فصلنامه زمین‌شناسی کاربردی
سال ۹ (۱۳۹۲)، شماره ۱: ۹-۱
http://geotech.iauzah.ac.ir

# تعیین نوع تخلخل با استفاده از لاگ انحراف سرعت در سازند داریان میدان گازی پارس جنوبی

رقیه اصلانی*[۱]، علی کدخدائی[۲]، رحیم مهاری[۳] و اشکان اسدی[۴]

۱) کارشناسی ارشد زمین‌شناسی نفت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، ro_aslani@yahoo.com
۲) استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه تبریز
۳) استادیار، دانشکده زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد تبریز
٤) کارشناس، شرکت نفت و گاز پارس
*) عهده‌دار مکاتبات

دریافت: ۹۱/۳/۲۷ دریافت اصلاح شده: ۹۲/۲/۱۵ پذیرش: ۹۲/۳/۲۱ قابل دسترس در تارنما: ۹۲/۵/۳۱

## چکیده

میدان پارس جنوبی، به عنوان یکی از بزرگترین منابع هیدروکربنی جهان در آبهای خلیج فارس و در فصل مشترک ایران و قطر قرار دارد. سازند داریان یکی از مخازن نفت شناخته شده این میدان است که از توالی‌های آهک، شیل و مارن تشکیل شده است. از مهم‌ترین فرایندهای دیاژنزی تأثیرگذار بر رخساره‌ها، می‌توان میکرایتی شدن، انحلال، سیمانی شدن، تراکم و شکستگی را نام برد. انحلال به عنوان مهم‌ترین فرایند دیاژنتیکی، باعث افزایش کیفیت مخزنی سازند داریان شده است. تخلخل کل در این سازند، تقریبا ۲۰ تا ۲۵ درصد است. پرشدگی شکستگی‌ها باعث از بین رفتن بیشتر تخلخل‌ها و در نهایت کاهش کیفیت مخزن می‌شوند. هر چند که این شکستگی‌های باز مانده، خود باعث افزایش تراوایی و کیفیت مخزن هستند. تخلخل، کمیتی اساسی برای محاسبات حجمی مخزن و توصیف فابریک سنگ و شامل نمودارهای نوترون، چگالی و نمودار صوتی است. این تخلخل‌ها، ممکن است به طور دقیق معادل یکدیگر و یا معادل تخلخل واقعی نباشند. این امر با توجه به این حقیقت است که ابزارهای نمودارگیری، تخلخل را اندازه نمی‌گیرند، بلکه بعضی از فعل و انفعالات فیزیکی به وجود آمده در چاه محاسبه و سپس به تخلخل تبدیل می‌گردند. امروزه به کمک این نمودارها می‌توان نوع تخلخل را در مخازن تعیین کرد. به کمک نمودار انحراف سرعت که از تلفیق نمودار صوتی با نمودار نوترون- چگالی به دست می‌آید، می‌توان اطلاعاتی راجع به انواع تخلخل غالب در سنگهای کربناته به دست آورد. در ابتدا، لاگ انحراف به صورت مصنوعی تهیه شده و سپس بر اساس مقادیر و میزان انحراف به سمت چپ یا راست، نوع تخلخل مشخص گردیده است. در این مطالعه و تحقیق، به منظور ارزیابی کارایی این روش در تعیین نوع تخلخل، نتایج به دست آمده با تخلخل‌های حاصل از مقاطع نازک مقایسه شده‌اند. بررسی‌ها نشان می‌دهدکه تخلخل‌های شناسایی شده توسط این نمودار، به طور کامل با تخلخل‌های به دست آمده از مطالعه مقاطع نازک مطابقت دارند. بنابراین نمودار انحراف سرعت در کنار دیگر نمودارها، ابزار مناسبی جهت تعیین نوع تخلخل در سنگهای کربناته به شمار می‌رود. در این تحقیق از اطلاعات دو چاه (Spo1, Spo2)، در سازند داریان از میدان پارس جنوبی استفاده شد. این سازند، در چاه‌های مورد مطالعه از جنس کربنات با لیتولوژی غالباً آهکی با میان لایه‌های شیلی است.

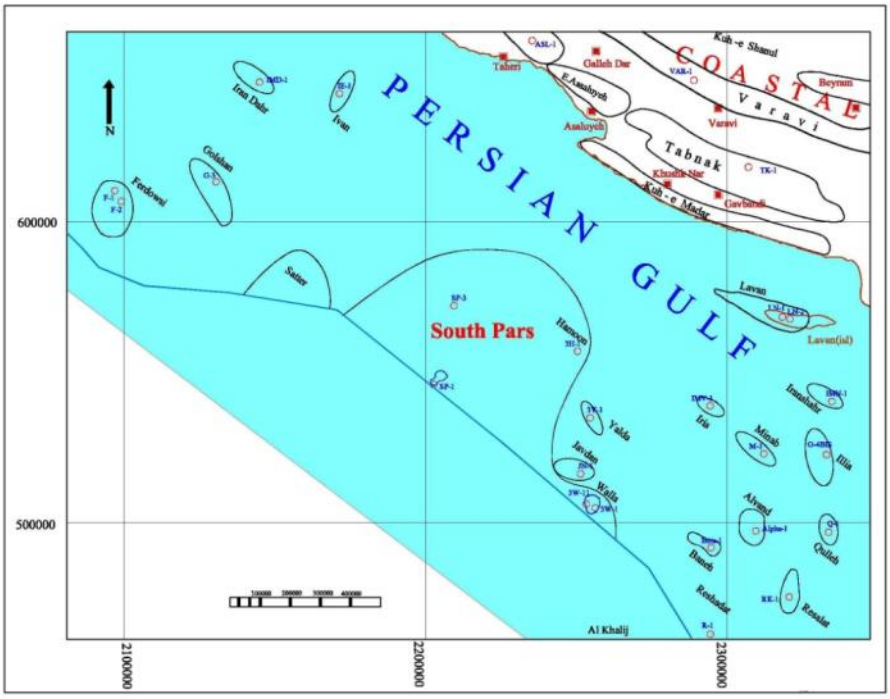
**واژه‌های کلیدی:** نمودار نوترون، نمودار صوتی، نمودار چگالی، سازند داریان، میدان پارس جنوبی.

## ۱- مقدمه

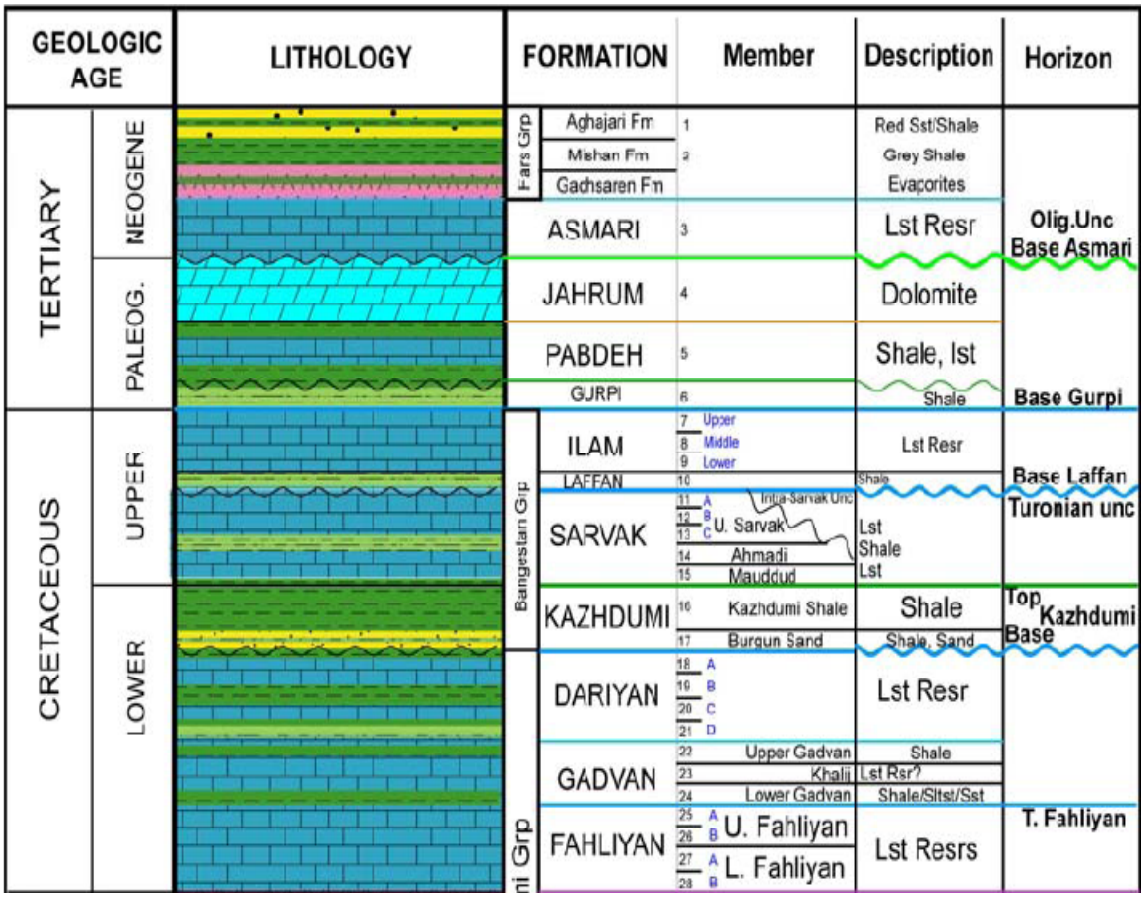
ایران از نظر فراوانی منابع هیدروکربوری در جایگاه دوم جهان قرار دارد. خلیج فارس از جمله مناطق بسیار مهم جهان از نظر ذخایر هیدروکربوری می باشد، تعداد زیادی از میدان های نفتی مهم کشورهای عربی در این خلیج قرار دارند. کشور ایران نیز دارای میادین نفتی متعددی در این منطقه می باشد. مطالعات اکتشافی بخش ایرانی خلیج فارس به واسطه حضور میادین هیدروکربوری بزرگ اهمیت خاصی دارد. میدان گازی پارس جنوبی یکی از بزرگترین منابع گازی جهان است که بر روی خط مرزی مشترک ایران و قطر در خلیج فارس قرار دارد. امروزه به کمک نمودارهای تخلخل می توان نوع تخلخل را در مخازن تعیین کرد. نمودار انحراف سرعت که از تلفیق نمودار صوتی با نمودار نوترون- چگالی حاصل می گردد، ابزاری است که توسط آن می توان اطلاعاتی راجع به انواع تخلخل غالب در کربنات ها به دست آورد. سیستم ایجاد تخلخل و پارامترهای آن در ماسه سنگ ها و کربنات ها بسیار متفاوت است. یک سازند کربناته پیچیدگی های بیشتری از نظر مخزنی و پتروفیزیکی دارد (Wyllie et al. 1956). در سنگ های کربناته جوان تر، به طور مشخص، سیمان ها رفتار الاستیکی سنگ ها را تغییر می دهند اما نوع سیمان بیشتر از میزان آن، درجه ی سختی سنگ و در نتیجه سرعت حرکت امواج صوتی را تعیین می کند. در سنگ های کربناته قدیمی، سرعت امواج صوتی نه تنها تابعی از تخلخل کل، بلکه همچنین تابعی از نوع تخلخل غالب نیز می باشد (رضایی و چهرازی ۱۳۸۵). مدل رسوب گذاری سازند داریان در میدان گازی پارس جنوبی تا کنون مورد بررسی جامع و دقیق قرار نگرفته است. لیکن سازند داریان در مناطق دیگر مورد مطالعه و تحقیق قرار گرفته است. برش الگو سازند داریان برای اولین بار توسط (James & Wynd 1965) معرفی گردید. (Wells 1965) لیتوفاسیس و زمین شناسی تاریخی گروه خامی (شامل سازندهای سورمه، حیث، فهلیان، گدوان و داریان) را مورد توجه و بررسی قرار داده است. و آن را به پنج سیکل رسوبی عمده تقسیم نموده است(رستگار لاری ۱۳۸۸). سیکل پنجم به سن بارمین- آپتین در برگیرنده ی سازند داریان می باشد. سازند داریان از بالا به پایین به سه بخش داریان بالایی، بخش شیلی هوار و داریان پایینی تقسیم شده است. لیتولوژی داریان بالایی و پایینی شامل سنگ آهک های قهوه ای تیره تا روشن، متخلخل، دولومیتی، کلسیتی، در بعضی نقاط بلورین و حاوی فسیل فراوان است. لیتولوژی بخش شیلی هوار شامل مارن های خاکستری تا خاکستری متمایل به آبی، چسبنده و لایه هایی از سنگ آهک سفید تا سفید خاکی، مارنی همراه با نقاط سیاه و کلسیتی و به ندرت حاوی فسیل است و از تخلخل کمتری نسبت به لایه های دیگر برخوردار است. سازند داریان به طور هم شیب بر روی سازند گدوان قرار گرفته است. بررسی داده های تخلخل و نمودار صوتی (به منظور رسم لاگ مصنوعی انحراف سرعت و انحرافات مثبت، منفی و یا صفر) که توسط این لاگ نشان داده می شود، اطلاعات ارزشمندی را در رابطه با فرایندهای دیاژنتیک، نوع تخلخل غالب و روند تراوایی در یک چاه ارائه می دهد (Eberli et al. 2003). میدان پارس جنوبی، میدانی مشترک بین ایران و قطر می باشد که در ایران به نام میدان پارس جنوبی و در قطر به نام میدان شمالی (North field) خوانده می شود (تصویر ۱). از اهداف این مقاله می‌توان به ارائه روشی کاربردی برای تعیین نوع تخلخل ها از لاگ، بررسی مقدار صحت روش VDL با استفاده از داده‌های پتروگرافی و ارائه الگوی مناسب برای مطالعات آتی مشابه در میادین دیگر اشاره نمود.

## ۲- منطقه مورد مطالعه

میدان مورد مطالعه به صورت تاقدیسی با ابعاد تقریبی ۶۵×۱۶۰ کیلومتر می‌باشد. این میدان با شیب ملایم و روند شمال شرقی- جنوب غربی بر روی سطح کربناته منطقه خاورمیانه واقع شده است. مساحت این میدان ۹۷۰۰ کیلومتر مربع است که ۳۷۰۰ کیلومتر مربع آن متعلق به ایران و ۶۰۰۰ کیلومتر مربع آن متعلق به کشور قطر می باشد. میدان پارس جنوبی در ۱۹۰ کیلومتری جزیره کیش قرار دارد. با توجه به اینکه این میدان یکی از میادین مشترک با کشور قطر می باشد، بنابراین توسعه و تولید از آن از اهمیت ویژه ای برخوردار است. میزان ذخیره‌ی در جای بخش مربوط به ایران حدود ۸ درصد کل ذخایر گازی جهان و ۵۰ درصد ذخایر گازی کشور است. این میدان عظیم در موقعیت جغرافیایی، ۵۲ تا ۵۲/۵ درجه شرقی و ۲۶/۵ تا ۲۷ درجه شمالی قرار دارد. در این میدان، لایه ها و سازندهای متعددی به عنوان سنگ مخزن شناخته شده و خواص مخزنی، پتروفیزیکی و ژئوشیمیایی آنها در مطالعات متعدد مورد بررسی قرار گرفته است. در این پژوهش، فاکتورهای کنترل کننده کیفیت مخزنی سازند داریان و مادود در لایه نفتی میدان پارس جنوبی مطالعه شدند. سازند داریان در میدان گازی پارس جنوبی تقریبا ناشناخته و بکر می باشد. سازند معادل داریان در حوضه خلیج فارس جنوبی، سازند شوئیبا است که مطالعات گسترده ای بر روی این سازند انجام شده است. با توجه به مشترک بودن میدان گازی پارس جنوبی بین ایران و قطر، این ضرورت احساس می شود که ایران نیز با توجه به سهم یک سومی خود از این میدان عظیم و پر اهمیت، اطلاعات دقیقی از کلیه ی سازندهای آن به دست آورده و ضمن بررسی و تلفیق داده ها، نتایج به دست آمده را جهت استفاده بهینه از این میدان مشترک به کار گیرد (امیری ۱۳۸۸).




تصویر ۱- موقعیت میدان گازی پارس جنوبی (گزار ش شرکت نفت و گاز پارس جنوبی ۱۳۷۰)




تصویر ۲- ستون چینه‌شناسی سازندهای میدان پارس جنوبی (برگرفته از گزارش شرکت نفت و گاز پارس جنوبی)

## ۳- روش کار

نمودار انحراف سرعت از ترکیب نمودار صوتی با نمودار نوترون و چگالی محاسبه می گردد و به وسیله ی آن میتوان اطلاعاتی درباره ی انواع تخلخل های اصلی در کربناتها، ردیابی توزیع فضاهای خالی دیاژنتیکی و پیش بینی روند تراوایی به دست آورد. مطالعات نشان می‌دهد که با افزایش ضریب سیمان شدگی، مقادیر نمودار انحراف سرعت نیز افزایش می‌یابد (Kazemzadeh & et al. 2007). در ابتدا، مقدار زمان عبور امواج صوتی مصنوعی توسط رابطه ۱، محاسبه می-گردد.

رابطه (۱) $DTsyn=Nphi(DTfl-DTmat)+DTmat$

در این رابطه DTmat زمان عبور موج صوتی از ماتریکس است که در سازندهای آهکی برابر ٤٩(US/F) در نظر گرفته می‌شود. با توجه به این که در سازند مورد مطالعه، سیال مورد استفاده در گل حفاری، آب شور است، DTfl (زمان عبور موج صوتی از سیال) برابر با ۱۸۹/۵ میکروثانیه بر فوت می‌باشد. با به دست آوردن نمودار DT مصنوعی می توان از طریق رابطه ۲، سرعت را به صورت مصنوعی به دست آورد.

رابطه (۲) $VPsyn=304.8/DTsyn$

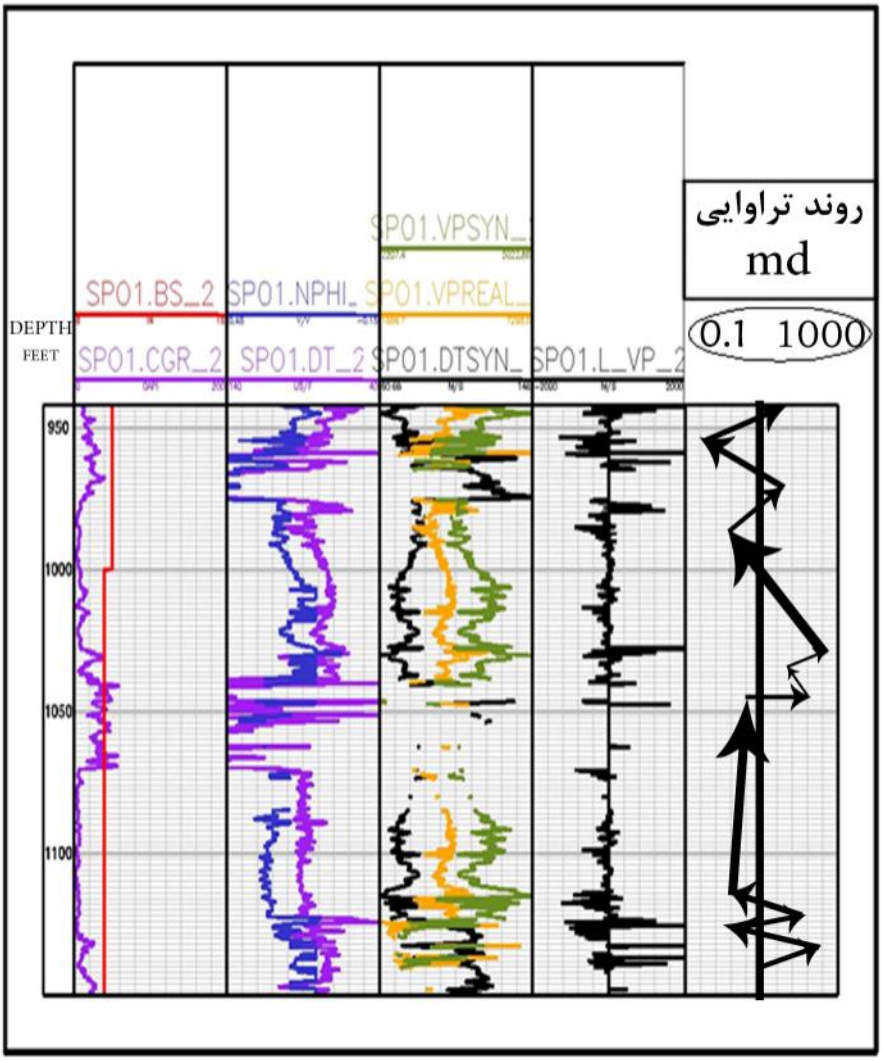
سرعت واقعی نیز با استفاده از رابطه ۳ محاسبه می‌شود.

رابطه (۳) $VPreal=304.8/DTlog$

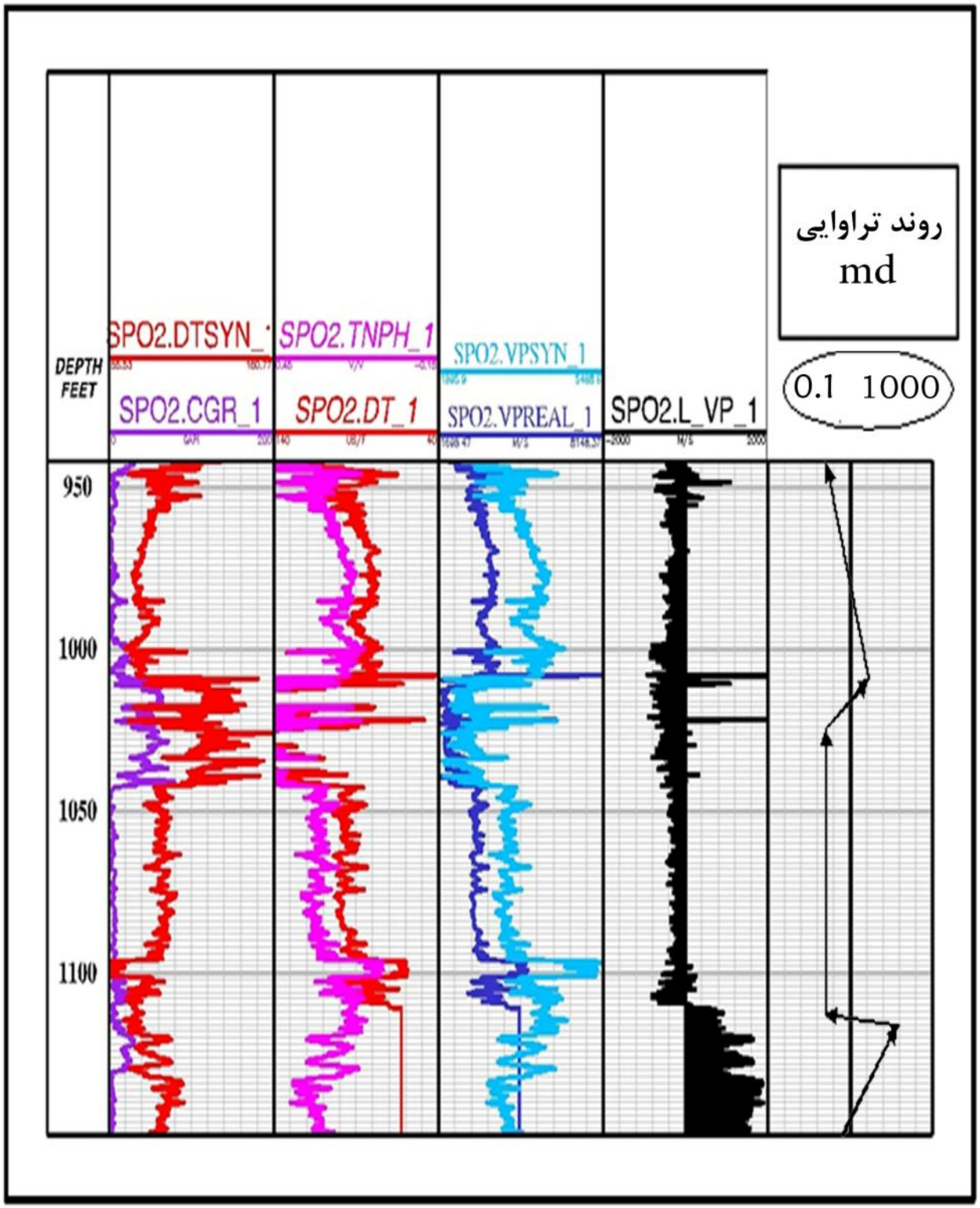
اختلاف سرعت حاصل از رابطه ۲ و رابطه ۳ (سرعت مصنوعی و سرعت واقعی)، به عنوان نمودار لاگ انحراف سرعت Velocity (VDL=deviation log) محاسبه می‌گردد (رابطه ٤).

رابطه (٤) $\Delta Vp=VPreal - VPsyn$

نمودار انحراف سرعت در نرم افزار Excel رسم و روند تراوایی در نرم‌افزار ژئولاگ، در طول چاه Spo1, Spo2 تعیین شده است و با نتایج به دست آمده از نرم افزار Geolog مورد بررسی قرار گرفتند.




تصویر ۳- نمودار انحراف سرعت و تغییرات روند تراوایی در چاه Spo1




**تصویر ٤- نمودار انحراف سرعت و تغییرات روند تراوایی در چاه Spo2**

تصاویر ۳ و ٤ (تخلخل‌های قابل مشاهده در ژئولاگ)، همان تخلخل هایی را نشان می دهند که در مقاطع نازک میکروسکوپی دیده می شوند . به عنوان مثال اگر مقدار لاگ انحراف سرعت بیشتر از ۱۵۰۰ متر بر ثانیه باشد، اکثر تخلخل‌ها از نوع قالبی و اگر بین ۵۰۰- و ۵۰۰+ متر بر ثانیه باشد، تخلخل از نوع بین بلوری (Intercrystalline porosity) و بین ذره‌ای (Interparticle Porosity) بیشتر دیده می شود و مقاطع نازک در همان عمق ها این تخلخل ها را نشان می دهند.

## ۴- مطالعات میکروسکوپی

از خصوصیات سنگ های مخزن رخساره‌ها هستند که با مطالعه مقاطع نازک تهیه شده از مغزه به دست می آید. شناخت رخساره‌ها و توزیع فضای آنها، نقش مهمی در شناسایی زونهای تولیدی و مفید خواهد داشت. مسلماً استفاده از تکنیک‌هایی که با هزینه بسیار کم، سریع و دقت قابل قبول به تخمین این فاکتورها بپردازند، بسیار سودمند خواهند بود (آقازاده ۱۳۸۸). مقاطع نازک تهیه شده از سازند داریان در اعماق ۹۵۰ متر تا ۱۱۵۰ متر در دو چاه Spo1 ,Spo2، انواع تخلخل‌های مشاهده شده در لاگ انحراف سرعت را نشان می‌دهند. در زیر توضیحاتی در مورد این تخلخل ها داده می شود.

### ۴-۱- تخلخل درون دانه‌ای (Intra particle porosity)

این نوع تخلخل در فضای درون دانه های اسکلتی و به صورت تخلخل ریز در درون دانه های غیر اسکلتی تشکیل می شود. این تخلخل ممکن است اولیه باشد و یا در طی دیاژنز آغازین بر اثر تجزیه مواد آلی پر کننده فضاهای اسکلتی موجودات آهک ساز، حاصل شود. میزان این نوع تخلخل به فراوانی قطعات فسیلی؛ غیر فسیلی، اندازه و نوع موجود بستگی دارد و از انواع تخلخل معمول در سازند داریان می باشد. با توجه به گسترش روزن بران بزرگ معمول در زمان کرتاسه زیرین مانند اوربیتولین ها و نیز دوکفه ای های بزرگ، این تخلخل در درون قطعات اسکلتی این نوع موجودات دیده می شود. حفظ شدگی این نوع تخلخل در سازند داریان به دلیل سیمان شدگی فراوان در طی دیاژنز به مقدار خیلی زیادی از بین رفته است. هر چند که وجود این نوع تخلخل باعث بالا بردن تخلخل کل می شود اما به دلیل ایزوله بودن رابطه خوبی با تخلخل موثر و تراوایی نداشته و لذا تاثیری در کیفیت مخزنی ندارد طبقه بندی لوسیا (Lucia 1995).

### ۴-۲- تخلخل شکستگی (Fracture porosity)

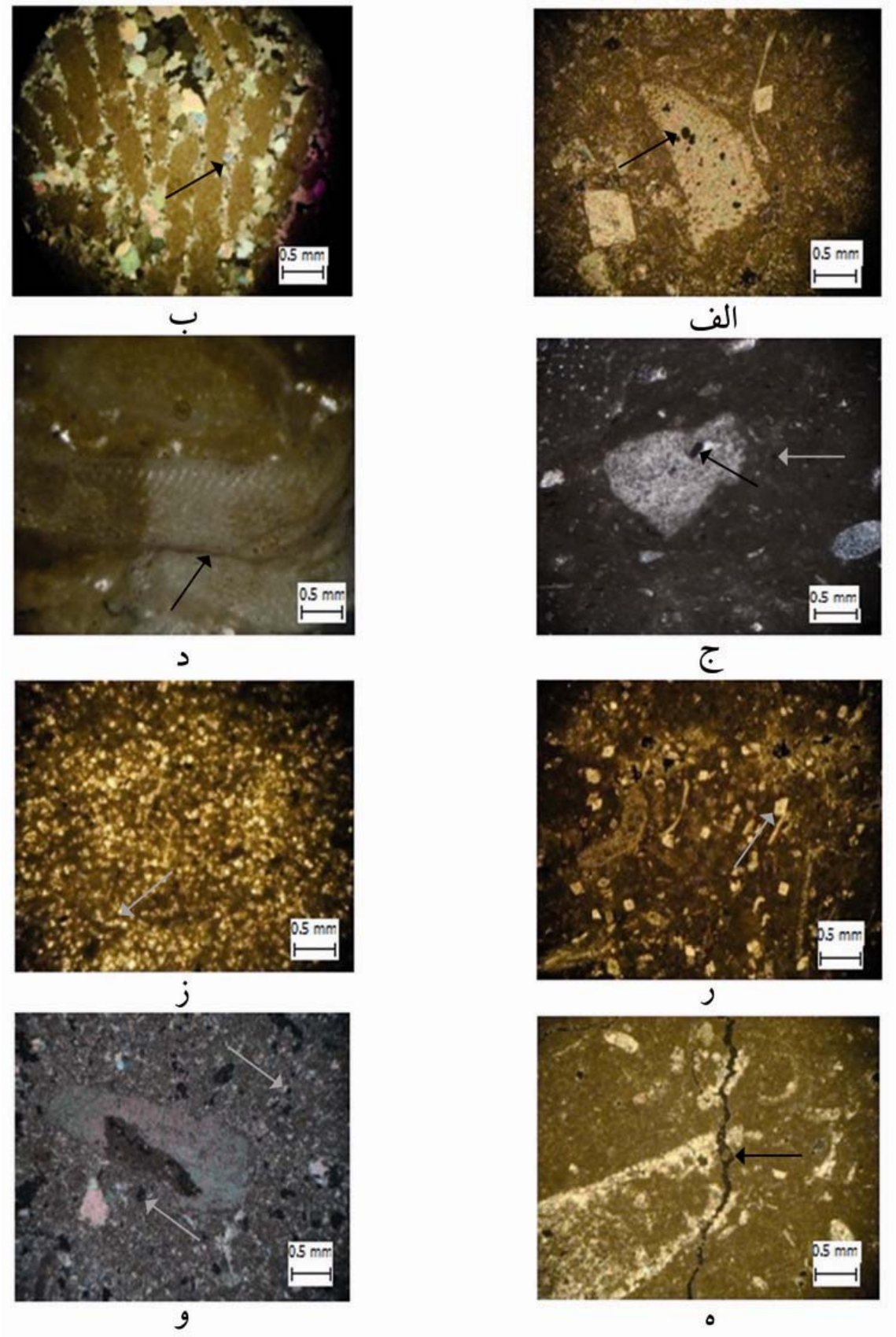
شکستگی ها بیشتر از آنکه تخلخل را افزایش دهند، یکی از عوامل مهم ایجاد تراوایی هستند. این نوع تخلخل فابریک سنگ را قطع می کند و عموماً حاصل نیروهای جهت دار(تکتونیکی)، فروریزش(Collapse) و یا انحلال (Solution) در آهک ها و تبخیری ها هستند. به علت تاثیر فرایندهای دیاژنزی این شکستگی‌ها توسط سیمان پر شده و گاهی اوقات به صورت باز و پر نشده باقی مانده اند. شکستگی و گسل خوردگی و به تبع آن افت فشار باعث خروج گاز Co2 و فوق اشباع شدن محیط نسبت به سیمان کربناته و رسوبگذاری این نوع در امتداد این شکستگی ها می شود. شکستگی های پر شده علاوه بر اینکه تخلخل ها را پر می کنند بلکه با ایجاد سد بین گلوگاه ها ی تخلخل ارتباط آنها را قطع می کنند و لذا نقش عمده ای در کاهش تراوایی دارند. اندازه شکستگی های مشاهده شده در مقاطع نازک سازند داریان به لحاظ طول و ضخامت متغیر می باشد به طوریکه گاهی شکستگی ها سرتاسر مقطع را پیموده و بعضاً به صورت شکستگی ریز و نازک در مقطع نازک مشاهده می شوند. در طبقه بندی لوسیا (Lucia 1995)، این تخلخل در گروه تخلخل های حفره ای به هم مرتبط می باشد.

### ۴-۳- تخلخل قالبی (Moldic)

این نوع تخلخل ناشی از انحلال انتخابی دانه های اسکلتی و غیر اسکلتی کربناته مانند صدفها و ائیدها می باشد که خود دانه حل می شود و قالب آن بر جای می ماند. اندازه این حفرات به اندازه دانه حل شده و شدت انحلال بستگی دارد. دانه های اسکلتی و غیر اسکلتی با ترکیب کلسیت پر منیزیم و آراگونیت پایدار در محیط دیاژنزی فراتیک دریایی، هنگامی که در محیط دیاژنز وادوز جوی قرار می گیرند به دلیل تحت اشباع بودن سیالات موجود در این محیط نسبت به آراگونیت و کلسیت پر منیزیم، به نسبت های مختلف ناپایدار گشته و در طی پایدارسازی، آراگونیت حل شده و کلسیت پرمنیزیم با از دست دادن منیزیم تبدیل به فاز پایدار در این محیط یعنی کلسیت کم منیزیم می شوند. در سازند داریان به دلیل مساعد نبودن شرایط برای تشکیل ائید، قالب ائیدی مشاهده نمی شود، اما فراوانی آلوکم های اسکلتی با ترکیب آراگونیتی و به میزان خیلی کم سیمان سیلیسی در از دست رفتن خیلی زیاد این نوع تخلخل موثر می باشد. طی مراحل دیاژنزی این نوع تخلخل به دلیل ماهیت دوگانه دیاژنزی، ممکن است که باعث ایجاد تخلخل از نوع حفره ای را کرده و باعث افزایش کیفیت مخزن بشود. این نوع تخلخل به دلیل ایزوله بودن معمولا رابطه ای با تخلخل و تراوایی موثر ندارد مگر اینکه فضاهای آن به هم مرتبط گردند (آقازاده ۱۳۸۸).

### ۴-۴- تراکم (Compaction)

تراکم یکی از فرایندهایی است که بعد از دفن شدگی رسوبات بر روی آنها تاثیر می گذارد و منجر به کاهش تخلخل و تراوایی می‌گردد. این فرایند در اثر فشار لیتواستاتیک ایجاد و منجر به آرایش نزدیک دانه ها می شود و با کاهش حجم رسوبات همراه است که به نوبه خود منجر به کاهش فضاهای خالی و تخلخل می گردد. اگر دانه های شکل پذیر وجود داشته باشند حجم آنها کم خواهد شد. اثرات حاصل از فشردگی مکانیکی شامل تغییر شکل پلاستیک قطعات، لغزش دانه ها، شکستگی دانه ها و نظم مجدد آنها می باشد (رضایی ۱۳۸٤).




تصویر ۵– الف) تخلخل درون ذره‌ای در محیط پکستونی (چاه spo1، نور xpl)، ب) شکستگی‌های پر شده در محیط وکستونی (چاه spo2، نور xpl)، ج) تخلخل قالبی در محیط وکستونی (چاه spo2، نور xpl)، د)تراکم ایجاد شده بین دو اوربیتولین (چاه spo1، نور xpl)، ر)دولومیتی شدن و تخلخل‌های بین بلوری(چاه spo1، نور xpl)، ز)تخلخل بین بلوری در محیط گرینستونی (چاه spo1، نور xpl)، ه)شکستگی‌های باز مانده (چاه spo2، نور xpl)، و)تخلخل حفره‌ای در محیط (چاه spo1، نور xpl).

### ۴-۵- دولومیتی شدن (Dolomitization)

دولومیتی شدن یکی از پدیده های مهم دیاژنتیکی است که اغلب منشا جانشینی دارد و در طول سازند، در برخی از مقاطع مورد مطالعه مشاهده می گردد. دولومیتها از نظر تشکیل به دو گروه تقسیم بندی می شود(رحیم پور ۱۳۸٤).

۱- دولومیت اولیه (Sinegenetic)

۲- دولومیت ثانویه (Diagenetic)

دولومیتهای مشاهده شده در سازند داریان از نوع دولومیت های ثانویه بوده و هیچ شاهدی مبنی بر وجود دولومیت های اولیه نمی باشد. این دولومیتها اکثراً پتانسیل خوبی برای تخلخل بین بلوری و تراوایی دارا می باشند ، به همین دلیل بررسی آنها از اهمیت زیادی برخوردار است.

### ۴-۶- تخلخل بین بلوری (Intercrystalline porosity)

این نوع تخلخل در دولومیت ها بیشتر وجود دارد، هنگامی که کلسیت به دولومیت تبدیل می شود، حجم دولومیت ۱۳درصد کمتر از حجم کلسیت است و به دلیل کاهش حجم این نوع تخلخل به وجود می آید.

این نوع تخلخل در سازند داریان در قسمتهایی که دولومیتی شده دیده می شود و مقدار آن در سازند داریان خیلی کم می باشد.

### ۴-۷- تخلخل حفره‌ای (Vuggy)

تخلخل حفره ای از انواع رایج تخلخل در سازند داریان می باشد. این نوع تخلخل در اکثر رخساره ها کم و زیاد مشاهده می شود. تشکیل این نوع تخلخل در نتیجه عملکرد فرایندهای دیاژنزی مخصوصاً انحلال و بزرگ شدن تخلخل های قالبی، با چشم غیر مسلح قابل مشاهده هستند(رحیم پور بناب ۱۳۸٤).

فراوانی آن در رخساره پهنه جزرومدی و گرینستون تا پکستون مربوط به زیر محیط لاگون باز است. معمولا توسط سیمان پر شده اند و در بعضی از رخساره ها حفظ شدگی بیشتری را نشان می دهند به طوریکه به عنوان فراوان ترین نوع تخلخل در آن رخساره محسوب می شوند.

## ۵- نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، انحرافات قابل مشاهده در نمودار انحراف سرعت، تنها در اینتروال های کربناته قابل اعتماد است و نباید به نتایج آن در لیتولوژی غیر کربناته اعتماد نمود علت آن است که سنگهای کربناته در مقایسه با ماسه سنگ‌ها از تخلخل ثانویه بیشتری برخوردار می‌باشند.

بر اساس نمودار انحراف سرعت، هر دو چاه مورد مطالعه، سه نوع انحراف مثبت، منفی و صفر را دارا می‌باشند. در نتیجه در انحرافات مثبت انواع تخلخل در این چاهها از نوع قالبی و درون فسیلی می باشد و در انحرافات صفر ما تخلخل های بین ذره ای و بین بلوری را داریم و در انحرافات منفی نوع تخلخل شکستگی است که بر اساس این نمودار به ندرت این نوع تخلخل در هر دو چاه مشاهده شده است و نمودار انحراف سرعت به طور عمده در چاههای مورد مطالعه، انحرافات مثبت و منفی(۵۰۰+ و ۵۰۰-) را نشان می‌دهد.

با توجه به انحرافات صفر و مثبت در هر دو چاه که مورد بررسی قرار گرفته اند می‌توان به این نتیجه رسید که تخلخل‌های غالب در چاه Spo1، بین ذره‌ای، بین بلوری، ریز تخلخل‌ها هستند و در چاه Spo2، عمدتاً تخلخل از نوع قالبی و در برخی جاها شکستگی مشاهده می‌شود.

تخلخل‌های شناسایی شده بر اساس مقاطع نازک تهیه شده از عمق ۹۵۰ تا ۱۱۵۰ متری دو چاه spo1, spo2 ، تطابق قابل قبولی را با انحرافات نمودار انحراف سرعت نشان می‌دهند. بنابراین می‌توان گفت که این نمودار، ابزاری مناسب جهت شناسایی انواع تخلخل‌ها در کربناتها می‌باشد.

## مراجع


**آقازاده، ن.، ۱۳۸۸**، "بررسی نقش دیاژنز و عوارض آن در سازند داریان و ارتباط آن با کیفیت مخزنی در میدان گازی پارس جنوبی"، *پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تهران، ۱٤۹ ص.*

**امیری، م.، ۱۳۸۸**، "محیط رسوبی، چینه نگاری سکانسی و تعیین سن سازند داریان در میدان گازی پارس جنوبی"، *پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تهران، ۲۰۰ ص.*

**رستگار لاری، ع.، ۱۳۸۸**، "محیط رسوبی و چینه نگاری سکانسی سازند فهلیان در مرکز فارس"، فصلنامه زمین شناسی کاربردی، سال ۵، شماره ۲.

**رضایی، م، ۱۳۸٤**، "زمین شناسی نفت"، انتشارات علوی، ٤۷۲ ص.

**رضایی، م. و چهرازی، ع، ۱۳۸۵**، "اصول برداشت و تفسیر نگارهای چاه پیمایی"، *انتشارات دانشگاه تهران، ۶۹۹ ص.*

**رحیم پور بناب، ح، ۱۳۸٤**، "سنگ شناسی کربناته(ارتباط دیاژنز و تخلخل)"، انتشارات دانشگاه تهران، ٤۸۷ ص.

**گزارش شرکت نفت و گاز پارس جنوبی، ۱۳۷۰**

**Anselmetti, F. S. & Eberli, G. R., 1999,** "The velocity-deviation log; a tool to predict pore type and permeability trends in carbonate drill holes from sonic and porosity or density logs", *AAPG Bulletin, Vol. 83 (3): 450- 466.*

**Eberli, G. R., Anselmetti, F. S. & Incze, M. L., 2003,** "Factors controlling elastic properties in carbonate sediments and rocks", *The Leading Edge, Vol. 22 (7): 654-660.*

**James, G. A. & Wynd, J. G., 1965,** "Stratigraphic nomenclature of Iranian oil consortium agreement area", *AAPG Bull., Vol. 49: 2182-2245.*

**Kazemzadeh, E., Nabi-Bidhendi, M., Keramati, M. Rezaee, M. R. & Saadat, K., 2007,** "Determination of archie coefficients in different petrofacieses of carbonate rocks using seismic wave velocity deviation logs", *Journal of the Earth & Space Physics, Vol. 33 (1): 21.*

**Lucia, F. J. 1995,** "Rock-fabric petrophysical classification of carbonate pore space for reservoir characterization", *AAPG Bulletin, Vol. 79 (9): 1275-1300.*

**Wells, A. J., 1965**, "Lithofacies and geological history of Khami Group in Southwest of Iran", *IOOC Rep. No. 1082 (Unpub.): 103-147.*

**Wyllie, M. R. J., Gregory, A. R. & Gardner, L. W., 1956**, "Elastic wave velocities in heterogeneous and porous media", *Geophysics, Vol. 21 (1):47-70.*