



## آشکارسازی شکاف در مخازن شکافدار طبیعی با استفاده از آنالیز تبدیل موجک

رضا طاهر دنگ کو<sup>۱</sup>، محمد آبدیده<sup>۲</sup>

دانشگاه آزاد اسلامی واحد امیدیه، گروه مهندسی نفت، امیدیه، ایران  
Reza.taherdangkoo@gmail.com

### چکیده

تشخیص شکستگی یک گام کلیدی برای توصیف و مدل سازی مخازن محسوب می شود و در مدل سازی مخازن شکافدار درک خواص شکاف ضروری است. در واقع شکستگی نقش بسیار مهمی در تولید نفت و گاز بوسیله معرفی مسیره های با تراوایی بالا به سمت محیط متخلخل ایفا می کند و چالش اصلی پیدا کردن محل قرارگیری آنها است. در این مطالعه برای تشخیص زون های شکافدار و دانسیته شکاف نمودار اشباع آب بکار برده شد. برای آشکارسازی شکاف از تبدیل موجک (که برای تشخیص تغییرات و ویژگی های محلی داده ها بسیار مناسب است)، استفاده کرده ایم. در اینجا تبدیل موجک یک بعدی (DWT) مورد استفاده قرار می گیرد و جهت انتخاب موجک مادر بهینه از الگوریتم تطبیق انرژی و بسته موجک استفاده خواهد شد. داده های نمودار اشباع آب با استفاده از تبدیل موجک تجزیه شد که نشان داد اکثر اطلاعات در محدوده های فرکانس پایین قرار دارند. همچنین برای فیلتر کردن خطاهای ایجاد شده در پیش بینی زون های شکافدار از نمودار گاما استفاده شد که موجب بهبود نتایج تا ۸۴٫۷٪ شد. در نهایت یک رابطه خطی بین انرژی سیگنال نمودار اشباع آب و دانسیته شکاف بدست آمد که بوسیله آن می توان دانسیته شکاف را در هر زون شکافدار تخمین زد. این روش در میدان مارون سازند آسماری (جنوب غربی ایران) بکار برده شد و نتایج امیدوار کننده ای به همراه داشت که امکان تعمیر روش پیشنهادی را در مناطق دیگر و میادین جدید نشان می دهد.

واژه های کلیدی: تبدیل موجک، نمودار اشباع آب، شکاف، نمودار تصویری، تبدیل فوریه

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی نفت

۲- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد امیدیه

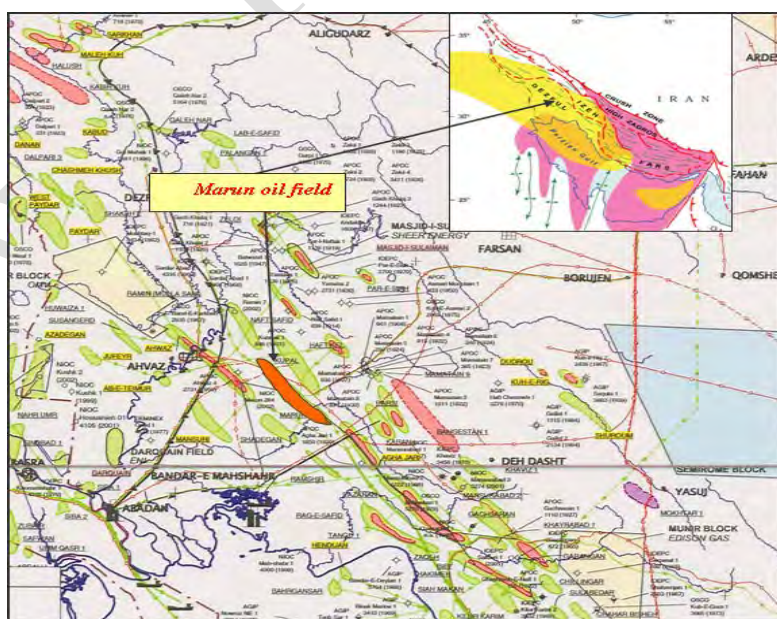


## ۱- مقدمه

شکستگی ها رایج ترین رخنمون های زمین شناسی هستند که ممکن است در هر رخنمون سنگی وجود داشته باشند. شکستگی ها بر روی رفتار مخازن شکافدار مانند جریان سیال و تولید اثر می گذارند و می توانند به دو روش مستقیم و غیر مستقیم با استفاده از داده های لرزه نگاری، نمودارهای پتروفیزیکی، چاه آزمایشی، تاریخچه هرزروی گل و توصیفات مغزه بدست آیند [1]. با این حال، هر یک از این روش ها محدودیت هایی دارند که استفاده از آنها را محدود می کند. از اواسط سال ۱۹۸۰ با معرفی ابزار تصویرگر دیواره چاه تشخیص شکستگی و توصیف خصوصیات شکاف کمتر مشکل ساز شده است. به دلیل اینکه این تکنولوژی اخیراً توسعه یافته و هزینه آن در مقایسه با هزینه های معمول نمودارگیری چاه بسیار گران می باشد، نمودار تصویری یک نمودار معمول برای هر چاه حفاری شده نیست.

تلاش های بسیاری برای آشکاری سازی شکاف در مخازن شکافدار صورت گرفته است. Hsu و همکاران (۱۹۸۷)، Daugui و همکاران (۱۹۹۷)، Sahimi و همکاران (۲۰۰۱)، Dutta و همکاران (۲۰۰۷)، Tokhmechi و همکاران (۲۰۰۹) از روش های مختلفی برای آشکاری سازی شبکه شکاف استفاده کرده اند [1-5].

در این مطالعه از تبدیل موجک برای تجزیه نمودار اشباع آب جهت تشخیص شکستگی استفاده می کنیم. از نمودار گاما برای فیلتر کردن خطا های ایجاد شده استفاده میکنیم و نتایج در مقابل نمودار تصویری کالیبره می شوند. در نهایت یک رابطه خطی بین انرژی سیگنال نمودار اشباع آب در زون های شکافدار و دانسیته شکاف بوجود آمد. این رابطه می تواند برای تعیین دانسیته شکاف بوسیله نمودار اشباع آب استفاده شود. این تحقیق در میدان نفتی مارون، یکی از میادین نفتی جنوب غربی ایران، جایی که توالی زون های شکافدار مشاهده شده است بکار برده شد. شکل ۱ موقعیت میدان مارون در ارتباط بامیادین مجاور در فروافتادگی دزفول را نشان می دهد. میدان نفتی مارون از یک طاقدیس بزرگ تشکیل شده است که در امتداد شمال غربی- جنوب شرقی گسترش یافته است و طول آن حدود ۶۵ کیلومتر و عرض آن حدود ۱۰ کیلومتر است. میدان مارون از اطراف توسط میدان های اهواز، رامین، کوپال، خويز، رامشیر و شادگان احاطه شده است. فاصله بین ستیغ مخزن تا عمیق ترین سطح تماس آب و نفت در سازند آسماری حدود ۲ کیلومتر است.



شکل ۱- موقعیت میدان مارون در ارتباط با میادین مجاور در فروافتادگی دزفول

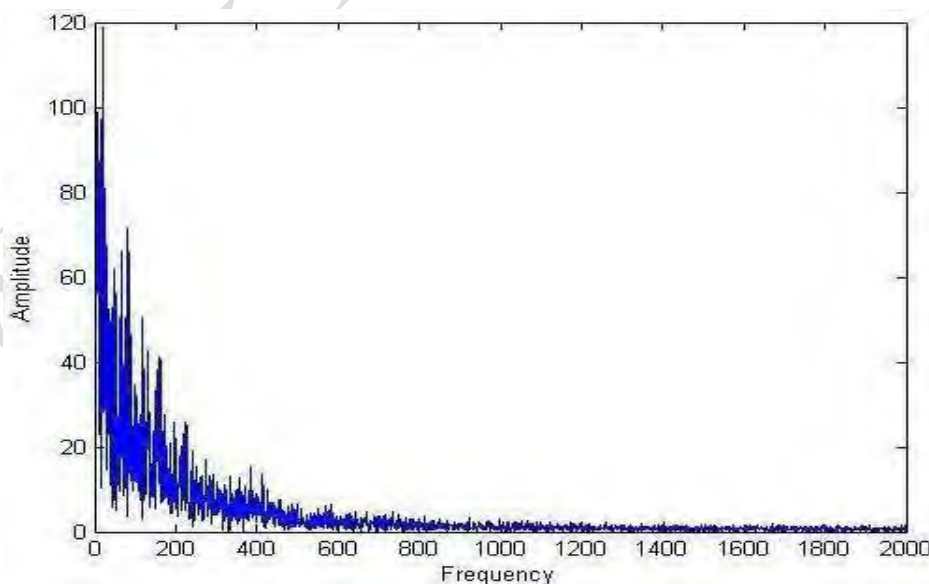


## ۲- آنالیز تبدیل موجک

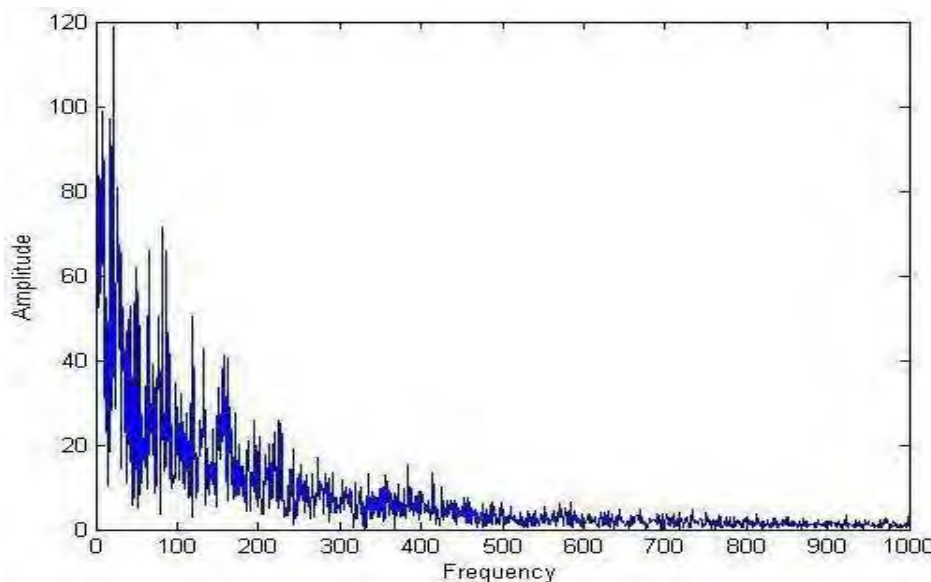
استفاده از تبدیل های تجزیه سیگنال همچون فوریه و موجک کمک شایانی به شناسایی ویژگی های نهفته در داده ها می کند. تبدیل موجک ویژگی های منحصر به فردی دارد که مطلوبیت استفاده از آن را به مراتب افزایش می دهد و امروزه استفاده از موجک در مسائل مختلف علوم زمین توسعه فراوانی یافته است [6]. الگوریتم های متعددی برای گزینش موجک مادر بهینه ارائه شده است و حتی روش هایی برای ساخت موجکهای مادر مختص هر مجموعه داده ارائه شده اند که به نحو بسیار مطلوبی می توانند موجک مادر مناسب برای تجزیه داده ها را ارائه دهند. برای مثال روش گابور که توسط ریاضیدان انگلیسی ارائه شده موجک مادر مناسب برای هر مجموعه ای از داده را پیدا می کند [7]. البته بدیهی است که جستجو بین موجک های مادر موجود و گزینش موجک مادر مطلوب برای تجزیه داده ها به مراتب از ساخت موجک مادر جدید ساده تر خواهد بود.

در این مطالعه تبدیل موجک یک بعدی (DWT) مورد استفاده قرار می گیرد و جهت انتخاب موجک مادر بهینه از الگوریتم تطبیق انرژی و بسته موجک استفاده خواهد گردید. در این الگوریتم، ابتدا تبدیل فوریه سیگنال گرفته شده و محدوده های بسامدی که انرژی سیگنال در آنها غالب است، شناسایی می شوند. سپس سیگنال توسط موجک های مادر مختلف تجزیه شده و انرژی سیگنال در محدوده های بسامدی که انرژی سیگنال حاصل از تبدیل فوریه آنها غالب بود، محاسبه می شود. بر اساس نظریه پارسوال، موجک مادری مناسب تر است، که در آن تطابق بهتری بین این دو انرژی سیگنال محاسبه شده وجود داشته باشد [8]. چرا که بالا بودن انرژی سیگنال در هر محدوده بسامدی، به مفهوم تمرکز اطلاعات در آن محدوده است. بنابراین با توجه به بیشینه بودن قابلیت تفکیک بسامدی فوریه، تطابق عملکرد تجزیه هر موجک مادر با فوریه به معنی قابلیت تفکیک بسامدی مطلوب آن موجک مادر خواهد بود.

شکل های ۲-الف و ۲-ب تبدیل فوریه نمودار اشباع آب را به منظور یافتن محدوده بسامدی حاوی انرژی سیگنال بالا جهت اجرای الگوریتم تطابق انرژی، به ترتیب در کل و بخشی از محدوده بسامدی نشان می دهند. همانطور که مشاهده می شود بخش اعظم انرژی نمودار اشباع آب در محدوده های بسامدی پایین نهفته است.



شکل ۲-الف) تبدیل فوریه نمودار اشباع آب در کل محدوده بسامدی



شکل ۲-ب) تبدیل فوریه نمودار اشباع آب در بخشی از محدوده بسامدی

در جدول ۱ نتایج شناسایی موجک مادر بهینه آورده شده است. در این جدول، محدوده بسامدی مورد بررسی برای الگوریتم تطابق انرژی در ستون تبدیل فوریه آورده شده است. در محدوده بسامدی مشخص شده، درصد انرژی نمودار اشباع آب تبدیل یافته با تبدیل فوریه (که در واقع معرف اطلاعات نسبی نهفته در آن محدوده بسامدی است) محاسبه شده است. انرژی نسبی نمودار اشباع آب که با موجک های مادر مختلف تجزیه شده، در محدوده ی بسامدی مشخص شده، محاسبه شده است. برای این منظور تمامی موجک های مادر خانواده های مختلف موجک مادر مد نظر بوده، و در هر خانواده موجک مادری که انرژی اش در محدوده بسامدی مورد بررسی بیشترین سازگاری را با انرژی حاصل از تجزیه نمودار اشباع آب با تبدیل فوریه دارد گزینش شده و معرفی شده است. از بین موجک های مادر برگزیده، آن موجک مادری به عنوان برگزیده ترین موجک مادر گزینش شده که انرژی نسبی نمودار اشباع آب در محدوده بسامدی مورد بررسی بیشترین سازگاری را با انرژی حاصل از اعمال تبدیل فوریه نشان بدهد. با مقایسه نتایج ذکر شده، موجک مادر dmey به عنوان موجک مادر بهینه انتخاب شد.

جدول ۱- گزینش موجک مادر بهینه به روش تطابق انرژی

Fourier	dmey	rbio	bior	coif	sym	db	haar	خانواده
								موجک مادر
73-144	dmey	rbio 2.6	bior 4.4	coif 2	sym 4	db 9	haar	موجک مادر
0.082	0.083	0.08	0.08	0.097	0.093	0.13	0.127	انرژی نسبی

### ۳- نمودار اشباع آب

اشباع آب، نسبت آب به سیال مخزن تعریف می شود. معادله آرچی معمول ترین مدل برای محاسبه اشباع آب است که به صورت زیر تعریف می شود [9]:

$$S_w^n = \frac{FR_w}{R_t} \quad (1)$$



$S_w^n$  اشباع آب، F ضریب سازند،  $R_w$  و  $R_e$  به ترتیب مقاومت الکتریکی آب سازند و سنگ سازند می باشند. در این تحقیق  $n = 2$  و  $R_w = 0.019$  لحاظ شده است. نمودار اشباع آب نسبت به حضور شکاف حساس است و هنگامی که شکاف وجود دارد دستخوش تغییر می شود. سه دلیل برای اثبات این مطلب در زیر آورده شده است:

الف) در سنگ های مخزن آب دوست هنگامی که سطح تماس بین سیال و سنگ افزایش می یابد، مقدار آب نیز افزایش می یابد و به همین دلیل انتظار می رود در محل شکاف مقدار اشباع آب بیشتر باشد و مقدار این افزایش به میزان باز بودن شکاف بستگی دارد. واضح است که شکاف های بسته هیچگونه اثری بر روی نمودار اشباع آب ندارند. در این مقاله سنگ مخزن سازند مورد بررسی آب دوست می باشد.

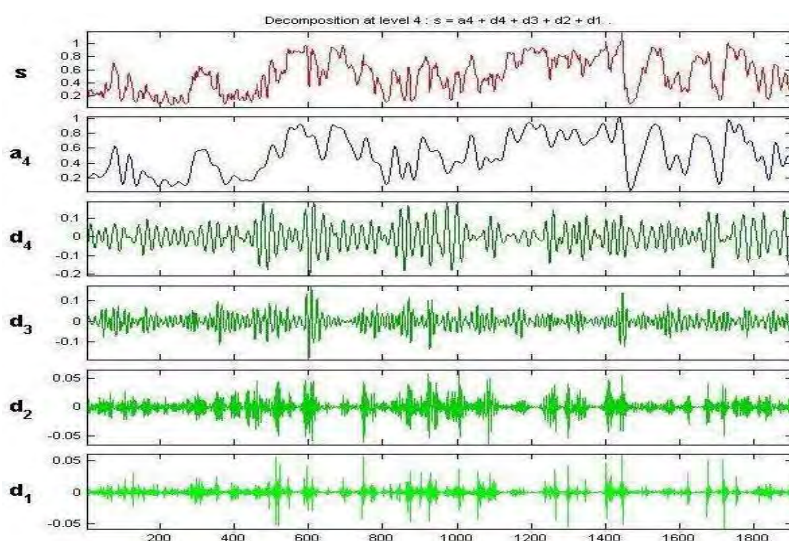
ب) اگر از گل حفاری پایه آبی در حفاری چاه استفاده شود. آب موجود در گل درون شکاف های باز نفوذ کرده و جایگزین هیدروکربن خواهد شد، که این امر باعث افزایش مقدار اشباع آب می شود. برای حداکثر شدن این جایگزینی در حدود دو روز زمان لازم است [10]. معمولا عملیات نمودارگیری، حداقل دو روز بعد از تکمیل حفاری بخشی از چاه انجام می شود. به همین دلیل انتظار افزایش اشباع آب در شکاف های باز وجود دارد. در اینجا نیز شکاف های بسته اثری بر روی نمودار اشباع آب ندارند. در مخزن مورد مطالعه از گل پایه آبی در حفاری چاه استفاده شده است.

پ) مخروطی شدن آب (water coning) باعث افزایش اشباع آب در بخش های بالایی مخزن می شود. از مخزن مورد مطالعه چندین سال است که بهره برداری صورت می گیرد و چاه های زیادی حفر شده ولی چاه مورد بررسی اخیرا حفر شده است. این مخزن یک مخزن شکافدار کربناته می باشد و همانطور که انتظار می رود جریان سیال عمدتا از درون شبکه شکاف عبور می کند.

#### ۴- تجزیه نمودار اشباع آب بوسیله تبدیل موجک

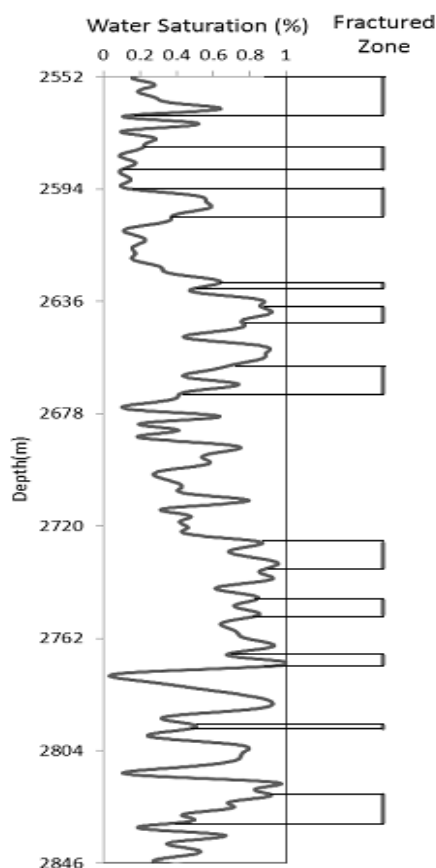
تبدیل فوری نمودار اشباع آب در شکل ۲ نشان داده شده است و حدود ۹۸٪ انرژی سیگنال در بازه فرکانس ۰ تا ۱۰۰ هرتز قرار دارد. به همین دلیل در این تحقیق سیگنال های با فرکانس پایین مورد مطالعه قرار می گیرند. در شکل ۳ تجزیه نمودار اشباع آب با موجک مادر dmey (موجک مادر بهینه) در ۴ سطح انرژی نشان داده شده است. همانطور که در این شکل دیده می شود از پایین به بالا فرکانس سیگنال کاهش می یابد. بنابراین d1 و a4 به ترتیب حداکثر و حداقل فرکانس سیگنال را بیان می کنند. به دلیل اینکه حداکثر اطلاعات در باند فرکانس پایین قرار دارد، زون ها شکافدار بوسیله فرکانس های پایین (a4) بررسی شد.





شکل ۳- نمودار اشباع آب تجزیه شده بوسیله موجک مادر dmey در ۴ سطح انرژی

در شکل ۴ محل قرارگیری زون های شکافدار (بدست آمده از نمودار FMI) به بخش a4 نمودار اشباع آب وصل شده است. همانطور که در این شکل دیده می شود، نمودار اشباع آب از عمق ۲۵۵۲ متر تا ۲۵۵۶ متر افزایش می یابد که زون شکافدار را نشان می دهد و از عمق ۲۵۵۶ متر تا ۲۵۵۹ متر کاهش می یابد، این در حالی است که نمودار تصویرگر این چاه، این زون را به عنوان زون شکافدار معرفی کرده است. همچنین از عمق ۲۵۷۳ متر تا ۲۵۷۷ متر نمودار اشباع آب افزایش می یابد در صورتی که در این ناحیه هیچ گونه شکافی در نمودار تصویرگر مشاهده نشده است. اگرچه بطور کلی انتظار می رود در زون های شکافدار میزان اشباع آب افزایش یابد ولی وضعیت هایی وجود دارد که این گفته معتبر نیست. در جدول ۲ این خطاها مشخص شده است.



شکل ۴- محل قرارگیری زون های شکافدار روی بخش a4 شکل ۳

جدول ۲- خطاهای ایجاد شده در مقایسه نمودار اشباع آب با زون های شکافدار

شماره	عمق (m)	ضخامت (m)	شماره	عمق (m)	ضخامت (m)	شماره	عمق (m)	ضخامت (m)
۱	۲۵۵۶-۲۵۵۹	۴	۹	۲۶۸۳-۲۶۸۵	۳	۱۷	۲۷۸۵-۲۷۹۰	۶
۲	۲۵۶۷-۲۵۷۱	۵	۱۰	۲۶۸۹-۲۶۹۲	۴	۱۸	۲۸۰۲-۲۸۱۰	۹
۳	۲۵۷۳-۲۵۷۷	۵	۱۱	۲۷۰۹-۲۷۱۲	۴	۱۹	۲۸۱۶-۲۸۱۹	۴
۴	۲۵۸۰-۲۵۸۲	۳	۱۲	۲۷۲۵-۲۷۲۷	۳	۲۰	۲۸۲۸-۲۸۳۰	۳
۵	۲۶۳۴-۲۶۳۸	۵	۱۳	۲۷۲۹-۲۷۳۱	۳	۲۱	۲۸۳۵-۲۸۳۸	۴
۶	۲۶۵۲-۲۶۵۹	۸	۱۴	۲۷۳۹-۲۷۴۲	۴	۲۲	۲۸۴۱-۲۸۴۴	۳
۷	۲۶۶۲-۲۶۶۵	۴	۱۵	۲۷۵۰-۲۷۵۲	۳			
۸	۲۶۷۸-۲۶۸۱	۴	۱۶	۲۷۶۳-۲۷۶۷	۵			

در این چاه، نمودار تصویرگر از عمق ۲۵۵۲ متر تا عمق ۲۸۴۶ متر موجود بود و با توجه به جدول ۲، نتیجه گیری می شود که با استفاده از نمودار اشباع آب، ۱۹۸ متر از ۲۹۴ متر طول این مخزن شکافدار بدون خطا شناسایی شد که بازده ۶۷,۴٪ را بیان می کند. همچنین خطای ایجاد شده ۹۶ متر (۳۲,۶٪) می باشد. نتایج در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳- نتایج شناسایی زون های شکافدار

خطا	ضخامت (m)	بازده (%)
	۹۶	۳۲,۶



## ۵- بررسی کردن خطاها

برای کاهش خطاهای ایجاد شده در مشخص کردن زون های شکافدار ، استفاده از نمودارهای پتروفیزیکی دیگر پیشنهاد می شود. در اینجا دو نوع خطا بررسی می شود:

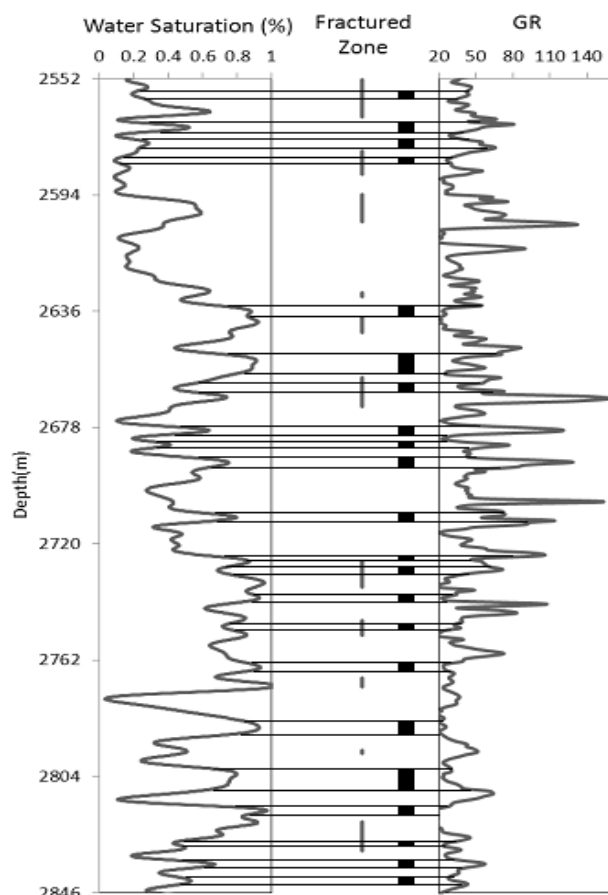
### ۵-۱- خطای نوع اول

وقتی که نمودار اشباع آب افزایش می یابد ولی در واقعیت شکاف وجود ندارد. در این حالت افزایش اشباع آب دلایل دیگری دارد که باید بررسی شود. در سازندهای با سنگ مخزن آب دوست کاهش در تخلخل یا افزایش فشار موئینگی می تواند به افزایش اشباع آب منجر شود. در شیل ها این دو مورد می تواند بطور همزمان اتفاق بیفتد. بنابر این نمودار حجم شیل یا گاما می تواند یک فیلتر مناسب برای این نوع خطا باشد. بهرحال موضوعی که در اینجا مطرح می شود اینست که در بعضی از مناطق شیلی که مخزن شکافدار است، نمودار گاما یا حجم شیل، شکاف را نیز فیلتر خواهد کرد که باعث به وجود آمدن خطا خواهد شد. با توجه به این موضوع واضح است که دستیابی به بازده ۱۰۰٪ ممکن نخواهد بود. در شکل ۵ نمودار اشباع آب در مقابل نمودار گاما تجزیه شده بوسیله موجک مادر dmey (بخش a4) قرار گرفته است. همچنین خطاهای ایجاد شده در تشخیص شکاف روی هر دو نمودار مشخص شده است. همچنین در جدول ۴، مناطقی که پس از بکارگیری نمودار گاما خطای ایجاد شده در شناسایی آنها برطرف نشد، آورده شده است. همانطور که در شکل ۵ و جدول ۴ مشاهده می شود بکارگیری نمودار گاما موجب کاهش تقریباً ۵۰٪ خطای ایجاد شده گردید.

### ۵-۲- خطای نوع دوم

این نوع خطا وقتی اتفاق می افتد که اشباع آب کاهش یابد ولی شکاف وجود داشته باشد. این نوع خطا نیز در شکل ۵ مشخص شده است. دلیل این خطا را باید در خصوصیات شکاف شامل پرشدگی، چگالی و بازشدگی جستجو کرد. همچنین پارامترهای دیگر مانند فشار مخزن، تاریخچه تولید و تزریق باید برای برطرف کردن این نوع خطا مورد بررسی قرار گیرند، با توجه به دسترس نبودن اطلاعات ذکر شده در بالا برای چاه مورد مطالعه، امکان بکارگیری فیلتر مناسب برای از بین بردن این نوع خطا نیست.





شکل ۵- بخش a4 نمودارهای اشباع آب و گاما تجزیه شده بوسیله موجک مادر dmey، خطاهای ایجاد شده مشخص شده است

جدول ۴- مناطقی که پس بکارگیری نمودار گاما خطای ایجاد شده در آنها رفع نشد

شماره	عمق (m)	ضخامت (m)	شماره	عمق (m)	ضخامت (m)
۱	۲۵۶۷-۲۵۷۱	۵	۷	۲۶۸۳-۲۶۸۵	۳
۲	۲۵۷۳-۲۵۷۷	۵	۸	۲۶۸۹-۲۶۹۲	۴
۳	۲۵۸۰-۲۵۸۲	۳	۹	۲۷۲۹-۲۷۳۱	۳
۴	۲۶۵۶-۲۶۵۹	۴	۱۰	۲۷۵۰-۲۷۵۲	۳
۵	۲۶۶۲-۲۶۶۵	۴	۱۱	۲۸۲۸-۲۸۳۰	۳
۶	۲۶۷۸-۲۶۸۱	۴	۱۲	۲۸۳۵-۲۸۳۸	۴

همانطور که اشاره شد دقت شناسایی زون های شکافدار پس از بکارگیری نمودار گاما افزایش یافت و امکان برطرف کردن خطای نوع دوم نیز به دلیل کمبود اطلاعات وجود نداشت. در جدول ۵ نتایج نهایی شناسایی زون های شکافدار آورده شده است. مقایسه این جدول با جدول ۳ نشان می دهد که دقت شناسایی زون های شکافدار پس از بکارگیری نمودار گاما ۱۷,۳٪ افزایش یافته است.

جدول ۵- نتایج نهایی شناسایی زون های شکافدار

ضخامت (m)	بازده (%)
-----------	-----------

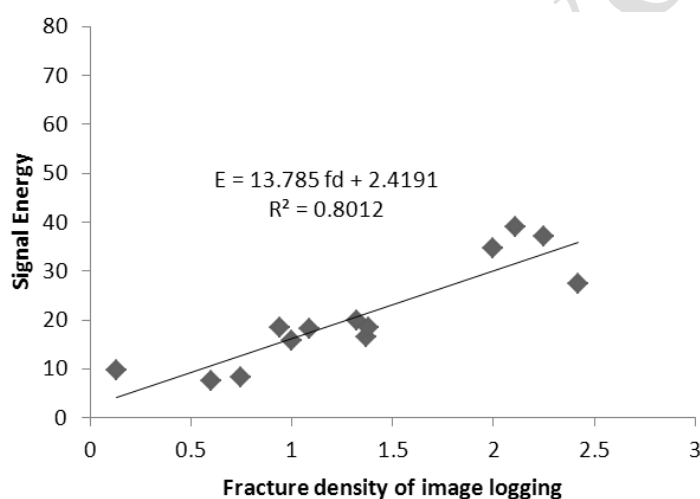


خطا	۴۲	۱۵,۳
بدون خطا	۲۴۹	۸۴,۷

## ۶- رابطه بین انرژی سیگنال در زون های شکافدار و دانسیته شکاف

همانطور که در بالا نشان داده شد، بکار بردن تبدیل موجک بر روی نمودار اشباع آب و فیلتر کردن خطاهای ایجاد شده بوسیله نمودار گاما، شناسایی زون های شکافدار را با دقت حدود ۸۵٪ امکان پذیر ساخت. تنها سوال باقی مانده اینست که مقدار دانسیته شکاف در هر زون شکافدار چقدر است؟ به این سوال بوسیله ایجاد رابطه ای بین انرژی سیگنال و دانسیته شکاف پاسخ داده شده است. در شکل ۶ انرژی سیگنال نمودار اشباع آب تجزیه شده بوسیله موجک مادر dmey (بخش a4) در مقابل دانسیته شکاف زون های شکافدار (بدست آمده از نمودار تصویرگر FMI) رسم شده است. همانطور که در این شکل دیده می شود، وقتی که سطح انرژی افزایش می یابد دانسیته شکاف نیز افزایش می یابد و یک رابطه خطی (رابطه ۲) بین دانسیته شکاف ( $f_d$ ) و انرژی سیگنال (E) وجود دارد. همچنین  $R^2 = 0.8$  بیان می کند بوسیله رابطه زیر می توان دانسیته شکاف را با دقت خوبی تخمین زد.

$$E = 13.785f_d + 2.4191 \quad (2)$$



شکل ۶- رابطه بین انرژی سیگنال (E) نمودار اشباع آب تجزیه شده بوسیله موجک مادر demy و دانسیته شکاف ( $f_d$ )

## ۷- نتیجه گیری

با وجود اهمیت چشمگیر تشخیص شکستگی در مدل سازی مخازن شکافدار، تحقیقات محدودی جهت آشکارسازی شکاف با استفاده از داده های چاه پیمایی صورت گرفته است. به این مشکل در این مقاله با این فرض پرداخته شد که نواحی با تراکم شکاف بالا می توانند بر روی نمودار های چاه پیمایی اثر بگذارند. بنابراین این نتیجه حاصل شد که تشخیص زون های شکافدار با مطالعه فرکانس های پایین نمودارهای چاه پیمایی با استفاده از تبدیل موجک و بسته موجک، امکان پذیر است. بدلیل انتظار افزایش اشباع آب در زون های شکافدار آب دوست، نمودار اشباع آب جهت شناسایی زون های شکافدار انتخاب شد، سپس نمودار اشباع آب با استفاده از موجک مادر dmey تجزیه شد و با استفاده از بخش a4 این نمودار زون های شکافدار با دقت ۶۷,۴٪ تشخیص داده شد. دقت این روش پس از استفاده از نمودار گاما ۱۷,۳٪ افزایش یافت و نهایتاً امکان تشخیص



شکاف با روش پیشنهادی به ۸۴,۷٪ رسید. در نهایت یک رابطه خطی بین انرژی سیگنال بخش a4 نمودار اشباع آب و دانسیته شکاف در هر زون شکافدار بدست آمد. این مطالعه در یکی از چاه های میدان مارون ( جنوب غربی ایران) انجام شد که نتایج امکان تعمیم آن را در مناطق دیگر و میادین جدید نشان می دهد.

## مراجع

- 1- Tokhmechi, B., Memarian, H., Rasouli, V., 2009, "Fracture detection from water saturation log data using a Fourier-wavelet approach", Journal of Petroleum Science and Engineering, Vol. 69, p. 129-138
- 2- Hsu, K., Brie, A., Plumb, R.A., 1987, "A new method for fracture identification using array sonic TOOLS", J. Pet. Technol., Paper SPE 14397, p. 677-683
- 3- Daiguji, M., Kudo, O., Wada, T., 1997, "Application of wavelet analysis to fault detection in oil refinery", Computers Chem. Engng, 21, S1117-S1122
- 4- Sahimi, M., Hashemi, M., 2001, "Wavelet Identification of The Spatial Distribution of Fractures", Geophys. Reserv. Lett. 28 (4), P. 611-614
- 5- Dutta, P., Singh, S.K., Al-Genai, J., Akhtar, A., Akbar, M., 2007, "A novel approach to fracture characterization utilizing borehole seismic data", 15th SPE Middle East Oil & Gas Show and Conference, Bahrain, Paper SPE 105427
- ۶- 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، ۶۳-۷۶
- 7- Mallat, S., 1999, "A wavelet tour of signal processing", Academic press, p. 66
- 8- Burrus, C.S., Burrus, C.Sidney, Guo, H. and Gopinath, R.A., 1997, Introduction to Wavelet and Wavelet Transforms: A Primer, Prentice Hall, 268.
- 9- Schlumberger Log Interpretation Principles/Applications. 1998. Seven Printing. March Sugar Land, Texas 77478.
- 10- Fathi, N., Delshad, M., Sepehrnoori, K., Nguyen, Q.P., Zhang, J., 2008. Chemical flooding of fractured carbonates using wettability modifiers. 2008 SPE/DOE Improved Oil Recovery Symposium held in Tulsa, Oklahoma, U.S.A., 19 Pages, Paper SPE 113369.