

مدل سازی رخساره ای و توزیع خواص پترو فیزیکی با استفاده از روش زمین آماری و چاه نگاری

مهدي بذرگر، دانشجوی کارشناسی ارشد نفت^۱. دکتر بابک امین شهیدی، عضو هیات علمی
دانشگاه تهران^۲. یاسر زارع، کارشناسی ارشد نفت^۳.

چکیده

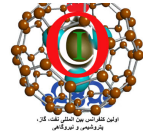
تخلخل یکی از ویژگی های بسیار مهم مخازن نفت است که در کنار پارامترهای دیگری نظیر نفوذپذیری و اشباع آب بیانگر کیفیت سنگ مخزن می باشد. تخلخل عبارت است ازحجمی از سنگ که به وسیله فضای خالی اشغال می شود. تعیین تخلخل در فرآیندهایی چون تخمین ذخیره، تولید و توسعه مخازن نفتی از جایگاه خاصی برخوردار می باشد. در صنعت نفت معمولاً روش استاندارد برای تعیین تخلخل، آنالیز مغزه می باشد. این روش بسیار گران و زمان بر می باشد، از طرفی همه چاههای یک میدان دارای مغزه نمی باشند. در نتیجه روش یا روش هایی که بتواند با استفاده از نگارهای چاه پیمایی خواص پتروفیزیکی مخزن از جمله تخلخل را ارائه دهند، اهمیت زیادی خواهند داشت، چرا که بیشتر چاههای میدان دارای نمودارهای چاه پیمایی می باشند. اما آنچه که بیشتر در خور اهمیت می باشد نحوه ی توزیع تخلخل در کل میدان می باشد، البته با فرض داشتن اندازه تخلخل در چاههای میدان. دانستن چگونگی توزیع تخلخل در ایجاد مدل نهایی مخزن برای مهندسی مخزن دارای اهمیت ویژه ای می باشد. در این مطالعه از دو روش تصادفی (SGS) و (GRFS) جهت مدل سازی تخلخل در یکی از میداین نفتی جنوب غرب ایران، استفاده گردیده است. نتایج حاصل بیانگر این مطلب می باشد که روش GRFS نسبت به روش SGS در مدل سازی تخلخل بهتر عمل می کند.

واژه های کلیدی: تخلخل - آنالیز مغزه - پتروفیزیک - روش تصادفی - SGS - GRFS .

1- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات، گروه مهندسی نفت، تهران، ایران. amb758@gmail.com

2- دانشگاه تهران، گروه مهندسی نفت، تهران، ایران. Amb_758@yahoo.com

3- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات، گروه مهندسی نفت، تهران، ایران. Yaserraficity181@gmail.com



1- مقدمه

همانطور که می‌دانیم منابع نفت و گاز یکی از اصلی‌ترین منابع انرژی در سراسر جهان می‌باشند، و بدون شک کشور ایران یکی از کشورهای مستعد از لحاظ منابع نفت و گاز می‌باشد، در نتیجه توسعه میدان‌های نفتی و گازی از اهمیت بسزایی برخوردار است. در همین راستا، دانستن خواص مخزن و چگونگی توزیع آنها در میدان اهمیت زیادی در صنعت نفت دارد [2].

تخلخل یکی از مهمترین این خواص می‌باشد، که بدست آوردن آن از طریق اندازه‌گیریهای مستقیم آزمایشگاهی بر روی مغزه‌ها کاری دشوار و هزینه‌بر می‌باشد. راه دیگر محاسبه تخلخل استفاده از نمودارهای چاه-پیمایی می‌باشد [4]. هدف از انجام این مطالعه محاسبه تخلخل نبوده و سعی بر آن است که با استفاده از روش‌های تصافی به نحوه‌ی چگونگی توزیع تخلخل و در واقع مدل‌سازی تخلخل پرداخته شود. استفاده از روش‌های زمین‌آماری در این راستا، از سال‌ها پیش مرسوم بوده و امروزه نیز علی‌رغم پیشرفت روش‌های جدید مبتنی بر هوش مصنوعی (نظیر شبکه عصبی و منطق فازی)، همچنان از این روش‌ها استفاده می‌شود [5]، [6]. هر دوی روشهای مورد استفاده در این مطالعه صحیح می‌باشد، اما ما همواره به دنبال روشی دقیق‌تر و سریع‌تر می‌باشیم.

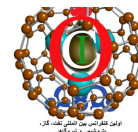
در مطالعات خواص مخزن، ما با متغیرهایی سروکار داریم که به نوعی با چند متغیر دیگر در ارتباط هستند و به علت شرایط پیچیده موجود در اعماق زمین و هتروژن بودن مخازن، استفاده از روش‌های تصادفی زمین‌آماری، کمک شایانی به مهندسين می‌باشد. این روش‌ها در صنعت نفت بصورت عملی و کاربردی مورد استفاده می‌باشند [7].

در این مطالعه مقادیر تخلخل برای چاه‌های شماره 9، 8، 7، 6، 5، 4، 10 در یکی از میدان‌های نفتی جنوب غرب ایران، از طریق پتروفیزیست و به روش‌های متفاوت فراهم گردیده و در اختیار می‌باشد. از داده‌های موجود جهت مدل‌سازی تخلخل در سازند فهلیان که مخزن اصلی میدان در آن قرار دارد، استفاده می‌شود.

2- زمین‌شناسی منطقه

میدان نفتی تحت مطالعه در جنوب غربی ایران و در استان خوزستان قرار دارد (شکل 1). بر اساس اطلاعات زمین‌شناسی و ژئوفیزیکی و اطلاعات چاههای حفاری شده، میدان مورد نظر تاقدیسی متقارن است که بطور متوسط دارای 24 کیلومتر طول و 10 کیلومتر عرض و دارای روند شمالی-جنوبی می‌باشد.

شکل 1- موقعیت جغرافیایی میدان



سازند های موجود در این میدان به ترتیب سن شامل بختیاری، آجاجاری، میشان، گچساران، آسماری، -
چهرم، پابده، گورپی، ایلام، سروک، کزدمی، داریان، گدوان، فهلیان و گرو می باشند. به علت مطالعه بر روی سازند -
فهلیان در این مطالعه، فقط به توضیح زمین شناسی این سازند پرداخته می شود. [3]

سازند فهلیان: سازند فهلیان (نئوکومین) یکی از سنگهای مخزن نفت و گاز در جنوب غرب ایران است. این سازند در بردارنده بیش از 500 متر نهشته های کربناته در میدان نفتی مورد مطالعه است. در این ناحیه سازند فهلیان با مرز تدریجی بر روی سازند گرو و با مرز ناپیوسته در زیر سازند گدوان جای دارد. بررسی لاگ ها، مغزه ها و مقاطع نازک میکروسکوپی تهیه شده از مغزه ها و خرده های حفاری سازند فهلیان در میدان نفتی مورد نظر به شناسایی میکروفاسیس های وابسته به سه کمربند رخساره ای دریای باز، سد و تالاب پشت سد انجامیده است. تغییرات عمودی و جانبی نهشته های سازند فهلیان بیانگر رسوبگذاری این نهشته ها در پلاتفرم کربناته جدا شده است. بررسی رخساره ها و محیط رسوبی نهشته های سازند فهلیان و مقایسه آن با محیطهای رسوبی امروزی نشان می دهد که محیط رسوبگذاری سازند فهلیان با محیط های کربناته امروزی باهاماس و فلوریدا قابل مقایسه است [3]. در این مطالعه لایه سوم سازند فهلیان به چهار بخش یا زیرلایه تحت عنوان 3.1، 3.2، 3.3 و 3.4 تقسیم گردیده است [1].

3 - روش کار:

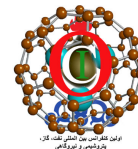
در این مطالعه به منظور ساخت مدل تخلخل از نرم افزار Petrel که توسط شرکت شلمبرژه طراحی گردیده و یکی از نرم افزارهای پر کاربرد در صنعت نفت می باشد، استفاده شده است.
بطور خلاصه روش ساخت یک مدل پتروفیزیکی به قرار زیر است :

الف- قالب بندی و وارد کردن اطلاعات و کنترل کیفی آن

ب- تهیه مدل ساختمانی

پ- ساختن سطوح گذرنده از سر(تاپ) زیرلایه ها با استفاده از داده های لرزه

ت- ساخت شبکه سه بعدی



اولین کنفرانس بین المللی نفت، گاز، پتروشیمی و نیروگاهی

مرکز همایش های بین المللی هتل المپیک تهران

ث- بلوک کردن چاهها و به مقیاس بالا بردن داده ها

ج- تحلیل آماری داده ها

ح- مدل سازی خواص پتروفیزیکی

الف- در ابتدا برای ساختن مدل پتروفیزیکی میدان در نرم افزار Petrel، اطلاعات اولیه شامل داده های عمقی، سر(تاپ) زیر لایه ها، موقعیت و مسیر چاهها و نمودارهای خام و تفسیر شده پتروفیزیکی میدان وارد نرم افزار گردید.

ب- برای تهیه مدل ساختمانی و نقشه های عمقی، محدوده مورد مطالعه توسط یک پلیگون مشخص شد. این پلیگون جهت سهولت در ساختن مدل سلولی و تعریف دقیقتر سلولها ترسیم گردید. از سطوح لرزه ای بعنوان نقشه های عمقی استفاده گردید.

پ- در این مرحله نخست سطوح لرزه ای، که هر کدام از آنها از تاپ زیر لایه ی های مورد نظر عبور می کنند، را وارد نرم افزار نموده سپس آنها را Smooth می نماییم. سپس سطوح اصلی جهت ورود به مدل سه بعدی ایجاد می شوند.

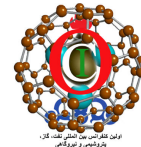
ت- برای تخمین خصوصیات مخزنی در تمام نقاط مخزن یک شبکه سه بعدی از مخزن مورد مطالعه با ابعاد مناسب ایجاد گردید. کل میدان به شبکه های سلولی سه بعدی تقسیم بندی شد. در این شبکه، تعداد 82 سلول در جهت X (غرب به شرق)، 196 سلول در جهت Y (جنوب به شمال) و 86 لایه در جهت K (قائم) قرار داده شد، که در مجموع دارای 1382192 سلول می باشد.

ث- باتوجه به اینکه نمودارگیری و تفسیر پتروفیزیکی با فواصل استاندارد 0/1524 متری انجام می شود و ضخامت هر سلول در شبکه سه بعدی دو تا سه متر در نظر گرفته شده است، با روش های متوسط گیری ریاضی، مقدار میانگین داده های موجود در هر سلول، در محل 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 چاه ها در مقیاس مدل زمین شناسی یا تهیه Blocked Wells گویند. از Blocked Well های تهیه شده، برای توزیع مقادیرشان در تمام میدان، استفاده شد. این عمل برای پارامتر تخلخل (PHIE)، انجام گردید. داده های تخلخل به عنوان متغیر پیوسته به نرم افزار معرفی شدند. برای این متغیر از روش میانگین گیری حسابی استفاده شد.

ج- تحلیل آماری داده ها ابزاری است که از نظر آماری ارتباط فضایی بین هر کمیت در نقاط مختلف یک مخزن را بررسی می کند. یعنی نشان می دهد داده ها از لحاظ کمی چقدر به هم نزدیک یا دورند. کمیتها را می توان به کمک تجزیه و تحلیل شباهتها 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) تابعی تصادفی است که این تابع دارای ضابطه ای مستقل از مکان بوده، اما موقعیت مکانی داده ها نسبت به هم را در نظر می گیریم. به این ترتیب شباهت 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.

بعد از انجام مراحل فوق برای همه ی چاهها و کنترل کمی و کیفی نتایج نوبت به مرحله آخر یعنی توزیع تخلخل در سرتاسر میدان می رسد.

4- مدل سازی تخلخل



اولین کنفرانس بین المللی نفت، گاز، پتروشیمی و نیروگاهی

مرکز همایش های بین المللی هتل المپیک تهران

در این مرحله از ساختن مدل، پارامترهای مخزنی نظیر تخلخل در مدل شبکه به روش های آماری توزیع می گردند. بطوریکه هر سلول مقادیر مختلف را به خود اختصاص می دهد. از ویژگی های روش تصادفی این است که مدل واقعی تر از ناهمگونی مخزن ایجاد می کند [7].

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 در آورده شدند و در کل میدان انتشار یافتند. پس از انتشار داده ها در کل میدان، مدل نهایی تخلخل در کل میدان با روش های (SGS) و (GRFS) تعمیم داده شد.

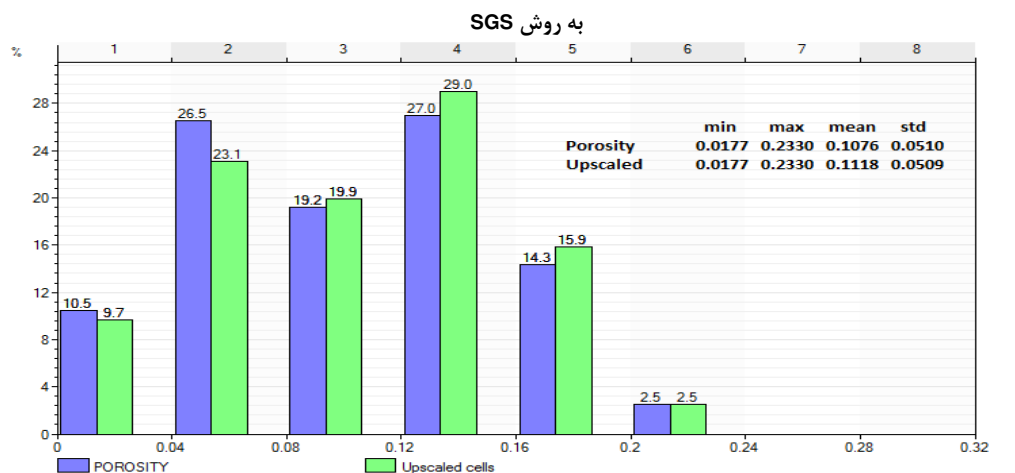
1-4- روش شبیه سازی گوسی پی در پی SGS

این روش یک روش تصافی درون یابی بر اساس کریجینگ می باشد [8]. در اینجا بدون اشاره به الگوریتم این روش ها به نتایج حاصل از آنها پرداخته می شود. برای اطمینان از درستی مدل ساخته شده هیستوگرام داده های Blocked شده و مدل تخلخل با هم مقایسه شدند که از یک روند مشابهی پیروی می نماید (شکل 2). چنانکه ملاحظه می گردد مقدار متوسط PHIE-Blocked برابر با 0/1118 بوده و مقدار متوسط تخلخل مدل 0/1076 می باشد. همچنین در جدول (1) مقادیر متوسط تخلخل خام نمودارها، تخلخل مقیاس گردانی شده (Blocked) و مدل شده باهم مقایسه شده اند. شکل (4) نمائی از مدل تخلخل ایجاد شده به روش تصادفی (SGS) را نمایش می دهد.

2-4- روش شبیه سازی تابع تصادفی گوسی GRFS

این روش یک الگوریتم شبیه سازی گوسی جدید می باشد که اساسا با روش SGS متفاوت می باشد. این روش سریعتر از روش SGS بوده و دارای الگوریتم تکرار پی در پی نمی باشد [8]. برای اطمینان از درستی این مدل ساخته شده نیز هیستوگرام داده های Blocked شده و مدل تخلخل با هم مقایسه شدند که از یک روند مشابهی پیروی می نماید (شکل 3). چنانکه ملاحظه می گردد مقدار متوسط PHIE-Blocked برابر با 0/1147 بوده و مقدار متوسط تخلخل مدل 0/1078 می باشد. همچنین در جدول (2) مقادیر متوسط تخلخل خام نمودارها، تخلخل مقیاس گردانی شده (Blocked) و مدل شده باهم مقایسه شده اند. شکل (4) نمائی از مدل تخلخل ایجاد شده به روش تصادفی (GRFS) را نمایش می دهد.

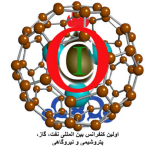
شکل 2- مقایسه هیستوگرام PHIE-Blocked (سبز) در چاه های میدان با هیستوگرام مقادیر PHIE مدل شده (آبی)



اولین کنفرانس بین المللی نفت، گاز، پتروشیمی و نیروگاهی

مرکز همایش های بین المللی هتل المپیک تهران

جدول 1- مقایسه مقادیر متوسط تخلخل در نمودارهای خام، مقیاس گردانی شده و مدل شده به روش

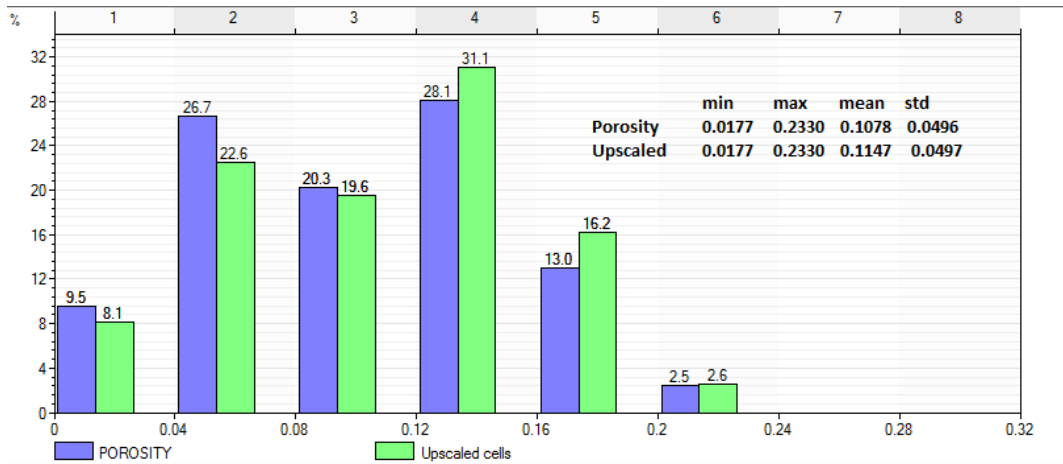


Sequential Gaussian Simulation (SGS) (stochastic)

تخلخل (%)			بخش
مدل نهایی	مقیاس گردان شده	لاگ خام	
0/1517	0/1496	0/1494	3.1
0/1394	0/1439	0/1441	3.2
0/1183	0/1150	0/1146	3.3
0/0592	0/0601	0/0563	3.4
0/1076	0/1118	0/1126	کل

شکل 3- مقایسه هیستوگرام PHIE-Blocked (سبز) در چاه های میدان با هیستوگرام مقادیر PHIE مدل شده (آبی) به

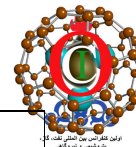
روش GRFS



جدول 2- مقایسه مقادیر متوسط تخلخل در نمودارهای خام، مقیاس گردانی شده و مدل شده به روش

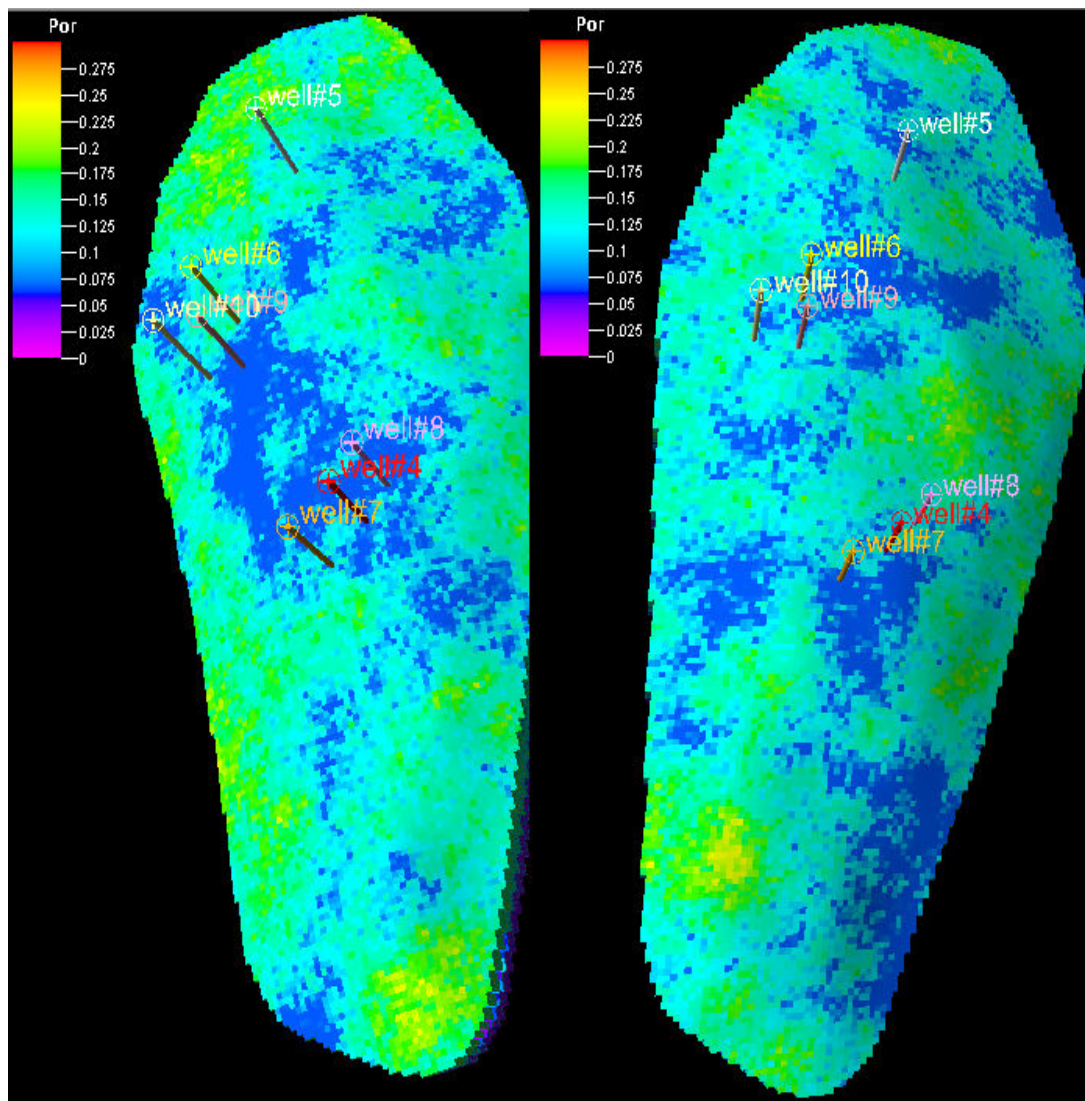
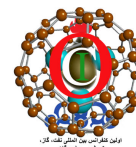
Gaussian Random Function Simulation (GRFS) (stochastic)

اولین کنفرانس بین المللی نفت، گاز، پتروشیمی و نیروگاهی
مرکز همایش های بین المللی هتل المپیک تهران



تخلخل (%)			بخش
مدل نهایی	مقیاس گردان شده	لاگ خام	
0/1460	0/1509	0/1506	3.1
0/1413	0/1442	0/1445	3.2
0/1149	0/1157	0/1151	3.3
0/0623	0/0635	0/0575	3.4
0/1078	0/1147	0/1119	کل

شکل 4- نمائی از مدل تخلخل ایجاد شده به روش (SGS) سمت چپ و روش (GRFS) سمت راست

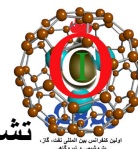


5 - نتیجه گیری

با توجه به نتایج بدست آمده، هر دو روش شبیه سازی گوسی پی در پی و روش شبیه سازی تابع تصادفی گوسی، از قابلیت خوبی جهت مدل سازی تخلخل برخوردار می باشند. نتایج به دست آمده از مطالعه حاضر بیانگر این مطلب می باشد که روش GRFS نسبت به روش SGS، با توجه به مقادیر انحراف معیار و هیستوگرام، برای مدل سازی تخلخل بهتر عمل نموده است. با مقایسه نقشه ی شبه تخلخل مشخص شد که از لحاظ کیفی نیز نحوه ی توزیع تخلخل به روش GRFS مناسب تر می باشد. بنابراین علی رغم نزدیکی نتایج حاصل از دو روش، روش GRFS جهت مدل سازی لایه ی مخزنی سازند فلهلیان بکار رفته است. البته تفاوت اصلی مدل سازی به روش های زمین آماری مربوط به روش های تصادفی و قطعی می باشد که در مقالات و مطالعات دیگر به این موضوع پرداخته شده است.

اولین کنفرانس بین المللی نفت، گاز، پتروشیمی و نیروگاهی

مرکز همایش های بین المللی هتل المپیک تهران



تشکر و قدردانی

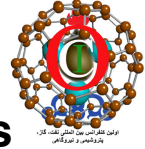
نویسندگان این مقاله از همفکری تمام اعضای کمیته اجرایی و علمی اولین کنفرانس بین المللی نفت، گاز، پتروشیمی و نیروگاهی کمال سپاسگزاری را دارند.

مراجع

- [1] شرکت مهندسی و توسعه نفت، گزارشات زمین شناسی و سرچاهی.
- [2] رضایی، محمدرضا، 1388، زمین شناسی نفت، انتشارات علوی.
- [3] سایت سازمان زمین شناسی ngdir.ir
- [4] Lucia, F. Jerry, 2007, " Carbonate Reservoir Characterization ", Second Edition Springer Berlin Heidelberg New York.
- [5] Clayton, V. Deutsch, 2002, "Geostatistical Reservoir Modeling", Oxford University Press.
- [6] Jeffrey M. Yarus and Richard L. Chambers, 1994, "Stochastic Modeling - and Geostatistics Principles, Methods, and Case Studies", AAPG Computer Applications in Geology, No. 3, The American Association of Petroleum Geologists Tulsa, Oklahoma, U.S.A.
- [7] Iske, A. and Randen, T., 2005, " Mathematical Methods and Modelling in Hydrocarbon Exploration and Production", Springer Berlin Heidelberg New York.
- [8] Petrel's help.

اولین کنفرانس بین المللی نفت، گاز، پتروشیمی و نیروگاهی

مرکز همایش های بین المللی هتل المپیک تهران



Facies Modeling and Petrophysical Properties Distribution by Using Geological Methods and Petrophysical and Well Logging Data

Abstract

The porosity is a main property of oil reservoirs that beside another parameters such as permeability and water saturation describes quality of reservoir rock. Porosity is the fraction of a rock that is occupied by voids (pores). The determination of the porosity is a crucial task in reserve estimation, production and development of oil reservoirs. The conventional method for porosity determination is core analysis. This method is very expensive and takes time, Furthermore, most of wells have no core samples. So, there is a need to use a method could appropriately measure the petrophysical properties of reservoir using available well logs. But distribution of porosity in whole of oil field is most important than determination of the porosity. Knowledge about distribution of porosity for final reservoir modeling is crucial for reservoir engineers. This study attempts to use two stochastic methods (SGS and GRFS) for porosity modeling in one of the oil fields in southwestern of IRAN. The results obtained from this investigation showed that the GRFS method is superior to SGS method to predict reservoir porosity.

Keywords: porosity, core analysis, petrophysics, stochastic method, Sequential Gaussian Simulation, Gaussian Random Function Simulation.