



فصلنامه زمین ساخت

پائیز ۱۴۰۰، سال پنجم، شماره ۱۹

doi 10.22077/JT.2022.5020.1129

ارزیابی کیفیت مخزنی سازند فهلیان با استفاده از نمودار تصویرگر سازند و نمودارهای متداول مخزنی

فرید زمردی^۱، مهران آراین^{۲*}، زهرا ملکی^۳

۱. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، گروه علوم پایه، تهران، ایران.

۲. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، گروه علوم پایه، تهران، ایران.

۳. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، گروه علوم پایه، تهران، ایران.

چکیده:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۱۸

در این مطالعه از پردازش و تفسیر داده‌های نمودار تصویرگر سازند و نمودارهای متداول مخزنی با استفاده از نرم افزار تخصصی ژئولاگ، جهت توصیف خواص مخزنی سازند فهلیان در یکی از میداین نفتی دشت آبادان استفاده شده است. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد شیب لایه‌ها کمتر از ۱۰ درجه و جهت یافتگی لایه‌ها در محدوده ۱/۲۲ تا ۸۹/۶۹ درجه و در امتداد شمال شرقی است، شیب-آزیموت برابر با 55° - $3/08^{\circ}$ درجه در امتداد شمال غرب-جنوب شرق بوده است. توسعه شکستگی‌ها در این سازند کم، و شکستگی‌های موجود از نوع باز و در امتداد جنوب غربی هستند. محدوده شیب شکستگی‌ها بین $29/76$ تا $73/09$ درجه تعیین شده است. بیشینه تنش نیز در جهت شمال شرق-جنوب غرب (NE-SW)، تشخیص داده شده است. پردازش و تفسیر نمودارهای متداول مخزنی نیز نشان می‌دهد سازند فهلیان در میدان نفتی مورد مطالعه به ۶ لایه (F1, F2, F3, R1, F4, R2) قابل تفکیک است. لایه‌های R1, R2 به دلیل داشتن تخلخل مفید خوب (معادل ۷/۵ و ۶/۱ درصد) و اشباع آب موثر پایین (۹/۴ و ۴/۹ درصد) در بعضی از فواصل عمقی پتانسیل مخزنی نشان می‌دهند، اما ضخامت این لایه‌های تولیدی کم است. لایه‌های F1, F2, F3, F4 به دلیل تخلخل بسیار ضعیف و یا حجم شیل بالا اساساً فاقد پتانسیل مخزنی هستند. از نتایج کاربردی مطالعه حاضر این است که با توجه به مترائ کل حفاری و خصوصیات مخزنی (ضعیف) و با در نظر گرفتن هزینه‌های حفاری، بهره‌برداری و فرآورش، این میدان در شرایط کنونی برای توسعه مناسب نیست و در صورت توسعه با توجه به پتانسیل ضعیف مخزنی نیازمند بهره‌گیری از روش‌های تحریک سازند از جمله اسیدزنی گسترده خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: نمودارهای تصویرگر، شکستگی‌ها، سازند فهلیان خصوصیات مخزنی.

*ایمیل: Mehranarian@yahoo.com

تلفن تماس: ۰۲۱۴۴۸۶۵۶۶۶

Evaluation of reservoir quality of Fahliyan Formation using formation Imager log and conventional reservoir well logs

Farid Zomorodi¹, Mehran Arian^{2*}, Zahra Maleki³

1-Department of Earth Sciences, Science and Research branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

2- Department of Earth Sciences, Science and Research branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

3-Department of Earth Sciences, Science and Research branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Abstract:

In this study from the processing and interpretation of the image log (EMI Log) and results integration with the results of the interpretation of conventional reservoir logs (full set logs) In order to describe the reservoir properties of Fahliyan Formation, has been used. Processing and interpretation of full set and image logs in Geolog specialized software. The findings of this study are based on the processing and interpretation of the EMI image log, the dip of the layering is less than 10 degrees and along the northeast. Also, the development of fractures in this limited formation, and generally fractures are open and along the South-West. The maximum tension is also detected in the direction of North East-South-West (NE-SW). The processing and interpretation of conventional reservoir diagrams also shows that the Fahliyan Formation in one of the oil fields of Abadan plain can be divided into 6 layers (F1, F2, F3, R1, F4, and R2). The layers of R1, R2 show weak reservoir potential and F1, F2, F3, and F4 layers are basically lacking reservoir potential due to their very poor porosity or high shale volume. The present study is an applied study. With regard to drilling ranges and reservoir conditions (poor) and considering the costs of drilling, operation and processing, this field is not suitable for development at present and in case of development, due to poor reservoir conditions, it will be necessary to stimulate formation, including acidification.

Keywords: Formation imager log, Fracture, Fahliyan Formation, Reservoir characterization.

*Email: Mehranarian@yahoo.com

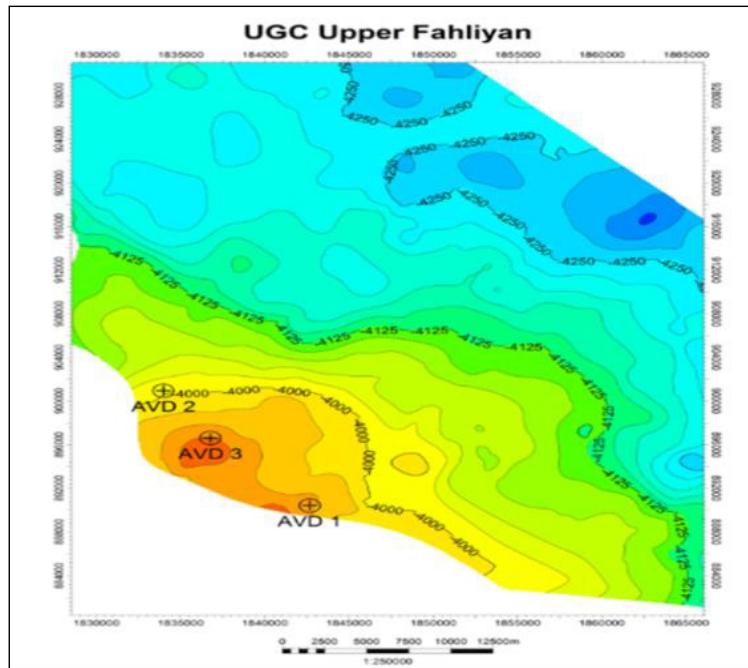
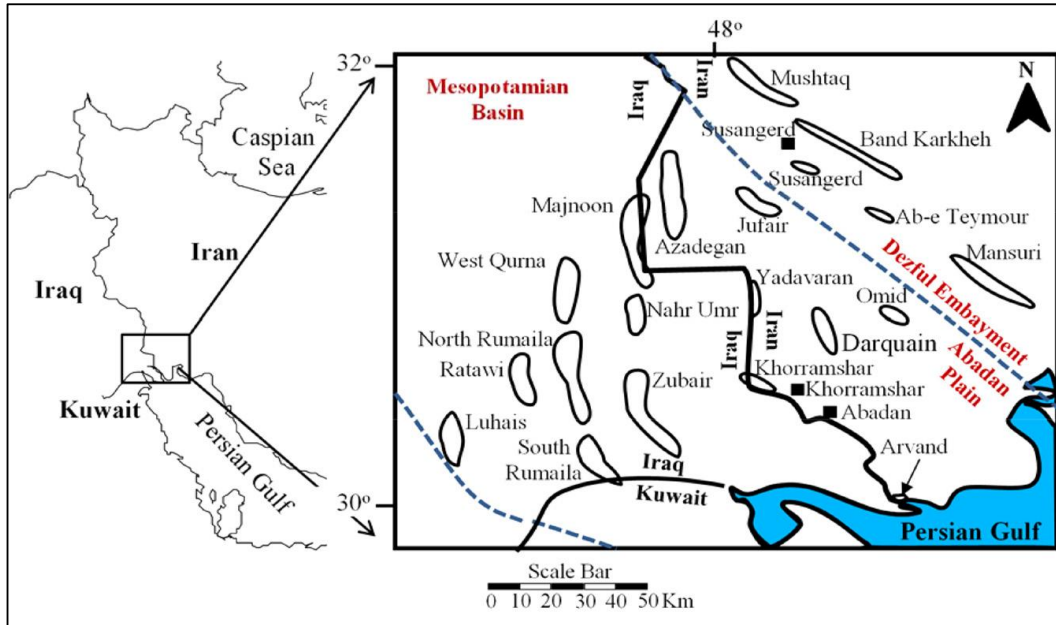
Tel: +982144865666

مقدمه

روش مطالعه

در این پژوهش داده‌های نمودار تصویرگر EMI برداشت شده از یکی از چاه‌های میدان نفتی واقع در دشت آبادان در نرم‌افزار تخصصی ژئولاگ، بارگذاری، پردازش و تفسیر شده‌اند. با تفسیر نمودار تصویرگر در چاه مورد مطالعه، تغییرات لایه‌بندی، شیب و امتداد لایه‌ها، توسعه و تراکم و جهت شکستگی‌ها، نوع شکستگی‌ها، تخلخل ثانویه، تنش درجا مورد ارزیابی و تحلیل کیفی و کمی قرار گرفته است و با تلفیق نتایج پردازش و تفسیر نمودارهای متداول مخزنی، نواحی تولیدی و غیرتولیدی از هم تفکیک و تعیین می‌گردند و نتایج مربوط به زون‌های مختلف این سازند به طور مجزا ارائه و امکان مقایسه بین زون‌های مختلف از نظر خواص مخزنی و روند تغییرات آنها فراهم می‌گردد. موقعیت جغرافیایی و ساختاری میدان مورد مطالعه و نقشه زیرسطحی از سازند فهلیان و موقعیت چاه مورد مطالعه در شکل ۱ آورده شده است. مطالعه چارچوب ساختاری دشت آبادان بر اساس داده‌های ژئوفیزیکی نشان می‌دهد دشت آبادان بخش شمال‌شرقی صفحه عربی را تشکیل داده و ویژگی‌های زمین‌شناسی آن بیشتر شبیه صفحه عربی است. از ویژگی‌های این ناحیه می‌توان به تاقدیس‌های با روند شمال‌شرقی- جنوب‌غربی (روند عربی)، تاقدیس‌های خیلی ملایم با روند شمالی-جنوبی و تاقدیس‌هایی با امتداد شمال غربی- جنوب شرقی (روند زاگرسی) که در حاشیه جنوب غربی فروبار دزفول واقع شده‌اند، اشاره کرد. مطالعات انجام شده، گسلش در پی‌سنگ و حرکت نمک هرمرز را بعنوان عوامل اصلی در ایجاد ساختمان‌هایی با روند شمالی- جنوبی و شمال‌شرقی- جنوب‌غربی معرفی نموده‌اند. اوج این فعالیت‌ها در زمان کرتاسه اتفاق افتاده است و با گسترش حرکات زاگرسی در اواخر ترشیری ساختمان‌هایی با روند عربی مجدداً فعال شده‌اند (عبداللهی فرد و همکاران، ۱۳۸۵).

ابزارهای تصویرگر ابزارهای ارزشمند در تصویربرداری ۳۶۰ درجه از دیواره چاه و سازند هستند (قاسم العسکری، ۱۳۸۷). نمودارهای تصویرگر به واسطه قدرت تفکیک بالا، تفسیر خصوصیات ساختمانی و رسوب‌شناسی و رخساره ای سنگ‌های مخزنی را به صورت دقیق‌تر و با جزئیات بیشتر می‌سازند (رضایی و چهارزی، ۱۳۸۹). آنها همچنین در تفسیر شکستگی‌های مخزن، تعیین چگالی، نوع شکستگی (طبیعی یا مصنوعی) القاء شده در حین عملیات حفاری) میزان تراکم و گسترش شکستگی‌ها و شیب و امتداد لایه‌ها و شکستگی‌ها بسیار مفید می‌باشند (سلیمانی و همکاران، ۱۳۹۴). فناوری‌های تصویربرداری جدید، امکان ارزیابی چاه، توصیف خصوصیات سازندها و تعیین بهترین محل برای حفاری‌های آتی را قبل از آغاز حفاری‌های پرهزینه و تصمیمات تولیدی فراهم می‌سازد (کاظمی و همکاران، ۱۳۹۴). در مطالعه حاضر با پردازش و تفسیر داده‌های نمودار تصویری EMI و تلفیق آن با نتایج تفسیر نمودارهای متداول مخزنی به توصیف خواص مخزنی و شکستگی‌های سازند فهلیان یکی از میادین نفتی جنوب غرب ایران پرداخته می‌شود. ابزار تصویرگر EMI در سال ۱۹۹۴ توسط شرکت هالیبرتون به منظور بهبود کیفیت تصاویر دیواره چاه معرفی گردید. ابزار EMI دارای شش بازوی مستقل است که روی هر کدام از بازوها ۲۵ الکتروود هم‌اندازه قرار دارند. همزمان با نمودارگیری هر میکروالکتروود یک جریان متمرکز را به داخل سازند گسیل می‌کند. اندازه‌گیری تغییرات شدت جریان الکتریکی که تغییرات مقاومت میکرو را منعکس می‌کند به تصویرهایی با شدت رنگ‌های مختلف تبدیل می‌شوند. مشاهده و تجزیه و تحلیل این تصویرها، اطلاعاتی را ارائه می‌دهد که این اطلاعات به تغییرات در ترکیب، ساخت، بافت یا محتویات سیال مربوط می‌شوند (Prenesky, 1999).



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی و ساختاری میدان مورد مطالعه (ده‌کار و همکاران، ۱۳۹۹) و موقعیت چاه مورد مطالعه (AVD2) در نقشه زیر سطحی از سرسازند فهلیان.

پیشینه مطالعاتی سازند فهلیان

مورفولوژی ناحیه دشت آبادان فاقد هرگونه توپوگرافی و یا بیرونزدگی بوده و چینه‌شناسی دشت آبادان از جمله سازند فهلیان با استفاده از اطلاعات ژئوفیزیکی و نتایج حفاری چاه مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته است. سازند کربناته فهلیان با سن کرتاسه زیرین یکی از مخازن مهم گروه خامی در حوضه‌نفتی زاگرس و معادل سازند یاماما در عربستان سعودی و عراق و

همچنین سازند رتاوی در کویت و عراق است (مطیعی، ۱۳۷۲). برش نمونه این سازند در نزدیکی دهکده فهلیان از توابع نورآباد ممسنی در ناحیه فارس قرار دارد که نخستین بار جیمز و واینند آن را مطالعه و آن را در گروه خامی بالایی جای داده‌اند و حد زیرین و فوقانی آن را به ترتیب سازندهای سورمه و گدوان و براساس فونای به دست آمده سن آن نوکومین تعیین کردند (James and Wynd, 1965). سازند فهلیان را می‌توان در همه مناطق

در پلاتفرم کربناته‌ی شلف با بخش‌های کم‌عمق رسوب‌گذاری شده‌اند و از نظر چینه‌نگاری سکانسی، دو سکانس رسوبی (چرخه‌ی رده سوم) با توالی ضخیم شونده و کم عمق شونده به طرف بالاست. (Maleki, Kheemesarai et al, 2010). شاکری و پرهام توصیف مخزنی و فاکتورهای کنترل کننده کیفیت سازند فهلیان در یکی از میدین نفتی بزرگ جنوب باختری ایران را مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها انحلال، شکستگی، سیمانی شدن، فشردگی و دولومیتی شدن را به عنوان پارامترهای اصلی دیاژنزی در منطقه مورد مطالعه شناسایی کردند که از میان این عوامل، انحلال نقش مهمی در بهبود تخلخل و کیفیت مخزنی سازند فهلیان داشته است. همچنین ایشان خاطر نشان کردند که سازند نامبرده در میدان مورد مطالعه، از نظر ویژگی مخزنی خواص هموزنی نشان نمی‌دهد و بر این اساس آن را به ۸ زون با ویژگی‌های مخزنی متفاوت تقسیم کردند. این زون‌ها ممکن است خواص مخزنی خوب، متوسط، ضعیف یا اینکه خاصیت مخزنی نداشته باشند و تنها دو زون D4 و D8 کیفیت عالی نشان می‌دهند (Shakeri, and Parham, 2013). عقلی و همکاران در پژوهش خود به تحلیل ساختاری و بررسی شکستگی‌های سازند آسماری در جنوب غرب ایران با استفاده از نمودارهای تصویری FMI, FMS پرداختند. برپایه نتایج این مطالعه تولید از سازند آسماری در میدان مورد مطالعه به وجود شکستگی‌ها وابسته است. شکستگی‌ها اساساً در امتداد N45-90W بوده و در تولید از بخش بالایی این سازند بیشتر نقش داشته‌اند. جهت‌یابی تنش افقی در دو بخش شرقی و غربی میدان، در دو چاه مورد مطالعه متفاوت و از روند اصلی زاگرس پیروی نمی‌کند (Aghli et al, 2014). کاظمی و همکاران (۱۳۹۹) در جدیدترین مطالعه به بررسی عوامل کنترل کننده کیفیت مخزنی و معرفی واحدهای جریان‌ی سازند فهلیان در یکی از میدین نفتی دشت آبادان، جنوب غرب ایران پرداخته‌اند نتایج نشان داد که این روش به خوبی ارتباط رخساره‌ها و فرآیندهای دیاژنزی را با واحدهای جریان‌ی مختلف نشان می‌دهد و می‌تواند به‌طور مؤثر در واحدبندی مخزن استفاده گردد. براساس روش لورنز اصلاح‌شده، ۱۰ واحد جریان‌ی شامل ۴ واحد مخزنی (۲ واحد سرعت و ۲ واحد معمولی)، ۳ واحد جریان‌ی

فارس، شمال‌خاوری خوزستان و شمال‌خاوری لرستان دید؛ ولی در جنوب باختری لرستان و خوزستان، این سازند به شیل و سنگ آهک‌های سازند گرو تبدیل می‌شود (مطیعی، ۱۳۷۲). کرمی زاده و همکاران (۱۳۹۲) با مطالعه مقاطع نازک حاصل از مغزه‌های حفاری و خرده‌های حفاری، فرایندهای دیاژنزی از جمله دولومیتی شدن، سیمانی شدن، ریز شکستگی و تاثیرشان بر کیفیت مخزنی سازند فهلیان میدان نفتی دارخوین مورد بررسی و تحلیل زمین‌شناسی و مخزنی قرار داده و نقش هر کدام از فرایندهای دیاژنزی را در افزایش و کاهش پتانسیل مخزنی مورد تحلیل و بررسی قرار داده‌اند. عرب سالاری و همکاران (۱۳۹۲)، مطالعه‌ای با عنوان ارزیابی خواص مخزنی سازند فهلیان در میدین واقع در دشت آبادان به انجام رسانیده‌اند که بر اساس این مطالعه در میدین مختلف کیفیت مخزنی متفاوتی داشته است از جمله سازند فهلیان در میدان جفیر به پنج زون مخزنی تفکیک شده است. سلیمانی و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهشی به مطالعه شکستگی‌ها و نوع تخلخل در مخزن با استفاده از نمودارهای FMI و انحراف سرعت و توصیف مغزه‌ها و مقاطع نازک پرداختند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد دو نوع شکستگی طولی و عرضی با زاویه شیب بالا نسبت به سطح لایه بندی تشکیل شده‌اند و با توجه به آغستگی نفت در بیشتر مقاطع نازک، اهمیت بالای شکستگی‌ها به عنوان معبری مناسب برای عبور سیال آشکار شد. سبوحی و همکاران محیط رسوبی و چینه‌نگاری سکانسی سازند فهلیان (نئوکومین) در شمال فروفاتادگی دزفول را مطالعه کردند مطالعات پتروگرافی و آنالیز رخساره‌ها منجر به شناسایی ۱۷ میکروفاسیس گردید. این میکروفاسیس‌ها در یک محیط رمپ کربناته تک شیب و در ۴ کمربند رخساره‌ای شامل پهنه‌های جزر و مدی، لاگون، سد و دریای باز نهشته شده‌اند. تغییرات نسبی سطح آب دریا در حین تشکیل نهشته‌های سازند فهلیان منجر به تشکیل سه سکانس رسوبی درجه سوم با مرزهای نوع اول و دوم گردیده است (Sabouhi et al., 2010). ملکی خیمه‌سری و همکاران (2010) فرایندهای دیاژنزی و محیط رسوبی سازند فهلیان در فارس ساحلی و حواشی فارس ساحلی را مورد بررسی قرار دادند، نتایج این مطالعه نشان می‌دهد سازند فهلیان



آشفته، ۲ واحد جریانسی سدی و ۱ واحد جریانسی حد واسط مخزنی/ بافلی شناسایی شد. عابدپور و همکاران بیوستراتیگرافی سازند فهلیان را در مقطع آغار ۱۹ به انجام رسانیده اند بررسی عمودی این سازند منجر به شناسایی جلبک‌های آهکی و روزن داران شده است که شامل ۴۸ جنس، ۳۲ گونه و سه بیوزون در رسوبات سازند فهلیان است بر اساس بیوزون‌های ایجاد شده، سن سازند فهلیان در برش آغار ۱۹ از بریاسین تا برمین اولیه تعیین شده است (Abedpour et al, 2021). تاثیر فرایندهای دیاژنزی بر روی کیفیت مخزنی سازند فهلیان در میدان نفتی اروند واقع در دشت آبادان توسط ده کار و همکاران (۱۳۹۹) مطالعه شده است نتایج این مطالعه نشان می دهد به دلیل گسترش محدود فرآیندهای دیاژنزی مؤثر در کیفیت مخزنی و حجم گل آهکی متأثر از محیط رسوبی، کیفیت مخزنی سازند فهلیان در میدان اروند، متوسط ارزیابی می شود. این مطالعات نشان می دهند که حوضه نهشت سازند فهلیان در برگیرنده ویژگیهای زمین شناسی و مخزنی متفاوت در موقعیتهای گوناگون است و بررسی این سازند از دیدگاه مخزنی در نواحی مختلف زاگرس به ویژه ناحیه دشت آبادان امری ضروری است. ارزیابی‌های اولیه در چاه اکتشافی شماره ۱ میدان نفتی مورد مطالعه در دشت آبادان نشان داده است که سازند فهلیان از نوع کربناته متراکم با تراوایی پایین می باشد و بنابراین شاخص بهره دهی در فواصل عمقی این سازند متفاوت و پایین است. برای نتیجه گیری بهتر برای تولید از این سازند، نیازمند عملیات تحریک سازند و برای این کار نیازمند تعیین مناسب ترین عمق برای عملیات مشبک کاری و به کارگیری موثرترین عملیات تحریک سازند می باشد. بنابراین اهمیت مطالعه حاضر در ارزیابی و تفسیر و تحلیل دقیق مخزنی سازند فهلیان و تعیین مناسب ترین زون‌ها جهت عملیات تحریک سازند و اسیدزنی است. این مهم از طریق پردازش و تفسیر نمودارهای مخزنی و تصویرگر سازند در مطالعه حاضر محقق خواهد گردید.

بحث

شناسایی عوارض لایه ای

براساس پردازش و تفسیر نمودار تصویری EMI، لایه‌بندی‌ها و شیب ساختاری در فاصله عمقی

نمودارگیری شده از سازند فهلیان مرز لایه‌های مسطح و قابل تشخیص شناسایی شد، همچنین شیب ساختاری عوارض لایه‌ای مشاهده شده، روی تصاویر محاسبه شد (شکل ۲). سطوح یا مرزهای لایه‌بندی بر روی تصاویر پردازش شده برداشت شده توسط نمودار EMI، بوسیله تغییرات ناگهانی در مقاومت ویژه با رنگ نمایان می شوند. اینگونه خطوط به راحتی بین بالشتک‌ها قابل همخوانی بوده و در تصاویر بهنجارسازی شده استاتیک مشاهده می شوند (Barton et al, 2002). ستون سوم شکل ۲، تصویر پویا (Dynamic Image) از نمودار تصویری سازند (EMI) می باشد که مرز لایه‌ها به رنگ سبز مشخص شده است و در ستون بعدی شیب آن‌ها مشخص شده است. شیب لایه‌ها عموماً کمتر از ۱۰ درجه بوده (۰/۵۳ تا ۷/۴۷ درجه) و روند گسترش لایه‌بندی در امتداد شمال شرقی در محدوده ۱/۲۲ تا ۸۹/۶۹ درجه قرار دارند. به این معنی که شیب/آزیموت برابر با 55° - $3/08^{\circ}$ درجه در امتداد شمال غرب-جنوب شرق بوده است (شکل ۳). با توجه به اینکه میدان مورد مطالعه در ناحیه دشت آبادان واقع شده و از ساختارهایی محسوب می شود که گسترش آن از روند عربی تبعیت می کند بنابراین امتداد لایه بندی نیز متأثر از این موضوع بوده است. همچنین برخلاف میدانهای نفتی ناحیه زاگرس، ساختمان میدانهای ناحیه دشت آبادان و حوضه بین‌النهرین از شیب کلی نسبتاً ملایمی برخوردار هستند بنابراین شیب کم لایه بندی نیز متأثر از این موضوع بوده است. گسلش در پی سنگ و حرکت نمک هرمرز بعنوان عوامل اصلی در ایجاد ساختارهایی با روند شمالی- جنوبی و شمال شرقی- جنوب غربی در ناحیه دشت آبادان می توان معرفی نمود. اوج این فعالیتها در زمان کرتاسه اتفاق افتاده و با گسترش حرکات زاگرسی در اواخر ترشیری ساختمانهایی با روند عربی مجدداً فعال شده‌اند. ساختمانهایی با روند عربی در برخی نواحی بصورت مانعی در مقابل دگرشکلی ناشی از چین خوردگی زاگرس عمل نموده‌اند.

شناسایی شکستگی‌ها و توصیف آنها

شکستگی‌های پر شده به صورت ساختارهایی ریز یا بسیار ریز، کشیده و کم و بیش مستقیم، عمودی یا اریب

مذکور به واقعه زمین ساختی عمار (Amar Collision) و گسلس در پی سنگ و حرکت نمک هرمز نسبت داده شده است. در واقع این روندها بازتابی از الگو و معماری پی سنگ پر کامبرین و تاثیر گسل های تراسیسی (-trans form) قدیمی که در طی گسترش کف اقیانوس تیس جوان به وجود آمده اند و در طی مراحل فشارشی در ترشیری دوباره فعال شده اند. این ساختارهای مرتبط با کافت نه تنها پوشش رسوبی و لایه بندی را تحت تاثیر خود قرار داده اند بلکه بر دگرشکلی فشارشی بعدی در طی تصادم اوراسیا و عربستان نیز موثر بوده است.

تخلخل ثانویه

یکی از کاربردهای نمودار تصویری تعیین تخلخل ثانویه از نوع حفره ای می باشد. تخلخل حفره ای یا Vuggy یکی از متداولترین نوع تخلخل ثانویه در مخازن کربناته می باشد که توسط سایر ابزارهای نمودارگیری به سختی قابل شناسایی هستند. منشاء این نوع تخلخل، دیاژنزی بوده و در زمان مهاجرت آب سازندی کانی های ناپایدار را حل و حفراتی به وجود می آورد. در این مطالعه با توجه به اهمیت تخلخل که از پارامترهای اصلی مرتبط با کیفیت مخزنی می باشد، فواصل عمقی دارای تخلخل ثانویه از نوع حفره ای و پارامترهای آن با استفاده از پردازش و تفسیر نمودار تصویری EMI تعیین گردید (شکل ۶). در این شکل فواصل عمقی دارای تخلخل حفره ای و پارامترهای آن یعنی اندازه (Size) تراکم (Density) در ستون دوم از سمت چپ مشخص شده است.

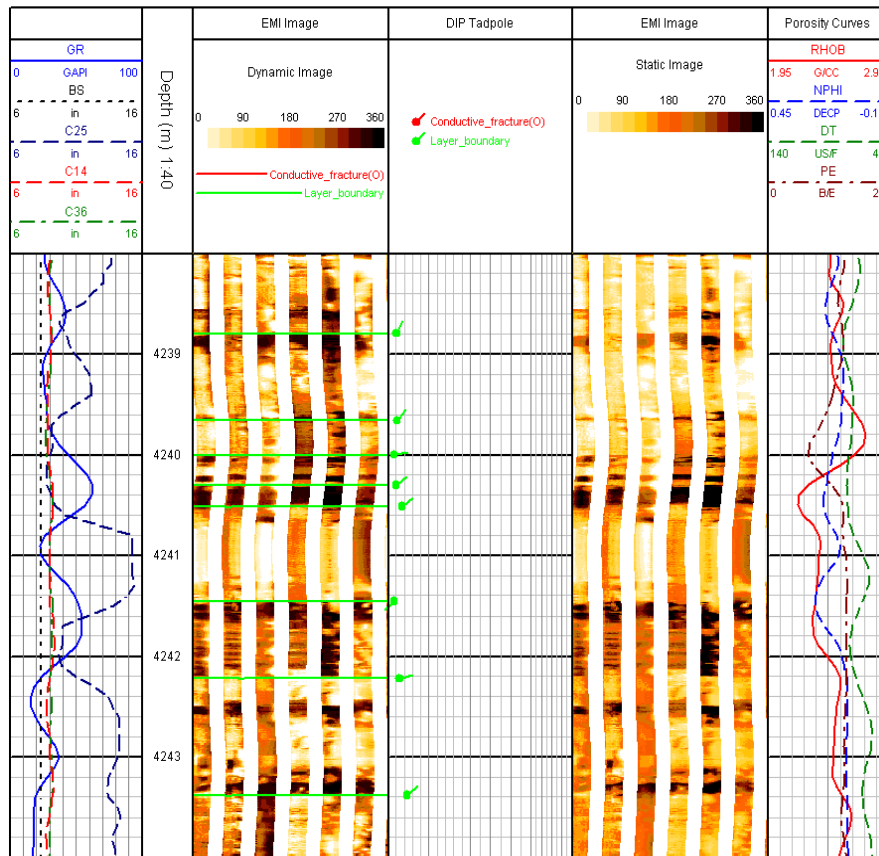
آنالیز تنش درجا

یکی از روش های تعیین جهت یابی تنش درجا استفاده از اطلاعات به دست آمده از پردازش و تفسیر تصویر دیواره چاه است. در تحلیل نمودار تصویری EMI توالی مورد مطالعه از سازند فهلیان، شکستگی های ناشی از حفاری تشخیص داده نشد، اما هم آمدگی (collapse) دیواره چاه در فواصل عمقی زیادی مشاهده شد (شکل ۸، ستون دوم از سمت راست) و ستون اول از سمت راست آنالیز تنش درجا را نشان می دهد. مطابق این ستون، بیشینه جهت گیری مقدار تنش افقی در امتداد شمال شرقی - جنوب غربی و مطابق با تنش بیشینه ناحیه بوده است (شکل ۷). هماهنگی بین حداکثر

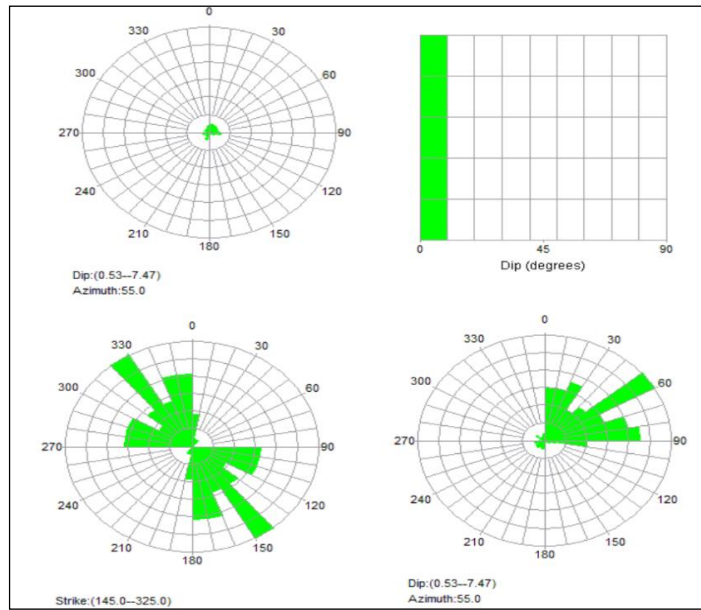
با رنگ روشن بر روی نمودارهای EMI ظاهر می شوند. شکستگی های باز یا شکستگی هایی که توسط مواد رسانا پر شده اند، در نمودارهای تصویری ساختارهایی به رنگ تیره قابل مشاهده هستند. شکستگی های باز را می توان به عنوان مسیرهای تراوا در سنگ مخزن در نظر گرفت و به تخلخل موثر اضافه نمود. شکستگی های ناشی از حفاری، به صورت خطوطی بلند و عمود بر لایه بندی و گاهی کوتاه با رنگ تیره بر روی تصاویر EMI ظاهر می شوند. شکستگی های ناشی از حفاری به صورت نامنظم و موازی با محور چاه می باشند و اغلب در یک طرف چاه دیده می شوند (Poppelreiter et al, 2009). در توالی مورد مطالعه شکستگی های ناشی از حفاری مشاهده نگردید. دلیل این موضوع به بهینه بودن پارامترهای حفاری (نرخ حفاری، وزن روی مته) و پارامترهای گل حفاری (نرخ تزریق، چگالی و گرانیروی سیال حفاری) در حفاری سازند مورد مطالعه بوده است. در این مطالعه با استفاده از نتایج آنالیز استاتیک نمودار EMI، موقعیت شکستگی ها و پارامترهای مربوطه که در بعضی از فواصل عمقی توسعه یافته بودند تعیین گردید (شکل ۴). همانطور که مشاهده می شود شکستگی ها توسعه کمی در فاصله عمقی این سازند دارند. در شکل ۴ ستون سوم از سمت چپ، تصویر پویا (Dynamic Image) از نمودار تصویری سازند (EMI) می باشد که فواصل عمقی دارای شکستگی به رنگ قرمز مشخص شده است. لازم به توضیح می باشد در این مطالعه از نمودارهای تخلخلی جهت اعتبارسنجی نتایج تحلیل شکستگی های به دست آمده از پردازش و تفسیر نمودار تصویری EMI استفاده گردید که در نواحی دارای شکستگی افزایش تخلخل مشهود و تطابق خوبی نشان می دهد. بر اساس آنالیز ساختاری شکستگی های سازند فهلیان با استفاده از نمودار EMI و همانطور که در شکل ۵ نشان داده شده است، امتداد اصلی شکستگی های باز، در جهت جنوب غربی تشخیص داده شد. هرچند بعضی از شکستگی ها روند شمال، شمال شرقی و جنوب، جنوب شرقی داشتند. محدوده شیب شکستگی ها بین ۲۹/۷۶ تا ۷۳/۰۹ تشخیص داده شده است. نتایج آنالیز ساختاری شکستگی های سازند فهلیان در شکل ۵ آورده شده است. شکل گیری الگوی شکستگی ها با روند

جنوب غربی (روند غربی) دارد و نتایج این مطالعات بر هم منطبق می باشد. در مطالعه چارچوب ساختاری دشت آبادان و شمال خلیج فارس که بر اساس داده های ژئوفیزیکی توسط عبداللهی فرد و همکاران مطالعه شده است نیز در ساختارهای معرفی شده با روند شمال شرقی-جنوب غربی (بلندای خارک-میش، بلندای هنديجان و میادین نفتی واقع در آن) بیشینه جهت گیری مقدار تنش افقی در امتداد شمال شرقی-جنوب غربی و مطابق با تنش بیشینه ناحیه بوده است (عبداللهی فرد و همکاران، ۱۳۸۵).

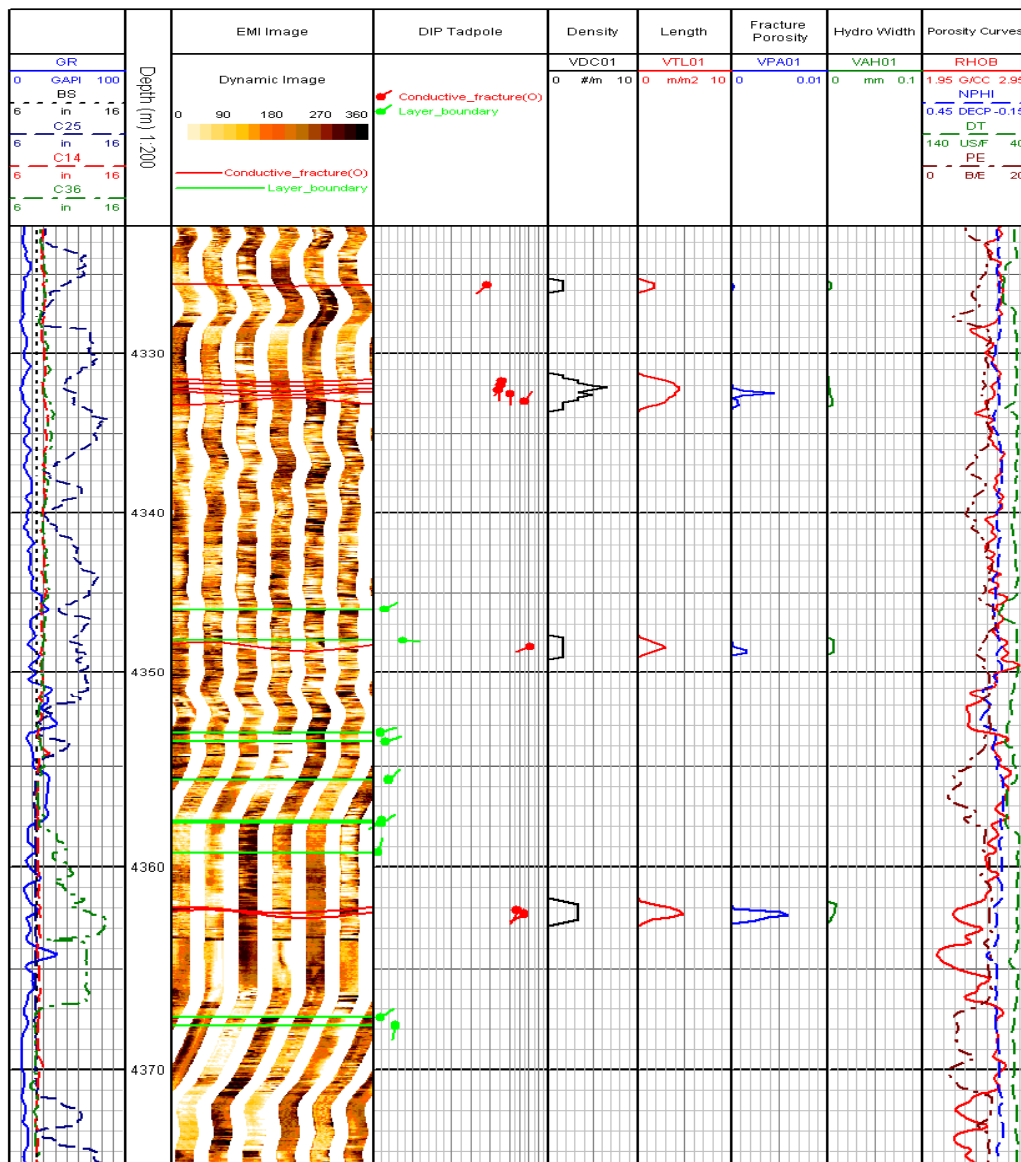
تنش افقی (SHmax) به دست آمده از شکستگی های طبیعی و جهت حداکثر تنش افقی (SHmax) حاصل از بررسی مکانیزم کانونی زمین لرزه در جایگاه نقشه جهانی تنش (WSM) اعتبار این تحقیق را تایید می کند. علاوه بر این جهت گیری تنش ناحیه ای در شبه جزیره عربستان، بوسیله اکبر و ساپرو (1994) اندازه گیری شده است که حداکثر تنش افقی (SHmax) در جهت-NE و SW و حداقل تنش افقی (SHmin) در جهت-SE می باشد (Akbar and Sapru, 1994). با توجه به اینکه چاه مورد مطالعه در ناحیه دشت آبادان و ساختار میدان مورد مطالعه روند ساختاری شمال شرقی-

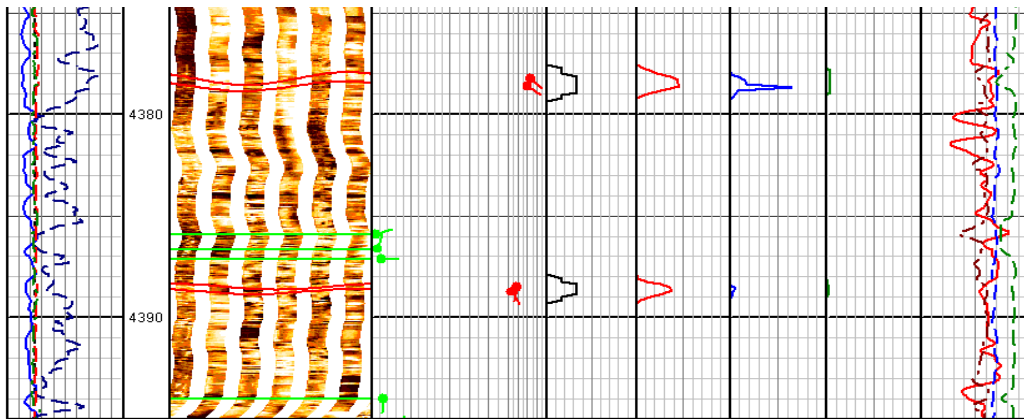


شکل ۲. تفکیک لایه بندی با استفاده از پردازش و تفسیری داده های نمودار تصویری EMI، فاصله عمقی با لایه بندی زیاد (خطوط سبز رنگ در ستون سوم از سمت چپ)

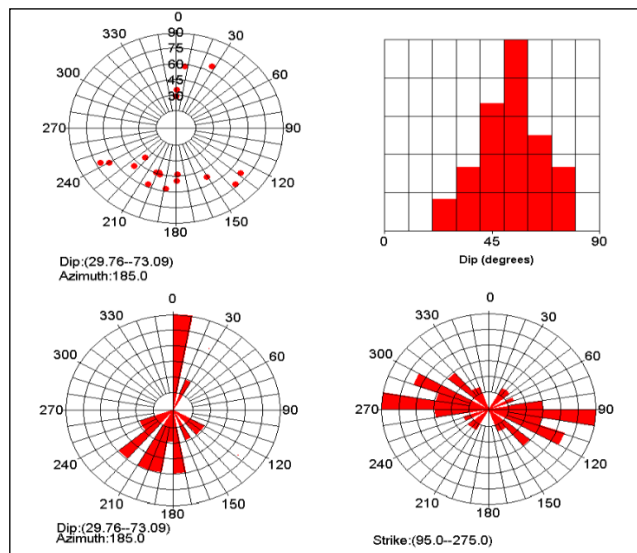


شکل ۳. آنالیز ساختاری استاتیک لایه بندی‌های سازند فهلیان چاه مورد مطالعه.

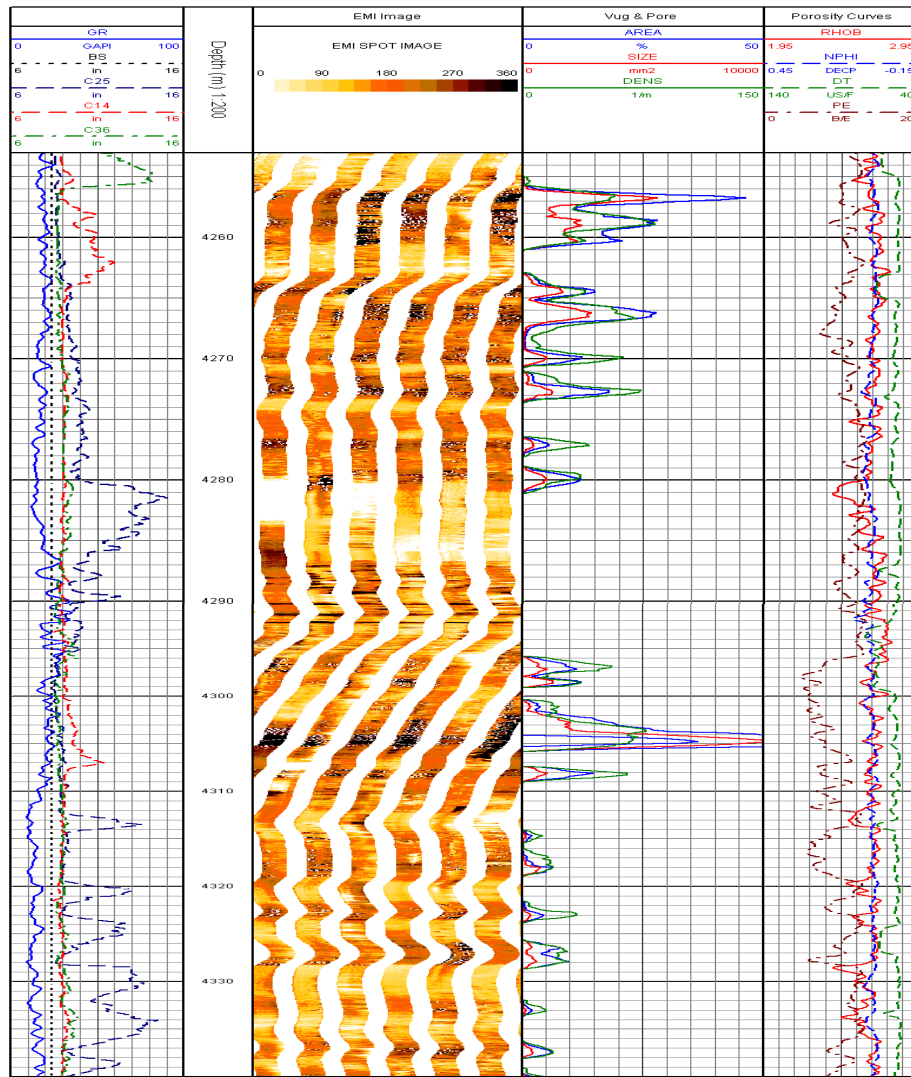




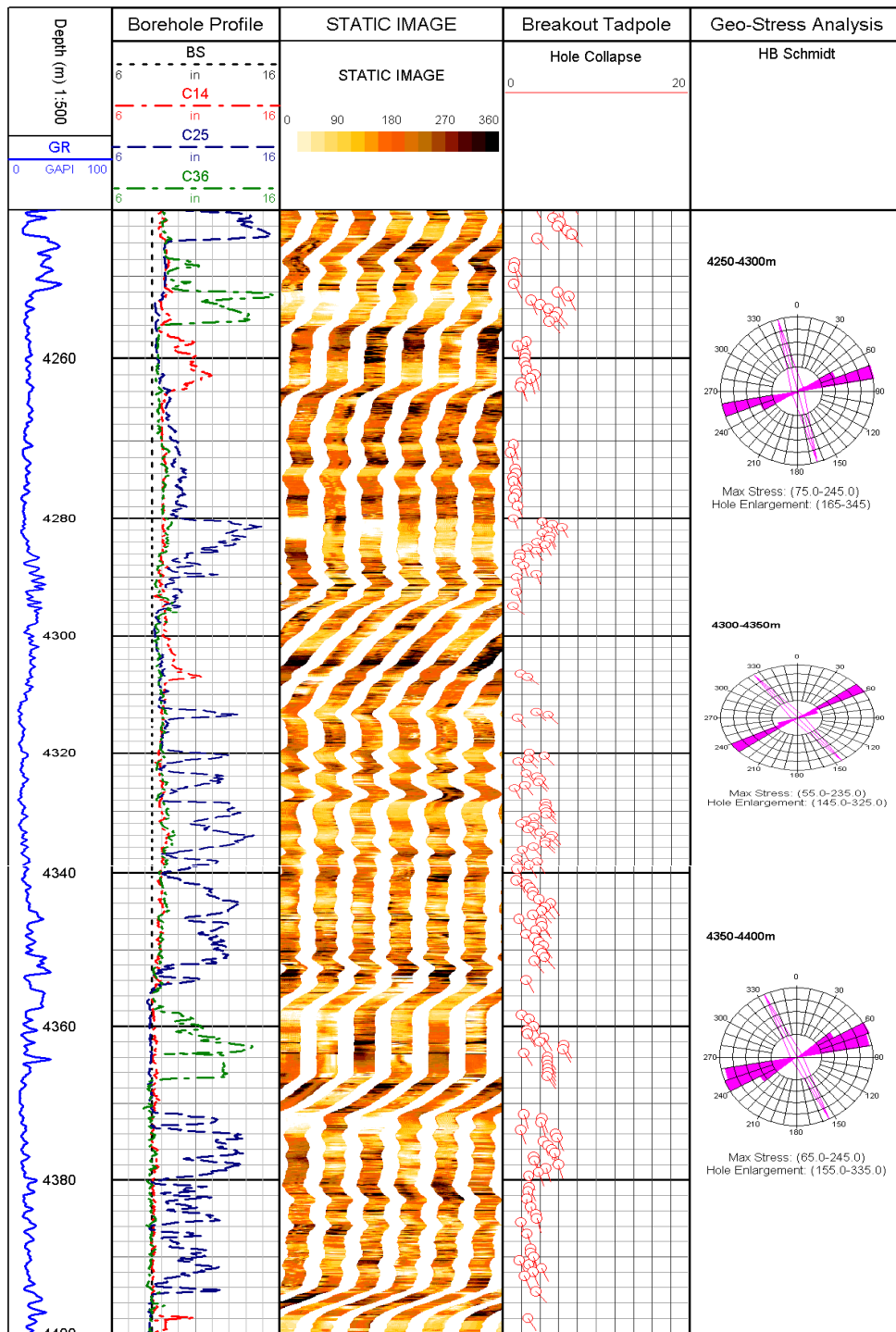
شکل ۴. تعیین شکستگی ها و پارامترهای مربوط به آن با استفاده از آنالیز نمودار تصویری EMI (فاصله عمقی ۴۳۲۲-۴۳۹۰ متری)



شکل ۵. نتایج آنالیز ساختاری شکستگی های سازند مخزنی فهلیان. (محدوده شیب شکستگی ها بین ۲۹/۷۶ تا ۷۳/۰۹)



شکل ۶. تعیین تخلخل‌های حفره‌ای موجود در سازند فهلیان با استفاده از پردازش و تفسیر نمودار تصویری و پارامترهای مرتبط با آن (ستون دوم از سمت چپ، مشخص‌کننده نواحی با تخلخل حفره‌ای و پارامترهای مرتبط با آن است).



شکل ۷. آنالیز تنش درجا با استفاده از پردازش و تفسیر نمودار تصویری EMI

در لایه‌های غیرمخزنی جلوگیری می‌شود. بنابراین با شناخت دقیق زون‌های مخزنی می‌توان در راستای بهره‌برداری بهینه از مخزن گام برداشت. در این مطالعه پس از پردازش و تفسیر نمودارهای متداول مخزنی و تعیین پارامترهای پتروفیزیکی، با استفاده از نگاره‌های مقاومت، نوترون، چگالی و گاما و براساس میزان گسترش خواص مخزنی از جمله تخلخل، اشباع آب،

زون‌بندی پتروفیزیکی سازند فهلیان بر مبنای پردازش و تفسیر نمودارهای متداول مخزنی
 زون‌بندی در مخازن به منظور شناسایی و تفکیک لایه‌های مخزنی از مهم‌ترین مراحل مطالعات مخزنی است. به این ترتیب در قسمت‌هایی که پتانسیل بیشتری برای تولید هیدروکربن دارند مطالعات تولیدی در آنها متمرکز گردیده و از اتلاف هزینه‌های گزاف



تعیین می‌شود. در این مطالعه برای ارزیابی پارامترهای موثر بر کیفیت مخزنی سازند فهلیان حدود برش برای تخلخل، بیشتر ۴/۵ درصد، اشباع آب کمتر از ۶۰ درصد و حجم شیل کمتر از ۲۵ درصد در نظر گرفته شده است. مقادیر میانگین پارامترهای مخزنی سازند فهلیان به تفکیک لایه‌های آن در جدول ۱ آورده شده است. لازم به توضیح می‌باشد نسبت زون خالص به ناخالص (N/G) هر چه به عدد یک نزدیک تر باشد بیانگر پتانسیل مخزنی خوب آن لایه است.

جدول ۱. میانگین پارامترهای پتروفیزیکی محاسبه شده سازند فهلیان به تفکیک زون بندی انجام شده

WELL	Interval	TOP	BOTTOM	NTG	PHIE_AV	SWE_AM	VOL_SH
		METRES	METRES	M/M	%	%	%
NO#02	Layer-F1	4230	4255.4	0	1.8	48	28.9
	Layer-F2	4255.4	4280.4	0	2.4	100	0.3
	Layer-F3	4280.4	4292.7	0	0	0	7.7
	Layer-R1	4292.4	4295.7	0.5	7.5	9.4	1.4
	Layer-F4	4295.7	4395	0	1.3	87	3.3
	Layer-R2	4395	4411	0.19	6.1	4.9	4.5

که ۱۰۰٪ فضای تخلخلی اشباع از آب است و همانطور که نتایج تفسیر نمودار EMI در شکل ۸ و ستون دوم از سمت راست مشاهده می‌شود تخلخل ثانویه از نوع حفره‌ای توسعه خوبی داشته است. این لایه به دلیل اشباع بالای آب و عدم وجود ستون هیدروکربنی فاقد پتانسیل مخزنی است.

خصوصیات مخزنی لایه ۳ سازند فهلیان (F3)

فاصله عمقی ۴۲۸۰/۴ تا ۴۲۹۲/۷ به ضخامت ۱۲/۳ متر لایه ۳ سازند فهلیان در چاه مورد مطالعه را شامل می‌شود. این لایه از آهک و مقادیر متفاوتی شیل در بخشهای مختلف آن تشکیل شده است. میانگین حجم شیل محاسبه شده ۷/۷ درصد می‌باشد. این لایه متراکم بوده و فاقد تخلخل مفید می‌باشد و بنابراین پتانسیل مخزنی ندارد.

خصوصیات مخزنی لایه مخزنی R1 فهلیان

این لایه به دلیل تخلخل مفید خوب و اشباع نفت بالا، و سنگ شناسی آهک تمیز (فاقد شیل) پتانسیل مخزنی دارد. میانگین تخلخل مفید محاسبه شده ۵/۹ می‌باشد. ضخامت این لایه مخزنی ۳/۳ متر است. نتایج پردازش و تفسیر نمودار EMI هم بیانگر این است نوع تخلخل

حجم شیل و نوع سنگ شناسی، فاصله عمقی ارزیابی شده در چاه مورد مطالعه به ۲ لایه مخزنی (R1, R2) و چهار لایه غیرمخزنی (F1, F2, F3, F4) تفکیک شده است. پس از زون بندی مخزن، میانگین پارامترهای پتروفیزیکی مانند حجم شیل، تخلخل موثر، اشباع آب در هر زون را می‌توان محاسبه کرد. برای این کار مقادیر حدبرش (Cut off Criteria) برای پارامترهای تخلخل و اشباع آب به منظور تعیین لایه‌های با حداقل ارزش اقتصادی، با توجه به نوع هیدروکربور

خصوصیات مخزنی لایه ۱ سازند فهلیان (F1)

این لایه، فاصله عمقی ۴۲۳۰ متری تا ۴۲۵۵/۴ متری و به ضخامت ۲۵/۴ متر را در چاه مورد مطالعه شامل می‌شود (شکل ۷). از نظر سنگ شناسی از آهک و مقادیر نسبتاً زیادی شیل تشکیل شده است. گسترش لایه‌های شیلی باعث کاهش تخلخل و در نتیجه کیفیت مخزن شده است. میانگین تخلخل این لایه ۱/۸ درصد و میانگین حجم شیل محاسبه شده ۲۸/۹ می‌باشد. فواصل عمقی با تخلخل مفید مناسب و حاوی ستون نفتی، پراکنده و ضخامت کمی دارند. به دلیل میانگین حجم شیل بالا و تخلخل پایین این لایه پتانسیل مخزنی بسیار ضعیفی دارد. همچنین در ستون دوم از سمت راست نتایج تفسیر نمودار EMI نشان می‌دهد تخلخل ثانویه (از نوع شکستگی و حفره‌ای در این لایه وجود ندارد) (شکل ۷).

خصوصیات مخزنی لایه ۲ سازند فهلیان (F2)

در چاه مورد مطالعه ضخامت لایه ۲ از سازند فهلیان ۲۵ متر و فاصله عمقی ۴۲۵۵/۴ تا ۴۲۸۰/۴ متری را شامل می‌شود. این لایه از آهک‌های تمیز و به صورت خیلی جزئی از آهک‌های آرژیله تشکیل شده است. میانگین تخلخل محاسبه شده برای این لایه ۲/۴ درصد می‌باشد

شده است. این لایه به دلیل فقدان تخلخل مفید مناسب و متراکم بودن فاقد پتانسیل مخزنی است.

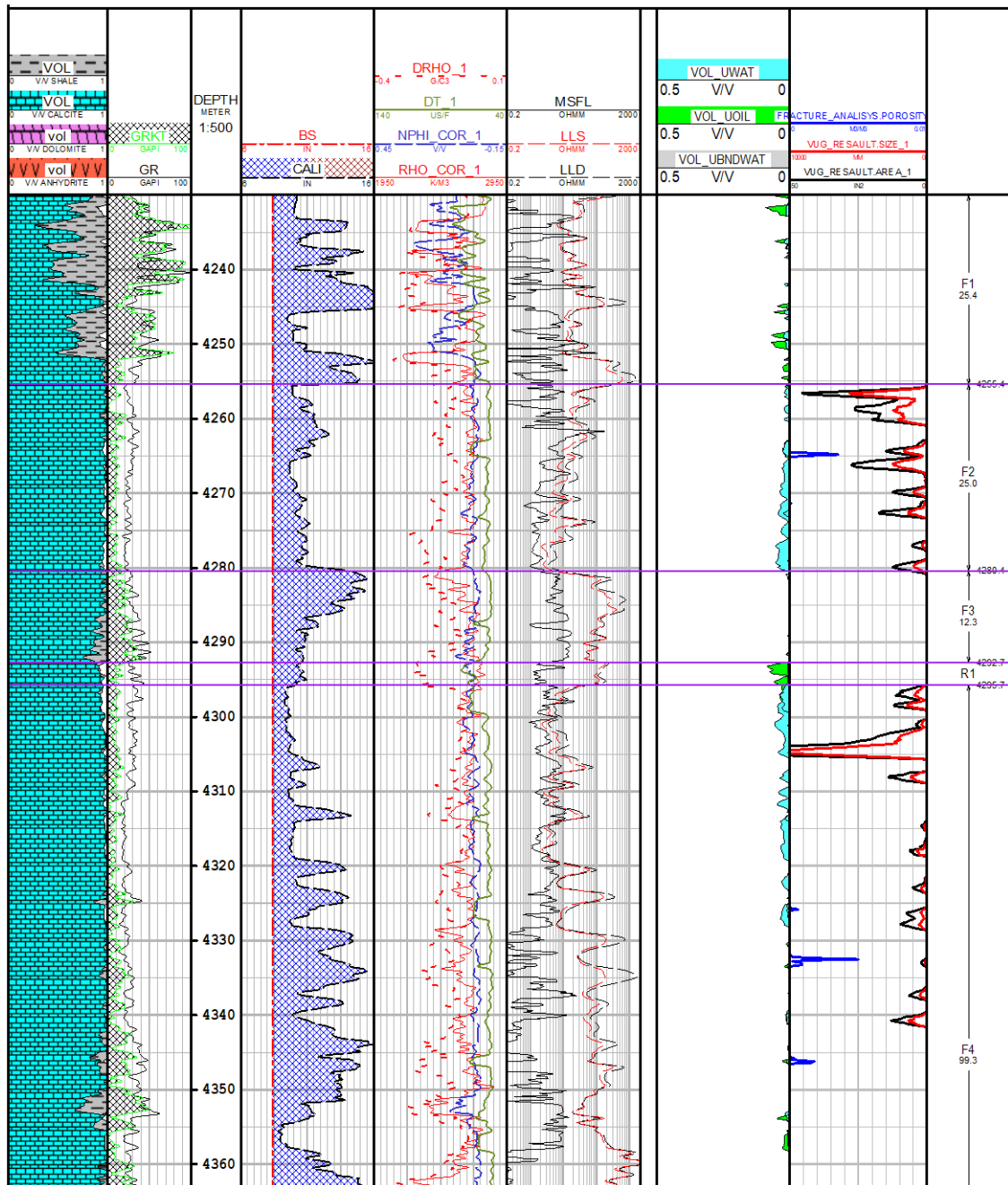
خصوصیات مخزنی لایه مخزنی R2 فهلیان

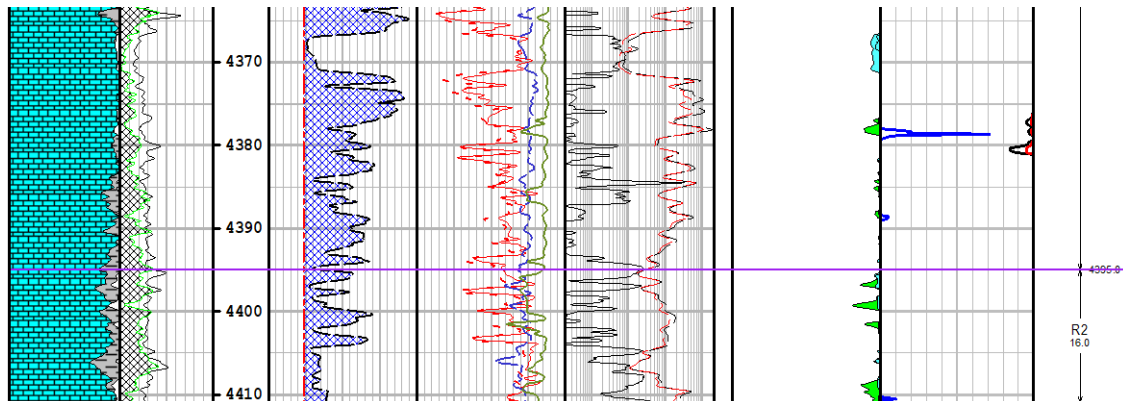
لایه R2 به ضخامت ۱۶ متر و فاصله عمقی ۴۳۹۵ تا ۴۴۱۱ متری را در چاه مورد مطالعه شامل می‌شود. این لایه غالباً از آهک و مقادیری شیل تشکیل شده است. در فواصل ابتدایی و انتهایی خود به دلیل داشتن تخلخل به صورت محلی و محدود پتانسیل مخزنی از خود نشان می‌دهد (شکل ۸). میانگین تخلخل مفید این بخش ۲/۳ درصد است.

موجود از نوع شکستگی یا حفره‌ای نیست.

خصوصیات مخزنی لایه F4 سازند فهلیان

این لایه به ضخامت ۹۹/۳ متر و فاصله عمقی ۴۲۹۵/۷ تا ۴۳۹۵ متری را در چاه مورد مطالعه شامل می‌شود و اساساً از سنگ‌شناسی آهک متراکم فاقد تخلخل مفید و در بعضی فواصل عمقی محدود از آهک شیلی تشکیل شده است. البته در بعضی از فواصل عمقی تخلخل بسیار ضعیفی وجود دارد. به عنوان مثال همانطور که در شکل ۸ و ستون دوم و سوم از سمت راست مشخص است، در عمق ۴۳۷۷/۷-۴۳۷۹ شکستگی باعث ایجاد تخلخل و به تله افتادن نفت به صورت محلی و محدود





شکل ۸. داده‌های چاه‌نگاری و نتایج ارزیابی نهایی پتروفیزیکی سازند فهلیان در چاه مورد مطالعه (مقیاس ۱/۵۰۰)

نتیجه‌گیری‌ها

شدن گسل‌های پی سنگی بوده است تا چین خوردگی.

۴- بررسی تنش درجا با استفاده از پردازش و تفسیر نمودار تصویری نشان می‌دهد، بیشینه تنش در جهت شمال شرق-جنوب غرب (NE-SW) می‌باشد.

۵- پردازش و تفسیر نمودارهای متداول مخزنی نشان می‌دهد سازند فهلیان در میدان مورد مطالعه به ۶ زون (F1, F2, F3, R1, F4, R2) قابل تفکیک است. لایه‌های R1, R2 به دلیل تخلخل مناسب معادل ۷/۵ و ۶/۱ درصد و اشباع آب پایین (۴/۹ و ۹/۴ درصد) پتانسیل مخزنی در بعضی از فواصل عمقی نشان می‌دهند، اما ضخامت لایه تولیدی کم است و لایه‌های F1, F2, F3, F4 به دلیل تخلخل بسیار ضعیف و حجم شیل بالا، اساساً فاقد پتانسیل مخزنی هستند.

۶- تلفیق نتایج به دست آمده نشان می‌دهد با توجه به عمق حفاری و شرایط مخزنی (ضعیف) و با در نظر گرفتن هزینه‌های حفاری، بهره برداری و فرآورش، این میدان در شرایط کنونی برای توسعه مناسب نیست و در صورت توسعه با توجه به ضخامت کم زون‌های با پتانسیل مخزنی خوب، می‌بایست روش‌های تحریک سازند از جمله اسیدزنی گسترده برنامه ریزی شود.

۷- تلفیق نتایج تفسیر داده‌های نمودار تصویری با نتایج حاصل از تفسیر نمودارهای مخزنی در توصیف دقیق خواص مخزنی اهمیت بسیار زیادی دارد و در تدوین طرح توسعه میدان و به کارگیری روش‌های مناسب تحریک سازند و ازدیاد برداشت نقش و اهمیت خود را نشان می‌دهد.

منابع

- [۱] قاسم العسکری، م. ک.، ۱۳۸۷. "اصول چاه پیمایی پیشرفته"، نشر ستایش، ۴۵۲ صفحه.
- [۲] رضایی، م. ر.، چهارازی علی، ۱۳۸۹. اصول پردازش و

پردازش و تفسیر نمودار تصویرگر برداشت شده از فاصله عمقی سازند فهلیان در میدان نفتی مورد مطالعه و تلفیق نتایج آن با نتایج تفسیر نمودارهای متداول مخزنی، نتایج زیر را در پی داشته است:

۱- با استفاده از پردازش داده‌های نمودار تصویری EMI عوارض لایه‌ای در سرتاسر سازند فهلیان مورد شناسایی و تحلیل قرار گرفت. شیب این لایه‌ها عموماً کمتر از ۱۰ درجه و جهت یافتگی لایه‌بندی در امتداد شمال شرقی در محدوده ۱/۲۴ تا ۸۹/۶۹ تشخیص داده شده است. دلیل شیب کم لایه بندی این است که برخلاف میدانهای نفتی ناحیه زاگرس، ساختمان میدانهای ناحیه دشت آبادان و حوضه بین‌النهرین از شیب کلی نسبتاً ملایمی برخوردار هستند بنابراین شیب کم لایه بندی نیز متأثر از این موضوع بوده است. دلیل این بازه زیاد تغییرات امتداد لایه‌بندی، ضخامت زیاد فاصله عمقی مورد مطالعه از توالی سازند فهلیان است (بازه عمقی مورد مطالعه بیش از ۱۸۰ متر ضخامت در توالی عمودی را شامل می‌شود).

۲- نتایج آنالیز استاتیک نمودار تصویری سازند فهلیان نشان می‌دهد شکستگی‌های موجود از نوع باز بوده و شکستگی بسته و شکستگی القایی ناشی از عملیات حفاری تشخیص داده نشد. جهت شکستگی‌های باز اغلب در امتداد جنوب غربی بوده است. محدوده شیب شکستگی‌ها ۲۹/۷۶ تا ۷۳/۰۸ محاسبه شده است.

۳- پردازش، تفسیر و تحلیل نمودار تصویری نشان می‌دهد نوع مخزن از نوع کربناته با تخلخل حفره‌ای انحلالی است و شکستگی توسعه زیادی نداشته است و گسترش شکستگی‌ها در سازند مورد مطالعه خیلی کم و محدود به بعضی از فواصل عمقی است، بنابراین بیشتر تحت تاثیر تکنیک محلی و فعال



Sequence Stratigraphy of the Neocomian Fahliyan Formation in North Dezful Embayment, Iran: International Applied Geological Congress, Department of Geology, Islamic Azad University - Mashad Branch, Iran, p.1611- 1617.

[13] Maleki Kheemesarai, S., Y. Lasemi and KH. Khosro Tehrani., 2010. Diagenetic processes, depositional environment and sequence stratigraphy, Fahilyan Formation in sub coastal Fars and coastal Fars: Journal of Sediment and Sedimentary Rock, v. 2, no. 7, p. 37-52.

[14] Shakeri, A. and S. Parham., 2013. Reservoir Characterization and Quality Controlling Factors of the Fahliyan Formation Located in Southwest Iran: Journal of Sciences, Islamic Republic of Iran 24 (2), p. 135-148.

[15] Abedpour, M., Afghah, M., Dehghanian, M.S., 2021. Biostratigraphy of Early Cretaceous Sediments (Fahliyan Formation, Berriasian-Barremian) in Aghar19 (Zagros Basin, SW Iran)., Carbonates and Evaporites 36(26). DOI:10.1007/s13146-021-00696-8.

[16] Aghli, GH, Fardin, H., Mohamadian, R., Saedi, Gh., 2014. Structural and fracture analysis using EMI and FMI image Log in the carbonate Asmari reservoir (Oligo-Miocene), SW Iran. Geopersia 4(2), 2014, PP. 169-184.

[17] Barton, C.A. and Zoback, M.D., 2002. Discrimination of natural fractures from drilling-induced wellbore failures in wellbore image data-implications for reservoir permeability. SPE Res. Eval. Eng., 5, 249-254.

[18] Poppelreiter, M., Carmen, G.C., Kraaijveld, M., 2009. Borehole Image-Log Technology: Application across the Exploration and production life cycle. Dipmeter and borehole image log technology: AAPG Memoir 92, p. 1-13.

[19] Akbar, M. and Sapru, A., 1994. In-situ stresses in the subsurface of Arabian Peninsula and their effect on fracture morphology and permeability, In 6th Abu-Dhabi International Petroleum Exhibition and Conference, 16-19.

تفسیر نگارهای چاه پیمایی، انتشارات دانشگاه تهران.
[۳] سلیمانی، ب.، ساعدی، ق.، چرچی، ع.، سالاروند، ا.، ۱۳۹۴. بررسی ویژگی شکستگیها و نوع تخلخل در مخزن، با استفاده از مقاطع نازک، مغزه و نمودار FMI و انحراف سرعت. فصلنامه علمی پژوهشی علوم زمین، سال ۲۴، شماره ۹۵، صفحه ۲۳۱-۲۳۸.

[۴] کاظمی، ا.، صالحی، م.ع.، پاکزاد، ح.ر.، هنرمن، ج.، خدائی، ن.، ۱۳۹۹. بررسی عوامل کنترل کننده کیفیت مخزنی و معرفی واحدهای جریان سازند فهلیان در یکی از میدانی نفتی دشت آبادان، جنوب غرب ایران، فصلنامه پژوهش نفت.

[۵] عبدلهی فرد، ا.، علوی، س.، مختاری، م.، ۱۳۸۵. چهارچوب ساختاری دشت آبادان (جنوب غربی ایران) و شمال خلیج فارس بر اساس داده های ژئوفیزیکی. مجله علوم دانشگاه تهران، pp.107-120. e.

[۶] ده کار، ع.، سجادیان، و.ا.، نورا، م.ر.، شعبانی گورجی، ک.، امرایی، ع.، ۱۳۹۹. تأثیر فرایندهای دیاژنزی بر کیفیت مخزنی سازند فهلیان (کرتاسه پیشین) در میدان نفتی اروند، دشت آبادان، دوره ۸، شماره ۱۵، صفحه ۲۰۸-۲۲۳.

[۷] مطیعی، ه.، ۱۳۷۲. چینه شناسی زاگرس، زمین شناسی ایران، طرح تدوین کتاب، انتشارات سازمان زمین شناسی کشور، ۵۳۶ صفحه.

[۸] کرمی زاده، م.، عمیدی پارس، ح.، ۱۳۹۲. بررسی رخدادهای دیاژنزی بر روی کیفیت مخزنی سازند فهلیان در میدان دارخوین. اولین همایش ملی نفت و گاز و پتروشیمی. [psj.2020.20110.1221/10.22084](https://doi.org/10.22084/psj.2020.20110.1221/10.22084)

[۹] عرب سالاری، س.، محمدی، م.ح.، موحد، ب.، ۱۳۹۲. ماهنامه علمی ترویجی اکتشاف و تولید، شماره ۱۰۳، صفحه ۷۸ تا ۸۴.

[10] Prenesky, S., 1999. Borehole imaging: Applications and case histories. Geol. Soc. Londn., Nov 1, P. 218-220.

[11] James, G. A. and J. G. Wynd., 1965. Stratigraphic nomenclature of Iranian oil Consortium Agreement Area: AAPG, v. 49, no. 12, p. 2182 – 2245.

[12] Sabouhi, M., D. Jahani, F. Taati Qurayem and A. Aminzadeh., 2010. Depositional Environment and