

مطالعه و بررسی توالی‌های ماسه شیلی لایه‌ای در میدان نفتی اهواز با استفاده از روش نمودارهای مربعی با رزولوشن بالا

سعید پرویزی قله*، شرکت نفت فلات قاره • محمد صادق عظیمی فر، مهندسی نفت • محسن صیدمحمدی، شرکت نفت مناطق مرکزی

چکیده

لایه‌های نازک ماسه‌ای مابین رس توانایی تولید هیدروکربن داشته و اگر این لایه‌ها به خوبی مطالعه و بررسی شوند، می‌توان هیدروکربن از آنها تولید کرد. غالباً این لایه‌ها به دلیل ضخامت کم لایه و رزولوشن کم ابزارهای نمودارگیری ارزیابی پتروفیزیکی مخزن در روش‌های معمول، نادیده گرفته شده و تنها میانگین خواص این لایه‌ها محاسبه می‌شود که این باعث ایجاد خطا در پیش‌بینی از میزان نفت و گاز موجود در لایه‌ها می‌شود. برای بررسی و آنالیز بهتر این لایه‌ها و بالابردن توان تولید از مخزن، روش‌های مختلفی وجود دارد و با استفاده از این روش‌ها، می‌توان توالی ماسه شیلی لایه‌ای را به خوبی شناسایی و خواص پتروفیزیکی آنها را محاسبه کرد. در این مقاله با استفاده از روش نمودارهای مربعی با رزولوشن بالا، توالی‌های ماسه‌ای شیلی نازک لایه (LSS) مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت. با استفاده از این روش برای چهار نمودار نوترون، چگالی، مقاومت ویژه و گاما، نمودارهای مربعی تهیه شد و با استفاده از نرم‌افزار Geolog 7/2، نمودارهای مربعی ساخته شده آنالیز و بررسی شدند. به دلیل وجود محاسبات پیچیده ریاضی و حجم زیاد محاسبات در روش آنالیز نمودارهای مربعی با رزولوشن بالا، انجام محاسبات آن به صورت دستی تقریباً ناممکن است. بنابراین در این مطالعه نرم‌افزار کامپیوتری جهت انجام محاسبات طراحی شد که باعث صرفه‌جویی در زمان و افزایش دقت محاسبات می‌شود.

اطلاعات مقاله

تاریخ ارسال نویسنده: ۹۶/۰۵/۲۳

تاریخ ارسال به داور: ۹۶/۰۸/۲۸

تاریخ پذیرش داور: ۹۶/۰۹/۰۳

واژگان کلیدی:

توالی ماسه شیلی لایه‌ای، نمودارهای مربعی با رزولوشن بالا، خواص پتروفیزیکی، نمودارهای رایج ارزیابی پتروفیزیکی مخزن، نرم‌افزار متلب

مقدمه

کافی برای ماسه‌های شیلی لایه‌ای فراهم نکرده و مقدار نفت موجود را کمتر از مقدار واقعی پیش‌بینی می‌کنند. برای غلبه بر این مشکل، Poupon و همکارانش (سال ۱۹۵۴) یک رابطه بین ماسه و شیل رسانای لایه‌ای پیشنهاد دادند. در این مدل لایه‌های ماسه و شیل به صورت توالی شیل و ماسه و عمود بر چاه فرض شده است. [۱]

$$\delta_t = \delta_{sh} \times C_{sh} + \delta_{sd} \times (1 - C_{sh}) \quad (1)$$

δ_t : مقدار رسانایی الکتریکی کلی

δ_{sh} : رسانایی الکتریکی شیل

C_{sh} : حجم شیل

δ_{sd} : رسانایی الکتریکی ماسه

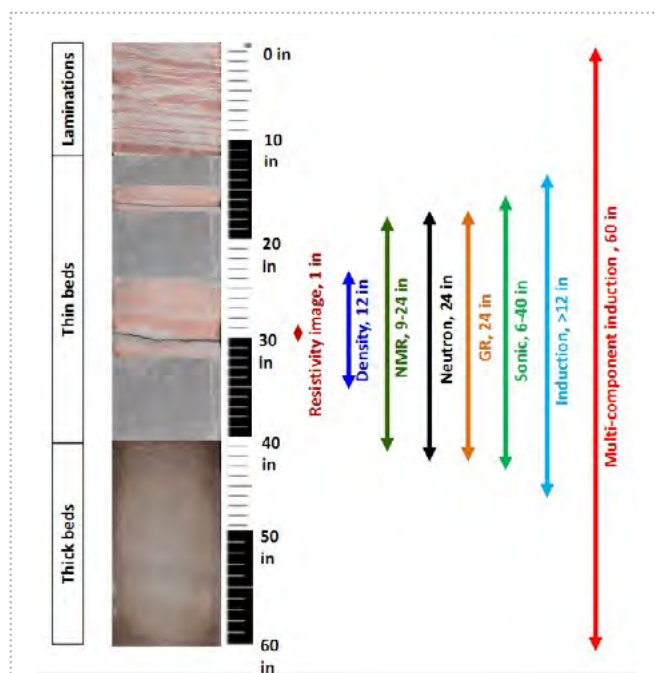
با تغییر معادله بالا براساس رسانایی الکتریکی ماسه، مقدار اشباع هیدروکربن در لایه‌های ماسه‌ای توالی‌های شیلی نازک لایه محاسبه می‌شود. این مدل برای چاه‌های عمودی ایجاد شده و محدودیت عمده آن در چاه‌های افقی است.

توالی‌های ماسه‌ای شیلی نازک لایه به‌عنوان یکی از منابع عظیم نفتی در برخی از نقاط دنیا به حساب می‌آیند. مشکل عمده در بحث ماسه‌های شیلی نازک لایه، نحوه اکتشاف و شناسایی آنهاست. سختی و پیچیدگی در آنالیز پتروفیزیکی ماسه‌های شیلی نازک لایه به این دلیل است که لایه‌های مجاور ماسه و شیل روی ابزارهای نمودارگیری باهم تأثیر می‌گذارند و جوابی که ابزارهای نمودارگیری می‌دهند میانگینی از خواص تمامی لایه‌های نازک است.

به دلیل اثر هم‌زمان لایه‌های نازک ماسه و شیل مجاور بر روی ابزارهای نمودارگیری، مقدار مقاومت افقی که توسط نمودارهای رایج ارزیابی پتروفیزیکی مخزن اندازه‌گیری می‌شود، کمتر از مقدار واقعی مقاومت ماسه در توالی‌های ماسه‌ای شیلی لایه‌ای دارای نفت است. این اختلاف به دلیل رسانایی بالای شیل‌ها نسبت به ماسه‌ها بوده و در این حالت قرائت ابزارهای نمودارگیری بیشتر تحت تأثیر شیل‌ها قرار می‌گیرند. مدل‌های مختلفی برای بررسی تأثیر حجم شیل روی مقاومت افقی وجود دارد که بیشتر این مدل‌ها برای ماسه‌های شیلی با شیل پراکنده توسعه یافته است (Dual_Water ، Waxman_Smit و...). این مدل‌ها دقت

$$F_{sa} = \frac{h_2 + h_4}{h_1 + h_2 + h_3 + h_4} \quad (3)$$

یکی از آنالیزهای مورد استفاده که با دقت بالایی خصوصیات پتروفیزیکی توالی ماسه شیلی لایه‌ای را محاسبه می‌کند، روش آنالیز نمودار مربعی با رزولوشن بالای حاصل از نمودارهای تصویرگر مقاومتی است. در این روش با استفاده از نمودارهای



شکل ۱ | رزولوشن قائم ابزارهای نمودارگیری و انواع توالی لایه‌ها بر اساس ضخامت

مشکل عمده توالی‌های ماسه‌ای شیلی نازک لایه وقتی است که ضخامت لایه‌های ماسه و شیل کمتر از رزولوشن قائم ابزارهای نمودارگیری باشد. شکل ۱- رزولوشن قائم ابزارهای مختلف نمودارگیری و انواع توالی لایه‌ها براساس ضخامت را نشان می‌دهد. این شکل که توسط آقای Passey و همکارانش ارائه شده، لایه‌ها به سه دسته تقسیم‌بندی شده‌اند. توالی لایه‌های نازک، توالی لایه‌های ضخیم و توالی لایه‌های خیلی نازک یا ورقه‌ای. با توجه به مقدار رزولوشن قائم مربوط به هر ابزار نمودارگیری، می‌توان ابزار مناسب برای آنالیز دقیق پتروفیزیکی هر نوع توالی لایه را انتخاب کرد [۲].

با توجه به شکل ۱-۱، ابزارهای رایج ارزیابی پتروفیزیکی مخزن، در لایه‌های ضخیم به خوبی جوابگو هستند، اما در لایه‌های خیلی نازک دچار خطا می‌شوند. برای بررسی و آنالیز بهتر این لایه‌ها و بالابردن تولید از این مخازن، روش‌های مختلفی وجود دارد که می‌توان با این روش‌ها، لایه‌ها را به خوبی شناسایی و خواص پتروفیزیکی آنها را محاسبه کرد. روش‌هایی که برای بررسی توالی‌های ماسه شیلی لایه‌ای وجود دارد عبارتند از [۳-۵]:

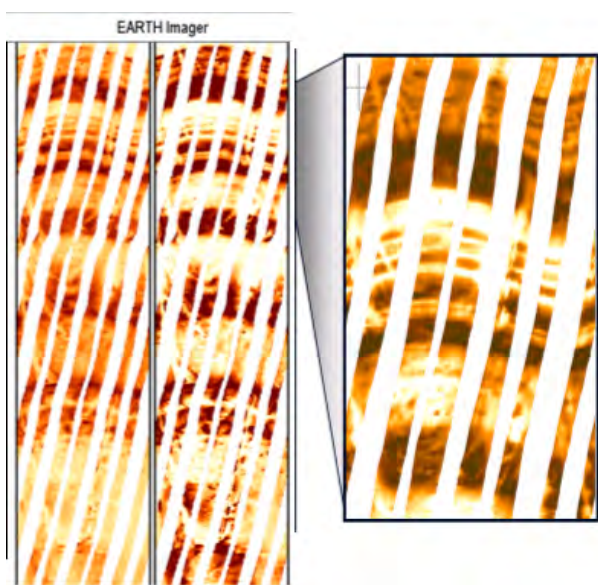
- روش‌های مغزه‌گیری
- روش نمودار تصویرگر (Image) و آنالیز نمودار مربعی با رزولوشن بالای حاصل از آن
- آنالیز Thomas-Stieber
- استفاده از نمودار NMR
- روش ناهمسانی مقاومت ویژه

۱- نمودارهای مربعی با رزولوشن بالا

نمودارهای تصویرگر از مهم‌ترین ابزارها در زمینه اکتشاف، حفاری و توسعه مخازن نفتی هستند. ابزار تصویرگر ویژگی‌های فیزیکی خاص مانند مقاومت، زمان بازگشت سیگنال صوتی و ... را از سازند اندازه‌گیری و سپس داده‌های ثبت شده را به صورت فرمت‌های استاندارد، ذخیره می‌کند. در حال حاضر استفاده از انواع تصویرگرها، شرکت‌های نفتی را از انجام عملیات مغزه‌گیری در بسیاری از موارد بی‌نیاز کرده است. با استفاده از این نمودارها، می‌توان محل توالی ماسه‌های شیلی لایه‌ای را تشخیص داد. شکل ۲- تصویری از توالی ماسه شیلی لایه‌ای را در نمودارهای تصویرگر مقاومتی نشان می‌دهد.

با استفاده از نمودار تصویرگر می‌توان ساختار توالی لایه‌ای را به خوبی مشاهده کرد و ضخامت قسمت‌های ماسه و شیل را اندازه‌گیری و نسبت‌های حجمی و مقدار Net/Gross را محاسبه کرد.

$$F_{sh} = \frac{h_1 + h_3}{h_1 + h_2 + h_3 + h_4} \quad (2)$$

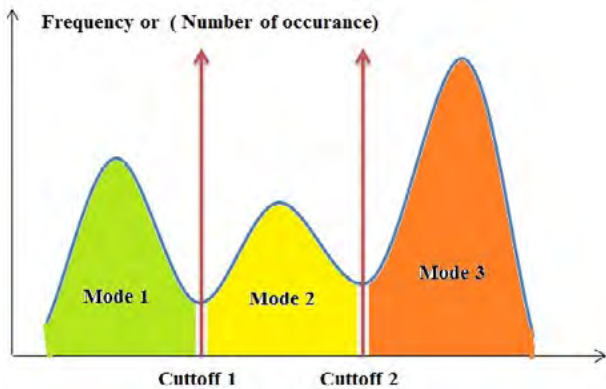


شکل ۲ | نحوه نمایش ماسه شیل لایه‌ای در نمودار تصویرگر

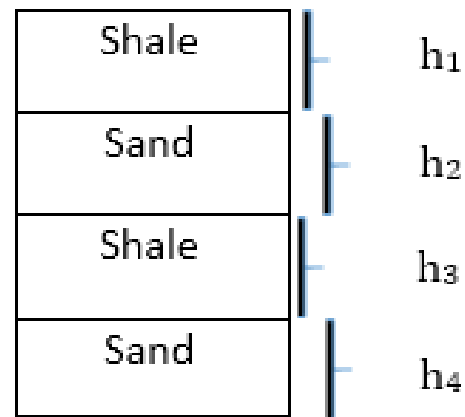
محاسبه نمودار مربعی حاصل از ترکیب نمودارهای رایج ارزیابی پتروفیزیکی مخزن با نمودارهای تصویرگر مقاومتی شرح داده می شود [۶].

همان طور که گفته شد، نمودارهای رایج ارزیابی پتروفیزیکی مخزن با توجه به قابلیت تفکیک پذیری قائم پایینی که دارند، از خصوصیات فیزیکی سازندهای مجاورشان میانگین گیری می کنند و نمی توانند توالی های نازک لایه از جمله ماسه های شیلی لایه ای را از یکدیگر تفکیک کنند. بنابراین در آنالیز پتروفیزیکی این نمودارها خطا ایجاد شده و آنها به صورت لایه های ماسه ای

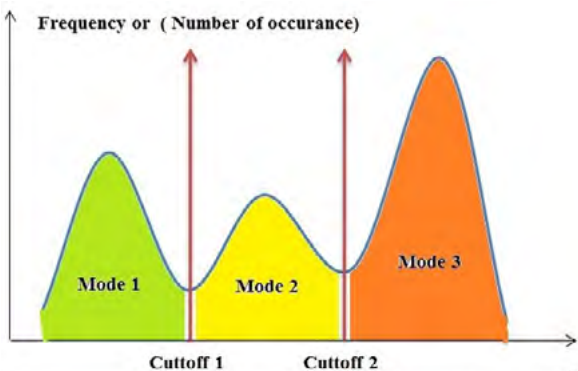
حاصل از ترکیب نمودارهای رایج ارزیابی پتروفیزیکی مخزن (با قابلیت تفکیک قائم کم) و نمودارهای تصویرگر مقاومتی (با قابلیت تفکیک قائم زیاد) که از توالی های ماسه شیلی لایه ای برداشت شده اند، می توان به طور دقیق خصوصیات پتروفیزیکی (تخلخل، اشباع سیالات و درصد لیتولوژی) این توالی ها را محاسبه کرد. در این روش خروجی یک نمودار دقیق مربعی است که در این نمودار عمق دقیق لایه ها مشخص است. با توجه به قابلیت تفکیک پذیری بالای نمودار مربعی در راستای قائم می توان خواص پتروفیزیکی لایه های ماسه ای شیلی را به طور دقیق محاسبه کرد. در این قسمت روش استخراج و



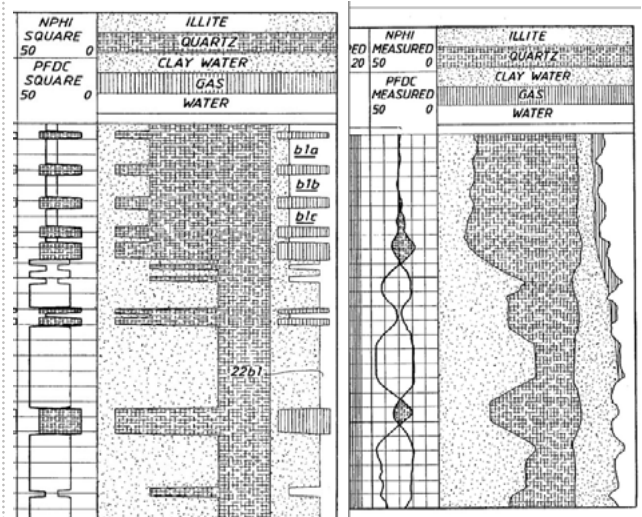
شکل ۵ | هستوگرام حاصل از مقاومت ویژه نمودار تصویرگر مقاومتی



شکل ۳ | نمایی از توالی ماسه های شیلی نازک لایه



شکل ۶ | نحوه نمایش ناحیه ها بر روی نمودار



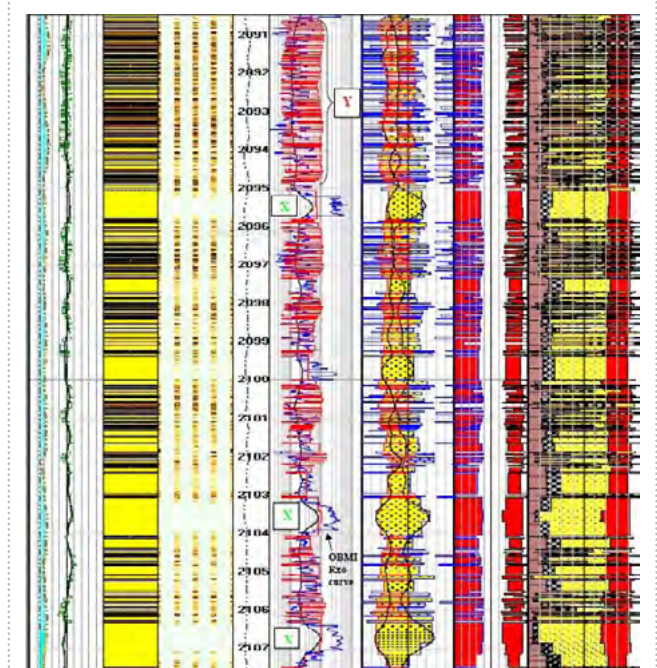
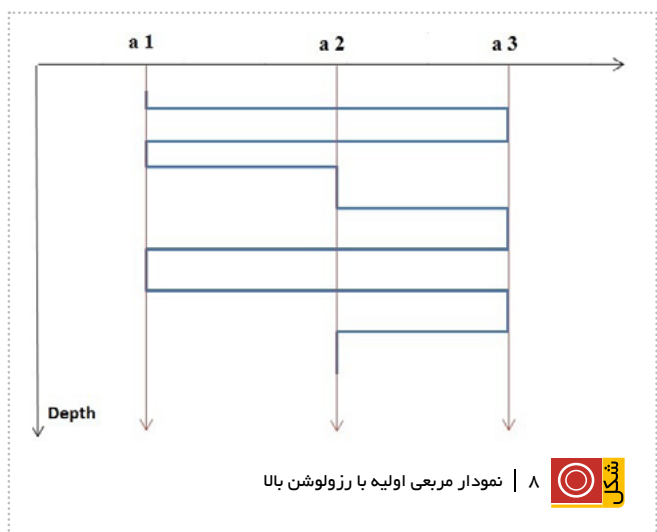
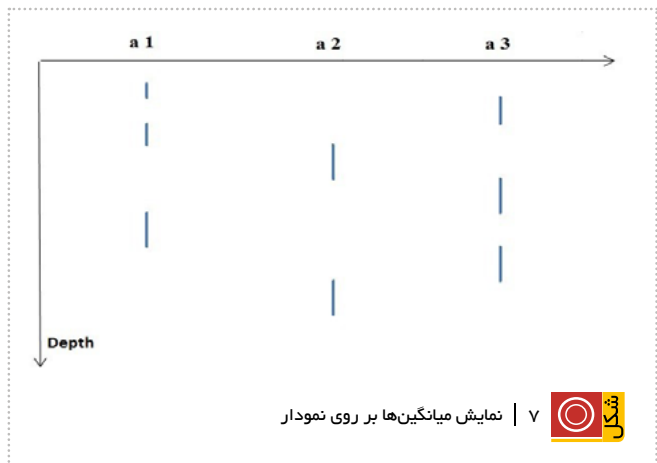
الف. روش نمودارهای رایج | ب. روش نمودارهای مربعی با رزولوشن بالا

شکل ۴ | نتایج آنالیز با روش نمودارهای رایج و نمودارهای مربعی در توالی ماسه شیل نازک لایه

شیلی با خصوصیات غیر واقعی محاسبه می‌شوند. همان‌گونه که در شکل ۴- نشان می‌دهد، در صد سیالات (گاز و آب) و عمق دقیق آنها در روش معمول با روش نمودارهای مربعی با رزولوشن بالا به شدت متفاوت است. بنابراین استفاده از روش نمودارهای مربعی با رزولوشن بالا در شناسایی عمق دقیق، وجود و درصد هیدروکربن در توالی‌های ماسه شیلی لایه‌ای کمک خواهد کرد.

جهت استخراج نمودار مربعی ابتدا باید با استفاده از نمودار تصویرگر مقاومتی که تفکیک‌پذیری قائم بالایی دارد، محل مرز لایه‌ها مشخص شود. بنابراین هیستوگرام مقاومت ویژه حاصل از نمودار تصویرگر مقاومتی برای توالی ماسه شیلی لایه‌ای رسم می‌شود. سپس محل تغییر فراوانی (ابتدا و انتهای هر کوهان) به عنوان مرز ناحیه‌ها در نظر گرفته شده و مقدار عددی این قسمت‌ها را به عنوان حد برشی (cut-off) آن ناحیه تعیین می‌شود. شکل ۵- نحوه دسته‌بندی بر روی هیستوگرام حاصل از مقاومت ویژه نمودار تصویرگر مقاومتی را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که مرزبندی هیستوگرام به تعداد میله‌ها (bin) بستگی دارد که تعداد میله‌ها پس از بررسی، با انتخاب حالت بهینه تعیین می‌شوند. نواحی که با خط قرمز مشخص شده‌اند به عنوان مرز لایه‌ها و مقدار عددی این ناحیه‌ها به عنوان حد برشی آن ناحیه است. هر کدام از ناحیه‌های بین حدود برشی یک لایه در نظر گرفته شده و مقدار میانگین مقاومت هر ناحیه محاسبه شده و با a_1, a_2, a_3 مشخص می‌شود. سپس نمودار مقاومت ویژه در برابر عمق، برای توالی ماسه شیلی نازک‌لایه رسم می‌شود و مقدار حدود برش بر روی محور افقی نمودار مشخص می‌شود. با ترسیم خطی عمود بر حدود برش می‌توان ناحیه‌ها را روی این نمودار مشخص کرد. شکل ۶- ارتباط بین هیستوگرام با نمودار اصلی و مرز لایه‌ها را نشان می‌دهد. بر این اساس محل تلاقی نمودار مقاومت ویژه با حدود برش مرز لایه‌ها است. نواحی کمتر از حد برشی ناحیه-۱ با a_1 ، حدود برشی ناحیه-۲ با b و بیشتر از حدود برشی ناحیه-۲ با c نشان داده می‌شود و مقدار a_1 را به a ، مقدار a_2 به b و مقدار a_3 را به c نسبت داده و نمودار مقاومت مطابق با شکل ۷- رسم می‌شود.

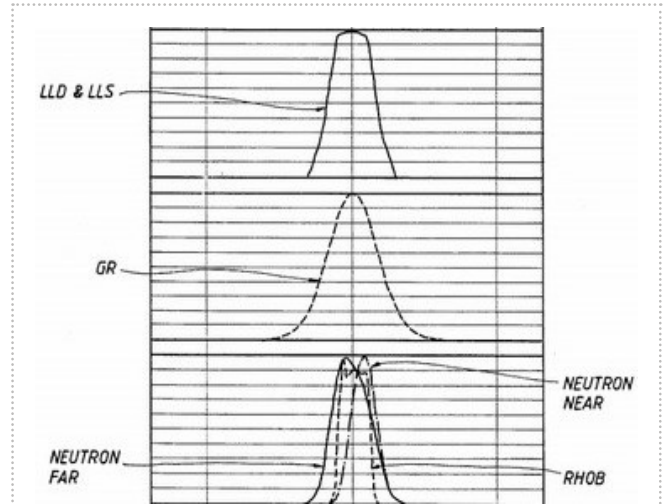
با رسم نمودار مقاومتی حاصل از جمع نمودارهای نشان داده شده در شکل ۷-، مقاومت هر لایه بر حسب عمق رسم می‌شود. این نمودار، نمودار مربعی اولیه با رزولوشن بالا (Basic High Res-olution Square Log) است. (شکل ۸-) در مرحله بعد باید نوع لیتولوژی‌های این لایه و تعیین رخساره (face) مشخص شود. ابتدا نوع لیتولوژی‌های موجود در توالی نازک‌لایه مشخص می‌شود. با استفاده از داده‌های مغزه در همان چاه یا چاه‌های مجاور، یا اطلاعات حاصل از کنده‌های حفاری (Cutting) می‌توان نوع لیتولوژی‌ها را تخمین زد. همچنین با استفاده از نمودارهای



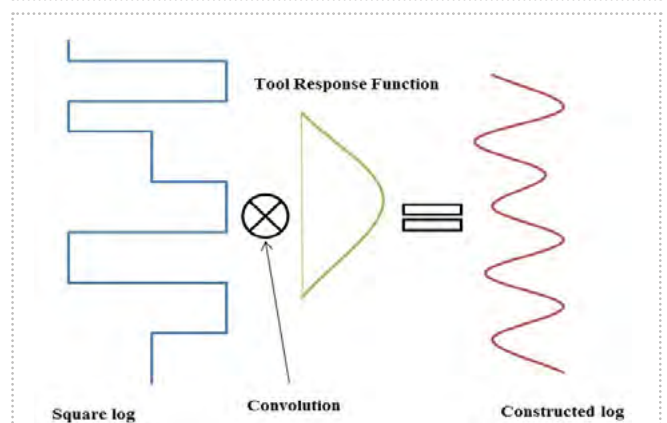
به عنوان مثال در توالی ماسه شیلی لایه‌ای، لیتولوژی‌های ماسه و شیل وجود دارد. با توجه به اینکه لیتولوژی‌های موجود در توالی ماسه شیلی لایه‌ای با لیتولوژی لایه‌های ضخیم مجاور از لحاظ ماهیت رسوب گذاری مشابهت دارند، لذا خصوصیات پتروفیزیکی مشابهی خواهند داشت. بنابراین پس از تعیین نوع رخساره برای هر ناحیه، مقدار نمودارهای با رزولوشن کم هر لیتولوژی بررسی شده و مقادیر بیشینه و کمینه آنها بدست می‌آید. برای نمونه، در مورد نمودار CGR، مقدار CGR در لایه شیلی ضخیم اطراف توالی ماسه شیلی لایه‌ای بررسی کرده و مقدار آن در این بازه بدست می‌آید. سپس این محاسبه برای لایه ماسه‌ای ضخیم اطراف توالی ماسه شیلی لایه‌ای انجام می‌شود. در شکل ۹- در بازه‌هایی که با حرف X نشان داده شده، خصوصیات ماسه ضخیم استخراج شده است. در خصوص سایر نمودارها مثل نوترون، دانسیته و... نیز همانند نمودار CGR مقادیر اندازه می‌شود. برای نمودار مقاومت، مقاومت شیل از مقدار مقاومت حقیقی سازند (Rt) لایه‌های ضخیم اطراف توالی ماسه شیلی لایه‌ای و مقاومت ماسه از مقدار مقاومت حقیقی سازند (Rt) لایه‌های ضخیم ماسه‌ای اطراف توالی ماسه شیلی لایه‌ای محاسبه می‌شود [۷]. با مقادیری که برای نمودارهای مختلف ماسه و شیل تعیین شد، مقدار بیشینه و کمینه برای هر لایه در توالی ماسه شیلی لایه‌ای تعریف می‌شود. براین اساس در نمودارهای CGR، نوترون و چگالی سازند، مقادیر متعلق به لایه ضخیم شیل را بیشینه و مقادیر قرائت شده از لایه‌های ضخیم ماسه را کمینه می‌باشد. در خصوص نمودار مقاومت حقیقی سازند بسته به اشباع سیالات در ناحیه‌های ماسه‌ای و شیلی، مقدار مقاومت حقیقی سازند در ناحیه شیلی می‌تواند بیشینه یا کمینه باشد که پس از مقایسه مقادیر قرائت شده از ناحیه‌های شیلی و ماسه‌ای اطراف توالی ماسه شیلی لایه‌ای، مقادیر بیشینه و کمینه تعیین می‌شود. سپس از محدوده‌های تعیین شده برای هر نمودار در هر رخساره، جهت بهینه کردن نمودارهای مربعی با رزولوشن بالا استفاده می‌شود.

با توجه به وجود تابع پاسخ عمودی مشخص برای هر ابزار (Vertical tool response function)، جهت بهینه‌سازی نمودارهای مربعی با رزولوشن بالا برای هر ابزار از عملیات کانولوشن (convolution) استفاده می‌شود و با ضرب تابع پاسخ عمودی هر ابزار در نمودار مربعی با رزولوشن بالا، نمودار جدیدی ایجاد می‌شود این نمودار را نمودار باز تولید (reconstructed log) می‌نامند. شکل ۱۰- تابع پاسخ عمودی مشخص برای ابزارهای نوترون، چگالی سازند، پرتو گاما و مقاومتی را نشان می‌دهد. پس از محاسبه تابع باز تولید، این نمودار، با نمودار اصلی با رزولوشن کم مقایسه می‌شود. اگر اختلاف این دو نمودار کم باشد، نمودار باز تولید را به عنوان نمودار باز تولید بهینه در

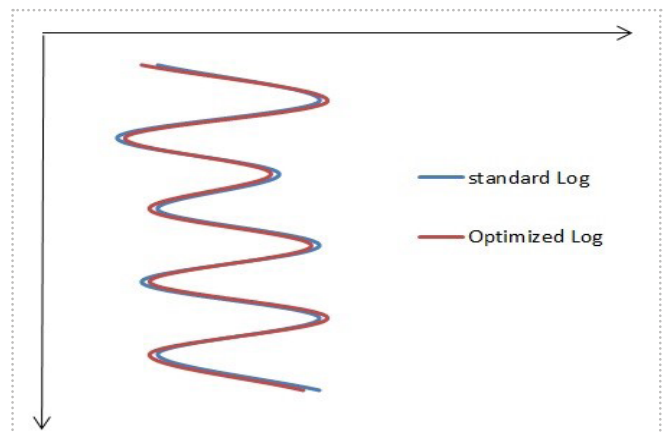
مقاطع (Cross Plot) سنگ‌شناسی حاصل از نمودارهای رایج آنالیز پتروفیزیکی مخزن (رزولوشن کم) می‌توان نوع لیتولوژی موجود در لایه‌های نازک لایه را تخمین زد.



شکل ۱۰ | تابع پاسخ عمودی مشخص برخی از نمودارها



شکل ۱۱ | نحوه ایجاد نمودار باز تولید از عملیات کانولوشن



شکل ۱۲ | نمودار قرمز نمودار باز تولید بهینه و نمودار آبی نمودار اصلی با رزولوشن کم

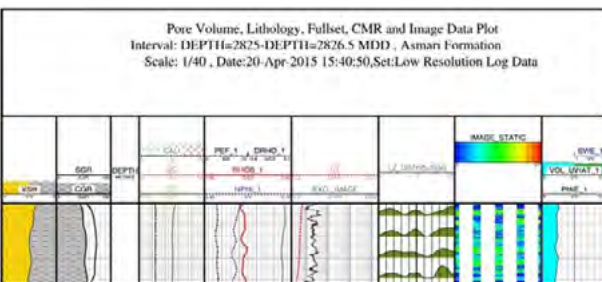
بهینه و متناظر با نمودار مربعی بهینه بدست آید. این فرآیند برای سایر نمودارها به صورت مجزا انجام می‌شود.

۲- برنامه رایانه‌ای تولید نمودارهای مربعی با رزولوشن بالا

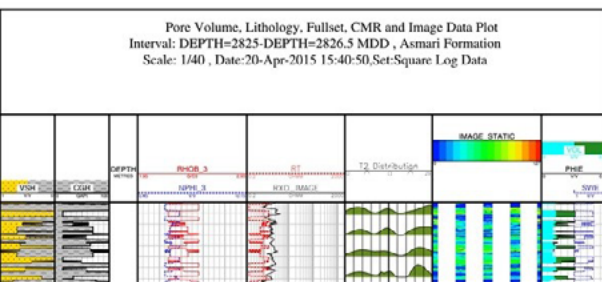
تولید نمودارهای مربعی یک روش تکرار شونده و زمان بر است



شکل ۱۵ | نقشه میادین نفتی ایران

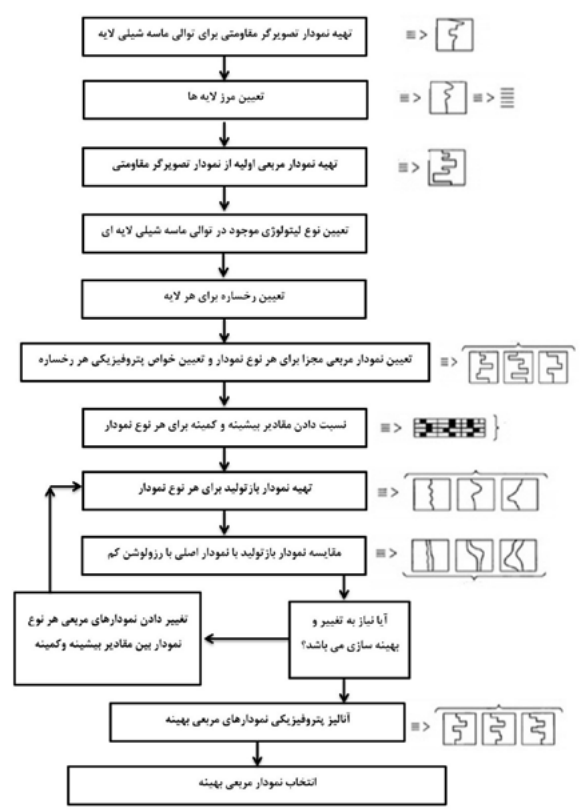


شکل ۱۶ | شمای توالی ماسه شیل نازک لایه در نمودار تصویرگر



شکل ۱۷ | نتایج آنالیز نمودارهای مربعی با رزولوشن بالا

نظر گرفته و نمودار مربعی که نمودار باز تولید بهینه از آن بدست می‌آید نمودار مربعی بهینه نامیده می‌شود. سپس آنالیز و محاسبات رایج پتروفیزیکی بر روی این نمودار مربعی بهینه انجام و جواب‌ها، نتایج نهایی آنالیز توالی ماسه شیلی لایه‌ای خواهد بود. در صورت اختلاف زیاد نمودار باز تولید با نمودار اصلی با رزولوشن کم، نمودار مربعی را با توجه به بیشینه و کمینه‌های مرحله قبل تغییر داده و سپس با عملیات کانولوشن نمودار باز تولید جدیدی بدست می‌آید. با مقایسه مجدد نمودار باز تولید با نمودار اصلی با رزولوشن کم و محاسبه اختلاف آن، عملیات تا کاهش اختلاف بین دو نمودار تکرار می‌شود تا نمودار باز تولید



شکل ۱۳ | شماتیک مراحل مختلف محاسبه نمودار مربعی بهینه با رزولوشن بالا



شکل ۱۴ | شمای گرافیکی برنامه ایجادکننده نمودارهای مربعی با رزولوشن بالا

در افق آسماری بصورت دو تاقدیس مجزا از هم (زین آسیبی) است. سازند آسماری در میدان نفتی اهواز در جنوب فروافتادگی دزفول شامل بخش ماسه سنگی اهواز است [۸].

در میدان اهواز چاه‌های بسیاری حفر شده و یکی از چاه‌ها برای بررسی انتخاب شد. در این چاه داده‌های Image و نمودارهای رایج ارزیابی پتروفیزیکی مخزن به طور کامل وجود دارد. با توجه به بررسی‌ها و مطالعاتی که بر روی نمودارهای این چاه انجام شد، مشخص شد که در سازند آسماری این چاه ماسه شیلی لایه‌ای وجود دارد.

در این مقاله بازه‌ای از این چاه که در آن ماسه شیلی لایه‌ای وجود دارد، با روش نمودارهای مربعی با رزولوشن زیاد مورد بررسی و آنالیز قرار گرفت و پارامترهای پتروفیزیکی از قبیل: ستون مفید هیدروکربنی (Net Hydrocarbon Column)، اشباع آب (Swe) و تخلخل (Φ) محاسبه شد.

۴- تعیین محل ماسه شیلی لایه‌ای با استفاده از نمودار تصویرگر مقاومتی

همان طور که بیان شد، یکی از کاربردهای عمده نمودار تصویری در بحث ماسه شیلی لایه‌ای، تعیین محل دقیق لایه‌های ماسه و شیل است. چراکه این نمودار دارای رزولوشن عمودی بالایی است. برای تعیین دقیق بازه ماسه شیلی لایه‌ای از نمودار تصویرگر مقاومتی از نوع OBMI استفاده شد. با توجه به بررسی انجام شده، این چاه بازه عمقی ۲۸۲۶/۵-۲۸۲۵ متر حفار دارای ماسه شیلی لایه‌ای است.

۵- آنالیز با روش نمودارهای مربعی با رزولوشن بالا

مراحل مختلف روش نمودارهای مربعی با رزولوشن بالا در ادامه توضیح داده شده است.

- تعیین مقادیر نمودارهای مختلف برای سازندهای شیل و ماسه تمیز ضخیم
- نمودارهای مربعی بهینه با رزولوشن بالا، برای بازه مورد نظر با استفاده از برنامه Matlab تعیین می‌شود.

- نمودارهای مربعی بهینه با رزولوشن بالا برای بازه مورد نظر رسم و با نرم افزار Geolog7/2 و روش Deterministic این نمودارها آنالیز می‌شود. برای محاسبه به روش Deterministic، ابتدا حجم شیل، سپس تخلخل با استفاده از نمودار مقاطع چگالی مخصوص سازند/نوترون اصلاحی و اشباع آب با استفاده از فرمول آرچی محاسبه می‌شود.

شکل ۱۷- نمودارهای مربعی بهینه با رزولوشن بالا محاسبه شده، نتایج آنالیز پتروفیزیکی (تخلخل، اشباع آب، لیتولوژی)، توزیع نمودار T_2 حاصل از ابزار CMR و تصویر استاتیک حاصل از نمودارهای تصویرگر به ترتیب در بازه عمقی ۲۸۲۶،۵-۲۸۲۵

که نیاز به محاسبات ریاضی پیشرفته دارد. بنابراین یک برنامه رایانه‌ای با استفاده از نرم افزار متلب (Matlab 2014) برای ساخت دقیق نمودارهای مربعی طراحی شد. این برنامه می‌تواند تمام مراحل را به طور کارآمد در یک زمان مناسب و کم انجام دهد. در این برنامه نمودارهای با رزولوشن کم، نمودارهای با رزولوشن بالا (تصویری) و تعداد میله‌های هیستوگرام به عنوان ورودی اولیه به برنامه تغذیه می‌شود. سپس نمودارهای مربعی محاسبه شده در کنار نمودارهای با رزولوشن کم رسم می‌شود. این برنامه به طور قابل ملاحظه‌ای می‌تواند به مهندسان پتروفیزیکی برای آنالیز ماسه‌های شیلی لایه‌ای کمک کند. حالت گرافیکی برنامه مذکور برای انجام عملیات تولید نمودارهای مربعی طراحی و ایجاد شده که در شکل ۱۴- نمایش داده شده است.

۳- استفاده از نمودارهای مربعی در میدان نفتی اهواز

میدان نفتی اهواز در استان خوزستان و در جنوب غربی ایران واقع است. این میدان تاقدیسی بطول ۶۷ و عرض ۶ کیلومتر مربع از شمال با میدان رامین (ملائانی)، از شرق با میدان مارون، از جنوب با میداین شادگان و منصوری و از غرب با میداین آب تیمور و سوسنگرد مجاور است. این میدان که دارای روند شمال غربی - جنوب شرقی (به موازات رشته کوه زاگرس) است،

۱ | مقادیر نمودارهای مختلف برای ماسه و شیل ضخیم اطراف بازه ماسه شیلی لایه‌ای

بازه عمقی (m)	۲۸۲۵ - ۲۸۲۶/۵
پارامتر	
R_T Shale	۱/۵۶
R_T Sand	۰/۲۵
CGR Shale	۱۰۰
CGR-Sand	۱۵
RHOB Shale	۲/۵۱
RHOB Sand	۲/۲۳
NPHI Shale	۰/۳
NPHI sand	۰/۲۲

۲ | میانگین خواص پتروفیزیکی با استفاده از نمودارهای رزولوشن بالای مربعی در دو حالت با اعمال حدود برش مناطق و بدون اعمال حدود برش

بازه عمقی (m)	با اعمال حدود برش مناطق				بدون در نظر گرفتن حدود برش			
	Net to Gross	تخلخل (%)	اشباع آب (%)	ستون مفید هیدروکربن (m)	Net to Gross	تخلخل (%)	اشباع آب (%)	ستون مفید هیدروکربن (m)
۲۸۲۵- ۲۸۲۶/۵	۰/۲۷۶	۲۴/۵	۴۳/۶	۰/۱	۱	۱۱/۳	۶/۵۶	۰/۰۷۳

نتیجه گیری

- ۱- ماسه‌های شیلی لایه‌ای نازک لایه، توانایی ذخیره و تولید هیدروکربن را دارند.
- ۲- روش نمودارهای مربعی با رزولوشن بالا، تعدادی نمودار با استفاده از نمودارهای تصویرگر و نمودارهای رایج ارزیابی پتروفیزیکی مخزن ایجاد کرده که با استفاده از این نمودارها می‌توان محل دقیق ماسه و شیل و خصوصیات پتروفیزیکی آن نظیر تخلخل و اشباع سیالات در توالی ماسه شیل لایه‌ای را محاسبه کرد.
- ۳- به دلیل وجود محاسبات پیچیده ریاضی و حجم زیاد محاسبات در روش نمودارهای مربعی با رزولوشن بالا، انجام محاسبات آن به صورت دستی تقریباً غیرممکن است. بنابراین در این مطالعه نرم‌افزار یارانه‌ای برای انجام محاسبات طراحی شد که باعث صرفه‌جویی در زمان و افزایش دقت محاسبات می‌شود.
- ۴- تعیین تعداد میله‌های هیستوگرام، پارامتر مهم و تأثیرگذاری در جواب روش نمودارهای مربعی با رزولوشن زیاد است. بنابراین تعداد میله‌ها برابر با یک سوم مجموع داده‌ها تعیین شد تا جواب‌ها دقیق باشد.

متر حفار را نشان می‌دهد. براین اساس لایه‌های حاصل از آنالیز پتروفیزیکی -به روش بالا- تطابق مطلوبی را با تصویر استاتیک حاصل از نمودارهای تصویرگر نشان می‌دهند. همچنین توزیع T_2 حاصل از نمودار CMR در بازه‌های عمقی مذکور به حالت دو یا چند کوهانه مشاهده می‌شود که نشان‌دهنده وجود ماسه‌های شیلی لایه‌ای در بازه‌های عمقی مذکور است. جدول ۲- نتایج حاصل از میانگین‌گیری به دو روش بدون اعمال حدود برش و با اعمال حدود برش مناطق (تخلخل ≤ 0.45 ، اشباع آب ≥ 0.5 و حجم رس ≥ 0.5) را بر روی نتایج حاصل از آنالیز نمودارهای رزولوشن بالای مربعی در بازه‌های عمقی که ماسه شیل لایه‌ای وجود دارد، نشان می‌دهد.

همان‌طور که در جدول ۳- در حالت اعمال حدود برش مناطق مشاهده می‌شود، تخلخل مفید میانگین در حدود ۲۲ تا ۲۴ درصد و اشباع آب بین ۴۱/۲ تا ۴۳/۶ درصد بوده که نشان‌دهنده وجود هیدروکربور با اشباع آب بالا است. هم‌چنین در حالت بدون اعمال حدود برش تخلخل مفید بین ۹ تا ۱۱ درصد با اشباع آب بین ۵۳ تا ۵۶ درصد محاسبه می‌شود.

منابع

- [1] Poupon, A., Clavier, C., Dumanoir, J., Gaymard, R., and Misk, A., 1970, "Log Analysis of Sand-Shale Sequences-A Systematic Approach", Journal of Petroleum Technology, v. 22, July, 1970, pp 867-881.
- [2] Passey, G.R., Dahlberg, K. E., Sullivan, K.B., Yin, H., Brackett, R. A., Xiao, Y.H., and Guzman-Garcia, A. G., "Petrophysical evaluation of hydrocarbon pore thickness in thinly bedded clastic reservoirs ". AAPG Archie Series, No.1, Tulsa, 2006.
- [3] Miguel Vielma, and Ricardo Vandini, "Hydrocarbon Reserves and Production Increment in Laminated Sand/ Shale Reservoir From 3D Resistivity Measurements, Image Logs and Magnetic Resonance Technology," SPE 107689, Argentina, 15-18 April 2007, pp 1-9.
- [4] Coates .G, Xiao.L, Prammer.M," NMR Logging Principles and Applications ", Halliburton, Houston U.S.A. 1999.
- [5] Miguel Vielma, and Ricardo Vandini, "Hydrocarbon Reserves and Production Increment in Laminated Sand/ Shale Reservoir From 3D Resistivity Measurements, Image Logs and Magnetic Resonance Technology," SPE 107689, Argentina, 15-18 April 2007, pp 1-9.
- [6] Tabanou J., Antoine J., "Method and apparatus for detecting and quantifying hydrocarbon bearing laminated reservoirs on a workstation", United States Patent 5461562, Schlumberger Technology Corporation and Houston, Tex, Oct. 24, 1995.
- [7] R. Bastia, A. Tyagi, and K. Saxena, Reliance Industries Ltd. and T. Klimentos, R. Altman, S. Alderman, and S. Bahuguna, Schlumberger., "Evaluation of Low-Resistivity-Pay Deepwater Turbidites Using Constrained Thin-Bed Petrophysical Analysis", SPE 110752, presentation at the 2007 SPE Annual Technical Conference and Exhibition held in Anaheim, California, U.S.A., November 2007, pp 11-14.
- [8] Memari, A., 2013. Evaluation of Surface Subsidence in One of Iran's Oil Fields Using INSAR1 Technique , American Journal of Oil and Chemical Technologies, 19-17.