۱۳۸۲).

۲-۳-۱۰ سازند سروک

نام این سازند از تنگ سروک، در کوه بنگستان در منطقه خوزستان انتخاب شده و دارای دو رخساره مشخص می باشد، یکی رخساره کم عمق به ضخامت ۸۲۱ متر در مقطع نمونه که بقایای رودیست و شکمپایان دارد و رخساره دیگر شامل آهک های لایه نازک دانه ریز و تیره رنگ است که در اعماق بیشتری تشکیل شده و در آن فسیل های ذره بینی پلاژیک هم یافت می شود. سن رخساره کم عمق در ساند سروک سنومانین و برای رخساره عمیق آلبین تا تورونین می باشد (درویش زاده، ۱۳۸۲).

۲-۳-۱۱ سازند کژدمی

مقطع نمونه این سازند در تنگ گورگودا واقع در جنوب غربی دامنه کوه میش، شمال گچساران، اندازه گیری و نام آن از قلعه کژدمی اخذ شده است. ضخامت مقطع آن ۲۳۰ متر و از نظر لیتولوژی شامل شیل های قیری تیره رنگ و واجد لایه هایی از آهک رسی تیره رنگ و مارن است. در ۱۰۰ متر اول این سازند عموماً گلوکونی وجود دارد، ولی در ۳۵ متر قاعده آن مناطق قرمز و اکسید شده هم دیده می شود. در حد بین سازند کژدمی و سازند داریان مقداری رسوب قرمز رنگ وجود دارد که نشانه ای از کم شدن عمق رسوبات یا انفصال کوتاه مدت است. سازند کژدمی بطور هم شیب بوسیله آهک های سازند سروک و به حالت تغییرات تدریجی پوشیده می شود. از نظر گسترش جغرافیایی، سازند کژدمی در تمام خوزستان و فارس دیده می شود. سن سازند کژدمی عموماً آلبین تا سنومانین زیرین می باشد (درویش زاده، ۱۳۸۲).

۲-۳-۱۲ سازند داریان

مقطع نمونه این سازند در کوه گدوان واقع در شمال دهکده داریان واقع در شمال شرق شیراز اندازه گیری شده است. از نظر لیتولوژی شامل آهک های ضخیم لایه اربیتولین دار به رنگ خاکستری تا قهوه ای می باشد. ضخامت آن در مقطع نمونه ۳۱۵ متر است. سازند داریان بر روی شیل ها و مارن های هوازده سازند گدوان بطور هم شیب قرار دارد و در بالای آن سازند کژدمی به حالت هم شیب وجود دارد. سن این سازند آپسین تعیین شده است (درویش زاده، ۱۳۸۲).

۲-۳-۱۳ سازند گدوان

مقطع نمونه این سازند در کوه گدوان در ۴۰ کیلومتری شمال شرق شیراز اندازه گیری شده است. از نظر لیتولوژی شامل مارن، یا شیل های خاکستری مایل به زرد، یا سبز است که در آن لایه هایی از آهک های رسی به رنگ خاکستری تیره دیده می شود. ضخامت آن در حدود ۱۲۰ متر است. بر اساس فسیل های موجود سن سازند گدوان نئوکومین بالایی تا آپسین تعیین شده است. در خوزستان و شمال غربی فارس،

این سازند بیشتر شیلی بوده و در جهت جنوب شرقی به تدریج از عمق محیط رسوبگذاری کاسته می شود و سرانجام در نواحی فارس به رسوبات آهکی تبدیل می شود (درویش زاده، ۱۳۸۲).

۲-۳-۱۴ سازند فهلیان

سازند فهلیان یکی از سازندهای مخازن نفت و گاز در جنوب غرب ایران است. این سازند دربردارنده بیش از ۴۰۰ متر نهشته های کربناته در میدان نفتی مورد مطالعه است. مقطع نمونه این سازند در کوه دال در نزدیکی دهکده فهلیان در غرب شیراز انتخاب شده است. از نظر لیتولوژی شامل آهک های ا'لیتی، آهک های متورق تا توده ای به رنگ خاکستری تا قهوه ای است که در قاعده آن بطور محلی مقداری آهک برشی وجود دارد. در میدان تحت مطالعه، سازند فهلیان با مرز تدریجی بر روی سازند گرو و با مرز ناپیوسته در زیر مارن- های سازند گدوان جای دارد. ضخامت این سازند در مقطع نمونه ۴۰۰ متر بوده و بر اساس فسیل های موجود سن آن نئوکومین تعیین شده است. این سازند در تمام منطقه فارس، شمال شرق خوزستان و شمال شرق لرستان گسترش داشته ولی در جهت جانبی، یعنی در جنوب غربی لرستان و خوزستان به شیل ها و آهک های گرو تبدیل می شود (درویش زاده، ۱۳۸۲).

۲-۴ بخش بندی زمین شناسی سازند فهلیان

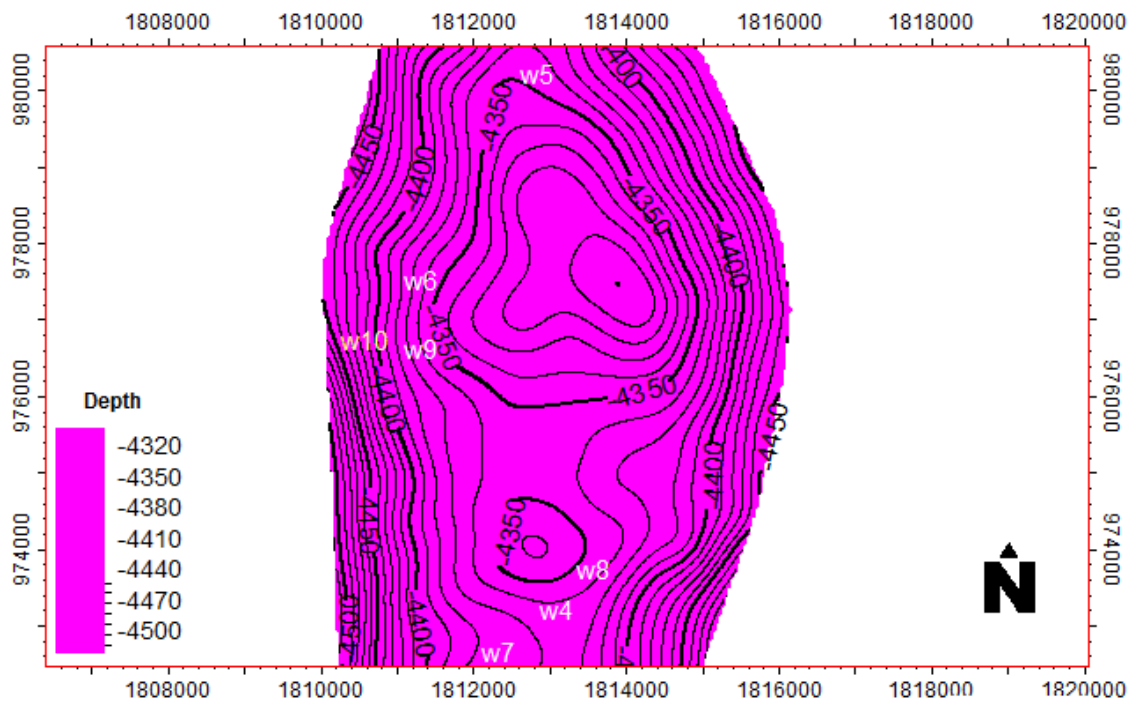
سازند فهلیان در میدان تحت مطالعه (بازه عمقی ۴۶۰۰-۴۱۰۰ متر)، با توجه به تغییرات لیتولوژیکی، تغییرات نگارهای چاه نگاری، داده های مغزه و گزارش های سر چاهی، در طی مطالعات قبلی توسط زمین شناسان شرکت مهندسی و توسعه نفت به سه لایه و پنج بین لایه^۱ تقسیم شده است. در مطالعه حاضر مطالعات پتروفیزیکی و مدل سازی در لایه ی سوم سازند فهلیان که بعنوان لایه ی مخزنی اصلی شناخته می شود، انجام می گردد. لایه ی مذکور در بازه عمقی ۴۳۵۰ تا ۴۶۰۰ متری قرار دارد که این بازه در چاه های مختلف کمی متفاوت می باشد. این لایه نیز با توجه به تغییرات لیتولوژیکی، تغییرات نگارهای چاه نگاری، داده های مغزه و گزارش های سر چاهی، به چهار زیر لایه یا بخش (۱-۳، ۲-۳، ۳-۳ و ۴-۳) تقسیم گردیده است (شرکت مهندسی و توسعه نفت، ۱۳۸۴-۲۰۰۳، N.I.O.C and PEDEC, 2003- N.I.O.C, 2002).

^۱ -Interlayer

۲-۵ داده های مورد استفاده

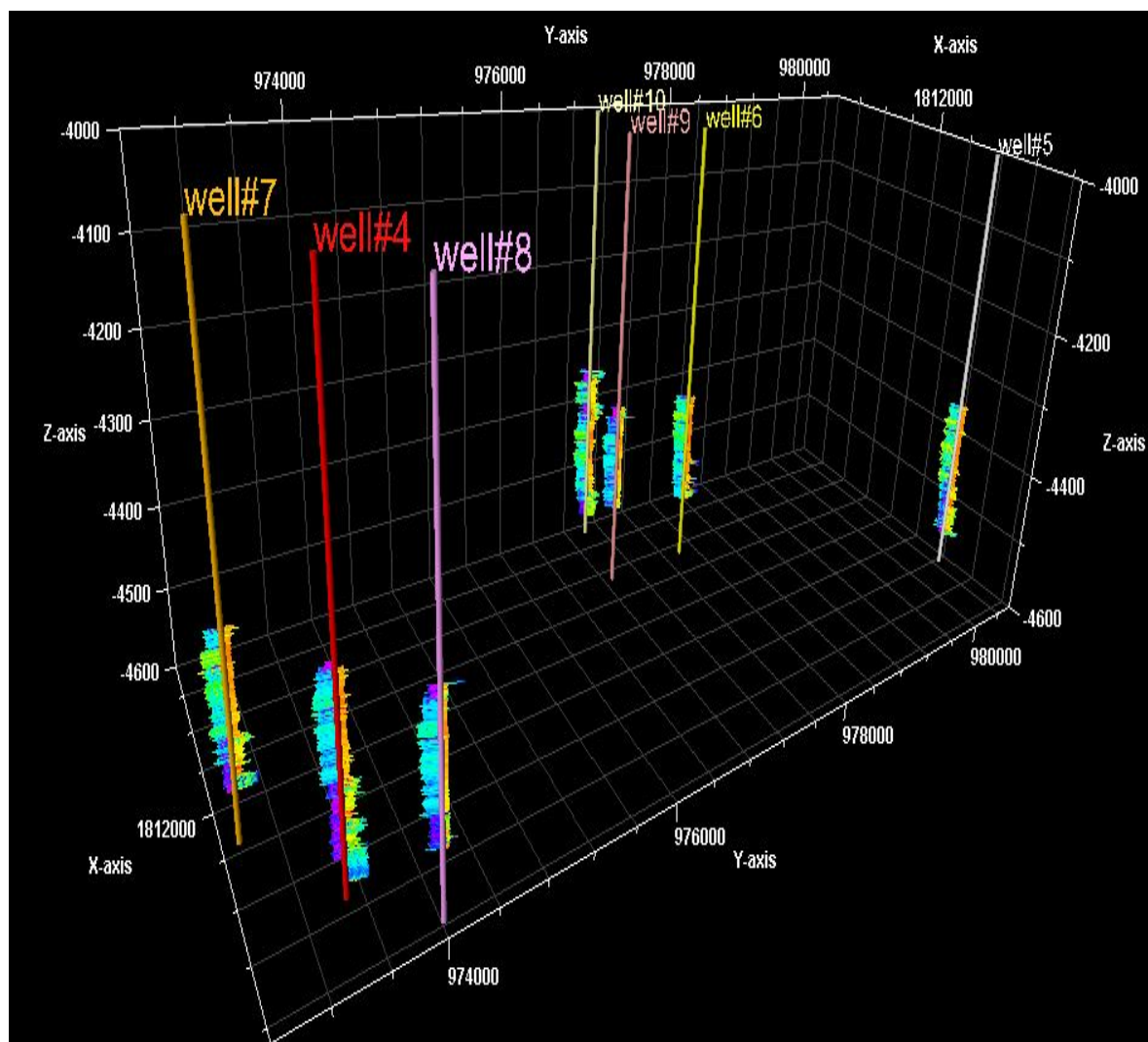
برای تحقق اهداف این مطالعه از مجموعه‌ای از داده های چاه‌نگاری (نگار نوترون، نگار صوتی، نگار چگالی، نگارهای مقاومت ویژه (LLD, LLS)، نگار قطرسنجی، نگار اشعه ی گاما) در چاه‌های شماره (۴)، (۵)، (۶)، (۷)، (۸)، (۹) و (۱۰) استفاده گردید. همچنین از داده های مغزه موجود در چاه های شماره (۴)، (۵) و (۶) و نیز داده های لرزه‌نگاری سه بعدی میدان مورد مطالعه استفاده گردید. کلیه اطلاعات و داده‌های فوق مربوط به لایه سوم سازند فهلیان و عمق زیر ۴۳۵۰ متر می‌باشد.

در شکل (۳-۲) بکمک نرم افزار Petrel وضعیت و موقعیت چاه‌های مورد مطالعه بر روی سطح لرزه‌ای گذرنده از بالای سازند فهلیان نشان داده شده است. شکل (۴-۲) نگارهای چاه‌نگاری در چاه‌های تحت مطالعه را نمایش می‌دهد. در شکل (۵-۲) ارتباط زیرلایه‌ها را در لایه سوم سازند فهلیان در چند چاه نشان می‌دهد.

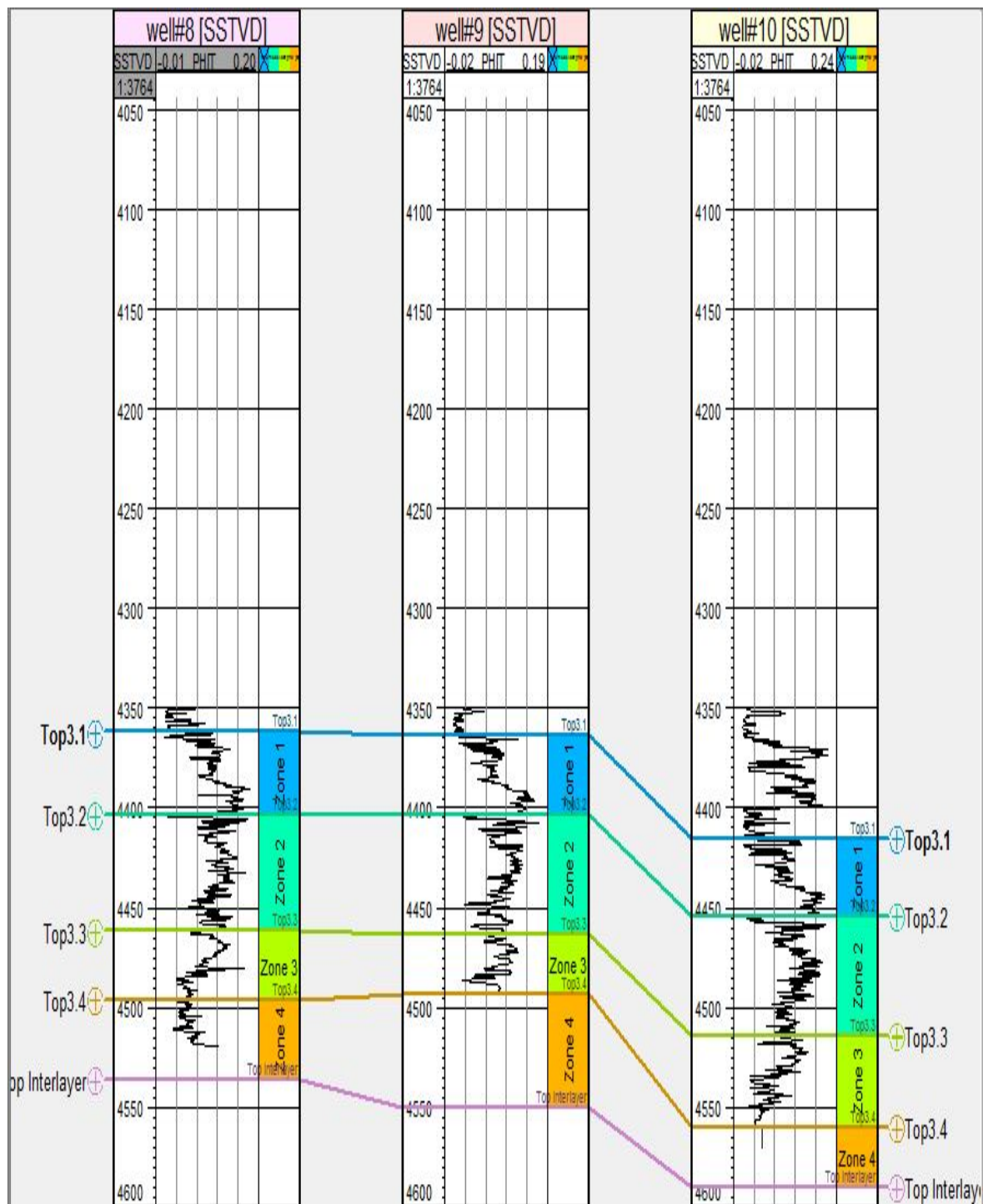


شکل (۳-۲) وضعیت و موقعیت چاه‌های مورد مطالعه بر روی سطح لرزه‌ای گذرنده از بالای سازند فهلیان (نرم

افزار Petrel)



شکل (۴-۲) نگارهای چاهنگاری در چاه های تحت مطالعه همراه با نمایش عمقی آنها



شکل (۲-۵) ارتباط زیرلایه ها در لایه سوم سازند فهلین در چاه های (۸)، (۹) و (۱۰) به همراه نمودار تخلخل بوسیله نرم افزار

Petrel

۲-۶ پارامترهای پتروفیزیکی مورد مطالعه

تخلخل، تراوایی و اشباع شدگی از مهمترین پارامترهای پتروفیزیکی مورد مطالعه هستند که در تعبیر، تفسیر و مدل سازی مخازن هیدروکربوری نقش بسزایی دارند. از این رو به دلیل اهمیت این پارامترهای پتروفیزیکی در ادامه به معرفی مختصر این پارامترها پرداخته و چگونگی اندازه گیری و محاسبه آنها نیز شرح داده می-شوند.

۲-۶-۱ تخلخل

تخلخل عبارت است از نسبت حجم فضاهای خالی به حجم کل توده سنگ که به صورت درصد بیان می شود. تخلخل با استفاده از فرمول زیر محاسبه می شود (رضایی، ۱۳۸۰):

$$\phi = \left[\frac{V_V}{V_V + V_S} \right] \quad (2-1)$$

که در آن V_V حجم فضاهای خالی و V_S حجم قسمت جامد (حجم دانه ها) است.

۲-۶-۱-۱ عوامل موثر بر تخلخل

تخلخل مخازن نفتی در بازه ای از ۵٪ تا ۴۰٪ تغییر می کند اما غالباً بین ۱۰٪ تا ۲۰٪ می باشد. فاکتورهای موثر

بر مقدار تخلخل عبارتند از (Tiab and Donaldson, 2004):

۱- جورشدگی یا چگونگی توزیع اندازه دانه بندی

۲- درجه سیمان شدگی یا تحجیر یافتگی

۳- مسدود شدگی

۴- واکنش شیمیایی

۵- شکل حفره ها

۶- شکستگی

۷- تغییر شکل بوسیله تنشها

۲-۱-۶-۲ روش های محاسبه تخلخل

محاسبه تخلخل در برآورد ذخیره ی هیدروکربور اهمیت ویژه ای دارد. محاسبه تخلخل به روش های مختلفی نظیر روش های آزمایشگاهی و استفاده از نگارهای چاه قابل تعیین می باشد. در ذیل خلاصه ای از روش محاسبه تخلخل با نگارهای چاه آورده می شود.

۲-۱-۶-۲-۱ محاسبه تخلخل با استفاده از داده های چاه نگاری

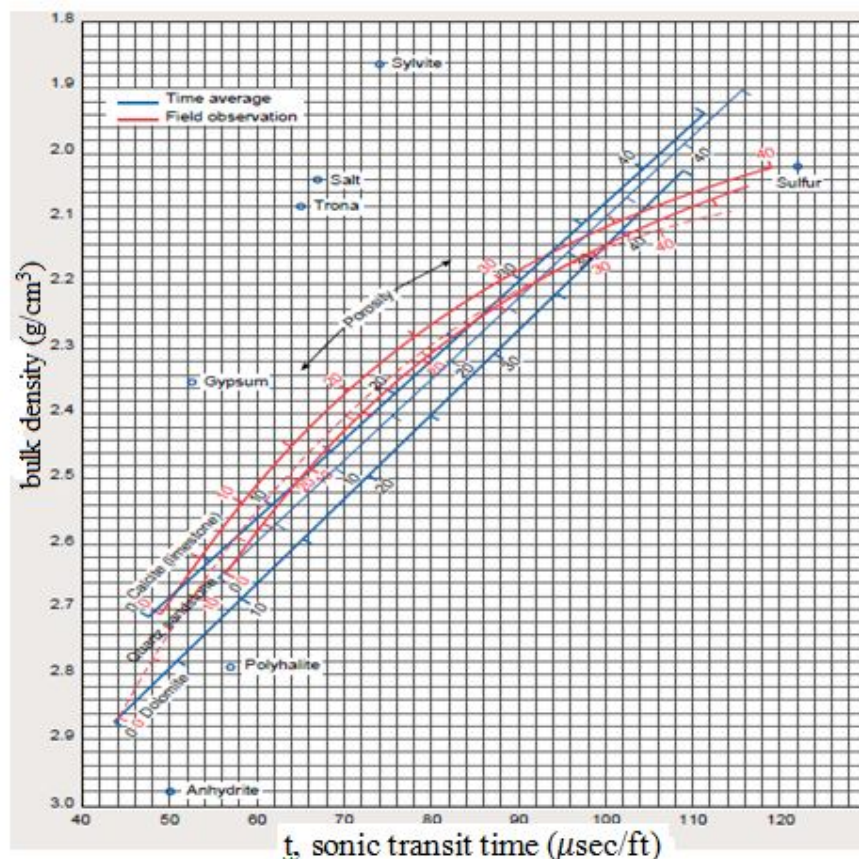
نگارهای تخلخل شامل نگارهای نوترون، چگالی و صوتی هستند. می توان با استفاده از نگارهای نوترون و چگالی تخلخل کل و با استفاده از نمودار صوتی تخلخل بین ذره ای (اولیه) را محاسبه نمود، سپس با داشتن تخلخل کل و اولیه می توان به محاسبه تخلخل ثانویه پرداخت (مرادزاده و قوامی، ۱۳۸۰). تخلخل سنگ مخزن با تلفیق کلیه نگارهای صوتی، چگالی و نوترون و با استفاده از نمودارهای متقاطع^۱ بدست می آید، که برای فهم بیشتر بطور مختصر به شرح چند نمونه از این نمودارهای متقاطع پرداخته می شود.

۲-۱-۶-۲-۱-۱ نمودار متقاطع دانسیته- صوتی^۲

شکل (۲-۶) تغییرات تخلخل را برای ماسه سنگ، آهک و دولومیت نشان می دهد. در این شکل اطلاعات بدست آمده از نگارهای دانسیته و صوتی مد نظر قرار گرفته و سازندها بر اساس جنس سنگ از یکدیگر تفکیک می گردند. تغییرات تخلخل سه کانی اصلی، روندهای زمان عبور امواج تراکمی و دانسیته کل را بوجود آورده است. موقعیت مقادیر جفت های اندازه گیری شده در تشخیص کانی زمینه می تواند کمک نماید.

^۱ - Cross plot^۲ -Density- Sonic cross plot

انحراف از این روندها گاهی می تواند از سهم قابل توجهی از کانی های دیگر باشد که برخی از اینها بر روی این نمودار مشخص شده اند (مرادزاده و قوامی، ۱۳۸۰).

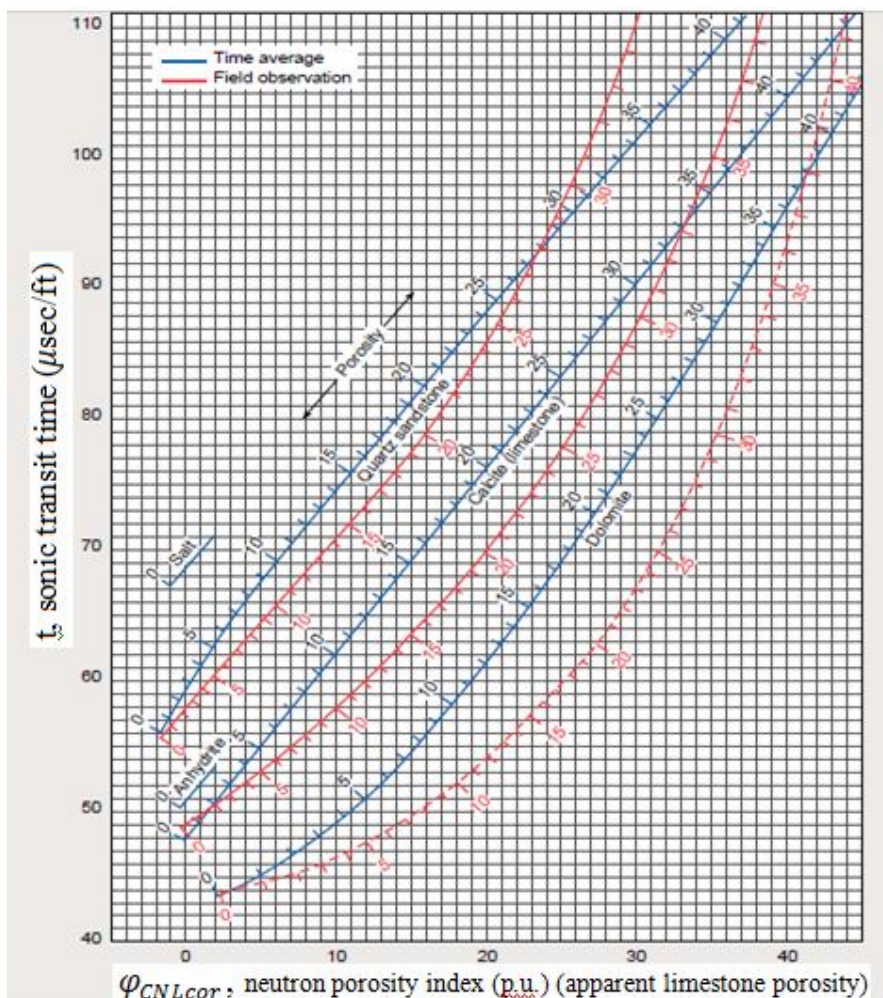


شکل (۶-۲) نمودار متقاطع دانسیته- صوتی (Schlumberger, 2000)

۲-۱-۲-۱-۶-۲ نمودار متقاطع صوتی- نوترون اصلاح شده^۱

در نمودار متقاطع شکل (۷-۲) تخلخل و جنس سازندها بر اساس اطلاعات حاصل از نگارهای صوتی و نوترون اصلاح شده نمایش داده شده اند. قدرت تفکیک نمودار مذکور در مقایسه با شکل (۶-۲) به مراتب بالاتر است (مرادزاده و قوامی، ۱۳۸۰).

^۱ - Neutron- Sonic cross plot

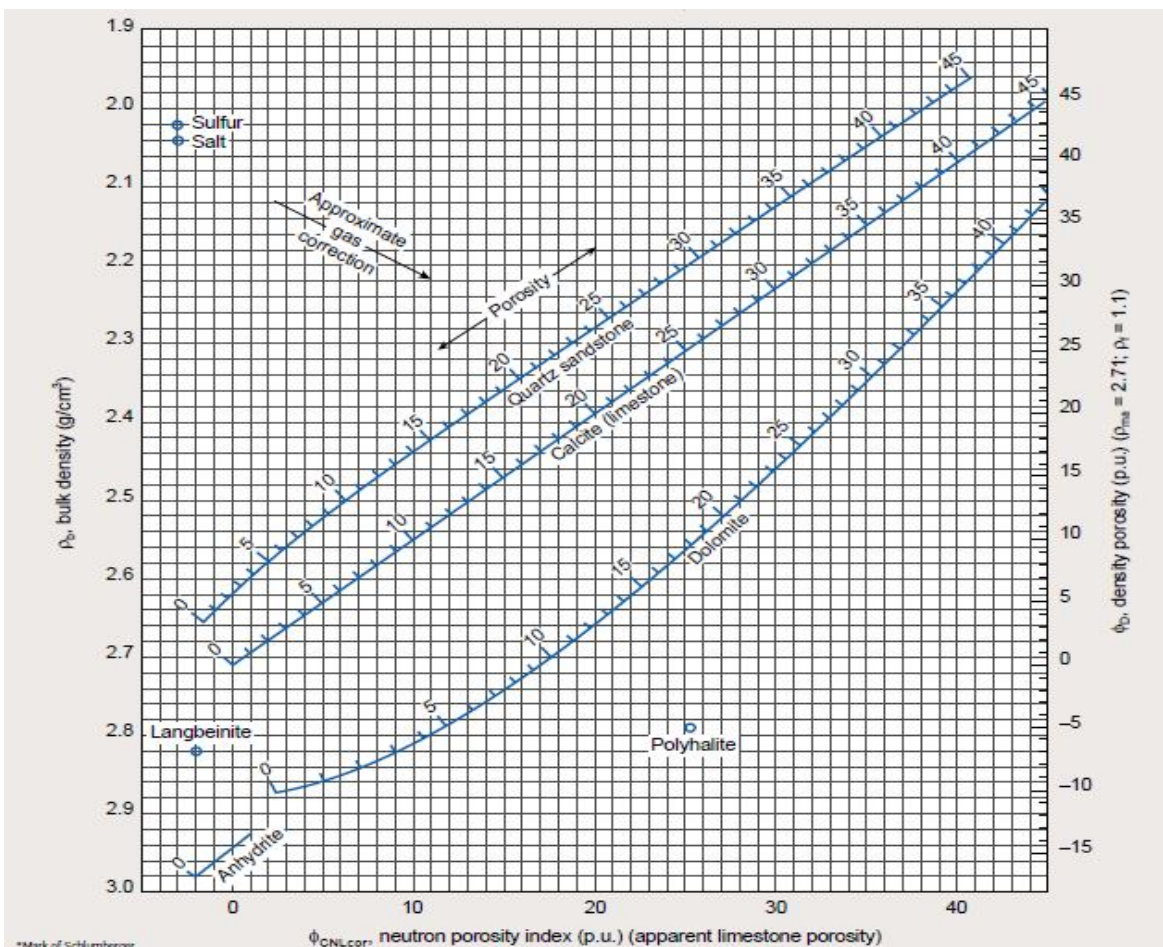


شکل (۷-۲) نمودار متقاطع تخلخل صوتی- نوترون (Schlumberger, 2000)

۲-۶-۱-۲-۱-۳ نمودار متقاطع دانسیته- نوترون اصلاح شده^۱

در شکل (۸-۲) تخلخل و جنس سازندها بر اساس اطلاعات حاصل از نگارهای دانسیته و نوترون اصلاح شده رسم گردیده است. محور قائم سمت راست نمودار نشان دهنده تخلخل حاصل از نگار دانسیته سنگ آهک حاوی آب تمیز است. مقیاس بندی این محور برای سیالات دیگر می تواند اصلاح شود.

^۱ - Density- Sonic cross plot



شکل (۲-۸) نمودار متقاطع دانسیته- نوترون که در یک وضعیت سنگ شناسی ساده برای تعیین تخلخل و جنس سنگ بکار برده می شود (Schlumberge, 2000)

۲-۶-۱-۲-۴ نمودارهای متقاطع M-N^۱

همان طور که اشاره شد، نگارهای صوتی، نوترون و دانسیته را به منظور شناسایی غیر مستقیم نوع سنگ بکار می برند. علت این امر به خواص فیزیکی متفاوت سنگها برمی گردد. اگر اطلاعات سه گانه نمودارهای فوق برای یک فاصله یا ستون چینه شناسی در دسترس باشند، جنس سنگهای مذکور را با اطمینان بالایی می توان تعیین نمود. برای این منظور دو ضریب M و N تعریف می گردد، که مقدار آنها بستگی به اطلاعات کسب شده از این سه نگار دارند و با استفاده از روابط زیر تعیین می گردند (مرادزاده و قوامی، ۱۳۸۰).

^۱ -M-N cross plot

$$M = \frac{\Delta t_f - \Delta t}{\rho_b - \rho_f} \times 0.01 \quad (2 - 2)$$

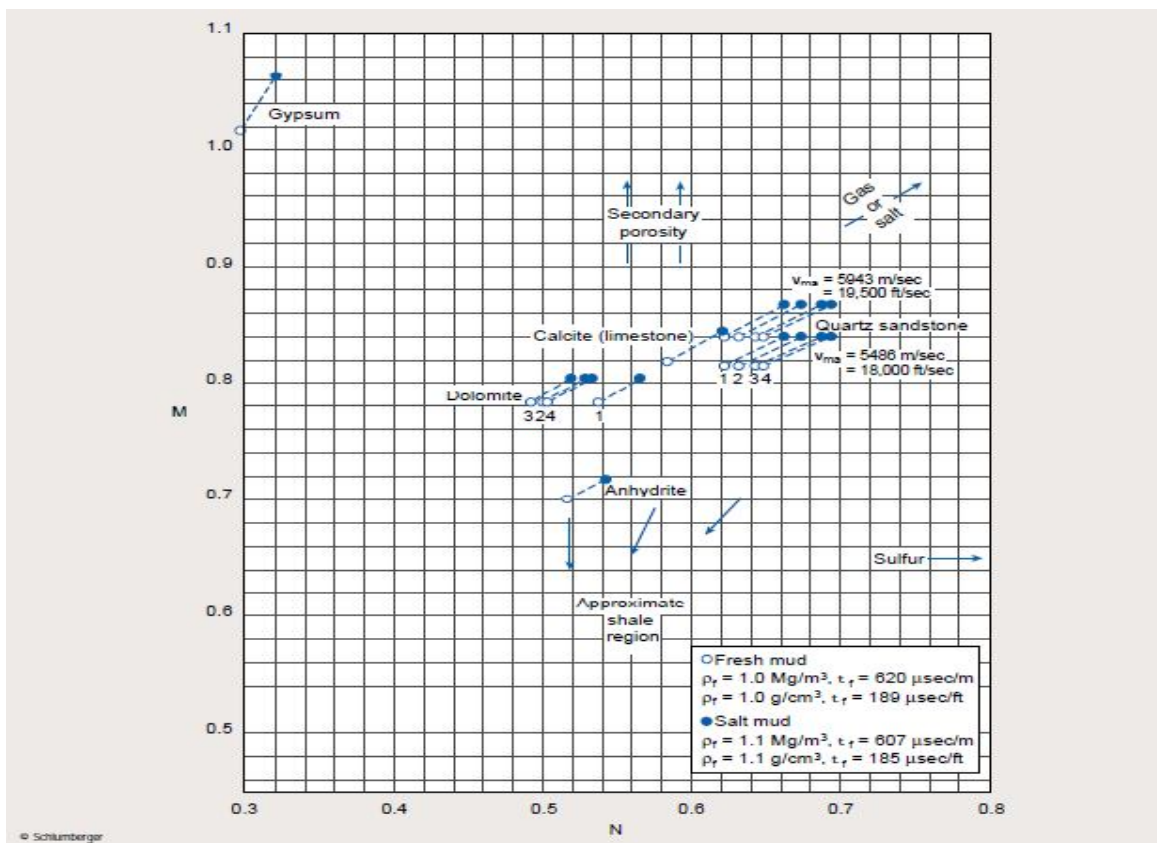
$$N = \frac{\varphi_{nf} - \varphi_n}{\rho_b - \rho_f} \quad (3 - 2)$$

که در آن (Δt_f)=زمان سیر موج در سیال، ρ_f =جرم حجمی سیال، ρ_b =جرم حجمی سنگ، φ_n =تخلخل قرائت شده از روی نگار نوترون، φ_{nf} =تخلخل نوترونی گل حفاری) می باشند. با محاسبه دو ضریب M و N و با استفاده از نمودار متقاطع شکل (۲-۹) و به دست آوردن نقطه تقاطع مقادیر M و N ، جنس سازند را می توان مشخص نمود (مرادزاده و قوامی، ۱۳۸۰).

جهت مطالعه بیشتر در مورد نمودارهای متقاطع و چگونگی استفاده از آنها می توان به مراجع و منابع موجود (مرادزاده و قوامی، ۱۳۸۰- Schlumberger, 2000 - Johnson and Pile, 2002) مراجعه کرد.

۲-۶-۲ تراوایی

تراوایی توانایی عبور یک سیال از محیط متخلخل است. برای اینکه یک سازند تراوا باشد، لازم است که سازند متخلخل بوده و فضاهای خالی به هم پیوسته باشند. علاوه بر تخلخل، اندازه فضاهای خالی، شکل و پیوستگی آن ها نیز بر تراوایی موثرند. بعضی از ماسه های ریزدانه دارای درصد بالایی از تخلخل های به هم پیوسته اند ولی به علت کوچک بودن فضاهای خالی و کوچک بودن قطر گلوگاه ها، تراوایی اندکی دارند. در نتیجه مسیری که برای عبور سیال وجود دارد، کاملاً محدود و پیچاپیچ بوده و لذا تراوایی ناچیز است. شیل ها با داشتن تخلخل زیاد، تراوایی ناچیزی دارند. سازندهای دیگر مانند سازندهای آهکی که از سنگ های متراکم ساخته شده اند، در صورت داشتن شکستگی تراوایی قابل ملاحظه ای دارند (رضایی، ۱۳۸۰).



شکل (۹-۲) نمودار متقاطع سنگ شناسی M-N (Schlumberger, 2000)

۲-۶-۲-۱ تراوایی مطلق^۱، موثر^۲ و نسبی^۳

تراوایی یک سنگ زمانی که فقط از یک نوع سیال اشباع باشد به نام تراوایی مطلق یا ذاتی خوانده می شود. تراوایی موثر زمانی بکار برده می شود که بیشتر از یک نوع سیال وجود داشته و یکی از آنها غالب باشد. در حقیقت تراوایی موثر تابعی از تراوایی مطلق، ویسکوزیته سیال و اشباع شدگی می باشد (رضایی، ۱۳۸۰).

تراوایی نسبی از پارامترهای مهم است که وقتی دو یا بیش از دو سیال متحرک، مثل نفت و آب، در میان فضاهای خالی وجود داشته باشد تعریف می گردد. تراوایی نسبی برای یک فاز، از نسبت تراوایی موثر به مطلق تعیین می شود. پس تراوایی نسبی نیز تابع اشباع شدگی است.

¹ -Absolute

² -Effective

³ -Relative

تراوایی به اندازه و شکل فضاهای خالی، خصوصیات سیالات، فشار وارد شده به سیال و همچنین به مقدار جریان سیال بستگی دارد. معادله جریان دارسی رابطه این پارامترها را با تراوایی (تراوایی مطلق) نشان می دهد.

در جریان افقی (محمدپور، ۱۳۸۳):

$$Q = 1.127 \times A \times \left(\frac{K}{\mu}\right) \times \frac{(P_1 - P_2)}{L} \quad (۴-۲)$$

Q = حجم سیال (بشکه در روز)، A = سطح مقطع عبور جریان، K = تراوایی (دارسی)، μ = ویسکوزیته سیال (سانتی پواز)، $P_1 - P_2$ = اختلاف فشار (psi)، L = طول مسیر جریان (فوت)

اما نکته مهم این است که حرکت جریان سیال از مخزن به سمت چاه خطی نیست بلکه شعاعی می باشد، بنابراین معادله به صورت زیر تغییر می کند (محمدپور، ۱۳۸۳):

$$Q = 3.07 \times H \times \left(\frac{K}{\mu}\right) \times \frac{(P_r - P_b)}{\text{Log}\left(\frac{R_r}{R_b}\right)} \quad (۵-۲)$$

H = ضخامتی از سنگ مخزن که جریان سیال در آن وجود دارد

$P_r - P_b$ = اختلاف فشار از سنگ مخزن به چاه (psi)

R_r = شعاع سنگ مخزن که برابر با طول مسیر جریان می باشد (فوت)

R_b = شعاع چاه (فوت)

واحد اندازه گیری تراوایی دارسی است. یک دارسی تراوایی سنگی است که اجازه جریان یک سانتی متر مکعب از سیال با ویسکوزیته یک سانتی پواز را در یک ثانیه از سطح مقطع خود عبور می دهد. دارسی واحد بزرگی بوده و در عمل از میلی دارسی استفاده می شود. طیف تغییرات تراوایی بسیار وسیع است. تراوایی سنگ های مخزنی بین کمتر از یک میلی دارسی در ماسه سنگ های با تخلخل کم و ۱۰۰۰۰ میلی دارسی در

سنگ های دارای شکستگی تغییر می کند (محمدپور، ۱۳۸۳). حد پایینی تراوایی که از لحاظ اقتصادی مفید باشد، تابع عواملی چون ضخامت بخش هیدروکربن دار، نوع هیدروکربن، ویسکوزیته هیدروکربن، فشار سازند، اشباع آب، قیمت هیدروکربن، عمق چاه و عوامل اقتصادی است.

۲-۲-۶-۲ تقسیم بندی تراوایی

از نظر زمین شناسی، تراوایی یک مخزن را می توان به دو دسته اولیه و ثانویه تقسیم کرد. همانند تخلخل، تراوایی اولیه در زمان ته نشینی رسوبات در سنگ به ارث می ماند. بنابراین تراوایی تحت تاثیر اندازه ذرات، شکل ذرات و سایر خواص ذرات رسوب می باشد. تراوایی ثانویه در مرحله بعد از رسوبگذاری، در طی دیاژنز و فشردگی در سنگ ایجاد می شود. این عوامل شامل: شکستگی، انحلال، سیمان شدگی و فشردگی می باشند. از نقطه نظر اقتصادی می توان تراوایی سنگ ها را مطابق جدول زیر به پنج دسته تقسیم نمود:

(Tiab and Donaldson, 2004)

جدول (۱-۲) تقسیم بندی تراوایی از نقطه نظر اقتصادی

تراوایی	ضعیف	ضعیف تا متوسط	متوسط	خوب	بسیار خوب
میلی داری	$K < 1$	$1 < K < 10$	$10 < K < 50$	$50 < K < 250$	$K > 250$

این تقسیم بندی کاملاً نسبی بوده و تابع عوامل مختلفی مانند نوع سازند، نوع سیال مخزنی و اقتصادی می باشد. به عنوان مثال تا ۲۰ سال پیش، سنگی با تراوایی کمتر از ۵۰ میلی داری به عنوان فشرده شناخته می شد، ولی امروزه به تراوایی کمتر از یک میلی داری فشرده گفته می شود (Tiab and Donaldson, 2004).

۲-۶-۲-۳ نشانه های تشخیص تراوایی (زون تراوا) به صورت چشمی از روی نگارها

در حالی که حجم شیل یا تخلخل سازند به صورت مستقیم با پاسخ نگار مخصوصی در ارتباط است، تراوایی سازند به راحتی با نگار خاصی به صورت تنها انطباق داده نمی شود. نشانه هایی که با استفاده از آن ها می توان زون های تراوا را به صورت چشمی از روی نگارها چاه تشخیص داد، در زیر آورده شده است:

۱- اگر نگار GR^۱ یا SP^۲ در کنار نمودار تخلخل (تخلخل حاصل از نگار صوتی، چگالی یا نوترون) قرار

داده شود، قسمتی از نگار GR یا SP که حجم کمی از شیل را نشان می دهد و در روی نمودار تخلخل، مقدار زیادی را نشان می دهد، این قسمت نشان دهنده یک زون تراوا می باشد.

۲- ایجاد اندود گل^۳ حفاری که در روی نگار قطرسنجی دیده می شود، نشانگر زون های تراوا می باشد.

۳- جداسدگی بین نگار مقاومت ویژه با عمق نفوذ زیاد (LLd) و نگار مقاومت ویژه با عمق نفوذ کم (LLS)، نیز نشان دهنده زون تراوا می باشد.

۴- جداسدگی مثبت بر روی میکروننگار مقاومت ویژه، در صورتی که نگار مذکور در دسترس باشد، مشخص کننده زون های تراوا می باشد. میکروننگار، یک نوع نگار مقاومت ویژه با عمق نفوذ کم است که مقاومت فیلتره گل را اندازه می گیرد (محمدپور، ۱۳۸۳).

۵- تخلخل در مقادیر زیاد معمولاً نشانگر تراوایی است. هرچند که مقدار تراوایی نمی تواند به طور مستقیم با تخلخل، بدون آگاهی از مطالب دیگر مثل داده های آنالیز مغزه، رابطه داشته باشد.

۶- اگر زون تدریجی یا انتقال^۴ قابل تشخیص باشد، این امر یکی دیگر از مشخصات تراوایی زیاد یا کم محسوب می شود. اگر زون تدریجی ضخامت زیادی داشته باشد، نشانگر تراوایی زیاد می باشد (محمدپور، ۱۳۸۳).

^۱ -Gamma Ray (GR)

^۲ -Spontaneous Potential (SP)

^۳ -Mud cake

^۴ -transition zone

۲-۶-۲ فاکتورهای کنترل کننده تراوایی

تخلخل یک خصوصیت ساکن و استاتیک سنگ ها بوده در حالی که تراوایی یک خصوصیت دینامیک و متحرک می باشد. تراوایی به فاکتورهای متعددی بستگی دارد و مطالعات زیادی تا کنون به عمل آمده است تا بتوان ارتباط دقیق و کمی را بین این فاکتورها و تراوایی پیدا نمود به طور مثال (رضایی، ۱۳۸۰):

- رابطه بین رخساره های رسوبی و تراوایی: رخساره های رسوبی بافت و فابریک یک سنگ را کنترل می کنند. لذا تاثیر بسزایی روی تراوایی دارند.
- اثر ترکیب سنگ روی تراوایی: ترکیب یک سنگ، فشردگی مکانیکی را در طی دیاژنز کنترل می کند که به شدت روی تراوایی تاثیر دارند.
- اثر عمق تدفین بر تراوایی: تراوایی به طور قابل ملاحظه ای با عمق کم می شود. کاهش تراوایی با عمق به افزایش سیمان، کاهش تخلخل ثانویه و افزایش فشار لایه های فوقانی، و یا به عبارتی افزایش فشردگی، نسبت داده می شود که منجر به مسدود شدگی گلوگاه های تخلخل می شود.

۲-۶-۳ اشباع شدگی^۱

اشباع شدگی سیال، میزان آب و هیدروکربور موجود در خلل و فرج سنگ را بیان می کند و شامل اشباع شدگی آب (S_w)، اشباع شدگی نفت (S_o) و اشباع شدگی گاز (S_g) می باشد. اشباع شدگی بدون واحد است و معمولاً بصورت درصد بیان می شود. مجموع اشباع شدگی آب، نفت و گاز همواره برابر یک یا ۱۰۰٪ می باشد (رضایی، ۱۳۸۰).

اشباع شدگی آب یک سازند تمیز بر حسب مقاومت ویژه کل واقعی (R_t) بر اساس رابطه آرچی

$$(F = \frac{R_o}{R_w} = \frac{a}{\phi^m}) \text{ به صورت زیر بیان می شود (مرادزاده و قوامی، ۱۳۸۰):}$$

^۱ - Saturation (S)

$$S_W = \left(\frac{R_O}{R_t} \right)^{1/n} = \left(\frac{a \cdot R_W}{\phi^m \cdot R_t} \right)^{1/n} \quad (۶-۲)$$

که در آن، مقاومت ویژه آب سازند R_W ، مقاومت ویژه سازند R_O ، ضریب سیمان شدگی m ، عدد ثابت a و n توان اشباع شدگی است که مقدار آن بین $۱/۷-۲/۲$ در نوسان است. با فرض $n=۲$ رابطه فوق بصورت زیر تعریف می شود (مرادزاده و قوامی، ۱۳۸۰):

$$S_W = \sqrt{R_O/R_t} \quad (۷-۲)$$

۷-۲ مدل سازی خواص پتروفیزیکی و رخساره ها

امروزه با پیشرفت علم و تکنولوژی روش های گوناگونی جهت مدل سازی ارایه شده است. قبلا به اهمیت مدل سازی در مخازن هیدروکربوری اشاره گردید. در اینجا به معرفی اجمالی روش های مورد استفاده در این مطالعه پرداخته می شود. روش های مدل سازی به دو دسته کلی تصادفی^۱ و قطعی^۲ تقسیم بندی می گردند (Schlumberger, 2009).

۱-۷-۲ روش های تصادفی

اولین بار در سال ۱۹۸۸ در کنفرانسی که توسط انجمن مهندسين نفت^۳ برگزار گردید، بصورت جدی بحث بر روی مزایا و معایب این روش ها آغاز گردید. این روش ها نسبت به روش های قطعی درک بهتری از ناهمگنی مخزن ارائه می دهند (Yarus & Chambers, 1994). از مهمترین روش های تصادفی مورد استفاده می توان به روش مدل سازی پی در پی گوسی (SGS)^۴ برای پارامترهای پیوسته نظیر تخلخل و نفوذپذیری، و

^۱ -stochastic

^۲ - deterministic

^۳ - Society Of Petroleum Engineers

^۴ - Sequential Gaussian simulation(SGS)

روش مدل سازی پی در پی شاخص (SIS)^۱ جهت مدل سازی پارامترهای گسسته نظیر رخساره ها، نام برد (Dubois et al., 2007). روش های تصادفی مورد استفاده در این مطالعه عبارتند از:

- روش مدل سازی پی در پی گوسی

- روش مدل سازی تابع تصادفی گوسی (GRFS)^۲

این دو روش برای مدل سازی خواص پتروفیزیکی بکار می روند، جهت مدل سازی رخساره ها بعنوان پارامترهای گسسته از روش های تصادفی زیر استفاده می شود (Schlumberger, 2009):

- Sequential indicator simulation (SIS)
- Object modeling
- Truncated Gaussian Simulation (TGS)
- Truncated Gaussian with trends
- Multi-point facies simulation (MPS)

که در این مطالعه از روش مدل سازی پی در پی شاخص (SIS) جهت مدل سازی پارامترهای گسسته استفاده می شود.

۲-۱-۷-۱ روش مدل سازی پی در پی گوسی (SGS)

مبنای روش SGS بسیار ساده می باشد. روش کریجینگ یک تخمین از میانگین و انحراف معیار از متغیر مورد نظر در هر گره شبکه بدست می دهد، بدین معنی که ما می توانیم در هر گره متغیر را بعنوان یک متغیر تصادفی دارای توزیع نرمال (گوسی)، بیان کنیم. این روش یک انحراف تصادفی را از این توزیع نرمال انتخاب می کند، که این انتخاب بر اساس یک عدد تصادفی که بیانگر سطح احتمال می باشد، صورت می گیرد. بطور خلاصه رویه روش SGS بصورت زیر می باشد (Deutsch, 2002):

- ایجاد یک مسیر تصادفی در امتداد گره های شبکه

^۱ - Sequential indicator simulation (SIS)

^۲ - Gaussian random function simulation (GRFS)

- رویت اولین گره در امتداد مسیر و استفاده از کریجینگ جهت تخمین میانگین و انحراف معیار برای متغیر در همان گره بر اساس مقادیر داده های موجود در اطراف گره
- انتخاب یک مقدار تصادفی از توزیع نرمال نظیر و قرار دادن مقدار متغیر در آن گره
- رویت متوالی هر گره در مسیر تصادفی و تکرار فرایند

۲-۱-۷-۲ روش مدل سازی تابع تصادفی گوسی (GRFS)

این روش بعنوان یک الگوریتم مدل سازی گوسی جدید در نرم افزار Petrel 2009.1 معرفی گردیده است. این الگوریتم اساساً با روش SGS متفاوت می باشد. این روش بر خلاف روش SGS یک الگوریتم تکرار متوالی نبوده و این ویژگی به الگوریتم اجازه می دهد تا بصورت موازی عمل نماید. این روش سریعتر از روش SGS می باشد (Schlumberger, 2009).

۲-۱-۷-۳ روش مدل سازی پی در پی شاخص (SIS)

این روش خیلی شبیه به روش SGS می باشد، با این تفاوت که در روش SIS از کریجینگ شاخص جهت ایجاد یک تابع چگالی تجمعی گسسته برای دسته های منفرد در هر مورد، استفاده می شود و هر گره به یک دسته انتخاب شده تصادفی از این تابع چگالی تجمعی گسسته، تخصیص می یابد.

بطور خیلی خلاصه، یک نماینده شاخص برای یک متغیر گسسته نظیر رخساره ها می تواند به شکل معادله زیر بیان می شود:

$$i(u_{\alpha}; k) = \begin{cases} 1 & \text{اگر رخساره } k \text{ در } u_{\alpha} \text{ باشد} \\ 0 & \text{در غیر اینصورت} \end{cases}$$

می توان برای هر یک از k رخساره مختلف یک متغیر شاخص داشت. سپس می توان با استفاده از کریجینگ (بر اساس واریوگرام های شاخص) به ایجاد یک مجموعه از احتمال عضویت رخساره ها در هر نقطه از شبکه

پرداخت. بعد از ساخت تابع چگالی تجمعی از احتمالات، رخساره ها بطور تصادفی از تابع چگالی تجمعی انتخاب می گردند (Deutsch, 2002).

۲-۷-۲ روش های قطعی

روش های قطعی بر خلاف روش های تصادفی برای ورودی های یکسان، همواره یک نتیجه را سبب می شوند. این الگوریتم ها خیلی سریعتر و آسان تر می باشند. در الگوریتم های تصادفی به آسانی می شود فهمید که چرا یک مقدار مشخص به یک سلول معین اختصاص یافته است.

روش های قطعی مورد استفاده در این مطالعه شامل کریجینگ^۱، درون یابی کریجینگ^۲، روش تابعی^۳ و روش نزدیکی^۴ می باشند.

روش های فوق جهت مدل سازی خواص پتروفیزیکی بکار می روند، جهت مدل سازی رخساره ها بعنوان پارامترهای گسسته از روش قطعی کریجینگ شاخص^۵ استفاده می شود (Schlumberger, 2009).

۲-۷-۲-۱ روش کریجینگ

کریجینگ یک روش تخمین زمین آماری است. بطور خلاصه می توان آن را بهترین تخمین گر خطی نااریب^۶ دانست. این تخمین گر خطی ضمن آنکه کمترین پراش تخمین را تنظیم می کند، نااریب بودن تخمین ها را نیز تضمین می کند، مشروط به این که داده ها توزیع نرمال داشته باشند. یکی از قابلیت های کریجینگ آن است که قادر است هم بصورت نقطه ای و هم بلوکی تخمین بزند. بسته به معلوم یا نامعلوم بودن میانگین کمیت مورد بررسی در فضای مورد تخمین دو نوع کریجینگ را می توان بکار برد. اگر میانگین کمیت مورد

^۱ -kriging

^۲ -kriging interpolation

^۳ -Functional

^۴ -Closest

^۵ -Indicator kriging

^۶ -Best Linear Unbiased Estimator

بررسی در فضای مورد تخمین معلوم باشد کریجینگ را ساده^۱ و اگر نامعلوم باشد آن را معمولی^۲ می-نامند (حسنی پاک، ۱۳۸۰).

۲-۲-۷-۲ روش تابعی

این روش یک تابع سه بعدی (سه می شکل، سطحی،...) جهت استفاده در درون یابی، ایجاد می کند. مقادیر هر سلول با توجه به وزن فاصله نسبت به داده ورودی، درون یابی می شوند. الگوریتم این روند را ادامه می دهد و می تواند مقادیر بیشتر یا کمتر از داده های ورودی را بوجود آورد. این روش نسبتاً سریع بوده و برای داده های کم مناسب نمی باشد (Schlumberger, 2009).

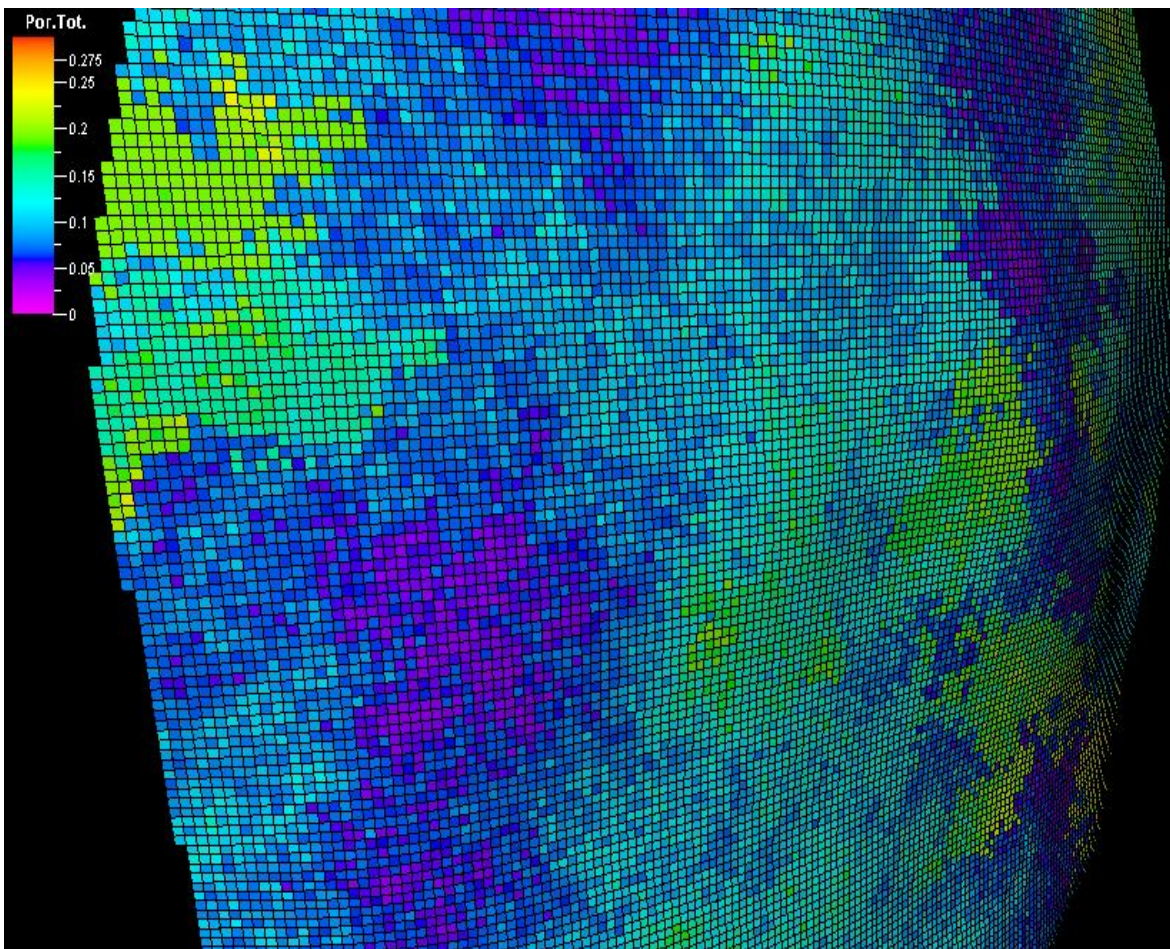
۲-۲-۷-۲ Closest روش

همانطور که از نام این روش پیداست، این الگوریتم به سادگی به هر سلول موجود در مدل، نزدیکترین مقدار با داده های ورودی را اختصاص می دهد (Schlumberger, 2009).

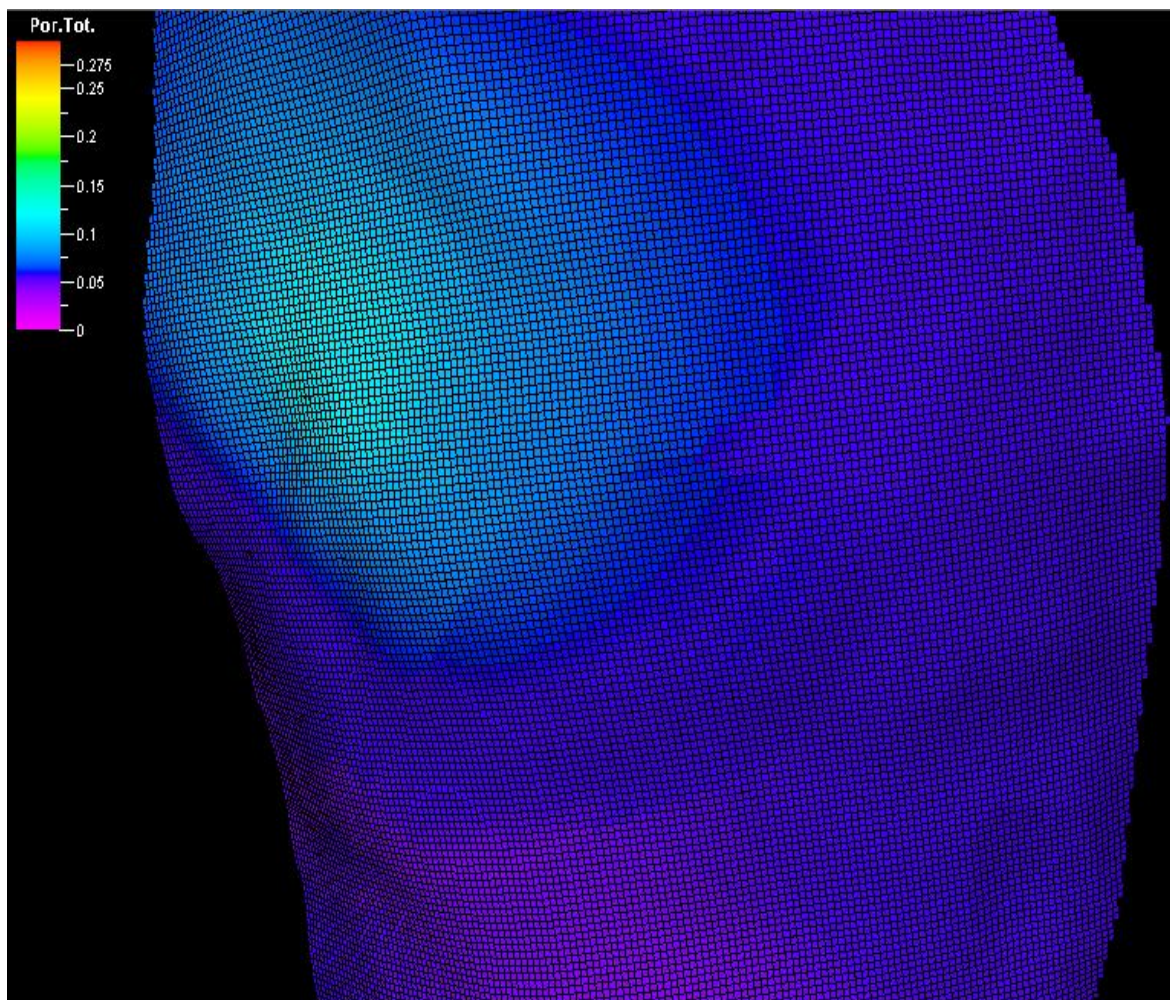
در شکل (۲-۱۰) مدل تخلخل میدان تحت مطالعه، ساخته شده توسط روش تصادفی (SGS) و در شکل (۲-۱۱) مدل ساخته شده بوسیله همان داده ها به روش قطعی (کریجینگ) نشان داده شده است. همان طور که در این دو شکل دیده می شود مدل بدست آمده به روش تصادفی به صورت جزئی تر و دقیق تر به تخمین تخلخل می پردازد، اما در روش قطعی پیش بینی به صورت محلی انجام می شود و از دقت پایین تری برخوردار می باشد.

^۱ -simple

^۲ -ordinary



شکل (۲-۱۰) مدل تخلخل ساخته شده میدان مورد مطالعه توسط روش تصادفی (SGS)



شکل (۱۱-۲) مدل تخلخل ساخته شده میدان مورد مطالعه به روش قطعی (کریجینگ)

فصل سوم

ارزیابی پارامترهای پتروفیزیکی

۳-۱ مقدمه

جهت انجام مدل‌سازی همواره نیاز به داده‌های پتروفیزیکی تفسیر شده می‌باشد و از نگارهای خام بصورت مستقیم جهت این مهم نمی‌توان استفاده نمود. لذا در این فصل و با استفاده از نرم افزار IP به تعبیر و تفسیر داده‌های خام پرداخته می‌شود. هدف نهایی ما در این مرحله محاسبه تخلخل، تراوایی، اشباع آب و همچنین تعیین سنگ‌شناسی در هر چاه می‌باشد. این عملیات برای کلیه چاه‌های تحت مطالعه انجام می‌گردد. در شکل (۳-۱) مراحل بدست آوردن پارامترهای پتروفیزیکی با استفاده از نرم افزار IP نشان داده شده است.



شکل (۳-۱) مراحل بدست آوردن پارامترهای پتروفیزیکی با استفاده از نرم افزار IP

۳-۲ تهیه بانک اطلاعات پتروفیزیکی

همان طور که گفته شد در مطالعه حاضر نرم افزار IP جهت تهیه بانک اطلاعاتی و ارزیابی پتروفیزیکی مورد استفاده قرار گرفته است. در این مرحله تمامی اطلاعات چاه های میدان شامل نگارهای چاه، اعماق ورودی چاه‌ها به سرسازندها^{۴۲}، نتایج آنالیز مغزه‌ها و اطلاعات مربوط به تصحیحات محیطی مطابق شکل (۳-۲) وارد نرم‌افزار IP گردیدند.



شکل (۳-۲) مراحل تهیه بانک اطلاعات پتروفیزیکی بوسیله نرم افزار IP

۳-۲-۱ ورود اطلاعات سربرگ نمودارها به نرم افزار

داده‌های حفاری چاه، خواص گل و اطلاعات مربوط به تصحیحات محیطی از سربرگ نمودارهای هرچاه استخراج و وارد نرم‌افزار IP گردید. جهت نمونه در جدول (۳-۱) فهرست این اطلاعات برای چاه شماره ۴ آورده شده‌است.

۳-۲-۲ آماده سازی و پردازش داده ها

قبل از استفاده از داده ها، باید پردازش داده ها صورت گیرد، تا نتایج حاصل شده عاری از هر گونه اشتباه باشند. در راستای انجام این پژوهش داده های زیر مورد استفاده قرار گرفت:

- نگارهای چاه‌نگاری (نگار نوترون (CNL)، نگار صوتی (BHC)، نگار چگالی (LDL)، نگارهای مقاومت ویژه (LLD, LLS, MSFL)، نگار قطرسنجی، نگار اشعه ی گاما (GR)، نگار پتانسیل خودزا (SP) و نگار طیف سنجی پرتو گاما (NGS))

(مرادزاده و قوامی، ۱۳۸۰-۲۰۰۷، Ellis and Singer, 2007 - Johnson and Pile, 2002).

- داده های تخلخل و تراوایی مغزه

- داده های سربرگ چاه ها از قبیل مقاومت ویژه آب سازندی ، مقاومت فیلتره گل حفاری و ...

در جدول (۲-۳) خلاصه ای از نگارهای رانده شده و در جداول (۳-۳)، (۳-۴) و (۳-۵) مغزه های بدست آمده و مقدار تخلخل و تراوایی حاصل از آنالیز مغزه برای چاه های شماره ۴، ۵ و ۶ آورده می شود. تمامی نگارها بصورت رقومی موجود بوده و از کیفیت قابل قبولی برخوردار هستند.

جدول (۱-۳) پارامترهای تصحیح محیطی چاه شماره ۴

پارامترها	بازه عمقی
	۴۵۹۳ / ۳۴-۴۲۹۷ / ۰۷ (متر)
نوع چاه	باز ^۱
نوع گل	پایه آبی
مقاومت گل در دمای ۳۸ °C	۰ / ۴۵۶ (اهم متر)
مقاومت اندود گل در دمای ۴۱ °C	۰ / ۹۸۲ (اهم متر)
مقاومت فیلتره گل در دمای ۴۲ °C	۰ / ۳۲۳ (اهم متر)
دانسیته گل (گرم/سانتی متر مکعب)	۱ / ۶۵
مقدار باریت گل (٪)	۱۰
اندازه مته (اینچ)	۸ / ۵
اندازه چاه (اینچ)	نگار قطر سنجی
شوری آب سازند (ppk)	۱۸۰
حد اکثر دمای ته چاه (درجه سانتی گراد)	۱۳۸

1 - open hole

جدول (۳-۲) خلاصه ای از نگارهای رانده شده

چاه	عمق بالایی (متر)	عمق پایینی (متر)	اندازه چاه (اینچ)	نوع نگار	شرکت
۴	۴۲۹۵	۴۵۸۵/۵	۸/۵	DLL-BHC-GR	شولمیرژه
۴	۴۲۹۸	۴۵۹۰	۸/۵	LDL-CNL-NGS	شولمیرژه
۵	۴۳۴۷	۴۵۵۲	۵/۸۷۵	DLL-MSFL-BHC-SP-GR	شولمیرژه
۵	۴۳۴۷	۴۵۵۶	۵/۸۷۵	LDL-CNL-NGS	شولمیرژه
۶	۴۲۵۴	۴۵۱۱	۵/۸۷۵	DLL-MSFL-BHC-SP-GR	شولمیرژه
۶	۴۲۵۴	۴۵۱۱	۵/۸۷۵	LDL-CNL-NGS	شولمیرژه

جدول (۳-۳) مغزه گیری چاه شماره ۴

عمق بالایی (متر)	عمق پایینی (متر)	درصد بازیابی	تخلخل %	تراوایی md
۴۲۴۴	۴۲۴۸	۱۰۰	۲۰	۳۰

جدول (۳-۴) مغزه گیری چاه شماره ۵

شماره مغزه	اندازه چاه (اینچ)	عمق بالایی (متر)	عمق پایینی (متر)	درصد بازیابی	تخلخل %	تراوایی md
۱	۸/۵	۴۲۸۹	۴۲۹۹	۱۰۰	۱۱/۵	۵
۲	۸/۵	۴۲۹۹	۴۳۰۹	۱۰۰	۱۵/۷	-
۳	۸/۵	۴۳۰۹	۴۳۱۹	۱۰۰	۱۷/۵	۳
۴	۸/۵	۴۳۱۹	۴۳۲۹	۱۰۰	۲۰	-
۵	۵/۸۷۵	۴۳۴۲	۴۳۵۰	۶۷	-	-

ادامه جدول (۳-۴)

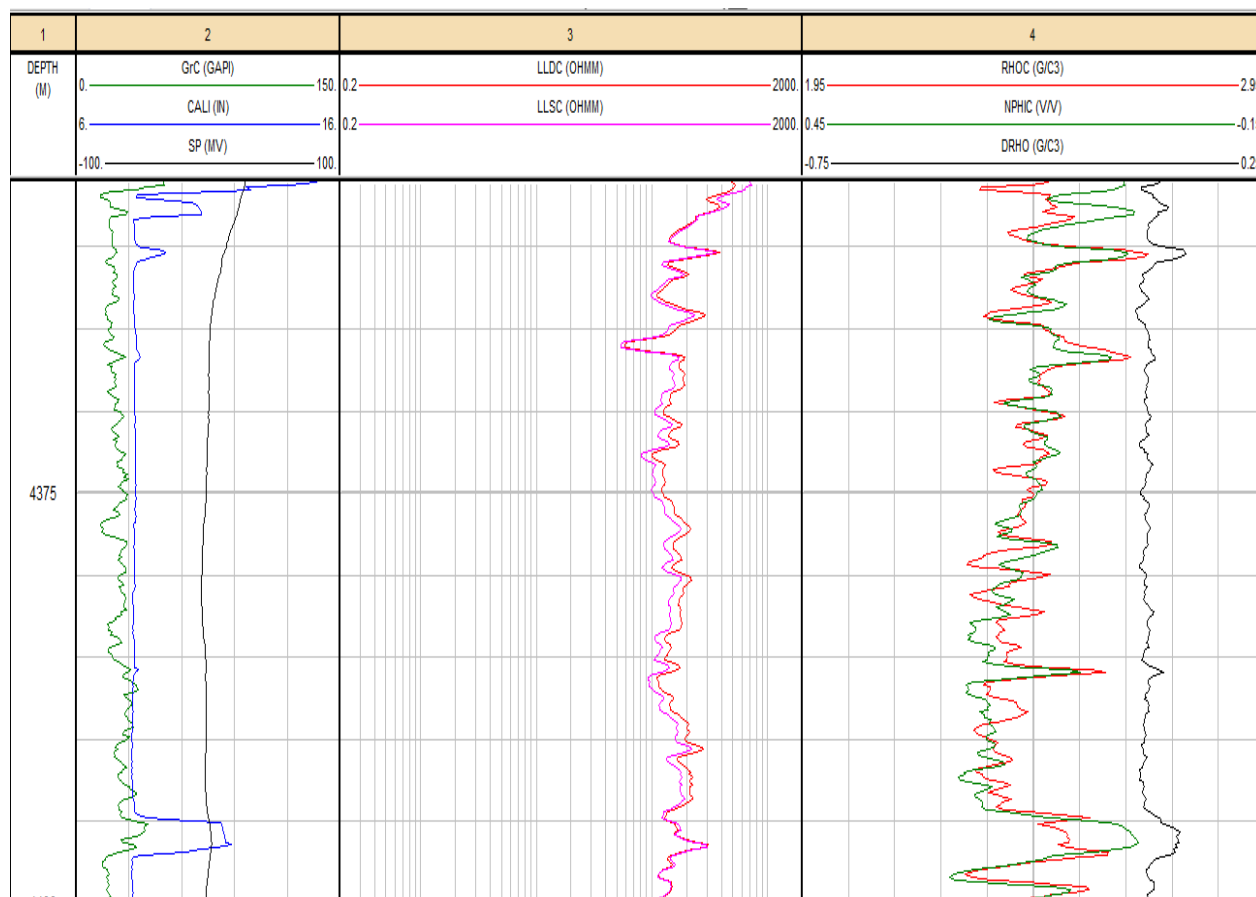
۳	۱۴	۱۰۰	۴۴۰۶	۴۴۰۰	۵/۸۷۵	۶
۴/۵	۱۹/۵	۱۰۰	۴۴۱۹	۴۴۰۶	۵/۸۷۵	۷
۵	۱۷/۱	۱۰۰	۴۴۳۱	۴۴۱۹	۵/۸۷۵	۸
۴/۶	۱۷/۵	۱۰۰	۴۴۴۳	۴۴۳۱	۵/۸۷۵	۹
۳	۱۱	۷۱	۴۴۴۶	۴۴۴۳	۵/۸۷۵	۱۰
۳	۱۰/۸	۸۷	۴۴۴۹	۴۴۴۶	۵/۸۷۵	۱۱

جدول (۳-۵) مغزه گیری چاه شماره ۶

تراوایی md	تخلخل %	درصد بازیابی	عمق پایینی (متر)	عمق بالایی (متر)	اندازه چاه (اینچ)	شماره مغزه
-	۱۱	۱۰۰	۴۱۸۵	۴۱۷۳	۸/۵	۱
۵	۱۴/۵	۱۰۰	۴۱۹۷	۴۱۸۵	۸/۵	۲
۲/۵	۱۷/۳	۹۷	۴۲۷۲	۴۲۵۴	۸/۵	۳
-	۱۹	۴۶	۴۳۷۰/۵	۴۳۶۷	۵/۸۷۵	۴
-	۱۸	۷۷	۴۳۷۴	۴۳۷۰/۵	۵/۸۷۵	۵
۴	۱۶/۴	۷۵	۴۳۷۶	۴۳۷۴	۵/۸۷۵	۶
۴/۵	۱۹/۴	۴۴	۴۳۸۰/۵	۴۳۷۶	۵/۸۷۵	۷
۵	۱۷/۵	۸۴	۴۳۸۶	۴۳۸۰/۵	۵/۸۷۵	۸
۴/۷	۱۶/۵	۹۷	۴۳۸۹/۵	۴۳۸۶	۵/۸۷۵	۹
۳	۱۰	۱۰۰	۴۳۹۵/۵	۴۳۸۹/۵	۵/۸۷۵	۱۰
۲/۷	۹/۸	۹۸	۴۴۶۴	۴۴۵۲	۵/۸۷۵	۱۱

۳-۲-۳ بررسی کیفیت اطلاعات نگارهای حاصل از چاه‌نگاری

نگارهای چاه در چاه‌های میدان مورد مطالعه، بطور کلی از کیفیت خوب و قابل قبولی برخوردار هستند. تنها در مواردی کیفیت این نگارها مناسب نبودند و از آنجا که این موارد خارج از محدوده مد نظر ما بودند، لذا خللی در مطالعه بوجود نیاورد. در زیر نمونه‌ای از نگارهای رانده شده در چاه شماره ۴ آورده می‌شود (شکل ۴-۱). نمونه‌های مشابه برای چاه‌های ۵، ۶ و ۷ در پیوست (الف) در شکل‌های (الف-۱) و (الف-۲) و (الف-۳) آورده شده است.



شکل (۳-۳) نمونه‌ای از نگارهای رانده شده در چاه شماره ۴

۳-۲-۴ تطابق عمقی^۱ نگارها

با توجه به اینکه نگارهای مختلف ممکن است در زمان‌های مختلف و با سرعت‌های مختلف در چاه رانده شوند، لذا ممکن است که اندکی اختلاف عمقی با یکدیگر نشان دهند. در این مرحله انطباق عمقی بر روی تعدادی از نگارها که نیاز به تصحیحات عمقی داشتند انجام گردید. اما از آنجا که نگارهای مورد نیاز در بازه عمقی تحت مطالعه در زمان مشابهی رانده شدند، درواقع نیازی به تطابق عمقی وجود ندارد. تصحیحات عمقی با استفاده از ابزار انطباق عمقی نرم‌افزار IP، انجام می‌گردد.

۳-۲-۵ محاسبات اطلاعات مقدماتی

در این مرحله براساس پارامترهای دما و وزن گل همراه با نگارهای مقاومت ویژه و چگالی (RHOB) و فاکتور فتوالکتریک (PEF)، پروفیل دما، فشار، مقاومت ویژه گل، جذب فتوالکتریک (U) و قابلیت هدایت الکتریکی سازند (عکس مقاومت واقعی سازند) محاسبه گردید. بدین ترتیب که بعد از ورود اطلاعات نگارگیری^۲ و گل حفاری، پروفیل دما و فشار، مقاومت‌های ویژه گل^۳ (Rm)، تراویده گل^۴ (Rmf) و اندود یا سل^۵ گل (Rmc) در مقابل عمق محاسبه گردید. علاوه بر موارد فوق در این مرحله هدایت الکتریکی^۶ واقعی سازند (CT=1/RT) و هدایت الکتریکی منطقه تراویده (CXO=1/RXO) محاسبه گردید. از این نتایج در مراحل بعدی ارزیابی پتروفیزیکی (تصحیحات محیطی) استفاده خواهد شد. همان‌طور که در شکل (۳-۴) دیده می‌شود، این محاسبات مقدماتی، بوسیله ی قسمت محاسبه^۷ (User Formula, Temperature Gradient, R_w from) در نرم‌افزار IP، انجام می‌شود.

1 -Depth Matching

2 -Logging

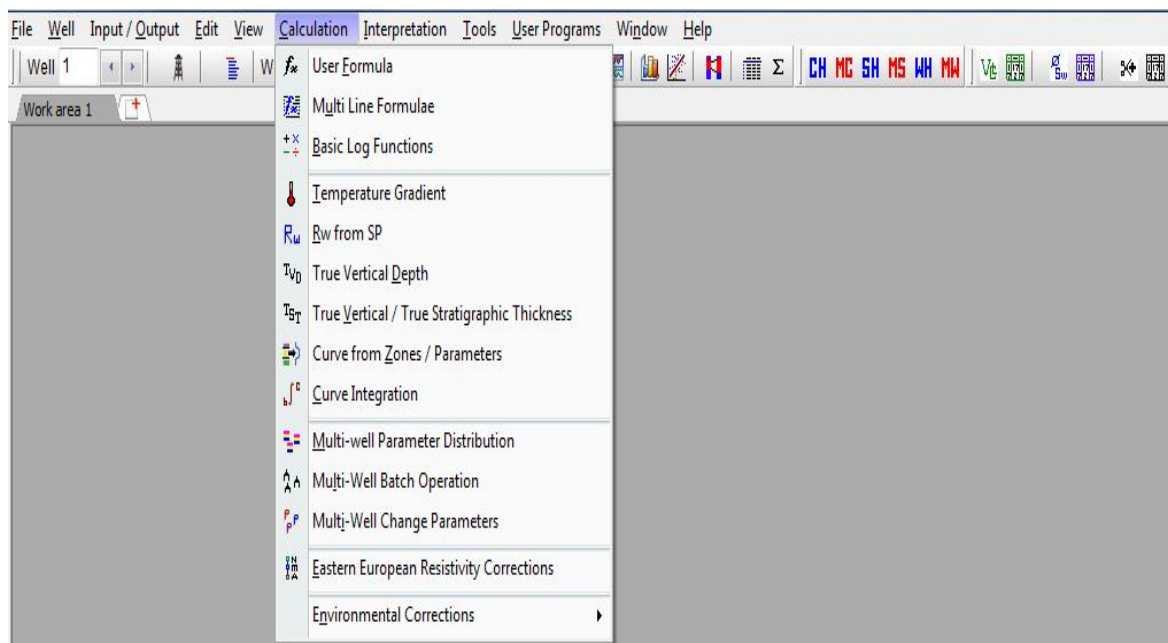
3 -Mud Resistivity

4 -Mud Filtrate Resistivity

5 -Mud Cake Resistivity

6 -Conductivity

7 -Calculation



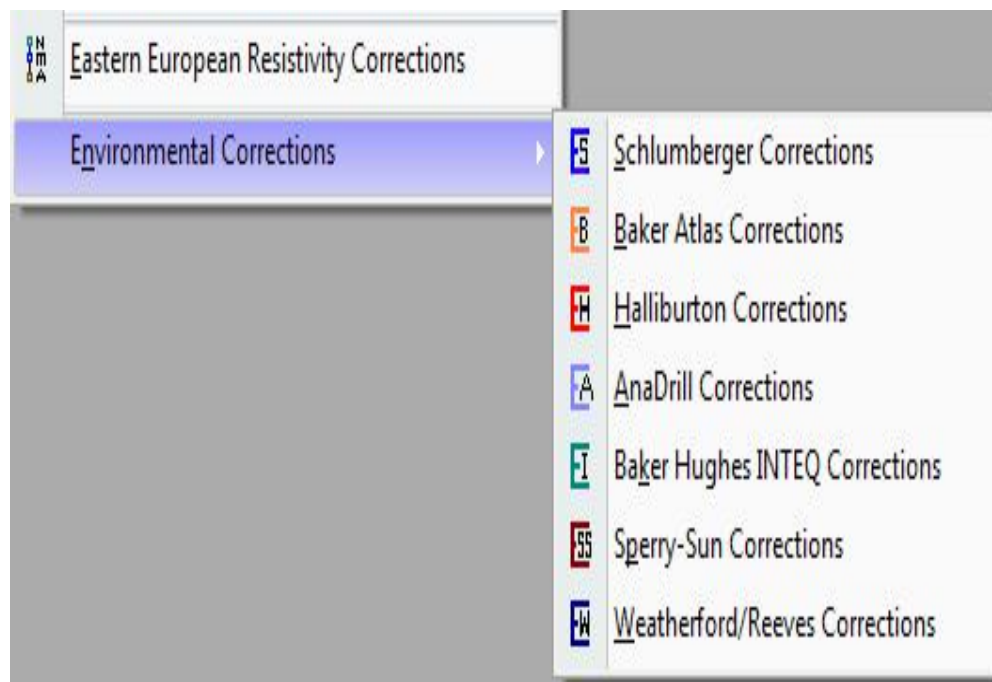
شکل (۳-۴) محاسبه اطلاعات مقدماتی توسط Calculation نرم افزار IP

۳-۲-۶ تصحیحات محیطی

از آنجا که نگارهای مختلف از تغییرات ناشی از محیط (تغییرات قطر چاه، مقاومت ویژه گل حفاری، ضخامت لایه‌های مختلف، وجود شیل و ...) تاثیر می‌پذیرند، لذا قبل از استفاده از آنها بایستی تصحیحات محیطی لازم بر روی آنها انجام گردد. با استفاده از نمودارهای استاندارد شولمبرژه بر روی هریک از نگارهای مربوطه تصحیحات محیطی لازم انجام گرفت شکل (۳-۵) و (۳-۶). این تصحیحات بر روی نگارهای گامای طبیعی $(GR, SGR^1 \& CGR^2)$ ، نوترون $(NPHI)$ ، چگالی $(RHOB)$ و نگارهای مقاومت ویژه $(LLD/LLS/MSFL)$ انجام شده و نمودارهای تصحیح شده^۳ در ارزیابیهای پتروفیزیکی مورد استفاده قرار گرفتند. برای مثال در شکل (۳-۷) نمودار متقاطع $NPHI$ و $RHOB$ در چاه شماره ۴ قبل و بعد از انجام تصحیحات محیطی بر روی آنها نشان داده شده است. همان طور که در شکل دیده می‌شود بازه تغییرات اشعه گاما در هر دو حالت بین صفر تا ۳۰ بوده و وجود سنگ آهک بعد از انجام تصحیحات مشخص تر می‌باشد.

1 -Sum Gamma Ray
2 - Corrected (Clean) Gamma Ray
3 -Corrected Logs

در شکل (۳-۸) هیستوگرام نگار NPHI در چاه شماره ۴ مربوط به قبل و بعد از تصحیح آورده شده است. همچنین در شکل (۳-۹) نمایی از نگار NPHI اولیه و تصحیح شده بر روی هم نشان داده شده است و کیفیت نمودار را قبل و بعد از تصحیح بطور واضح نشان می‌دهد.



شکل (۳-۵) تصحیحات محیطی با استفاده از نمودارهای استاندارد شولمبرژه

Schlumberger Environmental Corrections - **Gamma Ray Corrections**

DLL / MSFL / MLL Induction HALS Laterolog EPT DIL invasion DLL invasion

Gamma Ray Density CNL Neutron Conversion SNP

Gamma Ray Corrections

CGR Gr input curve GrC Gr output curve

CALI Caliper input curve or Hole size (inch)

☒ Borehole Correct ☐ Filter curve 3 No. Levels

Tool Position Mud Type Hole Type

☐ Eccentered ☐ Non Barite ☒ Open Hole

☒ Centered ☒ Barite ☐ Cased Hole

14. Mud weight (lbs/gal) 3.625 Tool Diameter (inches) Standoff (inches)

Cased Hole

Casing OD (inches) - required Casing weight (lbs/ft) - optional

Casing ID (inches) - optional 66.81 Casing Material Density (lbs/gal)

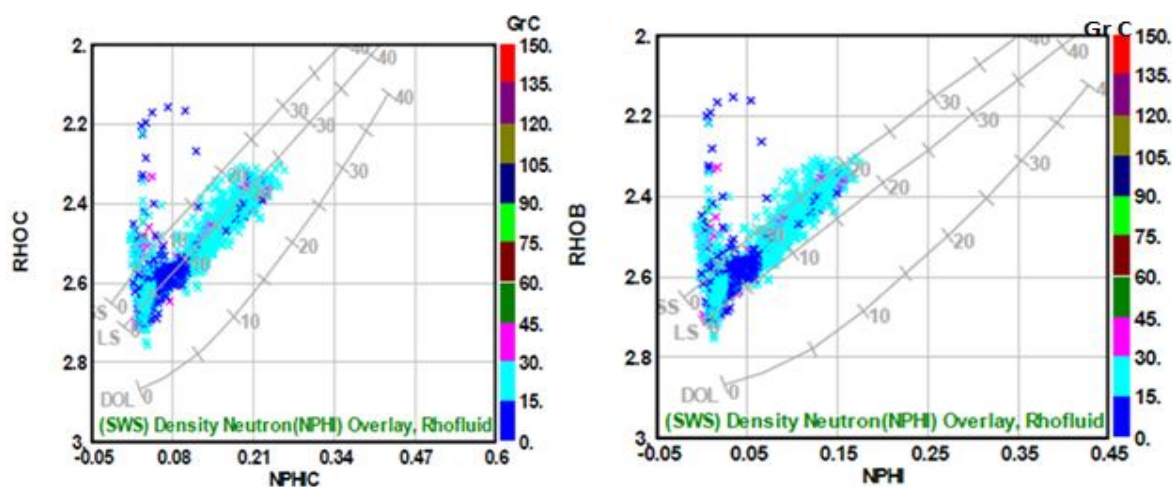
16. Cement Density (lbs/gal)

4215.537 Top Depth 4563.618 Bottom Depth

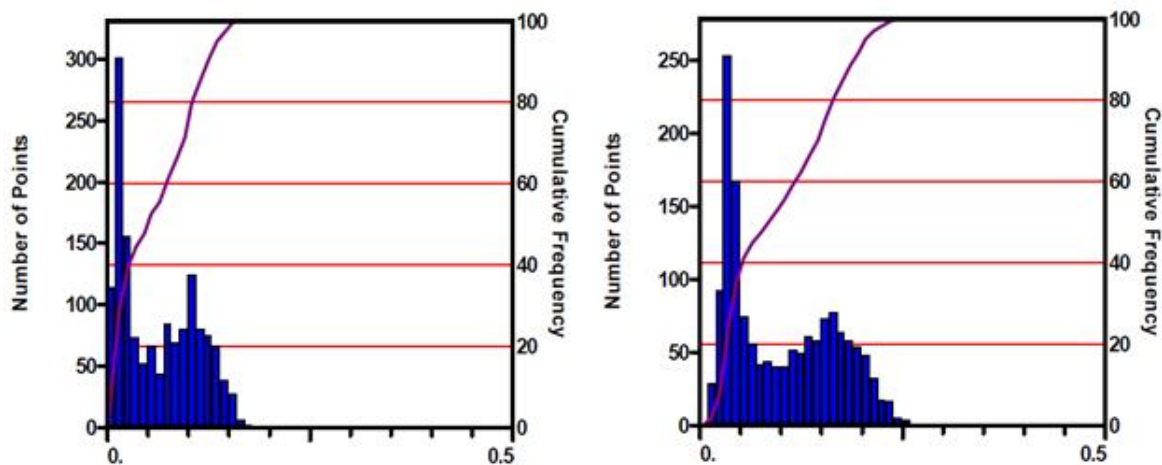
Zone # 1 of 1 Delete Zone Output Set

SM Run Tab Plot Results Save Load Close Help

شکل (۳-۶) تصحیحات محیطی با استفاده از نمودارهای استاندارد شولمبرژه



شکل (۳-۷) نمودار متقاطع NPHI و RHOB برای بازه عمقی ۴۵۸۲-۴۳۵۶ متری در چاه شماره ۴ قبل (راست) و بعد (چپ) از انجام تصحیحات محیطی



شکل (۸-۳) هیستوگرام نمودار NPHI، مربوط به بازه عمقی ۴۵۸۲-۴۳۵۶ متری در چاه ۴ مربوط به قبل (چپ) و بعد از تصحیح (راست)



شکل (۹-۳) نمایی از نمودار NPHI اولیه (سبز) و تصحیح شده (قرمز) بر روی هم مربوط به بازه عمقی ۴۴۰۰-۴۳۵۶ متری در چاه ۴

۳-۳ سنگ شناسی

همان طور که قبلاً گفته شد در میدان مورد مطالعه و در سازند فهلیان، عمده تمرکز ما بر روی لایه ی سوم از این سازند می باشد. از آنجا که نرم افزار IP جهت محاسبه خواص پتروفیزیکی نیاز به مدل دقیق سنگ شناسی و کانی شناسی دارد، لذا در این بخش به خصوصیات سنگ شناسی و تهیه مدل کانی شناسی این لایه جهت استفاده در ارزیابی پتروفیزیکی پرداخته شده است. لازم به ذکر است که در چاه های مورد مطالعه اطلاعات پتروفیزیکی و گزارش های زمین شناسی بصورت کامل موجود بوده است. جهت تعیین خصوصیات سنگ شناسی لایه مورد مطالعه اطلاعات مغزه ها، نمودارهای گرافیکی چاه^۱ و نگارهای چاه مورد استفاده قرار گرفتند.

۳-۳-۱ تعیین کانیهای تشکیل دهنده سنگ مخزن

این لایه از نظر سنگ شناسی^۲ بطور عمده از سنگ آهک و بمقدار بسیار ناچیز شیل (در بخش ۴.۳) تشکیل شده است (شرکت مهندسی و توسعه نفت، ۱۳۸۴). نمودارهای پتروفیزیکی به همراه سایر اطلاعات تأیید کننده ترکیب سنگ شناسی مذکور در اکثر چاه ها می باشند. چنانچه گفته شد تجزیه و تحلیل کانی شناسی فوق با استفاده از مجموعه ای از اطلاعات انجام گرفته است که در ادامه به بخشهایی از این اطلاعات اشاره می گردد.

بعنوان مثال در چاه شماره ۵ مغزه گیری انجام شده است. فاصله مغزه گیری شده در این چاه حدود ۹۶ متر بوده که خوشبختانه بخش اعظم آن لایه ی سوم را در بر گرفته است، جدول (۳-۴). همچنین نتایج اندازه گیری دانسیته^۳ نمونه های مغزه در این چاه و دیگر چاه ها برای لایه ی سوم موجود می باشد. لذا برای شناسائی ترکیب سنگ شناسی این بخش با استفاده از دانسیته مغزه می توان به نتایج آنالیز آنها اشاره نمود. در شکل (۳-۱۰) هیستوگرام دانسیته اندازه گیری شده از نمونه های مغزه چاه شماره ۵ مربوط به لایه ی سوم

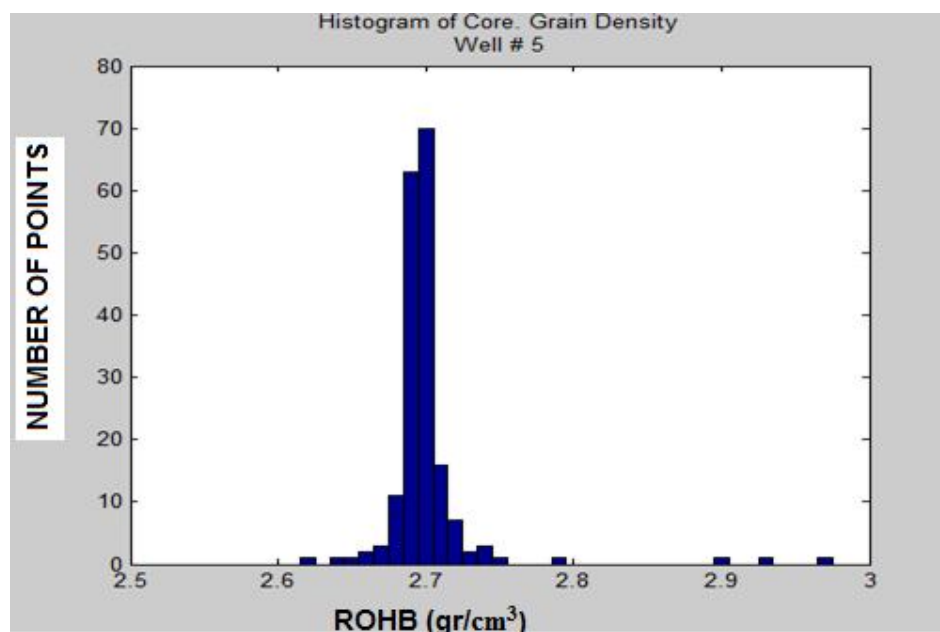
1 -Graphic Well Logs

2 -Lithology

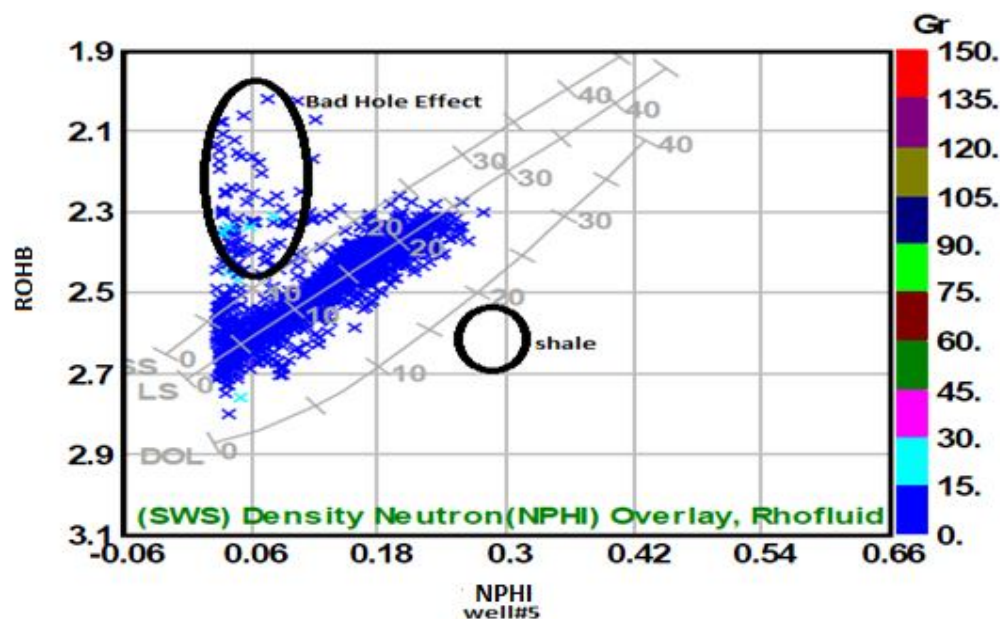
3 -Grain Density

نشان داده شده است. همانطور که دیده می شود در این هیستوگرام مقادیر دانسیته ($2.70 - 2.71 \text{ g/cm}^3$) مربوط به سنگ آهک می باشد.

از نمودار متقاطع نمودارهای تخلخل نوترون و چگالی (NPHI & RHOB) نیز می توان در تعیین ترکیب سنگ شناسی و مدل کانی شناسی پتروفیزیکی استفاده نمود. در شکل (۳-۱۱) نمودار مذکور برای لایه ی مورد نظر در چاه شماره ۵ نشان داده شده است. این نمودار بیانگر این است که این لایه از نظر سنگ شناسی بطور عمده از سنگ آهک تشکیل شده است. نحوه ی تغییرات این نمودار در دیگر چاه ها نیز به همین صورت می باشد (پیوست الف) شکل های (الف-۴)، (الف-۵) و (الف-۶).



شکل (۳-۱۰) هیستوگرام چگالی اندازه گیری شده از نمونه های مغزه چاه شماره ۵ مربوط به لایه ی سوم



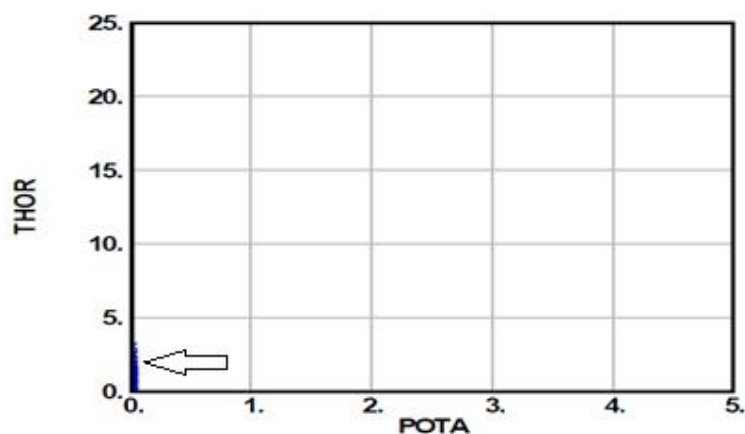
شکل (۳-۱۱) نمودار متقاطع نمودارهای تخلخل نوترون و چگالی در چاه شماره ۵ برای بازه عمقی ۴۵۵۵-۴۳۵۳ متری

۳-۳-۲ تعیین نوع کانیهای رسی سنگ مخزن

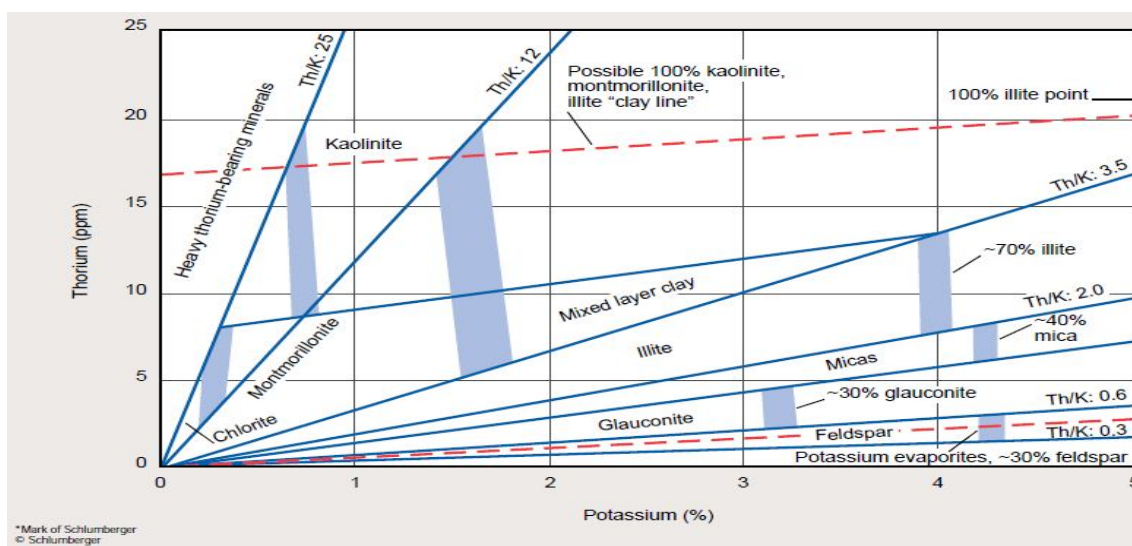
علاوه بر تشخیص ترکیب سنگ شناسی، تعیین کانی همراه بخصوص کانیهای رسی در ارزیابیهای پتروفیزیکی از اهمیت بالائی برخوردار است. براین اساس با استفاده از نگار طیف گامای طبیعی (NGS) نوع کانی رسی مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرد. ابزار NGT^۱ جهت برداشت نگار طیف گامای طبیعی در چاههای مورد مطالعه رانده شده است. براین اساس از بررسی نگارهای طیف گامای طبیعی می توان نتیجه گرفت که بخشهای شیلی (که تنها در پایین ترین بخش و به مقدار بسیار ناچیز وجود دارد) دارای ترکیب کانی شناسی مشخصی نبوده و نمی توان بطور مشخص و دقیق نوع خاصی از ترکیب کانی رسی را برای این بخش مشخص نمود. در شکل (۳-۱۲) نمودار متقاطع نگارهای توریم در مقابل پتاسیم برای این لایه در چاه شماره ۵ نشان داده شده است که با توجه به نمودار شولمبرژه در شکل (۳-۱۳) می توان به تعیین کانی شناسی شیلای این لایه پرداخت (همانطور که مشاهده می شود کانی خاصی قابل شناسایی نمی باشد).

1 -Natural Gamma Tool

نحوه ی تغییرات این نمودار در دیگر چاه ها نیز به همین صورت می باشد (پیوست (الف) شکل های (الف-۷) و (الف-۸)).



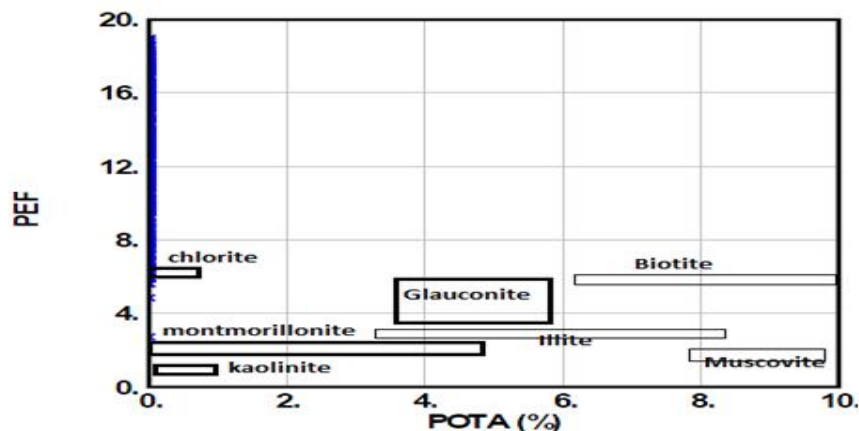
شکل (۳-۱۲) نمودار متقاطع نگارهای توریم در مقابل پتاسیم در چاه شماره ۵ در بازه عمقی ۴۵۵۵-۴۳۵۳ متری



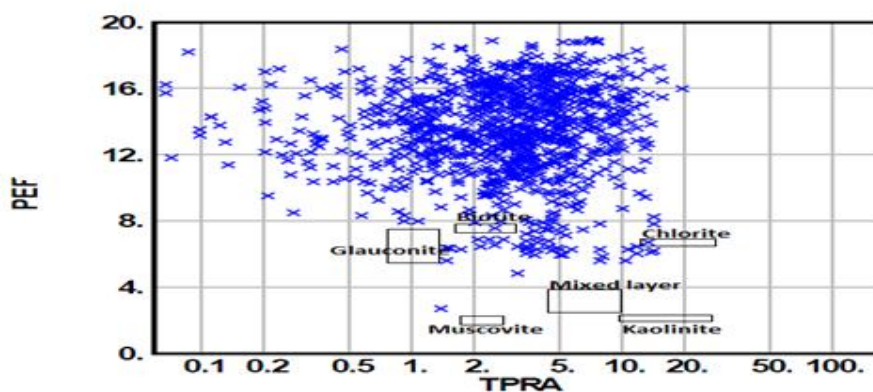
شکل (۳-۱۳) نمودار متقاطع پتاسیم در مقابل نگار توریم جهت تشخیص نوع کانی رسی (Schlumberger, 2000).

علاوه بر روش مذکور با استفاده توأم از نگارهای طیف گامای طبیعی و نگار دانسیته با رسم نمودار متقاطع نگارهای پتاسیم در مقابل نگار شاخص فتوالکتریک (POTA & PEF) و همچنین نمودار متقاطع نسبت Th/K در مقابل نگار شاخص فتوالکتریک می توان نوع کانی رسی را تشخیص داد. در پیوست (الف) در شکل های (الف-۹) و (الف-۱۰) نمودارهای مذکور نشان داده شده اند.

نمودارهای متقاطع PEF&POTA و PEF&Th/K برای تشخیص دقیق‌تر نوع کانی رسی تشکیل دهنده شیل‌های لایه مورد نظر در چاه شماره ۵ ترسیم گردید. در شکل‌های (۳-۱۴) و (۳-۱۵) این نمودارها نشان داده شده‌اند و همان طور که در این دو شکل دیده می‌شود، کانی رسی مشخصی در بازه مورد نظر وجود ندارد.



شکل (۳-۱۴) نمودار متقاطع پتاسیم در مقابل نگر اثر جذب فتوالکتریک در چاه ۵ در بازه عمقی ۴۳۵۳-۴۵۵۵ متری



شکل (۳-۱۵) نمودار متقاطع نسبت توریم به پتاسیم (Th/K) در مقابل نگر اثر جذب فتوالکتریک در چاه ۵ در بازه عمقی ۴۳۵۳-۴۵۵۵ متری

با توجه به تفاسیر فوق جهت ارزیابی پتروفیزیکی لایه سوم از میان مدل‌های کانی‌شناسی موجود در نرم افزار IP (ماسه سنگ، دولومیت، سنگ آهک - ماسه سنگ، دولومیت - دولومیت، سنگ آهک، رس) از مدل کانی شناسی شامل کانیهای کلسیت (سنگ آهک)، دولومیت و کانی رسی استفاده گردید که کانی رسی بخش

مذکور بصورت واضح قابل تشخیص نبوده و همانگونه که در اشکال فوق مشاهده می‌گردد نقاط شیلی بخش مذکور ترکیب کانی شناسی مشخصی نداشت.

۳-۳-۳ تعیین لیتولوژی

همان‌طور که می‌دانیم طبقه‌بندی دانه‌ها برای سنگ‌های آهکی در میان زمین‌شناسان نفت به‌طور گسترده‌ای استفاده می‌شود. این طبقه‌بندی بر جنبه‌های بافتی رسوبگذاری که تخلخل و تراوایی را کنترل می‌کند، متکی می‌باشد و نیاز به مطالعات میکروسکوپی دقیق برای نام‌گذاری ندارد (رضایی، ۱۳۸۰). بر اساس این طبقه‌بندی سنگ‌های آهکی شامل دسته‌های زیر می‌باشند (رضایی، ۱۳۸۰):

باندستون^۱: سنگ‌های کربناتی برجا که در آن اجزای اولیه در حین رسوبگذاری به هم پیوسته‌اند.

گرینستون^۲: اجزای اصلی در حین رسوبگذاری متصل نشده‌اند اما در بافت آن دانه‌ها به هم متصل هستند و فاقد گل است.

پکستون^۳: در بافت آن دانه‌ها به هم متصل هستند و سنگ دارای گل آهکی است.

وکستون^۴: دانه‌ها در گل شناور هستند.

مادستون^۵: اساساً از گل آهکی تشکیل شده است.

از بین این دسته‌ها گرینستون بهترین سنگ مخزن می‌باشد، چرا که فاقد گل بوده و دارای تخلخل و تراوایی مناسبی می‌باشد (Lucia, 2007 - رضایی، ۱۳۸۰).

بر اساس همین طبقه‌بندی و با توجه به گزارش‌های مغزه و سرچاهی، سنگ آهک لایه تحت مطالعه از گرینستون، پکستون/گرینستون، وکستون/پکستون، وکستون/مادستون، وکستون/مادستون/گرینستون و وکستون/پکستون/مادستون تشکیل شده است. این طبقه‌بندی برای بازه‌های عمقی مشخصی می‌باشد (مثلاً

1 - Boundstone

2 - Grainstone

3 - Packstone

4 - Wackestone

5 - Mudstone

در چاه ۴ مشخص است که در بازه ۴۴۰۰-۴۳۵۶ متری وکستون/ پکستون وجود دارد) که از آن‌ها در فصل بعد جهت مدل سازی رخساره لیتولوژیکی استفاده می‌شود (شرکت مهندسی و توسعه نفت، ۱۳۸۴).

۳-۴ پارامترهای ورودی

بعد از انتخاب مدل کانی‌شناسی بایستی مقادیر پاسخ^۱ هر نگار به زمینه کانی‌های انتخاب شده، به نرم افزار وارد شود جدول (۳-۶).

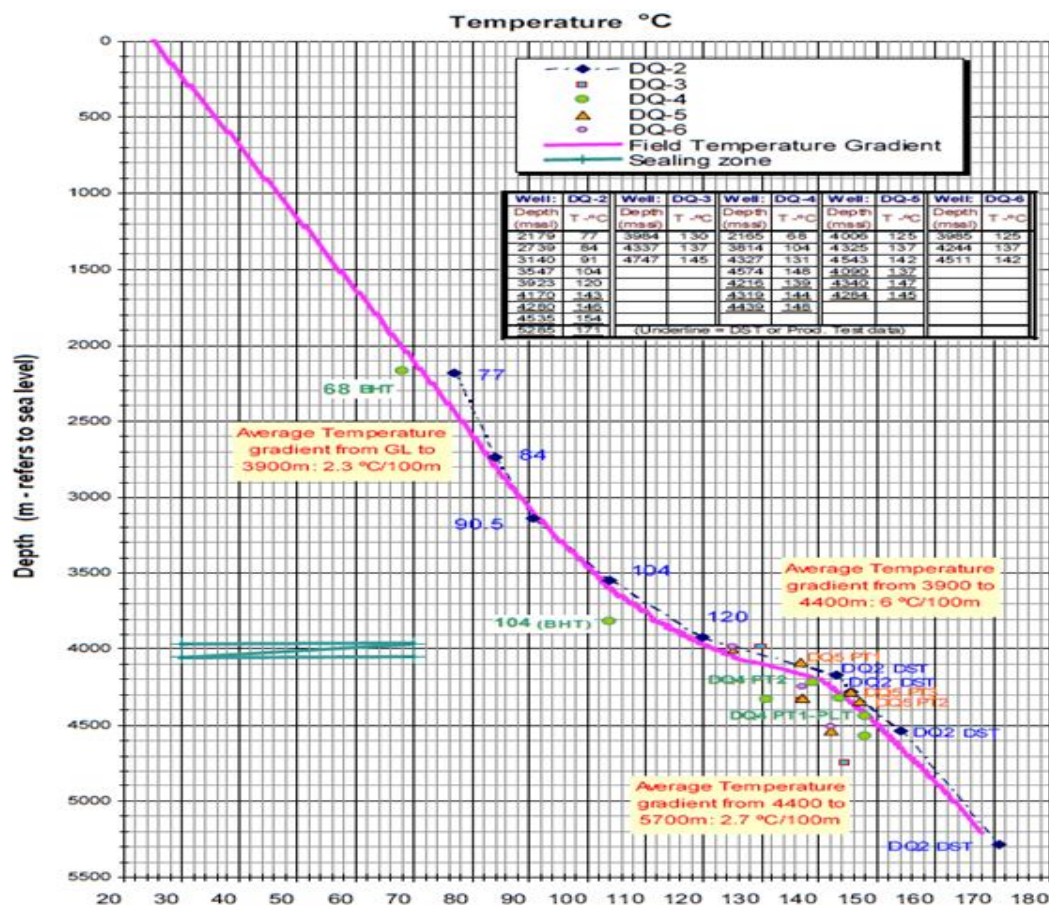
جدول (۳-۶) کانیهای انتخاب شده در مدل کانی شناسی و مقادیر پاسخ هر نگار به زمینه کانی‌های انتخاب شده

پاسخ دستگاه	رس	دولومیت	کلسیت
دانسیته حجمی (g/cm ³)	۲/۶۱	۲/۸۵	۲/۷۱
تخلخل نوترونی (m ³ /m ³)	۰/۳۵۲	۰/۰۷۱	۰
ابزار صوتی (μs/ft)	۷۰	۴۳/۵	۴۸
اشعه گاما (API)	۷۰	۰	۰
شاخص فتوالکتریک (PEF)	۲	۳/۱	۵/۱

۳-۵ گرادیان حرارتی و محاسبات اولیه دما

با بررسی اطلاعات درجه حرارت بدست آمده از چاه‌های میدان توسط بخش مهندسی مخزن، مقدار گرادیان حرارتی لایه ی مورد مطالعه برابر مقدار ۲/۷ درجه سانتیگراد در هر ۱۰۰ متر محاسبه گردیده است شکل (۳-۱۶)، (شرکت مهندسی و توسعه نفت، ۱۳۸۴). مقادیر گرادیان بدست آمده همراه با درجه حرارت ته چاه که در سربرگ نگارهای چاه قید شده‌است، جهت محاسبه پروفیل دما در چاه‌ها مورد استفاده قرار گرفت.

1 -Response

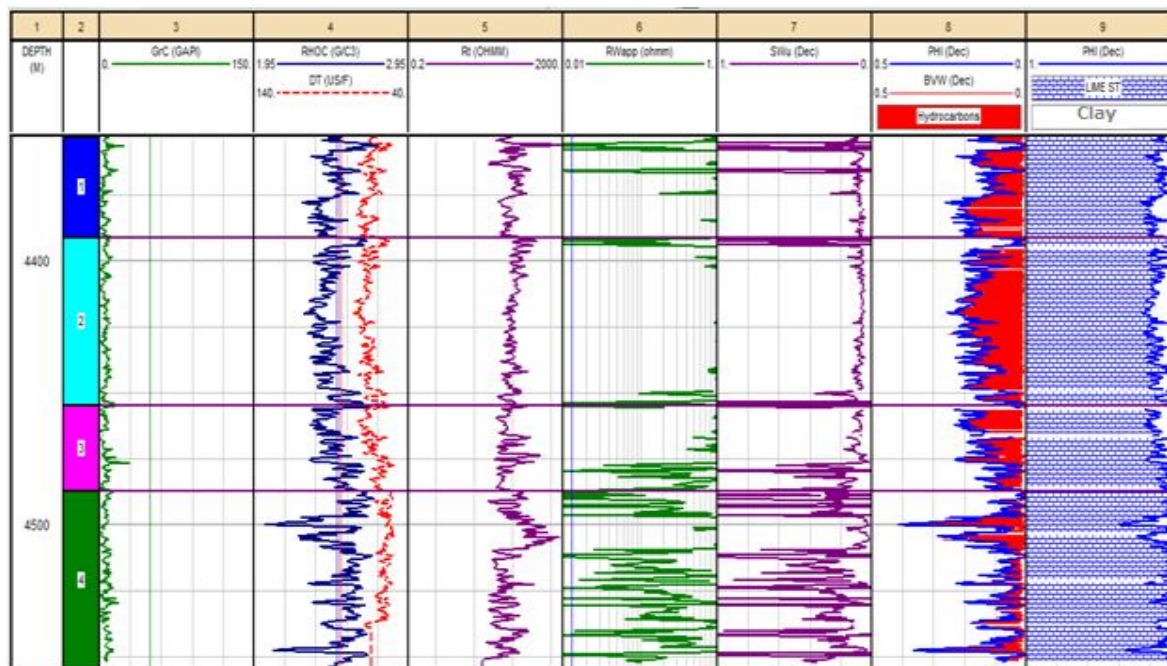


شکل (۳-۱۶) گرادیان حرارتی میدان تحت مطالعه (شرکت مهندسی و توسعه نفت، ۱۳۸۴)

۳-۶ ارزیابی پتروفیزیکی

در مرحله آخر، ارزیابی پتروفیزیکی انجام گرفت. در این مرحله تمامی خواص پتروفیزیکی اعم از تخلخل، تراوایی، اشباع آب و ستون سنگ‌شناسی لایه ی مورد ارزیابی با توجه به پارامترهای داده‌شده در مدل پتروفیزیکی (بخش بعد)، همزمان با هم محاسبه می‌گردند. در شکل (۳-۱۷) جهت نمونه ستون سنگ‌شناسی لایه ی مورد ارزیابی در چاه شماره ۵ آورده شده است. در این شکل ستون شماره ۱ بیانگر عمق (۴۵۵۵-۴۳۵۳ متر) و ستون دوم چهار زیر لایه (۱.۳، ۲.۳، ۳.۳ و ۴.۳) را نشان می‌دهد. ستون‌های ۳ (نگار GR)، ۴ (چگالی و صوتی)، ۵ (نگار مقاومت ویژه) و ۶ (نگار مقاومت ویژه ظاهری) ورودی نرم افزار بوده و ستون‌های ۷ (اشباع آب)، ۸ (نگار تخلخل و مقدار آب) و ۹ (ستون سنگ‌شناسی که بیانگر وجود سنگ آهک و مقدار

بسیار جزیی رس می باشد) خروجی نرم افزار می باشند. این ارزیابی برای چاه های ۴، ۶ و ۷ در پیوست (الف) و در شکل های (الف-۱)، (الف-۱۲) و (الف-۱۳) آورده شده است.



شکل (۳-۱۷) نمونه ای از ارزیابی پتروفیزیکی انجام شده در چاه شماره ۵

۳-۶-۱ مدل های پتروفیزیکی و نحوه ترکیب مدل ها

با استفاده از بررسی های کانی شناسی و پارامترهای تعیین شده برای هریک از زیر لایه های مورد مطالعه مطابق آنچه در بخش های قبلی ذکر گردید، مدل های پتروفیزیکی تهیه گردید. به این ترتیب که در هر چاه با توجه به تغییرات کانی شناسی در هریک از زون های زمین شناسی تعریف شده، مدل پتروفیزیکی مربوطه تهیه گردید. در مدل های پتروفیزیکی مذکور علاوه بر مشخص بودن ترکیب کانی شناسی لایه مورد ارزیابی، نوع سیال پرکننده حفرات (نفت و یا گاز)، نمودارهای مورد استفاده جهت ارزیابی، مشخصات زمینه سنگ، مدل تخلخل، مدل اشباع آب و دیگر پارامترها بایستی مشخص گردد. در اشکال (۳-۱۸) تا (۳-۲۷) کلیه این موارد آورده شده است. همان طور که در شکل (۳-۱۸) دیده می شود در مرحله نخست بایستی بازه عمقی هر زیر لایه (بخش) در هر چاه مشخص و وارد نرم افزار گردد.

Zone Depths

Clay

Waters

Hydrocarbon

Matrix

Phi Logic

Sw Logic

Limits / BadHole

Den / Neu

Sonic

Coal / Salt / Kill

Linked set

Zone

Zone

Zone

Zone

Zone

Link

#

Name

Top

Bottom

Color

Clay Vol

1

L3.1

4353.

4391.

Default

✓

2

L3.2

4391.

4455.

Default

✓

3

L3.3

4455.

4487.5

Default

✓

4

L3.4

4487.5

4555.

Default

✓

☐ Null all result curves before running calculations

Show Zone name on all Tabs

☐

SM

Run

New zone

Delete zone

Plot

Print

Close

Help

شکل (۳-۱۸) تعیین بازه عمقی هر زیر لایه (بخش) در چاه (نرم افزار IP)

سپس بایستی مشخصات کانی رسی شامل چگالی، پاسخ در برابر نگار صوتی و دیگر مشخصات آن تعیین گردد شکل (۳-۱۹). در مرحله بعدی، پارامترهای مربوط به مقاومت ویژه آب سازندی، گل و دمای آنها وارد نرم افزار می شود شکل (۳-۲۰). همانطور که در شکل (۳-۲۱) دیده می شود این کار برای هیدروکربور نیز انجام می گردد. از آنجا که شکل ها به خوبی بیانگر موارد گفته شده می باشد از ذکر اعداد و ارقام خودداری می شود، چرا که خروجی نهایی در انتها آورده می شود.

Zone Depths

Clay

Waters

Hydrocarbon

Matrix

Phi Logic

Sw Logic

Limits / BadHole

Den / Neu

Sonic

Coal / Salt / Kill

Linked set

Zone	Rho	Rho	Neu	Sonic	Res	Rxo	PhiT
#	Wet Clay	Dry Clay	Wet Clay	Wet Clay	Clay	Clay	Clay
1	2.38	2.78	0.434	81.3	45.	45.	
2	2.38	2.78	0.434	81.3	36.2	36.2	
3	2.38	2.78	0.434	81.3	22.2	22.2	
4	2.38	2.78	0.434	81.3	22.2	22.2	

☐ Null all result curves before running calculations

Show Zone name on all Tabs

☐

SM

Run

New zone

Delete zone

Plot

Print

Close

Help

شکل (۳-۱۹) تعیین مشخصات کانی رسی شامل چگالی، پاسخ در برابر نگار صوتی و دیگر پارامترها (نرم افزار IP)

Zone Depths	Clay	Waters	Hydrocarbon	Matrix	Phi Logic	Sw Logic	Limits / BadHole	Den / Neu	Sonic	Coal / Salt / Kill
Linked set										
Zone	Rw	Rw	Rmf	Rmf	Rw	Rwb	Rmf	Rmfb	Rho	Salin
#	Temp	Temp	Temp	Temp	bound	Temp	bound	Temp	Sxo zone	Sxo zone
1	0.1	25.	0.1	25.	0.1	25.	0.1	25.		
2	0.1	25.	0.1	25.	0.1	25.	0.1	25.		
3	0.1	25.	0.1	25.	0.1	25.	0.1	25.		
4	0.1	25.	0.1	25.	0.1	25.	0.1	25.		

☐ Null all result curves before running calculations
 ☐ Show Zone name on all Tabs

SM Run New zone Delete zone Plot Print Close Help

شکل (۳-۲۰) تعیین پارامترهای مربوط به مقاومت ویژه آب سازندی، گل و دمای آنها (نرم افزار IP)

Zone Depths	Clay	Waters	Hydrocarbon	Matrix	Phi Logic	Sw Logic	Limits / BadHole	Den / Neu	Sonic	Coal / Salt / Kill
Linked set										
Zone	Hc	Hc	PhiShr	Neu	Den	Sonic				
#	Den	Den Min	limit	Hc HI	Hc app	Hc				
1	0.8	0.1	0.02			220.				
2	0.8	0.1	0.02			220.				
3	0.8	0.1	0.02			220.				
4	0.8	0.1	0.02			220.				

☐ Null all result curves before running calculations
 ☐ Show Zone name on all Tabs

SM Run New zone Delete zone Plot Print Close Help

شکل (۳-۲۱) تعیین پارامترهای مربوط به هیدروکربور (نرم افزار IP)

بعد از انجام مراحل فوق، نوبت به تعیین خصوصیات سنگ زمینه و اصلی موجود پرداخته می شود. در این قسمت همان طور که در شکل (۳-۲۲) دیده می شود، چگالی حداکثر و حداقل و همچنین چگالی زمینه که از داده های مغزه بدست آمده (در اینجا 2.71 gr/cm^3 برای سنگ آهک) وارد می شود. همچنین مقدار نگار نوترون و صوتی در صورتی که در مدل تخلخل از این روش ها استفاده گردد، بایستی وارد گردد، که در این شکل این دو مورد به صورت خاکستری رنگ دیده می شوند و این نشان از عدم دخالت این دو مدل در محاسبه می باشد.

اما یکی از مراحل مهم، تعیین خصوصیات مربوط به محاسبه تخلخل می باشد. در این قسمت بایستی روش محاسبه تخلخل از میان روش های موجود (نوترون/چگالی، نوترون/صوتی، چگالی، نوترون و صوتی) انتخاب

Zone	GD	Rho	Rho	Rho	Neu	Sonic
#	source	GD	GD max	GD min	matrix	matrix
1	Param	2.71	2.95	2.51	0.	55.5
2	Param	2.71	2.95	2.51	0.	55.5
3	Param	2.71	2.95	2.51	0.	55.5
4	Param	2.71	2.95	2.51	0.	55.5

☐ Null all result curves before running calculations
 ☐ Show Zone name on all Tabs

SM Run New zone Delete zone Plot Print Close Help

شکل (۳-۲۲) تعیین خصوصیات سنگ زمینه (نرم افزار IP)

گردد که در اینجا از دو روش نوترون/چگالی و نوترون استفاده شد و جواب نهایی متوسط این دو روش می باشد. سپس باید مدل کانی شناسی (در اینجا $ls/sp\ min$) مناسب انتخاب گردد شکل (۳-۲۳). مرحله مهم دیگر در ارزیابی، مشخص کردن منطق و روش محاسبه اشباع آب می باشد. همان طور که در شکل (۳-۲۴) دیده می شود، بایستی از میان روش های محاسبه اشباع آب (Archie, Simandoux, Indonesian, Dual) Water, Juhasz, Waxman-Smits روش مناسب تعیین شود، که در اینجا از دو روش Archie و Dual Water استفاده می شود. بسته به انتخاب روش محاسبه اشباع آب، پارامترهای مربوط به همان روش بایستی تعیین شوند.

Zone	Porosity	Variable	Variable	Variable	Mineral	OBM
#	Method	Hc Den	GD	Vcl	Model	?
1	Neu Den				ss/ls/dol	
2	Neu Den				ss/ls/dol	
3	Neu Son				ss/dol	
4	Density				ss/sp min	
	Neutron				ls/sp min	
	Sonic				dol/sp min	

☐ Null all result curves before running calculations
 ☐ Show Zone name on all Tabs

SM Run New zone Delete zone Plot Print Close Help

شکل (۳-۲۳) تعیین خصوصیات مربوط به محاسبه تخلخل (نرم افزار IP)

Zone	Sxo	m	n	Sat	a	m	n	Invasion	B fact	B fact	Qv W&S	Qv 'a'	Qv 'b'	Cm*
1	Rxo	Param	Param	Archie		2.	2.	2.	1.		Param	0.5	-3.	1.
2	Rxo	Param	Param	Dual water		2.	1.8	2.	1.		Param	0.5	-3.	1.
3	Rxo	Param	Param	Archie		1.8	1.8	2.	1.		Param	0.5	-3.	1.
4	Rxo	Param	Param	Simand		2.4	2.4	2.	1.		Param	0.5	-3.	1.

شکل (۳-۲۴) تعیین منطق و روش محاسبه اشباع آب (نرم افزار IP)

در ادامه بایستی به تعیین مقادیر حدی در مورد مقدار تخلخل، حجم شیل، اشباع شدگی و غیره پرداخته شود (شکل ۳-۲۵). اگر در مراحل قبل روش نوترون/چگالی و یا صوتی برای محاسبه تخلخل انتخاب گردد، بایستی همانند شکل (۳-۲۶) و (۳-۲۷) پارامترهای مورد نیاز و حتی شرکت برداشت کننده نگارهای چاه (شولمبرژه) و همچنین نوع ابزار چاهنگاری مشخص شود.

Zone	Phi	Delta	m vari	Vcl	Sxo	Sxo	Phie Sw	Phie	Vcl
#	max	Phi max	wth Vcl	cutoff	Limit ?	Limit	Limit	Limit	Limit
1	0.3	0.15		0.6		0.2	0.	0.	1.
2	0.3	0.15		0.6		0.2	0.	0.	1.
3	0.3	0.15		0.6		0.2	0.	0.	1.
4	0.3	0.15		0.6		0.2	0.	0.	1.

شکل (۳-۲۵) تعیین مقادیر حدی در مورد مقدار تخلخل، حجم شیل، اشباع شدگی و غیره (نرم افزار IP)

Zone Depths	Clay	Waters	Hydrocarbon	Matrix	Phi Logic	Sw Logic	Limits / BadHole	Den / Neu	Sonic	Coal / Salt / Kill
Linked set										
Zone	Rho	Neu	Neu	Neu	Neu					
#	Sp mineral	Form Sal	Log Cont	Tool Type	Sp mineral					
1	0.		Schlumb	CNL	0.					
2	0.		Schlumb	CNL	0.					
3	0.		Schlumb	CNL	0.					
4	0.		Schlumb	CNL	0.					

☐ Null all result curves before running calculations
 ☐ Show Zone name on all Tabs

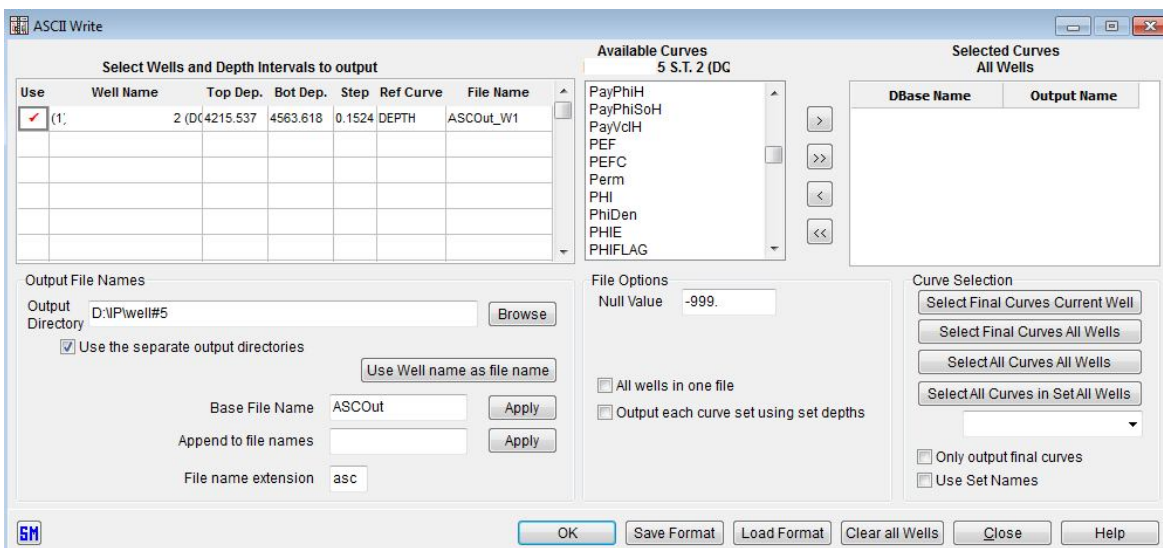
شکل (۳-۲۶) تعیین پارامترهای مربوط به محاسبه تخلخل به روش نوترون/چگالی (نرم افزار IP)

Zone Depths	Clay	Waters	Hydrocarbon	Matrix	Phi Logic	Sw Logic	Limits / BadHole	Den / Neu	Sonic	Coal / Salt / Kill
Linked set										
Zone	Sonic	Sonic	Sonic	Sonic	Sonic	Sonic	DT			
#	Equ	Lime	Sand	Dol	water	Cp	Sp mineral			
1	Wyllie	49.	55.5	44.	189.	1.	0.			
2	Wyllie	49.	55.5	44.	189.	1.	0.			
3	Wyllie	49.	55.5	44.	189.	1.	0.			
4	Wyllie	49.	55.5	44.	189.	1.	0.			

☐ Null all result curves before running calculations
 ☐ Show Zone name on all Tabs

شکل (۳-۲۷) تعیین پارامترهای مربوط به محاسبه تخلخل به روش صوتی (نرم افزار IP)

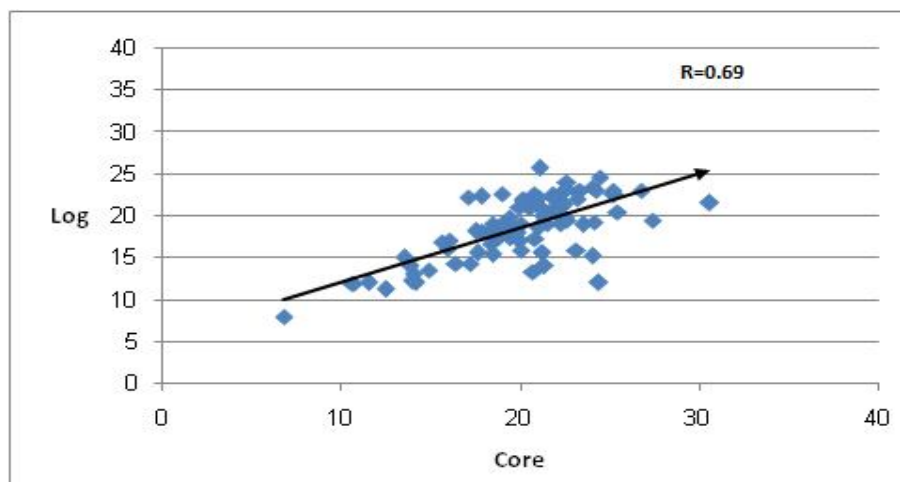
بعد از انجام کلیه مراحل فوق با انتخاب دکمه Plot ارزیابی کیفی بصورت شکل (۳-۱۷) قابل ملاحظه می شود و با انتخاب دکمه Run کلیه پارامترهای تعیین شده اعم از تخلخل و اشباع شدگی محاسبه می شوند و بصورت فرمت ASCII , LAS جهت ورود به نرم افزار Petrel استخراج می گردند شکل (۳-۲۸).



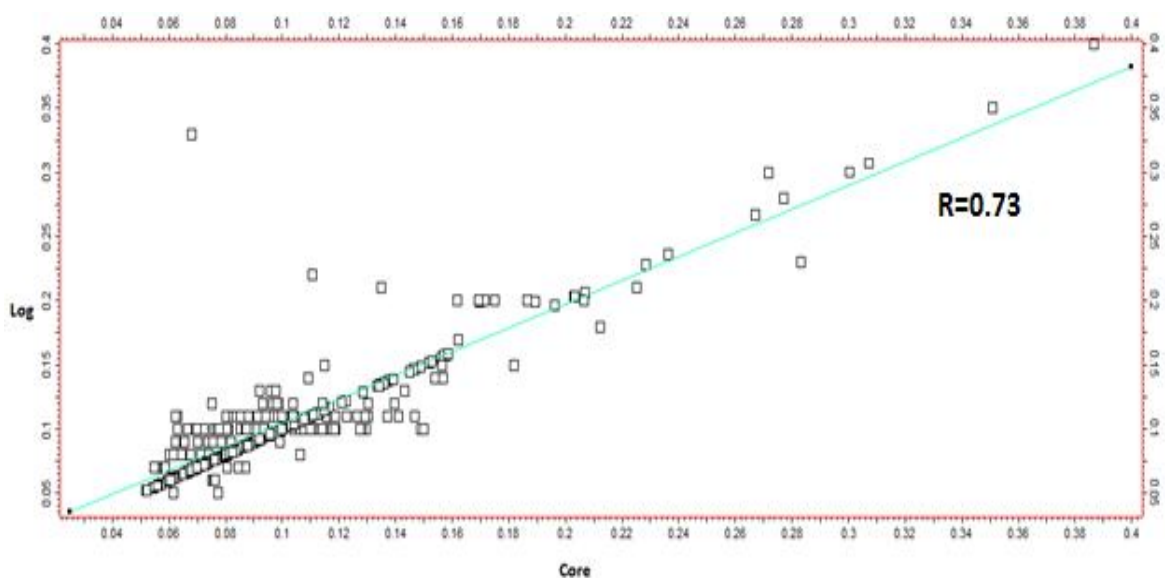
شکل (۳-۲۸) خروجی نرم افزار IP در فرمت ASCII جهت ورود به نرم افزار Petrel

۳-۶-۲ بررسی صحت و کیفیت ارزیابی‌های پتروفیزیکی

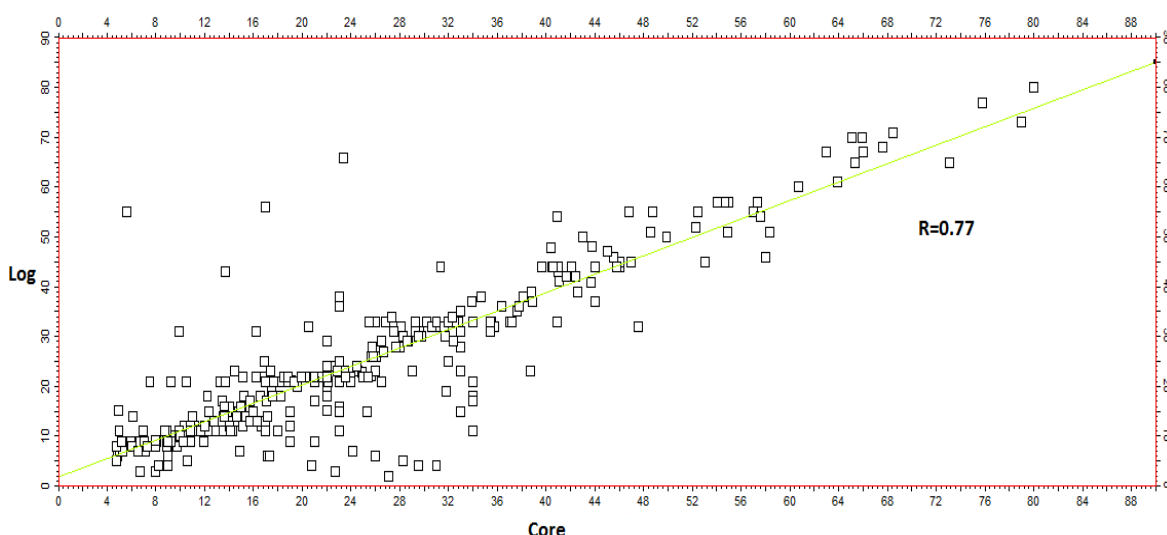
در مطالعات و ارزیابی‌های پتروفیزیکی مطمئن‌ترین راه بررسی دقت ارزیابی‌های پتروفیزیکی، مقایسه نتایج بدست آمده با اطلاعات حاصل از آنالیز مغزه‌ها و نتایج آزمایشات چاه همانند آزمایش ساق مته است. در سازند فهلیان در فواصل مختلف مغزه گرفته شده است که از نتایج آنالیز آنها در این مطالعه استفاده گردید. جهت بررسی نتایج بدست آمده، بعنوان نمونه تخریل بدست آمده از لایه مورد مطالعه با اطلاعات مغزه در چاه ۵ مورد مقایسه قرار گرفت. در شکل (۳-۲۹) این مقایسه بصورت یک نمودار متقاطع نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌گردد مقدار ضریب همبستگی بین دو تخریل مقایسه شده در حدود ۷۰ درصد می‌باشد، این مقدار برای اشباع آب و تراوایی به ترتیب ۷۳ و ۷۷ درصد است که بیانگر انطباق قابل قبول نتایج آنالیز مغزه با نتایج محاسبه شده می‌باشد شکل‌های (۳-۳۰) و (۳-۳۱).



شکل (۳-۲۹) نمودار متقاطع تخلخل محاسبه شده بوسیله نگارهای چاه پیمایی (خروجی نرم افزار IP) در مقابل تخلخل مغزه در چاه ۵ چاه ۵ در بازه ۴۴۰۰-۴۳۵۳ متری



شکل (۳-۳۰) نمودار متقاطع اشباع آب محاسبه شده بوسیله نگارهای چاه پیمایی (خروجی نرم افزار IP) در مقابل اشباع آب مغزه در چاه ۵ در بازه ۴۴۰۰-۴۳۵۳ متری



شکل (۳-۳۱) نمودار متقاطع تراوایی محاسبه شده بوسیله نگارهای چاه پیمایی (خروجی نرم افزار IP) در مقابل تراوایی مغزه در چاه ۵ در بازه ۴۴۰۰-۴۳۵۳ متری

۳-۶-۳ تعیین مقادیر حدی و متوسط خواص پتروفیزیکی

با توجه به اینکه اکثر فواصل این لایه (۴۳۵۰-۴۵۵۰ متری) متخلخل و مستعد تولید می باشد، مقدار حدی تخلخل ۵٪ در نظر گرفته شده است. در این لایه با توجه به اطلاعات آزمایش های تولیدی، میزان اشباع آب حدود ۷۰٪ در نظر گرفته شده است و با توجه به تمیزی لایه از نظر داشتن رس، میزان حدی رس حدود ۱۵٪ در نظر گرفته شده است (شرکت مهندسی و توسعه نفت، ۱۳۸۴).

بعد از اتمام ارزیابی های پتروفیزیکی و بررسی صحت نتایج بدست آمده با استفاده از داده های مغزه در چاه های مختلف که در بخش های قبل انجام شد، مقادیر متوسط تخلخل (PHI)، اشباع آب (S_w) و تراوایی (K) برای زیر لایه های تعریف شده در لایه ی سوم سازند فهلان از نرم افزار استخراج گردید. با توجه به اینکه گام ابزار چاه نگاری در فواصل تحت مطالعه ۱۵۲۴ متر می باشد لذا تعداد خروجی های نرم افزار برای هر زیر لایه بسیار زیاد می باشد، بنابراین برای هر چهار زیر لایه مقدار متوسط هر پارامتر از طریق روش میانگین گیری معمولی محاسبه گردید. این نتایج در ادامه بصورت جداول مجزا (۳-۷)، (۳-۸) و (۳-۹) برای چاه های ۴، ۵ و ۶ آورده شده است. لازم به ذکر است، جهت محاسبه تراوایی با توجه به اطلاعات مغزه در

اکثریت فواصل لایه تحت مطالعه، از نمودارهای متقاطع تخلخل و تراوایی جهت استخراج یک رابطه بین این دو پارامتر در چاه‌ها، استفاده گردید جدول (۳-۱۰). با داشتن مقدار تخلخل در هر چاه و با کمک این روابط می‌توان به محاسبه تراوایی پرداخت.

جدول (۷-۳) مقادیر متوسط خواص پتروفیزیکی (مخزنی) در چاه شماره ۴

مقادیر حدی	نسبت خالص	خالص				کل		پایین	بالای	لایه
		تراوایی	اشباع	تخلخل	ضخامت	تخلخل	ضخامت			
اشباع	تخلخل	به کل ^۱	آب افقی	آب	(%)	(متر)	(%)	سازند	سازند	
(%)	(%)	(%)	(میلی داریسی)	(%)				(متر)	(متر)	
۷۰	۵	۹۵/۶	۱۴/۷	۱۱/۶	۱۳/۳	۳۶/۳۲	۱۲/۹	۴۳۹۴	۴۳۵۶	۱.۳
۷۰	۵	۹۵/۴	۱۱/۴	۱۲/۳	۱۲/۸	۵۶/۳۱	۱۲/۳	۴۴۵۳	۴۳۹۴	۲.۳
۷۰	۵	۷۴/۸	۷/۷	۲۶/۱	۹/۴	۲۵/۴۶	۸/۷	۴۴۸۷	۴۴۵۳	۳.۳
۷۰	۵	۲۲/۵	۳/۳	۵۳/۹	۴/۶	۲۱/۴۱	۳/۹	۴۵۸۲	۴۴۸۷	۴.۳

جدول (۸-۳) مقادیر متوسط خواص پتروفیزیکی (مخزنی) در چاه شماره ۵

مقادیر حدی	نسبت خالص	خالص				کل		پایین	بالای	لایه
		تراوایی	اشباع	تخلخل	ضخامت	تخلخل	ضخامت			
اشباع	تخلخل	خالص به کل	آب افقی	آب	(%)	(متر)	(%)	سازند	سازند	
(%)	(%)	(%)	(میلی داریسی)	(%)				(متر)	(متر)	
۷۰	۵	۹۷/۱	۲۵/۹۳	۱۰/۳	۱۲/۹	۳۶/۹۳	۱۲/۲	۴۳۹۱	۴۳۵۳	۱.۳
۷۰	۵	۹۷/۲	۲۷/۷	۹/۴	۱۲/۲	۶۲/۱۷	۱۲/۱	۴۴۵۵	۴۳۹۱	۲.۳
۷۰	۵	۸۶/۳	۱۲/۹۷	۱۳/۴	۸/۵	۲۸/۰۶	۸/۲	۴۴۸۷/۵	۴۴۵۵	۳.۳

1- Net to Gross Ratio

۴.۳	۴۴۸۷/۵	۴۵۵۵	۶۷/۵	۳/۱	۴۰/۲۰	۲/۱	۲۵/۵	۴/۸۸	۵۹/۵	۵	۷۰
-----	--------	------	------	-----	-------	-----	------	------	------	---	----

جدول (۳-۹) مقادیر متوسط خواص پتروفیزیکی (مخزنی) در چاه شماره ۶

لایه	بالای	پایین	کل		خالص				نسبت	مقادیر حدی	
			ضخامت	تخلخل	ضخامت	تخلخل	اشباع	تراوایی		خالص به	تخلخل
	سازند	سازند	(متر)	(%)	(متر)	(%)	آب	افقی	کل	(%)	(%)
	(متر)	(متر)					(%)	(میلی داری)			
۱.۳	۴۳۶۱	۴۳۹۹	۳۸	۱۷/۹	۳۷/۵	۱۷/۷	۸/۸	۳۴/۱	۹۸/۷	۵	۷۰
۲.۳	۴۳۹۹	۴۴۶۰	۶۱	۱۸/۱۱	۶۰/۱۳	۱۷/۵	۸/۶	۴۰/۳۴	۹۸/۶	۵	۷۰
۳.۳	۴۴۶۰	۴۵۰۰	۴۰	۱۲/۷	۳۸/۲۵	۱۴/۴	۱۵/۴	۵۴/۵۵	۹۵/۶	۵	۷۰

جدول (۳-۱۰) رابطه بین تخلخل و تراوایی افقی با استفاده از نمودارهای متقاطع تخلخل و تراوایی حاصل از آنالیز مغزه

شماره چاه	رابطه بین تخلخل و تراوایی
۴ (لایه ۳)	$\text{Perm} = 148.257 * \text{PHI} - 5.26034$
۵ (لایه ۳)	$\text{Perm} = 225.142 * \text{PHI} - 10.3357$
۶ (لایه ۳)	$\text{Perm} = 251.221 * \text{PHI} - 7.07923$

۳-۷ نتیجه گیری

همان طور که قبلا هم عنوان شد در این مطالعه لایه ی سوم سازند فهلپان به چهار زیر لایه (۱.۳)، (۲.۳)، (۳.۳) و (۴.۳) تقسیم بندی گردید. در زیر جهت نمونه نتایج چاه شماره ۴، با توجه به جدول (۳-۷) شرح داده می شود.

بررسی کیفیت و توان مخزنی

بخش ۱.۳

چاه شماره ۴

این بخش از سنگ آهک تمیز با تخلخل حدود ۱۳/۳ درصد تشکیل شده است که مقادیر اشباع آب (S_w) آن ۱۱/۶ درصد می‌باشد. در این چاه لایه ی ۱.۳ دارای تخلخل مناسب و همچنین اشباع پایین آب می‌باشد. همچنین تراوایی افقی میانگین ۱۴/۷ میلی داری می باشد. در دیگر چاه ها روند تقریبا مشابهی برقرار می باشد.

بخش ۲.۳

چاه شماره ۴

این بخش نیز از سنگ آهک تمیز با تخلخل حدود ۱۲/۸ درصد تشکیل شده است که مقادیر اشباع آب (S_w) آن ۱۲/۳ درصد می‌باشد. در این چاه بخش ۲.۳ دارای تخلخل مناسب و همچنین اشباع پایین آب می‌باشد. همچنین تراوایی افقی میانگین ۱۱/۴ میلی داری می باشد. در دیگر چاه ها روند تقریبا مشابهی برقرار می باشد.

بخش ۳.۳

چاه شماره ۴

این بخش نیز از سنگ آهک تمیز با تخلخل حدود ۹/۴ درصد تشکیل شده است که مقادیر اشباع آب (S_w) آن ۲۶/۱ درصد می‌باشد. در این چاه بخش ۳.۳ دارای تخلخل مناسب و همچنین اشباع پایین آب می‌باشد. همچنین تراوایی افقی میانگین ۷/۷ میلی داری می باشد. رفته رفته با افزایش عمق و رسیدن به بخش های پایین تر لایه کیفیت مخزن کاهش می یابد. در دیگر چاه ها روند تقریبا مشابهی برقرار می باشد.

بخش ۴.۳

چاه شماره ۴

این بخش از سنگ آهک و مقدار بسیار ناچیزی شیل با تخلخل حدود ۴/۶ درصد تشکیل شده است که مقادیر اشباع آب (S_w) آن ۵۳/۹ درصد می‌باشد. در این چاه بخش ۴.۳ دارای تخلخل پایین و همچنین اشباع بالای آب می‌باشد. همچنین تراوایی افقی میانگین ۳/۳ میلی داری می‌باشد.

با توجه به خواص بدست آمده برای این بخش پایینی از لایه، انتظار یک مخزن کیفی مناسب را نمی‌توان داشت و از این قسمت بعنوان بخش فشرده یاد می‌شود. در دیگر چاه‌ها روند تقریباً مشابهی برقرار می‌باشد. پس از بررسی نتایج ارزیابی صورت گرفته بر روی اطلاعات رقومی نمودارهای پتروفیزیکی در لایه تحت مطالعه به نظر می‌رسد لایه مذکور قابلیت بسیار مناسبی جهت تولید دارا می‌باشد، تنها در بخش ۴.۳ کیفیت مناسبی مشاهده نمی‌گردد.

همانطور که مشاهده می‌شود سازند فلهلیان در سه بخش اول از لحاظ توان تولید در شرایط مناسبی می‌باشد.

فصل چهارم

مدلسازی رخساره‌های پتروفیزیکی و لیتولوژیکی

۴-۱ مقدمه

هدف مطالعه حاضر تهیه مدل رخساره ای سنگ مخزن، رخساره پتروفیزیکی و تعیین ارتباط میان پارامترهای پتروفیزیکی مهم مخزن نظیر تخلخل و تراوایی و سپس تهیه نقشه توزیع آنها بمنظور ساخت مدل زمین شناسی، اکتشافی و مدل استاتیکی سنگ مخزن می باشد. در این فصل کمک نرم افزار Petrel به این مهم پرداخته می شود.

۴-۲ نرم افزار Petrel و نحوه ساختن مدل

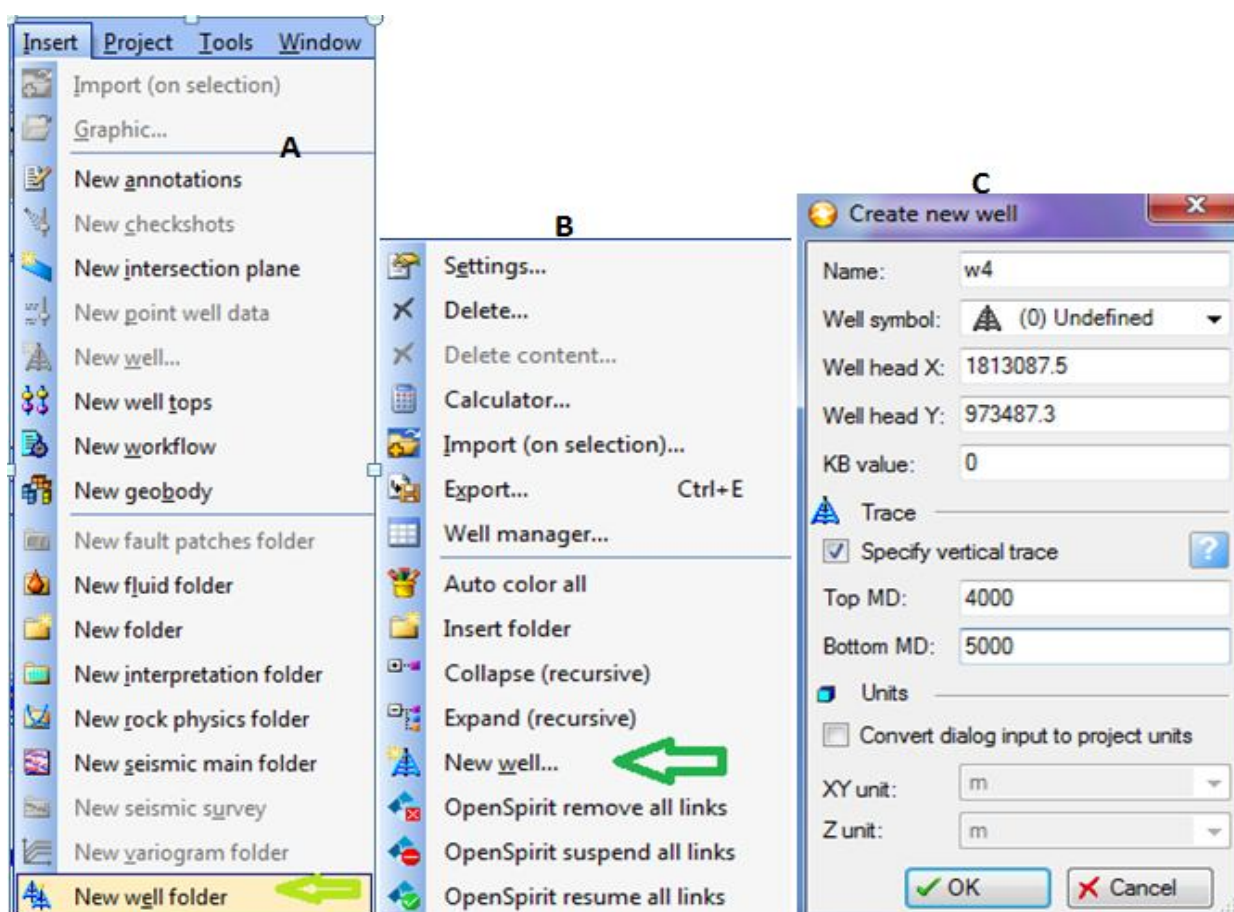
این نرم افزار توسط شرکت شولمبرژه طراحی شده و یکی از پرکاربردترین نرم افزارهای مورد استفاده در صنعت نفت می باشد. روش ساخت یک مدل رخساره ای و پتروفیزیکی در شکل (۵-۱) آمده است که ذیلا به شرح مختصر آنها پرداخته می شود.



شکل (۴-۱) مراحل ساخت یک مدل به کمک نرم افزار Petrel

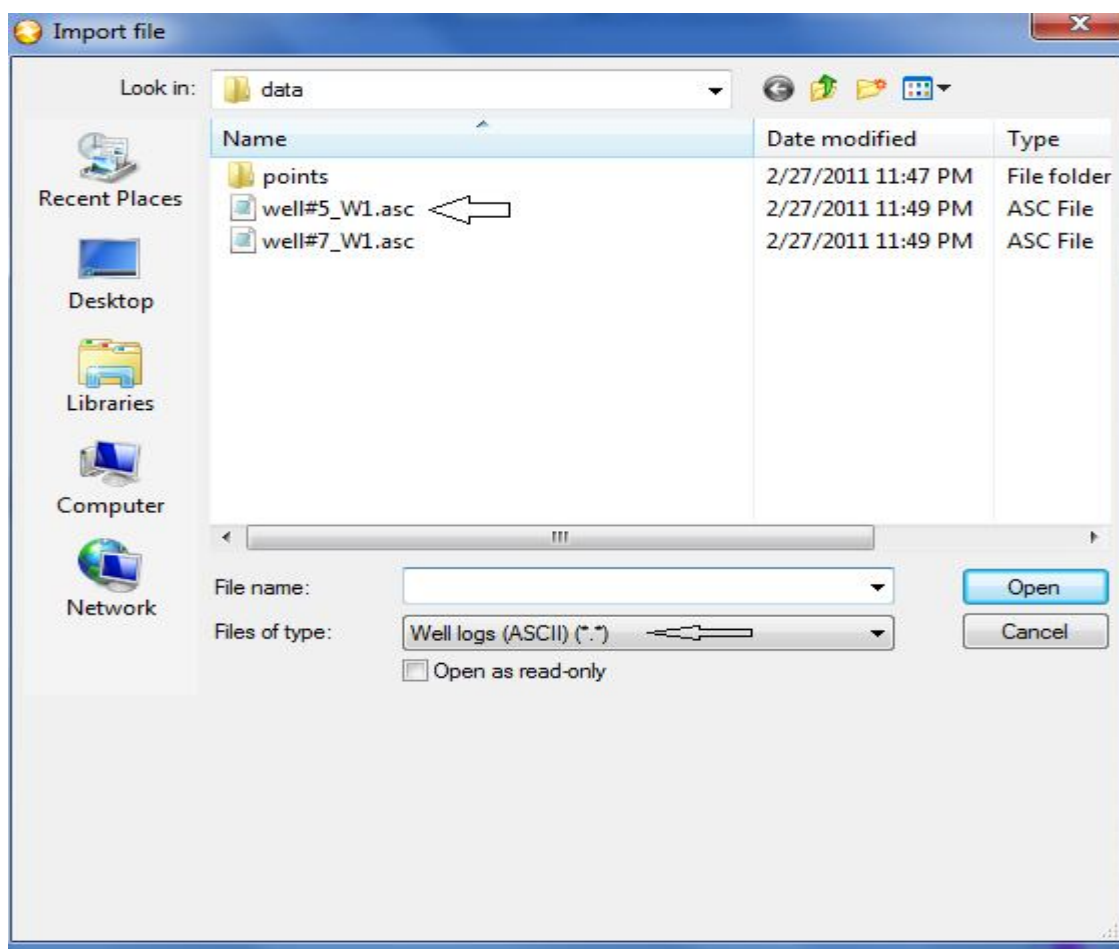
۴-۲-۱ قالب بندی و وارد کردن اطلاعات

برای ساختن مدل رخساره ای و پتروفیزیکی میدان در نرم افزار Petrel، اطلاعات اولیه شامل داده های عمقی، سر(تاپ یا بخش فوقانی) زیر لایه ها، موقعیت و مسیر چاهها و نگارهای خام و تفسیر شده پتروفیزیکی میدان وارد نرم افزار شد. بعنوان مثال برای وارد کردن اطلاعات چاهها، نخست بایستی پوشه چاهها را از قسمت Insert در منوی اصلی انتخاب نمود(شکل ۴-۲A) و سپس با انتخاب چاه جدید (شکل ۴-۲B) به تکمیل اطلاعات مربوط به چاه پرداخت(شکل ۴-۲C).

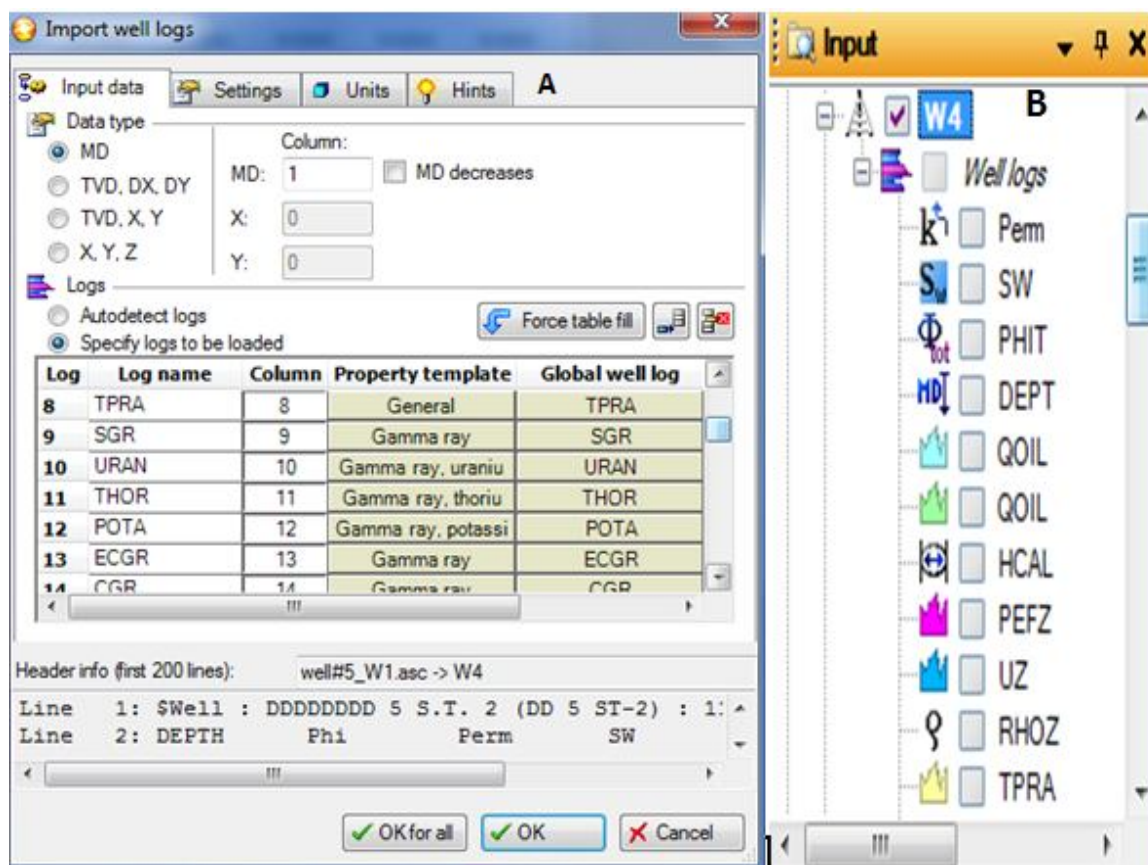


شکل (۴-۲) نحوه ی وارد کردن اطلاعات مربوط به یک چاه در نرم افزار Petrel

بعد از تعریف چاه، نوبت به وارد کردن اطلاعات اصلی شامل نگارهای چاه و نمودارهای پتروفیزیکی بدست آمده از نرم افزار IP در مرحله ارزیابی پتروفیزیکی می رسد. همان طور که قبلا گفته شد این اطلاعات در فرمت ASCII و LAS می باشند که با انتخاب نوع داده یکی از این دو انتخاب می شود شکل (۳-۴). در نهایت داده های وارد شده کنترل و تایید می گردند، شکل (۴-۴A). در قسمت ورودی (Input) اطلاعات وارد شده قابل مشاهده می باشد، شکل (۴-۴B). این مراحل برای ورود دیگر داده ها به طور تقریبا مشابه انجام می گردد.



شکل (۳-۴) وارد کردن اطلاعات اصلی چاه در فرمت ASCII

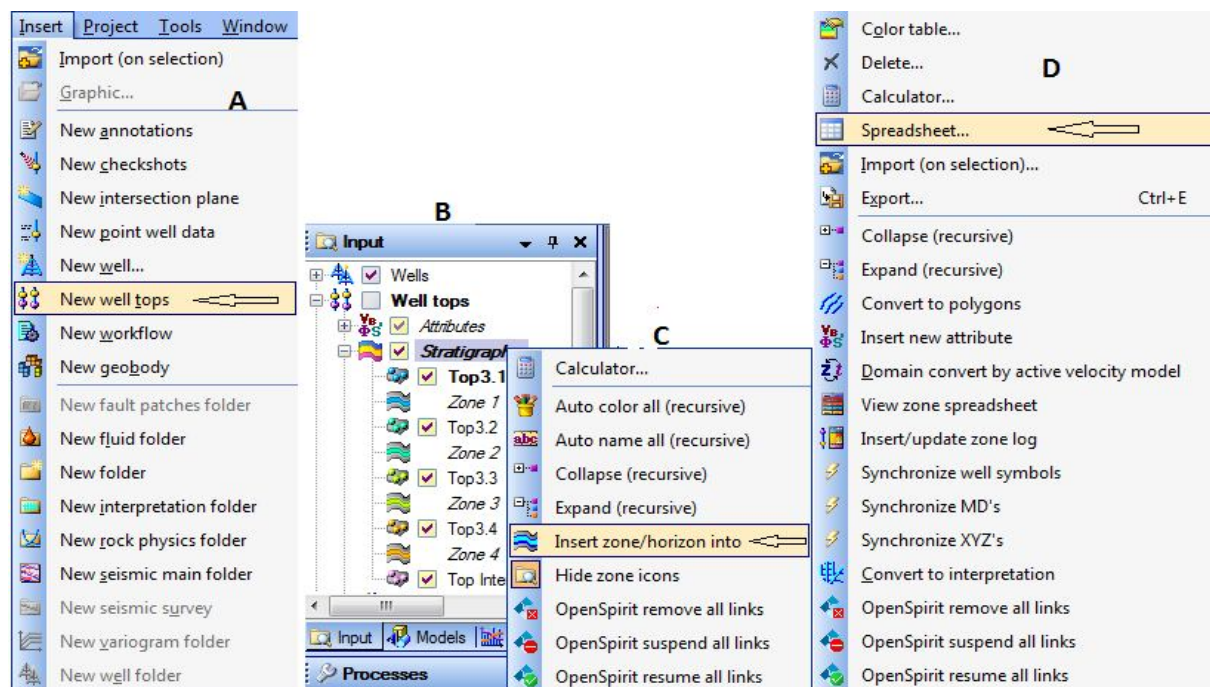


شکل (۴-۴) کنترل و تایید داده های ورودی (A) و مشاهده داده ها (B)

۴-۲-۲ تهیه مدل ساختمانی

همان طور که گفته شد میدان نفتی تحت مطالعه در جنوب غربی ایران و در استان خوزستان قرار دارد. بر اساس اطلاعات زمین شناسی و ژئوفیزیکی و اطلاعات چاههای حفاری شده، میدان موردنظر تاقیدیسی متقارن است و دارای روند شمالی-جنوبی می باشد. نخست از قسمت Insert از منوی اصلی، New Well Tops انتخاب می شود شکل (۴-۵A)، که در قسمت Input قابل مشاهده می باشد شکل (۴-۵B). سپس در زیر بخش Well Tops با کلیک راست بر روی گزینه Stratigraphy با انتخاب گزینه Insert Zone چهار زون ایجاد می شود شکل (۴-۵C)، در نهایت با کلیک راست بر روی گزینه Well Tops و انتخاب Spreadsheet شکل (۴-۵D).

۵) عمق بخش فوقانی هر زون (زیر لایه های ۱.۳، ۲.۳، ۳.۳ و ۴.۳) وارد می شود (۴-۶). در مرحله بعد با ایجاد سطوح لرزه ای و تهیه نقشه های عمقی، مدل ساختمانی تکمیل می گردد.



شکل (۴-۵) مراحل تهیه مدل ساختمانی در نرم افزار Petrel

Well top spreadsheet for 'Well tops'

Well filter: All wells Edit point: None

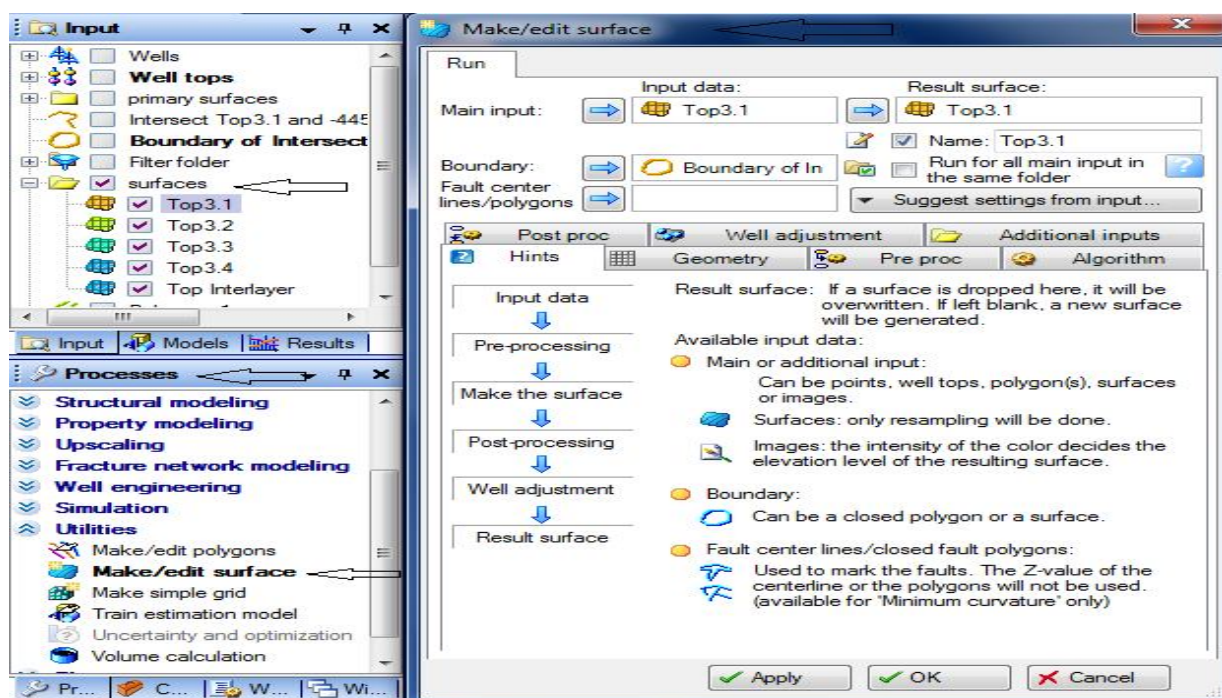
	Well identifier	Surface	X	Y	Z	MD	TWT picked	TWT auto	TVT	TS
31	W10	Top3.1	1810567.00	977012.00	-4415.00	4415.00				
32	W10	Top3.2	1810567.00	977012.00	-4454.00	4454.00				
33	W10	Top3.3	1810567.00	977012.00	-4514.00	4514.00				
34	W10	Top3.4	1810567.00	977012.00	-4560.00	4560.00				
35	W10	Top Interlayer	1810567.00	977012.00	-4590.00	4590.00				
21	W8	Top3.1	1813571.40	974018.30	-4362.00	4362.00				
22	W8	Top3.2	1813571.40	974018.30	-4403.39	4403.39				
23	W8	Top3.3	1813571.40	974018.30	-4461.81	4461.81				
24	W8	Top3.4	1813571.40	974018.30	-4495.91	4495.91				
25	W8	Top Interlayer	1813571.40	974018.30	-4536.00	4536.00				
26	W9	Top3.1	1811316.00	976895.00	-4364.00	4364.00				
27	W9	Top3.2	1811316.00	976895.00	-4403.00	4403.00				
28	W9	Top3.3	1811316.00	976895.00	-4463.00	4463.00				
29	W9	Top3.4	1811316.00	976895.00	-4493.00	4493.00				
30	W9	Top Interlayer	1811316.00	976895.00	-4550.00	4550.00				
1	well#4	Top3.1	1813087.50	973487.30	-4356.00	4356.00				
2	well#4	Top3.2	1813087.50	973487.30	-4394.00	4394.00				
3	well#4	Top3.3	1813087.50	973487.30	-4453.00	4453.00				

Use in geo.mod: All None ? Use in depth conv: All None ? Sync. well symbol Apply OK Cancel

شکل (۴-۶) وارد کردن عمق بخش فوقانی هر زون (زیر لایه های ۱.۳، ۲.۳، ۳.۳ و ۴.۳)

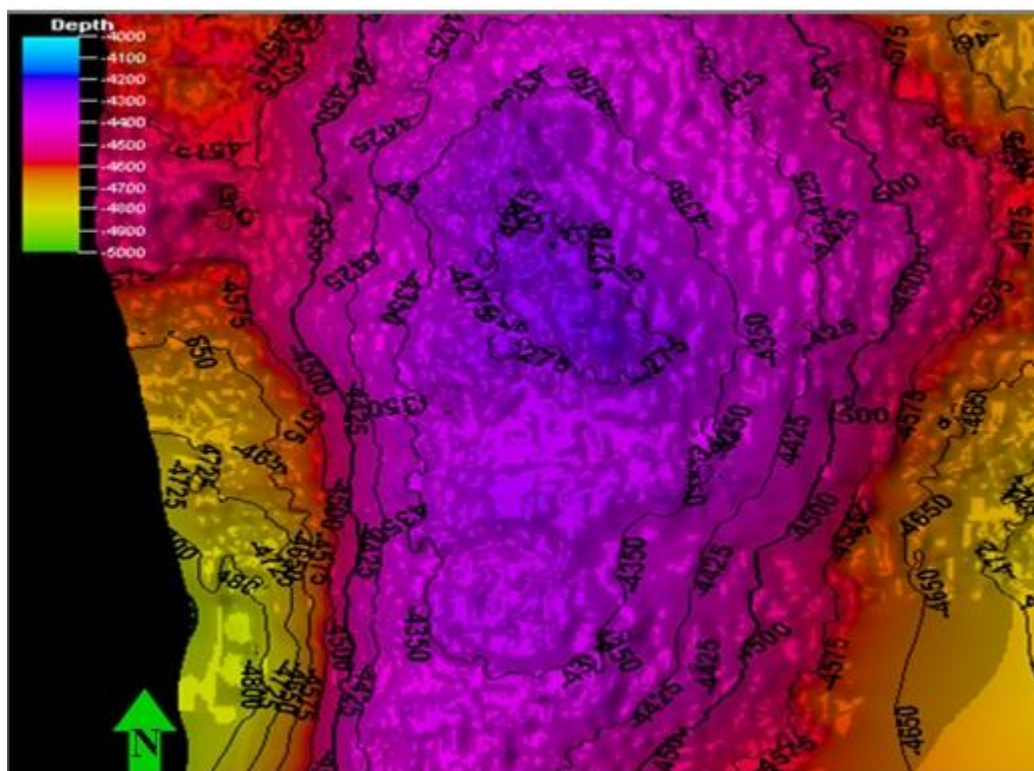
۴-۲-۱-۲ ساختن سطوح گذرنده از سر(تاپ) زیر لایه ها با استفاده از داده های لرزه

داده های لرزه ای موجود، حاصل از برداشت سه بعدی لرزه نگاری در منطقه می باشد که به صورت نقطه (دارای مختصات X, Y, Z) در دسترس می باشند. این نقاط برداشت شده شامل چهار پوشه می باشند که هر کدام گذرنده از تاپ زیر لایه ها هستند (شرکت مهندسی و توسعه نفت، ۱۳۸۴). بعد از وارد کردن نقاط لرزه ای بایستی آنها را به صورت سطح در آورد، تا بتوان از آنها در تهیه نقشه عمقی بهره برد و کنترهای عمقی را بر روی آنها نمایش داد. جهت ساختن سطوح از این نقاط، از قسمت Make/edit surface در بخش Processes استفاده می شود، شکل (۴-۷). بعد از ایجاد سطوح لرزه ای، که هر کدام از آنها از تاپ زیر لایه ی های معرفی شده عبور می کنند، آنها را هموار^۱ می کنیم. در شکل (۴-۸) و (۴-۹) سطوح لرزه ای مربوط به بخش ۱.۳، قبل و بعد از هموار شدن، نشان داده شده است.

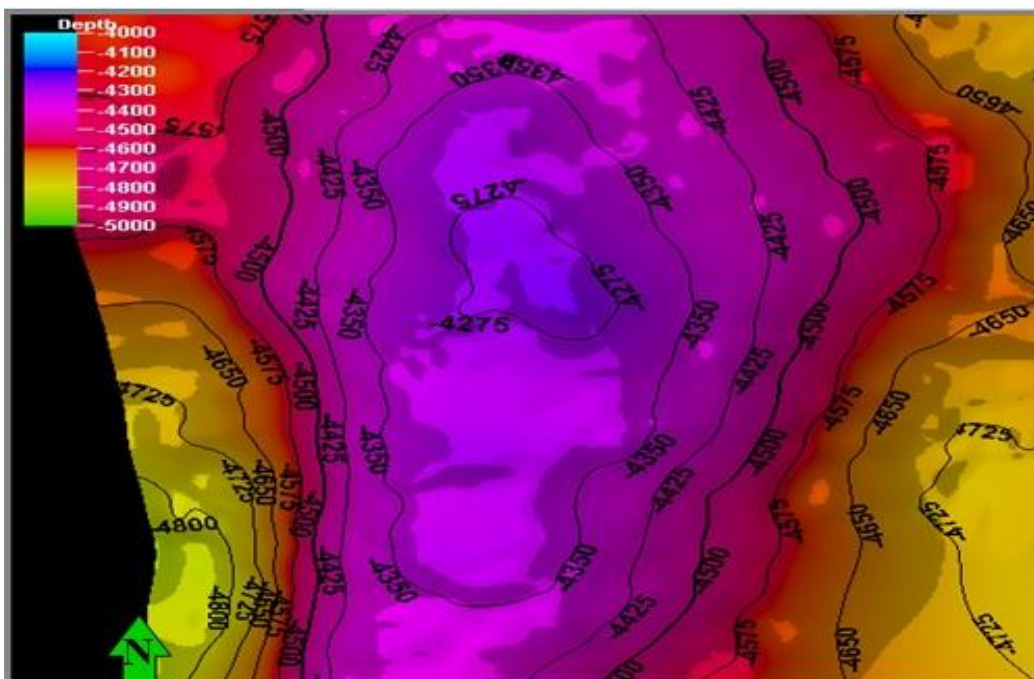


شکل (۴-۷) ساختن سطوح لرزه ای با استفاده از نقاط حاصل از لرزه نگاری سه بعدی در نرم افزار Petrel

^۱-Smooth

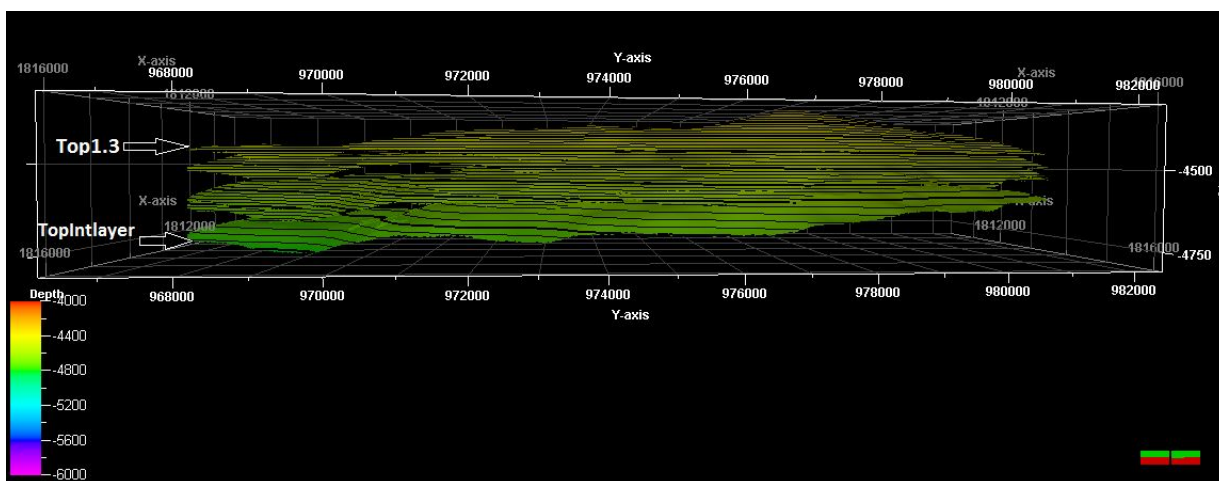


شکل (۴-۸) سطح لرزه ای بخش ۱.۳، قبل از هموار شدن در نرم افزار Petrel



شکل (۴-۹) سطح لرزه ای بخش ۱.۳، بعد از هموار شدن در نرم افزار Petrel

از این سطوح جهت ورود به مدل سه بعدی نیز استفاده می شود، در شکل (۴-۱۰) سطوح گذرنده از تاپ بخش های مختلف نشان داده شده است.



شکل (۴-۱۰) سطوح لرزه ای گذرنده از تاپ بخش های مختلف لایه ۳ سازند فهلپان

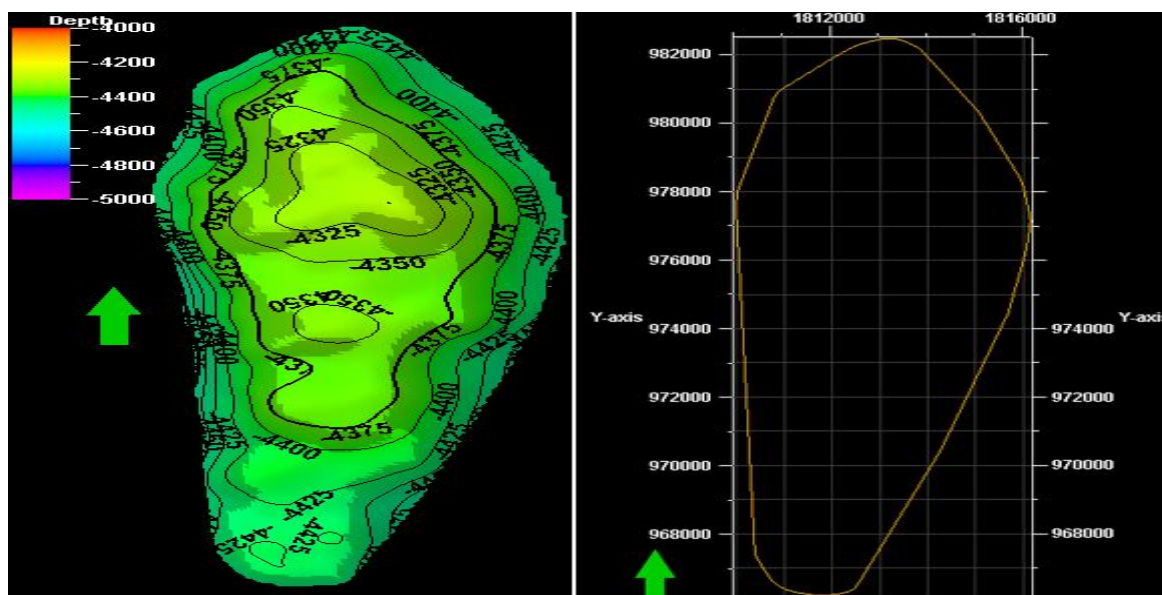
۴-۲-۲-۲ تهیه نقشه های عمقی

برای تهیه نقشه های عمقی، ابتدا محدوده مورد مطالعه توسط یک چندوجهی مشخص می شود (شکل ۴-۱۱). این چندوجهی جهت سهولت در ساختن مدل سلولی و تعریف دقیقتر سلولها ترسیم گردید. با قرار دادن کنتورهای عمقی بر روی سطوح لرزه ای از آنها بعنوان نقشه های عمقی استفاده می گردد (شکل ۴-۱۱). در شکل (۴-۱۲) مدل ساختمانی میدان از نمای شرقی، همراه با چاه های میدان نمایش داده شده است.

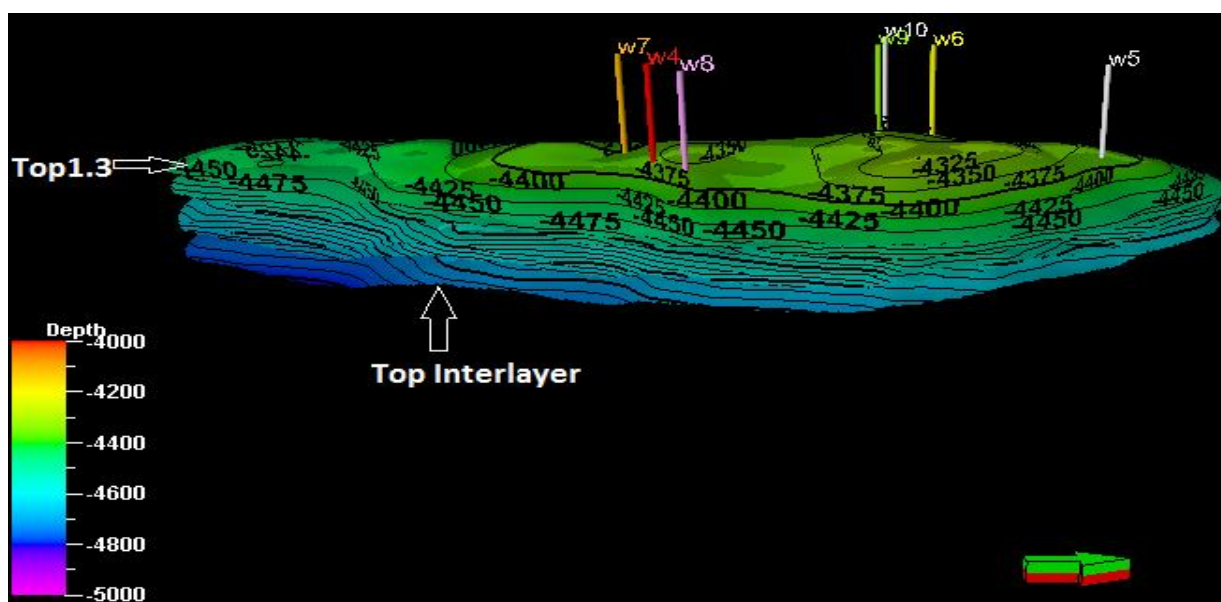
۴-۲-۳ ساخت شبکه سه بعدی

برای تخمین خصوصیات مخزنی در تمام نقاط مخزن، یک شبکه سه بعدی از مخزن مورد مطالعه با ابعاد مناسب ایجاد گردید. برای این مهم در قسمت Processes با انتخاب گزینه Make simple grid به تعیین پارامترها و اندازه شبکه پرداخته می شود (شکل ۴-۱۳). هر چه اندازه سلول های شبکه کوچکتر باشد (شبکه دانه ریز)، مدل بدست آمده از کیفیت بالاتری برخوردار خواهد بود. اما اگر تعداد سلول ها زیاد باشد مدل سازی

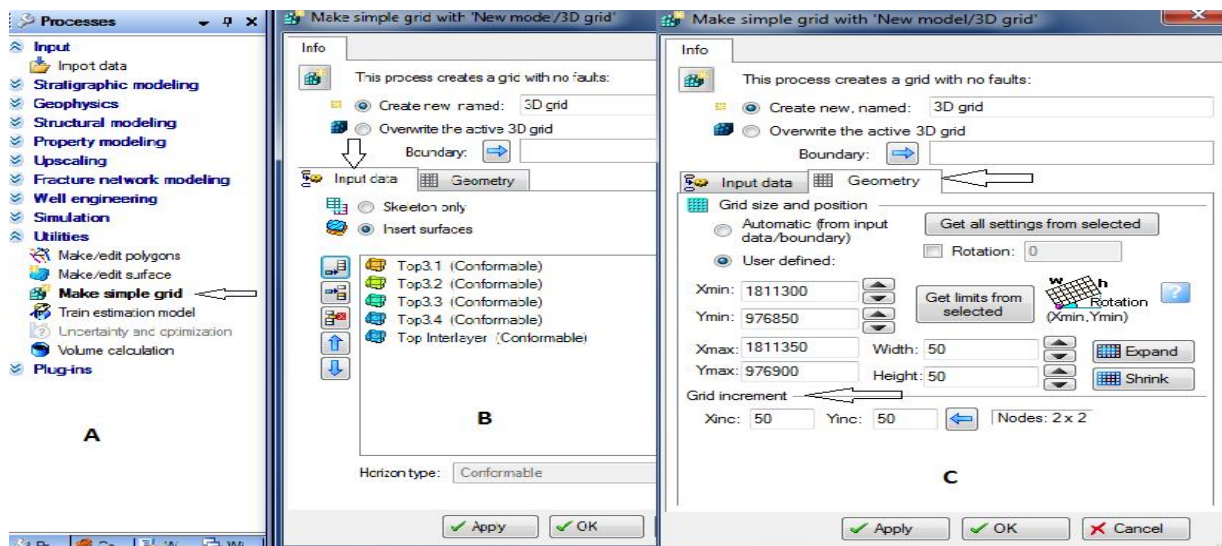
زمان بر خواهد گردید. انتخاب اندازه شبکه بسته به حافظه رایانه می تواند تعیین شود. در این شبکه، تعداد ۱۵۳ سلول در جهت X (غرب به شرق)، ۴۰۵ سلول در جهت Y (جنوب به شمال) و ۱۰۸ لایه در جهت Z (قائم) قرار داده شد، که در مجموع دارای ۶۶۹۲۲۲۰ سلول می باشد (شکل ۴-۱۴).



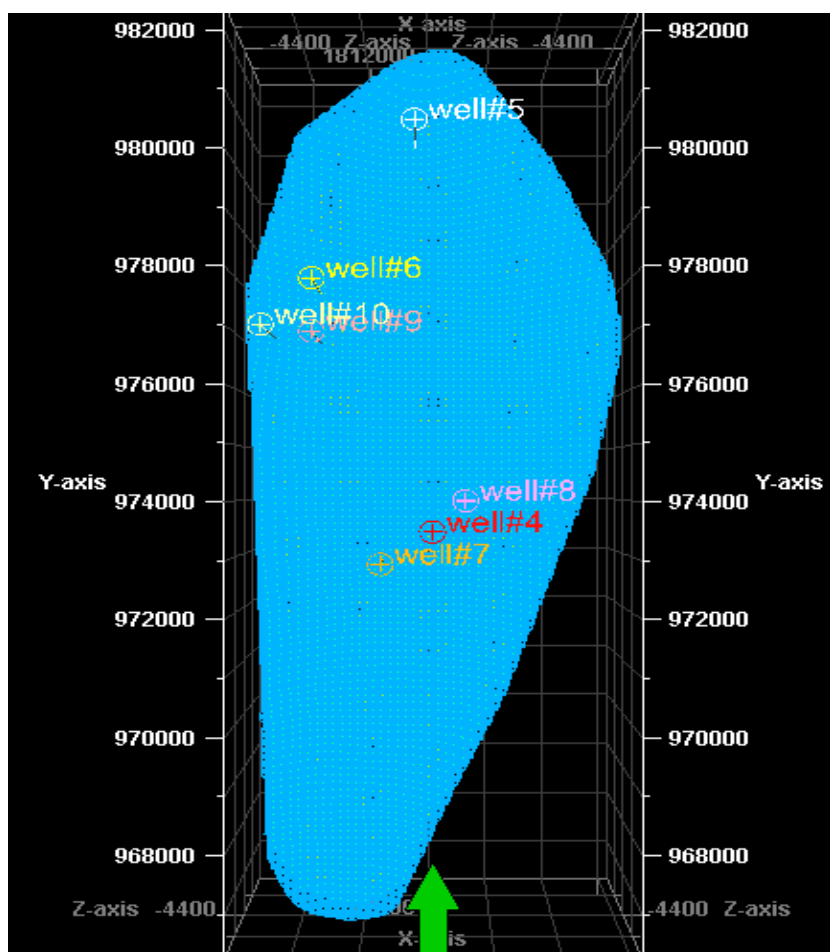
شکل (۴-۱۱) محدوده مشخص شده جهت ساختن مدل سه بعدی (راست) و نقشه عمقی تاپ بخش ۱.۳ (چپ)



شکل (۴-۱۲) مدل ساختمانی میدان از نمای شرقی، همراه با چاه های میدان



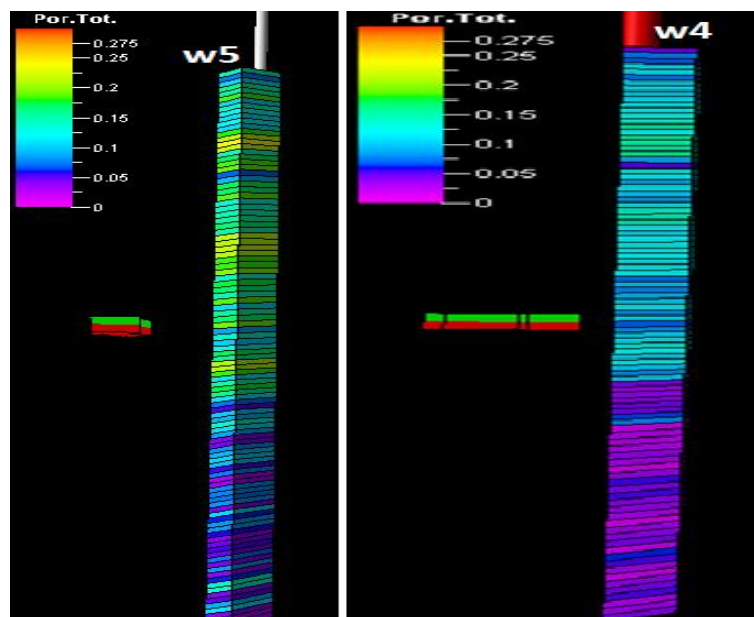
شکل (۴-۱۳) تعیین پارامترها و اندازه شبکه سه بعدی



شکل (۴-۱۴) نمایی از شبکه سه بعدی تهیه شده برای میدان مورد مطالعه

۴-۲-۴ بلوک کردن چاهها و مقیاس گردانی^۱

باتوجه به اینکه نمودارگیری و تفسیر پتروفیزیکی با فواصل استاندارد ۰/۱۵۲۴ متری انجام می شود و ضخامت هر سلول در شبکه سه بعدی یک تا دو متر در نظر گرفته شده است، با روش های متوسط گیری ریاضی، مقدار میانگین داده های موجود در هر سلول، در محل هر چاه محاسبه، و به همان سلول نسبت داده شد. در نتیجه به هر سلول فقط یک مقدار از هر پارامتر اختصاص داده می شود که به این عمل اصطلاحاً مقیاس گردانی اطلاعات چاهها در مقیاس مدل زمین شناسی یا تهیه Blocked Wells گویند. از Blocked Wells های تهیه شده، برای توزیع مقادیرشان در تمام میدان، استفاده شد. این عمل برای پارامترهای تخلخل (ϕ)، تراوایی (K) و اشباع آب (S_w) انجام گردید. داده های تخلخل، تراوایی و اشباع آب به عنوان متغیرهای پیوسته به نرم افزار معرفی شدند. برای این سه متغیر از روش میانگین گیری حسابی^۲ استفاده شد. در شکل (۴-۱۵)، مدل بلوکی ساخته شده در چاه شماره ۴ و ۵ برای پارامتر تخلخل نشان داده شده است.



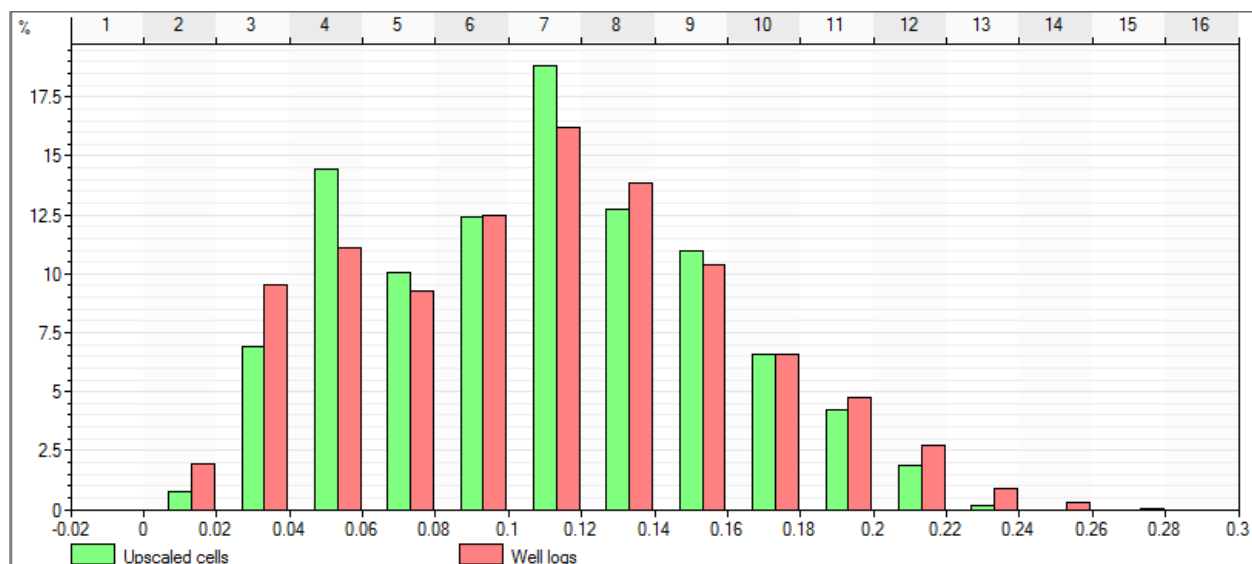
شکل (۴-۱۵) مدل بلوکی ساخته شده در چاه شماره ۴ (۴۵۸۲-۴۳۵۶ متر) و ۵ (۴۵۵۵-۴۳۵۳ متر) برای پارامتر تخلخل

^۱ -Upscaling

^۲ -Arithmetic average

۴-۲-۴-۱ کنترل کیفی نتایج

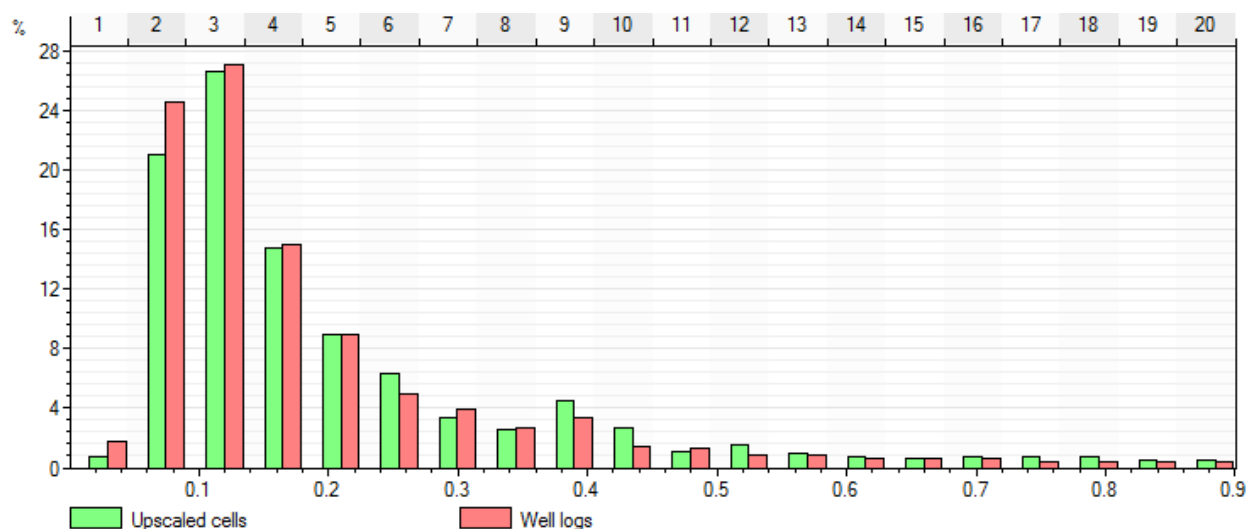
برای اطمینان از درستی انجام کار، نمودار فراوانی نسبی حاصل از اطلاعات خام و اطلاعات بلوکی شده در تمامی چاه‌ها، مورد مقایسه قرار گرفت. صحت میانگین، انحراف معیار و شکل ظاهری نمودارهای حاصل از داده‌های خام و داده‌های بلوک شده برای پارامترهای تخلخل، تراوایی و اشباع آب بررسی گردید. بعنوان مثال در شکل (۴-۱۶) هیستوگرام مقادیر تخلخل خام نشان داده شده، که شامل ۷۳۰۹ نقطه بوده و مقدار متوسط آن ۰/۱۱۲۶ می‌باشد. در همین شکل هیستوگرام مقادیر تخلخل بلوکی شده نشان داده شده است. تشابه دو هیستوگرام کاملاً مشهود است. مقدار متوسط تخلخل بلوکی شده برابر با ۰/۱۱۱۸ بوده که بسیار نزدیک به مقادیر خام می‌باشد و شامل ۶۳۷ نقطه می‌باشد.



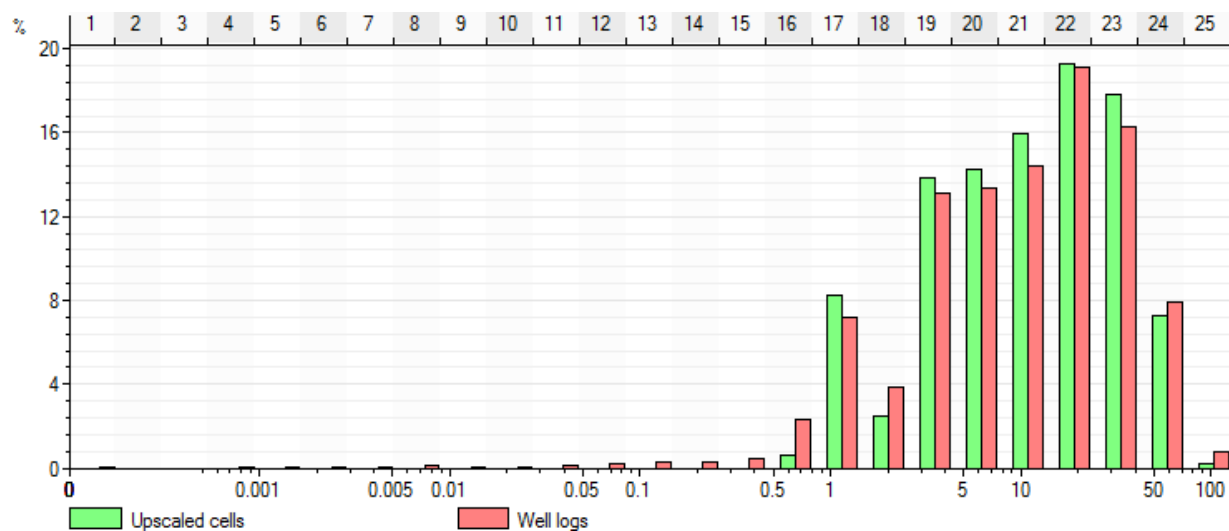
شکل (۴-۱۶) مقایسه آماری مقادیر تخلخل خام (قرمز) و بلوکی شده (سبز)

در شکل (۴-۱۷) هیستوگرام‌های مقادیر اشباع آب خام و بلوکی شده آورده شده است. تشابه دو هیستوگرام و نزدیکی مقادیر متوسط آنها مشخص است. مقدار متوسط اشباع آب خام در چاه‌ها برابر با ۰/۲۲۶۲ و بصورت

بلوکی شده برابر با ۰/۲۱۸۷ می باشد. در شکل (۴-۱۸) مقایسه مقادیر خام و بلوکی شده تراوایی نیز انجام شده است. مقدار متوسط تراوایی بصورت خام ۱۶ و بصورت بلوکی شده برابر با ۱۷ میلی داری می باشد.



شکل (۴-۱۷) مقایسه آماری مقادیر اشباع آب خام (قرمز) و بلوکی شده (سبز) در چند چاه میدان



شکل (۴-۱۸) مقایسه آماری مقادیر تراوایی خام (قرمز) و بلوکی شده (سبز)

۴-۲-۵ مدل سازی پتروفیزیکی^۱

در این مرحله از ساختن مدل، پارامترهای مخزنی شامل تخلخل، تراوایی و اشباع آب در مدل شبکه به روش-های آماری و هوشمند توزیع می گردند. بطوری که هر سلول مقادیر پارامترهای مختلف نظیر تخلخل، تراوایی و اشباع آب را به خود اختصاص می دهد. این عمل به دو روش قطعی^۲ و تصادفی^۳ و شبکه های عصبی^۴ انجام پذیر است. از مزایای روش تصادفی نسبت به روش قطعی ایجاد مدل واقعی تر از ناهمگونی^۵ مخزن می باشد (Simlote and Nikolayenko, 1998). در این جا از روش های زمین آماری استفاده می شود. جهت توزیع خواص مخزنی در مدل، بررسی داده ها از لحاظ زمین آماری (واریوگرافی) مورد نیاز است که در ادامه به آن اشاره می گردد.

۴-۲-۵-۱ واریوگرام^۶

تحلیل زمین آماری داده ها ابزاری است که از نظر زمین آماری ارتباط فضایی بین هر کمیت در نقاط مختلف یک مخزن را بررسی می کند. یعنی میزان همبستگی بین داده ها را نشان می دهد. کمیت ها را می توان به کمک تجزیه و تحلیل شباهت ها و تفاوت های بین عیار نقاط مختلف یک مخزن که، به فاصله h از هم قرار دارند بررسی کرد. در زمین آمار، توزیع کمیت مورد مطالعه (در این مطالعه تخلخل، تراوایی و اشباع آب) از یک تابع تصادفی تبعیت می کند که این تابع دارای ضابطه ای مستقل از مکان بوده، اما موقعیت فضایی داده ها نسبت به هم را در نظر می گیرد. به این ترتیب همبستگی بین نمونه ها به عنوان تابعی از فاصله بین نمونه ها در نظر گرفته شده و این تابعیت در قالب یک رابطه ریاضی به نام واریوگرام ارائه می شود، شکل (۴-۱۹)، که فرمول آن به صورت زیر می باشد (N.I.O.C, 2010- شرکت نفت مناطق مرکزی ایران، ۱۳۸۸).

¹-Property Modeling

²-Deterministic

³-Stochastic

⁴-Neural Networks

⁵-Heterogeneity

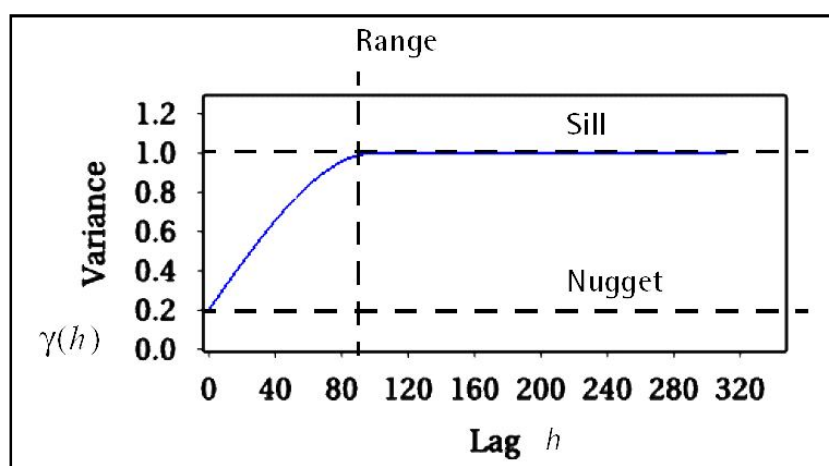
⁶-Variogram

$$2\gamma(h) = \frac{1}{N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(X_i) - Z(X_i + h)]^2$$

که در این معادله:

$\gamma(h)$ واریانس افزایش فواصل، h فاصله بین جفت نقاط، $N(h)$ تعداد جفت نقاط، (i) اندیس داده‌ها و

$Z(X_i)$ مقدار داده برای هر گام معین



شکل (۴-۱۹) شکل شماتیک از یک واریوگرام همراه با پارامترهای آن (حسنی پاک، ۱۳۸۰)

تابع فوق یک تابع برداری است، به بیان دیگر، در این رابطه، فاصله و جهت یافتگی این فاصله نقش دارد. مقدار

این تابع بیانگر آن است که در امتدادهای مختلف، متوسط مقادیر چگونه نسبت به فاصله تغییر می‌کند.

پارامترهای اساسی واریوگرام همانطور که در شکل (۴-۱۹) نشان داده شده، شامل موارد ذیل است:

- **Lag:** اختلاف فاصله بین دو نقطه (h) در مخزن.
- **سقف (Sill):** حداکثر درجه عدم همبستگی که اغلب از آن به عنوان واریانس کل سیستم نام می‌برند.
- **سقف بیشتر** یعنی تغییرپذیری بیشتر. بنابراین با افزایش فاصله h مقدار واریوگرام در فاصله معینی

تغییر و پس از آن به حد ثابتی می رسد. در محاسبات این مقدار ثابت را واحد می گیرند (حسنی پاک، ۱۳۸۰).

- **Nugget**: عرض از مبدا منحنی تغییر نما یا واریوگرام به این نام خوانده می شود که همان درجه عدم تشابه یا عدم همبستگی بین دو سنجش در یک مکان است. وجود Nugget می تواند بی دقتی در نمونه گیری و یا وجود پارامترهای مخزنی نامنظم در مقیاس های کوچک باشد (حسنی پاک، ۱۳۸۰).
- **Range** یا دامنه: میزان فاصله ای که در آن واریوگرام به نقطه سقف می رسد.

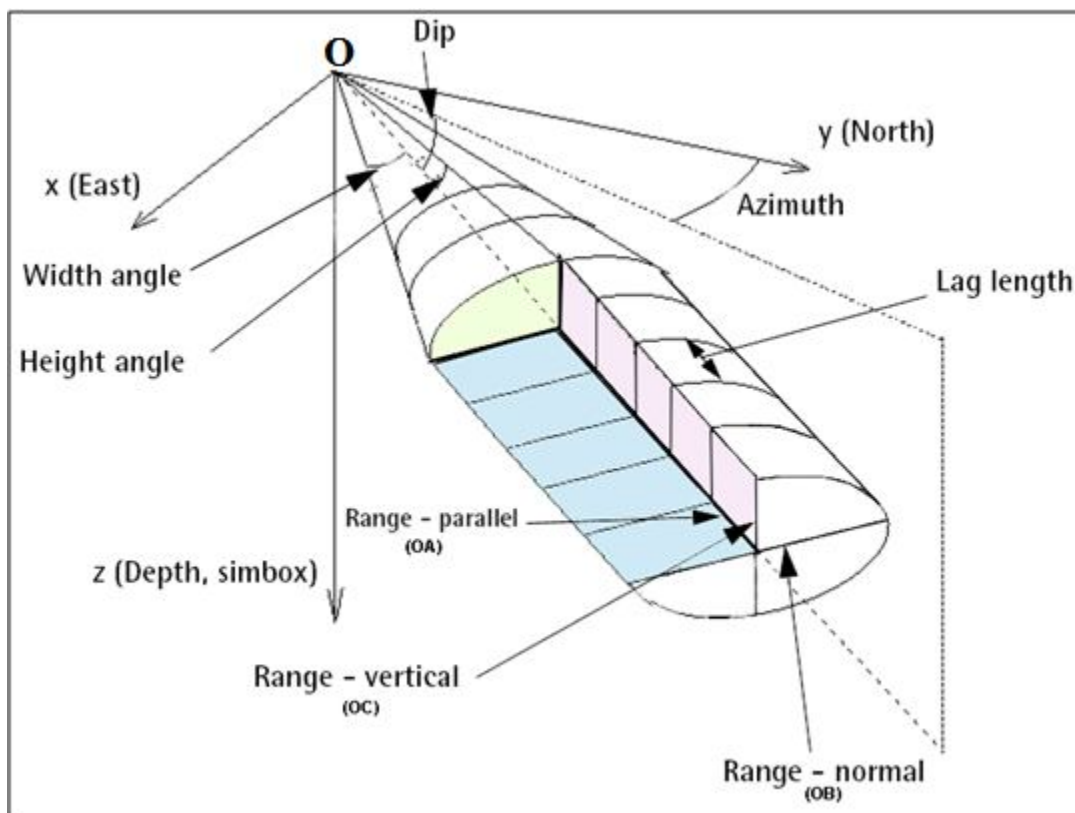
در مدل سازی سه بعدی می بایستی توابع واریوگرام تمام سه بعدی^۱ را بسازیم، بنابراین دامنه های متفاوتی در سه جهت اصلی (X, Y, Z) خواهیم داشت. دلیل ایجاد واریوگرام های سه بعدی در واقع آنیزوتروپی زمین شناسی است. در اغلب موارد سنگهای رسوبی (مخازن نفت و گاز)، طول همبستگی یا دامنه در جهات جانبی بزرگتر از جهت عمود بر لایه است، بنابراین در مدل سازی از بیضوی آنیزوتروپی همانند شکل (۴-۲۰) استفاده می گردد (N.I.O.C, 2010 - شرکت نفت مناطق مرکزی ایران، ۱۳۸۸). در این شکل خطوط مشکی محورهای بیضوی را نشان می دهد و پارامترهای زیر تعریف می شوند:

خط OA (Range-parallel): بلندترین میزان همبستگی می باشد. جهت یابی آن توسط آزمون و شیب معین شده است.

خط OB (Range-normal): کوتاهترین میزان همبستگی و جهت آن عمود بر OA می باشد.

خط OC (Range-vertical): میزان همبستگی عمودی می باشد.

^۱ - Full-3D

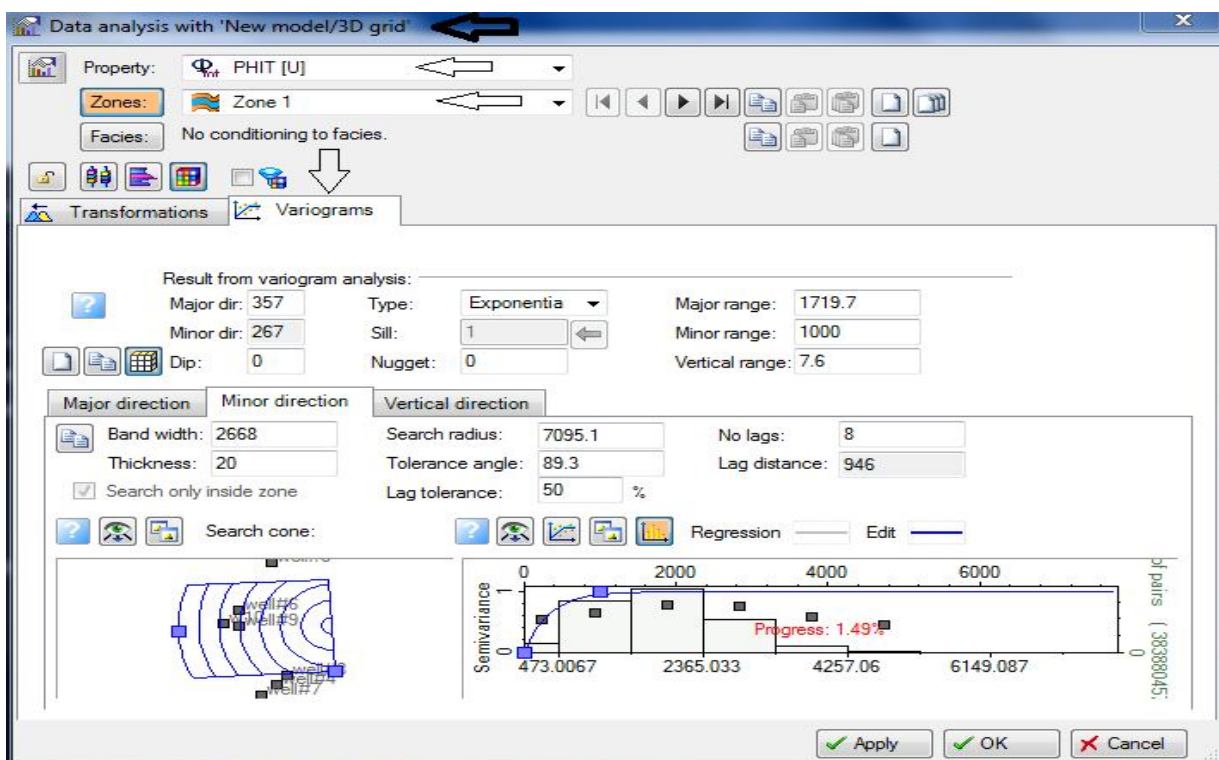


شکل (۴-۲۰) تصویر شماتیکی از بیضوی آنیزوتروپی (شرکت نفت مناطق مرکزی ایران، ۱۳۸۸)

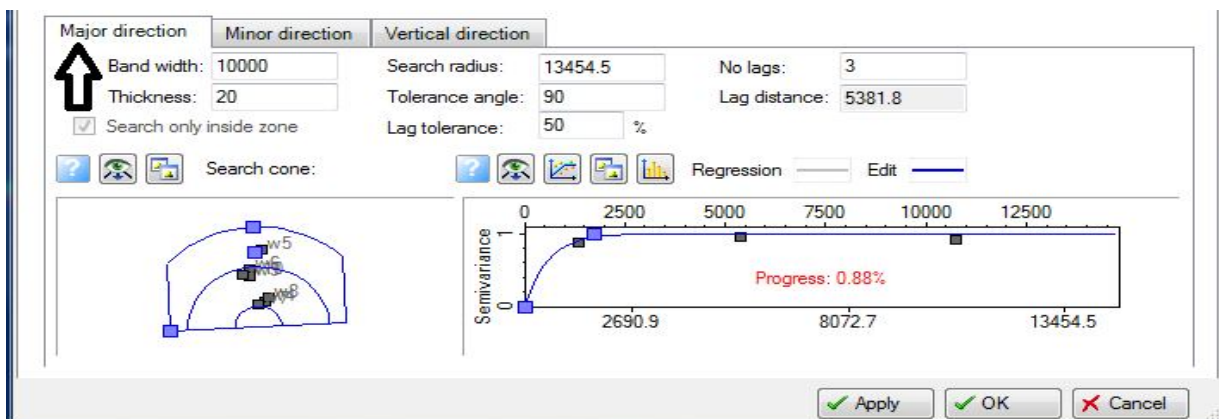
بطور کلی این نوع تحلیل ها، توصیفی از ناهمگنی مخزن را فراهم می کند. از مهمترین توصیف های آماری می توان میانگین و انحراف معیار را نام برد. تحلیل زمین آماری داده های میدان برای خواص مخزنی شامل تخلخل، تراوایی و اشباع آب انجام شد. این کار در قسمت Processes/Utilities/Data analysis انجام گردید. در قسمت Data analysis با انتخاب گزینه variograms و انتخاب پارامتر و زون مورد نظر به تعیین پارامترهای واریوگرام پرداخته می شود، شکل (۴-۲۱). سپس بایستی پارامترهای واریوگرام در جهتهای مختلف (Major, Minor, Vertical) تعیین گردد، شکل های (۴-۲۲)، (۴-۲۳) و (۴-۲۴).

در مدل زمین شناسی میدان، برای هر کدام از پارامترهای تخلخل، تراوایی و اشباع آب، پارامترهای واریوگرام بدست آورده شد. بعلت همبستگی خوب این سه پارامتر در هر زون (بازه واریوگرافی)، این پارامترها دارای

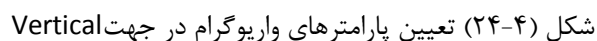
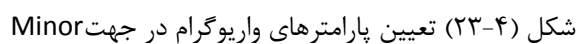
ساختار فضایی مشابهی می باشند. بنابراین توزیع فضایی هر سه پارامتر تقریباً مشابه بوده و می توان مباحث مربوط به واریوگرافی یکی از این سه پارامتر را به مابقی تعمیم داد. بعد از محاسبه پارامترهای واریوگرام، می توان مدل سازی واریوگرام را انجام داد، جدول (۴-۱).



شکل (۴-۲۱) انتخاب پارامتر و زون مورد نظر جهت تخمین پارامترهای واریوگرام در قسمت Data analysis



شکل (۴-۲۲) تعیین پارامترهای واریوگرام در جهت Major



جدول (۴-۱) تعیین پارامترهای واریوگرام برای پارامترهای پتروفیزیکی در بخش‌های مختلف مخزن

Zone	Type	Major Range (10 ³ m)	Minor Range (10 ³ m)	Vertical Range (m)	Nugget
1.3	Exponential	6	6	7.6	0.05
2.3	Exponential	6	6	10.4	0.04
3.3	Exponential	6	6	6.8	0.06
4.3	Exponential	6	6	11.6	0.05

۴-۲-۵-۲ مدل سازی تخلخل

نتایج ارزیابی نمودارهای مقیاس گردانی شده پتروفیزیکی، داده های ورودی برای ساخت مدل تخلخل بوده است. پس از وارد کردن نتایج مذکور به نرم افزار، مدل واریوگرام تخلخل در محدوده میدان مورد مطالعه تهیه گردید. سپس با فرض پیروی کردن داده ها از یک تابع توزیع نرمال، با مقدار میانگین صفر و انحراف معیار یک، این داده ها به صورت نرمال درآورده شدند (این کار در نرم افزار انجام گردید) و در کل میدان انتشار یافتند. پس از انتشار داده ها، مدل نهایی تخلخل در کل میدان با روش های مختلف تهیه شد، که نتایج آن در جدول (۴-۲) آورده شده است. همان طور که مشاهده می شود از بین دو روش تصادفی (SGS,GRFS)، روش تابع تصادفی گوسی دارای انحراف معیار پایین تری می باشد. همچنین این روش سریعتر از روش گوسی پیاپی می باشد. از میان روش های قطعی نیز، روش کریجینگ دارای کمترین انحراف معیار می باشد. همان طور که قبلاً گفته شد، روش های تصادفی در مقایسه با روش های قطعی بیان دقیق تری از ناهمگنی مخزن دارند، همچنین الگوریتم های تصادفی اجازه ایجاد مدل های چندگانه را می دهد (Journel,1990). بنابراین مدل نهایی به کمک روش تابع تصادفی گوسی تهیه گردید. در شکل (۴-۲۵) مدل تهیه شده تخلخل میدان با روش تابع تصادفی گوسی آورده شده است. لازم به ذکر است که نتایج به دست آمده در حوالی چاه ها از صحت بیشتری برخوردار بوده و هر چه فاصله از چاه ها بیشتر شود دقت نتایج کمتر می گردد. با در نظر گرفتن محدوده اطراف چاه ها، همان طور که در این شکل دیده می شود، قسمت شمالی، غربی و جنوب غربی لایه مخزنی از تخلخل بیشتری نسبت به قسمت مرکزی و شرقی برخوردار می باشد. برای اطمینان از درستی مدل ساخته شده، هیستوگرام داده های بلوکی شده و مدل تخلخل با هم مقایسه شدند که از یک روند مشابهی پیروی می نماید، شکل (۴-۲۶). چنانکه ملاحظه می گردد مقدار تخلخل متوسط بلوکی شده برابر با ۰/۱۱۱۸ بوده و مقدار متوسط تخلخل مدل ۰/۱۰۸۶ می باشد. همچنین در جدول (۴-۳) مقادیر متوسط تخلخل خام نگارها، تخلخل مقیاس گردانی شده (Blocked) و مدل شده با هم مقایسه شده اند. همان طور که دیده می شود، مقادیر متوسط

تخلخل بدست آمده در بخش های مختلف بسیار به هم نزدیک بوده و این بیانگر دقت انجام محاسبات و روش مدل سازی می باشد. در کل لایه تحت مطالعه، مقادیر متوسط تخلخل بدست آمده از طریق نگارها ۰/۱۱۲۶ می باشد، این مقدار برای حالت مقیاس گردان شده و مدل شده به ترتیب ۰/۱۱۱۸ و ۰/۱۰۸۶ می باشد.

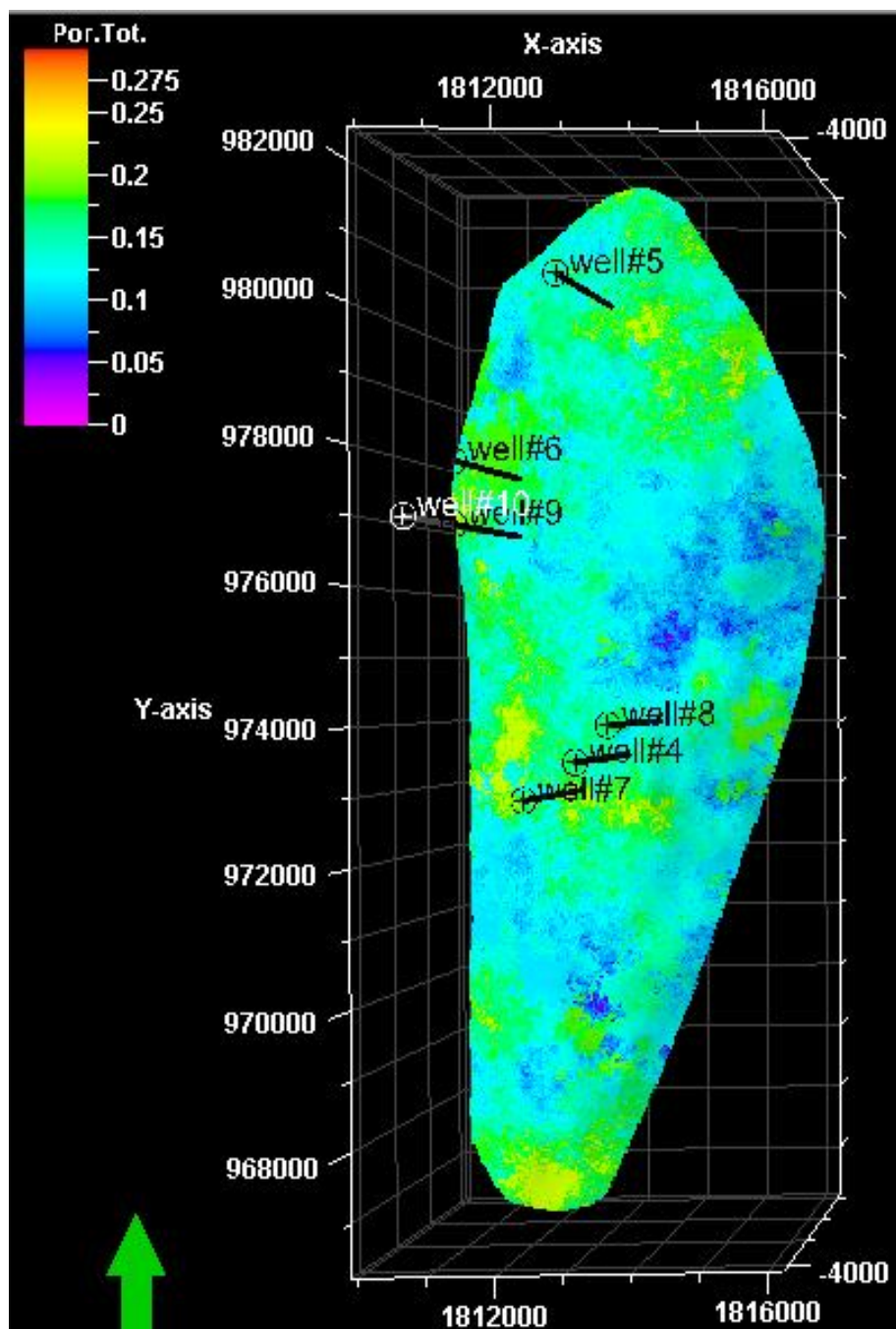
در روشی دیگر، مدل تخلخل با روش قطعی نیز ساخته شد که پس از مشاهده مقادیر میانگین و هیستوگرام های آنها با Blocked Wells، نهایتاً پارامترهای توزیع شده به روش تصادفی برای مقیاس گردانی (Upscaling) در شبکه مورد استفاده قرار گرفت. در شکل (۴-۲۷) نمائی از مدل تخلخل ساخته شده به روش قطعی (کریجینگ) آورده شده است. همان طور که در این شکل نیز دیده می شود مقدار تخلخل در قسمت شمال و غرب محدوده چاه ها بیشتر از شرق و مرکز می باشد، اما تغییرات تخلخل به خوبی مشخص نبوده و بیشتر به صورت منطقه ای می توان این تغییرات را مشاهده کرد. مدل های بدست آمده از طریق دیگر روش ها در پیوست (الف)، در شکل های (الف-۱۴)، (الف-۱۵)، (الف-۱۶) و (الف-۱۷) آورده شده است. از لحاظ آماری روشی که دارای انحراف معیار کمتری باشد، برای مدل سازی مناسب تر می باشد، جدول (۴-۲). اما با مشاهده این اشکال در می یابیم که از لحاظ کیفی نیز بایستی روش مدل سازی مناسب باشد. در روش های تصادفی بعد از روش تابع تصادفی گوسی (GRFS)، روش تکرار پی در پی گوسی (SGS) روش مناسبی جهت مدل سازی می باشد. از بین روش های قطعی، بعد از روش های کریجینگ و درون یابی کریجینگ روش Moving average روش بهتری جهت مدل سازی می باشد. البته روش های تصادفی بسیار بهتر از روش های قطعی عمل می کنند.

جدول (۴-۲) روش های مختلف جهت ساخت مدل نهایی تخلخل

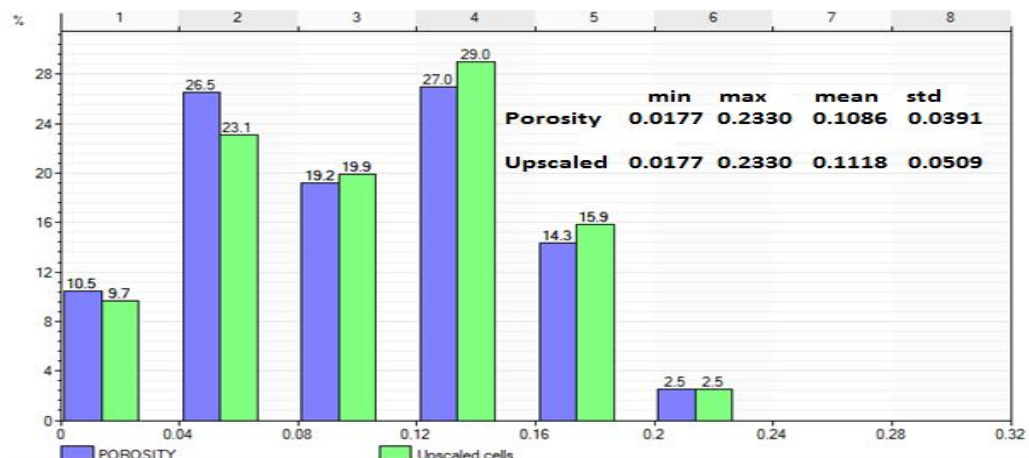
روش	Sequential Gaussian Simulation (SGS) (stochastic)	Gaussian random function simulation (stochastic)	Kriging interpolation (estimation)	Kriging (estimation)	Kriging by Gslib (estimation)	Moving average (interpolation)	Functional (estimation)	Closest (estimation)
میانگین تخلخل	۰/۱۰۷۶	۰/۱۰۸۶	۰/۱۱۰۳	۰/۱۰۹۹	۰/۱۰۹۹	۰/۱۰۹۷	۰/۱۰۹۷	۰/۱۰۹۴
انحراف معیار	۰/۰۴۰۴	۰/۰۳۹۱	۰/۰۲۶۵	۰/۰۱۵۴	۰/۰۱۵۴	۰/۰۲۸۸	۰/۰۲۸۸	۰/۰۴۰۳

جدول (۴-۳) مقایسه مقادیر متوسط تخلخل در نگارهای خام، مقیاس گردانی شده و مدل شده به روش تابع تصادفی گوسی (GRFS)

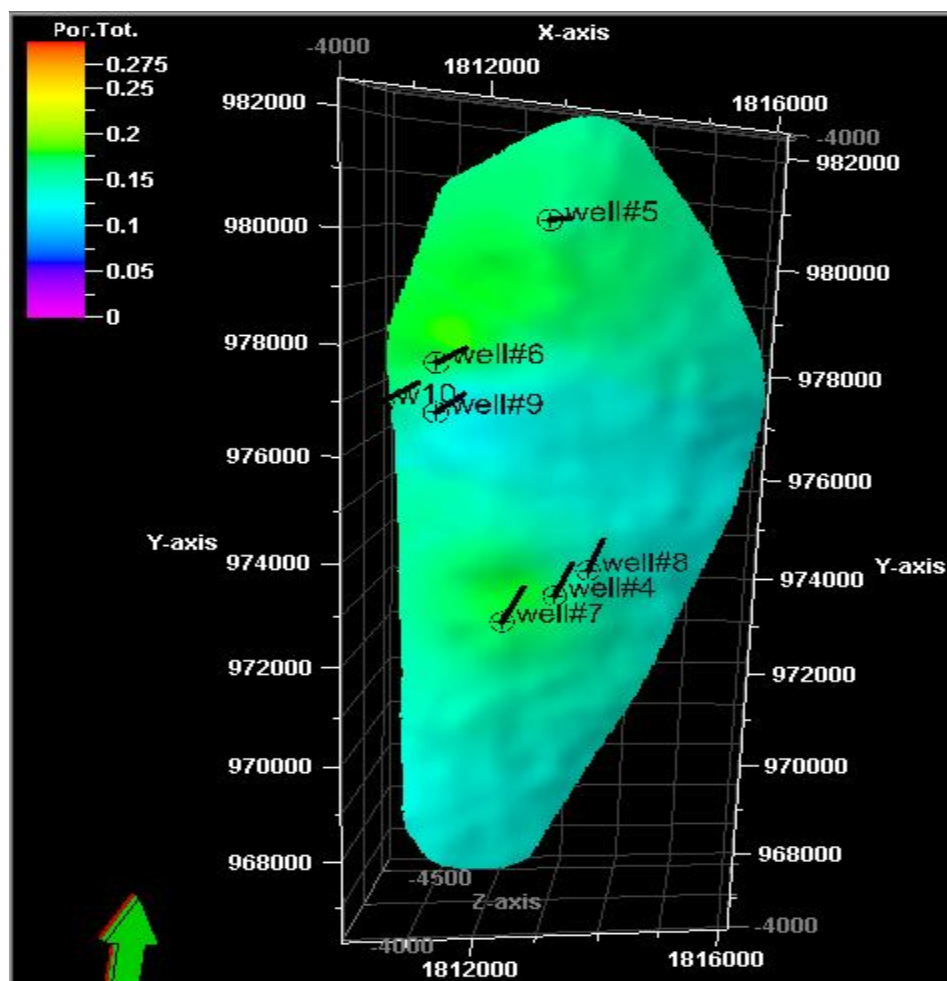
بخش	تخلخل		
	نگار خام	مقیاس گردان شده	مدل نهایی
۱.۳	۰/۱۳۶۴	۰/۱۳۶۶	۰/۱۳۰۷
۲.۳	۰/۱۳۴۱	۰/۱۳۳۹	۰/۱۲۸۴
۳.۳	۰/۱۱۴۲	۰/۱۱۴۶	۰/۱۱۶۳
۴.۳	۰/۰۵۶۳	۰/۰۶۰۱	۰/۰۵۹۰
کل	۰/۱۱۲۶	۰/۱۱۱۸	۰/۱۰۸۶



شکل (۴-۲۵) نمائی از مدل تخلخل ایجاد شده به روش تابع تصادفی گوسی (GRFS) مربوط به بخش ۲.۳

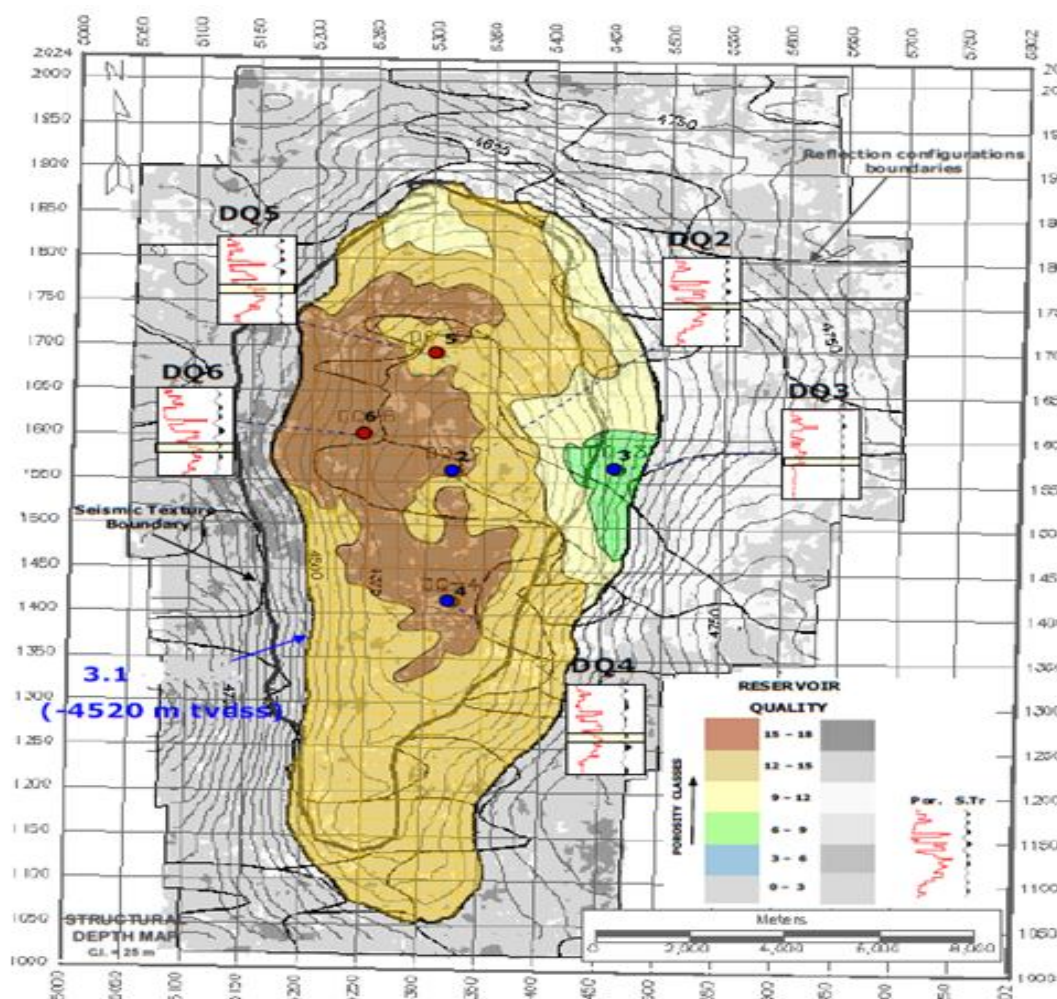


شکل (۴-۲۶) مقایسه هیستوگرام تخلخل بلوکی شده (سبز) در چاه های میدان با هیستوگرام مقادیر تخلخل مدل شده (آبی).



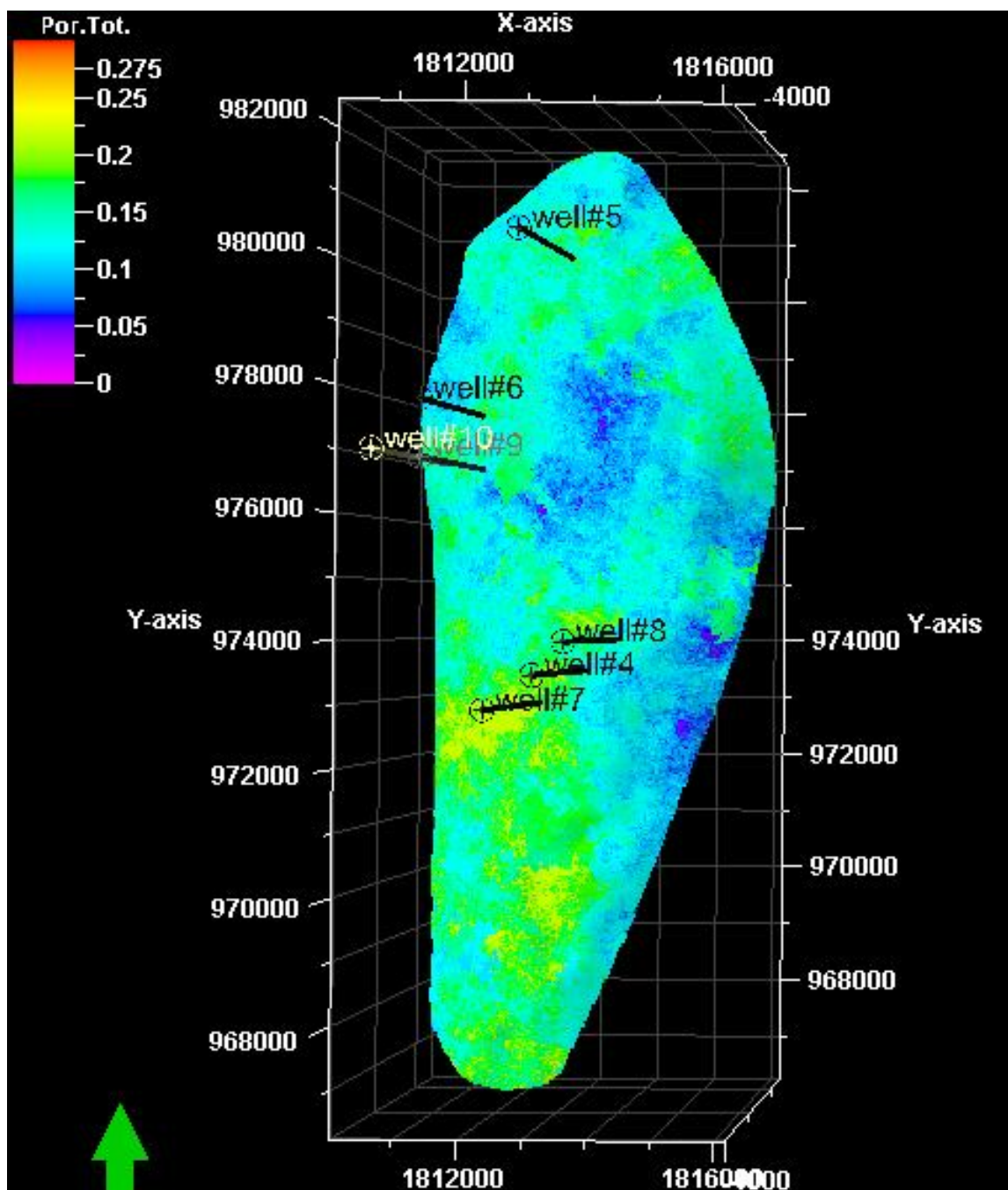
شکل (۴-۲۷) نمایی از مدل تخلخل ایجاد شده به روش قطعی (کریجینگ) مربوط به بخش ۲.۳

در نهایت با توجه به در دسترس بودن نقشه های کیفی مخزن، که از طریق نقشه های شبه تخلخل ناشی از داده های لرزه نگاری، بدست آمده اند به کنترل کیفی نتایج حاصل شده، پرداخته می شود (شرکت مهندسی و توسعه نفت، ۱۳۸۴). در شکل (۴-۲۸) که نقشه کیفی تخلخل مخزن در بخش ۱.۳ می باشد، اگر از سمت چاه شماره ۴ به سمت چاه ۵ و سپس ۶ حرکت کنیم، تغییرات تخلخل در بازه ۱۸-۱۵ درصد می باشد، از چاه شماره ۶ به سمت مرکز و شرق، رفته رفته از مقدار تخلخل کاسته می گردد. این تغییرات عینا در مدل تهیه شده در شکل (۴-۲۹) قابل مشاهده می باشد.

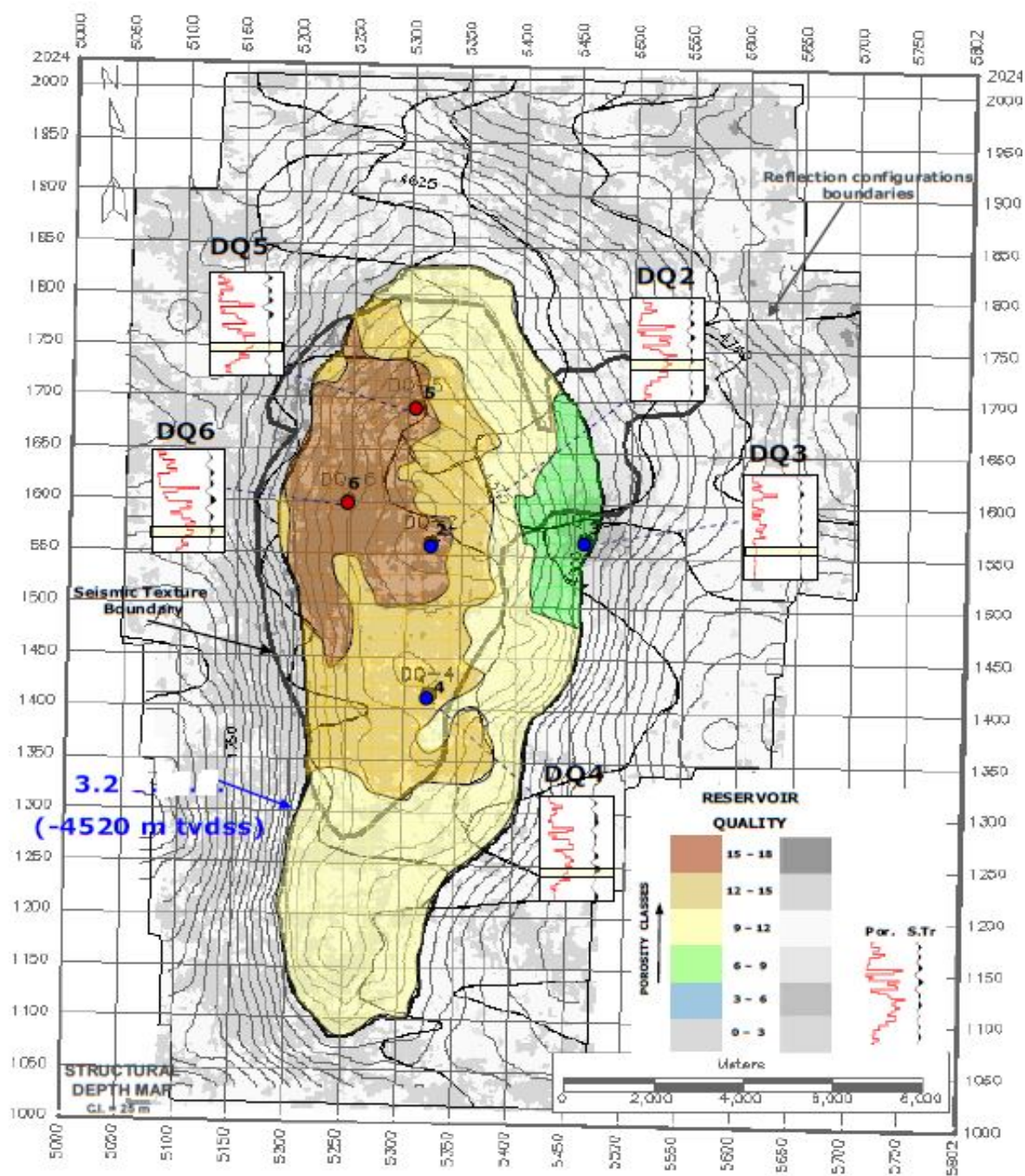


شکل (۴-۲۸) نقشه کیفی تخلخل مخزن در بخش ۱.۳

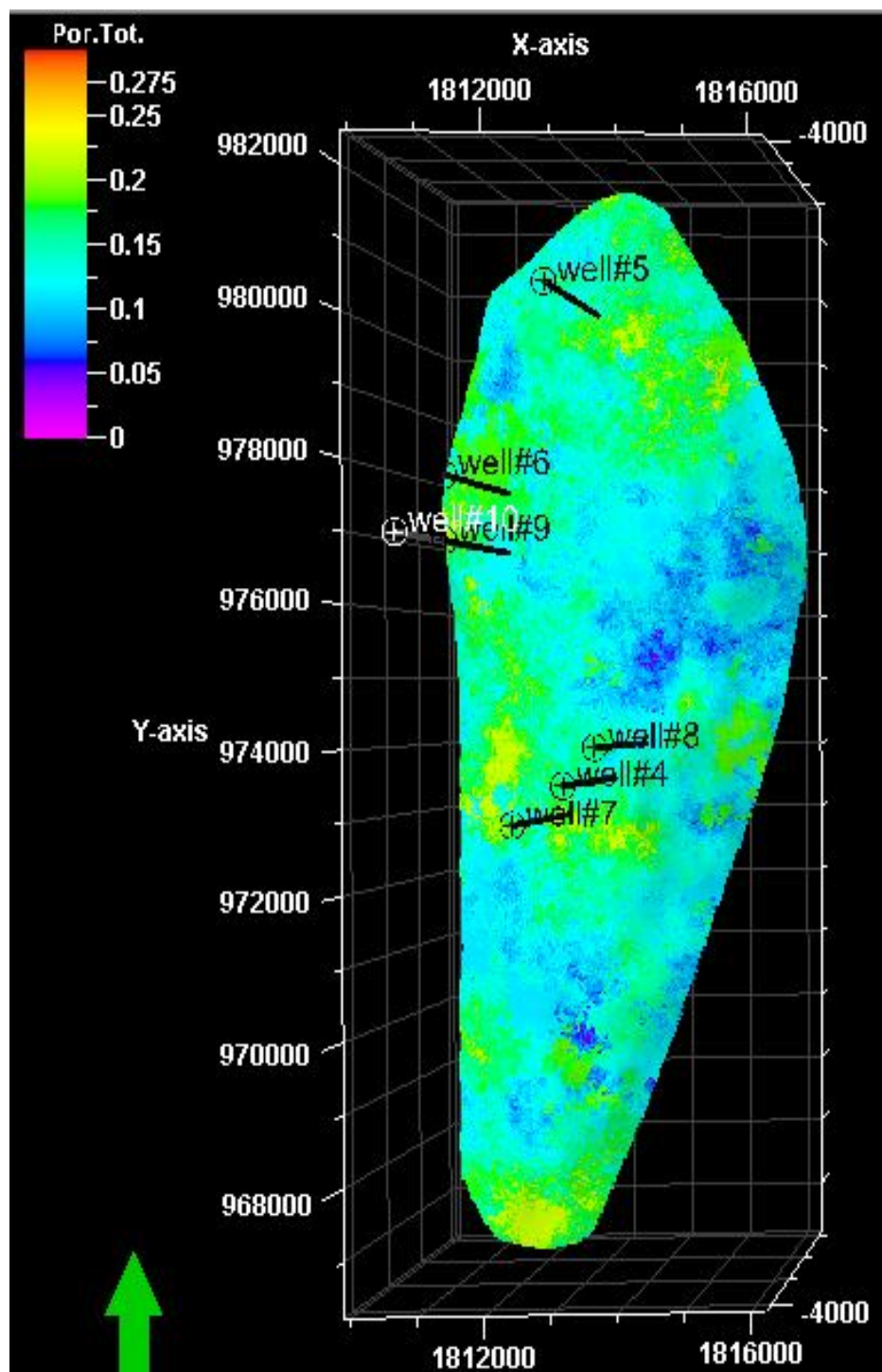
با نگاهی به اشکال (۳۰-۴) و (۳۱-۴) مشاهده می شود که نحوه ی این تغییرات تخلخل در بخش ۲.۳ با اندکی تفاوت همانند، تغییرات تخلخل در بخش ۱.۳ می باشد.



شکل (۲۹-۴) نمایی از مدل تخلخل ایجاد شده به روش تابع تصادفی گوسی (GRFS) مربوط به بخش ۱.۳



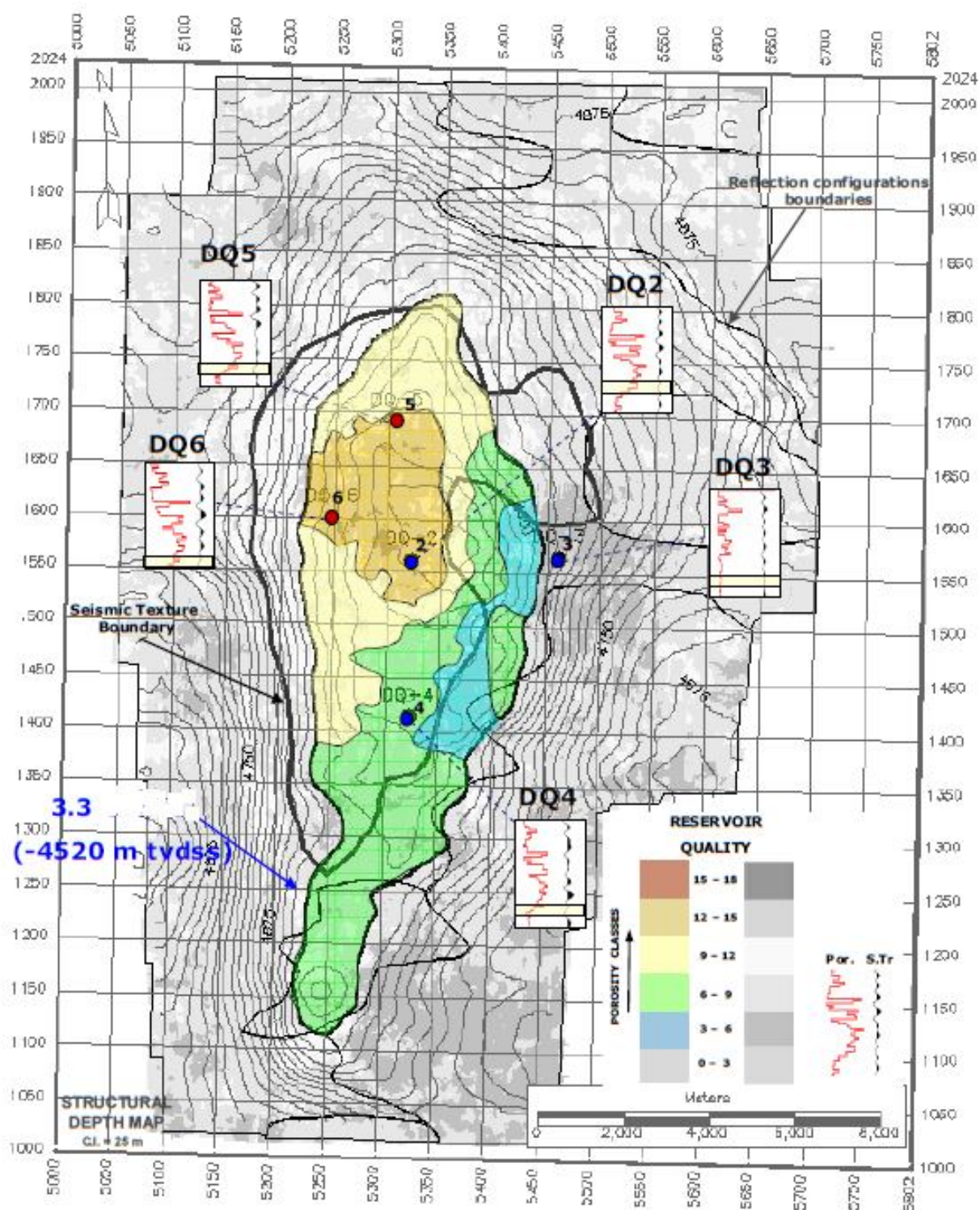
شکل (۴-۳۰) نقشه کیفی تخلخل مخزن در بخش ۲.۳



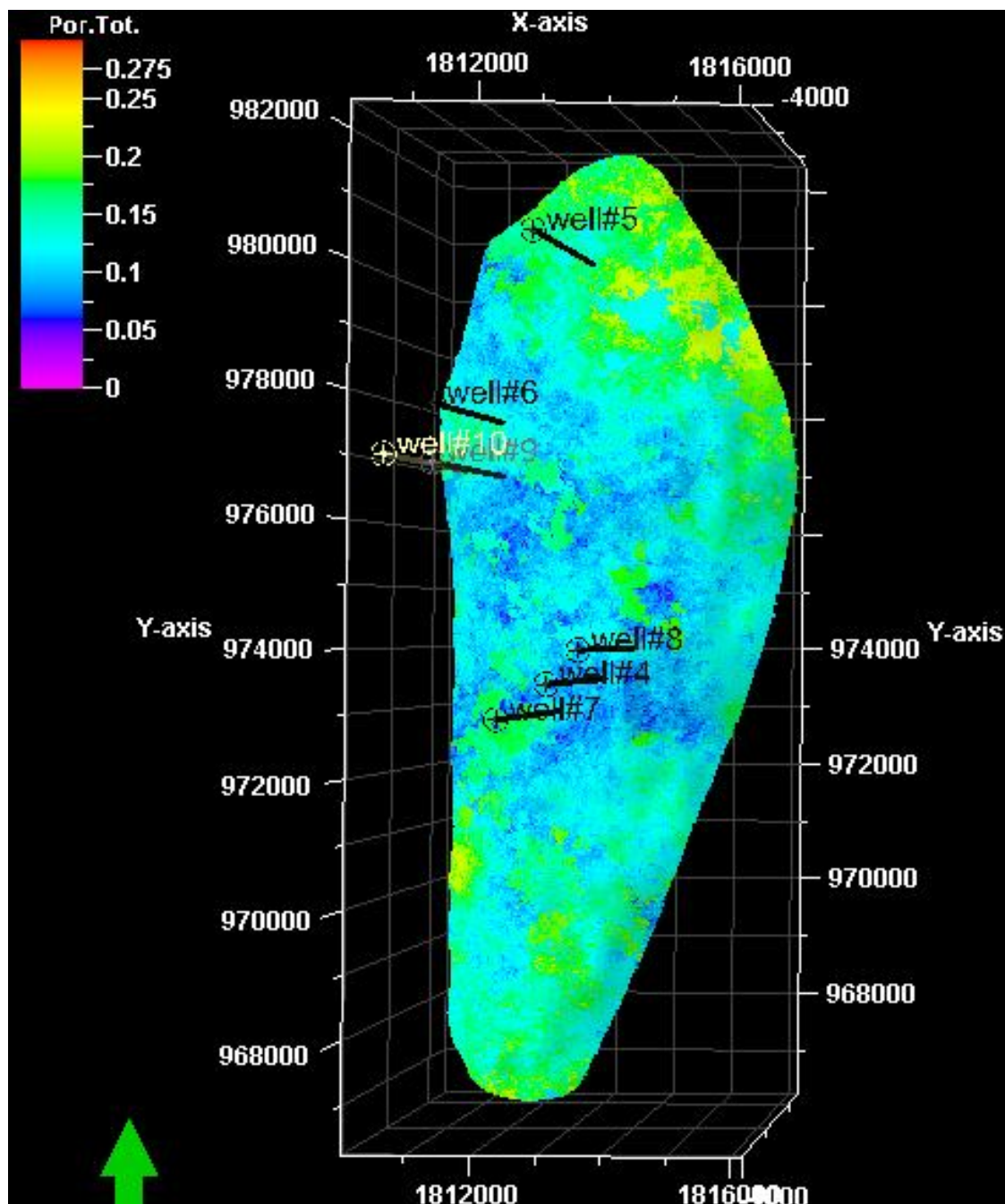
شکل (۴-۳۱) نمائی از مدل تخلخل ایجاد شده به روش تابع تصادفی گوسی (GRFS) مربوط به بخش ۲.۳

با مشاهده نقشه کیفی تخلخل در بخش ۳.۳ متوجه می شویم که بازه تغییرات تخلخل از سمت چاه شماره ۶ به چاه ۴ (۹-۱۲ درصد) کمتر از دو بخش بالاتری می باشد. همچنین در قسمت مرکز و شرق نیز تخلخل کاهش یافته و بین ۶-۹ درصد تغییر می نماید (شکل ۴-۳۲). این تغییرات در مدل ساخته شده نیز دیده می شود، شکل (۴-۳۳).

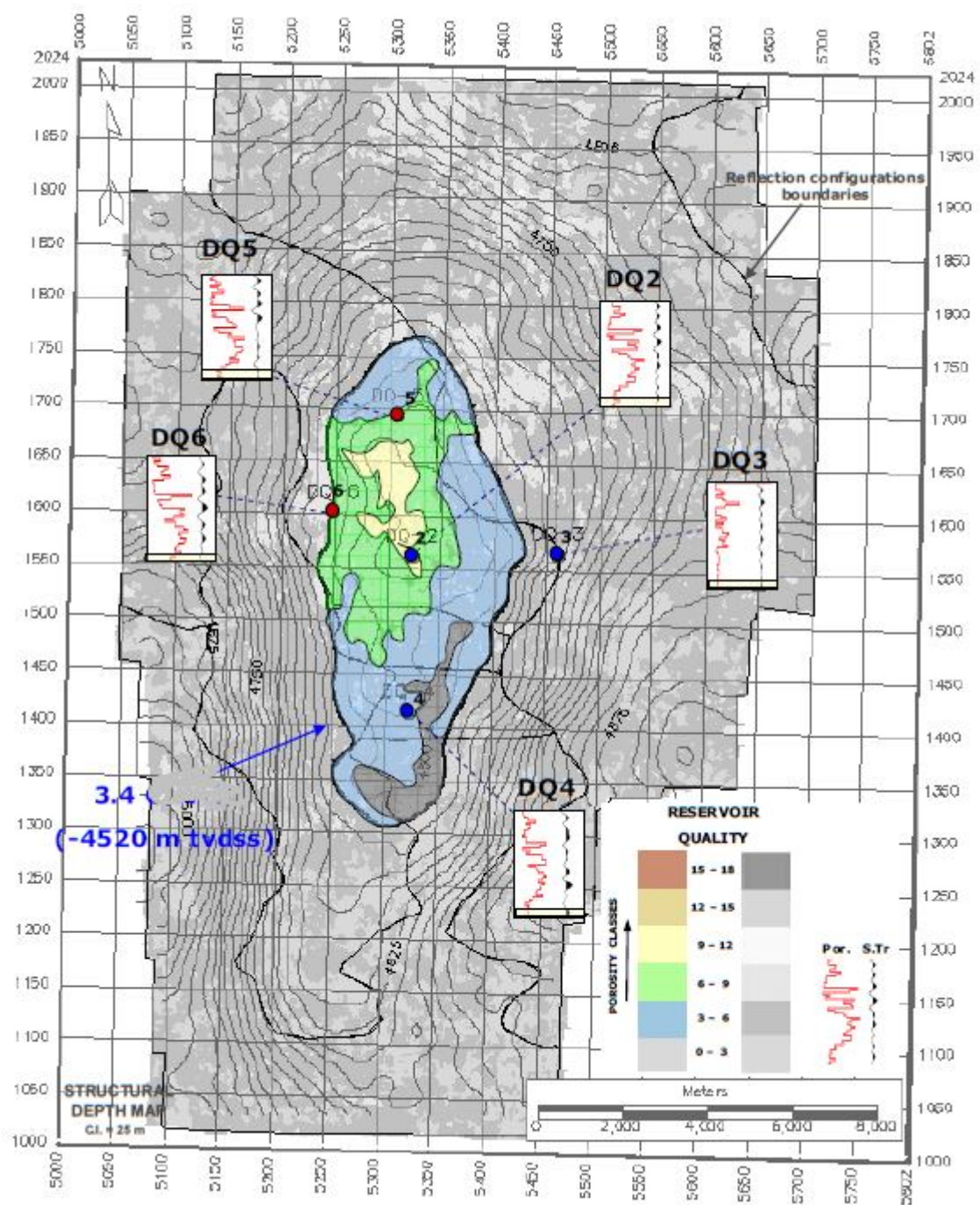
در بخش آخر و با توجه به افزایش عمق از مقدار تخلخل کاسته می شود. در نقشه کیفی تخلخل مربوط به این بخش، تغییرات تخلخل در اطراف چاه شماره ۶ بین ۶-۹ درصد بوده و این بازه در نزدیکی چاه شماره ۴ به ۶-۳ درصد می رسد، شکل (۴-۳۴). در مدل تهیه شده نیز این تغییرات با همین روند دیده می شود، شکل (۴-۳۵). روند تغییرات تخلخل در هر چهار بخش مشابه می باشد.



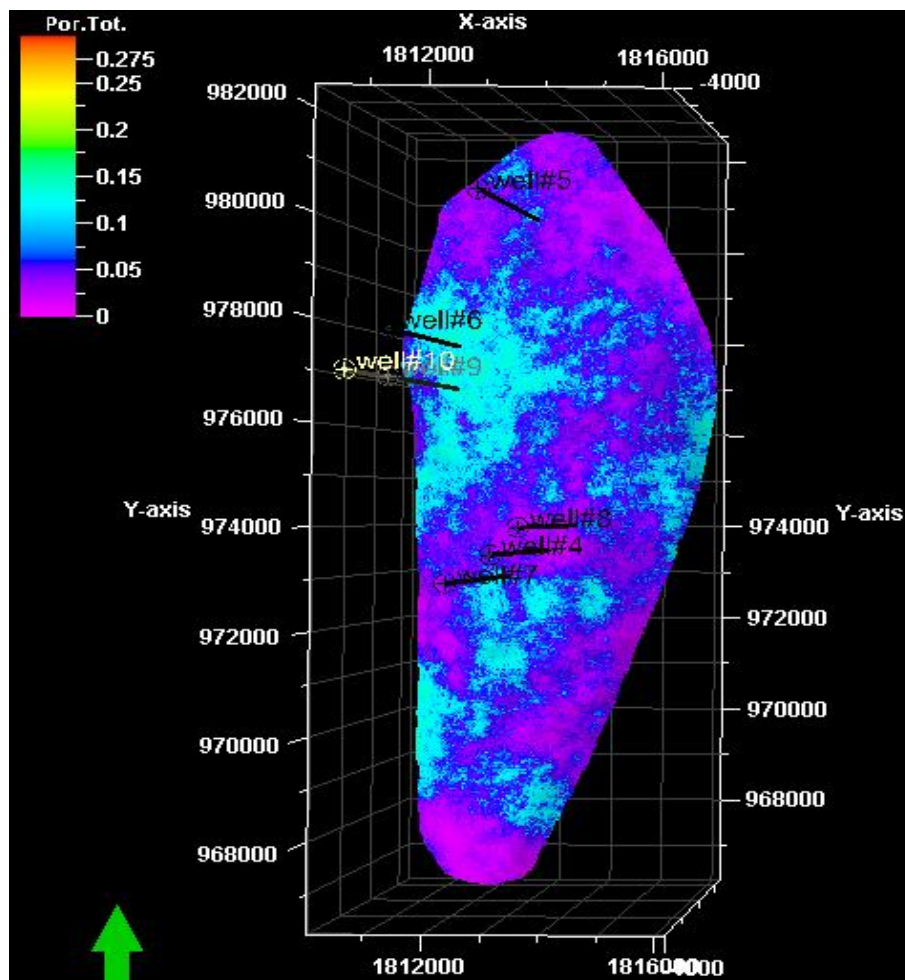
شکل (۴-۳۲) نقشه کیفی تخلخل مخزن در بخش ۳.۳



شکل (۴-۳۳) نمائی از مدل تخلخل ایجاد شده به روش تابع تصادفی گوسی (GRFS) مربوط به بخش ۳.۳



شکل (۴-۳۴) نقشه کیفی تخلخل مخزن در بخش ۴.۳



شکل (۴-۳۵) نمائی از مدل تخلخل ایجاد شده به روش تابع تصادفی گوسی (GRFS) مربوط به بخش ۴.۳

۴-۲-۵-۳ مدل اشباع آب

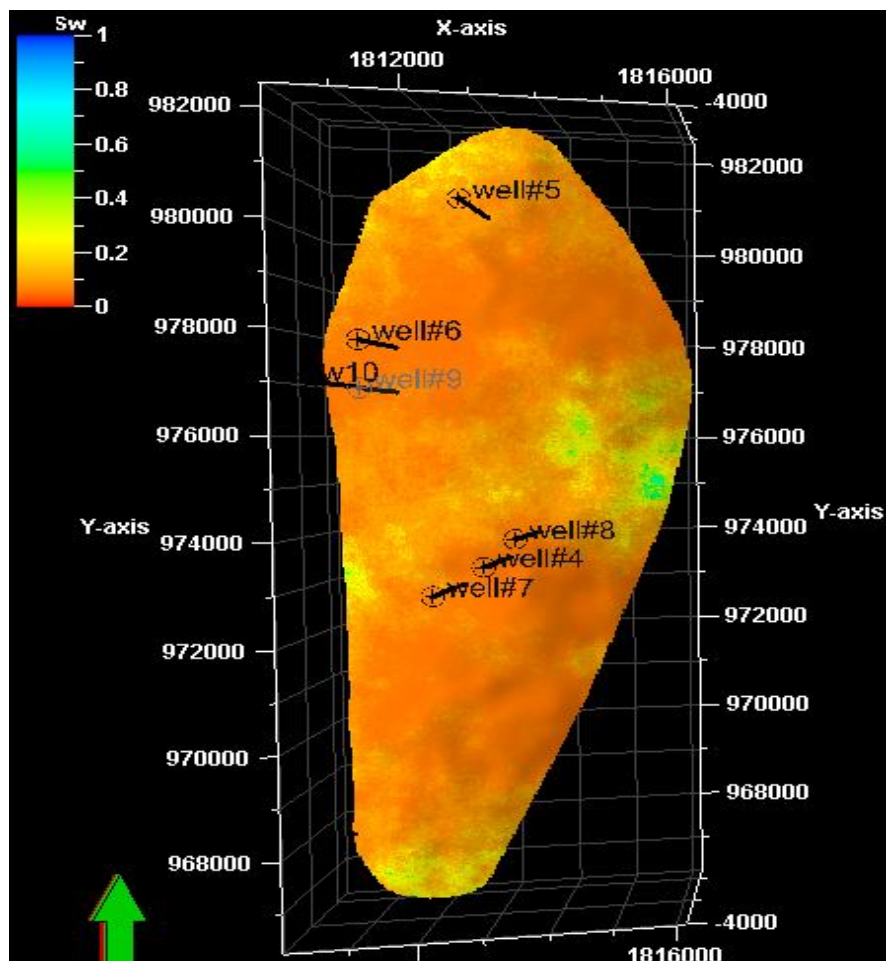
در ابتدا داده های اشباع آب بین مقادیر کمینه و بیشینه مقادیر بلوک شده، محدود شدند. سپس با فرض پیروی کردن داده ها از یک تابع توزیع نرمال، با مقدار میانگین صفر و انحراف معیار یک، این داده ها به صورت نرمال درآورده شدند. پس از انتشار داده ها در کل میدان، مدل نهایی اشباع آب در کل میدان، با همان روش-های مورد استفاده در مدل سازی تخلخل، بدست آمد. همانند مدل سازی تخلخل در اینجا نیز روش تابع تصادفی گوسی بعنوان بهترین روش تصادفی و روش کریجینگ بعنوان بهترین روش قطعی شناخته شد (همان

استدلال به کار رفته در مورد مدل سازی تخلخل). در جدول (۴-۴) نتایج بدست آمده از کلیه روش ها آورده شده است.

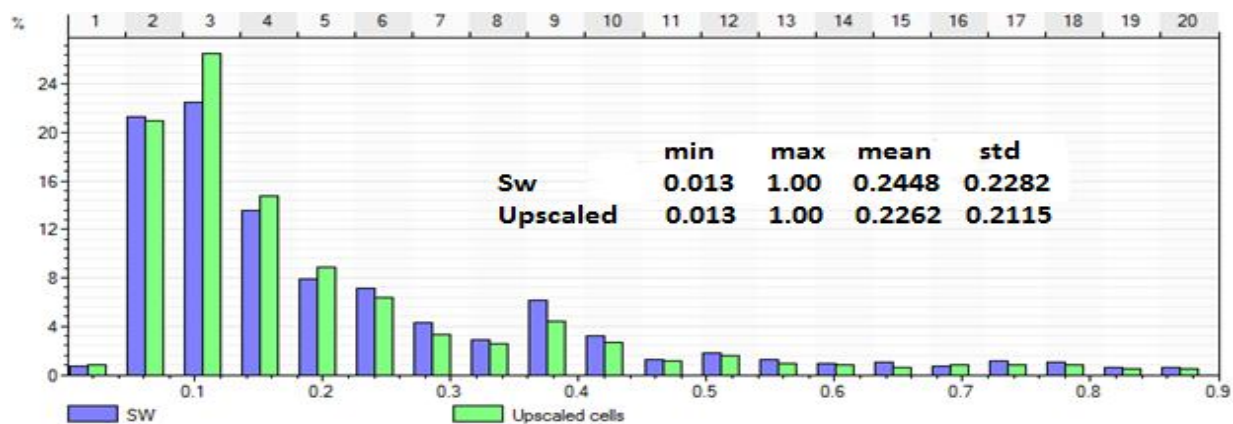
در شکل (۴-۳۶) نمائی از مدل اشباع آب به روش تابع تصادفی گوسی برای میدان نشان داده شده است. روند تغییرات اشباع آب بر عکس تخاقل می باشد، بدین گونه که در حوالی چاه شماره ۶ و در قسمت شمال و غرب محدوده چاه ها اشباع آب پایین (۲۰-۸ درصد) و در مرکز و شرق رفته رفته افزایش می یابد (۳۰-۲۰ درصد). برای اطمینان از درستی مدل ساخته شده، هیستوگرام داده های بلوکی شده و مدل اشباع آب با هم مقایسه شدند که از یک روند مشابهی پیروی می نماید، شکل (۴-۳۷). چنانکه ملاحظه می گردد مقدار اشباع آب متوسط بلوکی شده برابر با ۰/۲۲۶۲ بوده و مقدار متوسط اشباع آب مدل ۰/۲۴۴۸ می باشد. همچنین در جدول (۴-۵) مقادیر متوسط اشباع آب خام نگارها، تخلخل مقیاس گردانی شده و مدل شده باهم مقایسه شده اند. مقادیر متوسط اشباع آب بدست آمده در بخش های مختلف بسیار به هم نزدیک بوده و این بیانگر دقت انجام محاسبات و روش مدل سازی می باشد. در کل لایه تحت مطالعه، مقادیر متوسط اشباع آب بدست آمده از طریق نگارها ۲۱/۸۷ درصد می باشد، این مقدار برای حالت مقیاس گردان شده و مدل شده به ترتیب ۲۲/۶۲ و ۲۴/۴۸ درصد می باشد.

جدول (۴-۴) روش های مختلف جهت ساخت مدل نهایی اشباع آب

روش	Sequential Gaussian Simulation (SGS) (stochastic)	Gaussian Random function simulation (stochastic)	Kriging interpolation (estimation)	Kriging (estimation)	Kriging by Gslib (estimation)	Moving average (interpolation)	Functional (estimation)	Closest (estimation)
میانگین اشباع آب	۰/۲۶۳۷	۰/۲۴۴۸	۰/۲۴۷۰	۰/۲۵۰۰	۰/۲۵۱۲	۰/۲۵۷۸	۰/۳۴۱۹	۰/۲۴۳۳
انحراف معیار	۰/۲۴۴۴	۰/۲۲۸۱	۰/۱۶۹۵	۰/۱۶۶۷	۰/۱۶۷۷	۰/۱۷۲۶	۰/۳۱۰۷	۰/۲۳۱۷



شکل (۴-۳۶) نمایی از مدل اشباع آب مدل به روش تابع تصادفی گوسی مربوط به بخش ۱.۳



شکل (۴-۳۷) مقایسه هیستوگرام اشباع آب بلوک شده (سبز) در چاه های میدان با هیستوگرام مقادیر اشباع مدل شده (آبی)

جدول (۴-۵) مقایسه مقادیر متوسط اشباع آب در نگارهای خام، مقیاس گردانی شده و مدل شده به روش تابع تصادفی گوسی (GRFS)

اشباع آب			بخش
مدل نهایی	مقیاس گردان شده	نگار خام	
۰/۱۱۴۷	۰/۱۲۳۵	۰/۱۲۶۴	۱.۳
۰/۱۲۳۵	۰/۱۲۶۳	۰/۱۲۸۴	۲.۳
۰/۲۵۹۱	۰/۲۴۰۷	۰/۲۴۷۲	۳.۳
۰/۳۹۴۵	۰/۴۲۱۰	۰/۴۲۸۲	۴.۳
۰/۲۴۴۸	۰/۲۲۶۲	۰/۲۱۸۷	کل

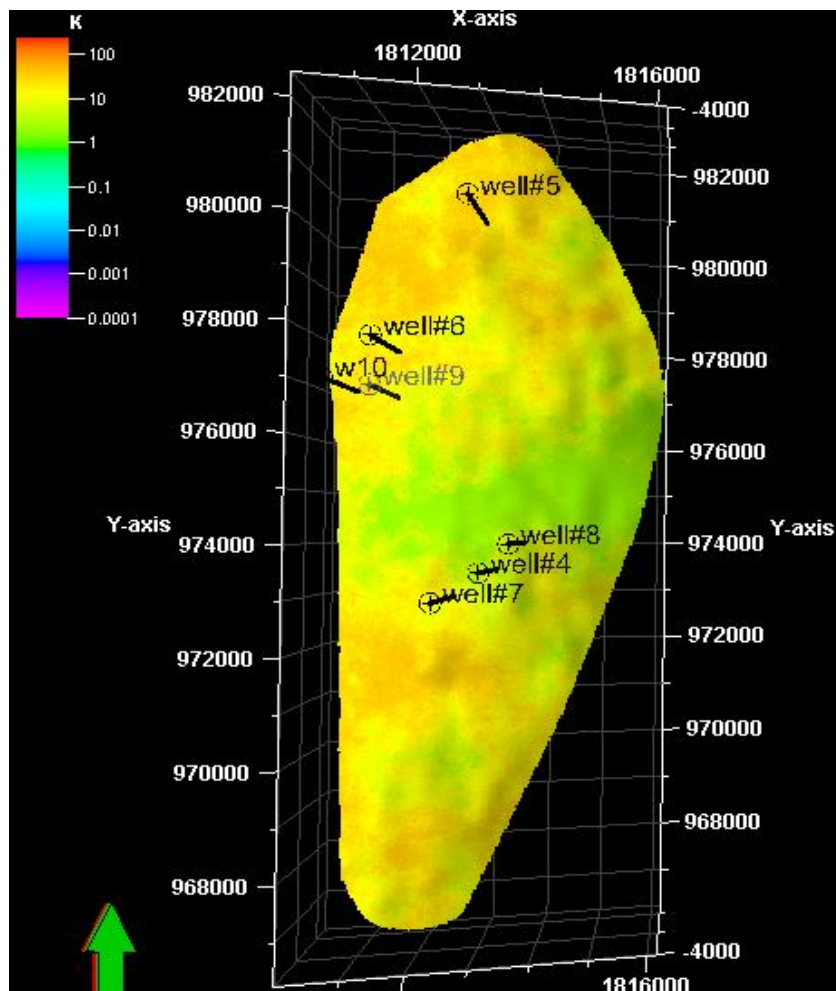
۴-۲-۵-۴ مدل تراوایی

نفوذپذیری افقی با استفاده از نتایج آنالیز معمولی مغزه ها در چاه های میدان حاصل شد و معادلاتی بین تراوایی و تخلخل برای هر بخش استخراج شد. از این معادلات در فصل قبل جهت پیش بینی و تخمین نمودار نفوذپذیری استفاده شد. در واقع با داشتن رابطه ریاضی برای تراوایی و تخلخل، با توجه به داشتن تخلخل در کل یک چاه، مقدار تراوایی برای هر چاه بدست می آید و از این به بعد مقصود از نمودار تراوایی، نمودار بدست آمده از طریق تخلخل می باشد. در اینجا نیز مشابه مدل سازی تخلخل و اشباع آب، در ابتدا داده های تراوایی گردآوری شدند. سپس با فرض پیروی کردن داده ها از یک تابع توزیع نرمال، با مقدار میانگین صفر و انحراف معیار یک، این داده ها به صورت نرمال درآورده شدند. پس از انتشار داده ها در کل میدان، مدل نهایی تراوایی در کل میدان، با همان روش های مورد استفاده در مدل سازی تخلخل و اشباع آب بدست آمد. همانند مدل سازی تخاقل و اشباع آب در اینجا نیز روش تابع تصادفی گوسی بعنوان بهترین روش تصادفی و روش کریجینگ بعنوان بهترین روش قطعی شناخته شد (همان استدلال به کار رفته در مورد مدل سازی تخلخل). در جدول (۴-۶) نتایج بدست آمده از کلیه روش ها آورده شده است. مزایا و معایب این روش ها قبلا بیان شده و از ذکر مجدد آنها خودداری می گردد.

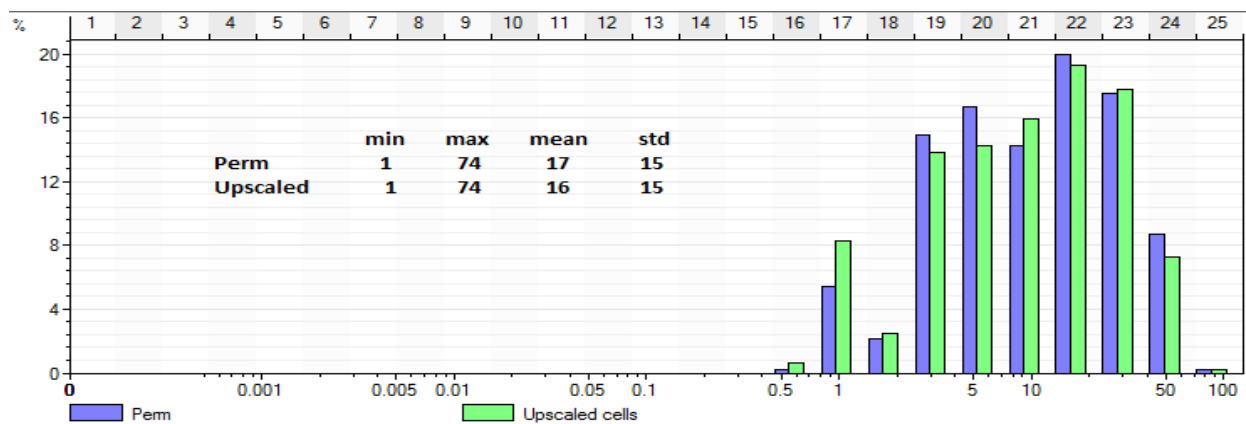
در شکل (۴-۳۸) نمائی از مدل تراوایی به روش تابع تصادفی گوسی برای میدان نشان داده شده است. روند تغییرات تراوایی مشابه تداخل می باشد، بدین گونه که در حوالی چاه شماره ۶ و در قسمت شمال و غرب محدوده چاه ها تراوایی بالا (۱۰۰-۱۰ میلی داری) و در مرکز و شرق رفته رفته کاهش می یابد (۱۰-۱ میلی داری). برای اطمینان از درستی مدل ساخته شده، هیستوگرام داده های بلوکی شده و مدل تراوایی با هم مقایسه شدند که از یک روند مشابهی پیروی می نماید، شکل (۴-۳۹). چنانکه ملاحظه می گردد مقدار تراوایی متوسط بلوکی شده برابر با ۱۶ میلی داری و مقدار متوسط تراوایی مدل ۱۷ میلی داری می باشد. همچنین در جدول (۴-۷) مقادیر متوسط تراوایی خام نگارها، تراوایی مقیاس گردانی شده و مدل شده با هم مقایسه شده اند. مقادیر متوسط تراوایی بدست آمده در بخش های مختلف بسیار به هم نزدیک بوده و این بیانگر دقت انجام محاسبات و روش مدل سازی می باشد. در کل لایه تحت مطالعه، مقادیر متوسط تراوایی بدست آمده از طریق نمودارها ۱۶ میلی داری می باشد، این مقدار برای حالت مقیاس گردان شده و مدل شده به ترتیب ۱۶ و ۱۷ میلی داری می باشد.

جدول (۴-۶) روش های مختلف جهت ساخت مدل نهایی تراوایی

روش	Sequential Gaussian Simulation (SGS) (stochastic)	Gaussian Random function simulation (stochastic)	Kriging interpolation (estimation)	Kriging (estimation)	Kriging by Gslib (estimation)	Moving average (interpolation)	Functional (estimation)	Closest (estimation)
تراوایی افقی (md)	۱۷	۱۷	۱۷	۱۶	۱۷	۱۵	۱۵	۱۷
انحراف معیار	۱۶	۱۵	۱۲	۱۱	۱۳	۱۱	۱۱	۱۵



شکل (۴-۳۸) نمایی از مدل تراوایی افقی به روش تابع تصادفی گوسی مربوط به بخش ۲.۳



شکل (۴-۳۹) مقایسه هیستوگرام تراوایی بلوک شده (سبز) در چاه های میدان با هیستوگرام مقادیر تراوایی مدل شده (آبی)

جدول (۴-۷) مقایسه مقادیر متوسط تراوایی افقی در نمودارهای خام، مقیاس گردانی شده و مدل شده به روش تابع تصادفی گوسی (GRFS)

نفوذپذیری (md)			بخش
مدل نهایی	مقیاس گردان شده	نگار	
۲۶	۲۳	۲۲	۱.۳
۲۱	۲۱	۲۱	۲.۳
۲۱	۱۸	۱۵	۳.۳
۶	۵	۴	۴.۳
۱۷	۱۶	۱۶	کل

۴-۲-۶ مدل سازی رخساره ها^۱

ساز و کار مدل سازی رخساره ای از لحاظ روند آماری و آنالیز داده ها مشابه با مدل سازی پتروفیزیکی می باشد. اما در اینجا ما با کمیت های گسسته سر و کار داریم، بر خلاف مدل سازی پتروفیزیکی که با کمیت های پیوسته روبرو بودیم. منظور از کمیت پیوسته نگارهای چاه است که در هر چاه به ازای هر ۰/۱۵۲۴ متر یک مقدار عددی موجود می باشد. نخست بایستی رخساره ها را از لحاظ کیفی و با توجه به داده های مغزه، گزارش های سر چاهی و نگارهای چاه معین کرد. همان طور که در فصل قبل گفته شد، در لایه مورد نظر سنگ آهک مخزن تحت مطالعه از گرینستون، پکستون-گرینستون، وکستون-پکستون، وکستون-مادستون، وکستون-مادستون-گرینستون و وکستون-پکستون-مادستون تشکیل شده است. در این مرحله نخست بایستی این تغییرات را برای هر چاه بدست آورد و برای هر چاه یک نمودار گسسته فراهم نمود. برای این کار ابتدا در قسمت Templates/Discrete property templates گزینه Facies را انتخاب نموده و به هر ترکیب

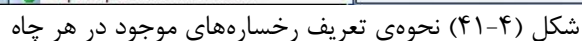
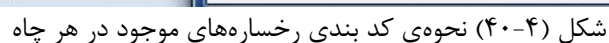
^۱-Facies Modeling

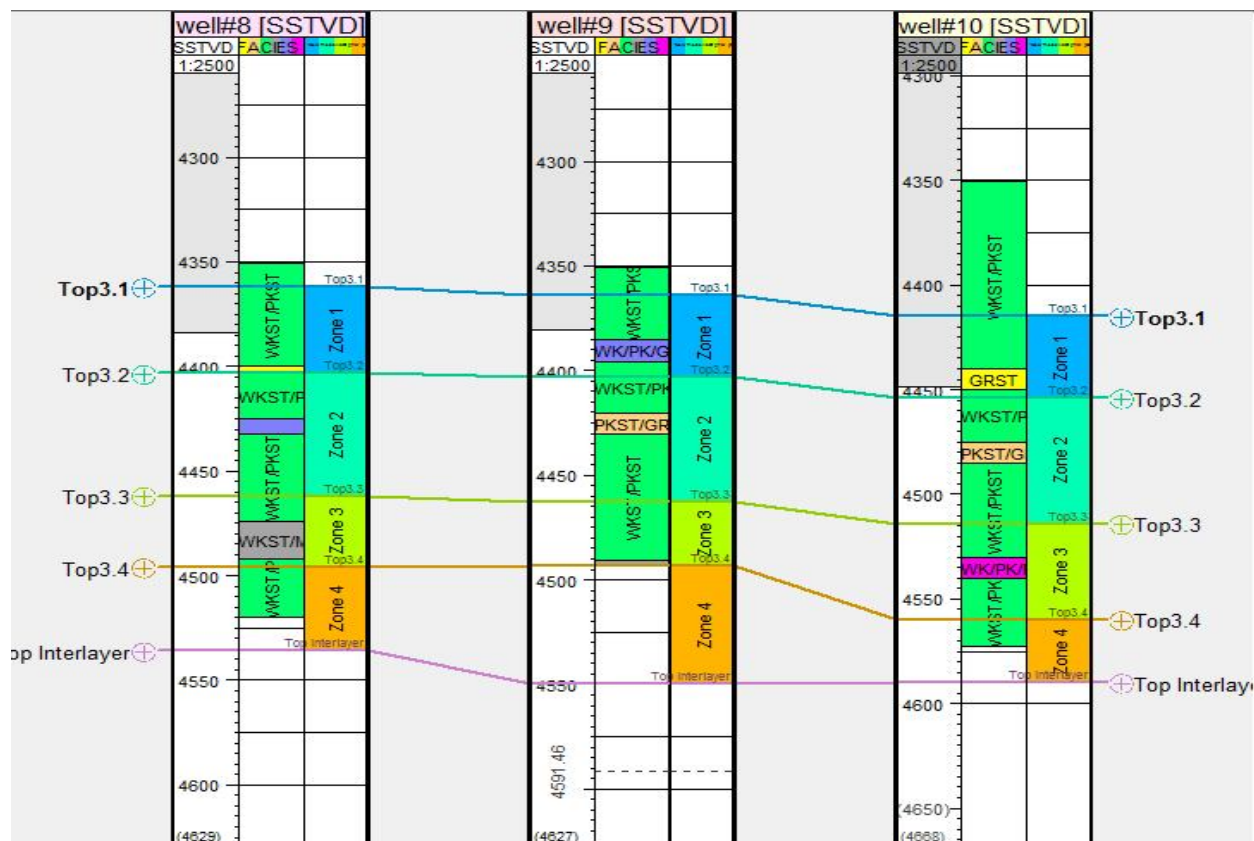
لیتولوژیکی یک کد اختصاص داده می شود (شکل ۴-۴۰). که کدهای ۰، ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ به ترتیب بیانگر گرینستون، پکستون-گرینستون، وکستون-پکستون، وکستون-مادستون، وکستون-مادستون-گرینستون و وکستون-پکستون-مادستون می باشد.

سپس در قسمت Input بر روی قسمت well logs برای هر چاه کلیک راست کرده و Calculator انتخاب می شود و در این قسمت با تعریف یک جمله شرطی (مثلا در چاه شماره ۴:

FACIES=If(DEPT<4375, 2,If(DEPT<4385, 0,If(DEPT<4394,2 , If(DEPT<4415,2 ,If(DEPT<4428, 0,If(DEPT<4453,2 ,If(DEPT<4463,2 ,If(DEPT<4472, 0,If(DEPT<4487,2 ,2))))))))))))

رخساره مورد نظر بدست می آید (شکل ۴-۴۱). جمله شرطی بیانگر این مطلب است که مثلا برای عمق کمتر از ۴۳۷۵ متری در چاه ۴ کد ۲ و برای عمق کمتر از ۴۳۸۵ متری کد صفر اختصاص می یابد و الی آخر. کدها هم از قبل تعریف شده اند و مشخص است که بیانگر چه نوع لیتولوژی می باشند. تغییرات لیتولوژیکی لایه تحت مطالعه در چند چاه در شکل (۴-۴۲) نمایش داده شده است.



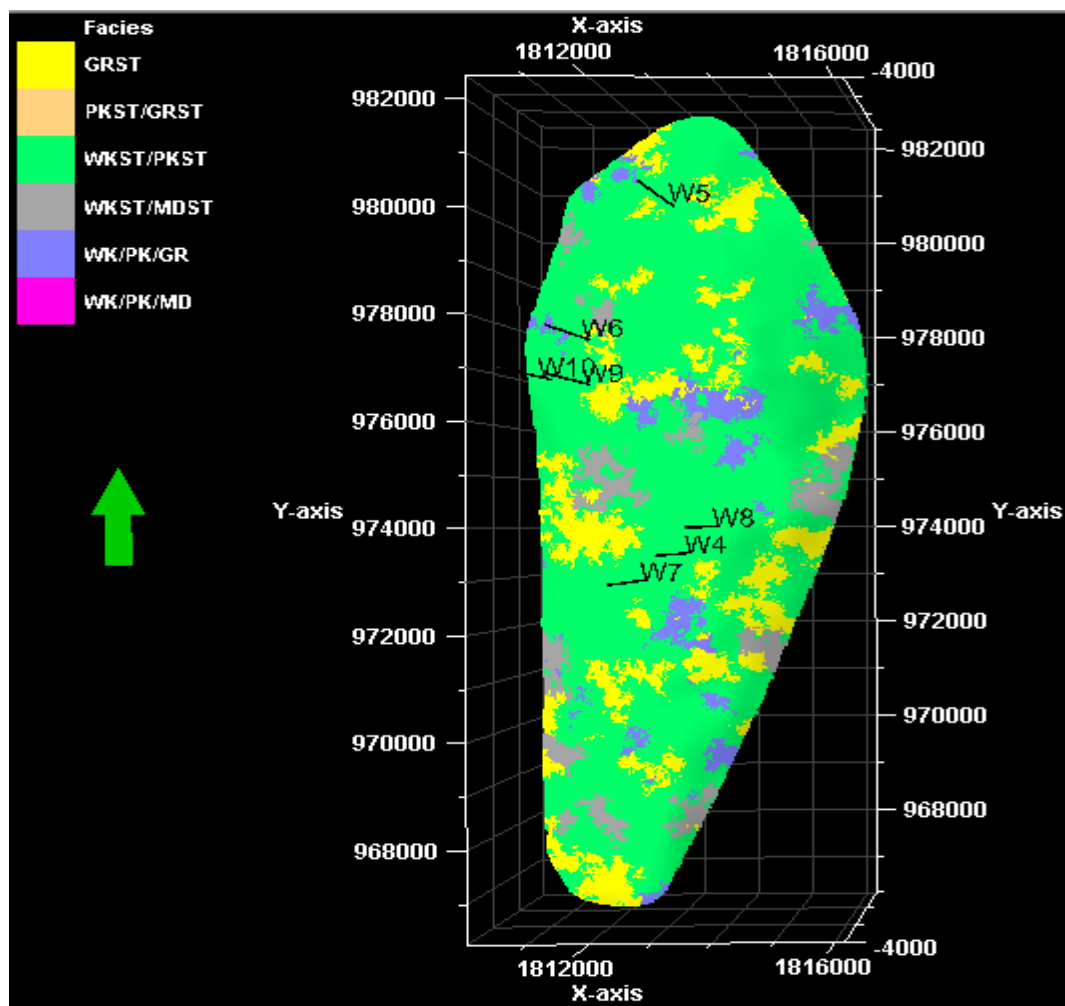


شکل (۴-۴۲) تغییرات لیتولوژیکی لایه تحت مطالعه در چند چاه

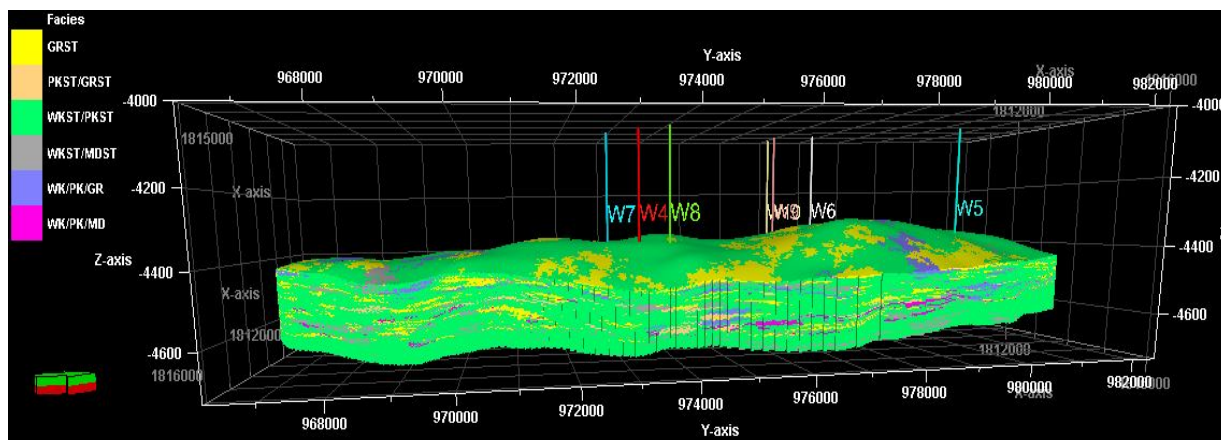
سپس Blockedwells و Upscaling را عینا همانند مدل سازی پتروفیزیکی انجام می دهیم. در شکل (۴-۴۳) و (۴-۴۴) نمائی از مدل رخساره به روش تصادفی شاخص تکرار پی در پی (SIS)^۱ برای میدان نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می شود بخش اعظم میدان از وکستون/پکستون تشکیل شده است. در حوالی چاه شماره ۵ و ۶ شاهد افزایش گرینستون می باشیم که با بالا بودن مقدار تخلخل و تراوایی و نیز پایین بودن اشباع آب در تطابق می باشد. با حرکت به سمت پایین لایه و کم شدن کیفیت مخزن، می توان رخساره های دارای مادستون را مشاهده نمود، شکل (۴-۴۴). همانند دیگر مدل سازی ها، برای اطمینان از درستی مدل ساخته شده، هیستوگرام داده های بلوکی شده و مدل رخساره با هم مقایسه شدند که از یک روند مشابهی پیروی می نماید، شکل (۴-۴۵). چنانکه ملاحظه می گردد کد شماره ۲ که مربوط به رخساره وکستون/پکستون

^۱ -Sequential Indicator Simulation

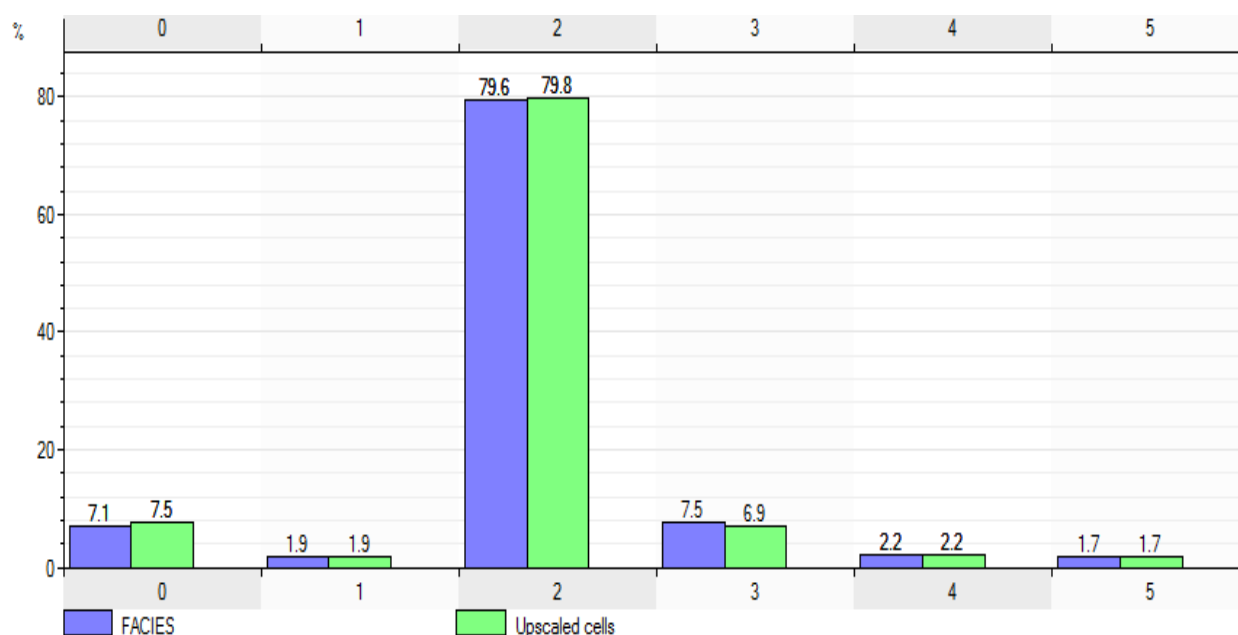
می باشد، رخساره غالب بوده و رخساره وکستون/پکستون/مادستون با کد شماره ۵ کمترین درصد (۱/۷) را در بین رخساره های میدان دارا می باشد. در جدول (۴-۸) در صد هر رخساره در بخش های مختلف در حالت مدل شده آورده شده است. همان طور که انتظار می رود در بخش ۱.۳ درصد گرینستون که یک سنگ مناسب برای مخزن می باشد نسبت به بخش های دیگر بیشتر می باشد و این با تخلخل و تراوایی بالا و نیز اشباع آب پایین در این بخش در تطابق می باشد. این مسئله برای لیتولوژی هایی که دارای مادستون می باشند نیز قابل بررسی می باشد. در بخش های بالایی، درصد مادستون که باعث پایین آمدن کیفیت مخزن می گردد پایین بوده و در بخش های پایینی افزایش می یابد.



شکل (۴-۴۳) مدل نهایی رخساره لیتولوژیکی در میدان به روش SIS



شکل (۴-۴) نمای شرقی از مدل نهایی رخساره لیتولوژیکی در میدان به روش SIS



شکل (۴-۵) مقایسه هیستوگرام رخساره بلوک شده (سبز) در چاه های میدان با هیستوگرام مقادیر رخساره مدل شده (آبی)

جدول (۴-۸) در صد هر رخساره در بخش های مختلف در حالت مدل شده

Code	Name	1.3	2.3	3.3	4.3
0	GRST	17.96	9.11	7.68	0
1	PKST/GRST	0	6.93	0	0
2	WKST/PKST	68.22	76.88	70.76	91.22
3	WKST/MDST	5.67	1.82	16.16	8.78
4	WK/PK/GR	8.15	2.50	0	0
5	WK/PK/MD	0	0	5.41	0

در ادامه نوع دیگری از کدبندی رخساره ای انجام شده است. در این حالت با توجه به مقادیر تخلخل و تراوایی دو نوع رخساره ایجاد گردید که نتایج آن آورده می شود:

$$\emptyset < 0.25 \rightarrow \text{Code 0}$$

$$\emptyset < 0.20 \rightarrow \text{Code 1}$$

$$\emptyset < 0.15 \rightarrow \text{Code 2}$$

$$\emptyset < 0.10 \rightarrow \text{Code 3}$$

$$\emptyset < 0.05 \rightarrow \text{Code 4}$$

در طبقه بندی فوق که تنها بر اساس تغییرات تخلخل می باشد، کدهای ۰، ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ به ترتیب مربوط به نقاط خیلی خوب^۱، خوب^۲، مناسب^۳، بد^۴ و خیلی بد^۵، از لحاظ میزان تخلخل می باشد شکل (۴-۴۶) و (۴-۴۷). همان طور که مشاهده می شود قسمت اعظم میدان دارای تخلخل مناسب، خوب و خیلی خوب می باشد، قسمت غربی از کیفیت تخلخل بهتری نسبت به قسمت شرقی برخوردار است. با حرکت به سمت پایین از کیفیت تخلخل کاسته می شود، شکل (۴-۴۷).

$$k < 250 \rightarrow \text{Code 0}$$

$$k < 100 \rightarrow \text{Code 1}$$

$$k < 50 \rightarrow \text{Code 2}$$

$$k < 10 \rightarrow \text{Code 3}$$

¹-very good

²-good

³-fair

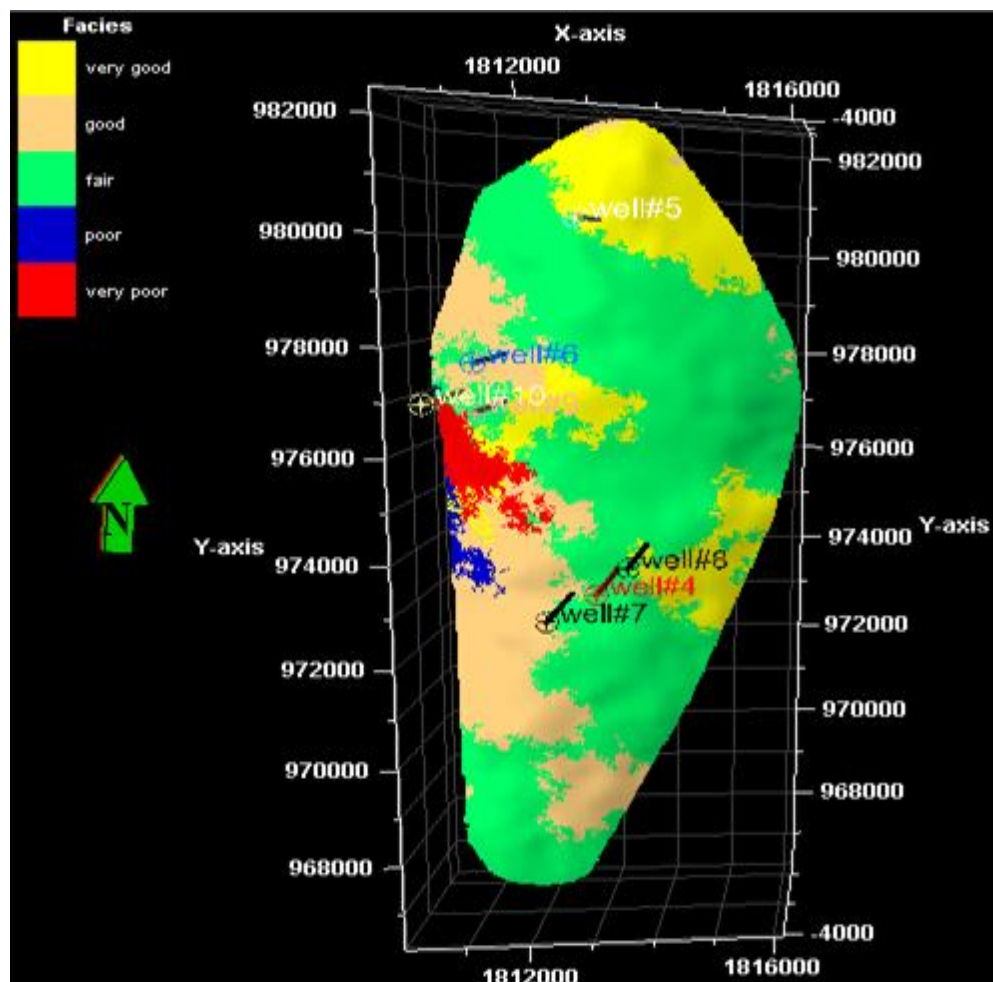
⁴-poor

⁵-very poor

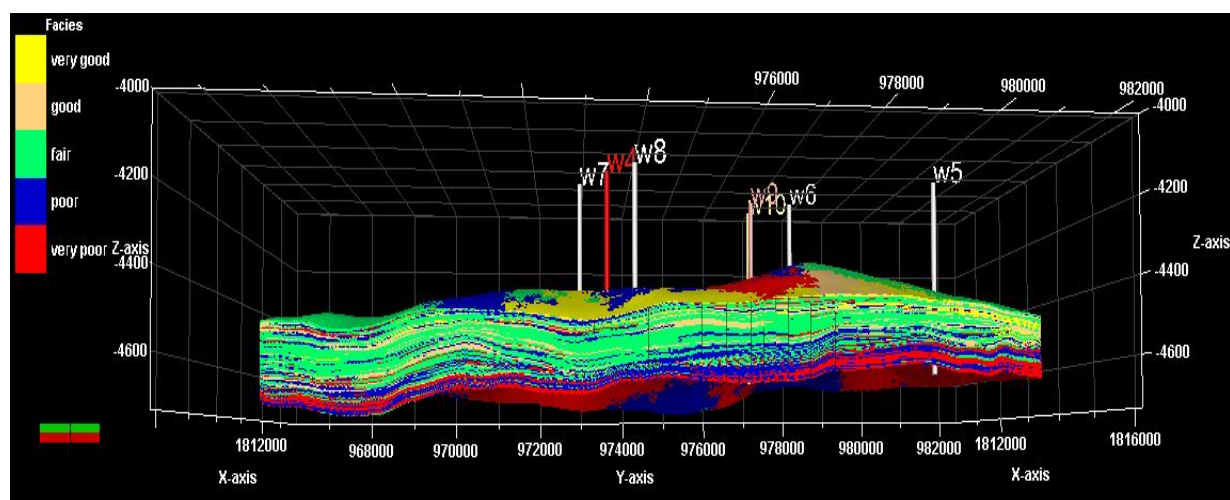
$k \leq 1 \rightarrow \text{Code 4}$

در طبقه بندی فوق که تنها بر اساس تغییرات تراوایی می باشد، کدهای ۰، ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ به ترتیب مربوط به نقاط خیلی خوب، خوب، مناسب، بد و خیلی بد از لحاظ میزان تراوایی می باشد، شکل (۴-۴۸) و (۴-۴۹). همان طور که مشاهده می شود قسمت اعظم میدان دارای تراوایی مناسب، خوب و خیلی خوب می باشد، قسمت غربی از کیفیت تراوایی بهتری نسبت به قسمت شرقی برخوردار است. با حرکت به سمت پایین از کیفیت تراوایی کاسته می شود، شکل (۴-۴۹).

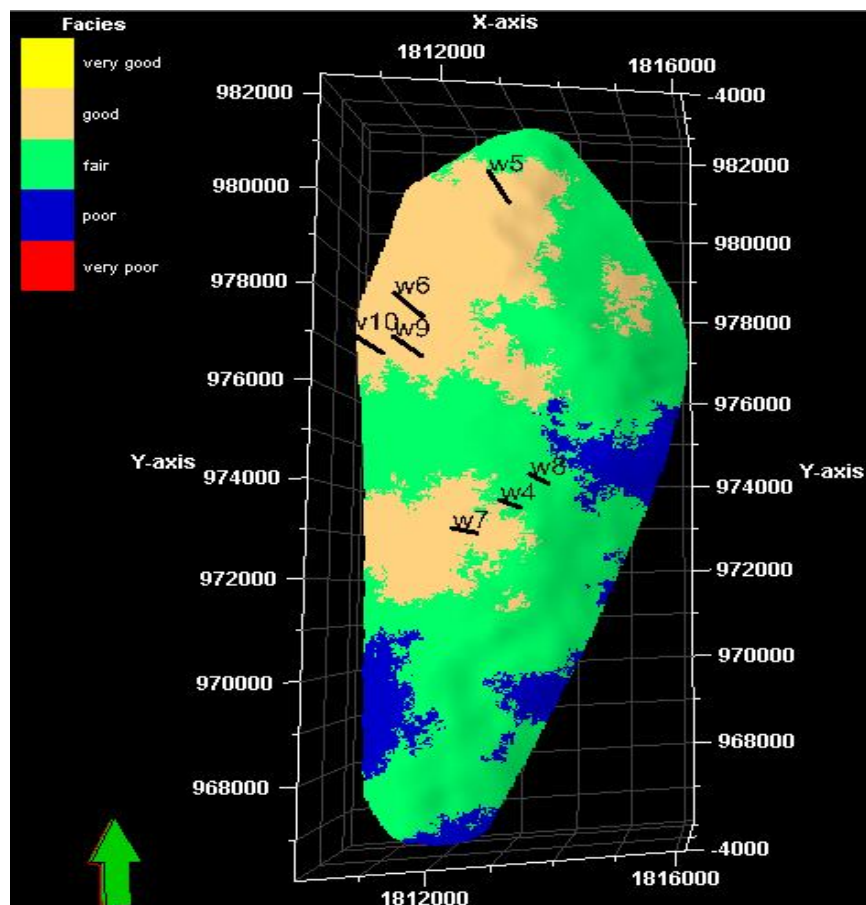
با نگاهی به رخساره های پتروفیزیکی و لیتولوژیکی مشخص می شود که نقاط دارای تخلخل و تراوایی مناسب منطبق بر رخساره های وکستون/پکستون و گرینستون که از سنگ های مناسب مخزنی هستند، می باشد. با توجه به کلیه مدل های بدست آمده متوجه می شویم که قسمت شمالی و غربی میدان نسبت به قسمت شرقی و مرکزی از کیفیت مناسب تری برخوردار می باشد.



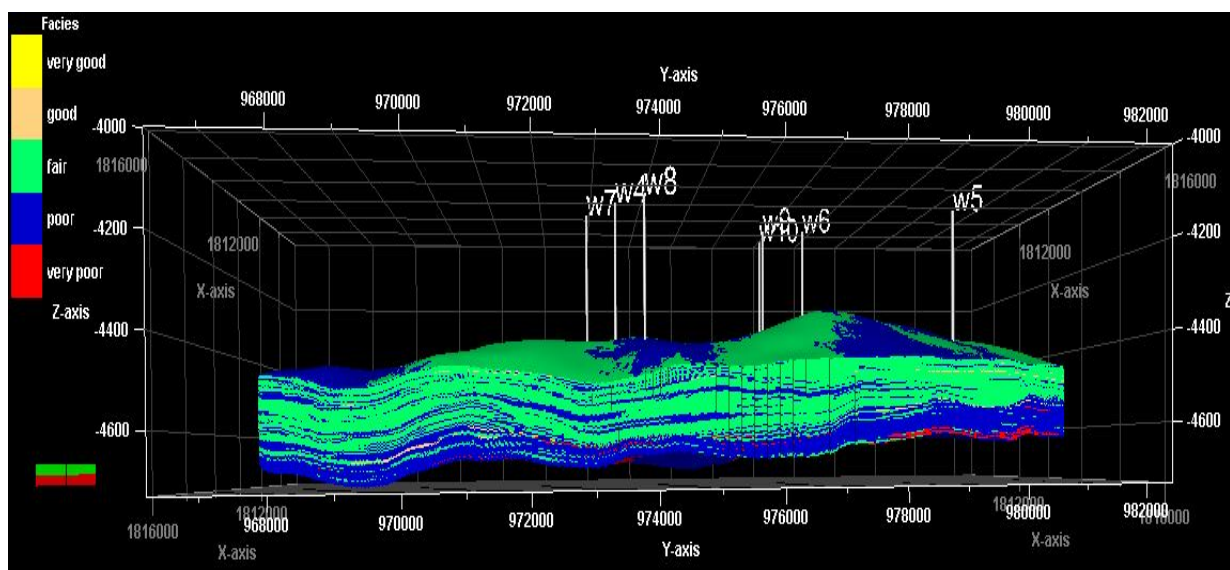
شکل (۴-۴۶) مدل رخساره ای ایجاد شده با توجه به تغییرات تخلخل



شکل (۴-۴۷) نمای شرقی مدل رخساره ای ایجاد شده با توجه به تغییرات تخلخل



شکل (۴۸-۴) مدل رخساره ای ایجاد شده با توجه به تغییرات تراوایی



شکل (۴۹-۴) نمای شرقی مدل رخساره ای ایجاد شده با توجه به تغییرات تراوایی

فصل پنجم

نتیجه گیری و پیشنهادات

۵-۱ جمع بندی نتایج و بحث روی آنها

با توجه به پیشرفت تکنولوژی، استفاده از نرم افزار ها و ابزار های جدید در پردازش و مدل سازی می تواند برای ارزیابی های دقیق تر ذخایر هیدروکربوری نقش موثری ایفا کنند و میزان ریسک را بطور قابل توجهی در ارزیابی ها کاهش دهند و بدین طریق باعث افزایش تولید و رشد اقتصادی شوند. توصیف دقیق کمی و کیفی مخازن با استفاده از نرم افزار ها و روش های جدید بکار گرفته شده جهت تخمین پارامتر های پتروفیزیکی و توزیع آن ها، باعث افزایش دقت تخمین های اکتشاف، حفاری و تولید می شود.

مطالعه حاضر بر روی یک میدان نفتی در استان خوزستان انجام شد. در این میدان اطلاعات مربوط به هفت چاه در دسترس بود. این مطالعه طی دو مرحله انجام گردید. در مرحله اول می بایست با داشتن اطلاعات خام چاه نگاری، پارامتر های پتروفیزیکی مورد نیاز را محاسبه کرد. این کار برای تخلخل، تراوایی و اشباع آب بوسیله نرم افزار IP انجام شد. این مرحله از حساسیت بالایی برخوردار می باشد، چرا که محاسبه غلط این پارامترها منجر به درک نامناسب از شرایط مخزن و نهایتاً ایجاد مدلی نامتعارف برای مخزن می گردد. محاسبه این پارامترها برای لایه سوم سازند فلهلیان با ضخامت متوسط ۲۰۰ متر در کلیه چاه ها انجام گردید. همان طور که در فصل سوم عنوان گردید، نتایج بدست آمده با نتایج حاصل از آنالیز مغزه مقایسه شد، که از دقت قابل قبولی برخوردار بود.

اما بخش عمده و ضروری این مطالعه به نحوه چگونگی توزیع این پارامترها در کل میدان بازمی گردد. در مرحله دوم با استفاده از نرم افزار Petrel و روش های مختلف به مدل سازی پارامتر های پتروفیزیکی و همچنین رخساره های لیتولوژیکی پرداخته شد. برای این مهم از روش های زمین آماری که شامل روش های تصادفی و قطعی می باشند استفاده شد، که روش های تصادفی نسبت به روش های قطعی بهتر عمل نموده و درک مناسب تری از ناهمگونی مخزن ارائه دادند. روش های قطعی توزیع پارامترها را بصورت منطقه ای انجام می دهند و لذا سبب درک نادرست از شرایط مخزن می گردند. در نهایت روش تابع تصادفی گوسی (GRFS) بعنوان بهترین روش جهت توزیع پارامترهای پیوسته (تخلخل، تراوایی و

اشباع آب) و روش تکرار پی‌درپی (SIS) جهت توزیع پارامترهای گسسته (رخساره لیتولوژیکی) انتخاب گردید. نتایج بدست آمده از مدل‌سازی‌ها بیانگر این مطلب است که میدان تحت مطالعه در قسمت غربی، شمالی و جنوب غربی نسبت به مناطق دیگر از کیفیت مخزنی بالاتری برخوردار می‌باشد. همچنین بخش‌های بالاتر لایه سوم (۱.۳، ۲.۳ و ۳.۳) نسبت به بخش‌های پایینی (۴.۳) دارای تخلخل و تراوایی بالاتر و اشباع آب پایین‌تری می‌باشند. این تغییرات برای تخلخل در مناطق با کیفیت در دو بخش بالایی ۱۵-۱۸ درصد، در بخش ۳.۳ بین ۹-۱۲ درصد و در بخش آخر ۹-۶ درصد می‌باشد. این مطالب با چگونگی توزیع رخساره‌های لیتولوژیکی نیز در تطابق می‌باشد. بدین معنی که در مناطق با کیفیت مخزن، گرینستون و وکستون/پکستون که نسبت به دیگر لیتولوژی‌ها برای مخزن مناسب‌ترند، بیشتر مشاهده می‌شود. برای پارامتر تخلخل، این نتایج با نتایج حاصل از نقشه‌های شبه تخلخل بدست آمده از داده‌های لرزه‌نگاری سه بعدی مقایسه گردید، که انطباق کاملاً مناسبی با نتایج حاصله داشت.

بنابراین با حفر چاه‌های جدید در غرب و شمال میدان، می‌توان در آینده به میزان تولید بیشتری در این میدان دست یافت. این میدان در این لایه از توان مخزنی خوبی برخوردار می‌باشد، اگر چه در انتهای لایه (بخش ۴.۳) و در اعماق پایین، میزان تخلخل و تراوایی پایین و اشباع آب بالا می‌باشد و این بخش تحت عنوان فشرده نام برده می‌شود و توان تولید ندارد. میزان متوسط تخلخل، تراوایی و اشباع آب برای سه بخش اول لایه سوم به ترتیب ۱۲/۵۱ درصد، ۲۲/۶۷ میلی داری و ۱۶/۵۸ درصد و برای بخش آخر لایه سوم (۴.۳) ۵/۹ درصد، ۶ میلی داری و ۴۰ درصد می‌باشد.

۵-۲ پیشنهادات

در ادامه پیشنهادات زیر که راه گشای کارهای آینده باشد، ارائه می‌شوند:

- با توجه به وجود چاه‌های دیگر در میدان، استفاده از داده‌های مربوط به تعداد چاه‌های بیشتر برای تهیه مدل دقیق‌تر از مخزن مورد نظر پیشنهاد می‌گردد. در جاهایی که فواصل چاه‌ها

کمتر باشند می‌توان درک دقیق‌تری از خصوصیات پتروفیزیکی مخزن داشت و با اطمینان بیشتری از نتایج حاصل از مدل‌سازی بهره برد.

- در این مطالعه از روش‌های زمین‌آماري جهت توزیع خواص پتروفیزیکی و رخساره‌ها در میدان نفتی تحت مطالعه استفاده شد. با توجه به اهمیت روش‌های هوشمند همانند روش شبکه‌های عصبی، استفاده از این روش‌ها می‌تواند ما را در درک هر چه دقیق‌تر مخازن هیدروکربوری یاری نماید.

منابع مورد استفاده

منابع

- حسینی پاک ع، (۱۳۸۰)، تحلیل داده‌های اکتشافی، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.
- درویش زاده ع، (۱۳۸۲)، زمین شناسی ایران، چاپ سوم، انتشارات امیر کبیر، تهران، ۶۴۸ ص.
- رضایی م، (۱۳۸۰)، زمین شناسی نفت، چاپ اول، انتشارات علوی، تهران، ۳۷۹ ص.
- شرکت مهندسی و توسعه نفت، (۱۳۸۴)، گزارشات زمین‌شناسی، حفاری چاه‌ها و آنالیز مغزه، شرکت مهندسی و توسعه نفت، تهران، منتشر نشده.
- شرکت نفت مناطق مرکزی ایران، (۱۳۸۸)، گزارش نهایی مدل سه بعدی زمین‌شناسی مخازن گازی میدان سرخون، تهران، منتشر نشده.
- مرادزاده ع. و قوامی ریایی ر، (۱۳۸۰)، چاه پیمایی برای مهندسين، انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ۲۴۶ ص.
- محمدپور ا، (۱۳۸۳)، پایان نامه ارشد: "ارزیابی روش‌های مختلف تخمین تراوایی از روی داده‌های لاگ برای سازند کنگان در یکی از میادین نفتی خلیج فارس"، دانشکده علوم، دانشگاه تهران.
- Alabert, F.G., Massonnat, G.J. and Aquitaine Elf, (1990), *Heterogeneity in a Complex Turbiditic Reservoir: Stochastic Modelling of Facies and Petrophysical Variability*, paper SPE 20604, 65th Annual Technical Conference and Exhibition of the Society of Petroleum Engineers held in New Orleans, 23-26 September, LA.
- Davies, D.K., Vessell, R.K., and Auman, J.B., (1997), *Improved Prediction of Reservoir Behavior Through Integration of Quantitative Geological and Petrophysical Data*, SPE Annual Technical Conference and Exhibition, 5–8 October, San Antonio, Texas.
- Deutsch, C.V., (2002), *Geostatistical Reservoir Modeling*, Oxford University Press, 337 p.
- Dubois, M., Bohling, G., and Swapan, C., (2007), Comparison of four approaches to a rock facies classification problem, *Journal of Computers & Geosciences* 33, 599–617.
- Ellis, D.V, Singer, J. M., (2007), *Well Logging for Earth Scientists*, 2nd Edition, Springer, 685p.

Hauge, R. and Syversveen, A.R., (2003), *Modeling Facies Bodies and Petrophysical Trends in Turbidite Reservoirs*, paper SPE 84053, SPE Annual Technical Conference and Exhibition held in Denver, 5–8 October 2003, Colorado, U.S.A.

Hunt, J.M., (1979), *Petroleum Geochemistry and Geology*, Freeman, 617p.

Iske, A. and Randen, T., (2004), *Mathematical Methods and Modelling in Hydrocarbon Exploration and Production*, Springer, 449p.

Johnson C.R. and Jones T.A., (1988), *Putting geology into reservoir simulations: A three-dimensional modeling approach*, paper SPE 18321, 585-594.

Johnson, D. and Pile, K., (2002), *Well Logging in Nontechnical Language*, 2nd Edition, Penn Well Publishing Company, 247p.

Journel, A.G., (1990), *Geostatistics for reservoir Characterisation*, paper SPE 20750 presented at 65th Annual Technical Conference and Exhibition of the SPE, New Orleans, September 23-26, 1990, LA.

Lianshuang, Q. and Timothy, R.C., (2005), Neural network prediction of carbonate lithofacies from well logs, Big Bow and Sand Arroyo Creek fields, *Journal of Computers & Geosciences* 32, 947–964.

Lucia, F.J., (2007), *Carbonate Reservoir Characterization*, Second Edition, Springer, 333p.

Mahdavi, R. and Kharrat R., (2009), *Integration of 3D Seismic Attributes and Well Logs for Electrofacies Mapping and Prediction of Reliable Petrophysical Properties*, paper SPE 121214, 2009 SPE EUROPEC/EAGE Annual Conference and Exhibition held in Amsterdam, The Netherlands, 8-11 June 2009.

N.I.O.C, (2002), *3D Seismic Interpretation and Inversion of Darquain Structure (SW Iran)*, Unpublished report.

N.I.O.C, (2010), *In-house Sub-surface Study North Azadegan*, Unpublished report.

N.I.O.C and PEDEC, (2003), *Geophysical and Geological Interpretation Executive Summary*, Unpublished report.

NISOC, (1382), *Simplified Table of Rock Unit in Zagros Area*, Geology Department, Report No. pp. 5252.

Porjesz R., Vargas M., Guerini, A., and Marquez,P., (2000), *Geostatistical Modeling of Facies and Fractures of the San Juan Formation and Reservoir Modeling for Delineation of Orocual Field, Venezuela*, paper SPE 63206, 2000 SPE Annual Technical Conference and Exhibition held in Dallas, 1–4 October 2000, Texas.

Schlumberger, (2009), *User manual*, Petrel software.

Schlumberger, (2007), *User manual*, Interactive Petrophysics (IP) software.

Schlumberger, (2000), *Log Interpretation Charts*.

Simlote, V.N., and Nikolayenko, S.A., (1998), *Dealing with Uncertainty: Geostatistics and the New Era in Reservoir Studies*, paper SPE 39546, 1998 SPE India Oil and Gas Conference and Exhibition held in New Delhi, 17-19 February, 1998, India.

Srinivasan, S. and Sen, M., (2009), *Stochastic modeling of facies distribution in a carbonate reservoir in the Gulf of Mexico*, University of Texas at Austin, Institute for Geophysics.

Srivastava, R., (1994), *An Overview of Stochastic Methods for Reservoir Characterisation*, American Association of Petroleum Geologists Computer Applications in Geology, no.3,3-16.

Suoperez, V. and Journel, A.G., (1989), *Stochastic Simulation of Lithofacies for Reservoir Characterization*, Stanford Center for Reservoir Forecasting, Report # No 3.

Tiab, D. and Donaldson E.C., (2004), *Petrophysics: Theory and Practice of Measuring Reservoir Rock and Fluid Transport Properties*, second edition, Elsevier, 881p.

Voget, J., (1993), Reservoir Property Grids Improve with Geostatistics, *Journal of World Oil* 31, 67-74.

Wang, J., and Zhang, T., (1995), *Three-Stage Stochastic Modelling Method To Characterize Reservoir With Fluvial Facies*, , paper SPE 29965, International Meeting on Petroleum Engineering held in Beijing, November 14-17, China.

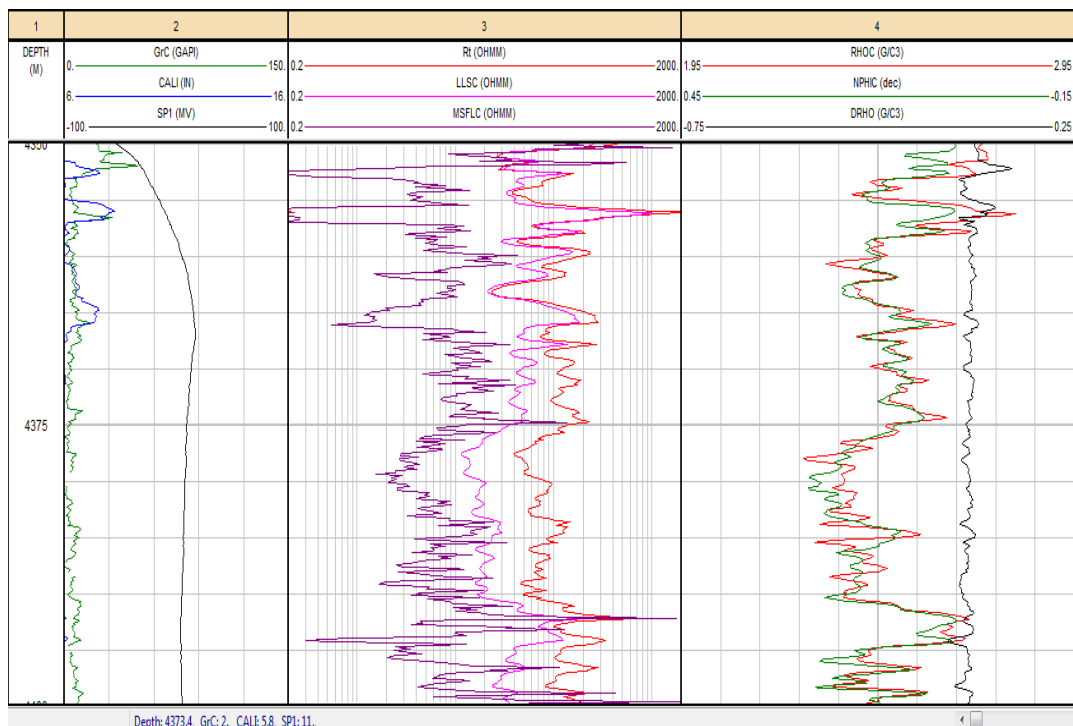
Wang, L., and Wong, P.M., (1999), *Modeling Porosity Distribution in the A'n'an Oilfield: Use of Geological Quantification, Neural Networks, and Geostatistics*, SPE Reservoir Eval. & Eng., Vol. 2, No. 6, December 1999.

Yarus, M., and Chambers, R., (1994), *Stochastic Modeling and Geostatistics Principles, Methods, and Case Studies*, AAPG Computer Applications in Geology, No. 3.

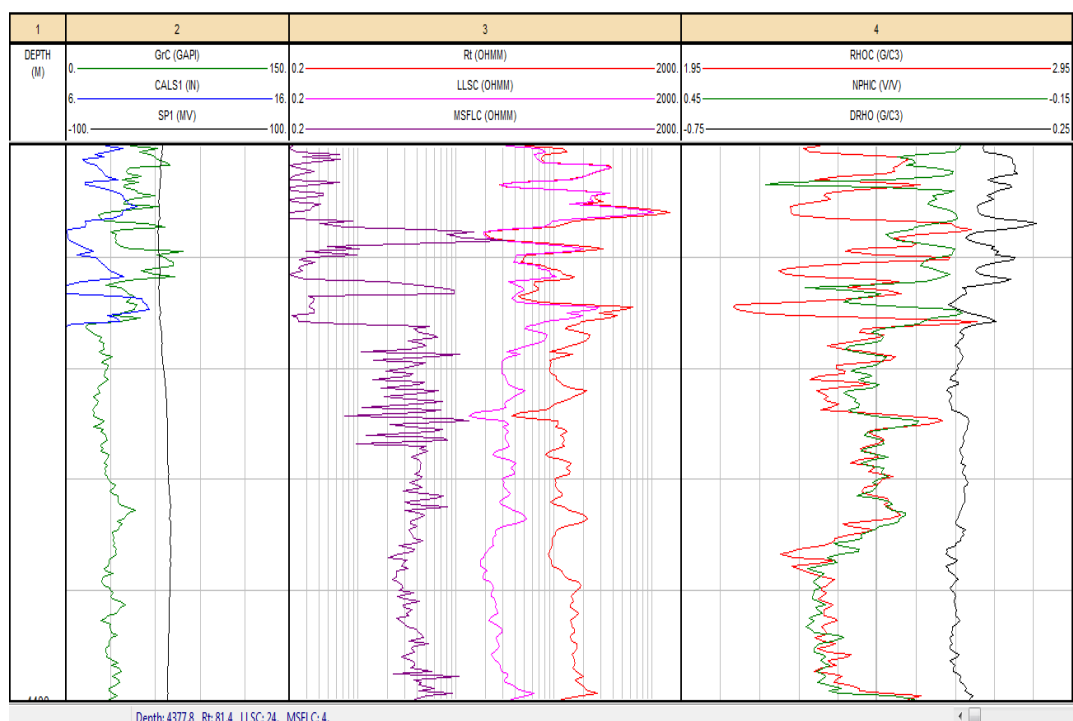
پیوست

پیوست الف

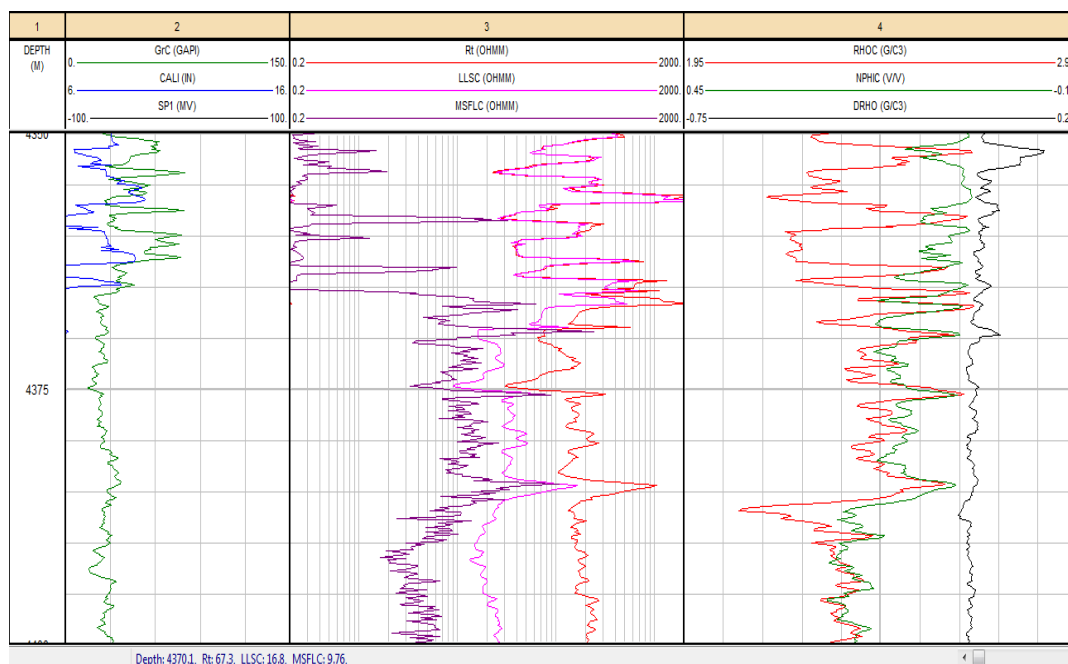
نمایش شکل‌های مورد استفاده در مطالعه حاضر



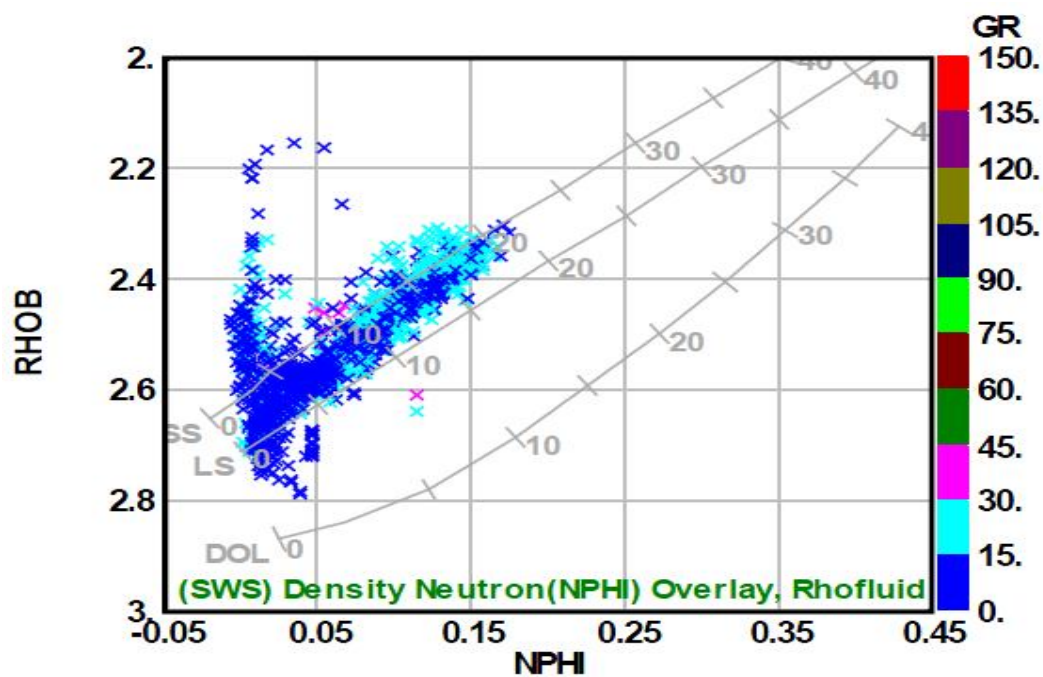
شکل (الف-۱) نمونه ای از نگارهای رانده شده در چاه شماره ۵



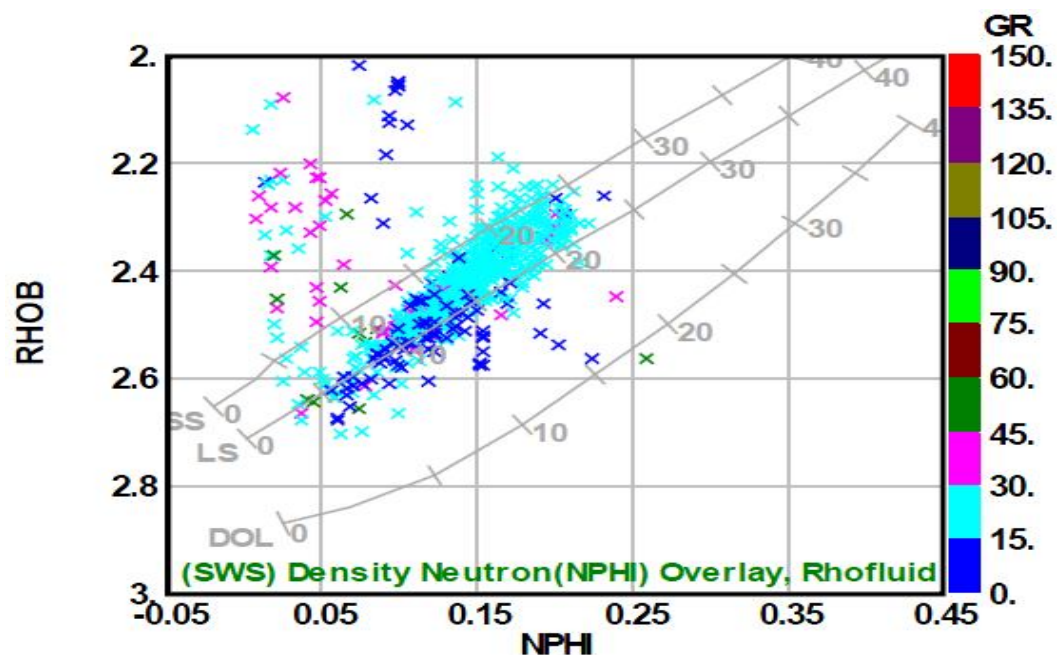
شکل (الف-۲) نمونه ای از نگارهای رانده شده در چاه شماره ۶



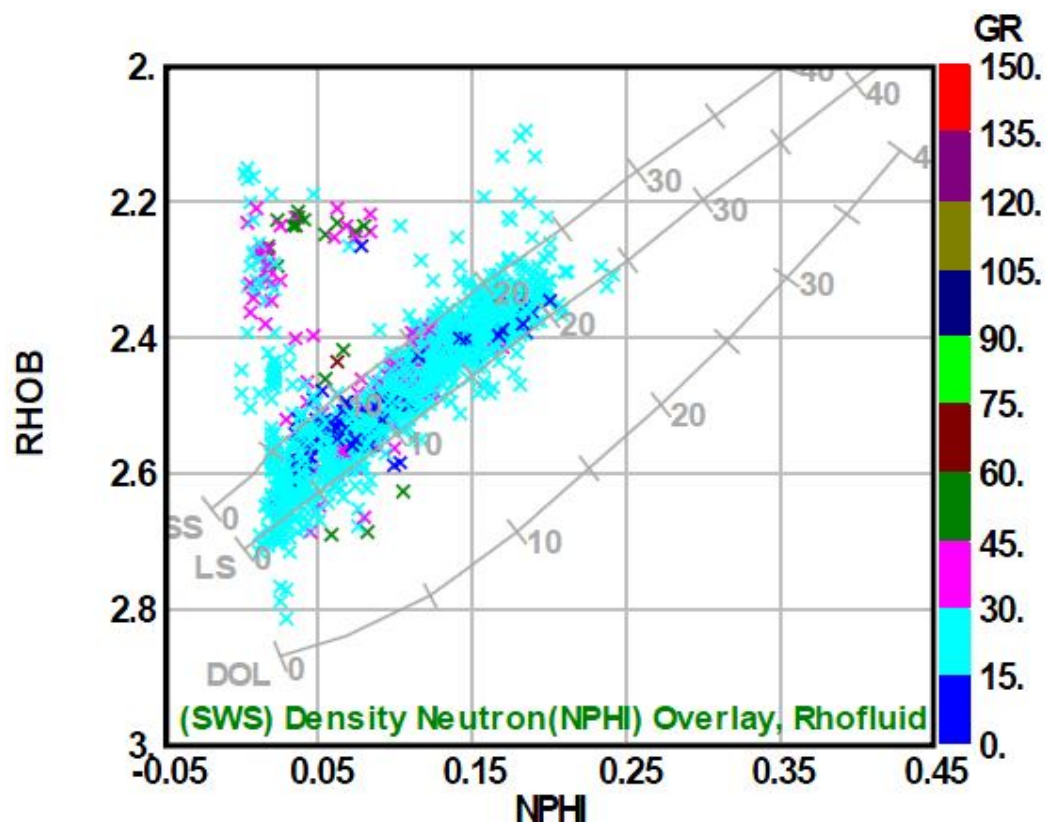
شکل (الف-۳) نمونه ای از نگارهای رانده شده در چاه شماره ۷



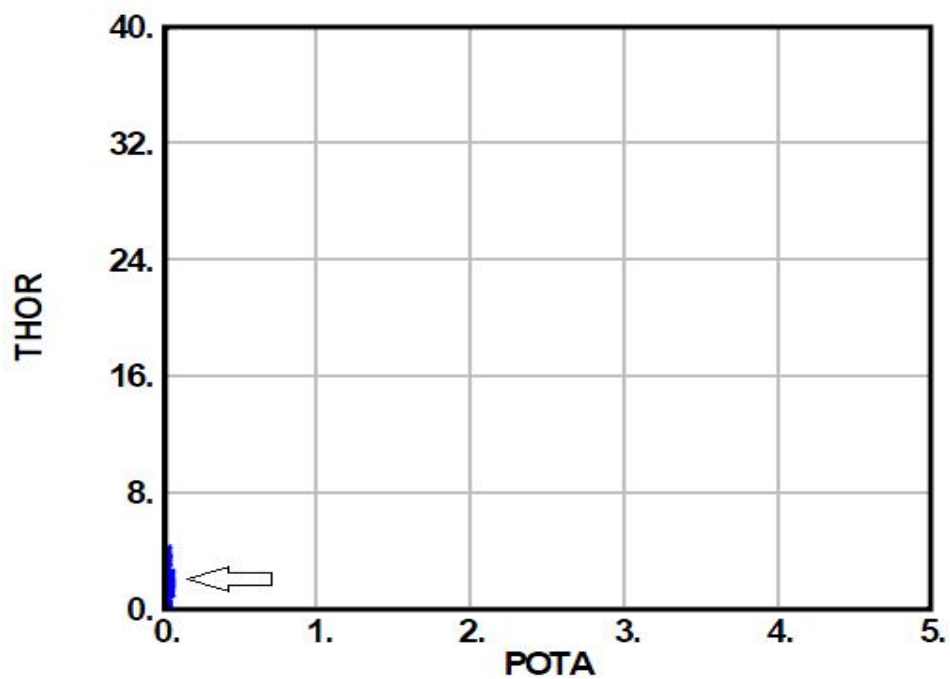
شکل (الف-۴) نمودار متقاطع نمودارهای تخلخل نوترون و چگالی در چاه شماره ۴ برای بازه عمقی ۴۳۵۰-۴۵۹۰ متری



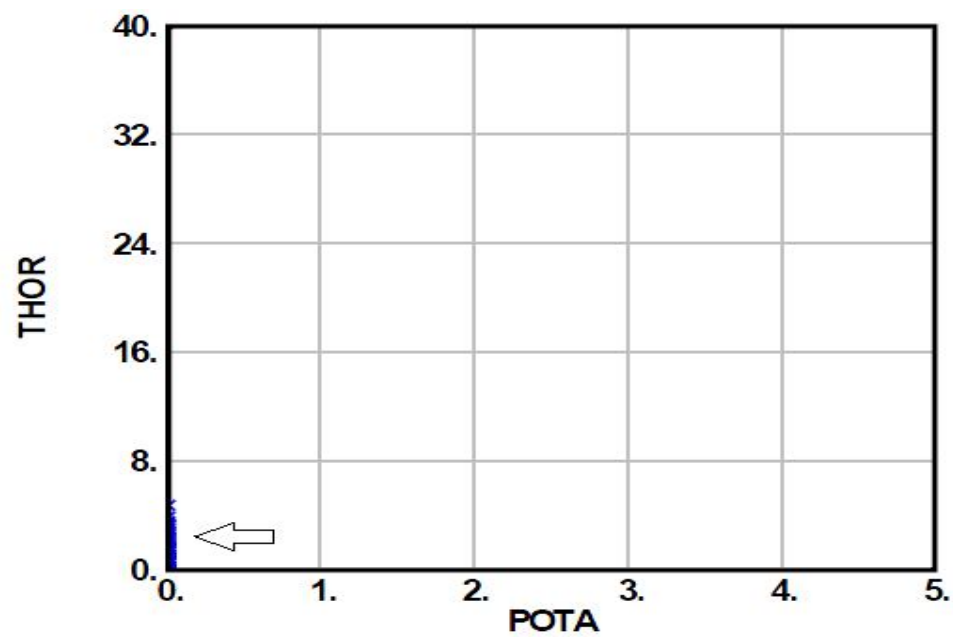
شکل (الف-۵) نمودار متقاطع نمودارهای تخلخل نوترون و چگالی در چاه شماره ۶ برای بازه عمقی ۴۵۱۸-۴۳۵۰ متری



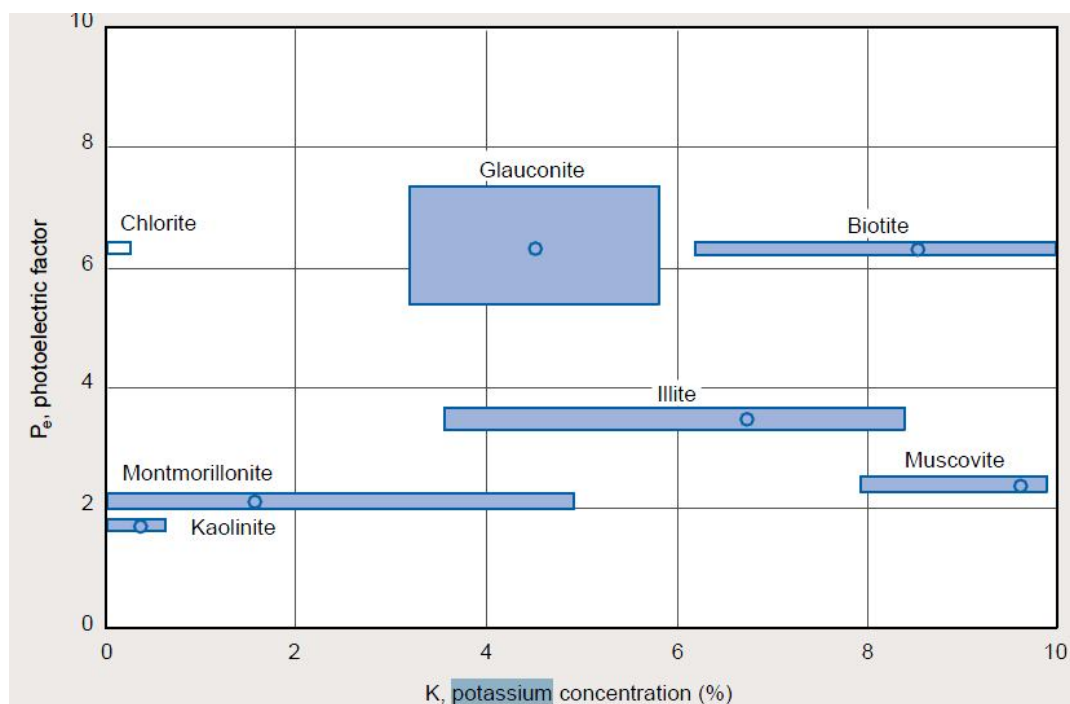
شکل (الف-۶) نمودار متقاطع نمودارهای تخلخل نوترون و چگالی در چاه شماره ۷ برای بازه عمقی ۴۵۴۳-۴۳۵۰ متری



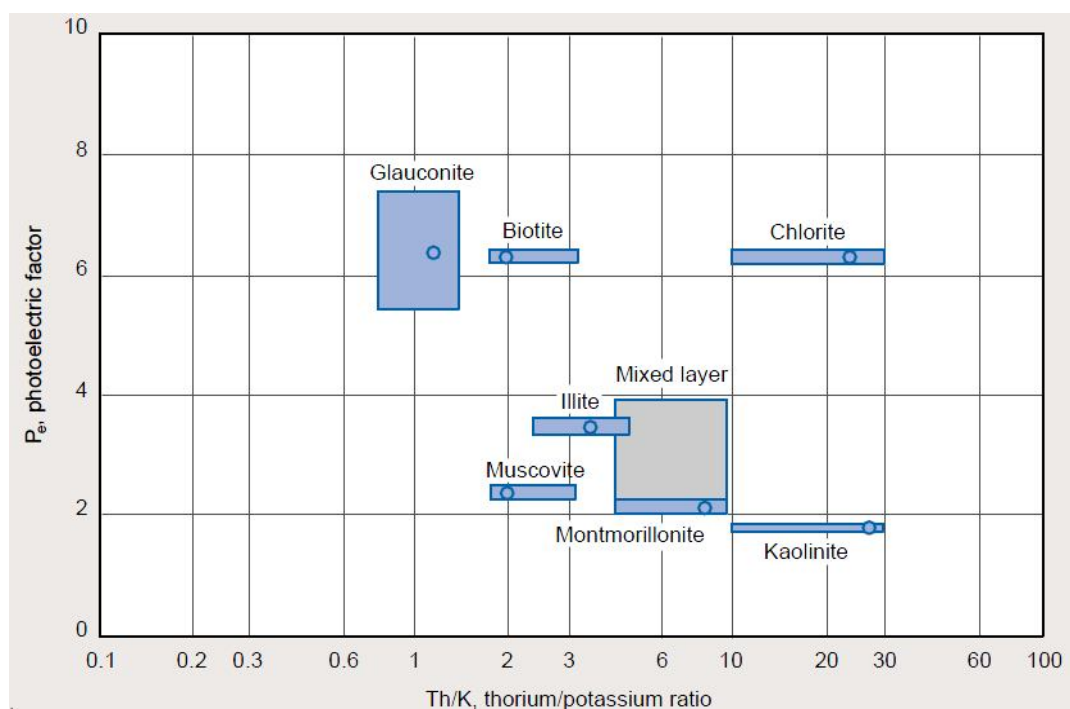
شکل (الف-۷) نمودار متقاطع نگارهای توریم در مقابل پتاسیم در چاه شماره ۴ در بازه عمقی ۴۳۵۰-۴۵۹۰ متری



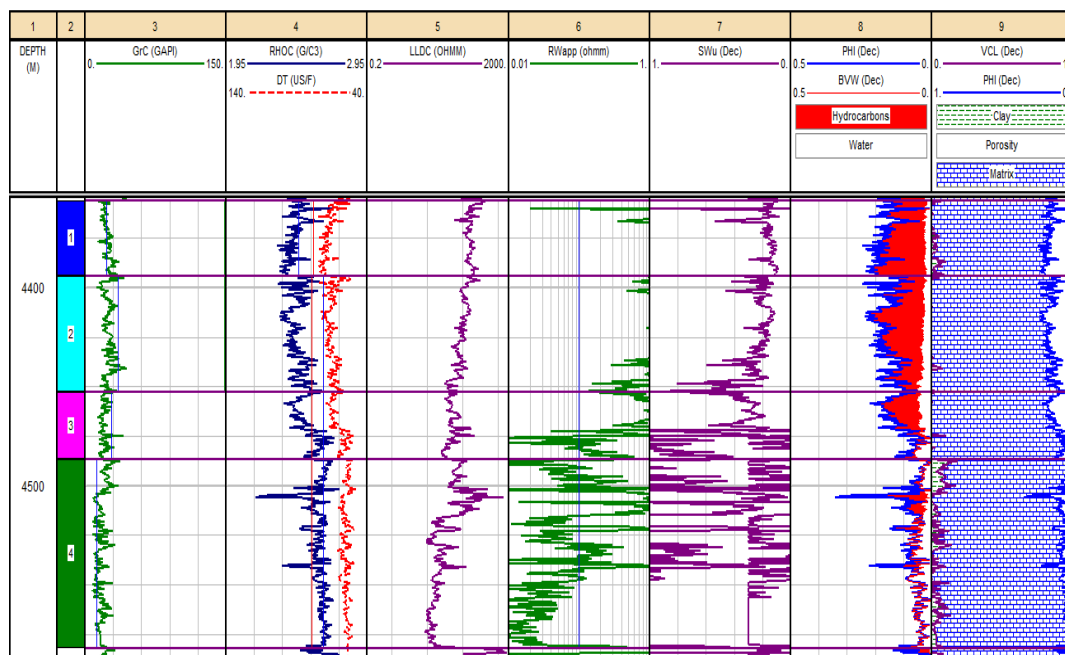
شکل (الف-۸) نمودار متقاطع نگارهای توریم در مقابل پتاسیم در چاه شماره ۶ در بازه عمقی ۴۳۵۰-۴۵۱۸ متری



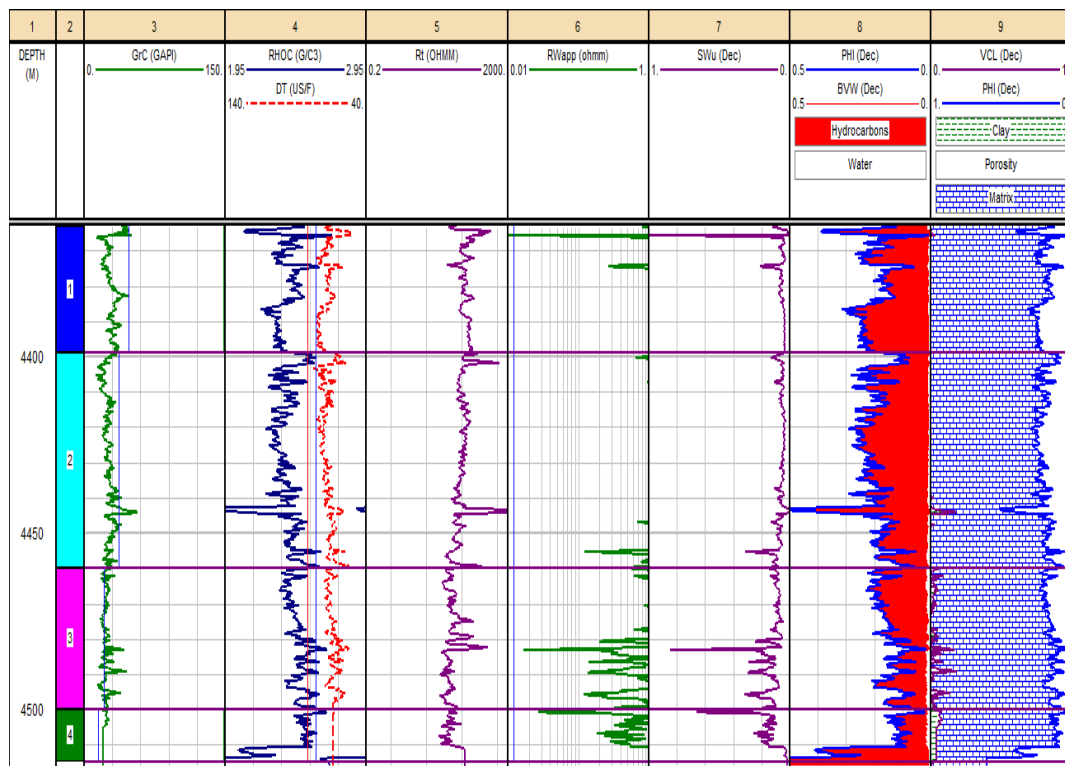
شکل (الف-۹) نمودار متقاطع پتاسیم در مقابل نگار اثر جذب فتوالکتریک جهت تشخیص نوع کانی رسی (Schlumberger, 2000).



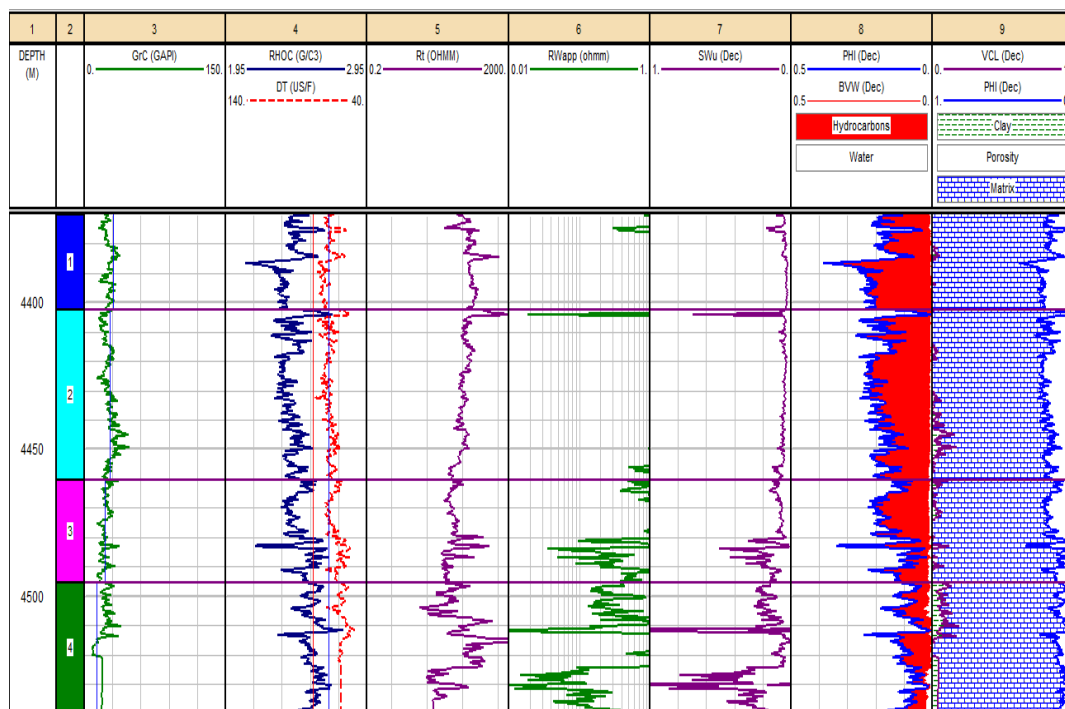
شکل (الف-۱۰) نمودار متقاطع نسبت توریم به پتاسیم (Th/K) در مقابل نگار اثر جذب فتوالکتریک جهت تشخیص نوع کانی رسی (Schlumberger, 2000).



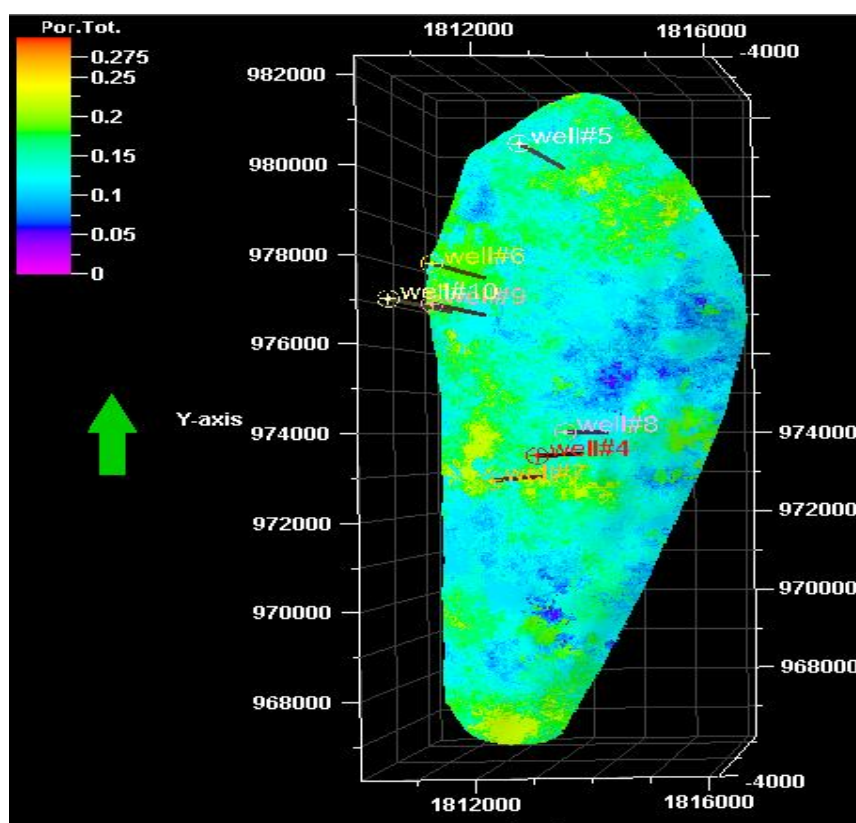
شکل (الف-۱۱) نمونه ای از ارزیابی پتروفیزیکی انجام شده در چاه شماره ۴



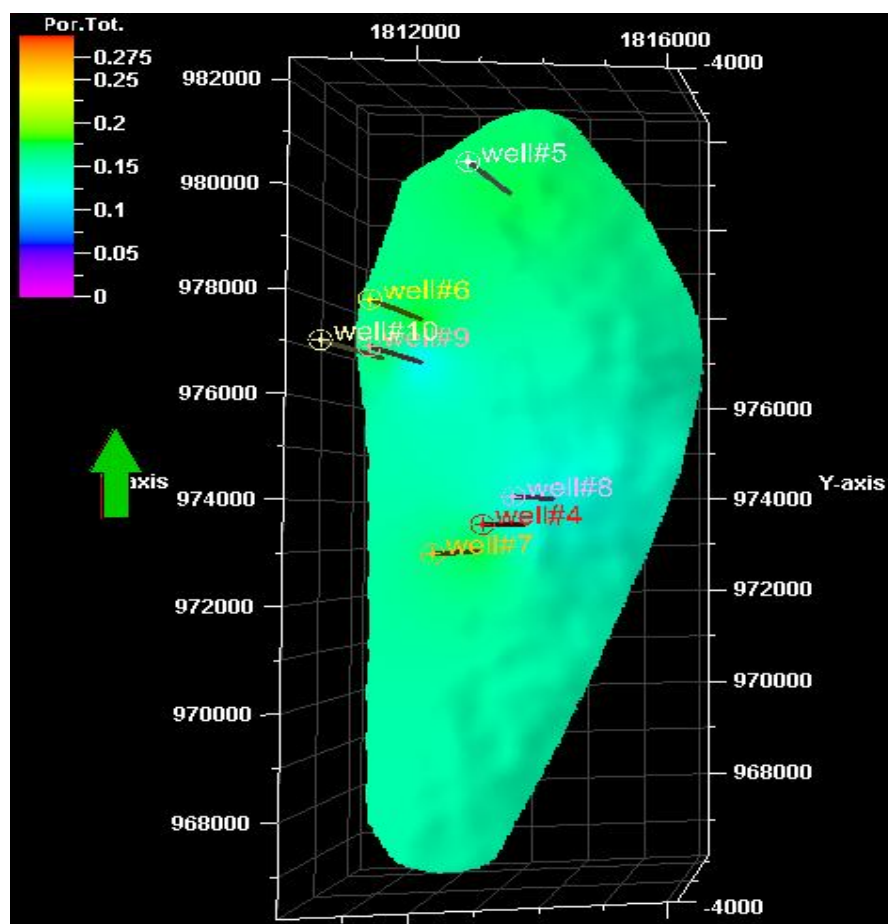
شکل (الف-۱۲) نمونه ای از ارزیابی پتروفیزیکی انجام شده در چاه شماره ۶



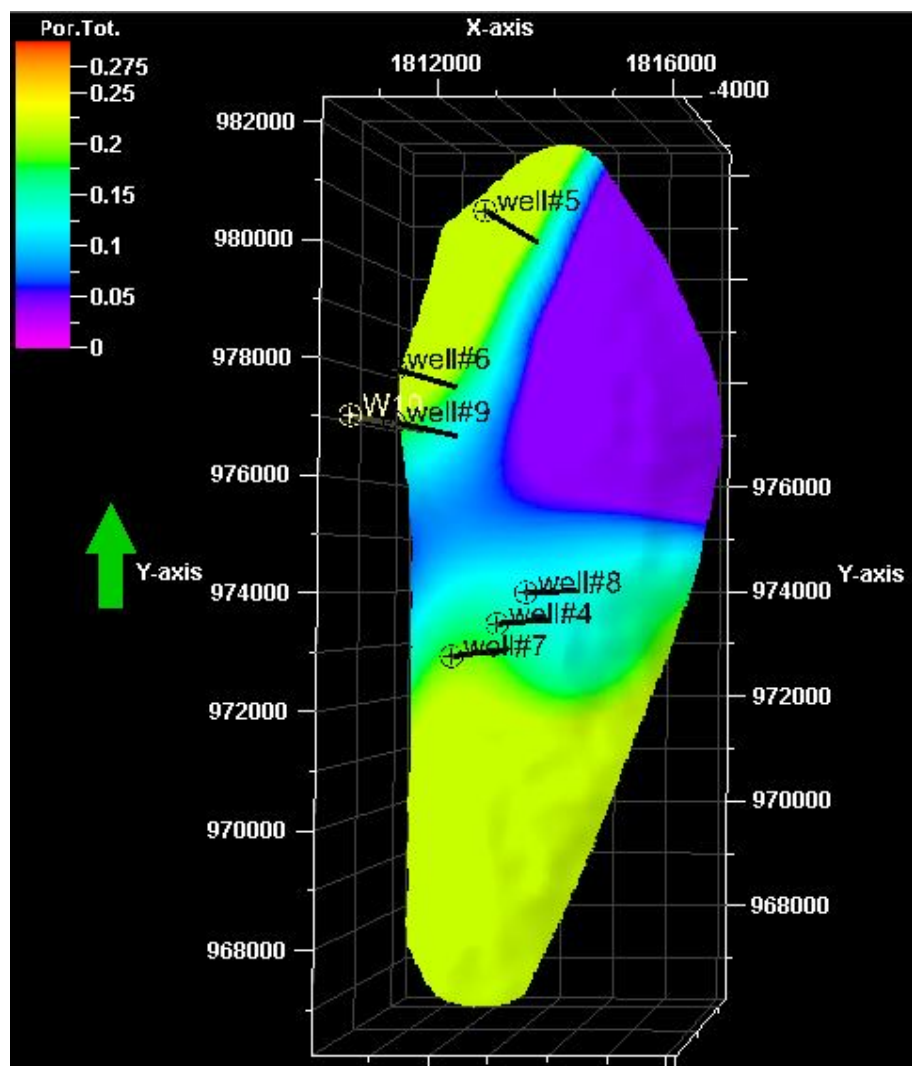
شکل (الف-۱۳) نمونه ای از ارزیابی پتروفیزیکی انجام شده در چاه شماره ۷



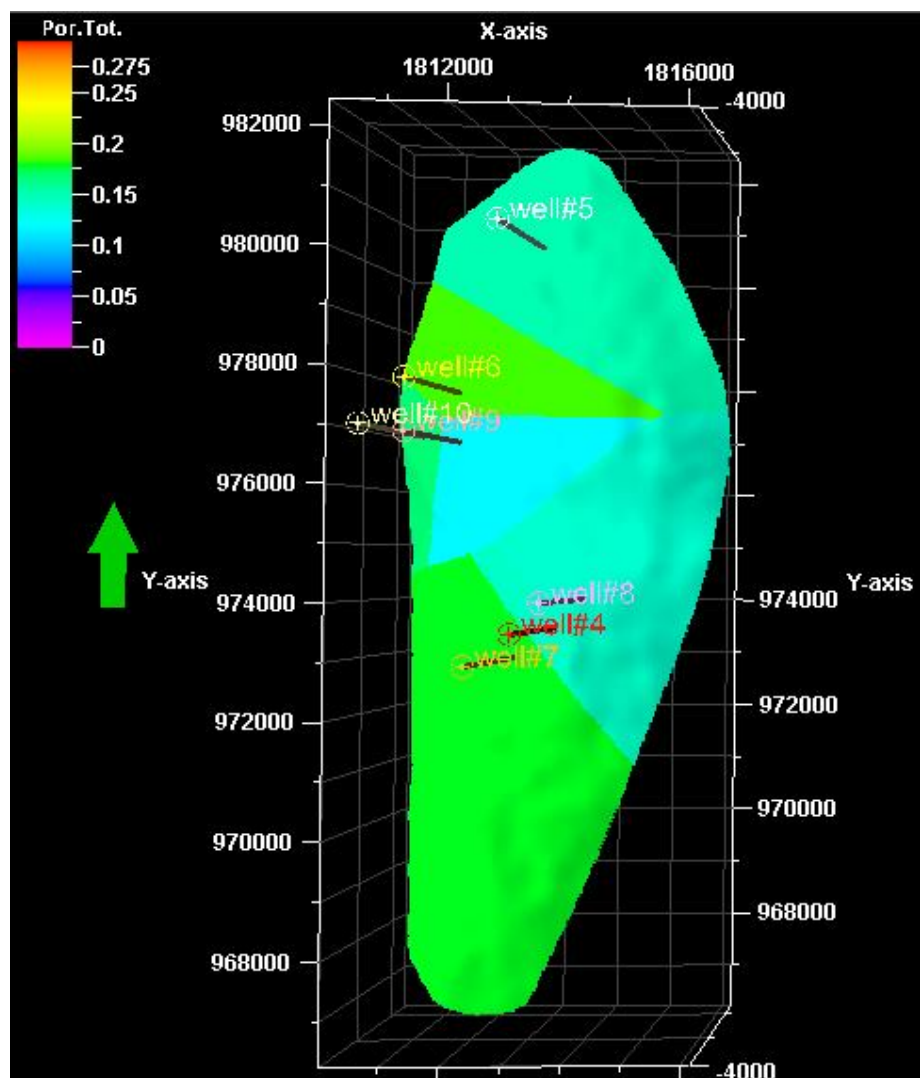
شکل (الف-۱۴) نمایی از مدل تخلخل ایجاد شده به روش تصادفی گوسی پیاپی (SGS) مربوط به بخش ۲.۳



شکل (الف-۱۵) نمایی از مدل تخلخل ایجاد شده به روش قطعی (Moving average) مربوط به بخش ۲.۳



شکل (الف-۱۶) نمایی از مدل تخلخل ایجاد شده به روش قطعی (Functional) مربوط به بخش ۲.۳



شکل (الف-۱۷) نمائی از مدل تخلخل ایجاد شده به روش قطعی (Closest) مربوط به بخش ۲.۳

Abstract:

As we know hydrocarbore reservoirs play a critical role in economic. So, accurate reservoir studies by new methods and technology to achieve good models are important. Understudy oil field in this thesis located in Khuzestan province and information of seven wells are available.

Principal goal is Facies modeling using core, well logs and petrophysical data for better reservoir understanding. Another goals is estimate of a relation between petrophysical parameters such as porosity and permeability and distribution of them to create geological, exploration and static model for reservoir.

To achieve these goals first, petrophysical parameters determined using raw data from well logs. This work done for porosity, permeability and water saturation by IP software. This step must be done very precise because, wrong determination of these parameters lead to misunderstanding and incorrect model for reservoir.

In the next step petrophysical and lithological modeling is done using several methods by Petrel software. Geostatistical methods (stochastic and deterministic) were used for modeling. Stochastic methods are more better than deterministic methods and have a good vision from heterogeny of reservoir. Deterministic methods distribute parameters locally and this lead to wrong understanding from reservoir.

Results show that Gaussian Random Function Simulation (GRFS) method is the best method for distribution of continuous parameters (porosity, permeability and water saturation) and Sequential Indicator Simulation(SIS) method for discrete parameters (lithological facies). This study show that understudy oil field have a good quality in west, north, and southwest part of field. In these parts grainstone and wackstone/packstone facies are more than another facies because these facies are good for a rock reservoir. Mean value of porosity, permeability and water saturation in three primary parts of 3th layer are 12.52%, 6 millidarcy and 16.58%, respectively and 5.9%, 6 millidarcy and 40% for the last part of 3th layer as a tight layer.

Keywords: facies and petrophysical model, core and well logs data, stochastic and deterministic methods, Gaussian Random Function Simulation(GRFS), Sequential Indicator Simulation(SIS)



Shahrood University of Technology

Faculty of Mining, Petroleum and Geophysics

Facies modeling for one oil field in the south western part of Iran using core and well logs data

A thesis submitted in fulfillment of the requirements for the degree of
Master of Science in Petroleum Exploration Engineering

By:

Yaser Zare

Supervisor:

Dr. Ali Moradzadeh

Advisor:

Nozar Salehi

May 2011