

مهدی تدینمی<sup>۱</sup> | برنامه ریزی تلفیقی، شرکت ملی نفت ایران  
بیبا ارباب | شرکت نفت فلت قاره ایران

## تعیین نوع سیال و سنگ شناسی مخزن با استفاده از نگار DSI

# در یکی از مخازن واقع در جنوب غربی ایران

### چکیده

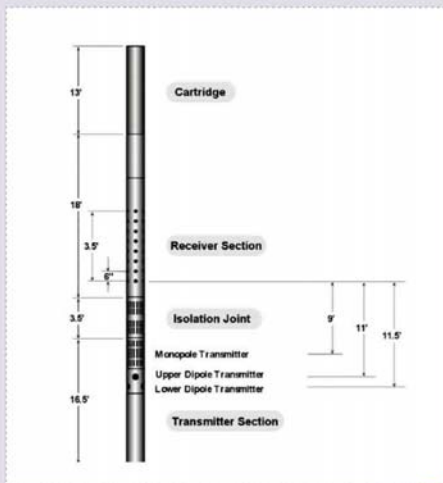
این مقاله قصد دارد به طور خلاصه نگار جدید DSI را معرفی و کاربرد آن را به همراه نگارهای مرسوم (نگارهای مقاومت ویژه، نترون و چگالی) در ارزیابی خواص مخزنی از جمله تعیین نوع سیال، نوع ماتریس و خواص مکانیکی سنگ مخزن تشریح کند. ارزیابی مورد نظر توسط نگار<sup>۱</sup> DSI قابلیت استفاده در انواع لیتولوژی های مختلف از قبیل ماسه سنگ و کربنات ها را دارد و به منظور تشریح بهتر سعی شده است از این نگار در میدان نفتی جنوب غرب ایران استفاده شود. شناخت نوع لیتولوژی (ماسه سنگ، آهک و دولومیت) و سیال هیدروکربوری (نفت، آب و گاز) براساس تغییرات سرعت امواج طولی (P) و عرضی (S) بنا نهاده شده است. به طور کلی اگر نسبت امواج طولی به برشی ۱/۷ باشد، بیانگر ماسه سنگ های حاوی گاز، ۱/۸ نشانگر دولومیت و در آخر اگر ۱/۸۹ باشد نمایانگر سنگ آهک است. البته لازم به ذکر است در این مطالعه سازندهایی که ترکیبی از چند نوع لیتولوژی یا سیالات مختلف هستند نیز مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته اند و ضرایب  $Vp/Vs$  نیز به منظور تخمین سطوح تماس آب و نفت و گاز و نفت محاسبه شده است.

واژه های کلیدی | نگار DSI، لیتولوژی، سرعت امواج طولی و عرضی، دولومیت، ماسه سنگ

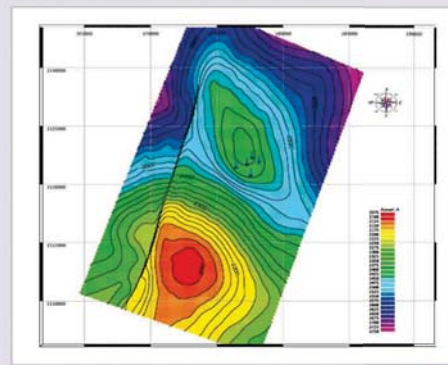
### مقدمه

با استفاده از نگارهای صوتی طولی و عرضی (نگار DSI) است. نرم افزار مورد استفاده IP<sup>۲</sup> می باشد و اغلب از روش های آمار و احتمالات در محاسبات مورد نظر استفاده شده است.

میدان نفتی مورد نظر در جنوب غربی ایران واقع شده و بصورت طاقدیزی در امتداد شمال شرقی، جنوب غربی قرار گرفته است. لایه های آسماری، سروک و غار حاوی هیدروکربور هستند (شکل ۱). این مقاله سعی دارد در ابتدا به معرفی مختصری از ابزار DSI پرداخته و به منظور نحوه کار و دقت آن به



۲ | نمایی از ابزار DSI



۱ | خطوط همتراز لایه آسماری

تشریح خواص پتروفیزیکی لایه های مخزنی میدان فوق با استفاده از این نگار ، خرده های حفاری و نگارهای مرسوم بپردازد. هدف اصلی در این مطالعه ارزیابی نوع سیال و لیتولوژی مخزن و سطوح تماس مختلف آب و نفت و گاز

1. Dipole Sonic Imager  
2. Interactive Petrophysics

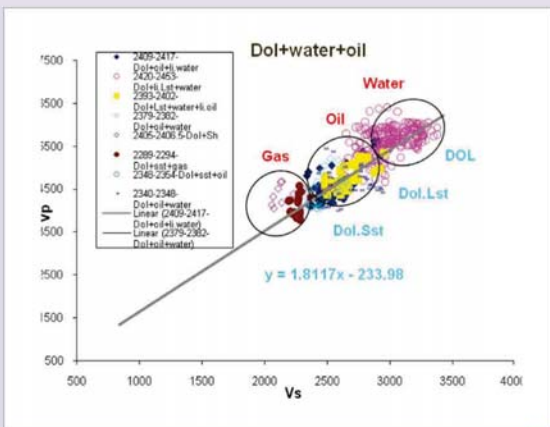
1. tadayonim@yahoo.com

• امواج منتشر شده از نوع طولی و عرضی

به منظور ثبت حالتهای فوق، نیاز به فرکانس و سیگنال مشخصی است که پس از ثبت آن ها، قبل از آن که به سطح منتقل شوند از وضعیت آنالوگ به دیجیتال تبدیل می شوند [۵].

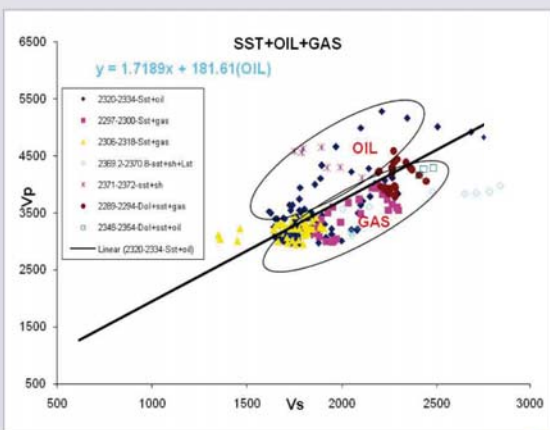
### ۲. پردازش داده ها

با توجه به آن که امواج صوتی (طولی و عرضی) تحت تاثیر شرایط مخزنی قرار می گیرند، می توان با آنالیز دقیق آن ها برخی از ویژگی های مخزنی و پتروفیزیکی از قبیل تخلخل، نوع لیتولوژی و سیالات مخزنی را از لحاظ کیفی تعیین نمود. در این روش مطالعاتی با استفاده از نگار پیشرفته DSI و امواج S و P (امواج طولی و برشی) سعی شده است تا بعضی از این ویژگی ها مورد

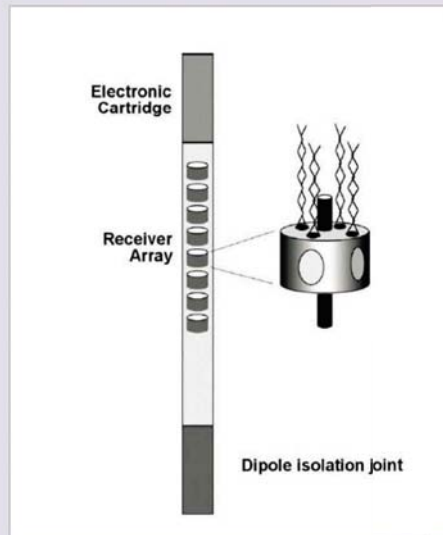


۴ | تفکیک انواع سیالات و لیتولوژی های مختلف در اعماق گوناگون

بحث و بررسی قرار گیرند، به طور کلی کاهش سرعت امواج P و افزایش سرعت امواج S با افزایش هیدروکربورهای سبک در محیط های متخلخل حاوی آب ششور، افزایش می یابد [۳]. بنابراین به منظور تعیین نوع سیال و لیتولوژی از نمودارهای دوبعدی<sup>۳</sup> براساس Vp و Vs استفاده شده است. (اشکال ۴ و ۵).



۵ | تفکیک نفت و گاز در لبه غار



۳ | نحوه آرایش گیرنده ها در ابزار DSI

### ۱. معرفی ابزار DSI

این ابزار ترکیبی از روش های صوتی Monopole و Dipole است. همانطور که در شکل ۲ مشاهده می شود، بخش فرستنده شامل یک نوع فرستنده Monopole از جنس پیزوالکتریک است که بر دو فرستنده دیگر از نوع Dipole در جهت عمودی قرار گرفته است. فرستنده های مذکور اغلب قابلیت انتشار امواج با فرکانس های مختلف را دارند و پالسی که از فرستنده های Monopole در داخل سازندهای زمین شناسی منتشر می شود، عمدتاً از نوع امواج عرضی و طولی است. البته این درحالی است که برای ثبت امواج استوتونی<sup>۳</sup> نیاز به پالس هایی با فرکانس های پایین می باشد. فرستنده های Dipole معمولاً قادر به ایجاد فرکانسهای پایین بوده و می توانند امواج پیچشی را در اطراف محیط چاه منتشر کنند. به منظور جلوگیری از انتشار امواج پیچشی در سراسر بدنه، ابزار DSI نیاز به جدایشی بین دو بخش فرستنده و گیرنده دارد.

ناحیه ایی که گیرنده ها در آن قرار دارند متشکل از آرایه ای با ۸ گیرنده است که در فواصل ۶ اینچی از هم واقع شده اند. این بخش، از فرستنده های Monopole و Dipole بالایی و پایینی به ترتیب در فواصل ۱۱،۹ و ۱۱/۵ فوتی قرار گرفته است. هر یک از این گیرنده ها شامل دو جفت از هیدروفون های پیزوالکتریک پهن باند، است (شکل ۳). در مجموع سیگنال هایی که به وسیله یک جفت از هیدروفون ها ثبت می گردند می توانند موج Monopole-ole را تولید کنند البته با قرار دادن فیلتر خاصی در مسیر این امواج می توان امواج Monopole را حذف و امواج Dipole را ثبت کرد [۴].

زمانیکه فرستنده های Dipole شروع به تولید امواج می کنند، دو هیدروفونی که در یک امتداد با آن قرار دارند، قادر به ثبت امواج منتشر شده از این فرستنده ها می باشند. به این ترتیب توسط این تعداد گیرنده می توان حالت ذیل را ثبت نمود:

- امواج منتشر شده از فرستنده Dipole پایینی
- امواج منتشر شده از فرستنده Dipole بالایی
- امواج منتشر شده از نوع استوتونی (با فرکانس پایین)

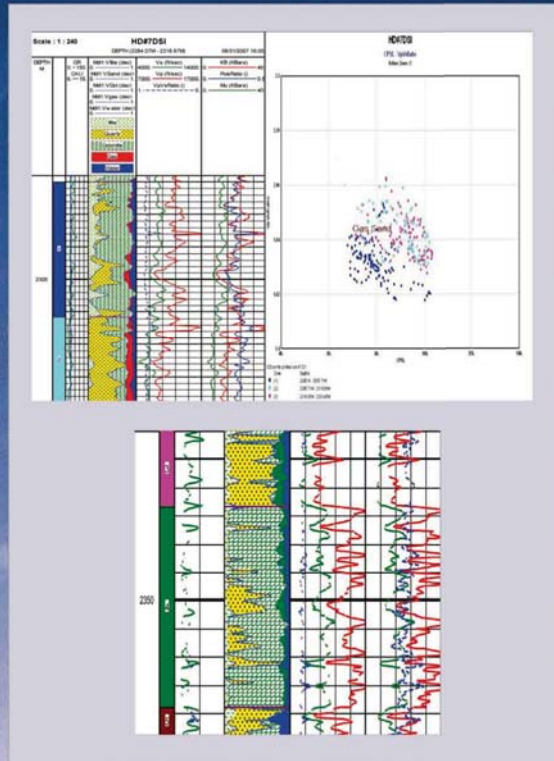
3. Stoneley  
4. Cross Plots

امواج عبوری P به تنهایی از لحاظ کمی و کیفی قادر به تشخیص لیتولوژی‌های مختلف، تخلخل و نوع سیال حفرات نیستند، ولی به کارگیری امواج عبوری S در تعیین پارامترهای فوق از لحاظ کیفی می‌تواند مفید واقع گردد. البته طبق پیشرفت‌های اخیر، تغییرات زمان عبوری امواج S در سیالات مختلف به اثبات رسیده است [۱]. بنابراین با این توضیحات می‌توان از امواج P و S به طور مرکب در ارزیابی لیتولوژی و نوع سیال، به خصوص مخازن گازی، بهره برد.

### ۳. ارزیابی انواع سیالات و لیتولوژی‌های مختلف مخزنی

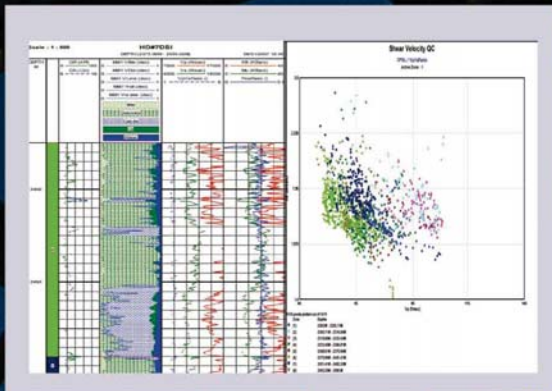
در این مطالعه از تغییرات امواج طولی و عرضی در تعیین نوع لیتولوژی و سیال مخزنی استفاده شده است. در مکانهایی که اشباع هیدروکربورهای سبک وجود دارد، کاهش سرعت امواج طولی و افزایش سرعت امواج برشی به چشم می‌خورد. همچنین امواج برشی یا طولی به دلیل ایجاد تغییرات در خواص مکانیکی و چگالی سنگ مخزن دچار تغییرات عمده ای می‌گردند. مثلاً زمانی که اشباع آب به ۱۰۰٪ نزدیک می‌شود، سرعت امواج نیز متعاقباً باید افزایش یابد. زیرا با عبور امواج در حفراتی که اشباع از گاز هستند، بدون هیچ مقاومتی تغییرات زیادی در بدنه حفره ایجاد می‌شود در نتیجه تغییر شکل و سرعت امواج عبوری به میزان قابل ملاحظه ای کاهش می‌یابد، ولی هر چه اشباع آب در داخل خلل و خرج بیشتر شود، مقاومت در برابر تغییرات ایجاد شده در بدنه خلل و خرج سنگ بیشتر شده و از تغییر شکل آنها جلوگیری می‌شود و در نتیجه سرعت امواج عبوری نیز از افزایش بیشتری برخوردار می‌گردد [۲].

امواج طولی و عرضی معمولاً در اثر عبور از حفراتی که سیالات مختلفی در آنها وجود دارد، دارای سرعت و زمان عبوری متفاوتی می‌باشند به طوری که اگر در اثر جاشینی، اشباع گاز در فضایی که توسط آب اشغال شده است، افزایش یابد، در اثر کاهش چگالی و خواص الاستیسیته (کاهش در اندازه مدول بالک، اندازه حفرات، مدول برشی و غیره) سیال مذکور، سرعت عبوری امواج



شکل ۶ | ارزیابی لایه ماسه سنگی (غار) به کمک نگارهای مرسوم و مدول‌های مختلف





شکل ۱ | ارزیابی لایه کربناته (آسماری) به کمک نگاره‌های مرسوم و مدل‌های مختلف

و افزایش می‌یابد و متوسط مقدار  $Vp/Vs$  در ماسه سنگ‌های حاوی گاز ۰/۷، برای دولومیت‌ها ۰/۸، برای آهک ۱/۸۹ و برای لیتولوژی‌های ترکیبی با سیالات مختلف مقدار بین ۱/۷ تا ۱/۹ تعیین می‌گردد. در نهایت می‌توان سطح تماس گاز با نفت و آب و نفت را براساس نمودار  $Vp/Vs$  برحسب  $Vp$  بدست آورد.

#### منابع

1. Johnston, J.E. and Christenson, N.I. [2005] Compressional to Shear Velocity Ratios in Sedimentary Rocks. Intl. Jr. of Rocks Mechanics, Mining Sciences and Geomechanics Abstracts, 20, 7, 751-754.
2. Robertson, J.D. and Pritchett, W.C. [1985] Direct Hydrocarbon Detection Using Comparative P-wave and S-wave Seismic Sections. Geophysics, 50, 383-393.
3. Ensley, R.A. [1985] Evaluation of Direct Hydrocarbon Indicators through Comparison of Compressional and Shear Wave Data. Geophysics, 50, 37-48.
4. Wyllie, M.R., Georgy, A.R. and Gardner, L.W. [1956] Elastic Wave Velocities in Heterogeneous and Porous Media. Geophysics, 21, 41-70.
5. Georgy, A.R. [1976] Fluid Saturation Effects on Dynamic Elastic Properties of Sedimentary Rocks. Geophysics, 41, 895-921.

طولی و عرضی به ترتیب افزایش و کاهش می‌یابد [۱] و [۵].

با توجه به توضیحات ذکر شده، در شکل‌های ۴ و ۵ که براساس تغییرات سرعت امواج طولی و عرضی تنظیم شده‌اند، قرارگیری سیالات و لیتولوژی‌های مختلف به ترتیب در اعماق گوناگون مشخص شده است. در شکل ۴ به تفکیک از بالا سطح تماس آب، نفت و گاز و همچنین سنگ‌های دولومیتی، دولومیت‌های آهکی و ماسه سنگی نمایان‌گر است. در شکل ۵ در اعماقی که از لحاظ لیتولوژی مختلف هستند (ماسه سنگ‌های لایه‌گاز و کربنات‌های لایه آسماری) سیال نفت و گاز با ضریب  $Vp/Vs = 1/7$  از یکدیگر تفکیک شده‌اند. عدد ۱/۷ برای نسبت  $Vp/Vs$  می‌تواند بیانگر وجود نفت و گاز در میدان مذکور باشد. برای اثبات این موضوع از نرم افزار IP و نگاره‌های مرسوم (چگالی، نترن، مقاومت ویژه) و همچنین نمودارهای دوبعدی که براساس  $Vp$  و  $Vs$  و  $Vp/Vs$  تهیه شده، استفاده گردیده است. با توجه به ارزیابی مخزن و ترکیب لیتولوژی‌های بدست آمده در شکل‌های ۶ و ۷ و با تفکیک لایه‌های غار (حاوی گاز) و آسماری (حاوی نفت) در اعماق ۲۳۲۰ و ۲۴۸۵ به کمک مدل‌های الاستیسیته، می‌توان به نتایج حاصله از طریق نگار DSI رسید.

#### ۴. نتیجه گیری

در مخازن هیدروکربوری که دارای سیال‌های نفتی و گازی می‌باشند و همچنین از تنوع لیتولوژی‌های مختلفی برخوردار هستند می‌توان با استفاده از روابط حاکم بین امواج P و S، نوع سیال و لیتولوژی را در سازندهای مختلف تعیین کرد. در این مطالعه می‌توان دو سازند با دو نوع سیال و لیتولوژی مختلف یعنی آسماری (لایه نفتی) و غار (لایه گازی) که به ترتیب کربناته و ماسه سنگی هستند را با دقت مناسب از هم تفکیک نمود. سرعت عبوری امواج طولی و عرضی با افزایش اشباع هیدروکربورهای سبک به ترتیب کاهش