

منطقه‌بندی دو مخزن نفتی ایران براساس داده‌های چاه‌نگاری و استفاده از روش آماری

علی سیمی^۱، محمد حمیلی‌نژاد^۲، مصطفی رضائی^۳ و غلامحسین نوروزی^{۴*}

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی اکتشاف، دانشکده مهندسی معدن، پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران، ایران

^۲ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی اکتشاف، دانشکده مهندسی معدن، پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران، ایران

^۳ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی اکتشاف، دانشکده مهندسی معدن، پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران، ایران

^۴ دانشیار دانشکده مهندسی معدن، پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران، ایران

(دریافت: ۸۶،۴،۱۳، پذیرش نهایی: ۸۷،۴،۳)

چکیده

داده‌های اندازه‌گیری و ثبت شده در چاه‌نگاری به اندازه‌ای گسترده و وسیع‌اند که دسته‌بندی و مقایسه آنها پیش از تجزیه و تحلیل و تفسیر آنها ضروری است. دسته‌بندی داده‌ها، کیفیت و بازده نتایج حاصل را افزایش می‌دهد.

منظور از منطقه‌بندی مخزن تقسیم لایه‌های مخزن براساس پارامترهای متفاوتی همچون سنگ‌شناسی، تخلخل، تراوایی، اشباع آب و غیره است. به‌طور کلی منطقه‌بندی مخزن را یا گروه زمین‌شناسی براساس خصوصیات چینه‌ای به انجام می‌رساند و یا با نرم‌افزارهای شبیه‌ساز از قبیل پترل و آر-ام-اس صورت می‌گیرد، لیکن در اینجا به معرفی روشی متمایز می‌پردازیم. به کارگیری روش‌های آماری راه‌حل‌های توانمندی را برای منطقه‌بندی داده‌ها در اختیار قرار می‌دهد. روش‌های متعددی برای منطقه‌بندی با داده‌های چاه‌نگاری ارائه شده است، که در آنها میانگین داده‌ها درحکم عدد نماینده (نماینده منطقه) انتخاب می‌شود. از جمله این روش‌ها می‌توان به مواردی همچون کراس-پلات تخلخل و تراوایی، شاخص‌های (آر-کیو-آی) و (اف-زد-آی)، روش پیکت و سودر و روش گیل اشاره کرد. روش منطقه‌بندی که در این بررسی از آن استفاده شده، روش تسترمن است که بر مبنای یک بررسی آماری بنا شده است. در این روش از پارامتر واریانس برای منطقه‌بندی استفاده می‌شود. از جمله مزایای این روش نسبت به روش‌های قبل این است که از ابتدا هیچ‌گونه پیش‌داوری نسبت به تعداد منطقه‌ها نیست و مرز بین منطقه‌ها به‌صورت خودکار تعیین می‌شود و این منطقه‌بندی با یک شرط خاتمه دهنده از پیش تعریف شده، کنترل می‌شود. در این بررسی پس از کدنویسی برنامه محاسباتی، داده‌های دو مخزن نفتی ایران مورد بررسی قرار گرفته است.

واژه‌های کلیدی: منطقه‌بندی مخزن، تسترمن، واریانس، پازنان، مارون، تخلخل مؤثر

Zonation of two oil reservoirs in Iran with a statistical method based on well log data

Simi, A¹., Hamilinejad, M²., Rezaei, M³. and Norouzi, Gh⁴.

¹M.Sc. student of School of Mining Engineering, Faculty of Engineering, University of Tehran, Iran

²M.Sc. student of School of Mining Engineering, Faculty of Engineering, University of Tehran, Iran

³M.Sc. student of School of Mining Engineering, Faculty of Engineering, University of Tehran, Iran

⁴Associate Professor, School of Mining Engineering, Faculty of Engineering, University of Tehran, Iran

(Received: 4 Jul 2007, Accepted: 23 Jun 2008)

Abstract

Different methods exist for the zonation of oil reservoirs based on petrophysical data and

well logs. Among them are:

Permeability-Porosity cross plot, Pickett and Soder and Gill methods. In this study a statistical zonation technique has been used for the Marun and Pazanan oil reservoirs in Iran based on effective porosity, density, sonic, neutron and resistivity data.

Petrophysical interpretation of results can reveal the zones of high porosity, permeability and behavior of productive zones along the reservoirs. The present study used well log data (resistivity, neutron, density, sonic and radioactive logs) and Geolog software to obtain reservoir parameters such as porosity, water saturation, hydrocarbonic zones, lithology and cut offs for the Marun and Pazanan oil fields.

Based on a variance analysis method, proposed by Testerman in 1962, a statistical zonation was programmed and applied to the reservoirs parameters to obtain the best zones boundaries. The main advantage of this method is that the limits (or boundaries) of the different zones are determined automatically according to a condition which has been previously defined.

Key words: Reservoir zonation, Testerman, Variance, Pazanan, Marun, Effective porosity

۱ مقدمه

روش‌ها و فرمول‌های ارائه شده از طرف دانشمندان و کارشناسان صورت می‌پذیرد. این روش در ترمینستیک (deterministic) نام دارد. روش دوم مبتنی بر روش‌های آماری است و راه نوینی برای رسیدن به پاسخ‌های پتروفیزیکی است و روش مولتی‌مین (multimin) نام دارد. در اینجا منطقه‌بندی با این روش در ژئولاگ صورت پذیرفته و سپس منطقه‌بندی با روش آماری آنالیز واریانس که آن را نخستین بار تسترمن ارائه کرده (تسترمن، ۱۹۶۲) تکرار شده است. این روش را گودوین در ۲۰۰۴ برای منطقه‌بندی مخزن بر مبنای پارامتر تراوایی مورد استفاده قرار داده است (گودوین و همکاران، ۲۰۰۴). علاوه بر آن تانگ در ۲۰۰۵ از این روش برای شبیه‌سازی مدل جریان سیالات یک مخزن دلتایی استفاده کرده است (تانگ، ۲۰۰۵).

در این بررسی ابتدا برنامه محاسباتی به زبان ویژوال بیسیک تهیه شده و سپس روی نگارهای چهار چاه اکتشافی دو میدان نفتی ایران به اجرا درآمده است. این بررسی که نخستین بار در این میدان‌ها صورت گرفته است با نتایج منطقه‌بندی حاصل از نرم‌افزار ژئولاگ در این میدان‌ها مقایسه شده و نتایج حاصل از دقت

داده‌های چاه‌نگاری رقمی به نوعی نشان‌دهنده خصوصیات مربوط به یک عمق خاص‌اند. سرعت نمونه‌برداری غالباً بین ۹ تا ۳۶ متر بر دقیقه است و با توجه به اینکه در یک چاه، بازه چاه‌نگاری به چند هزار فوت (بیش از ۵۰۰ متر) نیز می‌رسد، بدین ترتیب داده‌های بسیار زیادی در یک چاه ثبت می‌شود. ساختارهای زیرسطحی ترکیبی پیچیده از پارامترهای گوناگون است، بنابراین هنگام تفسیر، تحلیل این حجم زیاد از داده‌ها مشکلات زیادی را پدید می‌آورد.

منظور از منطقه‌بندی مخزن، تقسیم آن به لایه‌هایی براساس پارامترهای متفاوتی همچون سنگ‌شناسی، تخلخل، تراوایی، اشباع آب، خصوصیات اکوستیک و مانند آن است. به‌طور کلی در ایران منطقه‌بندی مخزن را گروه زمین‌شناسی و براساس خصوصیات چینه‌ای به انجام می‌رساند، که بیشتر کاری تجربی است و نیاز به ابزار خاصی برای منطقه‌بندی نیست. در این بررسی، در ابتدا منطقه‌بندی با نرم‌افزار ژئولاگ صورت گرفته است. نرم‌افزار ژئولاگ از دو روش عمده در ارزیابی و منطقه‌بندی سازند استفاده می‌کند. نخست روش قدم به قدم محاسبه پارامترهای پتروفیزیکی است که با استفاده از

این مدل با فرمول زیر نشان داده شده است (دارماواردهانا و کلر، ۱۹۸۵):

$$X_{ij} = \bar{X}_{..} + a_i + e_{ij} \quad (1)$$

در این فرمول

X_{ij} : j-امین مشاهده در i-امین منطقه.

$\bar{X}_{..}$: میانگین داده‌های چاه‌نگاری یا پتروفیزیکی.

a_i : تأثیر i-امین منطقه که برای هر منطقه ثابت است.

e_{ij} : خطای تصادفی مربوط به هر مشاهده و مستقل است.

مدل آنالیز واریانس همه متغیرهای X را به دو دسته

زیر تقسیم می‌کند:

۱. تصحیح میانگین مربعات (MSTR): بین منطقه‌های متفاوت تعریف می‌شود و برابر با واریانس بین منطقه‌ها است.

۲. مربعات میانگین خطا (MSE): در حکم واریانس درون یک منطقه تعریف می‌شود.

متغیر MSTR با تفاوت بین میانگین منطقه‌ها نسبت به میانگین کلی داده‌ها و MSE با پراکندگی داده‌های یک منطقه نسبت به میانگین همان منطقه ارتباط دارد. هرچه پراکندگی درون یک منطقه کمتر باشد مقدار MSE کوچک‌تر است و برعکس.

رابطه‌های محاسبه این مقادیر به صورت زیر است (دارماواردهانا و کلر، ۱۹۸۵):

$$MSTR = \frac{1}{(r-1)} \left[\sum_{i=1}^{i=r} n_i (\bar{X}_{i.} - \bar{X}_{..})^2 \right] \quad (2)$$

$$MSE = \frac{1}{(N-r)} \sum_{i=1}^{i=r} \sum_{j=1}^{n_i} (X_{ij} - \bar{X}_{i.})^2 \quad (3)$$

که در آن:

r: تعداد مشاهدات (داده‌ها)

n_i : تعداد پارامترها در منطقه i-ام

$\bar{X}_{i.}$: میانگین پارامتر در منطقه i-ام

بالایی برخوردار است. مزیت عمده این روش، قابلیت استفاده آن در منطقه‌بندی مخزن قبل و بعد از تفسیر است. بدین ترتیب در زمان منطقه‌بندی آماری و قبل از تفسیر با لاگ‌های خام، مفسر دیدگاهی روشن‌تر برای انتخاب و نحوه منطقه‌بندی با نرم‌افزارهای تخصصی (در اینجا نرم‌افزار ژئولاگ) پیش رو خواهد داشت و با عملی ساختن منطقه‌بندی مجدد، پس از تفسیر می‌توان نتایج حاصل را با نتایج به دست آمده از تفسیر مقایسه کرد و نتایج را در کل میدان گسترش داد. پس از منطقه‌بندی از نتایج حاصل برای محاسبه دقیق تعیین منطقه‌های بهره‌ده و منطقه‌هایی با تخلخل و آب اشباع شدگی متفاوت و همچنین سنگ‌شناسی مخزن استفاده کرد.

۲ توصیف مدل آنالیز واریانس

مدل‌های آنالیز واریانس نمونه‌هایی از مدل‌های آماری‌اند که با ارتباط بین یک یا چند متغیر مستقل و یک متغیر وابسته سروکار دارند. متغیر وابسته کمی است و متغیرهای مستقل ممکن است کمی و یا کیفی باشند. اگر متغیرهای مستقل کمی باشند، مدل آنالیز واریانس نیازی به تعیین رابطه بین متغیرها ندارد. بررسی‌ها در یک مدل آنالیز واریانس بسته به تعداد فاکتورهای مورد تحقیق تغییر می‌کند. در یک بررسی تک‌فاکتوری فقط یک فاکتور مورد توجه است، در حالی که در بررسی چندفاکتوری، دو یا تعداد بیشتری فاکتور به طور همزمان مورد بررسی قرار می‌گیرند. در این تحقیق تفاوت بین دو یا چند جمعیت (منطقه) آزمایش شده نشان دهنده میزان مشارکت عناصر در هر جمعیت براساس مدل خطی تعریف شده‌ای است.

هنگامی که مشاهدات فقط به یکی از جمعیت‌ها (منطقه‌ها) معطوف می‌شود، مدل تأثیر ثابت فاکتور منفرد (single factor fixed effect model) انتخاب می‌شود.

\bar{X} : میانگین داده‌های چاه‌نگاری

N : تعداد کل داده‌ها

$i = 1, 2, \dots, r$

$j = 1, 2, \dots, j$

اندیس منطقه‌بندی برای همه ترکیبات دومنطقه‌ای محاسبه می‌شود و ترکیبی که بزرگ‌ترین اندیس منطقه‌بندی را دارد، بهترین دسته‌بندی داده‌های چاه‌نگاری به دو منطقه خواهد بود.

۲. گام بعدی تقسیم داده‌های چاه‌نگاری به سه منطقه با استفاده از همه ترکیبات سه‌منطقه‌ای ممکن است. این کار با استفاده از تقسیم‌بندی دو منطقه موجود به دو زیرمنطقه و مقایسه اندیس‌های منطقه‌بندی متناظر آنها صورت می‌گیرد، جایی که بیشترین مقدار برای اندیس به دست می‌آید مرز بین دو منطقه است. این روش تا تقسیم‌بندی ستون به چهار، پنج، ... و N منطقه ادامه می‌یابد (جدول ۱).

جدول ۱. ترکیب منطقه‌بندی در برنامه محاسباتی.

Combination	n_1	n_2
1	1	2, 3, ..., N
2	1, 2	3, 4, ..., N
3	1, 2, 3	4, 5, ..., N
.	.	.
.	.	.
.	.	.
N-1	1, 2, ..., (N-1)	N

برای رسیدن به تعداد منطقه‌هایی که به‌طور طبیعی موجودند معیاری برای توقف نیز برگزیده شده است. در روش گیل (گیل، ۱۹۷۰) رسیدن به تعداد منطقه‌های از پیش تعیین شده به‌متابۀ شرط توقف معرفی شد، حال آنکه در روش تسترمن، کاهش مقدار اندیس منطقه‌بندی با اضافه شدن منطقه جدید درحکم شرط خاتمه معرفی شد (تسترمن، ۱۹۶۲). در این جا از روش کاهش مقدار اندیس منطقه‌بندی با اضافه شدن منطقه جدید درحکم شرط خاتمه استفاده شده است.

۳ روش منطقه‌بندی

در تقسیم‌بندی داده‌های چاه‌نگاری به منطقه‌های متفاوت از معیاری به صورت مقدار کمینه MSE و مقدار بیشینه $MSTR$ استفاده شده است. این معیار با تعریف منطقه و مرز بین منطقه‌ها مطابقت دارد، بدین صورت که همگنی درون یک منطقه به بیشترین مقدار خود رسیده و با رسیدن به مرز بین منطقه‌ها این همگنی از بین می‌رود. در اینجا منطقه‌بندی با استفاده از اندیس منطقه‌بندی (R) که رابطه مربوط به آن در زیر آمده است، ارزیابی می‌شود (دارماواردهانا و کلر، ۱۹۸۵).

$$R = \frac{MSTR - MSE}{MSTR} \quad (۴)$$

مقدار این اندیس معیاری برای ارزیابی کیفیت منطقه‌بندی است. اگر $MSTR$ صفر باشد اندیس منطقه‌بندی تعریف نمی‌شود، از طرف دیگر اگر MSE صفر باشد اندیس منطقه‌بندی برابر یک می‌شود و بنابراین به یک منطقه‌بندی بهینه می‌رسیم. مقادیر منفی اندیس منطقه‌بندی بی‌معنی است. در نتیجه برای یک منطقه‌بندی معنادار، اندیس منطقه‌بندی دارای بازه‌ای بین صفر تا یک است. دستورالعمل محاسباتی به صورت زیر است (توجه شود که سرعت نمونه‌برداری در سراسر طول بازه چاه‌نگاری یکسان و برابر باشد).

۱. مرحله اول تقسیم ستون مشاهدات به همه ترکیبات دومنطقه‌ای ممکن از اولین تا آخرین مشاهده است. ترکیبات دومنطقه‌ای ممکن پیکربندی‌های زیر را از n_1 و n_2 دارند، که در اینجا n_1 مشاهدات در منطقه یک و n_2 مشاهدات در منطقه دو است.

آهکی تشکیل شده که به سمت میدان آغاچاری بر مقدار شیل‌ها افزوده می‌شود. سازند آسماری از نظر سنگ‌شناسی، اغلب به صورت کربنات (آهک و دولومیت) دیده می‌شود.

رسوب‌های این واحد رسوبی نسبت به رسوب‌های عمیق شیلی و مارنی پابده، در یک محیط رسوبی کم عمق و بسته تشکیل شده است که تا تشکیل رسوب‌های تبخیری گچساران با پسروری و پیشروی‌های نسبی در سازند آسماری ادامه می‌یابد. در اواخر دوره الیگوسن حرکات خشکی‌زایی و عقب‌نشینی دریا در مرکز حوضه رسوب‌گذاری آغاز و در اوائل دوره میوسن تشدید می‌شود. این عمل علاوه بر رسوب ماسه‌سنگ، به‌ویژه غرب میدان پازنان موجب نبود رسوب‌گذاری قابل ملاحظه‌ای در مناطقی از میداین غربی نیز شده است (گزارش زمین‌شناسی مخزن آسماری در میدان پازنان، ۱۳۷۸).

۴ بررسی موردی ۱: منطقه‌بندی مخزن آسماری در میدان نفتی پازنان

معرفی میدان

میدان پازنان (شکل ۱) یکی از میداین بزرگ هیدروکربوری ایران در ناحیه فرو افتاده دزفول (جنوبی) محسوب می‌شود. امتداد این میدان همانند اکثر میدان‌های ناحیه جنوب‌غرب، روند عمومی زاگرس یعنی شمال‌غرب- جنوب‌شرقی است. ساختمان نامتقارن و موجی شکل میدان پازنان در ۲۵ کیلومتری شمال خلیج فارس قرار دارد. این ساختمان دارای دو تاقدیس است که به ترتیب از شرق میدان به غرب دارای بلندترین نقطه ۱۴۲۵ متر و ۱۷۰۰ متر است.

سازند آسماری در میدان پازنان با داشتن یک ناحیه تدریجی که با رخساره شیلی همراه است، روی سازند پابده قرار می‌گیرد. این قسمت از آسماری از لایه‌های ضخیم شیلی همراه با تناوبی از سنگ‌های

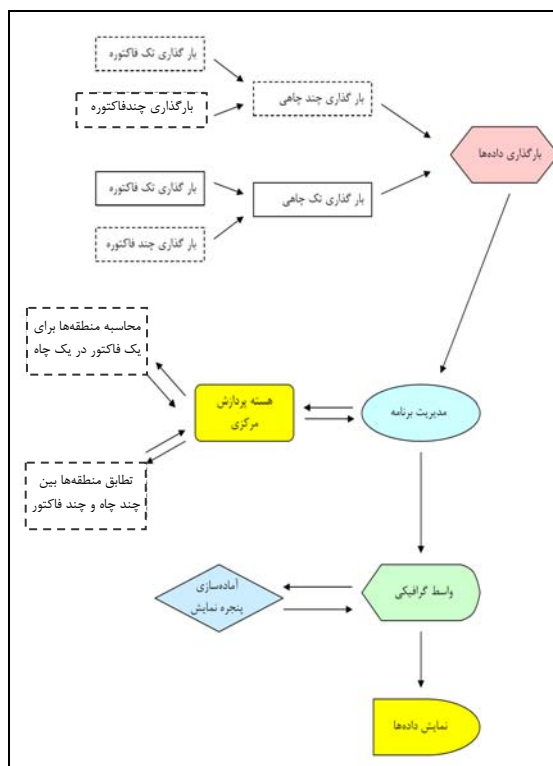


شکل ۱. موقعیت میدان‌های مارون و پازنان.

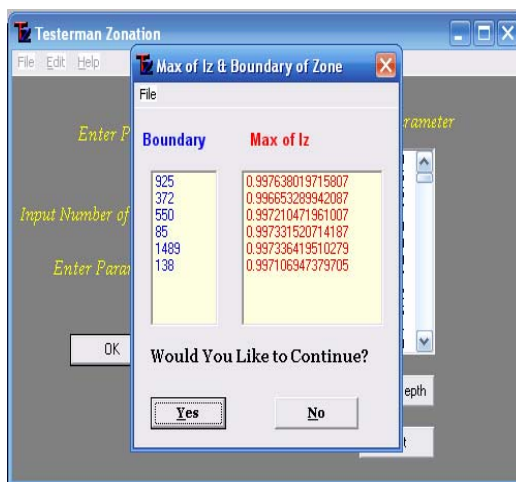
۵ نمودار گردش برنامه منطقه‌بندی

با توجه به حجم زیاد داده‌ها و محاسبه‌ها به منظور به دست آوردن منطقه‌بندی بهینه به روش تسترمن، امکان محاسبه دستی فراهم نیست و یا حداقل با مشکلات زیادی روبه‌رو است. بنابراین به منظور سهولت در کار و منطقه‌بندی

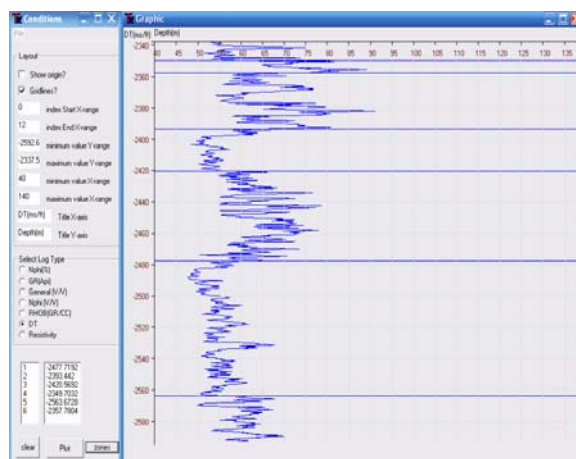
سریع‌تر، برای روش پیش‌گفته برنامه رایانه‌ای نوشته شد. طرح اجمالی برنامه یادشده در شکل ۲ نشان داده شده است. همچنین پنجره خروجی اندیس منطقه‌بندی و منطقه‌بندی نگار صوتی در یک چاه نمونه‌وار در شکل‌های ۳ و ۴ آورده شده است.



شکل ۲. نمودار گردش برنامه منطقه‌بندی.



شکل ۳. مقادیر اندیس منطقه‌بندی به ازای منطقه‌های متفاوت، با لاگ صوتی.



شکل ۴. پنجره خروجی محیط گرافیکی و منطقه‌بندی مخزن با لاگ صوتی.

که این امر به دلیل حضور رگه‌های انیدریتی در مرز سازندهای گچساران و آسماری و همچنین میزان زیاد دولومیت در رسوبات فوقانی سازند آسماری و از طرفی مقدار نسبتاً زیاد هیدروکربن در منطقه مورد نظر است (منطقه الف). در مقاطع میانی و انتهایی آسماری شاهد افزایش مجدد و مشهودی در میزان نگار مقاومت هستیم که دلیل عمده این تغییر، افزایش میزان هیدروکربن در این منطقه‌ها است (منطقه‌های ب، ج و د) اگرچه عامل‌هایی از قبیل تخلخل، اشباع آب و سنگ‌شناسی نیز در مقدار مقاومت مؤثر محسوب می‌شوند.

۸ منطقه‌بندی مخزن آسماری در میدان پازنان با نگار صوتی (پارامتر سرعت)

همان‌گونه که در شکل ۶ مشخص است، در منطقه‌بندی صورت گرفته با نگار صوتی در ابتدای ورود به سازند آسماری در این میدان شاهد مقادیر نسبتاً زیاد این نگار هستیم که این امر به دلیل حضور رگه‌های انیدریدی در مرز سازندهای گچساران و آسماری و همچنین میزان زیاد دولومیت در رسوبات فوقانی آسماری در این میدان است (منطقه الف). در مقاطع پایین‌تر شاهد کاهش میزان مقادیر

۶ منطقه‌بندی مخزن آسماری در میدان پازنان به روش آنالیز واریانس و با به‌کارگیری پارامترهای متفاوت چاه‌نگاری و پتروفیزیکی

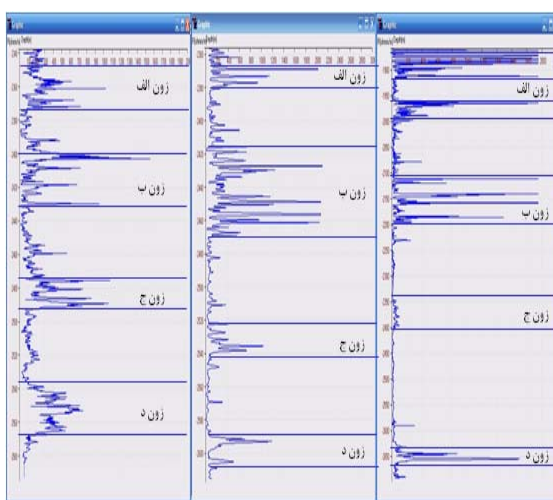
با توجه به نتایج به‌دست آمده از نرم‌افزار ژئولاگ، تغییرات کان‌شناسی در مخزن آسماری میدان نفتی پازنان بسیار متنوع است. هر چه در مخزن به سمت غرب پیش می‌رویم بر مقدار رسوبات آواری افزوده و از مقدار رسوبات شیلی کاسته می‌شود. در این بخش با استفاده از داده‌های حاصل از چاه‌نگاری (پس از تصحیح‌های مورد لزوم) منطقه‌بندی مخزن آسماری در سه چاه با پارامترهای مقاومت ویژه، صوتی و چگالی و همچنین تخلخل مؤثر حاصل از برنامه ژئولاگ صورت گرفته و با یکدیگر مقایسه شده است.

۷ منطقه‌بندی مخزن آسماری در میدان پازنان با نگار مقاومت ویژه عمیق

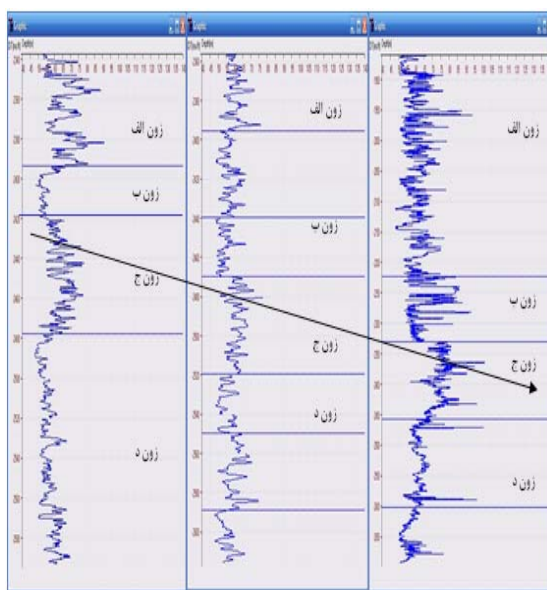
همان‌گونه که در شکل ۵ مشخص است، در این سه چاه می‌توان مشخصاً چهار منطقه با مقاومت زیاد را در سازند آسماری تشخیص داد. در ابتدای ورود به سازند آسماری در این میدان شاهد مقادیر نسبتاً زیاد نگار مقاومت هستیم

نگار صوتی هستیم (منطقه د). این منطقه‌ها در دو چاه آهکی و در یک چاه دولومیتی واقع است، که در هر دو حالت سرعت انتقال صوت در هر یک از این محیط‌ها از مقادیر آن در نواحی ماسه‌سنگی کمتر است. روند مشخص شده با پیکان را در همهٔ منطقه‌های ارائه شده در چاه‌های منطقه‌بندی شده با روش تسترمن و نگارهای صوتی، چگالی و تخلخل مؤثر شاهد هستیم، شکل‌های (۶، ۷ و ۸).

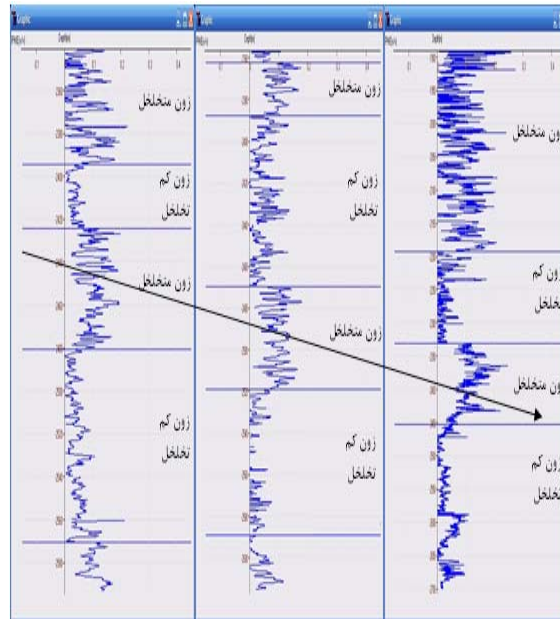
زیرا در این بخش لایه‌های کربناته ضخیم‌تر می‌شوند و مقادیر نگار صوتی، اعدادی کم‌تر و نسبتاً ثابتی دارند (منطقه ب)، لیکن در مقاطع میانی شاهد افزایش مجدد و مشهودی در میزان مقادیر این نگار هستیم که دلیل عمده این تغییر، افزایش میزان رسوبات آواری و به‌خصوص حضور لایه‌های ماسه‌سنگی در این چاه‌ها است (منطقه ج) به دنبال آن شاهد منطقه و یا منطقه‌هایی با کاهشی محسوس در مقدار نگار



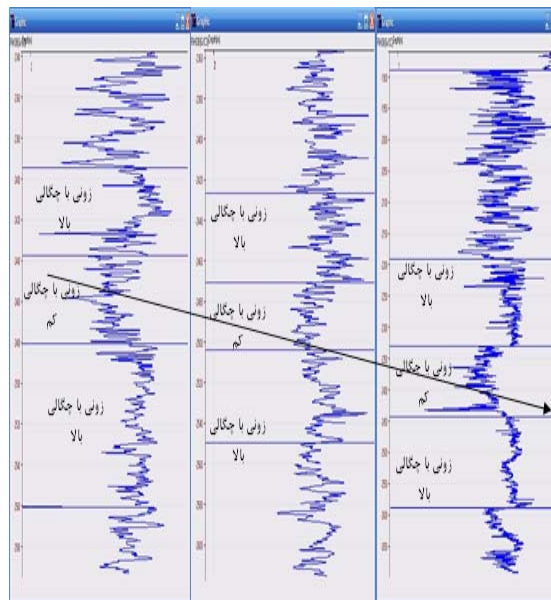
شکل ۵. منطقه‌بندی مشابه لاگ مقاومت عمیق در چاه‌های ۱۲۱، ۱۱۳ و ۱۲۴ میدان پازنان.



شکل ۶. منطقه‌بندی لاگ صوتی در چاه‌های ۱۲۱، ۱۱۳ و ۱۲۴ میدان و روند پیگیری منطقه‌های مشابه در سه چاه میدان پازنان.



شکل ۷. منطقه‌بندی لاگ تخلخل مؤثر در چاه‌های ۱۲۱، ۱۱۳ و ۱۲۴ میدان پازنان و روند پیگیری منطقه‌های مشابه در سه چاه.



شکل ۸. منطقه‌بندی لاگ چگالی در چاه‌های ۱۲۱، ۱۱۳ و ۱۲۴ میدان پازنان و روند پیگیری منطقه‌های مشابه در سه چاه میدان پازنان.

مخزن بنگستان میدان نفتی مارون بسیار کم است. سازند سروک در حکم بخش اعظم مخزن بنگستان، عمدتاً از کربنات تشکیل شده است.

داده‌های ورودی نرم‌افزار، نگارهای تخلخل هستند. نمودارهای موجود شامل نوترون، چگالی و نگار صوتی‌اند که قبلاً با نرم‌افزار ژئولاگ تصحیح لازم در آنها اعمال شده است. به‌منظور معرفی روش کار از چاه ۲۴۸ مارون در حکم نمونه استفاده شده است. پیش از این با استفاده از روش‌های معمول منطقه‌بندی، این چاه به دو منطقه تقسیم شده بود که با توجه به تخلخل و حجم هیدروکربور هر منطقه، منطقه نخست در حکم منطقه مخزنی در نظر گرفته شد.

۱۲ بررسی و منطقه‌بندی مخزن بنگستان در میدان

نفتی مارون با نگار نوترون

ابتدا داده‌های نگار نوترون و عمق آنها را بارگذاری و سپس این داده‌ها را به چند منطقه تقسیم می‌کنیم تا جایی که اندیس منطقه‌بندی به‌دست آمده سیر نزولی داشته باشد.

همان‌طور که در شکل ۹ دیده می‌شود اندیس منطقه‌بندی از مرحله دو منطقه به سه منطقه و بالاتر روندی نزولی را طی می‌کند. در نتیجه تقسیم‌بندی چاه به دو منطقه، حالت بهینه منطقه‌بندی در نظر گرفته می‌شود. در این حالت مرز منطقه اول روی داده ۷۵۴ در عمق ۳۵۳۰/۸ و مرز بین منطقه‌های دوم و سوم روی داده ۲۶ در عمق ۳۴۵۸ قرار گرفته است. لازم به ذکر است که اولین داده مربوط به نگار نوترون برابر منهای ۹۹۹/۲۵ بود که برای یکسان‌سازی داده‌ها حذف شد. در شکل ۱۰ نمودار گرافیکی نگار نوترون و محل قرارگیری منطقه‌ها به نمایش در آمده‌اند.

۹ منطقه‌بندی مخزن آسماری در میدان پازنان با نگار تخلخل مؤثر

در شکل ۷ منطقه‌بندی صورت گرفته با روش تسترمن و نگار تخلخل مؤثر را در چاه‌های ۱۲۱، ۱۱۳ و ۱۲۴ میدان پازنان می‌بینیم. همان‌گونه که دیده می‌شود توالی منطقه‌هایی با مقادیر متفاوت تخلخل در هر سه چاه کاملاً قابل تعقیب است. روند مشخص شده با پیکان را در همه منطقه‌های ارائه شده در چاه‌ها با روش تسترمن و نگار تخلخل مؤثر مشاهده می‌کنیم.

۱۰ منطقه‌بندی مخزن آسماری در میدان پازنان با نگار

چگالی

در شکل ۸ منطقه‌بندی صورت گرفته با روش تسترمن و لاگ چگالی را در چاه‌های ۱۲۱، ۱۱۳ و ۱۲۴ میدان پازنان می‌بینیم. در اینجا نیز منطقه‌هایی با چگالی‌های متفاوت در هر سه چاه کاملاً قابل پیگیری است. روند مشخص شده با پیکان را در همه منطقه‌های ارائه شده در چاه‌ها با روش تسترمن و نگار چگالی مشاهده می‌کنیم.

۱۱ بررسی موردی ۲: منطقه‌بندی مخزن بنگستان در

میدان نفتی مارون

معرفی میدان

ساختمان مارون تاقدیسی تقریباً نامتقارن با ابعاد ۶۳×۵ کیلومتر واقع در شمال شرقی میدان اهواز است. روند آن شمال غرب- جنوب شرق و همچنین دارای خمش (bending) در سطح محوری و در میانه میدان است. شکل ۱ موقعیت میدان را نسبت به سایر میدان‌های نشان می‌دهد (گزارش زمین‌شناسی مخزن آسماری میدان مارون، ۱۳۷۸).

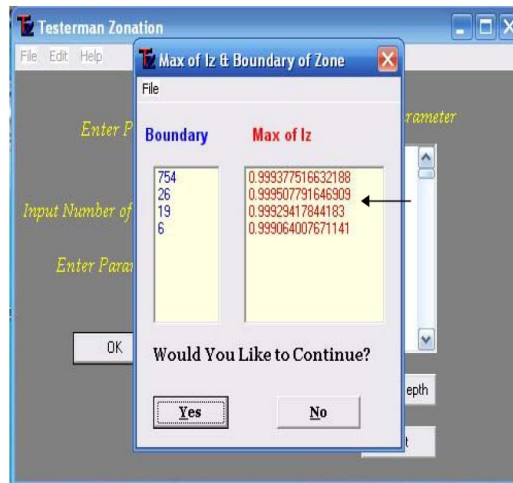
با توجه به نتایج به‌دست آمده، تغییرات نوع کانی در

۱۳ بررسی و منطقه‌بندی مخزن بنگستان در میدان نفتی مارون با نگار چگالی

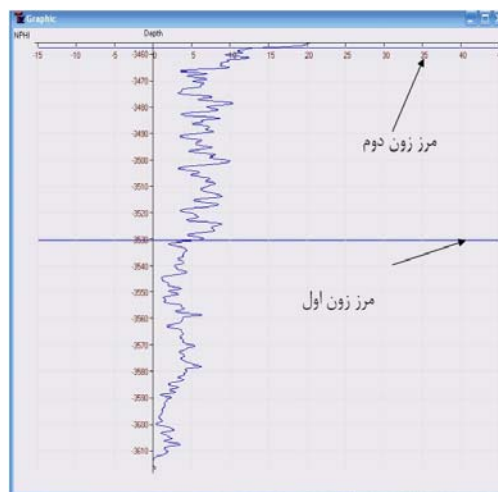
در این بخش نیز ابتدا داده‌ها با نرم‌افزار خوانده می‌شود سپس مراحل منطقه‌بندی را تا جایی که مقادیر اندیس منطقه‌بندی سیر نزولی پیدا کند ادامه می‌دهیم. با توجه به اعداد به دست آمده (شکل ۱۱) منطقه‌بندی بهینه با نگار چگالی شامل دو منطقه است. مرز منطقه به دست آمده روی داده ۷۵۷ یعنی عمق ۳۵۳۱ متری قرار دارد. در شکل ۱۲ نمودار گرافیکی این نگار به همراه مرز منطقه به دست آمده نشان داده شده است.

۱۴ بررسی و منطقه‌بندی مخزن بنگستان در میدان نفتی مارون با نگار صوتی

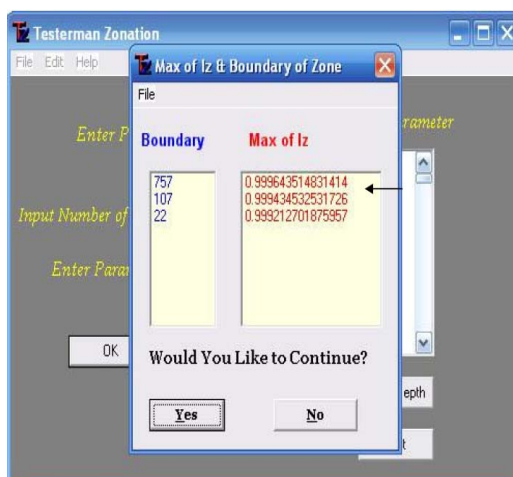
مانند بخش‌های قبل به محاسبه تعداد منطقه بهینه می‌پردازیم. (شکل ۱۳) با توجه به مقادیر اندیس منطقه‌بندی به دست آمده، این نگار نیز همانند نگار چگالی بازه مخزن را به دو منطقه مجزا تقسیم‌بندی می‌کند که مرز منطقه روی داده ۷۵۸ در عمق ۳۵۳۱/۱ متر قرار دارد. شکل ۱۴ نمودار گرافیکی این نگار و موقعیت منطقه به دست آمده را نشان می‌دهد.



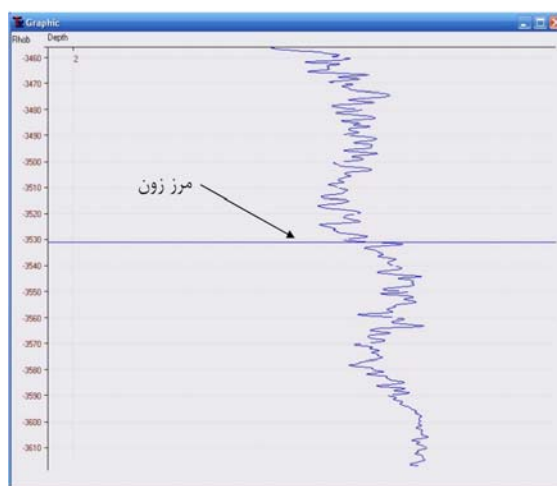
شکل ۹. مقادیر اندیس منطقه‌بندی به ازای منطقه‌های متفاوت در چاه ۲۴۸ مارون با پارامتر تخلخل نوترون.



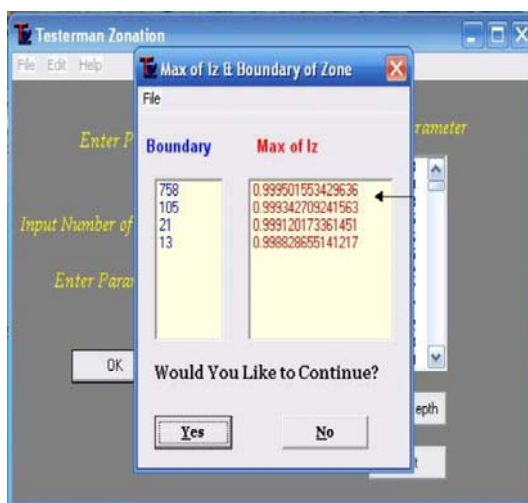
شکل ۱۰. نمایش گرافیکی و محل قرارگیری منطقه‌های متفاوت در چاه ۲۴۸ مارون با نگار نوترون.



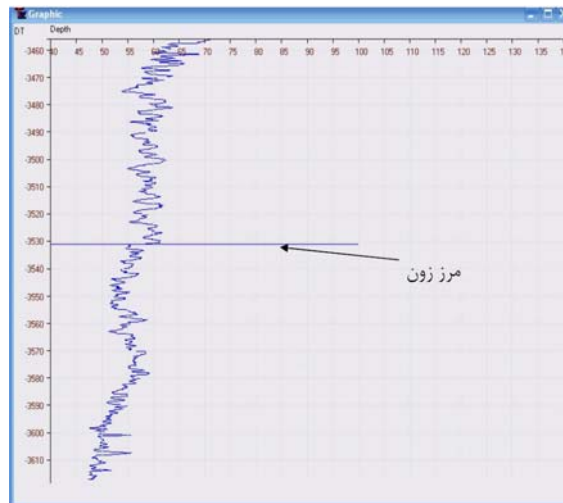
شکل ۱۱. مقادیر اندیس منطقه‌بندی به ازای منطقه‌های متفاوت در چاه ۲۴۸ مارون با پارامتر تخلخل نوترون.



شکل ۱۲. نمایش گرافیکی و محل قرارگیری منطقه‌های متفاوت در چاه ۲۴۸ مارون با نگار چگالی.



شکل ۱۳. مقادیر اندیس منطقه‌بندی به ازای منطقه‌های متفاوت در چاه ۲۴۸ مارون با پارامتر صوتی.



شکل ۱۴. نمایش گرافیکی و محل قرارگیری منطقه‌های متفاوت در چاه ۲۴۸ مارون با نگار صوتی.

۱۵ نتیجه‌گیری و پیشنهاد

۳. منطقه‌بندی به‌دست آمده با استفاده از این روش در بهبود شبیه‌سازی مخزن و همچنین دنبال کردن یک خصوصیت در طول گستره مخزن، قابل استفاده است. بنابراین می‌توان منطقه‌بندی مخزن با این روش و بر اساس پارامتر تراوایی را مورد توجه قرار داد.

۴. روش تسترمن را می‌توان در مراحل و بررسی‌های بعدی با به‌کارگیری همزمان چند پارامتر، برای منطقه‌بندی ارتقا داد. در این بررسی برنامه محاسباتی روش تسترمن فقط برای یک پارامتر نوشته شد و منطقه‌بندی هر بار با یک پارامتر صورت پذیرفت. اگرچه منطقه‌بندی‌های صورت گرفته با هر پارامتر با منطقه‌بندی دیگر پارامترها مقایسه شده و از تطابق خوبی نیز برخوردار هستند ولی می‌توان مقایسه منطقه‌بندی حاصل از پارامترهای متفاوت را نیز در برنامه محاسباتی پیش‌بینی کرد.

۵. تفاوت احتمالی منطقه‌بندی در روش‌های تسترمن و ژئولاگ در استفاده از تعداد متفاوت نگارها برای منطقه‌بندی در این روش‌هاست، زیرا اگرچه منطقه‌بندی با ژئولاگ به‌صورت چشمی صورت

۱. در این بررسی به معرفی روش منطقه‌بندی تسترمن پرداختیم. این روش که یکی از روش‌های شناخته شده و معتبر در منطقه‌بندی مخزن به شمار می‌رود، در ابتدا با برنامه‌نویسی به زبان ویژوال بیسیک آورده شد و به صورت کاربردی برای دو میدان مورد استفاده قرار گرفت. این بررسی نخستین بار در چهار چاه مربوط به دو میدان نفتی ایران مورد استفاده قرار گرفت که با توجه به مقایسه نتایج منطقه‌بندی در روش نام برده و منطقه‌بندی ژئولاگ که پیش از این صورت گرفته بود، نتایج از دقت قابل قبولی برخوردار است. بدین ترتیب روش منطقه‌بندی تسترمن را می‌توان در دیگر میدان‌های ایران برای منطقه‌بندی تعمیم داد.

۲. با توجه به اینکه اکثر مخازن ایران از نوع کربناته و شکاف‌دارند، پیشنهاد می‌شود به‌منظور به‌دست آوردن الگوی این شکستگی‌ها، لحاظ کردن آنها در منطقه‌بندی حصول نتایج واقعی‌تر راهکار مناسبی ارائه شود.

گرفته، لیکن در منطقه‌بندی از تغییرات و تشابهات مجموعه کاملی از نگارها استفاده شده است. در حالی که در منطقه‌بندی تسترمن فقط از تغییرات تعداد محدودی پارامتر برای منطقه‌بندی استفاده شده است. البته با مقایسه تک‌تک نتایج منطقه‌بندی با پارامترهای متفاوت می‌توان به نوعی به هدف مورد نظر که همان منطقه‌بندی چند عاملی است، رسید.

منابع

گزارش زمین‌شناسی مخزن آسماری در میدان پازنان، سال ۱۳۷۸، گزارش پ ۴۸۹۳ مناطق نفت‌خیز جنوب.

گزارش زمین‌شناسی مخزن آسماری در میدان مارون، اردیبهشت سال ۱۳۷۸، گزارش پ ۴۷۴۵ مناطق نفت‌خیز جنوب.

- Dharmawardhana, H. P. K., and Keller, G. V., 1985, Statistical method for the determination of zone boundaries using well log data, paper SPE 14470 presented at the SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Las Vegas, September 1985.
- Gil, D., 1970, Application of a statistical zonation method to reservoir simulation and digitized log analysis, AAPG, Bull., 54, 719-728.
- Godwin, O., Egbele, E., and Onyekonwu, M., 2004, A statistical approach to reservoir zonation, paper SPE 88962 presented at the SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Abuja, August 2-4, 2004.
- Tang, H., 2005, Geostatistical integration of geophysical, well bore and outcrop data for flow modeling of a deltaic reservoir analog PhD Thesis, The Department of Petroleum Engineering, Louisiana State University, August 2005.
- Testerman, I. D., 1962, A statistical reservoir zonation technique, SPE. JPT, pp. 889-893, Aug 1962.