

کاربرد نمودار ریز تصویرگر سازند (FMI) در شناسایی ویژگیها، رخساره‌های رسوبی و پدیده‌های دیاژنزی سازند دالان در یکی از مخازن هیدروکربوری جنوب ایران

مریم منصوری هفشجانی^۱، حسین رحیم پور بناب^{۲*}، وحید توکلی^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد رسوب شناسی و سنگ شناسی رسوبی، دانشکده زمین شناسی، پردیس علوم، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۲- استاد دانشکده زمین شناسی، پردیس علوم، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۳- استادیار دانشکده زمین شناسی، پردیس علوم، دانشگاه تهران، تهران، ایران

*پست الکترونیک: rahimpor@ut.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۹۳/۴/۱۴

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۲/۱۲

چکیده

عوامل رسوبی، دیاژنزی و ساختمانی باعث ایجاد ناهمگنی در مخازن کربناته می‌شوند و شناخت این عوامل در مدل سازی این مخازن امری ضروری است. نمودارهای تصویرگر در شناخت ساختها و عوارض رسوبی کوچک مقیاس کمک زیادی می‌کنند. در این پژوهش با آنالیز نمودارهای تصویرگر در چاه‌های مورد مطالعه حفر شده در سازند دالان، ۷ الگو شامل الگوی نواری، الگوی نقطه‌ای، الگوی شکستگی، الگوی شکستگیهای القایی، الگوی طبقه بندی مورب، الگوی یکنواخت و الگوی استیلولیت پیشنهاد شده است. این الگوها با نمونه‌های مغزه مقایسه شدند. در نهایت با استفاده از تصاویر آنالیز شده نمودار ریز تصویرگر سازند در نرم افزار تحلیل تصاویر (Jmicro Vision 1.27) و تلفیق نتایج حاصل از آن با بررسیهای مقاطع نازک، نمودارهای تصویرگر و نمونه‌های مغزه، رخساره‌های زیر محیطهای مختلف از نظر دانه پشتیبان و گل پشتیبان بودنشان از هم تفکیک شدند. همچنین از میان فرآیندهای دیاژنزی گوناگون، فرآیندهای انحلال فشاری، ندولهای انیدریتی، آشفستگی زیستی و انحلال در نمودارهای تصویرگر شناسایی شدند. این بررسی نشان می‌دهد که در اکثر موارد انطباق خوبی بین نتایج حاصل از نمودار تصویرگر، مقاطع نازک، نمونه‌های مغزه و نمودارهای چاه پیمایی وجود دارد.

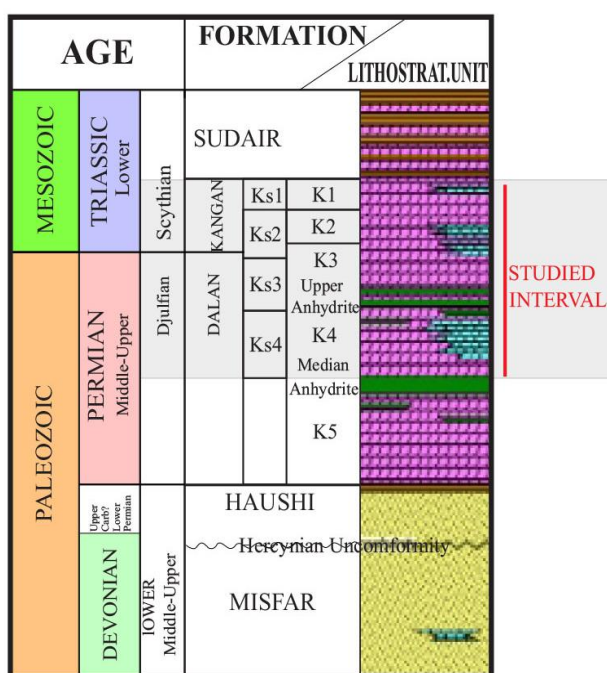
واژه‌های کلیدی: سازند دالان؛ نمودار ریز تصویرگر سازند (FMI)؛ رخساره‌های رسوبی؛ محیط رسوبی؛ ساخت رسوبی؛ فرآیندهای دیاژنزی

مقدمه

توالیهای رسوبی رسیدن به محیط و فرآیندهای رسوبی باشد در ابتدا باید رخساره‌های مختلف موجود در آن محیط را شناخت (Tucker, 2003). یکی از مهمترین منابع موجود برای مطالعه خصوصیات مخازن، مغزه‌ها هستند. با وجود نتایج مطلوب حاصل از مطالعات مغزه، هزینه تهیه و آنالیز آنها زیاد است. همچنین به دلیل مشکلات ناشی از تهیه

به طور کلی در مقیاس بزرگ، توزیع جانبی بافتها و رخساره‌های رسوبی مشخص کننده شکل هندسی پلاتفرمهای کربناته بوده و در توزیع شاخصهای مخزنی نیز حائز اهمیت است. محیط و رخساره‌های رسوبی اولین کنترل کننده تخلخل و تراوایی در سنگ مخزن کربناته هستند (Machel, 2005). اگر هدف از مطالعه سنگها و

بین رخساره‌ها در نمودارهای تصویرگر و دیگر داده‌های چاه‌نگاری ایجاد کرد. با الگوهای تفسیری شناخت رخساره‌ها بر اساس نمودارهای تصویرگر بهتر و دقیقتر خواهد بود. همچنین در چاه‌هایی که مغزه وجود ندارد این نمودار جانشین مناسبی برای شناخت رخساره‌ها می‌باشد. تاکنون بیشتر مطالعات انجام شده بر روی نمودارهای تصویرگر در ایران متمرکز بر روی شناسایی شکستگیها بوده و لذا مطالعات زیادی بر روی رخساره‌های رسوبی و عوارض دیاژنزی صورت نگرفته است.



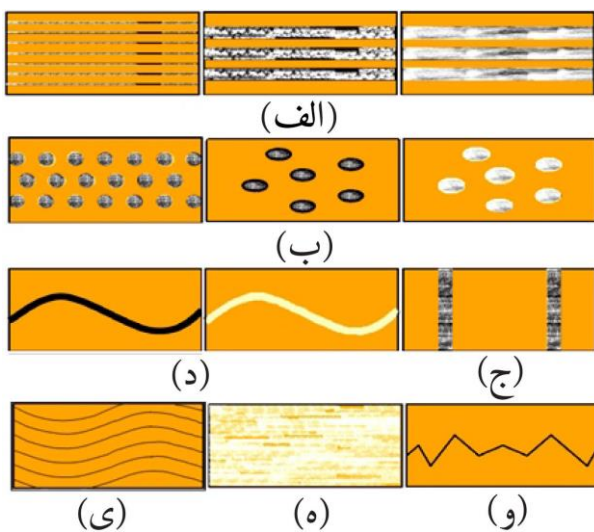
Key:
 Dolomite
 Limestone
 Anhydrite
 Clastics
 Clay, shale
 شکل ۱: ستون چینه شناسی و کروئواستراتیگرافی سازندهای دالان و کنگان (Total, 1999)

روش مطالعه

هدف اصلی این مطالعه ارزیابی نمودار ریز تصویرگر سازند FMI به عنوان مکملی برای مطالعات مخازن است. یک نمودار تصویرگر بدون ترکیب با نتایج حاصل از مقاطع نازک، نمونه‌های مغزه و نمودارهای چاه پیمایی به طور کامل قابل تفسیر نیست. برای درک چگونگی عوارضی که این نمودارها ثبت می‌کنند باید ابتدا نمونه‌های واقعی و در

مغزه کامل در فواصل شکسته و سست، درصد بازیافت پایین مغزه‌ها و غیرممکن بودن مغزه‌گیری در برخی از چاههای افقی یک میدان باعث شده که تعداد کمی از چاههای میداین مغزه‌گیری شوند. از این رو نمودارهای تصویرگر تولید و بهره برداری شدند (Safinya et al., 1991). نمودارهای تصویرگر Formation Micro Imager که نسل دوم از دستگاه‌های تصویربرداری درون چاهی است، امکان مشاهده پیوسته و جز به جز تغییرات عمودی و جانبی ویژگیهای سازند را به گونه‌ای آشکار می‌سازند که مفسر می‌تواند جزئیات سازند (نظیر سدهای ناتراوا همانند استیلولیتها، شکستگیهای بسته، طبقات سیمانی شده، رس‌ها، بایوکلستها، فضاها، خالی، زیست آشفته‌گیها و دیگر ویژگیهای زمین شناسی) را با دقت بالا مشاهده کند (Serra, 1989). این تصویرها اطلاعاتی در مورد ناهمگنیهای مخازن کربناته که بر روی جریان سیالات اثرگذار هستند را در اختیار قرار می‌دهند (Serra, 1989; Chitale et al., 2009). نمودارهای تصویرگر همچنین امکان شناسایی سنگ شناسی، ساخت و رخساره‌های رسوبی را فراهم می‌کنند (Serra, 1989; Lovell et al., 1997; Russell et al., 1997; Prenskey, 1999). در این مطالعه با استفاده از نمودارهای تصویرگر FMI به تفسیر رخساره‌های رسوبی سازند دالان (شکل ۱) در یکی از میداین ایران پرداخته شده است. تاکنون مطالعات گسترده‌ای بر روی سازند دالان از دیدگاه محیط رسوبی و کیفیت مخزنی انجام شده است (Alsharhan & Kendal, 2003; Insalaco et al., 2006; Rahimpour, 2007; Tavakoli et al., 2009, 2010; Rahimpour et al., 2011). این سازند با سن پرمین پسین در یک پلاتفرم کربناته از نوع اپیریک و در اقلیم خشک نهشته شده است. در این تحقیق تلاش شده تا الگوهای برای پدیده‌های مشاهده شده در نمودارهای تصویرگر ارائه داده و ارتباطی

مورد کربناتهایی که در یک سیستم رمپ کربناته نهشته شده‌اند، به کار برده شده است. توضیح این الگوها بر اساس تحقیقاتی که محققان ذکر شده انجام داده‌اند و نتایجی که از بررسی چاههای مورد مطالعه برای اثبات آنها جمع‌آوری شده، در زیر ارائه شده است (شکل ۲). ابزار تصویربرداری به یک سری الکتروود که بر روی یک بالشتک^۳ نصب شده‌اند، تکیه دارند و مقاومت میکرو یا هدایت میکرو را در دیواره چاه اندازه‌گیری می‌نمایند. این بالشتکها به وسیله بازوهای ابزار به دیواره چاه چسبانده می‌شوند تا تماس بین الکتروودها و دیواره چاه بهتر صورت گیرد. از این اطلاعات برای تهیه تصویری با کیفیت بالا استفاده می‌شود. همانند ابزارهای نمودارگیری متداول، اندازه‌گیری مقاومت تابعی از تخلخل، سیال موجود در حفرات، هندسه فضایی حفرات، سیمان شدگی، میزان کانیهای رسی و کانی‌شناسی است (Prensky, 1999).



شکل ۲: الف) الگوی نواری، ب) الگوی نقطه‌ای، ج) الگوی شکستگی قائبی، د) الگوی شکستگی طبیعی، و) الگوی استیلولیت، ه) الگوی یکنواخت، ی) الگوی طبقه بندی مورب

مناطق با رنگ روشن (سفید) در تصاویر FMI شاخص نواحی با مقاومت بالا (مانند انیدریت، فضاهای خالی پر شده

دسترسی که نشانگر خصوصیات سازند مورد مطالعه هستند را به دقت مشاهده کرد. سپس تطابقی بین تصاویر حاصل از دیواره چاه با نمونه‌های مغزه و نمودارهای چاه پیمایی برقرار کرد و تشابه آنها را مورد بررسی قرار داد. در این مطالعه از تعداد ۳۰۰ مقطع نازک حاصل از یک چاه برای تشخیص اولیه ریزرخساره‌ها و نمونه‌های مغزه و نمودارهای دو حلقه چاه استفاده شده است. در مطالعات میکروسکوپی بافت‌های رسوبی بر اساس طبقه‌بندی Dunham (1962) نام‌گذاری شدند. کمرندهای رخساره‌ای بر پایه طبقه‌بندی Wilson (1975) و Flugel (2010) انجام شده است. پردازش نمودارهای تصویرگر با استفاده از نرم افزار ژئوفریم^۱ انجام شده و الگوهای که برای تفسیر بهتر این نمودارها ارائه شده با پردازش تصاویر در قسمت بخش‌بندی^۲ نرم افزار تحلیل تصاویر JMico Vision 1.2.7 بوده است. در نهایت با آنالیز تصاویر و مطالعه مقاطع نازک بافت و ساخت‌های موجود در محیط رسوبی سازند دالان شناسایی و رخساره‌های محیط‌های مختلف از نقطه نظر گل پش‌تیبان و دانه پش‌تیبان بودنشان در نمودارهای تصویرگر از همدیگر تفکیک شدند.

نتایج

الگوهای تفسیری برای نمودار تصویرگر

نمودارهای تصویرگر به طور واضح بسیاری از ویژگی‌های رسوبی را نشان می‌دهند. با مشاهده این پدیده‌ها و انطباق آنها با مطالعات مقاطع نازک و نمونه‌های مغزه می‌توان الگوهای برای برقراری تشابه بین این مطالعات ایجاد کرد. طبق مطالعات قبلی انجام شده توسط Chai et al. (2009) و الگوهای پیشنهاد شده توسط آنها در مورد ریفها، با تغییرات در این الگوها و اضافه کردن الگوهای دیگر، آنها را در

1- Geoframe

2- Segmentation

و هیدروکربنهای موجود در حفرات) می‌باشد و نواحی با رنگ تیره منطقه‌هایی با مقاومت پایین (منافذ پر شده از آب و فضاهای خالی) است. به دلیل بزرگنمایی بالای ابزار FMI، پدیده‌های بسیاری در این نمودارها قابل تشخیصند که در شکل ۲ بر اساس شکل‌های دیده شده در نمودارهای تصویرگر، الگوهای برای آنها ارائه و در شکل ۳ نیز تعدادی از نمودارها با تصاویر مغزه مطابقت داده شده است:

۱- الگوی نواری

با مطالعه نمودارهای تصویرگر، الگوی نواری بیشتر با لایه بندیها سازگار است. این نوارهای متراکم حاکی از لایه بندیها هستند. لایه‌ها به وسیله سطح لایه‌بندی که نشان‌دهنده عدم رسوب‌گذاری یا تغییرات سریع شرایط رسوب‌گذاری و یا یک سطح فرسایشی است، از هم جدا می‌شوند. همچنین این سطوح به دلیل تغییرات بافت و یا ترکیب لایه‌های دو طرف آن با چشم غیرمسلح قابل تشخیصند. دو طرف سطح لایه‌بندی دارای تباین فیزیکی است که اختلاف مقاومت الکتریکی و تباین صوتی را در محل لایه‌بندی باعث می‌شود. بنابراین در نمودارهای تصویرگر، سطح لایه‌بندی به صورت تغییرات مقاومت الکتریکی در تصویر به هنجار شده استاتیکی، در تمام بالشتکها دیده می‌شود (Serra, 1989). در این الگو لایه‌های تیره‌تر در زمینه روشن‌تر مشاهده می‌شوند. این خطوط تیره اغلب به صورت موجی تا مستقیم در نمودار مورد مطالعه مشاهده شد. این الگو نیز مشابه الگو لامیناسیون است و برای محیطی با انرژی پائین در نظر گرفته شده است و می‌تواند در مواردی مانند لایه‌های انیدریتی استفاده شود که این لایه‌ها مقاومت بالاتری نسبت به زمینه دارند و به رنگ روشن‌تر دیده می‌شوند. در مواردی که لایه‌ها از شیل و رس تشکیل شده باشند، تیره‌تر از زمینه خود خواهند بود. همچنین به دلیل قدرت تفکیک بالا در نمودار تصویرگر،

لامینه نیز قابل تشخیص است، اما به دلیل گسترش جانبی کم، اصولاً در تمام بالشتکها دیده نمی‌شود. لامینه‌ها به صورت موماند^۴ و بسیار نازک که به طور کامل پیوسته نیستند و تباین فیزیکی کمی نشان می‌دهند، در نمودارهای تصویرگر دیده می‌شوند. لامینه‌ها منعکس‌کننده تغییرات کم در بافت و یا تخلخل هستند (Serra, 1989) زیرا یک لامینه در اثر تغییرات جزئی شرایط فیزیکی محیط رسوبی به وجود می‌آید (Campbell, 1967). بنابراین این الگو برای محیطی با انرژی پایین در نظر گرفته شده است. سطوح لایه‌بندی مشاهده شده در مغزه‌های مورد مطالعه به دلیل یکنواختی سنگ شناختی به سختی قابل تمایز بوده است. نمونه‌ای از لایه‌بندی نازک در تطابق با تصاویر نمودار در (شکل ۳ الف) آورده شده است.

۲- الگوی نقطه‌ای

پیش فرض این الگو برای نقاط با مقاومت پایین که پراکندگی تصادفی دارند و در یک زمینه مقاوم و روشن‌تر دیده می‌شوند، در نظر گرفته شده است. می‌توان نقاط با مقاومت پایین را به فضاهای خالی، انحلال و یا کانیهای رسانا نسبت داد. گاهی پراکندگی نقاط به صورت لایه‌ای است که به وسیله نوارهای رس و یا ندولهای انیدریتی ایجاد می‌شوند. این الگو با کرناتهایی که مقاوم هستند و نقش زمینه دارند و فضاهای خالی نیز دارند، مطابقت می‌کند. الگوی نقطه‌ای برای ندولهای انیدریتی نیز در نظر گرفته شده است با این تفاوت که به دلیل مقاومت بالاتر این ندولها در برابر جریان روشن‌تر از زمینه هستند در حالی که فضاهای خالی به رنگ تیره‌تر از زمینه خود ظاهر می‌شوند. این الگو نشانگر محیطی با انرژی بالا است.

۳- الگوی شکستگیهای القایی

وقتی که وزن گل زیاد باشد مقدار تنش که گل حفاری در اعماق به دیواره چاه وارد می‌کند بیشتر از تنش بیشینه در آن اعماق است. بنابراین در دو قسمت متقابل دیواره چاه شکستگی کششی به وجود می‌آید که شکستگی القایی در اثر حفاری^۵ نامیده می‌شود (Movahed *et al.*, 2007).

۴- الگوی شکستگی طبیعی

شکستگیها در نمودارهای تصویرگر به دو صورت باز و بسته (سیمانی شده) دیده می‌شوند. شکستگیهایی که باز هستند به دلیل رسانا بودن در برابر جریان در نمودار تصویرگر به رنگی تیره‌تر از زمینه ظاهر می‌شوند، اما شکستگیهای بسته به دلیل سیمانی شدن و مقاومت بالاتر در مقابل جریان به رنگی روشن‌تر از زمینه دارند. شکستگیها در روی نمودارهای تصویرگر به صورت موج سینوسی هستند (Khoshbakht *et al.*, 2009) که تشخیص آنها را آسانتر می‌کند. به طور کلی در مکانهایی که مغزه‌ها به دلیل خردشدگی بازیافت کمی دارند و یا تصویرها به دلیل ریزش دیواره و دیگر موارد کیفیت پایینی دارند، این دو عامل به صورت مکمل یکدیگر عمل کرده و می‌توانند اطلاعات بیشتر و دقیقتری را در مورد زونهای شکسته در اختیار قرار دهند (شکل ۳ث).

۵- الگوی دنداندار

استیلولیت نشان‌دهنده انحلال شیمیایی و تراکم است. عمده‌ترین مواد پرکننده استیلولیتها کانیهای رسی هستند و به همین دلیل در نمودارهای تصویرگر به جهت رسانایی بالای الکتریکی تیره‌تر دیده می‌شوند، ولی گاهی امکان دارد مواد هیدروکربوری در صفحه استیلولیتها متجمع شوند که در این صورت روشن‌تر به نظر می‌رسند. استیلولیتها در

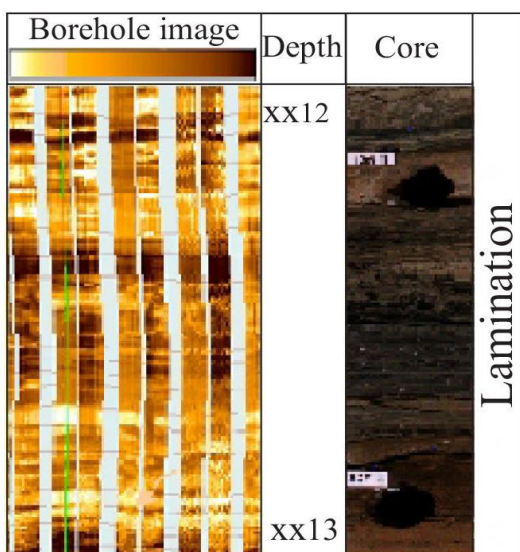
کربناتها به وفور دیده می‌شوند. در چاه‌های مورد مطالعه بیشتر استیلولیتها موازی و یا نیمه موازی با لایه‌بندیها هستند که نقش تنش عمودی وارد شده توسط فشار روباره در ساخت این پدیده‌های دیاژنزی را نشان می‌دهد. این ساختارها در بعضی اعماق بر روی مغزه‌ها مشاهده گردیدند (شکل ۳پ) و در بسیاری از قسمتها تطابق خوبی با تصاویر نمودار FMI نشان می‌دهند.

۶- الگوی یکنواخت

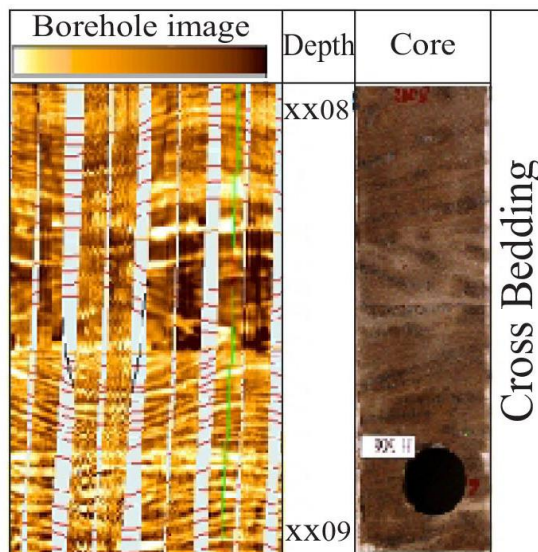
این الگو با مغزه‌های حفاری که بیشتر از نوع انیدریت هستند تطابق دارد (شکل ۳) زیرا یک زمینه با مقاومت بالا پیش فرض این الگو در نظر گرفته شده است. انیدریت هنگامی که به صورت لایه و یا ندولهای بزرگ حضور داشته باشد، در نمودار تصویرگر با زمینه خیلی روشن دیده می‌شود. در بسیاری از موارد انیدریت‌های مشاهده شده در نمودار تصویرگر با نمونه‌های مغزه تطابق دارد (شکل ۳د). انیدریت در روی نمودارهای مقاومت مخصوص الکتریکی نیز مقاومت بسیار بالایی را نشان می‌دهد (Jungmann *et al.*, 2011). این الگو همچنین در مورد مادستون نیز صادق است و بستگی به ترکیب آن دارد. به عنوان مثال اگر کاملاً از سنگ آهک خالص تشکیل شده باشد با مقاومت بالا و به رنگ یکنواخت و روشن در نمودار تصویرگر ظاهر می‌شود، اما اگر با کانیهای رسی همراه باشد هر چقدر درصد رس بیشتر باشد تیره‌تر خواهد بود.

۷- الگوی طبقه‌بندی مورب

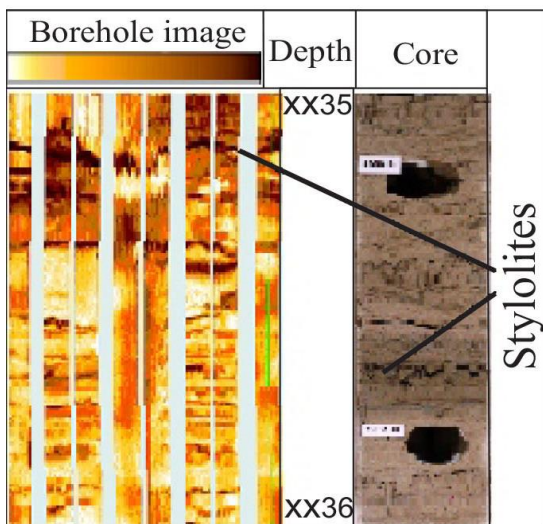
طبقه‌بندی مورب در نمودارهای تصویرگر به صورت موماند، خیلی ریز و منحنی شکل هستند. بسته به اندازه آنها ممکن است که در همه بالشتکها دیده نشوند (Serra, 1989). در تصاویر مغزه (شکل ۳ب) نیز به شکل خطوطی که همدیگر را قطع می‌کنند، دیده می‌شود.



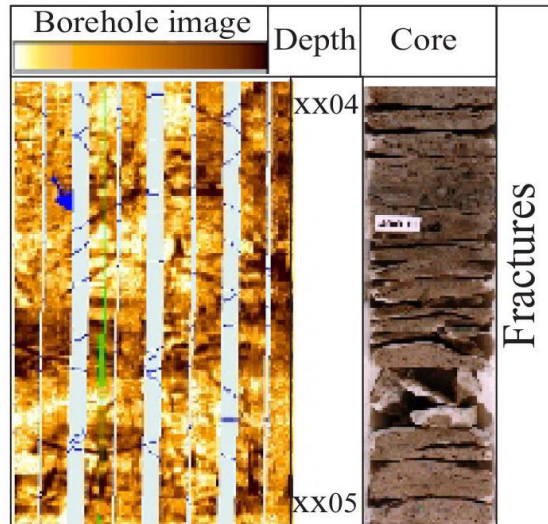
(الف)



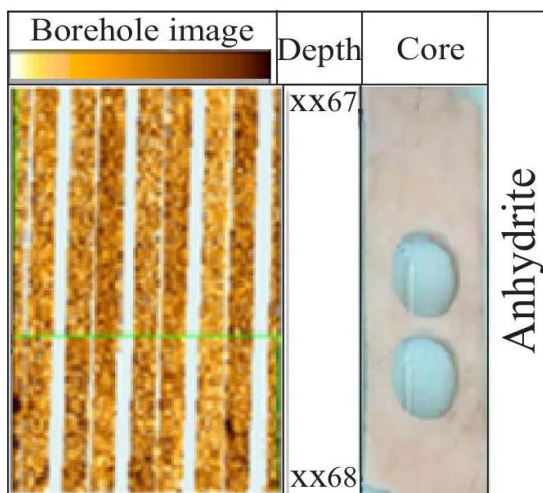
(ب)



(پ)



(ت)

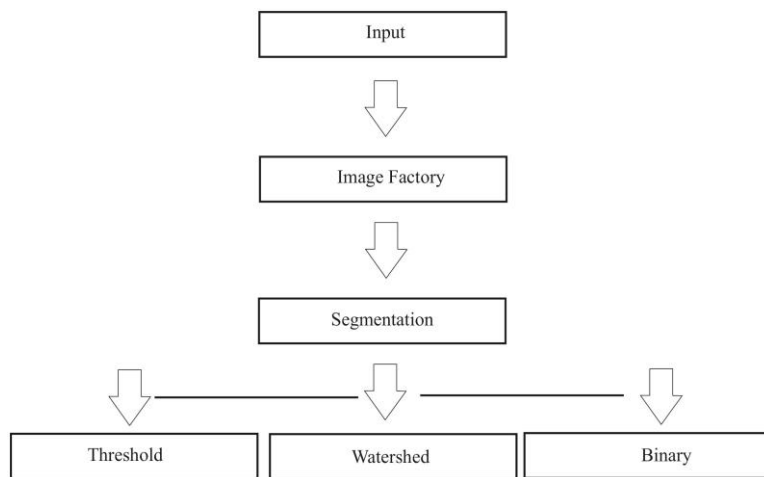


(د)

شکل ۳: برخی از پدیده‌هایی که بر روی نمودار ریزتصویرگر سازند (FMI) ظاهر می‌شوند و تصویر مغزه آنها.

با استفاده از سه روش که در ادامه شرح داده خواهد شد نویزهای اضافی که در زمان نمودارگیری بر روی ابزار اثر گذاشته‌اند و باعث ایجاد اختلال در برداشت اعداد مقاومتی شده‌اند حذف کرده و بر اساس میزان شدت نور پدیده‌های مشابه موجود در همسایگی یکدیگر، آنها را از هم تفکیک می‌کنند. بدین صورت که پدیده‌هایی که در آنها تغییرات شدت رنگ زیاد است به صورت پدیده‌هایی با فرکانس بالا و آنهایی که شدت نور کمتری دارند با فرکانس پایین‌تری مشخص می‌شوند و اختلاف شدت نور با پیکسل‌هایی که در اطراف آنها وجود دارند کمتر خواهد بود.

ساخت طبقه‌بندی مورب در محیط‌های با انرژی بالا دیده می‌شوند. طبقه‌بندی مورب در کرناتها به اندازه‌ی آوارایها دارای اهمیت نیست. وجود این طبقه‌بندی کمک به فهم انرژی محیط در زمان نهشته شدن رسوبات می‌کند. در شناسایی الگوها و بافتها محققان از نرم افزارهای متعددی استفاده می‌کنند، اما با استفاده از نرم افزار تحلیل تصاویر Jmicro Vision نیز می‌توان به نتایجی مشابه با دیگر نرم‌افزارها رسید. طریقه استفاده از این نرم افزار در این مطالعه به شرح شکل ۴ است. ابتدا باید تصویر ورودی را در هر اندازه با مقیاس دلخواه وارد برنامه کرد. کرناتها به دلیل این که تغییرات زیادی از نظر سنگ شناسی دارند به صورت پدیده‌های ریز روشن و تیره دیده می‌شوند.



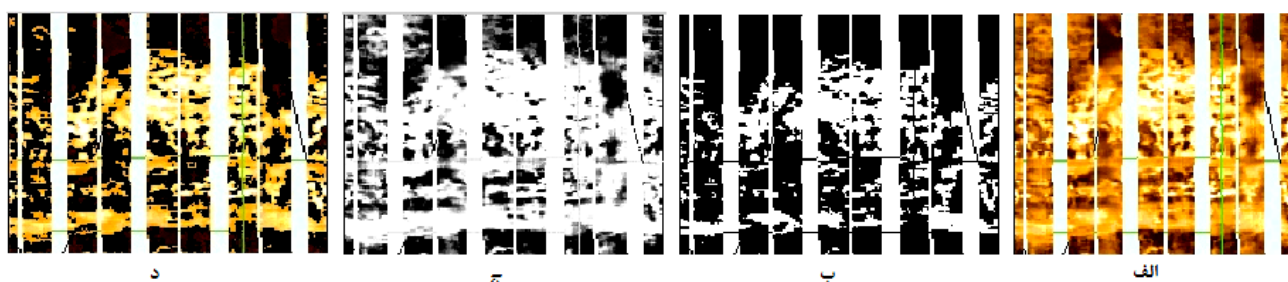
شکل ۴: مراحل پردازش نمودار در نرم افزار Jmicro Vision

مختلف دیده می‌شوند از هم تفکیک شده‌اند. با استفاده از نمودارهای تصویرگر گل پشتیبان بودن و دانه پشتیبان بودن رخساره‌ها را می‌توان تشخیص داده و در نهایت محیط‌های تشکیل این بافتها را مشخص کرد.

رخساره‌های دانه پشتیبان

اهمیت ساختهای جریان‌ی در سنگهای آهکی، همانند ماسه‌سنگها می‌باشد. آنها در تعبیر و تفسیر محیطی و آنالیز رخساره‌ای مهم هستند و اطلاعات با ارزشی در مورد فرآیندهای رسوب گذاری ارائه می‌دهند (Tucker, 1994).

در شکل ۵ نمونه‌هایی از پردازشهای انجام شده توسط بخشهای مختلف نرم افزار تحلیل تصاویر Jmicro vision آورده شده است. با استفاده از این پردازشها که در این مطالعه بیشتر از پردازش دوتایی (باینری) استفاده شده، تصاویر آنالیز شده را با الگوهای پیشنهاد شده مطابقت داده و از آن جا به ویژگیهای رسوبی مشابه آنها پی برده می‌شود. در این قسمت از الگوهای ارائه شده در بخش قبل با ترکیب اطلاعات حاصل از مطالعه مقاطع نازک و نمودارهای تصویرگر بافت و ساختهایی که در محیط‌های



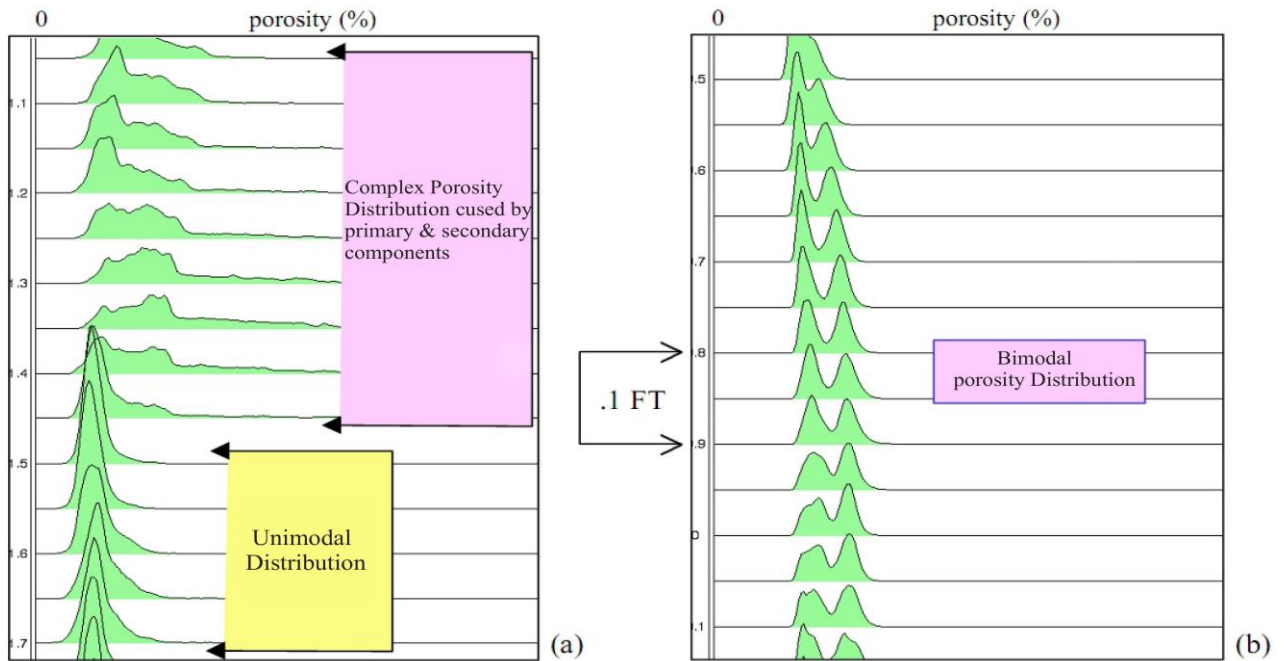
شکل ۵: تصویر (الف) نمودار تصویرگر همراه با تصاویر پردازش شده در بخشهای (ب) Binary، (ج) Watershed و (د) Threshold

یگانه) است (شکلهای ۷ و ۸). این ویژگی برای تمایز بافتهای کربناتها از هم کاربردی خواهد بود. در نمودار تصویرگر قطعات فسیلی به طور دقیق قابل تشخیص نیستند و برای رفع این مشکل باید از مقاطع نازک کمک گرفت. در مورد ساختهای رسوبی رایجی که در این محیط دیده می‌شود، می‌توان طبقه‌بندی مورب را نام برد. این ساخت در محیط پرنرژی ساحلی (shoal) تشکیل شده و با بافتهای دانه پشتیبان همراه است و این بافتها با مدل نقطه‌ای که شاخص فضاهاى خالی و یا پر شده هستند ارتباط دارد (شکل ۹). ساخت توده‌ای نیز در این محیط دیده می‌شود. سرانجام با مشاهده ساختی مانند طبقه بندی مورب و بافتهای دانه پشتیبان این نتیجه حاصل می‌شود که این پدیده‌ها باید در یک محیط پرنرژی همانند شول تشکیل شده باشند و با بررسی مقاطع نازک این مهم حاصل می‌شود.

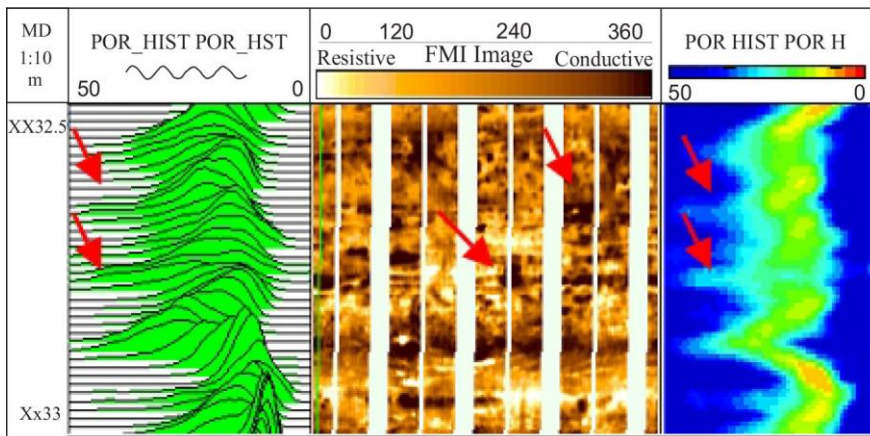
رخساره‌های گل پشتیبان

بررسیهای انجام شده بر روی نمودارهای تصویرگر نشان داده است ساخت غالب در برخی از رخساره‌ها لامیناسیون است. رگه‌های مترکم نیز در این تصویرها دیده شده‌اند و در مناطقی، پدیده‌هایی شبیه به آشفته‌گیهای زیستی نیز وجود دارند. همچنین در برخی ساخت توده‌ای وجود دارد. این محدوده‌ها باید با بافت و سنگ شناسی خاص یک محیط آرام و کم انرژی مرتبط باشند که مطالعه مقاطع نازک این امر را اثبات می‌کند. در هیستوگرامهای توزیع تخلخل نیز توزیع یگانه دارند (شکلهای ۱۰ و ۱۱). در مورد

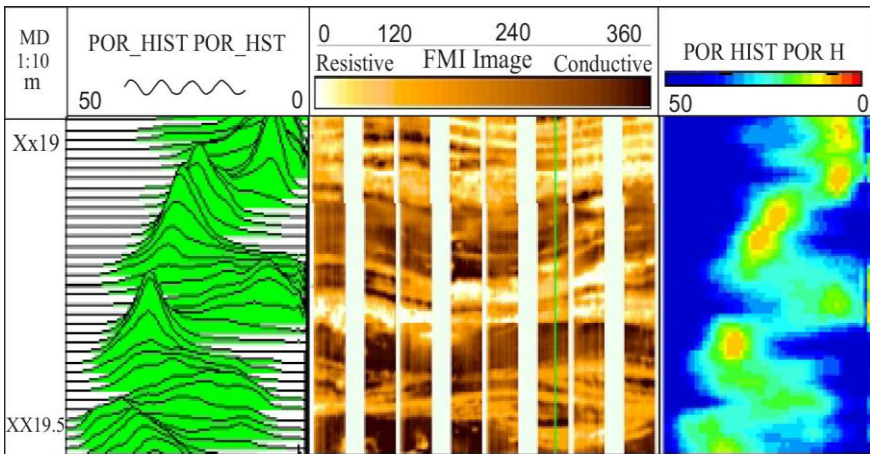
بافتهای دانه پشتیبان مانند گریستون بیشتر همراه با طبقات مورب در قسمتهای پرنرژی دیده می‌شوند. در تشخیص بافتها در این مطالعه روش کار بدین صورت بوده که پس از ورود نمودار تصویرگر به نرم افزار JMicro Vision تصاویر دوتایی شده^۶ را با تصاویر مقاطع نازک مقایسه کرده و درصد تشابه آنها مورد بررسی قرار گرفته است. این مقایسه مبین تشابه زیاد در الگوهای ثبت شده بوده است. تصاویر آنالیز شده نشان می‌دهند که در این محیط پرنرژی بیشتر فضاهاى خالی با سیمان پر شده و مقاومت بالایی نشان می‌دهند. بنابراین نمودارهای تصویرگر از این ریزرخساره‌ها به وسیله الگویی با اشکال بسته روشن تفسیر می‌شوند. البته به دلیل این که قدرت بزرگنمایی این ابزار تا ۵ میلی‌متر است و پدیده‌های کوچکتر از آن دیده نمی‌شوند، سیمان به درستی قابل تشخیص نیست و از روی فضاهاى با ماهیت مقاومت بالا که به رنگ روشن‌تر دیده شدند، به این موضوع پی برده می‌شود. همچنین در برخی مقاطع نازک دیگر، فضاهاى خالی وجود دارند که پر نشده و یا تخلخلهای ثانویه‌ایی هستند که در اثر انحلال به وجود آمده‌اند که به صورت نقاط تیره در تصاویر ظاهر می‌شوند (شکل ۶). در شکل ۶ هیستوگرامی از توزیع تخلخل در رخساره‌های دانه غالب و گل غالب آمده است که این توزیع در رخساره‌های دانه غالب به صورت بایمدال (دوگانه) و در رخساره‌های گل غالب به صورت یونی مدال



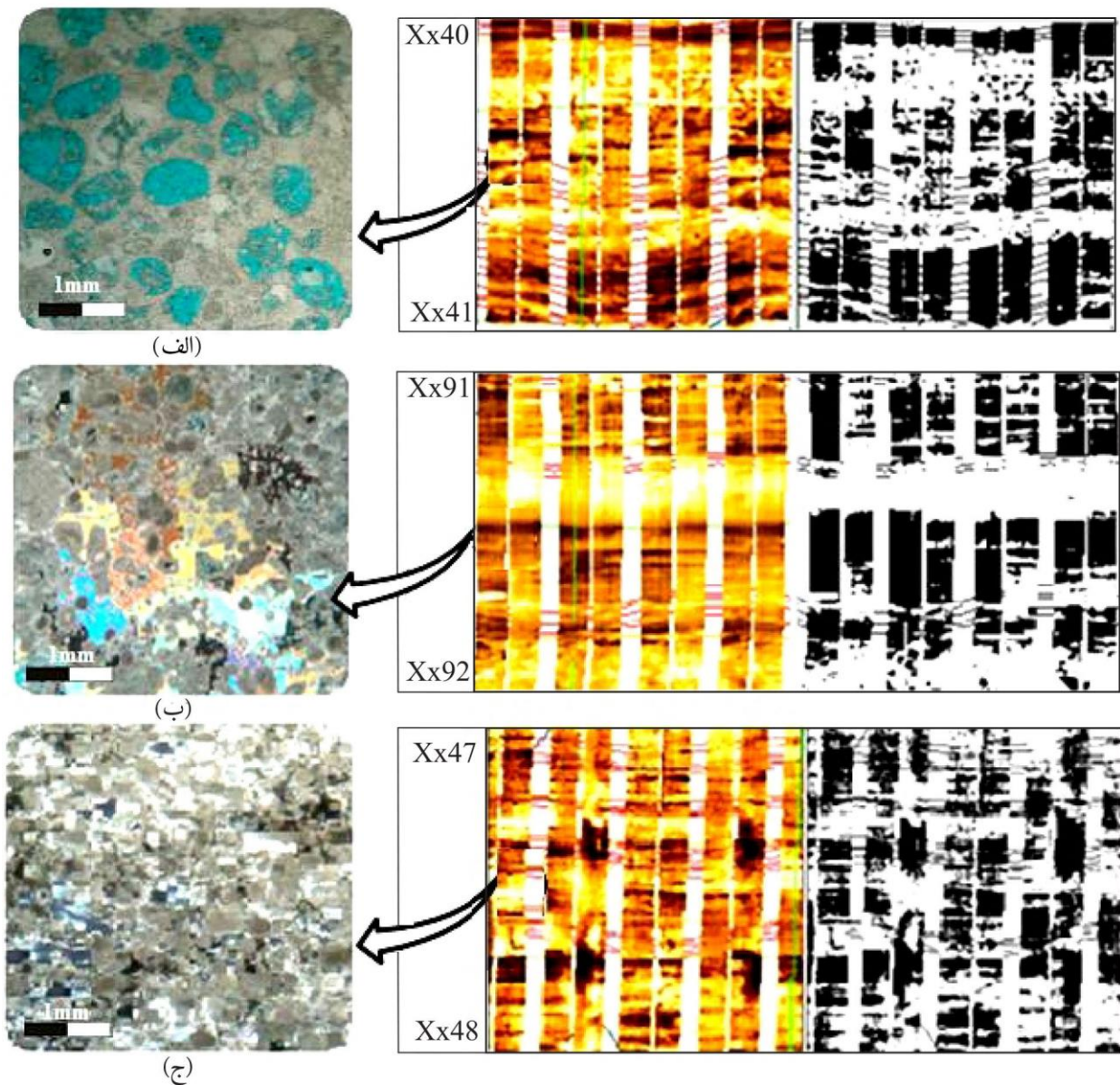
شکل ۶: هیستوگرامهای تخلخل و توزیع آنها (Newsberry *et al.*, 1996)



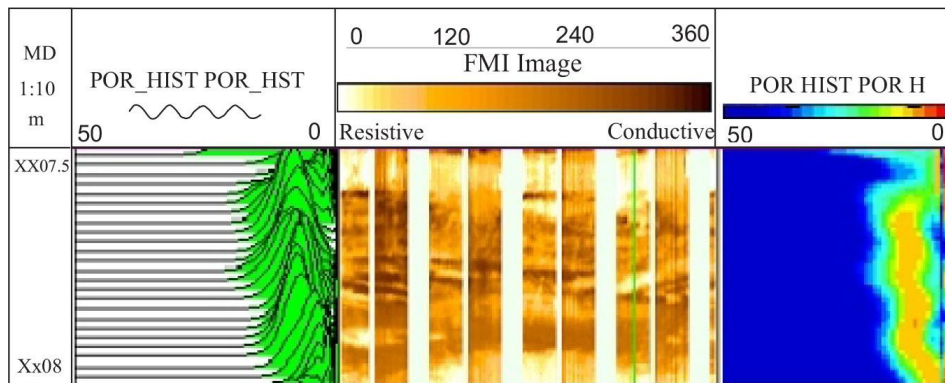
شکل ۷: رخساره دانه پشتیبان که در هیستوگرامهای تخلخل توزیع دوگانه نشان می‌دهد. نقاط سیاه داخل تصویر نمودار تصویرگر فضاهای خالی هستند.



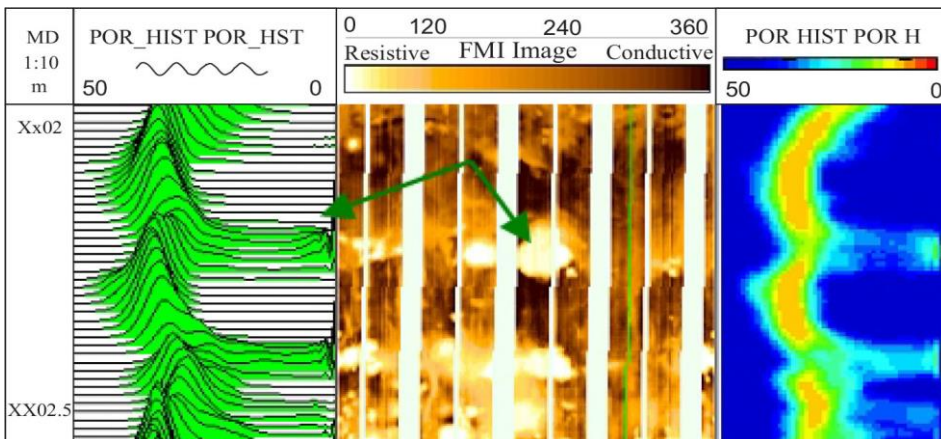
شکل ۸: رخساره دانه پشتیبان همراه با ساخت طبقه بندی مورب که در هیستوگرام تخلخل توزیع دوگانه نشان می‌دهد.



شکل ۹: نمایش تصاویر نگار همراه با تصویر پردازش شده آنها و مقاطع نازک: (الف) مقطع نازک: اوئید گریستون، نمودار تصویرگر: رخساره دانه پشتیبان همراه با ساخت طبقه بندی مورب و منطبق بر الگوی نقطه‌ای؛ (ب) مقطع نازک: پلوئیدال بایوکلستیک اوئید گریستون با انیدریت فراگیر، نمودار تصویرگر: رخساره دانه پشتیبان همراه با ساخت طبقه بندی مورب؛ (ج) مقطع نازک: بایوکلست اوئید گریستون، نمودار تصویرگر: رخساره دانه پشتیبان با ساخت طبقه بندی مورب منطبق بر الگوی نقطه‌ای



شکل ۱۰: رخساره گل پشتیبان که در هیستوگرامهای تخلخل توزیع یونی مدال نشان می‌دهد.



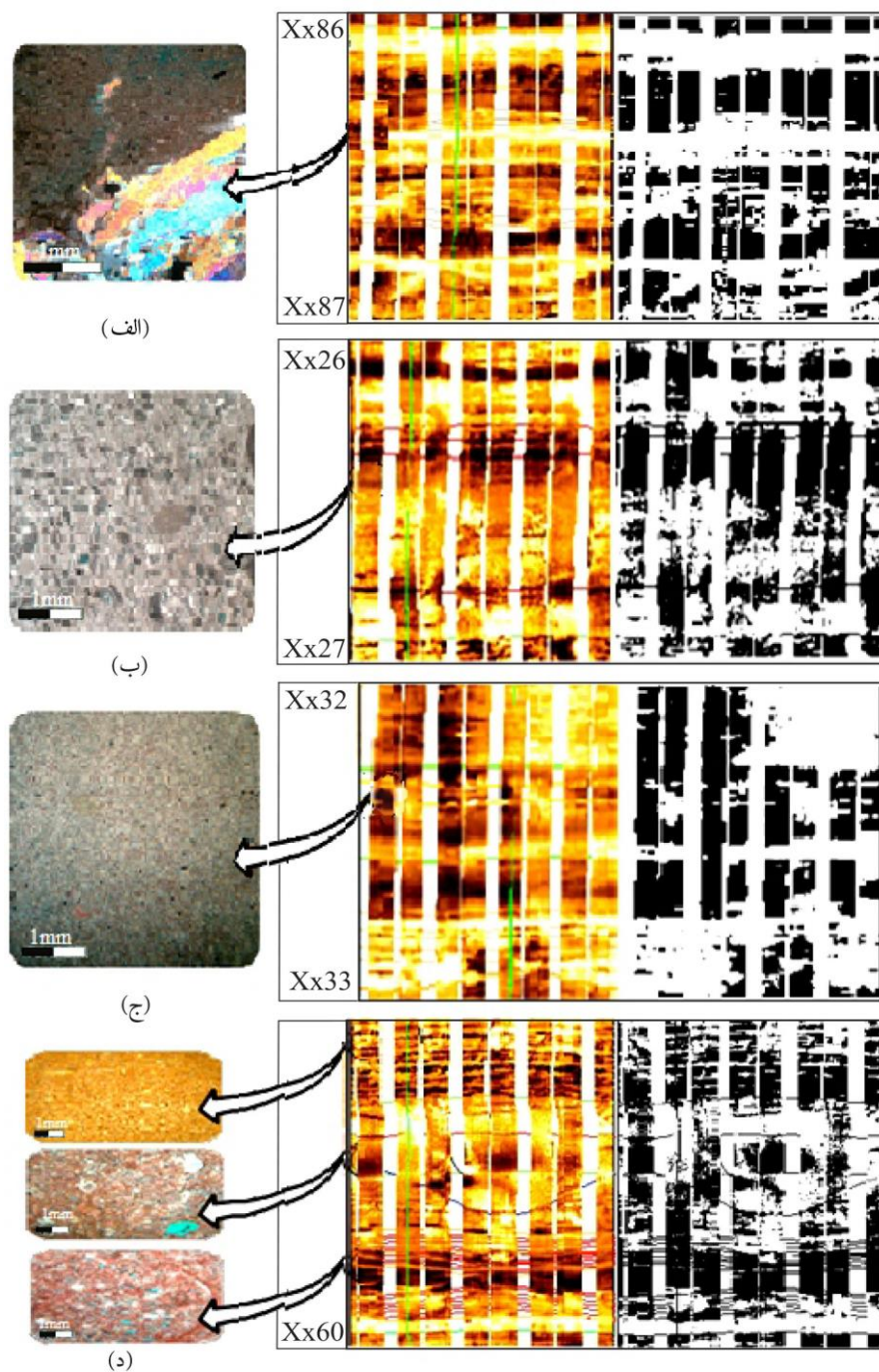
شکل ۱۱: رخساره گل پشتیبیان همراه با ندولهای سفید رنگ انیدریت؛ وجود این ندولها باعث ایجاد توزیع دوگانه تخلخل در هیستوگرام یونی مدال این رخساره شده است.

رنگ تیره ظاهر می‌شوند. وجود لامیناسیونها و نبود زیست آشفته‌گیها و ساختهای جریان، لایه‌بندی در نرخهای پایین رسوب‌گذاری در شرایط کم انرژی زیر سطح اساس نرمال آب دریا را مشخص می‌سازد. همچنین رنگ تیره این مادستونها منشأ آنها را بهتر نشان می‌دهد. سنگ شناسی این رخساره از نوع سنگ آهکی است. همچنین ساخت لامیناسیون و گاهی توده‌ای نیز دیده می‌شود. در شکل ۱۲، نمونه‌هایی از مقاطع نازک و نمودارهای تصویرگر مربوط به دو محیط لاگون و دریای باز آورده شده است.

رخساره انیدریت

در نمودارهای تصویرگر، رخساره‌های انیدریت توده‌ای و انیدریت لامینه‌ای متعلق به محیط بالای جزرومدی به دلیل چگالی بالا و ناتراوا بودن به رنگ شیری (رنگ روشن) دیده می‌شوند. در نمودارهای گاما، چگالی و تخلخل کاهش شدیدی نشان می‌دهند. این رخساره‌ها در مواردی مثل واحد انیدریتی نار دارای رگه‌های متراکم و چگال است که شبیه لایه‌بندی هستند. در تصاویر دوتایی که توسط نرم افزار تحلیل تصویر آنالیز شده‌اند، به طور واضح انیدریتها مقاومت بالایی نشان داده که به رنگ سفید دیده می‌شوند. ساختهای رسوبی مشاهده شده در این رخساره‌ها توده‌ای و لایه لایه (لامینه‌دار) می‌باشند (شکل ۱۳).

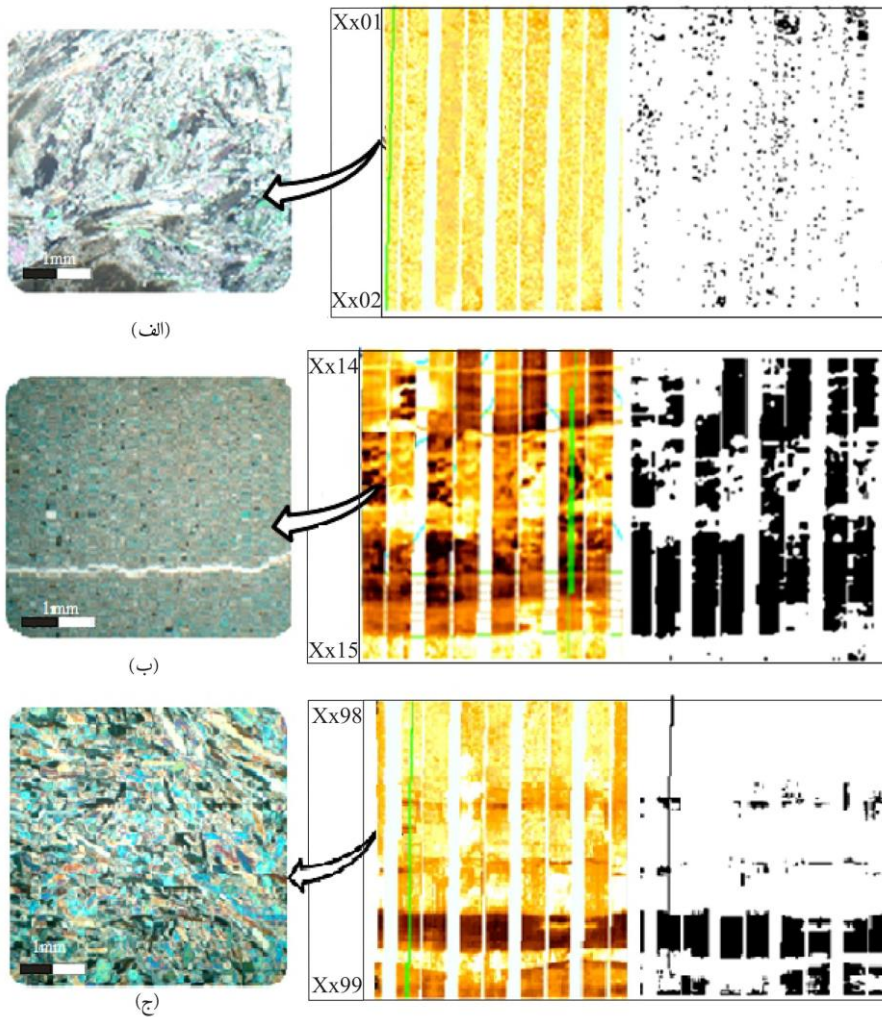
انطباق با الگوها، با الگوی لامیناسیون مطابقت می‌کند. همچنین بافت مادستون با مدل یکنواخت اما برعکس انیدریت که سفید و مقاومت بالا دارد به رنگ تیره دیده می‌شود. در تصویرهای آنالیز شده، تناوب لایه‌های روشن و تیره دیده می‌شوند که نوارهای روشن مربوط به انیدریتها و نواحی تیره مربوط به مادستونها هستند، اما به دلیل این که این مادستونها سنگ آهک خالص نیستند به رنگ روشن دیده نمی‌شوند. اگر مادستونی حاوی آهک خالص باشد به رنگ روشن با مقاومت بالا دیده می‌شود. سنگ شناسی این رخساره دولومیت و یا سنگ آهک است. تشخیص رخساره‌های گل غالب محیط لاگون از محیط دریای باز قابل تفکیک نیست. از محدودیت‌های این روش عدم تشخیص دقیق مادستونهای محیط لاگون از مادستونهای محیط دریای باز است. برای رفع این مشکل باید از مقاطع نازک استفاده کرد (شکل ۱۲). رخساره‌های شناسایی شده برای محیط دریای باز از روی مقاطع نازک در این محیط یک بایوکلاست مادستون تا وکستون بسیار دانه‌ریز بوده که ساخت غالب آن لایه‌بندی نازک و لامیناسیونی است و به رنگ تیره دیده می‌شود. تخلخل این رخساره بسیار کم است. تصاویر دوتایی شده نشان می‌دهند بیشتر بافتی که در این محیط وجود دارد با الگوی یکنواخت مطابقت داشته و تغییرات تدریجی از روشن به تیره دارند. این مادستونها به دلیل داشتن مواد آلی بالا در نمودارها به



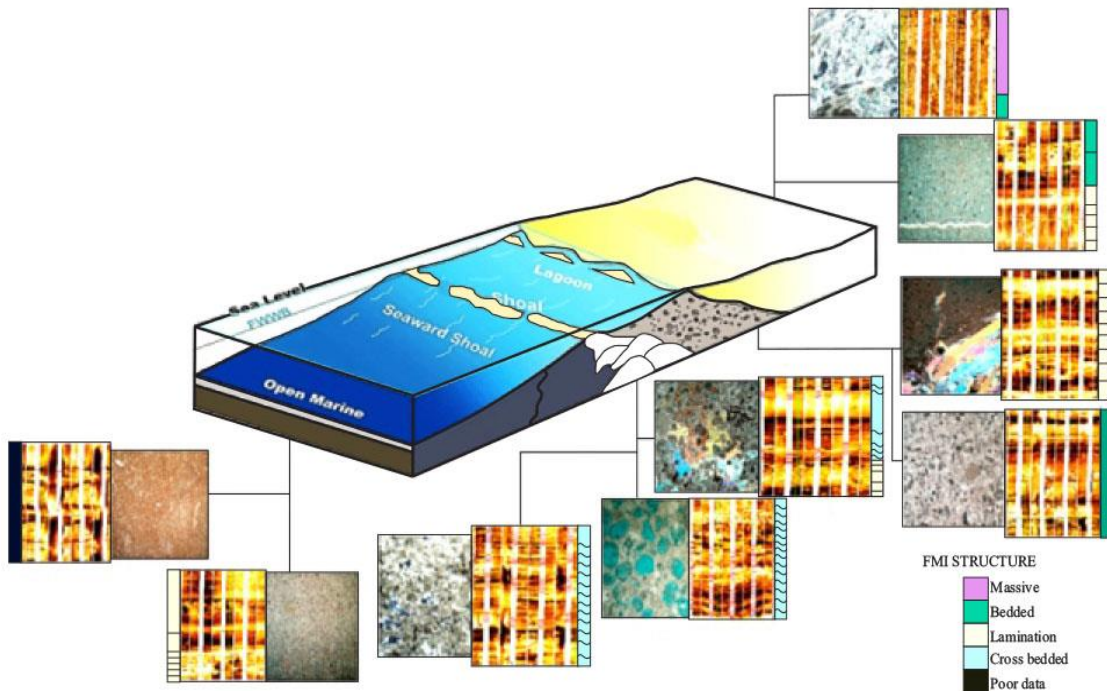
شکل ۱۲: نمایش تصاویر نمودار همراه با تصویر پردازش شده آنها و مقاطع نازک؛ (الف) مقطع نازک: پلوئیدال دولوکستون همراه با رگه‌های متراکم (رخساره محیط لاگون)، نمودار تصویرگر: رخساره گل پشتیان همراه با ساخت لامیناسیون و رگه‌های متراکم و انیدریت که به صورت خطهای سفید دیده می‌شوند. (ب) مقطع نازک: بایوکلیستیک پلوئیدال دولوکستون (رخساره محیط لاگون)، نمودار تصویرگر: رخساره گل پشتیان تا دانه پشتیان همراه با لایه بندیهای احتمالی و رگه‌های رسانا؛ (ج) مقطع نازک: مادستون (رخساره دریای باز)، نمودار تصویرگر: رخساره گل پشتیان با ساخت لامیناسیون؛ (د) مقطع نازک: بایوکلیستیک مادستون/ وکستون دانه ریز (رخساره دریای باز)، نمودار تصویرگر: رخساره گل پشتیان همراه با لامیناسیون

سفید و خاکستری تا قهوه ای روشن است. در جدولهای ۱ و ۲ رمپ کرنانه سازند دالان از نظر ساخت و رخساره‌ها نمایش داده شده است و در شکل ۱۴ مدل شماتیکی از این سازند ارائه شده است. همچنین کلیه رخساره‌ها همراه با محیطهای تشکیل و عوارض دیگر در قالب یک لاگ رسوبی در شکل ۱۵ آمده است.

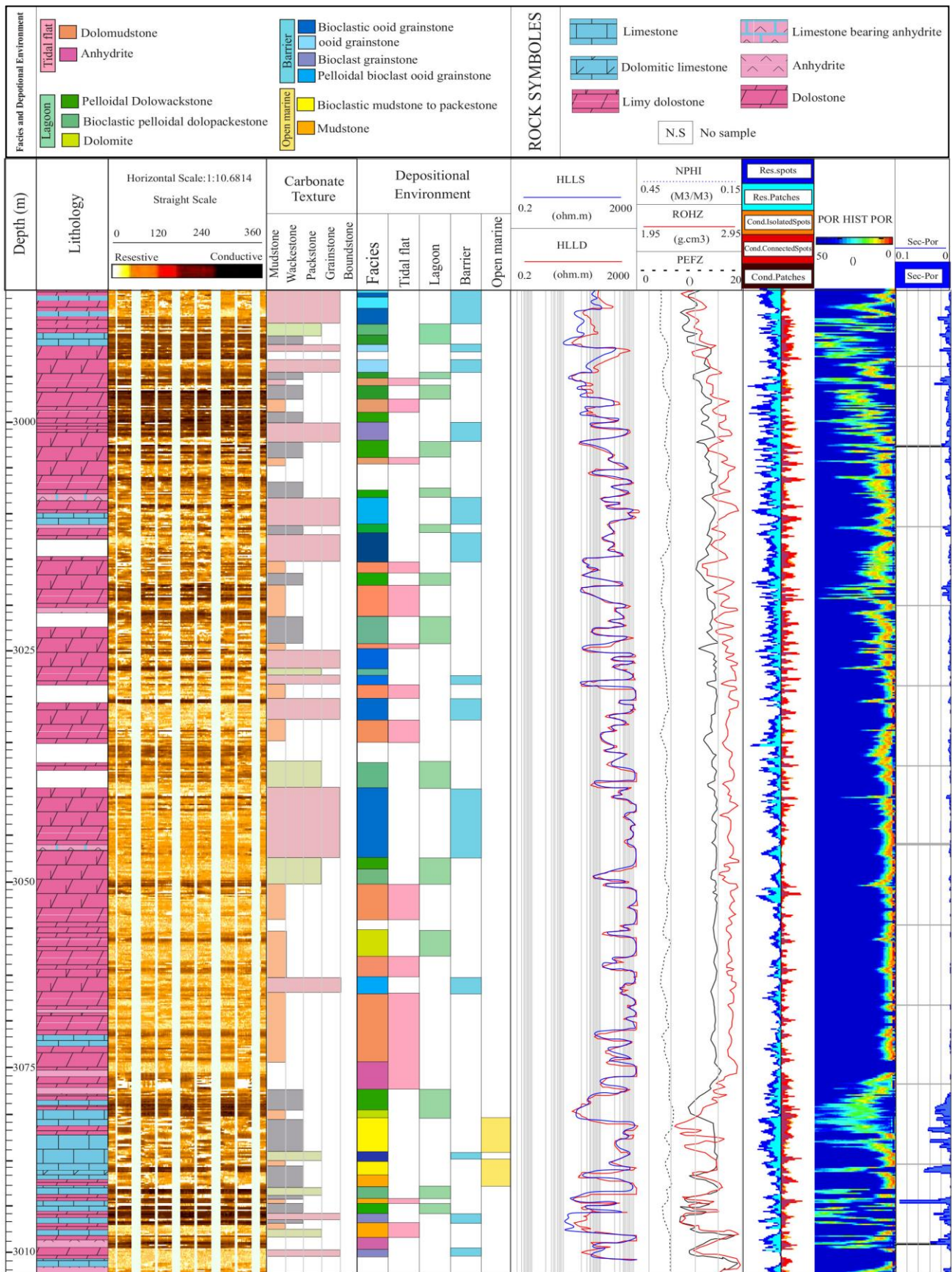
این رخساره شاخص محیط سبخایی با تبخیر شدید است. الگوی یکنواخت انطباق خوبی با این رخساره دارد، اما باید به نمودارهای چاه‌پیمایی نیز توجه داشت. در کل این رخساره فاقد تخلخل و تراوایی و هرگونه کیفیت مخزنی می‌باشد و به عنوان سد و یا پوش سنگ عمل می‌کند. سنگ شناسی اصلی این رخساره انیدریت و دولومیت است، اما سنگ غالب انیدریت است. رنگ این رخساره



شکل ۱۳: نمایش تصاویر نمودار همراه با تصویر پردازش شده‌ی آنها و مقاطع نازک؛
 الف) مقطع نازک: رخساره انیدریت با ساخت توده‌ای، نمودار تصویرگر: رخساره انیدریت؛
 ب) مقطع نازک: دولومادستون با ساخت لامیناسیون، نمودار تصویرگر: رخساره گل پشتیان همراه انیدریت؛
 ج) مقطع نازک: رخساره انیدریت، نمودار تصویرگر: انیدریت لایه ای



شکل ۱۴: مدل رسوبی ارائه شده برای سازند دالان همراه با مقاطع نازک و نمودار ریز تصویرگر سازند (FMI) که در آنها ساختها و بافتها نشان داده شده‌اند.



شکل ۱۵: لاگ رسوبی از عوارض شناسایی شده برای واحد K3

جدول ۱: میزان انرژی محیط رسوبی، ساخت‌های رسوبی و بافت‌های کربنات‌ها

1	Low	Low	High	Low	Low
2	Bedded Massive Nodular	Irregular bedding Bioturbation Lamination	Cross-bedding	Bioturbation Lamination	Lamination
3	Anhydrite Mudstone with anhydrite	Wackestone Mudstone	Grainstone Wackestone Packstone	Resedimented Grainstone/Packstone	Mudstone

1: Depositional water energy 2: sedimentary structure 3: Carbonate texture

جدول ۲: محیط رسوبی، الگوهای پیشنهادی برای نمودارهای تصویرگر، ساخت‌های شناسایی شده در نمودار تصویرگر و بافت کربنات‌ها

Sedimentary Environment	Borehole image pattern	FMI Structure	Texture
Supratidal	Block pattern Layered pattern White spot pattern	Massive Layered	Anhydrite mudstone
Lagoon	Laminate pattern Spot pattern	Lamination	Mudstone Wackestone
Barrier	Spot pattern, layered spot pattern, cross bedded pattern	Cross bedded	Grainstone Packstone
Open marine	Band pattern Laminate pattern	Layered pattern	Mudstone Wackestone

پدیده‌های دیاژنزی

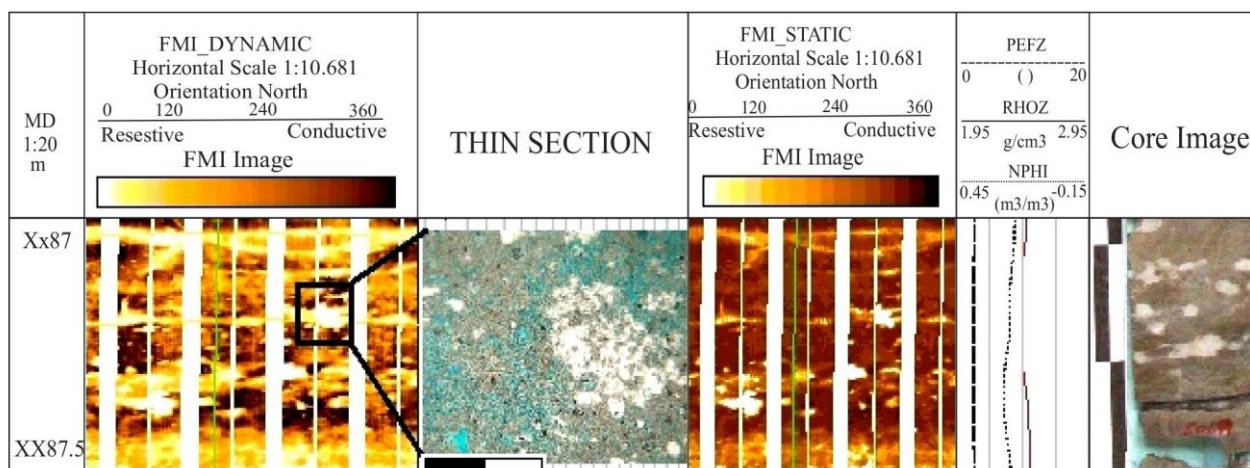
دیاژنز شامل تمام فرآندهای فیزیکی، شیمیایی و زیست‌زادی است که بعد از رسوب‌گذاری تا محدوده رسیدن به دگرگونی با افزایش دما و فشار بر روی رسوبات صورت می‌گیرد. سیمانی شدن، میکرایتی شدن، نئومورفیسیم، انحلال، فشردگی، دولومیتی شدن شش فرآیند اصلی دیاژنز هستند. نمودارهای تصویرگر ابزار مناسبی برای شناسایی پدیده‌های دیاژنزی می‌باشند. به دلیل بزرگ‌نمایی تا ۵ میلی‌متر ابزار تصویرگر، پدیده‌های کوچکتر از این محدوده دیده نمی‌شوند. بنابراین از میان شش فرآیند بالا، انحلال، سیمانی شدن به صورت ندولهای انیدریت، استیلولیتها و از فرآیندهای با منشأ زیستی، زیست آشفستگی در نمودارهای تصویرگر قابل شناسایی هستند.

ندولهای انیدریتی

ندول انیدریتی یک فرآیند دیاژنزی اولیه است که در رخساره‌های پهنه جزر و مدی کمی بعد از نهشته شدن رسوبات ایجاد می‌شود. این ندولها به دلیل ویژگیهای

مکانیکی دارای بافت متراکم و مقاومت بسیار بالا هستند. ندولها در نمودارهای تصویرگر رنگ روشن تری از زمینه داشته و اغلب سفید رنگ و در حد چند میلی‌متر تا چند سانتی‌متر هستند. این ندولها در تصاویر نمودار قابل شناسایی هستند و با تصاویر مغزه نیز مطابقت زیادی دارند. اندازه قطر ندولها از چند صد میکرون در مقاطع نازک تا چند سانتی‌متر در مغزه‌ها متغیر می‌باشد و شناسایی آنها بر اساس مطالعات مغزه امکان پذیر است (شکل ۱۶).

ندولهای انیدریت به دلیل بستن فضاهای خالی و تخلخل بین بلوری در رخساره‌های گل پشتیبان باعث کاهش کیفیت مخزنی می‌شوند، اما چون در یک رخساره به مقدار زیادی دیده نمی‌شوند در کاهش کیفیت مخزنی رخساره‌ها نقش زیادی ندارند. این ندولها در پهنه جزر و مدی دیده می‌شوند و گویا در مراحل اولیه دیاژنز تشکیل شده‌اند. علاوه بر ندولهای تدفین کم‌عمق، ندولهای دیاژنتیکی عمیق نیز در این سازند مشاهده شده است که بیشتر در رخساره‌های دانه غالب بوده است.

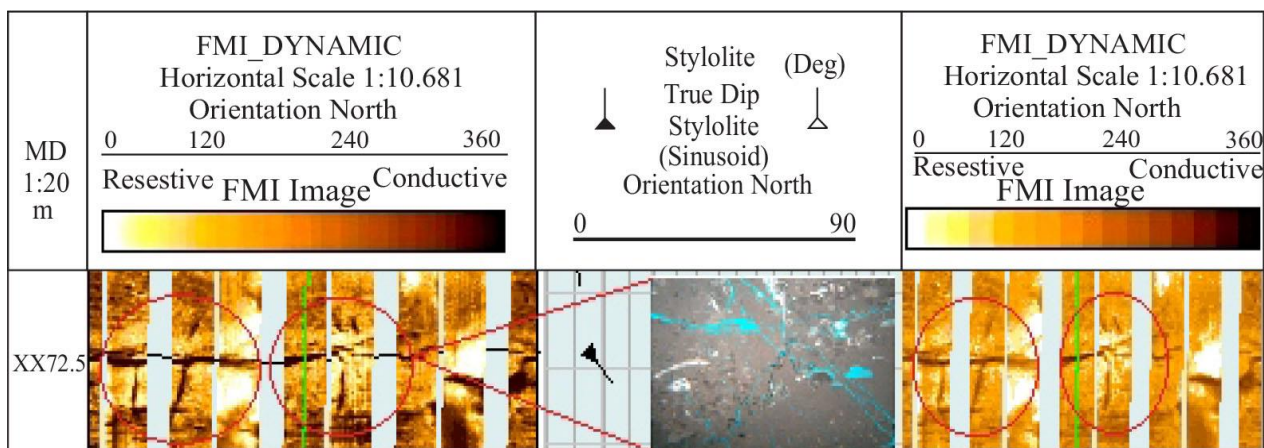


شکل ۱۶: ندول انیدریت همراه با تصویر مقطع نازک، مغزه، نمودار تصویرگر، نمودارهای تخلخل، چگالی و فاکتورفتوالکتریک

استیلولیت

همان طور که در توضیح الگوی دنداندار آمده، استیلولیتها در نمودار تصویرگر اغلب به رنگ تیره دیده می‌شوند. معمولاً استیلولیتها مسطح و یا مضرس بوده و تغییرات و جابه‌جایی ناگهانی کوتاه در جهت قائم ظاهر می‌شوند. پدیده‌های رسانا که معمولاً عمود بر استیلولیت هستند،

باز شدگی کششی نامیده می‌شوند. تفاوت استیلولیت با لایه‌های شیلی نازک، بی‌نظمی استیلولیتها است. استیلولیتها به فراوانی در کرناتهای متراکم و سیمانی شده دیده می‌شوند. اگر چاه استیلولیت را قطع کند به صورت رسانا (شبه لایه شیلی) دیده می‌شود (شکل ۱۷).



شکل ۱۷: استیلولیت همراه با بازشدگی کششی که در نمودار تصویرگر و تصویر مقطع نازک آن

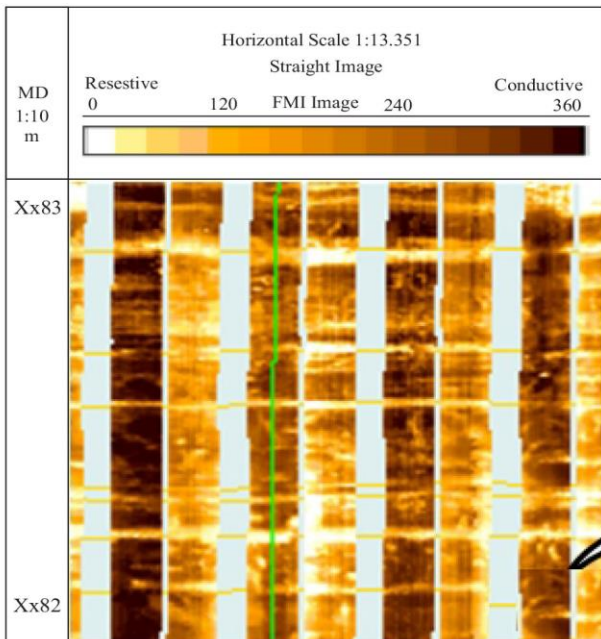
انحلال

این فرایند از مهمترین عوارض دیاژنزی در سازند مورد مطالعه می‌باشد و نقش بسیار مهمی در کنترل تخلخل و تراوایی به ویژه در رخساره‌های دانه غالب و کمتر در رخساره‌های گل غالب ایفا می‌کند. تخلخلهای ایجاد شده در اثر انحلال باعث ایجاد فضاهای خالی تیره‌ای در

نمودارهای تصویرگر می‌شوند. این فضاهای خالی به دلیل رسنایی که دارند در تصویرها به صورت نقاط تیره ظاهر می‌شوند، اما این فرآیند همیشه مثبت عمل نکرده و سیالات اشباع از کرنات حاصل از انحلال با رسوب سیمان در فضاهای بین دانه‌ای باعث کاهش تخلخل و تراوایی می‌شوند که گاهی در تصاویر نمودار قابل شناسایی‌اند،

زیست آشفته‌گی

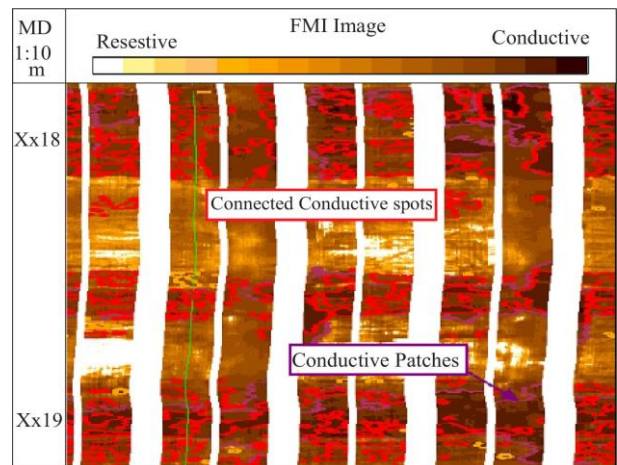
اشکالی به صورت نامنظم و معمولاً به صورت عمود و یا مورب با لایه‌های زیرین هستند. برای بالا بردن درجه‌ی اطمینان تفسیر باید از مغزه برای تشخیص دقیق‌تر این اشکال استفاده کرد. زیست آشفته‌گی را می‌توان از بهم ریخته شدن ماهیت سنگ میزبان و پاسخی که بر روی نمودارهای تصویرگر از خود به جای می‌گذارد شناخت (شکل ۱۹).



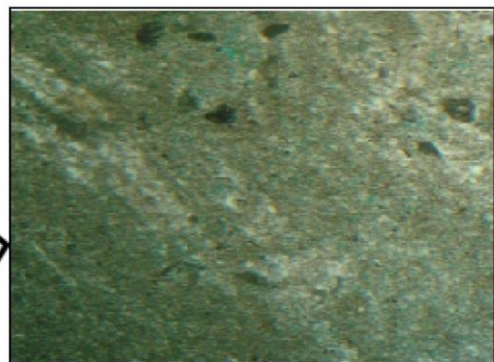
شکل ۱۹: زیست آشفته‌گی در نمودار تصویرگر و در مقطع نازک

چاههای مورد مطالعه شناسایی شدند. برای تفسیر نمودارهای تصویرگر ۷ الگو پیشنهاد شد که شامل الگوی نواری، الگوی نقطه‌ای، الگوی شکستگی، الگوی شکستگیهای القایی، الگوی طبقه‌بندی مورب، الگوی یکنواخت و الگوی استیلولیت بوده‌اند. این الگوها با نمونه‌های مغزه و مقاطع نازک تطابق داده شدند. در بیشتر موارد نتایج با هم انطباق خوبی داشتند. سپس این الگوها را با ریزرخساره‌های شناسایی شده مقایسه کرده و از تلفیق ساختها و بافتها، رخساره‌های دانه پش‌تیبان و گل پش‌تیبان از هم تفکیک شدند. از محدودیتهای این روش این است که نمی‌توان

اما به دلیل بزرگ‌نمایی تا ۵ میلی‌متر ابزار، همان گونه که قبلاً گفته شد سیمان قابل تشخیص نیست (شکل ۱۸).



شکل ۱۸: نمایش تخلخلهای ایجاد شده در اثر انحلال در رخساره دانه غالب



نتیجه‌گیری
هدف اصلی این مطالعه تلفیق داده‌های حاصل از مقاطع نازک و نمونه‌های مغزه و نمودارهای تصویرگر بوده است. نمودارهای تصویرگر در موارد بسیاری با نمونه‌های مغزه و مقاطع نازک مطابقت داشتند، اما در فواصلی که به دلیل شرایط نمودارگیری کیفیت نمودارها پایین بوده است، نمی‌توان به تفسیر دقیقی استناد کرد. در رخنمونها تشخیص ساختهای رسوبی به آسانی صورت می‌گیرد، اما در مطالعات زیرسطحی این امر مشکل‌تر است. از این رو با استفاده از نمودارهای تصویرگر می‌توان این مشکل را حل کرد. پدیده‌های کوچک مقیاس در

در کربناتها استفاده شود. همچنین کمک می‌کند تا ساختهایی که در کربناتها در مغزه‌های حفاری قابل شناسایی نیستند را بتوان به طور دقیقتری شناخت. این روش برای توصیف هر چه بهتر رخساره به تنهایی کمک مؤثری است.

سپاس‌گزاری

نگارندگان از نظرات و کمکهای ارزشمند آقای دکتر بهروز اسرافیلی دیزجی در راستای انجام این پژوهش کمال تشکر را دارند.

بافتهای مادستون و وکستون در محیطهای دریای باز و لاگون را به طور کامل از هم تشخیص داد و برای رفع این مشکل باید از مغزه‌ها و مقاطع نازک استفاده کرد. همچنین از میان پدیده‌های دیاژنی تنها زیست آشفستگی، انحلال، فشار - انحلال و سیمان انیدریتی (ندول‌ای انیدریتی) از روی نمودارهای تصویرگر شناسایی شدند. این روش در سازند دالان با ویژگیهای ذکر شده کارایی دارد و برای سازندهای دیگر که تحت وضعیت اقلیمی متفاوت نهشته شده‌اند باید مطالعه جامعی بر روی مغزه‌ها و مقاطع نازک صورت گیرد. این روش می‌تواند به عنوان مکملی برای مطالعه بافتها

References

- Alsharhan, A.S., & Kendall, C.G.St.C., 2003. Holocene coastal carbonates and evaporites of the southern Arabian Gulf and their ancient analogues. *Earth-Science Reviews*, 61: 191- 243.
- Buxton, M.W.N., & M.H. Pedley., 1989. A standardized model for Tethyan carbonates ramps. *Journal of the Geological Society of London*, 146: 746-748.
- Campbell, C.V., 1967. Lamina, Laminaset, bed and bedset. *Sedimentology*, 8: 7-26.
- Chia, H., 2009. Automatic discrimination of sedimentary facies and lithologies in reef-bank reservoirs using borehole image logs. *Applied Geophysics*, 6: 17-29.
- Chitale, D.V., Johnson, C., Manley, H., Entzminger, D., & Canter, L., 2009. Application of Borehole Imaging to Evaluate Porosity and Permeability in Carbonate Reservoirs, Example from Permian Basin. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, pp. 1-21.
- Dunham, R.J., 1962. Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: Ham, W.E., (ed.), *Classification of Carbonate Rocks. American Association of Petroleum Geologists Memoir*, 1: 108-121.
- Flugel, E., 2010. *Microfacies of Carbonate Rocks, Analysis, Interpretation and Application. Springer Verlag*, New York, 996p.
- Insalaco, E., Virgone, A., Courme, B., Gaillot, J., Kamali, M., Moallemi, A., Lotfpour, M., & Monibi, S., 2006. Upper Dalan Member and Kangan Formation between the Zagros Mountains and offshore Fars, Iran: Depositional system, biostratigraphy and stratigraphic architecture. *GeoArabia*, 11: 75-176.
- Khoshbakht, F., Memarian, H., & Mohammadnia, M., 2009. Comparison of Asmari, Pabdeh and Gurpi formation's fractures, derived from image log. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 67: 65- 74
- Konert, G., Afifi, A.M., Al-Hajri, S.A., & Droste, H., 2001. Paleozoic stratigraphy and hydrocarbon habitat of the Arabian Plate. *GeoArabia*, 6: 407-442.

- Lovell, M., Harvey, A., Brewer, P.K., Williams, T.S., Jackson, C., & Williamson, G., 1997. Application of FMS images in the Ocean Drilling Program: an overview (in geological evolution of ocean basins: results from the Ocean Drilling Program). *Geological Society Special Publications*, 131: 287–303.
- Machel, H.G., 2005. Investigations of burial diagenesis in carbonate hydrocarbon reservoir rocks. *Geoscience Canada*, 31p.
- Jungmann, M., Kopal, M., Clauser, C., & Berlage, T., 2011. Multi-class supervised classification of electrical borehole wall images using texture features. *Elsevier, Computer & Geoscience*, 37: 541-553.
- Movahed, Z., Dashti, R., & Chakravorty, S., 2007. Geological and petrophysical analysis of Full Bore Formation Micro Imager (FMI), Feild Ahvaz, Well No.383. *Well Services of Iran (Schlumberger Methods)*, Report No. p-5627: 1-64.
- Newberry, B.M., L.M. Grace, & Stief, D.D., 1996. Analysis of carbonate dual porosity systems from borehole electrical images. *Society of Petroleum Engineers 35158, presented at the Permian Basin Oil and Gas Recovery conference*, pp. 123-129.
- Prensky, S.E., 1999. Advances in borehole imaging technology and applications, in Borehole Imaging: Applications and Case Histories. *Geological Society Special Publications*, 159: 1 – 43.
- Rahimpour-Bonab, H., Esrafil-Dizaji, B., & Tavakoli, V., 2010. Dolomitization and Anhydrite precipitation in Permo-Triassic carbonates at the South Pars gas field, offshore Iran: controls on reservoir quality. *Journal of Petroleum Geology*, 33: 43–66.
- Rahimpour-Bonab, H., 2007. A procedure for appraisal of a hydrocarbon reservoir continuity and quantification of its heterogeneity. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 58: 1–12.
- Russell, S. D., Akbar, M., Vissapragada, B., & Walkden, G. M., 2002. Rock types and permeability prediction from dipmeter and image logs; Shuaiba Reservoir (Aptian), Abu Dhabi. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 86 (10): 1709–1732.
- Safinya, K.A., Lan, P.L., Villegas, M., & Cheung, P.S., 1991. Improved formation imaging with extended microelectrical arrays. *Society of petroleum Engineers*, 22726: 653-664.
- Serra, O., 1989. Formation microscanner image interpretation. *Schlumberger Educational Service*, Houston, 117p.
- Tavakoli, V., Rahimpour-Bonab, H., & Esrafil-Dizaji, B., 2011. Diagenetic controlled reservoir quality of South Pars gas field, an integrated approach. *Comptes Rendus Geoscience*, 343: 55-71.
- Tucker, M.E., & Wright, V.P., 1990. Carbonate sedimentology. *Oxford Blackwell Scientific Publications*, 404 p.
- Tucker, M.E., 1994. Sedimentary Petrology: An Introduction to Origin of Sedimentary Rocks. *Blackwell, Oxford*, 260 p.
- Tucker, M.E., 2003. Sedimentary rocks in the fields. 3rd ed., *John Wiley and Sons*, 234p.

Application of Fullbore Formation Micro Imager in recognition of the sedimentary facies, features and diagenetic processes Dalan Formation in south of Iran

Mansouri Hafshejani, M.¹, Rahimpour-Bonab, H.^{2*}, Tavakoli, V.³

1- M.Sc. in Sedimentology and Sedimentary Petrology, School of Geology, College of Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran, Iran

2- Professor, School of Geology, College of Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran, Iran

3- Assistant Professor, School of Geology, College of Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran, Iran

***E-mail: rahimpor@ut.ac.ir**

Abstract

Primary sedimentary and secondary structural and diagenetic processes are responsible for heterogeneity in carbonate reservoirs and recognition of these factors is very essential subject in modeling these reservoirs. Image logs are very useful for identification of structures and small scale sedimentary features. In this research, using image analysis of Formation Microimager log (FMI) in a drilled well in Dalan Formation, 7 patterns including: 1- band pattern, 2- spot pattern, 3- fracture pattern, 4- drilling induced fracture, 5- cross bedding pattern, 6- block pattern and 7- stylolite pattern are proposed. These patterns were compared with thin sections and core samples. Finally, with combining the FMI results, analyzed by JmicroVision (v. 1.27) software, with thin sections and core samples of the different facies used to separate the grain supported from mud supported facies. Also among the various diagenetic processes, pressure solution, nodular anhydrite, bioturbation and dissolution were identified in image logs. This study shows that in most cases there is a good synchrony between the results of image logs, thin sections, core samples and well logs.

Keywords: Dalan Formation; Fullbore Formation Micro Imager (FMI); sedimentary facies; sedimentary environment; sedimentary structure; diagenetic processes.