

بررسی تغییرات ساختمانی سازند گچساران در میدان نفتی اهواز و طراحی چاه با استفاده از نرم افزار RMS

بهمن سلیمانی^{۱*}، صابر شیروانی^۲، عباس اشجعی^۳

- ۱- استاد زمین شناسی نفت، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز
- ۲- کارشناسی ارشد زمین شناسی نفت، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز
- ۳- کارشناس ارشد مناطق نفتخیز جنوب، اهواز

پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۱۱/۱۰

تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۳/۷/۹

چکیده

تحقیق کنونی تلاش دارد با تهیه الگویی سه بعدی بوسیله نرم افزار RMS از سازند گچساران در میدان نفتی اهواز، دیدگاه مناسبی از شکل هندسی آن‌ها به منظور تهیه دقیق و سریع برنامه پیش‌بینی زمین‌شناسی در حفاری‌های آتی، برای فائق آمدن بر مشکلات متعدد در حفاری طبقات مخاطره آمیز گچساران ارائه دهد. بر اساس مطالعات انجام شده بخش یک سازند گچساران در سرتاسر میدان از هندسه سر سازند آسماری و بخش‌های چهار، پنج، و هفت سازند گچساران و سازند میشان از هندسه بخش شش پیروی می‌کنند. بخش یک دارای ضخامت تقریباً یکسان در سرتاسر میدان می‌باشد در حالی که کاهش شیب در یال‌های این بخش از سمت خاور به باختر به وضوح مشخص است. تغییرات ضخامت بخش دو الی چهار سازند گچساران در طول میدان بسیار زیاد است که کمترین ضخامت در این بخش مربوط به قسمت خاوری و روی قله می‌باشد. بررسی مقاطع عرضی نشانگر کاهش شیب کلی در بخش‌های چهار، پنج، شش، هفت سازند گچساران و همچنین سازند میشان از سمت شرق به باختر میدان می‌باشد. پس از ساخته شدن چاه‌های فرضی در مدل، موقعیت و عمق برخورد آن‌ها با افق‌های مدل شده مورد مقایسه و بررسی قرار گرفت و نتایج پیش‌بینی شده در مدل قابل قبول ارزیابی گردید.

واژه‌های کلیدی: سازند گچساران، طراحی چاه، مدل سازی سه بعدی، میدان اهواز

مقدمه

شناخت ساختارهای زمین شناسی زیرسطحی با استفاده از داده های محدود قابل دسترسی (چاه- های حفاری) به منظور پیش بینی وضعیت و اختصاصات پتروفیزیکی آن در سایر نقاط، موضوعی است که نیازمند مدلسازی است. وارنای (۱۹۹۸) با استفاده از داده های لرزه نگاری سه بعدی و داده های لاگ، مدل چینه شناسی سه بعدی سامانه های توربیدی پلیوسن- پلیستوسن را در سواحل لوژیانا تهیه کرد. در سال ۲۰۰۲ میلادی بوشارا و تاول بر اساس روش های زمین- آماری یک مدل سه بعدی برای بررسی چگونگی توزیع تراوایی مطلق در شکاف های موجود در مخازن شکاف دار پیشنهاد نمودند. جکسون و همکاران در سال ۲۰۰۵ مدل سه بعدی ماسه های کشندی (مخزن هیدروکربن) و خواص مخزنی آن را با استفاده از داده های دوبعدی و لاگ تهیه نمودند. پژوهشگرانی مانند ریش و همکاران (۱۹۹۶)؛ بورنه و همکاران (۲۰۰۰)؛ جنسن و کریت (۲۰۰۱)؛ پرنتر و همکاران (۲۰۰۵)؛ کشیب و سرینواسان (۲۰۰۶)؛ و فولدز و همکاران (۲۰۱۰) نیز در مدل سازی مخزن فعالیت نموده اند. جف کار (۲۰۰۵) تحقیقی پیرامون انواع روش های شبیه سازی مخزن به کمک روش های زمین آماری انجام داد و به یک سری روابط جدید برای مختصات فضایی داده ها در زمین آمار دست پیدا کرد و به بیان دیگر روش های شبیه سازی که محدود به رسم واریوگرام و به کارگیری آن بود را گسترش داد. مدل سه بعدی، بهترین سازوکار برای توأم کردن همه داده های موجود است (والکارسه، ۲۰۰۶). نرم افزارهای تخصصی کنونی، مدل سازی ساختمان های پیچیده و نامنظم زمین- شناسی را در سه بعد ممکن می سازند که این

عمل با استفاده از نقشه های زمین شناسی و اطلاعات ساختمانی با استفاده از روش های زمین آمار صورت می پذیرد (کافمن، ۲۰۰۸). در زمین آمار، مختصات داده های مربوط بررسی و به تبع آن ساختار فضایی آنها مورد مطالعه قرار می گیرد و علاوه بر مقدار کمیت معین در یک نمونه، موقعیت فضایی نمونه نیز بررسی می شود (حسنی- پاک، ۱۳۷۱). روش های زمین آمار بر این فرض استوارند که اغلب متغیرهای زمین شناسی متغیرهای تصادفی هستند که توصیف آنها می- تواند از طریق نتیجه یک مدل آماری صورت گیرد (گونکالوس، ۲۰۰۴).

کاربرد مدل سازی زمین شناسی در ایران به دهه ی کنونی محدود می گردد. از آنجا که کشور ما دارای ذخایر عظیم نفت و گاز می باشد مطالعه ی پوش- سنگ مخازن هیدروکربنی اهمیت بسیار زیادی دارد. نرم افزار سیستم مدلسازی مخزن یا RMS به عنوان یک ابزار مدل سازی قوی قادر به مدل سازی کامل سه بعدی لایه های زیرسطحی می باشد. نرم افزار RMS مجموعه ای گسترده از توابع ریاضی و زمین آماری می باشد که مقادیر سطوح و حجم های مجهول را با کمک مقادیر معلوم و بر اساس روش های زمین آماری مختلف گنجانده شده در این نرم افزار محاسبه می کند (نظری، ۱۳۸۷). این نرم افزار به منظور تهیه مدل زمین شناسی (لکورتیر، ۲۰۰۱) و طراحی مخازن، ابتدا جهت صنعت نفت طراحی شد. در این برنامه یک جریان درونی حاکم است (ارزیابی سازند SPE، ۱۹۹۶) که ترکیبی از مدل های خاص ایجاد نموده در حالی که بقیه پارامترها ثابت می ماند (روبینسون و همکاران، ۲۰۰۹)؛ ارنست و نیل، (۱۹۹۷).

باختری - جنوب خاوری و صفحه عربی شامل ساختارهای زیر سطحی با امتداد شمالی - جنوبی در دشت آبادان، در نظر گرفت. این تاقدیس دارای ابعاد سطحی ۱۰ × ۷۵ کیلومتر بوده و بزرگترین مخزن نفتی ایران است (ربانی و باقری ترناشی، ۲۰۱۰). مخزن آسماری در عمق ۲۵۰۰ متری، بنگستان در عمق ۳۰۰۰ و داریان در عمق ۵۰۰۰ متری واقع شده است. محور سطحی تاقدیس در حدود ۴ الی ۶ کیلومتر نسبت به محور زیر سطحی تاقدیس، در جهت جنوب باختری جابه‌جا شده است (مک کورد، ۱۹۷۵). سازند میشان در این منطقه از مارنهای خاکستری و آهک‌های رسی تشکیل شده است. سازند گچساران در این منطقه شامل انیدریت، نمک (NaCl)، مارن‌های خاکستری و سرخ، طبقات نازکی از آهک و شیل-های بیتومین‌دار می‌باشد. مشکلات حفاری در این سازند فراوان و گاه غیر قابل پیش بینی می‌باشد. این سازند از ۷ بخش تشکیل می‌شود که بالاترین بخش آن بخش هفتم به عنوان منطقه کم فشار محسوب می‌شود.

حفاری بیش از ۴۵۵ حلقه چاه در میدان نفتی اهواز با وجود مشکلات متعدد در حفاری طبقات مخاطره آمیز گچساران، انگیزه‌ای جهت این مطالعه گردید. بمنظور طراحی چاه در میدان اهواز بوسیله نرم افزار RMS می‌بایست تمامی طبقات موجود مدل سازی گردد. فشار سازند گچساران در سطح منطقه تغییرات جانبی شدیدی از خود بروز می‌دهد که سبب ایجاد پیچیدگی زیادی در طراحی چاه‌های منطقه می‌شود. تحقیق کنونی اولین مطالعه‌ای است که با استفاده از RMS تلاش دارد با تهیه الگویی سه بعدی از خصوصیات لایه‌های بالایی مخزن آسماری، دیدگاه مناسبی از شکل هندسی آن‌ها به منظور تهیه دقیق و سریع برنامه پیش‌بینی زمین‌شناسی در حفاری‌های آتی ارائه دهد.

موقعیت و زمین‌شناسی منطقه

تاقدیس نفتی اهواز در مرز جنوبی فروافتادگی دزفول واقع شده است (شکل ۱). این میدان را می‌توان به عنوان مرز ساختاری بین کمربند چین‌خورده ساده زاگرس یا به اختصار (ZSFB) در فروافتادگی دزفول با ساختارهایی با راستای شمال



شکل ۱: موقعیت میدان نفتی اهواز (با تغییراتی از شرکتی و لتوزی، ۲۰۰۴)

مواد و روش ها

این مطالعه در خصوص تهیه مدل سه بعدی افق-های بالایی مخزن آسماری میدان نفتی اهواز با استفاده از نرم افزار مدل ساز RMS می باشد. کلیه داده های لازم برای ایجاد مدل زمین شناسی شامل نقشه های لرزه ای (نقشه های کنتوری)، داده های چاه (موقعیت چاه ها، زوایای انحراف مسیر چاه ها، آزیموت مسیر چاه ها، لاگ های پتروفیزیکی چاه ها) و نقاط پیک چاهی (نقطه مربوط به ورود به هر سازند در هر چاه) به عنوان داده های خام اولیه تهیه شده است. نقشه های کنتوری زیرزمینی (UGC) به صورت رقومی درآمده و مورد استفاده قرار گرفته اند. داده های عمق ورود چاه ها به سر سازندها به دو صورت تهیه می شوند: ۱- توسط خرده های حفاری (Cutting)، ۲- توسط لاگ ها، که معمولاً نتیجه نهایی از تلفیق دو روش بدست می آید. به منظور آماده سازی داده های رقومی شده، عمق ورود چاه ها به سازندها بررسی شد و به دلیل ناهمخوانی بسیار، نمودارهای ترسیمی سرچاهی (Graphic Well Log) نیز بررسی گردید. در نهایت برای هر افق فایلی دارای دو ستون مربوط به نام چاه و عمق افق مورد نظر تهیه شد. لازم به ذکر است که اعماق استفاده شده به صورت عمق حفاری (Measured Depth) در نظر گرفته شدند. سپس این فایل به صورت txt آماده برای ورود به نرم افزار گردید.

در انجام فرایند رقومی کردن نقشه های همتراز عمقی، می بایست تمامی کنتورها، گسل ها، خط الرأس ها و غیره رقومی شوند. عملیات رقومی سازی معمولاً با نرم افزارهای AutoCAD و Surfer انجام می شود. داده های حاصل از این نرم افزارها نیاز به آماده سازی در Excel دارند به این صورت که بین هر کانتور عدد ۹۹۹ قرار می گیرد که هر کانتور را از کانتور دیگر جدا کند. هر چاه دارای عمق و

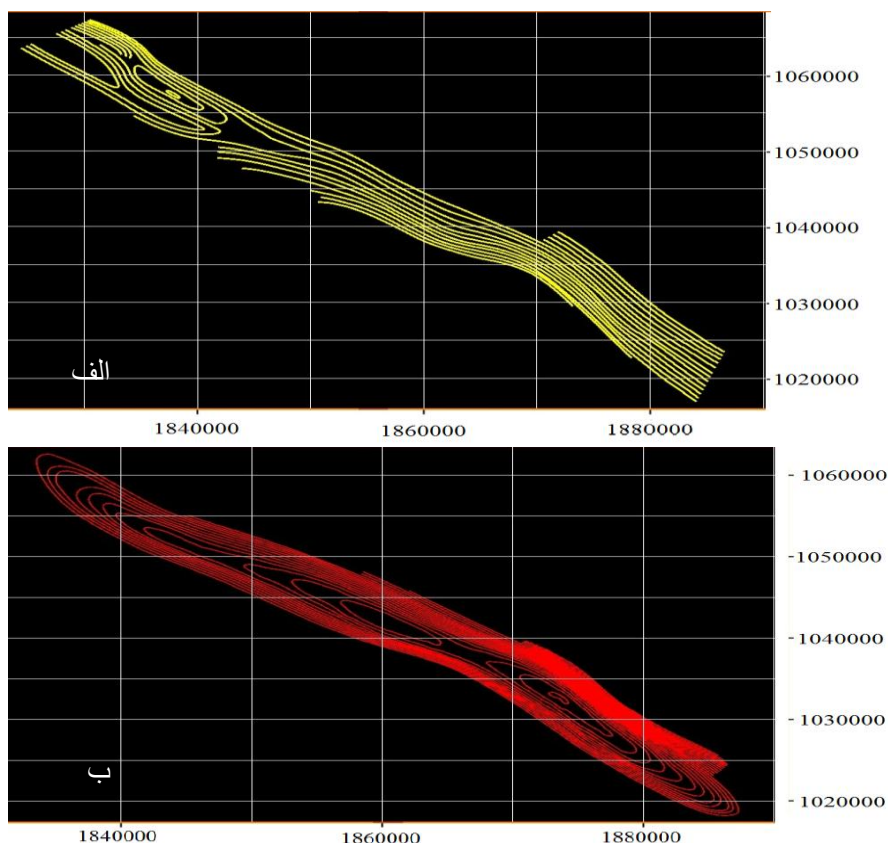
زاویه انحراف می باشد. برخی از چاه ها به طور عمودی حفر می شوند و برخی دیگر به دلایل مختلف به صورت انحرافی حفر می شوند در نتیجه دارای زاویه انحراف می باشند که این اطلاعات به صورت فایل CDR ارائه می شوند. در ضمن CDR هر چاه می بایست تصحیح شود که بدین منظور CDR موجود در محیط Excel به طور کامل کپی شده و تغییرات لازم انجام گردید. سپس با فرمت txt ذخیره گردید که فایل ورودی به نرم افزار RMS می باشد. در این مطالعه داده های لاگ CDR مربوط به ۴۳۵ حلقه چاه میدان نفتی اهواز بعد از تصحیحات لازم همراه با مسیر حفاری شده چاه ها (Drilled Well Trajectory) در نرم افزار وارد گردید.

اطلاعات ورودی نرم افزار RMS و قابلیت های آن:
نرم افزار جهت مدلسازی لایه های مختلف به موازات نقشه عمقی ورودی سازند مورد نظر عمل می کند و دیگر زون های مورد نظر را نیز مدل سازی می کند. همچنین ساختن مدل های مختلف گسل (نرمال، معکوس و غیره) موجود در مخزن مورد نظر نیز یکی از توانایی های این نرم افزار می باشد. مدل های بدست آمده از جهت گسل های موجود و همچنین زون های مختلف قابل انعطاف بوده و می توان در قسمت های مختلف آن به راحتی تغییراتی ایجاد نمود. همچنین اطلاعات ورودی این نرم افزار می تواند نتایج تفسیر داده های پتروفیزیکی، اطلاعات چاه، اطلاعات زمین شناسی، رسوب شناسی و نتایج تفسیر ژئوفیزیک باشد. تمام این اطلاعات قابل تصحیح هستند و می توان شبکه بندی استفاده شده در هر کدام از قسمت های مختلف را تغییر داد. این نرم افزار قادر به استفاده از پارامترهای مختلف از جمله امپدانس صوتی و استفاده از لاگ صوتی موجود در چاه ها می باشد که پس از آن با به دست آوردن این پارامترها در

(Grid) و نیز کلیه مراحل قبلی در مدلسازی ساختاری و همچنین آنالیز داده‌های ورودی پتروفیزیکی دارد. ابعاد سلول‌های گرید نیز به دقت داده‌ها و فراوانی داده‌ها در سرتاسر مخزن بستگی دارد.

در این مطالعه، مدل ساختمانی به منظور بررسی خصوصیات ساختمانی افق‌های بالایی این میدان تهیه شده، که مورد استفاده زمین‌شناسان، مهندسیین حفار و مخزن می‌باشد. این مدل در دو مرحله تهیه گردید: ۱- مدل چینه‌ای یا سطوح ساختمانی و ۲- مدل ساختمانی. با تلفیق مدل چینه‌ای و ساختمانی سازند گچساران، ضخامت و هندسه آن‌ها با دقت بسیار آشکار شد (شکل ۲).

هر نقطه قادر به محاسبه پارامترهای مختلف از جمله میزان تخلخل و تراوایی می باشد. علیرغم همه این مزیت‌ها، معایبی نیز در این روش وجود دارد. به‌عنوان مثال، حذف بخش‌های فرسایش یافته حتی زمانی که لایه های مخزنی توسط ناپیوستگی بطور کامل بریده می شوند، مشکلاتی را در ایجاد شبکه بندی سه بعدی ایجاد می کند که موجب انحراف لایه از حالت واقعی خود به دلیل کمبود داده‌ها می‌شود. همچنین پارامترهای زمین آمار به رفتار جریان مخزن نیز حساس هستند (دی یگر و همکاران، ۲۰۰۸؛ وان دورن و همکاران، ۲۰۰۷). اندازه جانبی سلول شبکه نسبت به توپوگرافی گسل‌ها بسیار متغیر است. دقت کار مدلسازی به ابعاد سلول‌های شبکه



شکل ۲: نقشه خطوط تراز (UGC) (الف) سر بخش شش سازند گچساران (Gs6) و (ب) سرسازند آسماری (As)

بدست آمد. عمق دقیق سرسازند میشان و زون-های مختلف سازند گچساران تعیین و نقشه‌های خطوط هم‌میزان ساختمانی عمقی (U.G.C.) با دقت ۲۵ متر، نقشه‌های هم ضخامت سازند میشان و زون‌های مختلف سازند گچساران تهیه، و در مدل‌سازی ساختاری استفاده گردید.

زنگوله‌ای Bell shaped محاسبه می‌کند. مجموع این توابع، تابعی را در دو جهت X و Y تعریف می‌کند که داده‌های ورودی را در فضای مورد نظر تعمیم می‌دهد. امروزه B-Spline کاربرد بسیاری در مقاصد علمی از جمله مدل‌سازی‌ها دارند (پروتزج و همکاران، ۲۰۰۲). این روش الگوریتمی قراردادی برای نقشه‌برداری افق‌ها است. بر اساس تجارب کسب شده این الگوریتم در انواع نقشه-کشی‌ها نتایج مطلوبی ارائه می‌دهد (شعبانی، ۱۳۸۷).

چهارچوب چینه‌شناختی: به‌منظور انجام عملیات مدل‌سازی ابتدا می‌بایست یک چهارچوب چینه-شناختی از سطوح مورد نظر ساخته شود. در این بخش اطلاعات اولیه مربوط به افق‌ها مانند نام، ترتیب زمانی، سطوح ناپیوستگی و تعیین نوع افق-ها مشخص می‌شود. افق‌های مورد استفاده در RMS به صورت افق یا ایزوکر در نظر گرفته می-شوند که افق نمایانگر افق بالایی یا پایینی و یک واحد یا لایه چینه‌شناختی و ایزوکر نمایانگر مشخصات بین دو واحد یا لایه چینه‌شناختی می-باشد. افق‌های تفسیری دارای اطلاعات کافی برای تشریح سطح است ولی افق‌های محاسبه‌ای فاقد آن اطلاعات می باشد. به‌منظور تهیه چهارچوب چینه‌شناختی در مدل‌سازی افق‌های بالایی مخزن آسماری میدان اهواز، افق آسماری به عنوان پایین‌ترین افق محاسبه‌ای در نظر گرفته شد. بعد

بدین منظور نقشه همتراز عمقی سر سازند آسماری و سرزون بخش شش سازند گچساران (برگرفته از نقشه‌های ژئوفیزیکی دوبعدی تصحیح شده)، رقومی سازی و بعنوان نقشه کنتور پایه به مدل وارد گردید. اطلاعات ورودی مورد نیاز مدل سه‌بعدی از منابع مختلف شامل تفسیرهای ژئوفیزیکی، اطلاعات چینه‌شناسی، ساختمانی، انواع نمودارهای الکتریکی و داده‌های توصیف چاه

نتایج

تهیه‌ی مدل سه‌بعدی با کمک نرم‌افزار

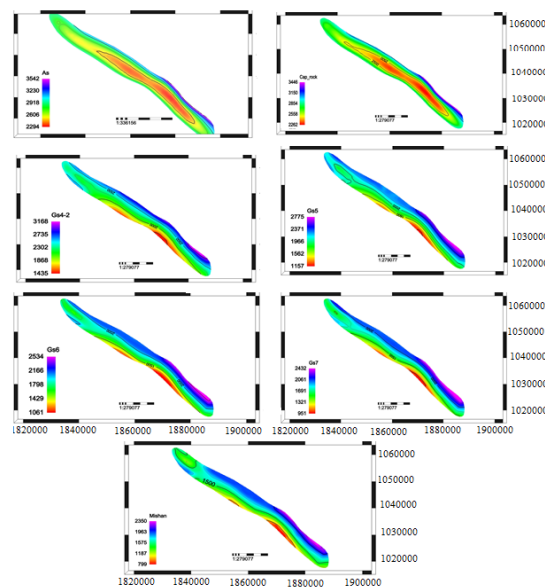
مدل سه‌بعدی به‌طور اولیه جهت اصلاح ساختمانی، تأیید شکل هندسی و تجسم افق‌های بالایی سازند آسماری در میدان اهواز مورد استفاده قرار گرفت. تجسم سه‌بعدی، کنترل کیفی آسان داده‌های ورودی را ممکن ساخته و فرآیند تفسیر را توسط امکان برقراری ارتباط فضایی بین داده‌ها برای درک ساده‌ی آن ممکن می‌سازد (هنینگز و همکاران، ۲۰۰۰). همچنین در مدل سه‌بعدی با استفاده از حداکثر اطلاعات می‌توان به تفسیر جامع‌تری از سازند دست یافت. در واقع مدل سه‌بعدی بهترین روش برای ترکیب داده‌های موجود بوده و درک بهتری از پیچیدگی ساختمانی میدان و سایر ویژگی‌های سازند را فراهم می‌آورد (والکارسه و همکاران، ۲۰۰۶). روش‌های زمین‌آمار متداول و مورد استفاده در علوم زمین بر مبنای این فرض استوارند که اغلب متغیرهای زمین-شناسی دارای ساختار هستند و توصیف آن‌ها می-تواند از طریق نتیجه‌ی یک مدل آماری صورت بگیرد (گونکالوز و همکاران، ۲۰۰۴).

از انواع روش‌های تخمین که در این نرم‌افزار گنجانده شده روش Local B-Spline است که در ایجاد مدل ساختاری از آن استفاده شد. Local B-spline تابعی است که فراوانی یک کمیت را در اطراف نقاط با مقادیر معلوم بر اساس توابع

نگاشت افق: اصطلاح نگاشت افق بر یک شبکه دو بعدی از داده‌های تفسیری لرزه‌ای، خطوط تراز و نمودارهای چاه‌پیمایی دلالت می‌کند. در این بخش فقط افق‌های تفسیری قابل نگاشت می‌باشند. همانطور که ذکر شد دو افق آسماری (As) و بخش شش گچساران (Gs6) به عنوان افق‌های تفسیری در نظر گرفته شده‌اند. افق بخش شش گچساران (Gs6) با استفاده از داده‌های عمق ورود چاه‌ها به رأس بخش شش (Well Pick) و خطوط تراز مربوط به این بخش طی فرایند نگاشت قرار گرفت. شایان ذکر است که نگاشت افق تفسیری آسماری (As) توسط اداره زمین‌شناسی شرکت مناطق نفت‌خیز جنوب آماده گردید.

مدل‌سازی چینه‌ای: فرایند مدل‌سازی چینه‌ای این امکان را فراهم می‌سازد که با توجه به افق‌های تفسیری ساخته شده توسط نگاشت افق، بتوان افق‌های محاسبه‌ای تهیه شده در چهارچوب چینه‌شناسی را نیز به صورت سطح عمقی نگاشت کرد (شکل ۳).

از آن، افق پوش‌سنگ و سپس افق‌های چهارالی دو (Gs4-2) سازند گچساران نیز به صورت افق محاسبه‌ای در نظر گرفته شدند. شایان ذکر است که بخش‌های سه و دو سازند گچساران به علت خاصیت خمیری و بهم ریختگی شدید قابل مدل‌سازی نمی‌باشد به همین منظور افق ذکر شده چهار تا دو به عنوان یک افق پیوسته در نظر گرفته شد. افق بخش پنج سازند گچساران (Gs5) نیز به عنوان یک افق محاسبه‌ای در بالای افق چهار تا دو در نظر گرفته شد. سپس افق بخش شش سازند گچساران (Gs6) به عنوان یکی دیگر از افق‌های تفسیری این چهارچوب چینه‌شناسی در بالای افق بخش پنج قرار گرفت. در ادامه آخرین بخش سازند گچساران، افق بخش هفت (Gs7) نیز در نظر گرفته شد. بعد از اتمام بخش‌های سازند گچساران، سازند میشان به عنوان بالاترین افق در این چهارچوب چینه‌شناسی قرار گرفت. بعد از انجام عملیات فوق، چهارچوب چینه‌شناسی مورد نظر برای پیشبرد روند مدل‌سازی لایه‌های بالایی مخزن آسماری میدان اهواز آماده شد.



شکل ۳: کنتورهای ساختاری سازند گچساران و افق‌های بالایی و زیرین آن در میدان اهواز

لایه می‌توان رابطه درونی لایه‌ها را با یکدیگر بررسی کرد. به این صورت که کدام یک از افق با یکدیگر برخورد دارند. با استفاده از اجرا کردن این عملیات بر روی افق، تمامی مناطق با قطع‌شدگی کوتاه می‌شوند یا می‌توان به کلی آن قسمت‌ها را حذف کرد. وضعیت گزارش شده در این بخش برخورد افق‌های بخش هفت (Gs7) و سازند میشان، همچنین بخش چهار تا دو (Gs4-2) با بخش پنج سازند گچساران (Gs5) بود. بعد از انجام فرایند با الگوریتم "Truncate Above" به طور کلی حذف برخوردها و قطع‌شدگی‌ها مشاهده شد.

هموارسازی (Smoothing): بمنظور حذف کردن نوفه‌ها (Noise) و تیزشدگی‌های موجود در افق، انجام می‌شود.

مدل ساختمانی: مرحله مدل سازی ساختمانی شامل دو بخش می‌باشد:

الف) مدل سازی گسلی: در میدان اهواز، داده‌های لرزه‌شناسی دوبعدی در یال شمالی این میدان وجود یک گسل را در لایه‌های گچساران نشان می‌دهد. ولی از آنجا که از محدوده مخزنی خارج می‌باشد، از وارد کردن گسل مزبور در مدل چشم‌پوشی گردید.

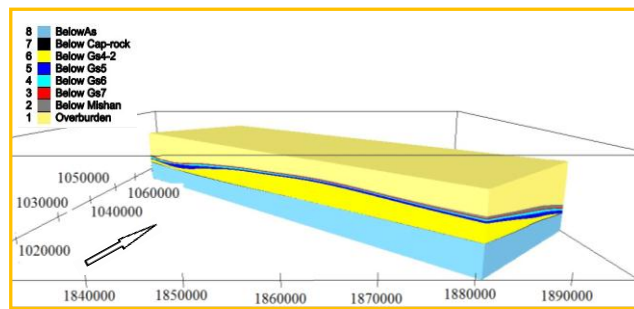
ب) مدل سازی چینه‌ای: مدل چینه‌ای که در این بخش تهیه می‌گردد با مدل سازی چینه‌ای توضیح داده شده در بالا متفاوت می‌باشد. داده‌های مورد استفاده در این مدل سازی استفاده از عمق ورود چاه‌ها به افق‌ها و سطح عمقی بود. با توجه به این که میدان اهواز از پیچیدگی چندان زیادی برخوردار نمی‌باشد مدل چینه‌ای آن شامل ایجاد یک مدل کیک لایه‌ای ساده بود (شکل ۴).

داده‌های مورد نیاز این فرایند نقاط عمق ورود چاه‌ها به افق و مرجع قرار دادن ساختار مورد نظر می‌باشد. بمنظور این کار ابتدا افق پوش سنگ در نظر گرفته شد. با توجه به مقاطع لرزه‌ای بدست آمده از میدان نفتی اهواز مشخص شده است که پوش سنگ از ساختار سازند آسماری پیروی می‌کند. به همین دلیل مرجع ساختاری برای مدل سازی این بخش ساختار زیرین یعنی آسماری در نظر گرفته شد و در نهایت با استفاده از نقاط عمق ورود چاه به افق، سطح عمقی این بخش ساخته شد. سپس افق‌های محاسبه‌ای دیگر نظیر افق‌های چهار الی دو (Gs4-2)، بخش پنج (Gs5)، بخش هفت (Gs7) سازند گچساران و افق سازند میشان با در نظر گرفتن ساختار افق بخش شش سازند گچساران (Gs6) به عنوان مرجع و استفاده از عمق ورود چاه‌ها به افق‌ها به صورت سطح عمقی ساخته شدند.

پس از انجام فرایند مدل سازی تمام افق‌ها، به منظور بررسی و طراحی افق‌ها، در نرم افزار تنظیماتی قابل دسترسی خواهند بود که به موارد استفاده شده اشاره می‌شود:

سازگار کردن افق با چاه (Adjusting to Well): در این بخش تمامی خطوط تراز با عمق ورود چاه‌ها به افق (Well Pick) تطبیق داده می‌شوند. این عملیات در ابتدا برای افق بخش شش سازند گچساران (Gs6) در تمامی نقاط ورود چاه‌ها انجام شد. خروجی این بخش، افق بروزسانی شده بخش شش سازند گچساران (Gs6) بود. این عمل باعث تغییر وضعیت بسیاری از منحنی‌های میزان و نزدیک شدن آنها به واقعیت شد.

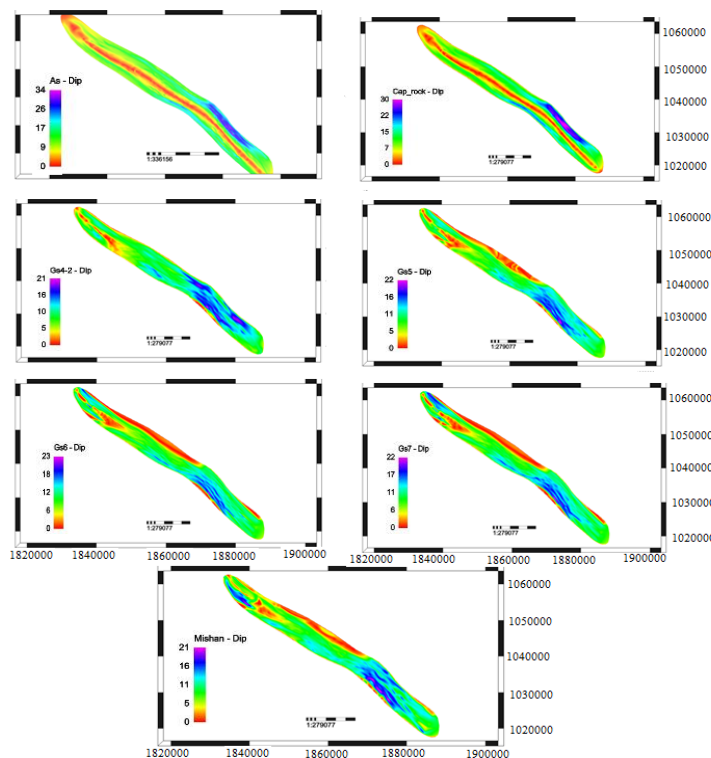
پایدار کردن (Consistency): در این بخش بعد از ساخته شدن تمامی افق‌ها می‌توان رابطه درونی



شکل ۴: مدل ساختمانی سازند گچساران در میدان اهواز

نمود و در صورتی که زون‌های میدان از توزیع شیب یکسانی پیروی کنند می‌توان تنها از یک نقشه‌ی شیب استفاده نمود. در این مطالعه از تمامی نقشه‌های افق‌های بالایی مخزن آسماری، مشتق گرفته شد و نقشه‌های هم شیب آن‌ها تهیه گردید (شکل ۵).

نقشه‌های هم شیب: در صورتی که از نقشه‌ی خطوط تراز ساختمانی زیرزمینی، مشتق گرفته شود یک نقشه‌ی هم شیب حاصل می‌شود که نقاط دارای انحنای یکسان را نشان می‌دهد. در واقع می‌توان جهت دستیابی به توزیع شیب در میدان برای هر افق یک نقشه‌ی هم شیب تهیه



شکل ۵: نقشه هم شیب سازند گچساران و افق‌های بالایی و زیرین آن در میدان اهواز

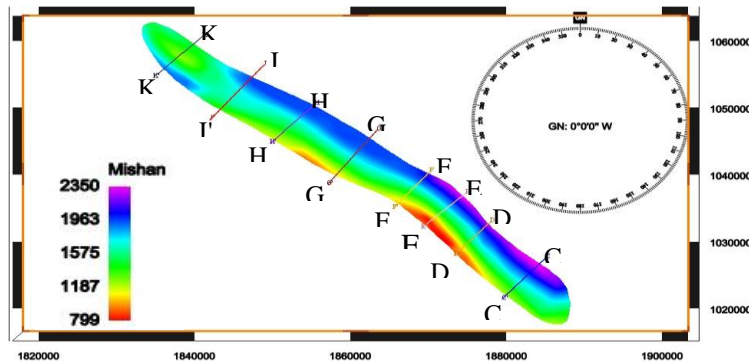
گچساران (Gs) - آسماری (As) مدل گردید و به همین دلیل نقشه هم شیب این افق تا حد زیادی

در این مطالعه افق بخش پوش سنگ با استفاده از مرجع قرار دادن شیب و آزمون مرز سازندهای

پراکندگی شیب در هر افق در نقاط مختلف میدان به برنامه‌نویسی چاه کمک نموده، و می‌توان با استفاده از آن پارامترهای مختلف حفاری نظیر مقدار DLS در هر نقطه را با دید بازتری تعیین کرد.

بررسی تغییرات ضخامت و شیب لایه‌ها: پس از اتمام مدل‌سازی افق‌های بالایی مخزن آسماری میدان اهواز به منظور بررسی ضخامت افق‌ها در نقاط مختلف میدان هشت مقطع عرضی در سراسر میدان تهیه شد (شکل ۶).

شبه نقشه هم شیب سازند آسماری می‌باشد (شکل ۵). افق‌های چهار تا دو (Gs4-2)، پنج (Gs5)، هفت (Gs7) و سازند میشان با استفاده از مرجع قرار دادن شیب و آزمون مرز بخشهای هفت-شش سازند گچساران (Gs6) مدل گردید و به همین دلیل نقشه هم شیب این افق‌ها تا حد زیادی شبه نقشه هم شیب بخش شش سازند گچساران (Gs6) می‌باشد. استفاده از نقشه‌های هم شیب دید وسیعی را به مهندسين حفاری و طراحان چاه می‌دهد. بدین منظور که معین شدن



شکل ۶: مقاطع عرضی نسبت به سرسازند میشان

افزایش شیب در یال‌های شمالی و جنوبی در مقطع DD' نسبت به CC' باعث افزایش ضخامت شدید بخش Gs4-2 در روی یال‌ها شده است. کاهش شیب بخش پوش سنگ در یال شمالی و جنوبی در مقطع FF' و افزایش شیب بخش Gs4-2 در روی یال شمالی سبب کاهش ضخامت آن نسبت به مقاطع قبلی شده است. کاهش روند شیب در یال‌های بخش پوش سنگ و همچنین کاهش شیب بخش Gs4-2 کاهش ضخامت این بخش را در مقطع GG' دربرداشت. افزایش ضخامت بخش Gs4-2 در مقطع HH' در روی یال شمالی و قله مشاهده شد. کاهش شیب یال‌های شمالی و جنوبی بخش پوش سنگ و پیروی بخش Gs4-2 از هندسه پوش سنگ در مقاطع JJ' و

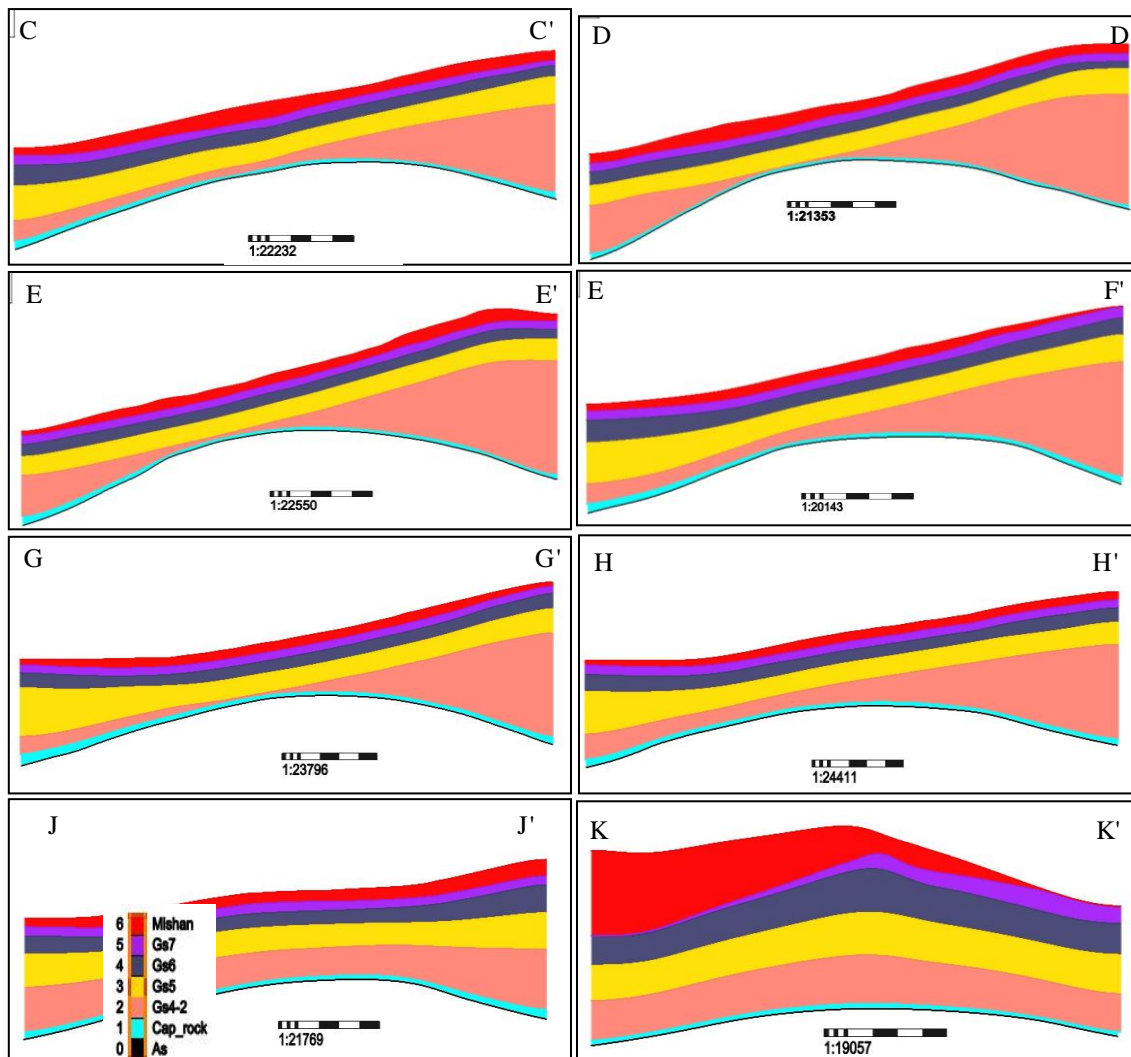
از بررسی مقاطع عرضی نتایج زیر حاصل شد: بخش پوش سنگ: این بخش از هندسه سرسازند آسماری پیروی می‌کند و ضخامت آن در سرتاسر میدان تقریباً یکسان می‌باشد. کاهش شیب کلی در یال‌های بخش پوش سنگ از قسمت خاوری میدان به سمت باختری مشاهده می‌شود (شکل ۷).

بخش چهار تا دو سازند گچساران (Gs4-2): بخش چهار تا دو از هندسه بخش شش پیروی می‌کند و تغییرات ضخامت و شیب زیادی را در سرتاسر میدان نشان می‌دهد. در مقطع CC' شکل ۶ شیب این بخش در روی یال شمالی یکسان با شیب بخش پوش سنگ و ضخامت آن از یال شمالی تا قله ثابت و به سمت یال جنوبی افزایش می‌یابد.

بخش نشان‌دهنده ثابت بودن تقریبی ضخامت آن در میدان بود. شیب این بخش از قسمت خاوری میدان (مقطع CC') به سمت باختری (مقطع KK') به ملایمت در حال کاهش می‌باشد. تاقدیسی شدن این بخش در قسمت باختری میدان (مقطع KK') مشاهده می‌شود (شکل ۷).

در این قسمت از میدان مشاهده شد که سبب ثابت بودن ضخامت بخش Gs4-2 در این مقاطع بود (شکل ۷).

بخش پنج سازند گچساران (Gs5): به جز افزایش ضخامت ناچیز در مقاطع FF', GG' و HH' در روی یال شمالی، بررسی مقاطع در مورد این



شکل ۷: مقاطع عرضی در راستاهای متفاوت از بخشهای مورد مطالعه

قسمت باختری (مقطع KK') این بخش مشاهده می‌شود که شیب یال‌های آن از افق‌های زیرین بیشتر می‌باشد (شکل ۷).

بخش شش سازند گچساران (Gs6): ضخامت این بخش در سرتاسر میدان تقریباً ثابت می‌باشد. شیب در این بخش از قسمت خاوری میدان به سمت باختری کاهش می‌یابد. حالت تاقدیسی در

کنترل کیفیت مدل سه بعدی (QC)

به منظور بررسی مدل ساخته شده از لحاظ نزدیک بودن به واقعیت چاه‌های شماره ۴۴۱، ۴۴۶، ۴۴۷ و ۴۵۳ میدان اهواز که اطلاعات آن به مدل وارد نشده بود در نظر گرفته شد. بدین منظور ابتدا نقاط حفاری آن مشخص و به صورت چاه جدید وارد مدل گردید. سپس اطلاعات انحراف چاه (CDR log) وارد گردید و چاه‌های جدید در مدل ساخته شد. پس از ساخته شدن چاه‌های جدید، موقعیت و عمق برخورد آن‌ها با افق‌های مدل شده بررسی شد. سپس عمق حفاری شده هر افق که در واقعیت رخ داده است از Graphic Well Log هر چاه استخراج شد. در نهایت اعماق افق‌های مختلف که مدل پیش‌بینی کرده است با اعماق واقعی افق‌ها (TVD) مقایسه گردید و میزان اختلاف آن‌ها، میزان نزدیک بودن مدل به واقعیت می‌باشد که شرح آن به صورت زیر است (جدول ۱):

بخش هفت سازند گچساران (Gs7): ضخامت این بخش در روی یال شمالی مشاهده می‌شود. شیب این بخش مانند بخش زیرین از قسمت خاوری به سمت باختری کاهش می‌یابد و در مقطع 'KK حالت تاقدیسی نیز در این بخش مشاهده می‌شود (شکل ۷).

سازند میشان (Mish): ضخامت این سازند در مقاطع 'CC'، 'DD' و 'EE' تقریباً یکسان می‌باشد. در مقاطع 'FF'، 'GG' و 'HH' کاهش ضخامت مشاهده می‌شود. این بخش در مقطع 'KK دارای افزایش ضخامت در روی یال شمالی و کاهش ضخامت در روی یال جنوبی می‌باشد. شیب این بخش از قسمت خاوری به سمت باختری کاهش می‌یابد و در مقطع 'KK حالت تاقدیسی نیز در این بخش مشاهده می‌شود (شکل ۷).

جدول ۱: میزان اختلاف عمق واقعی (TVD) بین افق‌های مدل‌سازی و حفاری شده بر حسب متر

چاه \ افق		Az-441	Az-446	Az-447	Az-447
سازند میشان (Mish)		2.22	0.06	16.24	0.45
سازند گچساران	بخش هفت	13.92	7.55	0.12	1.65
	بخش شش	12.27	8.91	0.15	1.62
	بخش پنج	5.58	7.08	21.15	5.63
	بخش چهار الی دو	4.76	5.38	9.74	1.37
	بخش یک	0.91	5.24	6.29	4.57
سازند آسماری (As)		1.67	0.88	5.57	4.71

شناسی میدان (نفتی یا گازی) صورت می‌پذیرد. معمولاً نتیجه کار همراه با خطا می‌باشد. استفاده از این روشها برای بهینه سازی مکان

طراحی چاه

طراحی چاه به روش سنتی و معمول توسط زمین شناسی و بر اساس اطلاعات ژئوفیزیکی و زمین

پس از طراحی چاه E027N و بدست آمدن عمق ورود به هر افق به مقایسه نتایج آن با برنامه پیش‌بینی تهیه شده توسط اداره عملیات زمین شناسی شرکت مناطق نفت‌خیز با استفاده از روش سنتی و اطلاعات واقعی بدست آمده از حفاری چاه شماره ۴۳۱ اهواز، پرداخته می‌شود. از مقایسه اعماق پیش‌بینی شده توسط RMS و روش سنتی، نتایج به صورت جدول ۲ آماده شد. این جدول نشان‌دهنده دقت RMS در مقابل روش سنتی می‌باشد.

چاه به علت پیچیدگی‌های معادلات حاکم بر مخزن، دشوار و در مواردی غیر ممکن است (علی پناه و همکاران، ۱۳۹۰). ولی استفاده از نرم افزار مدل‌ساز به دلیل استفاده از اطلاعات گسترده، از دقت و سرعت بیشتری برخوردار است. برنامه طراحی چاه از نرم افزار RMS امکان طراحی مسیر چاه‌های عمودی، انحرافی و افقی را می‌دهد به طوری که می‌توان در مدت زمان کمتری موقعیت چاه‌های جدید را با دقت بالاتری نسبت روش سنتی مشخص نمود و اطلاعات انحراف چاه و عمق ورود به هر بخش یا زون را پیش‌بینی کرد.

جدول ۲: مقایسه چاه طراحی شده توسط RMS و برنامه پیش‌بینی به روش سنتی با چاه حفاری شده

افق‌ها	اختلاف عمق حفاری (MD) بر حسب متر در چاه طراحی شده توسط RMS با چاه حفاری شده ۴۳۱	اختلاف عمق حفاری (MD) بر حسب متر در چاه طراحی شده توسط روش سنتی با چاه حفاری شده ۴۳۱
میشان	1.72	19
گچساران ۷	0.03	8
گچساران ۶	2.87	3.86
گچساران ۵	6.25	9.22
گچساران ۴-۲	10.39	23.97
پوش سنگ	6.25	1.86
آسماری	6.71	25.58

نتیجه‌گیری

بر اساس مطالعات انجام شده بخش یک سازند گچساران (Cap Rock) بطور کامل در سرتاسر میدان از هندسه سر سازند آسماری و بخش‌های چهار، پنج، هفت و سازند میشان از هندسه بخش شش پیروی می‌کنند. بخش یک دارای ضخامت تقریباً یکسان در سرتاسر میدان می‌باشد و کاهش شیب در یال‌های این بخش از سمت خاور به باختر به وضوح مشخص است. تغییرات ضخامت

بخش چهار تا دو (4-2 Gs) در طول میدان بسیار متفاوت است که کمترین ضخامت در این بخش مربوط به قسمت خاوری و روی قله (crest) می‌باشد. بررسی مقاطع عرضی نشانگر کاهش شیب کلی در بخش‌های چهار، پنج، شش، هفت سازند گچساران و همچنین سازند میشان از سمت خاور به باختر میدان می‌باشد. با استفاده از برنامه طراحی چاه در نرم افزار RMS، امکان طراحی مسیر چاه در مدت زمان کمتر و با دقت بالاتر،

دانشگاه شهید چمران اهواز کمال تشکر و قدردانی را داریم.

- علی پناه، م.، محبی، ع. و صفدریان، م.، ۱۳۹۰. افزایش ضریب بازیافت نفت توسط بهینه سازی مکان چاه، مجله اکتشاف و تولید، شماره ۸۰، ص ۶۱-۶۵.
- نظری وانانی، ک.، ۱۳۸۷. مدل سازی مخزن آسماری میدان نفتی رامین با استفاده از نرم افزار RMS، پایان نامه ی کارشناسی ارشد زمین شناسی نفت، دانشگاه شهید چمران اهواز.

-Bourne, S., Franz, B. and Stephenson, B., 2000. Predictive modeling of naturally fractured reservoirs using geomechanics and flow simulation, 9th Abu Dhabi International Petroleum Exhibition and Conference, 10 p.
-Bushara, M.N. and Tawel, A.E., 2002. Effective Permeability Modeling: Geostatistical Integration of Permeability Indicators, offshore Abu Dhabi", Society of Petroleum Engineers, 78583-MS, Abu Dhabi International Petroleum Exhibition and Conference, 13-16 October, Abu Dhabi.
-Caers, J., 2001. Geostatistical reservoir modeling using statistical pattern recognition, Journal of Petroleum Science and Engineering, v. 29. p. 188-177.
-De Jager, G., Van Doren, J. F. M., Jansen, J. D. and Luthi, S. M., 2008. An evaluation of relevant geological parameters for predicting the flow behavior of channelized reservoirs, Petroleum Geosciences, v. 15(4), p.345-354.
-Ernest, B.Y. and Neil, A. S., 1997. Geostatistics, Wollongong '96, Springer, 366 p.

پیش بینی عمق ورود به هر بخش و میزان انحراف چاه وجود دارد.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از همکاری و حمایت های شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب و مدیریت پژوهشی

منابع

-حسنی پاک، ع. ا.، ۱۳۷۷. زمین آمار (ژئو استاتیستیک)، انتشارات دانشگاه تهران. ۳۱۴ ص.
- شعبانی، ف.، ۱۳۸۷. مدل سازی مخزن آسماری میدان نفتی شادگان با استفاده از نرم افزار RMS، پایان نامه ی کارشناسی ارشد زمین شناسی نفت، دانشگاه شهید چمران اهواز.

-Faulds, J., Moeck, I., Drakos, P. and Zemach, E., 2010. Structural assessment and 3D geological modeling of the BRADY'S geothermal area, Churchill county (Nevada, USA): a preliminary report, Thirty-Fifth workshop on geothermal Reservoir Engineering. Stanford university, Stanford. California, Febraury 1-3.
-Goncalves, J., Violette, S., Robin, C., Bruel, D., Guillocheau, F. and Ledoux, E., 2004. Combining a compaction model with a facies model to reproduce permeability fields at the regional scale, J. Physics and Chemistry of the Earth, v. 29, p. 17-24.
-Hennings, P.H., Olson, J.E. and Thompson, L.B., 2000. Combining Outcrop Data and Three-Dimensional Structural Models to Characterize Fractured Reservoirs: An Example from Wyoming, AAPG Bulletin, v. 84 (6), p. 830-849.
-Jackson, M.D., Yoshida, S., Muggeridge, A.H. and Johnson, H.D., 2005. Three dimensional reservoir characterization and flow simulation of heterolithic tidal sandstones, AAPG Bull, v. 89(4), p. 507-528.

- Jensen, L. J. and Corbett, W. M. P., 2001. Methodology for integrating analog geologic data in 3-D variogram modeling, AAPG Bulletin, v.85(4), p. 749-750.
- Kashib, T. and Srinivasan, S., 2006. A probabilistic approach to integrating dynamic data in reservoir models, Journal of Petroleum Science and engineering, v.50, p. 241-257.
- Kaufmann, O. and Martin, T., 2008. 3D geological modeling from boreholes, cross sections and geological maps, application over former natural gas storages in coal mines, J. Computers & Geosciences, v. 34, p. 278-290.
- Lecourtier, J., 2001. Interactive Drilling for Fast Track Oilfield Development, Technip, p. 15.
- Pranter, J. M., Hirstius, B. C. and Budd, A. D., 2005. Scales of lateral petrophysical heterogeneity in dolomite lithofacies as determined from outcrop analogs: Implications for 3-D reservoir modeling, AAPG Bulletin, v.89(5), p. 645-662.
- Prautzsch, H., Boehm K. and paluszny, M., 2002. Bezier and B-spline Techniques, Springer-verlog New York, 100 p.
- Rabani, A.R. and Bagheri Tirtashi, R., 2010. Hydrocarbon source rock evaluation of the super giant Ahwaz oil field, SW Iran, Aus. J.Basic and Appl, Sci, v.4(5), p.673-686.
- Risch, D.L., Donaldson, B.E. and Taylor, C.K., 1996. Deep-water facies analysis using 3-D seismic sequence stratigraphy and workstation techniques: an example from Plio-Pleistocene strata, Northern Gulf of Mexico, In: Weimer, P. and Davies, T.L. (eds.) Application of 3-D seismic data to Exploration and Production. AAPG Studies in Geology 42 and SEG Geophysical Development Series 5. AAPG/SEG, Tulsa, p. 143 -148.
- Robinson, A., Hegre, J. and Price, S., 2009. The Future of Geological Modeling in Hydrocarbon Development, Geological Society, p. 196.
- Sherkati, S. and Letouzey, J., 2004. Variation of structural style and basin evolution in the central Zagros (Izeh Zone and Dezful Embayment), Iran, Marine and petroleum Geology, v. 21, p. 535-554.
- SPE Formation Evaluation, 1996. An Official Publication of the Society of Petroleum Engineers (12 ed.), Society of Petroleum Engineers. p. 141.
- Valcarce, G.Z., Zapata, T., Ansa, A. and Selva, G., 2006. Three-dimensional structural modeling and its application for development of the El Porto'n field, Argentina, AAPG Bulletin, v. 90(3), p. 307-319.
- Van Doren, J. F. M., De Jager, G., Jansen, J. D., Luthi, S. M. and Douma, S. G., 2007. Sensitivity of Geostatistical Modeling Parameters on Reservoir Flow Behavior, EAGE Conference on Petroleum Geostatistics, 10 September 2007.
- Varnai, P. 1998. Three-Dimensional Seismic Stratigraphic Expression of Pliocene Pleistocene Turbidite Systems, Northern Green Canyon (Offshore Louisiana), Northern Gulf Of Mexico, AAPG Bulletin, v.82(5), p. 986-1012.