نشریه علمی– پژوهشی زمین شناسی نفت ایران
Iranian Journal of Petroleum Geology

سال سیزدهم، شماره ۲۵، بهار و تابستان ۱۴۰۲ص ۷۸-۶۹
No.25, Spring & Summer 2023, pp. 69-78

شناسایی گاز در سنگ کربنات با استفاده از تبدیل موجک

حسن عمرانی[1*] ، هاشم عمرانی[2]

۱- کارشناس ارشد مهندسی شیمی، دانشگاه صنعت نفت اهواز، اهواز، ایران
۲- دکتری مهندسی نفت ، دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران
*Hassanomrani1378@gmail.com

دریافت اردیبهشت ۱۴۰۳، پذیرش تیر ۱۴۰۳

چکیده

از نمودارهای پتروفیزیکی برای شناسایی جنس سنگ و نوع سیال در مخزن استفاده می شود. شناسایی گاز در سنگ ماسه و کربنات یکی از کاربرد های مهم نمودارهای پتروفیزیکی است. اما شناسایی گاز در سنگ کربنات توسط نمودارهای پتروفیزیکی گاهی با عدم قطعیت همراه است. لذا در این حالت برای شناسایی گاز از ابزار R.F.T. (Repeat Formation Tester) استفاده می شود. ابزار R.F.T. فشار را در اعماق مختلف سنگ مخزن اندازه گیری می کند و با محاسبه گرادیان فشار نسبت به عمق نوع سیال شناسایی می شود. از معایب ابزار R.F.T. راندن آن در حضور دکل حفاری (افزایش دکل – روز)، هزینه راندن ابزار، ضرورت مناسب بودن قطر حفره چاه (عدم ریزش حفره چاه) ، نقاط با تخلخل نوترون بیش از ۱۵ درصد و همچنین گیر کردن ابزار در حفره چاه و مانده یابی آن است. هدف از این مطالعه ارائه روشی ساده و کاربردی جهت شناسایی گاز در سنگ کربنات می باشد. در این مطالعه با استفاده از تبدیل موجک ، نویز های موجود در داده های تخلخل و اشباع آب حذف و سپس با استفاده از داده های نویززدایی شده تخلخل و اشباع هیدروکربور، روشی ساده و کاربردی جهت شناسایی گاز در سنگ کربنات ارائه می شود. مهمترین دستاورد این مطالعه حذف ابزار R.F.T. و در نتیجه کاهش هزینه حفاری و مخاطرات ناشی از گیر ابزار R.F.T. در چاه است. نتایج این مطالعه نشان می دهند که با استفاده از روش ارائه شده با اطمینان می تواند نوع سیال را در سنگ مخزن شناسایی کرد.

واژگان کلیدی: تبدیل موجک، نمودارهای پتروفیزیکی، تخلخل، اشباع آب، شناسایی گاز در سنگ کربنات

۱- مقدمه

در سال های اخیر به صورت گسترده ای از تبدیل موجک برای آنالیز پدیده های دینامیکی استفاده می شود. تبدیل ریاضی موجک اطلاعات را از حوزه زمان به حوزه فرکانس یا حوزه زمان – فرکانس برده و اطلاعات موجود را به صورت شفاف نمایش می دهد . با معرفی تبدیل موجک پنجره جدیدی بر روی آنالیز سیگنال ها گشوده شد . تبدیل موجک موجب فراهم شدن یک بستر برای آنالیز سیگنال ها با قدرت تفکیک متفاوت می شود که توسط آن سیگنال اصلی را می توان با مجموعه ای از مولفه های متفاوت با تفکیک پذیری متفاوت نشان داد. این قابلیت در نشان دادن سیگنال در تفکیک پذیری متفاوت از مهمترین توانایی تبدیل موجک است. خصوصیات و چهره اصلی سیگنال را می توان از تفکیک پذیری متفاوت استخراج و از آن در شناخت الگو ها استفاده کرد [2,10,15,16,18]. آنالیز موجک قابلیت آشکار سازی بعضی از خصوصیات سیگنال را دارد که دیگر روش ها ی آنالیز سیگنال این خصوصیات را ندارند.

نفت و گازی که امروزه تولید می شود در منافذ سنگ های مخزن ذخیره شده اند . جنس سنگ مخزن و نفت، گاز و آب موجود در منافذ توسط نمودارهای پتروفیزیکی تعیین می شوند. عدم قطعیت در شناسایی نوع سیال توسط نمودارهای پتروفیزیکی سبب عدم قطعیت در تعیین سطوح تماس سیالات و ارزیابی ذخیره هیدروکربوری مخزن می شود. دو عامل مهم در تعیین ذخیره هیدروکربوری مخزن، تخلخل و اشباع هیدروکربور است. مقدار تخلخل از روی نمودارهای صوتی، جرم مخصوص و نوترون بدست می آید. نمودار تخلخل تحت تاثیر پارامترهای مانند جنس سنگ، سیا لات موجود در منافذ سنگ و شیل قرار می گیرند. با تلفیق دو یا سه نمودار از نمودارهای فوق اطلاعات دقیق تری از تخلخل بدست می آید. عامل دیگر مقاومت مخصوص سنگ است که مستقیما از روی نمودار مقاومت مخصوص اندازه گیری می شود. هیدروکربور مقاومت الکتریکی بیشتری را در مقابل جریان الکتریسیته نسبت به آب از خود نشان می دهد. هر چه درصد اشباع نمک های محلول در آب بیشتر باشند دارای مقاومت الکتریکی کمتری هستند و جریان الکتریسیته را بهتر از خود عبور می دهند. بطور کلی وجود نفت و گاز در خلل و فرج سنگ ها مقاومت الکتریکی آن ها را بیشتر می کند. مقاومت مخصوص سنگ تابعی از نسبت هیدروکربور به آب و درصد تخلخل است. از نمودارنگار مقاومت مخصوص و معادله آرچی برای محاسبه اشباع آب استفاده می شود [19]. ماسه سنگ های متخلخل که با آب پر شده اند مقاومت الکتریکی کمی از خود نشان می دهند. یکی از کاربردهای مهم نمودارهای پتروفیزیکی، استفاده جهت شناسایی نوع سیال در منافذ سنگ است. گنگ و همکاران [11] و دالبرگ و فرنس [9] برای شناسایی انواع سیالات مخزنی از نمودار های پتروفیزیکی استفاده کردند. گاهی این نمودار ها شفافیت لازم جهت تعیین نوع سیال را ندارند لذا از تبدیل موجک جهت تعیین نوع سیال استفاده شده است. امروزه استفاده ازتبدیل موجک در مسائل مختلف علوم زمین توسعه یافته است[5]. Wenyue و همکاران [20] از تکنیک تبدیل موجک برای شناسایی سیالات مخزنی استفاده کردند. ملاجان و همکاران [6] با استفاده از نمودار های پتروفیزیکی ، الگوریتمی جدید بر مبنای به کار گیری تکنیک های مختلف شناسایی الگو همچون طبقه بندی کننده بیزین و تبدیل موجک ارائه دادند. آنها همچنین از تکنیک موجک جهت تشخیص سطوح تماس سیالات استفاده کردند[7]. طاهردنگ کو و آبدیده [3] برای تشخیص زون های شکافدار و دانسیته شکاف از اشباع آب و تبدیل موجک استفاده کردند. آنها داده های اشباع آب را با استفاده از تبدیل موجک تجزیه کردند. همچنین برای فیلتر کردن خطاهای ایجاد شده در پیش بینی زون های شکافدار از نمودار گاما استفاده کردند که موجب بهبود نتایج تا ۸٤,۷ ٪ شد. در نهایت یک رابطه خطی بین اشباع آب و دانسیته شکاف بدست آوردند که توسط آن می توان دانسیته شکاف را در هر زون شکافدارتخمین زد. ملاجان و همکاران [17] یک روش

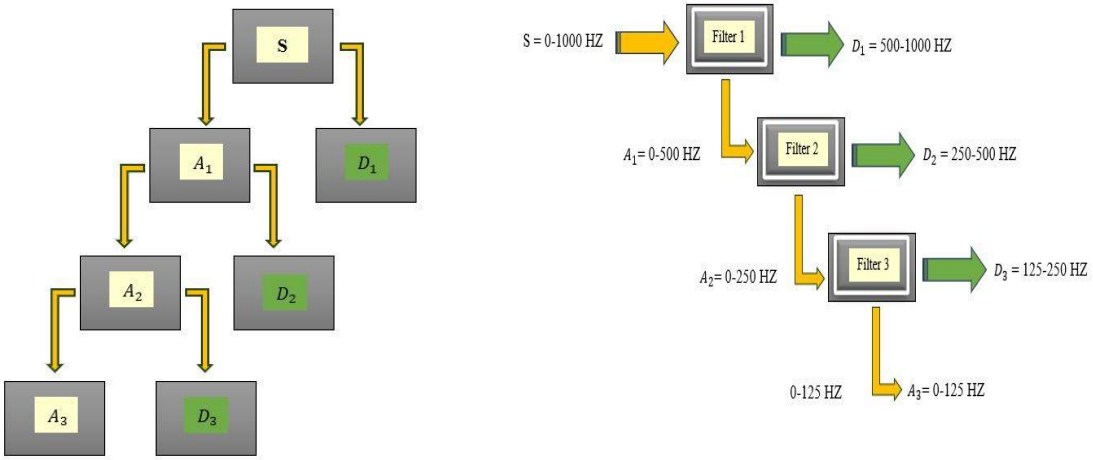
جدید با استفاده از پردازش ترکیب سه داده پیشنهاد کردند. آنها تکنیک های طبقه بندی ، تجزیه و تحلیل موجک و ترکیب داده های فازی را برای شناسایی انواع سیال مخزن با استفاده از نمودارهای پتروفیزیکی به کار بردند. آنها روش پیشنهادی را بر روی لاگ های سازند سروک مربوط به پنج حلقه چاه واقع در یک میدان نفتی در جنوب غربی ایران اعمال و برای اعتبار سنجی آن، نتایج بدست آمده را با نتایج حاصل از آزمایش تولید چاه ها مقایسه کردند. نتایج نشان دادن که روش پیشنهادیی آنها قادر به شناسایی انواع سیالات مخزن با دقت ٦٢ درصد است. حیدری و همکاران [12] از تبدیل موجک گسسته (DWT) برای استخراج زمان آرامش هیدروکربن (TH) از سیگنال‌های NMR استفاده کردند. آنها تغییرات TH منعکس شده در سطوح مختلف تفکیک را تجزیه و برای محاسبه آنتروپی سیالات هیدروکربنی در اعماق مختلف مخزن استفاده کردند. سپس با بررسی تغییرات آنتروپی، سطح تماس گاز و نفت در مخزن را تعیین و با نمودار چگالی – نوترون مقایسه کردند. حیدری [13] همچنین مطالعه ایی را با هدف ارائه روشی جدید برای تعیین اشباع آب با استفاده از تبدیل موجک و لاگ زمان آرامش عرضی transverse relaxation time log انجام داد. در لایه‌هایی که جنس آن‌ها مخلوطی از دو یا سه کانی (مانند دولومیت آهکی و دولومیت ماسه ای) یا دارای تخلخل بسیار کم هستند شناسایی گاز، نفت و آب در سنگ مخزن به کمک نمودار های پتروفیزیکی بسیار دشوار است. لذا این مطالعه با هدف ارائه روشی ساده و کاربردی جهت شناسایی گاز در سنگ کربنات ارائه شده است. در این مطالعه با استفاده ازتابع تبدیل موجک demy نویزهای موجود در داده های تخلخل و اشباع آب حذف می شوند. سپس با استفاده از داده های نویززدایی شده ی تخلخل و ا شباع هیدرو کربور الگویی جهت شناسایی سیالات به ویژه شناسایی گاز در سنگ کربنات ارائه می شود. جهت بررسی و ارزیابی نتایج حاصل از تبدیل موجک از نمودار .R.F.T و نمودار pore volume plot حاصل از نمودار های پتروفیزیکی، استفاده شد. مهمترین دستاورد این مطالعه حذف ابزار .R.F.T و در نتیجه کاهش هزینه حفاری و مخاطرات ناشی از گیر ابزار .R.F.T است. جهت تولید از مخزن و مطالعه آن ارائه روشی قابل اعتماد جهت شناسایی نوع سیال در سنگ مخزن ضروری است. نتایج حاصل از این تحقیق بیانگر موفقیت آمیز بودن الگو ارائه شده جهت شناسایی نوع سیالات در سنگ های ماسه ای و کربناته است. در حالی که اهمیت تبدیل موجک در شناسایی الگو اکنون مشخص شده است و علیرغم علاقه به استفاده از آن ، مطالعات کمی در زمینه تبدیل موجک در مهندسی نفت وجود دارد.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- تبدیل موجک

تئوری تبدیل موجک برای غلبه بر مشکلات تبدیل فوریه زمان کوتاه short time Fourier transform ارائه گردیده است. تبدیل موجک پیوسته یک روش تجزیه و تحلیل زمان – فرکانس می باشد. در این روش مسئله ی تقسیم سیگنال به بخش های مختلف با استفاده از مقیاس گذاری و انتقال دادن یک تابع حل می شود. این مراحل برای توابعی با مقیاس های مختلف تکرار می شود و در نهایت نتیجه حاصل به صورت مجموعه ای از اطلاعات آرگومان – فرکانس بدست می آید. ویژگی اصلی تبدیل موجک درمقابل تبدیل فوریه زمان کوتاه این است، که تمامی توابع پایه از انتقال و مقیاس تابع موجک مادر بدست می آیند. توابع تبدیل موجک مادر مختلفی تا کنون معرفی شده‌اند که می توان از تبدیل موجک مادر کلاه مکزیکی، هار و demy نام برد (شکل ۱). الگوریتم های متعددی برای گزینش تابع موجک مادر بهینه ارائه شده است[14]. بر اساس نظریه پارسوال، تابع موجک مادری مناسب است، که در آن تطابق بهتری بین انرژی سیگنال و انرژی سیگنال محاسبه شده توسط تابع موجک مادر وجود داشته باشد[1].

(الف) (ب)



شکل-۱: نمایی از روش نویززدایی موج ورودی (S) توسط تابع تبدیل موجک تا سه مرحله

شکل (الف) نمای کلی از نویززدایی موج ورودی (S)، A_1 موج فلیتر شده S در مرحله اول، که در مرحله بعدی مجددا فلیتر می شود، D_1 نویز موج S (در مرحله اول)، که در هر مرحله دور ریخته می شود، شکل (ب) یک مثال از نحوه‌ی فلیتر موج ورودی (S) توسط تابع تبدیل موجک تا سه مرحله

۲-۲- نمودار نگار نوترون

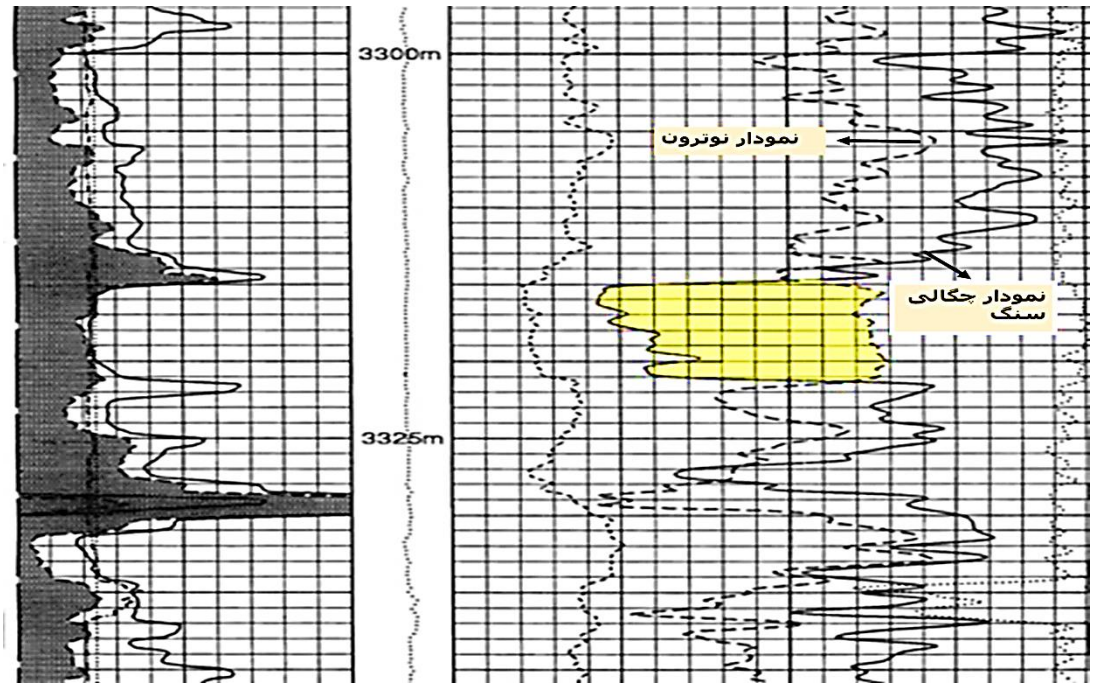
به کمک چشمه های پرتو زای مناسب، سازندها با نوترون های سریع و انرژی اولیه بین ٤ تا ٦ Mev (میلیون الکترون ولت) به شدت بمباران می شوند. به دلیل سرعت اولیه زیاد (۱۰۰۰۰ Km/s) نوترون ها قدرت نفوذ زیادی دارند. به این ترتیب نوترون ها در نفوذ خود، به صورت کشسان با هسته اتم های سازندهایی که سر راهشان قرار می گیرند برخورد کرده و به تدریج انرژی خود را از دست می دهند. نوترون ها ی سریع به دنبال برخورد های کشسان با هسته اتم مواد کند می شوند. انرژی از دست رفته در هر برخورد بستگی به زاویه ی برخورد و جرم هسته ی مورد بر خورد دارد. به دلیل نزدیکی جرم نوترون به هسته ی اتم نیتروژن، این اتم ها بیشترین سهم را در کند کردن نوترون ها دارند. برای روشن تر شدن آنچه که اتفاق می افتد، می توان برخورد نوترون با هسته اتم مواد را با عمل برخورد توپ های بیلیارد مقایسه کرد. زمانی که با گلوله ی سنگین تر از خود با زاویه ای دلخواه برخورد می کند، بدون این که انرژی زیادی از دست بدهد به سمت دیگری جهش پیدا می کند. برعکس در برخورد گلوله متحرک با گلوله ای به وزن مشابه، بر حسب زاویه ی برخورد، مقدار زیادی از انرژی خود را به آن انتقال می دهد که این برخورد حتی می تواند تمامی انرژی گلوله ی متحرک را بگیرد. در این بررسی ها نوترون ها و هسته ی اتم هیدروژن ها نقش گلوله های متحرک و ثابت با وزن های مشابه را دارند و اتم ها ی دیگر همانند گلوله های ثابت و سنگین هستند. احتمال برخورد نوترون ها با یک عنصر، تابعی از تعداد هسته اتم های این عنصر در واحد حجم و مقطع موثر اتمی آن است. پارامتر اخیر که واحد آن همانند واحد سطح است، در واقع به نوعی اندازه مانع یا سدی است که هسته مورد نظر در مقابل حرکت نوترون ایجاد می کند. این پارامتر خود تابعی از نوع عنصر و انرژی نوترون است [1]. از روی نمودار نوترون مقدار تخلخل سنگ بدست می آید (شکل ۲ را ببینید).

۳-۲- نمودار نگار چگالی

ابزار چگالی پرتوهای گاما را به سازند ارسال می کند. پرتوهای گامای ارسال شده توسط الکترون ها ی مدار آخر هسته ها پراکنده می شوند. در نتیجه این برهمکنش، پرتو گاما انرژی خود را از دست می دهد و الکترون ها از مدار خود خارج می شوند. این فرآیند، پراکندگی کامپتون نامیده می شود و برای تعیین چگالی سنگ استفاده می شود. اثر جذب فوتوالکتریک با انرژی کم زمانی رخ می دهد که پرتو گاما به طور کامل توسط الکترون ها جذب شود. پف (Pef), که یک شاخص جذب فوتوالکتریک است، با استفاده از پرتوهای گاما با انرژی کم اندازه گیری می‌شود و زمانی که ریزش دیواره چاه وجود نداشته باشد، شاخص لیتولوژی خوبی است. چگالی سازند، که ترکیبی از چگالی ماتریکس و سیال است توسط نمودارنگار چگالی نشان داده می شود. نمودار نوترون و نمودار چگالی برای کسب برخی نتایج با هم رسم می شوند. همبستگی بین این دو منحنی منجر به شناسایی بهتر لیتولوژی می شود. زمانی که نمودار چگالی و نوترون دارای مقادیر کمی باشند، نشان دهنده ماسه سنگ است، زمانی که دو نمودار روی هم قرار بگیرند، سنگ آهک را نشان می‌دهند و زمانی که مقادیر نوترون و چگالی افزایش یابند، نشان‌دهنده شیل است (شکل ۲ را ببینید).

٤-۲- شناسایی گاز با استفاده از نمودارنگارهای پتروفیزیکی نوترون-چگالی

شناسایی گاز با استفاده از نمودار های پتروفیزیکی در ماسه سنگ معمولا از اطمینان مناسبی برخوردار است. در این حالت به دلیل چگالی کم گاز و کاهش غلظت هیدروژنی ، نمودار چگالی سنگ در جهت کاهش(یعنی به سمت چپ، خط ممتد در شکل ۲) و نمودار نوترون نیز در جهت کاهش (یعنی به سمت راست، خط چین بزرگ در شکل ۲) سوق داده می شود و جدایش بین دو نمودار به بیش از پنج واحد می رسد . نمونه ای از این رفتار در شکل-۲ نمایش داده شده است . در لایه‌هایی که جنس آنها مخلوطی از دو یا سه کانی (مثل دولومیت آهکی و دولومیت ماسه‌ای) یا دارای تخلخل بسیار کم هستند،تعیین سطح تماس گاز و نفت به وسیله نمودارهای پتروفیزیکی بسیار دشوار است[4] .



شکل۲ : شناسایی گاز در ماسه سنگ با استفاده از نمودارهای پتروفیزیکی ناحیه زرد رنگ، اثر گاز در ماسه سنگ، جدایش بین نمودارچگالی سنگ و نمودار نوترون بیش از پنج واحد [4]

۵-۲- تعیین سیال مخزن با استفاده از ابزار .R.F.T

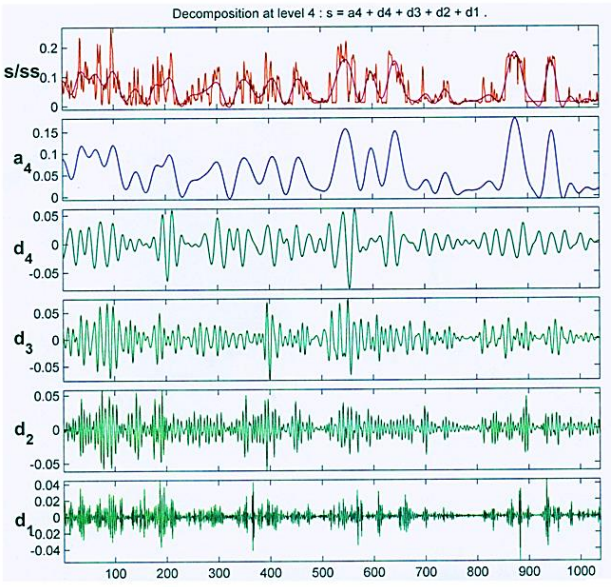
از نمودار های پتروفیزیکی برای شناسایی جنس سنگ و نوع سیال مخزن استفاده می شود. این نمودارها توانایی شناسایی هیدروکربور و آب را در سنگ های کربنات و ماسه ای و همچنین شناسایی گاز در ماسه سنگ را دارند اما گاهی شناسایی گاز در سنگ کربنات همراه با عدم قطعیت است. جهت شناسایی سیال و تعیین فشار مخزن در اعماق مختلف از ابزاری که فشار را در اعماق مختلف مخزن اندازه می گیرد (.R.F.T) ، استفاده می شود. از محا سبه تغییرات فشار بر حسب عمق نوع سیال مخزن شناسایی می شود (نمودار سمت راست شکل ۵). گا هی به دلیل پیچیدگی جنس سنگ و ضخامت کم آن یا عواملی مانند تخلخل حفره ای و هجوم سیال گل حفاری بدرون مخزن شناسایی سیال مخزن توسط ابزار .R.F.T با عدم قطعیت همراه است.

۳- یافته ها

چاه "الف" از یک میدان نفتی به گونه ایی انتخاب شد که نمودارهای کامل پتروفیزیکی و ابزار .R.F.T در آن رانده شده بود. همچنین انتخاب چاه به گونه ای بود که حفره ی آن شامل سنگ های کربنات و ماسه و سنگ ها حاوی نفت، گاز و آب باشند. جهت آنالیز داده ها از تابع تبدیل موجک demy استفاده شد. بدین ترتیب که نویزهای داده های تخلخل و اشباع آب توسط تابع تبدیل موجک demy حذف شدند. نویززدای داده ها تخلخل (شکل ۳) و اشباع آب (شکل ٤) تا ٤ مرحله انجام شد. سپس با استفاده از نمودار نهایی نویززدای شده تخلخل (نوترون) (شکل ۳ تراک a_4) و اشباع آب (نمودار مقاومت مخصوص)(شکل- ٤ تراک a_4)، میزان اشباع هیدروکربوری (hydrocarbon saturation) (Shyd) با استفاده از معادله (۱) محاسبه شد. در شکل- ۵ (نمودار سمت چپ) ، نمودار نهایی نویززدای شده تخلخل همراه با نمودار میزان اشباع هیدروکربوری نسبت به عمق رسم شده اند.

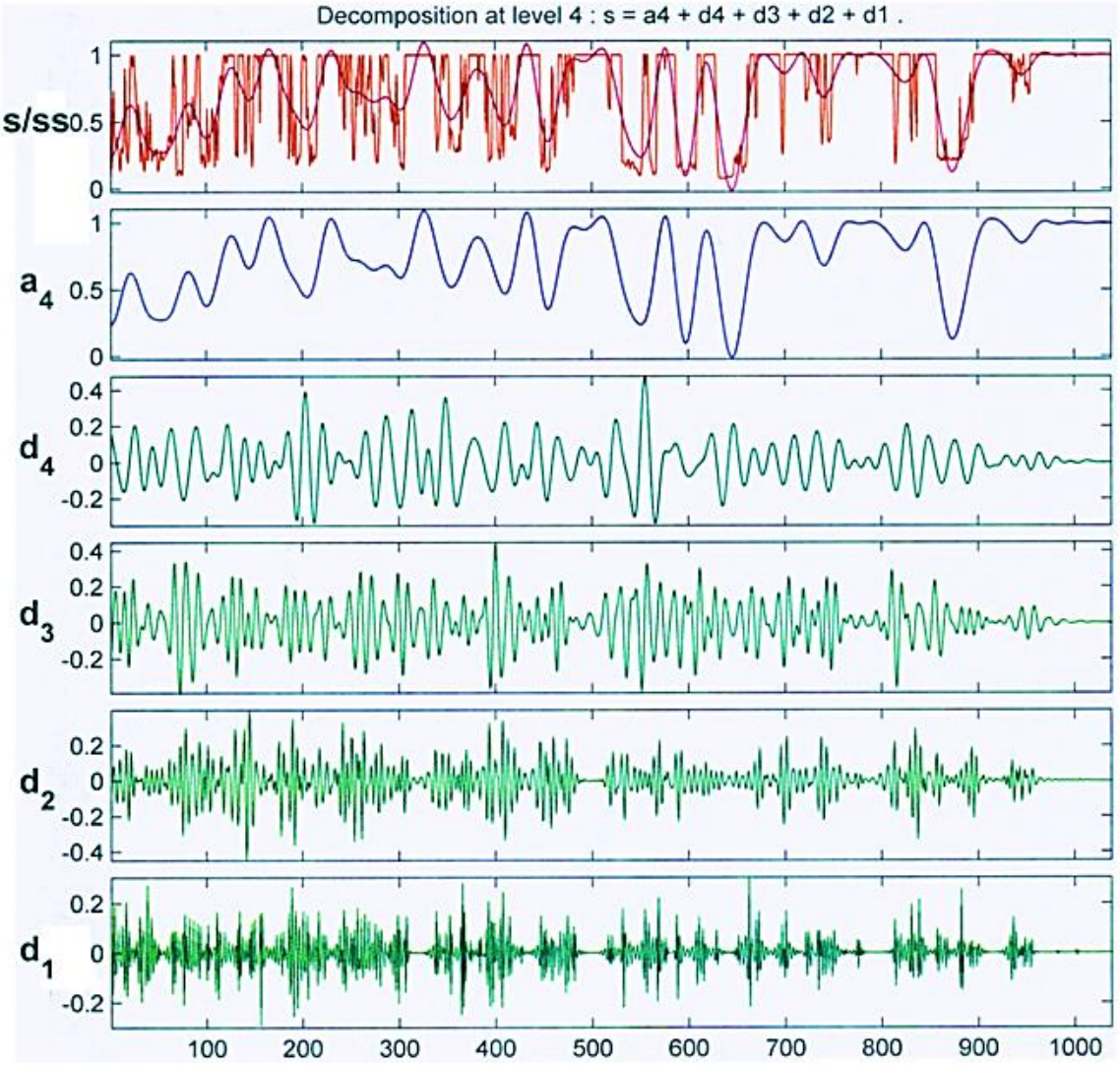
$$Shyd = (1-Sw) \times \emptyset \qquad (1)$$

جهت بررسی و ارزیابی نتایج حاصل ازتابع تبدیل موجک demy از نمودار Pore volume plot حاصل از نمودارهای پتروفیزیکی و نتایج حاصل از ابزار .R.F.T (نمودار سمت راست شکل ۵) استفاده شد.



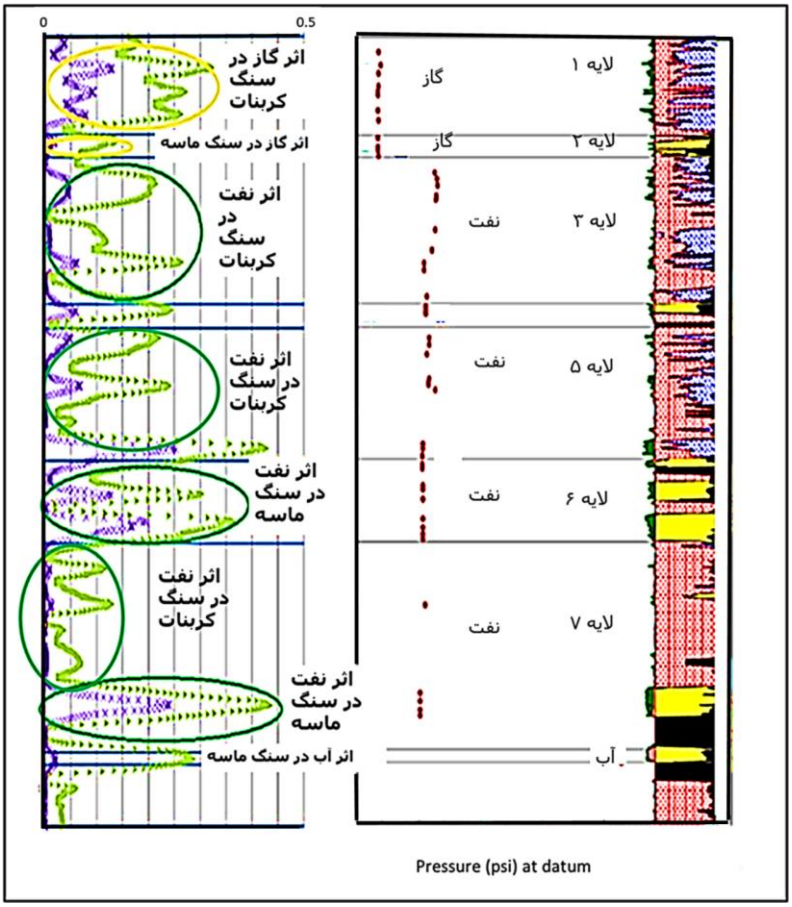
شکل- ۳: نتایج حاصل از نویززدایی داده های تخلخل چاه "الف" توسط تابع تبدیل موجک demy تا ٤ مرحله

محور عرض تخلخل را به صورت کسری و محور طول عمق چاه را بر حسب متر نشان می دهند (بر مبنای عمق ورود به مخزن). تراک اول (S/SS) سیگنال حاصل از نمودار پتروفیزیکی است. تراک دوم (a_4) اطلاعات پتروفیزیکی سیگنال (S/SS) پس از چهار مرحله نویززدایی را نشان می دهد. تراک های d_1، d_2، d_3 و d_4 سیگنال های نویز، سیگنال S/SS هستند (شکل ۱ را ببینید).



شکل- ٤: نتایج حاصل از نویززدایی داده های اشباع آب چاه "الف" توسط تابع تبدیل موجک demy تا ٤ مرحله

محور عرض اشباع آب را به صورت کسری و محور طول عمق چاه را بر حسب متر نشان می دهند (بر مبنای عمق ورود به مخزن).تراک اول (S/SS) سیگنال حاصل از نمودار پتروفیزیکی است. تراک دوم (a_4) اطلاعات پتروفیزیکی سیگنال (S/SS) پس از چهار مرحله نویززدایی را نشان می دهد. تراک های d_1، d_2، d_3 و d_4 سیگنال های نویز، سیگنال S/SS هستند (شکل ۱ را ببینید).



شکل- ۵: نتایج حاصل از آزمایش R.F.T. ، Pore Volume Plot و تابع تبدیل مو جک demy در چاه "الف"

در شکل ۵ نمودار سمت چپ، نمودار سبز رنگ، تخلخل و نمودارنفش رنگ، میزان اشباع هیدروکربوری را نشان می دهد. نمودار سمت راست ، نمودار Pore volume plot حاصل از نمودارهای پتروفیزیکی و نتایج حاصل از ابزار R.F.T. را نشان می دهد در نمودار فوق نمودارهای زرد رنگ، قرمز رنگ ، آبی رنگ و سیاه به ترتیب نشان دهندهی ماسه سنگ، سنگ آهک، دولومیت و شیل است.

٤- بحث

در سنگ ماسه ای گاز از روی نمودار های پتروفیزیکی نوترون-چگالی چنانچه سنگ دارای ضخامت کافی باشد، قابل شناسایی است (شکل ۲ را ببینید). در روش پیشنهادی همانگونه که در شکل- 5 دیده می شود تاثیر گاز در سنگ ماسه ای بصورت کاهش میزان اشباع هیدروکربوری دیده می شود. علت آن کاهش میزان تخلخل نوترون ناشی از وجود گاز در سنگ ماسه ای است. در حالی که میزان اشباع هیدروکربوری در سنگ ماسه ای نفتی بیشتر از حالت گازی نشان داده می شود (نمودار بنفش در شکل ۵، لایه های، ۲ و ٦ و ۷ را ببینید).

هر گاه نمودارهای پتروفیزیکی قادر به شناسایی گاز در سنگ کربنات نباشند، برای شناسایی گاز در سنگ کربنات از ابزار R.F.T. استفاده می شود. این ابزار در صورتی استفاده می شود که حفره ی چاه از وضعیت مناسب برخوردار باشد (بدون فروریختگی) همچنین سنگ داری تخلخل نوترون مناسب باشد. در روش پیشنهادی همان گونه که در شکل ۵ (لایه ۱ نمودار

بنفش) دیده می شود گاز در سنگ کربنات باعث افزایش میزان اشباع هیدروکربور شده است. حال آن که در سنگ کربنات حاوی نفت میزان اشباع هیدروکربور ، مقدارکمتری را نشان می دهد (نمودار بنفش در شکل ۵، لایه های، ۳، ۵ و ۷ را ببینید). نمودارهای پتروفیزیکی قادر به شناسایی آب در ماسه سنگ و کربنات هستند. وجود آب در سنگ باعث کاهش میزان اشباع هیدروکربور می شود. در روش ارائه شده در شکل5 (لایه ۸ نمودار بنفش) تاثیر آب در سنگ ماسه ای بصورت کاهش میزان اشباع هیدروکربوری دیده می شود.

۵- نتیجه گیری

از نمودار های پتروفیزیکی برای شناسایی جنس سنگ و سیال مخزن استفاده می شود. این نمودار ها توانایی شناسایی هیدروکربور و آب را در سنگ های کربنات و ماسه ای را دارند اما گاهی شناسایی گاز در سنگ کربنات همراه با عدم قطعیت است. جهت شناسایی گاز در سنگ کربنات از ابزار .R.F.T استفاده می شود. در این مطالعه توسط تابع تبدیل موجک demy نویز های موجود در نمودارهای تخلخل و اشباع آب حذف شدند سپس با رسم نمودار تخلخل و اشباع هیدروکربور روشی جدید جهت شناسایی گاز در سنگ کربنات پیشنهاد شد. این روش میزان اشباع هیدروکربور در سنگ کربنات حاوی گاز را بیش از سنگ کربنات حاوی نفت نشان می دهد. حذف ابزار .R.F.T و در نتیجه کاهش هزینه های حفاری و مخاطرات ناشی از راندن ابزار .R.F.T ، دستاورد این روش است.

تشکر و قدر دانی

نویسندگان از شرکت ملی نفت- مناطق نفت خیز جنوب به دلیل در اختیار قرار دادن اطلاعات و مستندات مورد نیاز، نهایت تشکر و قدر دانی را می نمایند. همچنین از داوران محترم این مقاله جناب آقایان دکتر علیرضا بشری (رئیس انجمن زمین شناسی نفت ایران) و دکتر بهمن سلیمانی (استاد دانشگاه شهید چمران اهواز) کمال تشکر و قدردانی را داریم.

منابع

[۱] ابرتو سرا، ۱۳۷۸ ، چاه نگاری ، ترجمه ی دکتر غلام حسین نورزی، ٤٨٤ صفحه

[۲] صادق نژاد، س. پیشوایی،م.ر.بزرگمهری،ر.، ۱۳۸٦، تئوری موجک در مهندسی نفت: مجله ی اکتشاف و تولید، شماره ٤٣ ، صفحه ۲-۷

[۳] طاهردنگ کو، ر. آبدیده، م .،۱۳۹۳ ،آشکار سازی شکاف با استفاده از نمودار اشباع آب و آنالیز تبدیل موجک، دومین همایش ملی نفت و گاز ایران، کرمان،https://civilica.com/doc/309455

[٤] عادل زاده ،م. ۱۳۸۵، اصول مهندسی بهره‌برداری و تولید، جلد سوم، انتشارات ستایش، ۱۰٤۷ صفحه

[۵] عزیزی، ه.، تخم چی، ب.، احمدی نوبری، ح.، ۱۳۹۰ ، اهمیت گزینش موجک مادر بهینه در تحلیل داده ها در حوزه علوم زمین، فصل نامه زمین شناسی ایران، شماره هجدهم، صفحات٧٦-٦٣

[٦] ملاجان ، م.معماریان ،ح.تخم چی ،ب.، 1395 ، بکارگیری روش های تشخیص الگو جهت شناسایی سیالات مخزنی با استفاده از داده های پتروفیزیکی، مجله زمین شناسی نفت ایران، دوره ۱ شماره ۲

[۷] ملاجان ،ا.جاوید، م.معماریان ،ح.تخم چی ،ب.شرکتی ،ش.، ۱۳۹۰، تشخیص سطوح تماس سیالات مخزنی و نقش آن در تعیین سطوح سیالات پس از ذخیره سازی با استفاده از تکنیک موجک، اولین کنفرانس مجازی ذخیره سازی زیر زمینی مواد هیدروکربوری، شاهرود

[8] BURRUS, C.S., Guo, H., GOPINATH, R.A., 1997, Introduction to Wavelet and Wavelet Transforms, *A Primer, Prentice Hall*, 268.
[9] DAHLBERG, KE., FERENCE, MV., 1984, A quantitative test of electromagnetic propagation (EPT) log for residual oil Determination,presented at 25th soc. of professional well log analyst annual logging symposium: *New Orlean; Pager DDD*
[10] DAUBECHIES, I., 1990, The wavelet transform, time-frequency frequency localization and signal analysis, *IEEE Trans Inform.* Theory, 39, 961-1005.
[11] GENG X., YOUNG Y., LU, P., ZHAO, S., 1983, Delectric log-a logging method for determining oil saturation: *Petroleum Technology* 35(10),1797-1805
[12] HEIDARI, M., et al.,2019, Determining the gas and oil contact through wavelet analysis on nuclear magnetic resonance log data: *Applied Geophysics* 168: 79-89.
[13] HEIDARI, M., 2021, A novel computational method for determination of water saturation in oil reservoirs using discrete wavelet transform and nuclear magnetic resonance (NMR) T2 log:*Petroleum Science and Engineering* 205: 108828.
[14] MALLAT, S., 1999, A wavelet tour of signal processing: *Academic Press*, p. 66
[15] MALLAT, S.G., 1989, A theory for multiresolution signal decomposition: The wavelet representation: *IEEE Trans, Pattern Anal. Machine Intell*., 45, 674-693.
[16] MARAUM, D., KURTHS, J., 2004, Cross wavelet analysis: significance testing and pitfalls: *Nonlinear Processes in Geophysics*, 11, 505-514.
[17] MOLLAJAN, A., MEMARIAN ,H., TOKHMCHI, B., Proposing a new integral method for fluid type identification from petrophysical logs in a carbonate reservoir: *Energy exploration & exploitation* 31.6: 895-908.
[18] POLICAR, R., 1999, The Story of Wavelet, *IMACS/IEEE CSCC*, 5481-5486.
[19] Schlumberger Log Interpretation Principles/Applications. 1998. Seven Printing. *March Sugar Land, Texas 77478*
[20] WENYUE, ZH., TAU, G., WULIU, Z., 2006, Identifying reservoir fluids by wavelet transform of well logs: *Society of Petroleum Engineers (SPE)*, 10 pages.

نشریه علمی– پژوهشی زمین شناسی نفت ایران
سال سیزدهم، شماره ۲۵، بهار و تابستان ۱۴۰۲ص۶۹-۷۸
Iranian Journal of Petroleum Geology
No. 25, Spring & Summer 2023, pp.69-78

Identification of gas in carbonate rock using wavelet transform

Hassan Omrani[1*], Hashem Omrani[2]
1- Gas Engineering Department, Petroleum University of Technology, Ahvaz, Iran
2- Depatment of Petroleum Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

[*] HassanOmrani1378@gmail.com

Received: May 2024, Accepted: July 2024

Abstract
Gas can be diagnosed in clean sand rock by petrophysical log. It is not easy to determine the gas in carbonate rock by petrophysical log. The R.F.T. tool is used to determine the gas in carbonate rock. The fluid density in the rock is determined by calculating the pressure difference related to depth. The R.F.T. tool has some disadvantages, such as being expensive, taking much time to run, and rock having a neutron porosity of about 15%, and sometimes the R.F.T. tool is stuck in well. This study applies the wavelet transformation, a recent advance in signal analysis technique, to detect reservoir rock fluid. The porosity and water saturation are denoised using the " demy " mother wavelet. At last, the pore hydrocarbon saturation, porosity denoise by the " demy " wavelet, pore volume plot and R.F.T. tool are plotted together in one figure to identify the kind of fluid in sand and carbonate rocks.

Key words**:** Wavelet transform, petrophysical diagrams, porosity, water saturation, gas detection in carbonate rockShortening