

تعیین الگوی تراکمی شکستگی‌های مخزن آسماری در میدان نفتی مارون

خیرالله نورائی نژاد، کارشناسی‌ارشد زمین‌شناسی، شرکت ملی نفت ایران، مناطق نفت‌خیز جنوب

حسن امیری بختیار، دکترای زمین‌شناسی، شرکت ملی نفت ایران، مناطق نفت‌خیز جنوب

حیدر بصیری، دانش‌آموخته زمین‌شناسی نفت، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز*

روح‌انگیز محمدیان، کارشناسی‌ارشد، شرکت ملی نفت ایران، مناطق نفت‌خیز جنوب

مهدی خشنودکیا، کارشناسی‌ارشد زمین‌شناسی، شرکت ملی نفت ایران، مناطق نفت‌خیز جنوب

چکیده

میدان نفتی مارون در میانی فروافتادگی دزفول در امتداد تاقدیس‌های آغاجاری، اهواز و رامین قرار گرفته است. با توجه به نقش مهمی که شکستگی‌ها در افزایش تولید ایفا می‌کنند، در این مطالعه سعی شده تا الگوی تراکمی شکستگی‌های مخزن آسماری در میدان نفتی مارون مورد بررسی قرار گیرند. بدین منظور نتایج داده‌های نمودارهای تصویرگر، مغزه داده‌های نمودار ترسیمی سرچاهی، روش‌های تحلیل دایره محاطی و تغییرات انحناء هندسه تاقدیس مورد تحلیل قرار گرفت. سازند آسماری مهم‌ترین سنگ مخزن این میدان است که به پنج زون مخزنی تقسیم شده است. زون مخزنی یک، دو، سه عمده‌تاً از آهک و دولومیت تشکیل شده‌اند. بنابراین تراکم شکستگی‌ها در این زون‌ها (به‌خصوص در زون یک که ۹۰ درصد دولومیتی است) بیشتر است. همچنین در زون‌های مخزنی چهار و پنج این میدان به دلیل افزایش میان لایه‌های شیلی و مارنی و کاهش شکنندگی، شکستگی‌ها از گسترش کمتر برخوردار بوده، بیشتر شکستگی‌های میکروسکوپی دیده می‌شود. طبق نتایج حاصله انطباق خوبی بین روش تحلیل دایره محاطی، داده‌های نمودار تصویرگر، مغزه، تغییرات انحناء و گسترش شکستگی‌ها در تاقدیس مارون دیده می‌شود. تحلیل داده‌های مذکور بیانگر این است که بیشترین تراکم شکستگی‌ها در یال جنوبی مخزن در بخش مرکزی و در یال شمالی بخش شمال شرقی متمرکز است. بنابراین بخش غربی مخزن، تراکم شکستگی کمتری نسبت به قسمت‌های مرکزی را دارد. باتوجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان استنباط نمود که برای حفر چاه‌های توسعه‌ای و تولیدی آبی باید پارامترهای ذکر شده مد نظر قرار گرفته، به قسمت شمال شرقی و یال جنوبی تاقدیس مارون توجه بیشتری گردد.

کلید واژه‌ها: میدان نفتی مارون، مخزن آسماری، تراکم شکستگی، دایره محاطی، نمودار تصویرگر، داده‌های مغزه.

مقدمه

در یک مخزن نفتی تراکم شکستگی‌ها با نزدیک شدن به گسل‌های موجود در منطقه افزایش می‌یابد. این پدیده ارتباط شکستگی‌ها را با گسل‌ها به خوبی نشان می‌دهد. مخازن موجود در خاورمیانه، از جمله مهم‌ترین مخازن شکسته شده طبیعی جهان به شمار می‌آیند که پیدایش شکستگی‌های باز و تراوا در آنها را به عملکرد عواملی چون طبیعت و درجه چین خوردگی، گسل خوردگی، ماهیت تنش‌های برجا و تغییر ویژگی‌هایی از سنگ همچون تخلخل، لایه‌بندی، لیتولوژی و درصد شیل نسبت می‌دهند (Ahmadhadi et al 2007).

تولید از مخازن هیدروکربوری به ویژه سازند آسماری دارد و مخازن کربناته ایران از این نظر دارای شهرت جهانی هستند. این شکستگی‌ها عمدتاً منشأ ساختمانی دارند و در طی فازهای فشاری مربوط به کوهزایی آلپ پایانی همزمان با حرکت افقی پوسته قاره‌ای عربستان در امتداد روند NNE، کوتاه شدگی پوسته قاره‌ای (ناشی از برخورد پوسته قاره‌ای عربستان-اوراسیا) و چین خوردگی رسوبات این حوضه به وجود آمده‌اند. وجود شکستگی‌ها حتی شکستگی‌های بسیار کوچک تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر نفوذپذیری دارد و آگاهی و شناخت از الگوها و نحوه توزیع آنها در هر میدان امکان طراحی صحیح مکان‌های حفاری چاه‌ها را به‌منظور امکان افزایش تولید و بهره‌وری حداکثر از مخزن و کاهش هزینه‌ها را فراهم می‌کند.

علی‌رغم اهمیت اقتصادی شکستگی‌ها در مخزن آسماری، مطالعات اندکی بر روی این ساختارها انجام شده است. هدف از این مطالعه تعیین تراکم و روند شکستگی‌ها در میدان نفتی مارون است، در راستای پیشنهاد نقاط بهینه حفاری و در امتداد آن کاهش هزینه‌های حفاری در میدان می‌باشد. در این مطالعه از نتایج مختلفی نظیر روش‌های تحلیل دایره محاطی و نقشه هم‌انحنا، داده‌های سرچاهی و داده‌های مغزه در میدان نفتی مارون استفاده شده است و در نهایت با تلفیق اطلاعات مذکور الگوهای غالب شکستگی‌های تعیین شده است.

شکستگی‌ها نقش مهمی در تولید از مخازنی که به طور طبیعی شکسته شده ایفا می‌کنند (Nelson 2007). تشخیص انباشتگی‌ها و نقاط تجمع هیدروکربن از جمله اهداف مهم در اکتشافات حوضه‌ها به‌شمار می‌آید. انباشتگی، حفظ و مهاجرت نفت و گاز وابستگی شدیدی به پتانسیل نفوذ ناپذیری سنگ پوش، شکستگی‌های موجود در سنگ مخزن، قابلیت شکافدار شدن آنها بوسیله مکانیزم‌های مختلف شکست، نیروهای ساختمانی، ایجاد گسل‌ها و فعالیت مجدد صورت گرفته بر روی بازشدگی‌های قبلی مربوط می‌شود. هر یک از موارد فوق به عنوان نتیجه‌ای از عملکرد خواص مختلف توده سنگ از جمله خواص مکانیکی، موئینگی، تراکم و هندسه شکستگی‌ها در طول مخزن می‌باشد (مطیعی ۱۳۸۷؛ McQuillan 1969; Nelson 2007).

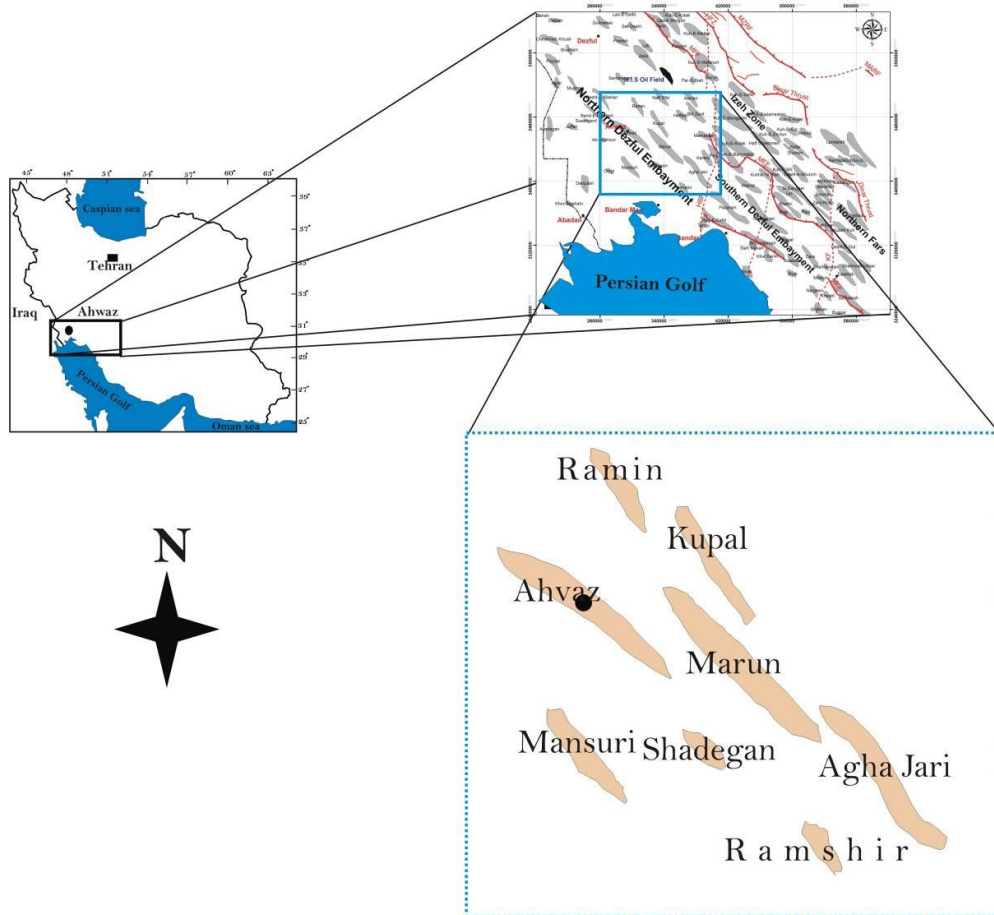
در سالیان اخیر مطالعه شکستگی‌های طبیعی در سازندهای زیرسطحی افزایش یافته است. این امر تا حد زیادی ناشی از تأثیر شکستگی‌ها در جریان سیال در مخازن و همچنین فرایندهای اکتشاف نفت و گاز است که شکستگی‌های طبیعی نقش اساسی در آن ایفا می‌کنند (نورائی نژاد و همکاران ۱۳۹۱؛ عزیززاده ۱۳۹۰؛ Wu & Pollard 1971; Sisler 1991). شکستگی‌ها مهم‌ترین عامل در مهاجرت و به دام انداختن مواد هیدروکربنی هستند (مطیعی ۱۳۸۷).

با استفاده از مطالعه الگوی تراکمی شکستگی‌ها می‌توان جهات استرس دیرینه را در مخزن بازسازی استفاده نمود (همچنین Aydin 2000; Bouroz 1990; Pollard & Aydin 1988). از این پدیده نفوذپذیری مخزن را می‌توان مشخص کرد. به‌طور کلی شکستگی‌ها یکی از مهم‌ترین مسیرهای جریان سیال در مخازن کربناته هستند (Aydin 2000; Bouroz 1990). در رابطه با اهمیت شکستگی‌ها می‌توان به نقش مؤثر آنها در افزایش تخلخل، نفوذپذیری و در نتیجه تولید بالای نفت در مخازن کربناته جنوب غربی ایران اشاره کرد (McQuillan 1969; Nemati & Pezeshk 2005).

موقعیت جغرافیایی

میدان مارون در جنوب فروافتادگی دزفول شمالی، در امتداد تاقدیس‌های آغاچاری، اهواز و رامین قرار گرفته است. از لحاظ موقعیت جغرافیایی، این میدان نسبت به میادین مجاور از شمال توسط میدان رامین، از شرق توسط میدان کوپال، از

غرب و شمال غرب توسط میادین شادگان و اهواز و از جنوب توسط میدان رامشیر محدود می‌شود. این میدان فوق عظیم نفتی در سال ۱۳۴۲ خورشیدی به روش لرزه‌نگاری دو بعدی کشف گردید و با حفر اولین چاه، وجود هیدروکربور در مخزن آسماری آن تایید شد (شکل - ۱).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی میدان نفتی مارون و میادین نفتی همجوار آن

این میدان است که در زون‌های بالایی عمدتاً از دولومیت و آهک تشکیل شده است. (نورائی نژاد ۱۳۸۹). تا کنون مطالعات متعددی در ارتباط با زمین‌شناسی مخزن آسماری میدان مارون انجام شده که به ارائه زون‌بندی‌های مختلف در این مخزن منجر گردیده است. از مهم‌ترین این مطالعات به موارد زیر می‌توان اشاره کرد: میرزاقلی‌پور و حقی (۱۳۶۹) براساس اطلاعات ۱۷ چاه مخزن آسماری را به ۵ زون اصلی و ۵ زیر

میدان مارون تاقدیسی است با جهت شمال غرب - جنوب شرق کم عرض و طویل، دارای پیچش بسیار مشخص در وسط ساختار که به میدان حالت نیمه‌جناغی به سمت شمال داده است (نورائی نژاد ۱۳۸۹). این میدان در مخزن آسماری دارای طول ۶۷ کیلومتر و عرض متوسط ۵/۵ کیلومتر است که در بیشترین حالت ۷ کیلومتر و در کمترین حالت، ۳/۵ کیلومتر می‌باشد. مخزن آسماری اصلی‌ترین سنگ مخزن

زون تقسیم کرد (قلی‌پور و حقی ۱۳۶۹). شرکت ایترا (Intra Petroleum technologies 1992) ۱۵ زون مخزنی را در آسامی براساس اطلاعات مغزه، عمدتاً نمودار الکتریکی و داده‌های دینامیکی ۱۸۰ حلقه چاه، معرفی کرده است. شرکت استات اویل (Stat oil 2003) بر اساس تناوب لایه‌های ماسه‌سنگی، کربناته و با توجه به مفاهیم چینه‌شناسی سکانسی با استفاده از مطالعات ۲۸۵ حلقه چاه، مخزن آسامی را به ۱۹ زون مخزنی تقسیم کرده است. زون‌بندی مخزنی رایج در اداره مطالعات زمین‌شناسی مناطق نفت‌خیز جنوب بر مبنای زون‌بندی میرزاقلی‌پور و حقی (۱۳۶۸) می‌باشد که در این مطالعه نیز از آن برای بررسی ویژگی‌های زون‌های مخزنی استفاده شده است.

زون ۱: این زون در زیر بخش یک گچساران و قسمت عمده آسامی بالایی را تشکیل می‌دهد. از لحاظ سنگ‌شناسی قسمت عمده آن از دولومیت، آهک دولومیتی به همراه مقادیر جزئی انیدریت بوده، گاهی میان لایه‌های نازکی از شیل و ماسه در درون این زون دیده می‌شود.

زیرزون ۱: از نظر سنگ‌شناسی قسمت عمده آن از ماسه‌سنگ، ماسه‌های دولومیتی آهکی و در قاعده آن میان لایه‌های نازکی از شیل به صورت بخش و پراکنده در طول میدان دیده شده است (در میدان مارون به نام زیر زون ۱۱ نامیده می‌شود).

زون ۲: قسمت عمده آن از دولومیت و آهک‌های به شدت دولومیتی همراه با مقادیر جزئی و پراکنده‌ای از انیدریت بوده است. انیدریت این زون نسبت به زون یک دارای گسترش کمتر و بیشترین فرایند دولومیتیزاسیون در قسمت مرکزی میدان مشاهده شده است (در میدان مارون به نام زیر زون ۲۰ نامیده می‌شود).

زیرزون ۲: این زیرزون تناوبی از ماسه‌سنگ، دولومیت، آهک و آهک‌های دولومیتی ماسه‌ای است. در آن دو افق ماسه‌سنگی اصلی دیده می‌شود که توسط فواصل شیلی از هم جدا می‌شوند. به سمت غرب ضخامت لایه‌های شیلی افزایش می‌یابد (در میدان مارون به نام زیر زون ۲۸ نامیده

می‌شود).

زون ۳۰: این زون از آهک و دولومیت تشکیل شده است و نسبت به زون یک و زون بیست درصد دولومیت کمتری دارد. در زون مذکور به سمت مرکز میدان درصد دولومیتیزاسیون افزایش و به سمت دماغه‌های تاقدیس کاهش محسوسی نشان می‌دهد (در میدان مارون به نام زیر زون ۳۰ نامیده می‌شود).

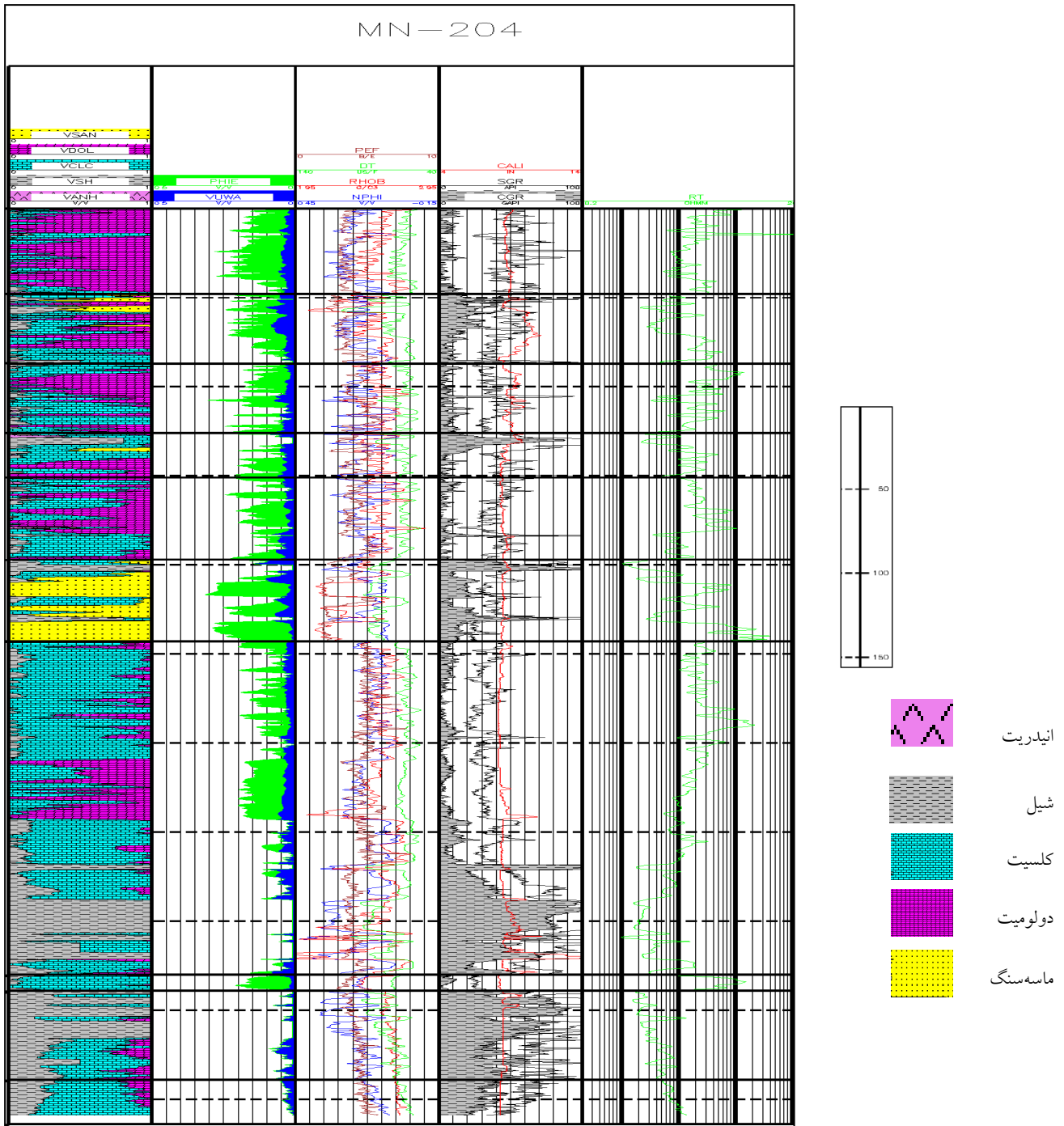
زیرزون ۳: لیتولوژی اصلی آن به سمت شرق آهک و آهک دولومیتی بوده و به سمت مرکز به ماسه و آهک و در غرب مخزن اکثراً از ماسه تشکیل شده است. قسمت عمده آن از ماسه‌سنگ و ماسه‌سنگ شیلی همچنین به صورت بین لایه‌ای در آن دولومیت، آهک دولومیتی و میان لایه‌های نازکی از شیل دیده می‌شود (در میدان مارون به نام زیر زون ۳۶ نامیده می‌شود).

زون ۴: لیتولوژی عمده آن شامل آهک دولومیتی به میزان کمتر دولومیت همچنین میان لایه‌های ماسه‌سنگی به صورت پراکنده و میان لایه‌های نازک از شیل در طول این مخزن دیده می‌شوند (در میدان مارون به نام زیر زون ۴۰ نامیده می‌شود).

زیرزون ۴: قسمت اعظم این زیرزون از آهک متراکم رسی تشکیل شده است میانگین ضخامت آن در میدان تغییرات قابل توجهی نشان می‌دهد. گاهی در درون آن میان لایه‌های نازکی از ماسه و شیل دیده می‌شود. (در میدان مارون به نام زیر زون ۸۰ نامیده می‌شود).

زون ۵: ترکیب عمده آن را آهک‌های رسی و شیل تشکیل می‌دهد که گاهی در درون آن میان لایه‌های ماسه‌ای در درون آن دیده می‌شود و ضخامت آن در میدان تغییرات قابل توجهی ندارد (در میدان مارون به نام زیر زون ۵۰ نامیده می‌شود).

زیرزون ۵: این زیرزون عمدتاً شامل آهک رسی بسیار فشرده است که در طول مخزن، همخوانی خوبی را نشان می‌دهد (در میدان مارون به نام زیر زون ۶۰ نامیده می‌شود) (نورائی‌نژاد ۱۳۸۹).



شکل ۲- ستون چینه‌شناسی مخزن آسماری در چاه ۲۴۰ میدان نفتی مارون با استفاده از نرم‌افزار ژئولاگ (Geolog)

پارامترهای مورد نیاز با استفاده از روش‌های احتمالی در نرم‌افزار (Geolog 6.6) محاسبه و در نهایت با ترکیبی از این نتایج گروه‌های سنگی معرفی شده‌اند.

روش کار

ابتدا با در دست داشتن نمودارهای مختلف چاه ۲۴۰ شامل نگار پرتوگاما، نوترون، چگالی، صوتی، کالیپر و نمودارهای مختلف مقاومت ویژه و همچنین نمودار ترسیمی سر چاهی،

کنتوری سازند آسماری هم‌شیب میدان مارون در نرم افزار RMS تهیه و سپس مشتق دوم از نقشه هم‌شیب مشتق دوم نقشه ساختاری که نشان‌دهنده مناطقی با حداکثر خمش است، به دست می‌آید.

بحث و بررسی داده‌ها

مطالعه و بررسی مغزه‌ها

در هنگام برداشت باید عمق نمونه‌برداری، شیب و امتداد لایه‌بندی، عرض یا دهانه شکستگی‌های عمود بر سطح شکستگی در مغزه مشخص گردد و بالاخره در صورت امکان میزان نفوذپذیری شکستگی اندازه‌گیری شود.

برای بررسی شکستگی‌های مغزه‌ها ابتدا باید قاعده و رأس مغزه مشخص گردد و چنانچه امکان داشته باشد، مغزه‌ها در محل چاه و قبل از نمونه‌گیری توصیف گردند. همچنین شستشوی کامل مغزه‌ها و توصیف آنها قبل از اینکه خشک گردند، مفید خواهد بود (نورانی نژاد و همکاران ۱۳۹۱؛ یزدانی و همکاران ۱۳۸۵؛ Sisler 1971).

با مشاهدات مغزه در چاه مارون ۱۸۱، چهار دسته شکستگی در جهت‌های $N270^\circ$ و $N210^\circ$ ، $N60^\circ$ ، $N48^\circ$ با مقدار شیب حدود $52^\circ - 48^\circ$ درجه تشخیص داده شد. بیشتر شکستگی‌ها در مغزه‌های این چاه لایه‌بندی را قطع کرده و برخی به صورت متقاطع و یا موازی با لایه‌بندی دیده می‌شوند (شکل ۴).

بر اساس مشاهدات مغزه، بیشتر شکستگی‌ها در زون‌های بالایی مخزن (زون یک، دو و سه) مشاهده شده‌اند که اکثراً باز و در بعضی از قسمت‌ها بسته و توسط کانی‌هایی مانند کلسیت، دولومیت و انیدریت همچنین بیتومن (bitumen) پر شده‌اند. شکستگی‌های حفره‌ای در اثر پدیده انحلال و به‌طور محلی تشکیل شده‌اند، این شکستگی‌ها در سراسر مخزن دیده شده و جهت‌یابی خاصی از خود نشان نمی‌دهند. استیلولیت‌ها (Stylolite) از جمله پدیده‌های انحلالی (Solution seams) مشاهده شده در مغزه‌ها هستند که

در این تحقیق اطلاعات نمونه‌های مغزه ۱۴ حلقه چاه مورد بررسی قرار گرفت و محاسبه میزان تراکم (چگالی) شکستگی‌ها، که در سایر نمونه‌های مغزه غیر جهت یافته، به دست آورده شد. در صنعت نفت به منظور مطالعه کاربردی شکستگی‌های درون مخازن، استفاده از اطلاعات مغزه‌های جهت‌دار و نمودارهای تصویرگر بسیار ضروری است. مغزه‌های گرفته شده از چاه‌ها به صورت جهت‌دار نیستند و در میدان فوق فقط در یک حلقه چاه آن هم در فواصل بسیار محدود، مغزه‌گیری جهت دار انجام شده است. در مخزن آسماری این میدان، در ۱۱ حلقه از چاه‌های قائم و انحرافی نمودارهای تصویرگر رانده شده است و در این مطالعه از اطلاعات تمامی این چاه‌ها جهت بررسی شکستگی‌ها استفاده شده است. همچنین برای ارتباط بین روند تغییرات شکستگی مخزن و سنگ‌شناسی، داده‌های ترسیمی سر چاهی در ۲۵ حلقه چاه همچنین تغییرات سنگ‌شناسی با عمق مخزن در سراسر میدان بررسی شده است.

همچنین در روش ترسیم دواير محاطی سعی گردید که دایره‌ای با حداکثر شعاع موجود در انحنای مربوط به ساختمان محاط گردد. برای این کار از نقطه عطف استفاده می‌شود. در این راستا بخش‌هایی از ساختمان که در حالت مماس با دایره قرار می‌گیرند مرتبط با نقاطی با حداقل ایجاد بازشدگی هستند و هرچه این فاصله بیشتر می‌گردد، توسعه بازشدگی‌ها نیز مرتبط با آنها افزایش خواهد یافت. در این تحقیق از منحنی تراز ۳۹۰۰ متری زیرسطح دریا در نقشه U.G.C مخزن آسماری مارون به عنوان عمق مبنا استفاده شده است و بیش از ۶۰ مقطع ساختمانی در جهت عمود بر محور ساختمان ترسیم گردید که ۱۰ مقطع از ۶۰ مقطع تهیه شده از تاق‌دیس نشان داده شده است (شکل ۷).

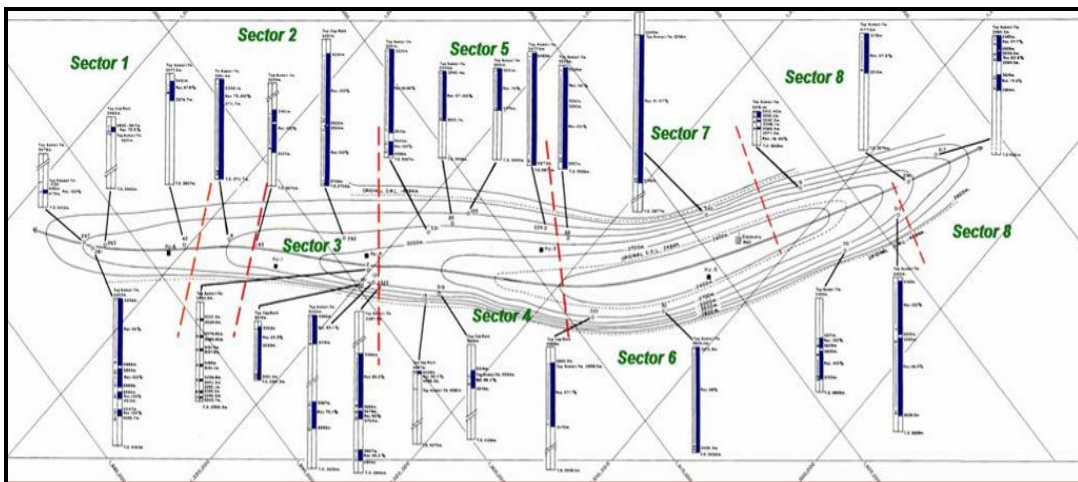
در یک نقشه خطوط هم‌تراز زیرزمینی قسمتی از هر مقطع ساختاری را می‌توان به عنوان یک سهمی دو بعدی با مختصات طول یا عرض جغرافیایی (y) و (X) در نظر گرفت. در این تحقیق نخست نقشه با استفاده از مشتق‌گیری نقشه

حدود ۵۰ سانتی متر و به سمت لولا به ۲۰ سانتی متر تقلیل یافته است. مشاهده مغزه چاه‌های مارون ۱۵ و ۱۶ در یال شمالی در نواحی مرکزی و در چاه مارون ۱۲۴ و همچنین ۱۸۱ در یال جنوب غربی تراکم بالای شکستگی‌ها را در زون یک مخزن آسماری نشان می‌دهد. در محدوده غربی مخزن در یال شمال غربی در چاه‌های ۸ و ۶۳ و ۱۰۳ و ۴۲ تراکم شکستگی‌ها کمتر و محدود به زون یک شده‌اند. به طوری که مثلاً در چاه ۲۰ اندک شکستگی مشاهده شده بیشتر از نوع ریزشکستگی است (شکل ۳). در قسمت مرکزی میدان در یال جنوبی، شکستگی‌های طولی بیشتر در راس مخزن گسترش دارند. همچنین در قسمت غربی تراکم شکستگی‌های باز کمتر و بیشتر شکستگی‌ها از کانی‌های ثانویه پر شده‌اند (شکل ۵). بنابراین بخش غربی مخزن، تراکم شکستگی کمتری نسبت به قسمت‌های مرکزی دارد.

به صورت موازی یا عمود بر لایه‌بندی دیده می‌شوند (شکل ۴).

از پارامترهای دیگری که می‌توان از انطباق مغزه‌های به دست آورد محاسبه تراکم یا چگالی، طول شکستگی‌ها نسبت به عمق است. نتایج نشان داد که فاصله بین شکستگی‌ها با فراوانی شکستگی‌ها چه در طول حفاری چاه به صورت قائم یا به صورت طولی و یا عرضی در محدوده مورد مطالعه، ارتباط مستقیم دارد.

نتایج حاصل از بررسی مغزه نشان داد که در بخش‌های مرکزی و شمال شرقی به دلیل شکنندگی بیشتر لایه‌های سنگی تراکم شکستگی‌ها نسبت به سایر قسمت‌ها بیشتر بوده است و افزایش محسوس تراکم شکستگی‌ها را از یال به سمت لولا یا محور چین خوردگی در این بخش می‌توان مشاهده نمود. به طوری که در زون یک یال‌ها فاصله شکستگی



شکل ۳- نقشه تاق‌دیس زیرسطحی مارون (راس سازند مخزن آسماری) که در آن چاه‌های حاوی نمونه مغزه در مخزن آسماری مشخص شده‌اند. ستون چاه در مخزن آسماری و رنگ آبی ضخامتی است که در آن چاه دارای مغزه است

شکستگی‌ها گسترش زیادی در جهت‌های افقی و قائم دارند و احتمالاً در اثر آشفتنگی‌های جهت تنش در زمان‌های متفاوت در مجاورت ندول‌های انیدریتی، درون سنگ‌های آهکی و دولومیتی دیده می‌شوند.

شکستگی‌های موئینه (ریزشکستگی) ماتریکس کم

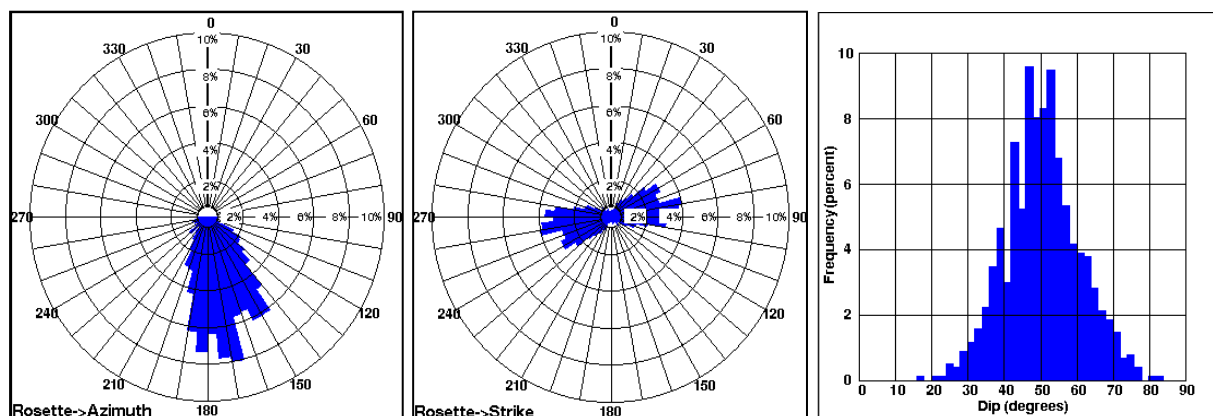
تراکم شکستگی در راس مخزن بیشتر است و در بخش‌های پایینی مخزن آسماری مقدار شیل و مارن لایه‌های آهکی افزوده شده، در نتیجه شکنندگی لایه‌ها کمتر می‌گردد، شکستگی‌ها عمدتاً میکروسکوپی بوده و نسبتاً پراکنده‌اند به طوری که در قاعده ریزشکستگی‌ها مشاهده شده است.

ساختمان‌های زیر سطحی درجه حرارت و فشار محبوس در آن است که هر چه این دو عامل بیشتر باشد، مقدار شکل‌پذیری بیشتر خواهد شد، به طوری که سنگ‌های آهکی در عمق ۷۶۲۰ متری به صورت کاملاً شکل پذیر هستند (Streans & Fridman 1972). در میدان مورد مطالعه عمق دفن مخزن آسماری بین ۲۳۰۰ متر در نواحی مرکزی و ۳۵۰۰ متری در انتهای غربی مخزن است. براساس مشاهده نمونه‌های مغزه و نمودار ترسیمی سرچاهی (Graphic Well Log) لیتولوژی غالب در بخش‌های شرقی بیشتر از آهک‌های دولومیتی بوده که در مرکز میدان ۹۰ درصد دولومیتی است بنابراین انتظار حضور بیشتر شکستگی‌ها در نیمه شرقی نسبت به نیمه غربی امری طبیعی به نظر می‌رسد.

تخلخل و کم تراوا را به شکستگی‌های تغذیه کننده اتصال داده و سبب انتقال مؤثر سیالات می‌شوند و فراوانی آنها بیشتر در لولای چین است. بر این اساس در بخش‌های مرکزی و شمال شرقی به دلیل شکنندگی بیشتر لایه‌های سنگی تراکم شکستگی‌ها نسبت به سایر قسمت‌ها بیشتر است. در نتیجه، افزایش محسوس تراکم شکستگی‌ها را از یال به سمت لولا یا محور چین‌خوردگی در این بخش می‌توان مشاهده نمود.

بررسی داده سنگ‌شناسی

هرچه خاصیت شکنندگی در یک سنگ بیشتر باشد، مقاومتش در مقابل شکستگی کمتر و برعکس هر چه خاصیت شکل‌پذیری (Plasticity) در سنگ بالا رود مقاومتش در مقابل شکستگی بیشتر می‌شود. عوامل کنترل کننده این خواص در



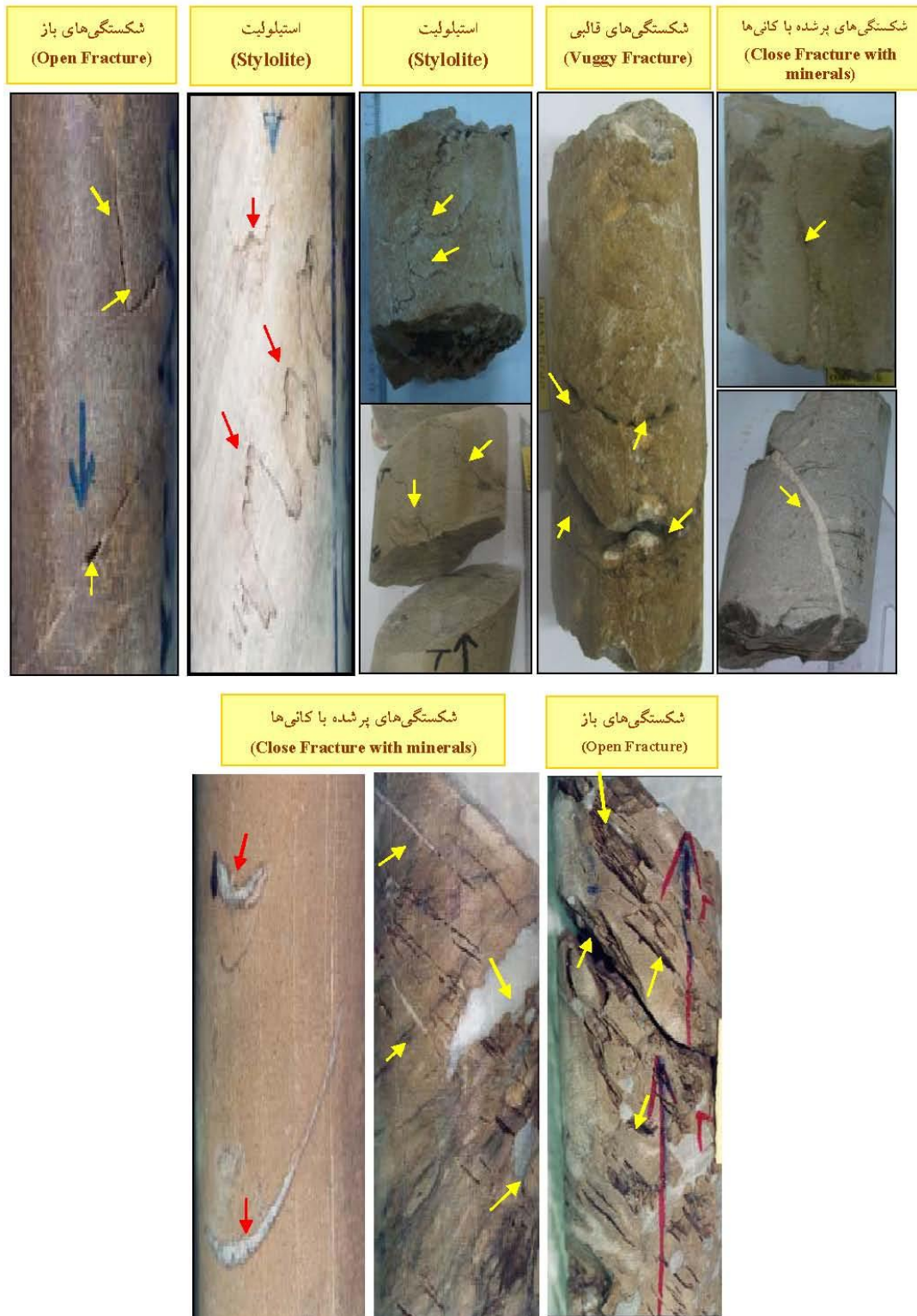
شکل ۴- نمایش جهت و امتداد دسته شکستگی‌های غالب در مغزه‌های چاه ۱۸۱، بیشتر شکستگی‌ها در زون‌های بالایی مشاهده می‌شوند.

می‌دهد. دو محدوده مستعد شکستگی بخش‌های مرکزی به سمت انتهای غربی یال‌های جنوبی و محدوده دیگر در بخش‌های شمال شرقی و بخش شرقی در یال شمالی میدان قرار گرفته است و گسترش شکستگی‌ها را در مخزن نشان می‌دهد. همچنین مشخص شده که هر دو دسته شکستگی‌های مرتبط با چین‌خوردگی و خمش در دو محدوده فوق دیده می‌شود (شکل ۶).

تحلیل دایره محاطی (Inscribed circle analysis)

بر اساس روش ترسیم دایره محاطی، گسترش شکستگی‌ها در ارتباط مستقیم با فرایند چین خوردگی هستند. هدف از به‌کارگیری روش تحلیل دایره محاطی تعیین محدوده گسترش شکستگی‌های باز ناشی از خمش عرضی چین‌خوردگی یا شکستگی‌های کششی ساختار تاقدیسی است.

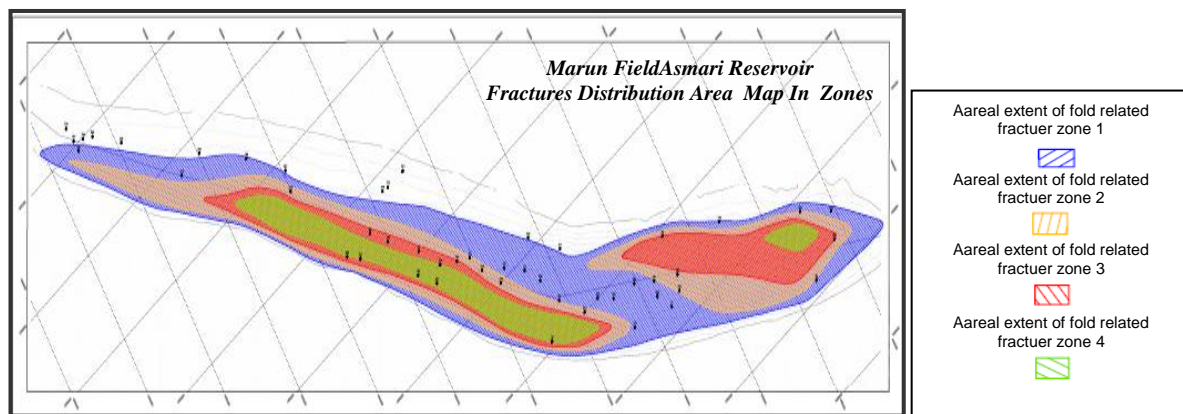
مقاطع ساختمانی محدوده وسیع شکستگی را در رأس تاقدیس که عمدتاً دولومیتی و در نتیجه شکننده بوده‌اند، نشان



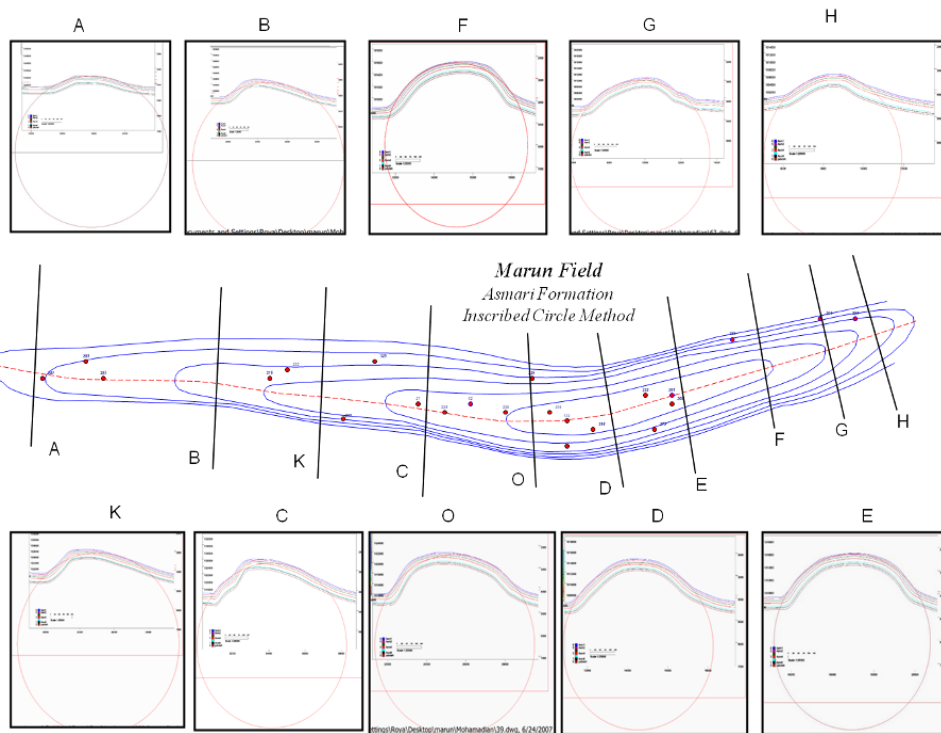
شکل ۵- نمایش انواع پدیده‌های قابل مشاهده در دیواره مغزه چاه‌های مورد مطالعه در مخزن آسماری میدان مارون

میدان نشان می‌دهند. بر این اساس، محدوده مستعد شکستگی‌ها در لایه مخزنی زون یک مخزن آسماری بیشترین وسعت را در تاقدیس مارون نشان داده است (شکل ۷).

با استفاده از روش تحلیل دوائر محاطی مشخص شده است که لایه‌های مخزنی ۱ تا ۴ مخزن آسماری مستعد شکستگی هستند و بیشترین تراکم شکستگی‌ها را در نواحی غربی یال جنوبی تا مرکزی و بخش‌هایی از شمال شرقی



شکل ۶- نمایش محدوده‌های پراکندگی شکستگی‌ها در مخزن آسماری بر اساس روش دوائر محاطی، هم‌خوانی بسیار خوب این مناطق را با محدوده‌های حداکثر شیب ساختمانی در نقشه هم‌انحنا می‌توان مشاهده کرد.



شکل ۷- نمایش دوائر محاطی ترسیم شده بر روی مقاطع عرضی ساختمان مارون.

تغییرات انحناء تاقدیس

یک ساختار چین‌خورده ممکن است در جهات مختلفی تحت تأثیر تغییرات انحناء قرار بگیرد. از آن جمله می‌توان به تغییرات انحناء طولی اشاره کرد که در ارتباط با خمیدگی محور ساختار رخ می‌دهد (Nelson 2007). بدیهی است موقعیت‌های ساختمانی که متأثر از این پدیده باشند با گسیختگی، توسعه و تراکم بیشتر شکستگی‌ها همراه هستند.

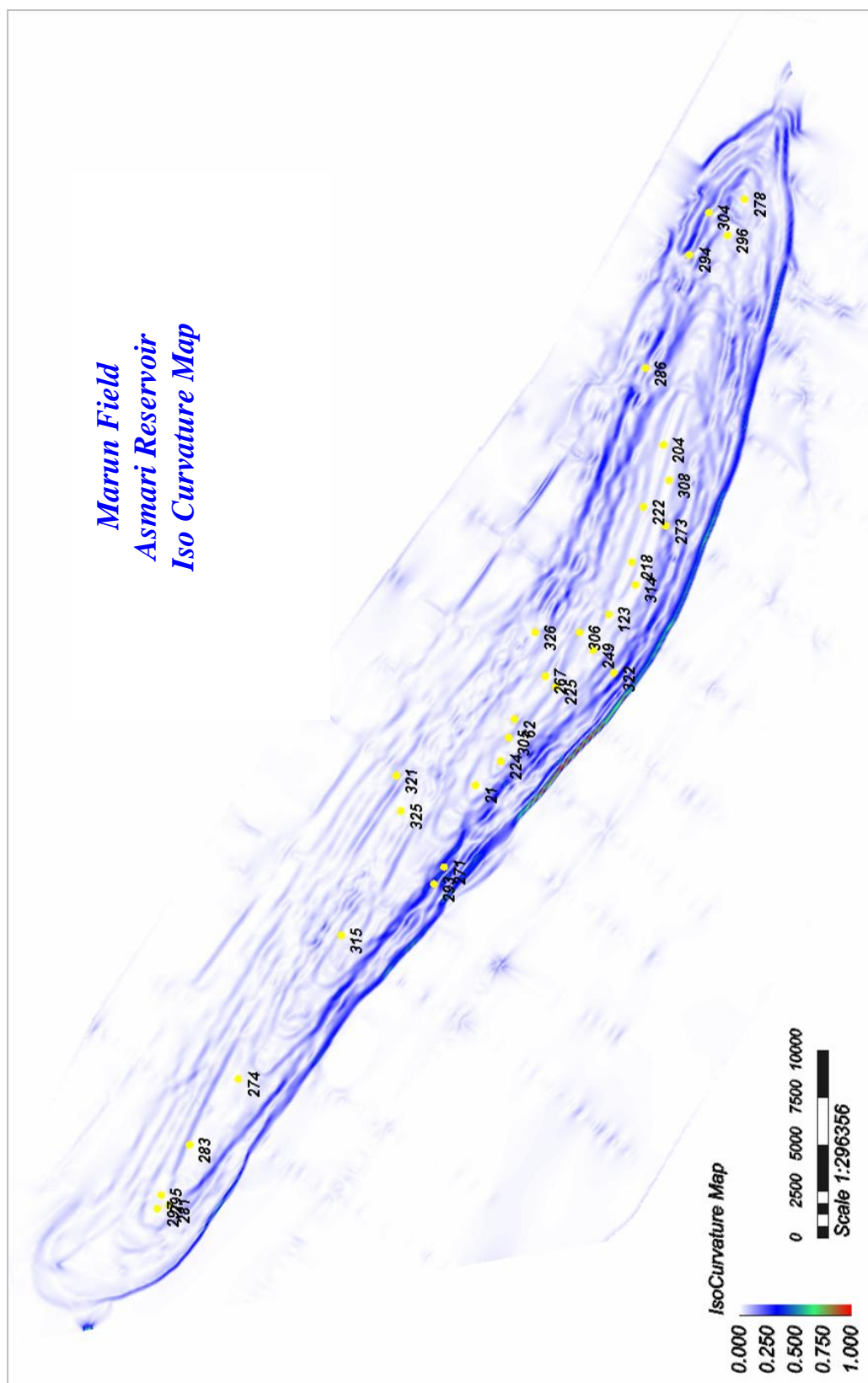
در یک تاقدیس متقارن در حالت ایده آل بدون انحراف محور ساختمانی نوع شکستگی و پراکندگی آنها در طول محور ساختمانی بدین گونه است که در طول محور ساختمانی حداکثر شکستگی‌های کششی باز دیده می‌شود. به طرف یال‌ها تراکم شکستگی‌های متقاطع و عرضی افزایش می‌یابد. در چین‌هایی که محور ساختمانی آنها دچار انحراف شده باشد مانند تاقدیس مارون که محور چین دچار خمش گردیده، می‌توان شاهد تغییرات جانبی توسعه شکستگی‌ها از محور به سمت یال‌ها بود (براساس تفسیر داده‌های مغزه در چاه‌ها). در ناحیه خمش تحت تأثیر فشارش بیشتر شکستگی‌های تراکمی دیده می‌شود (نواحی مرکزی و شمال شرقی) در حالی که به سمت خارج انحناء تحت تأثیر نیروی کششی، شکستگی‌ها طولی و بزرگ شده‌اند (در یال جنوبی). بنابراین مراحل تکاملی تشکیل ساختار با توجه به فشار وارده می‌تواند از عوامل کنترل شکستگی در مخزن باشد.

آنچه در هنگام مشتق‌گیری از نقشه‌های ساختمانی مهم است آن است که رأس ساختمان نباید تحت تأثیر عملکرد گسلش یا خمش شدید ناشی از آن باشد زیرا در این حالت تغییرات انحناء حاصل از اثر گسل اختلال بزرگی ایجاد می‌کند که می‌تواند در کل نقشه انتشار یابد. این اختلال

به‌صورت سینوسیته‌های فراوان و کوچک مقیاسی است که در اثر انطباق تکه‌تکه‌ای اطلاعات خام نقشه برای مشخص نمودن تغییرات انحناء ساختارهای ناحیه‌ای بزرگتر ایجاد شده‌اند. در نتیجه این خمش تغییر شیب در یال‌ها بسیار متنوع و شعاع انحناء در طول محور ساختمان در مقاطع مختلف تغییر می‌یابد. به‌طوری‌که در نقشه هم‌شیب مخزن آسماری تاقدیس مارون از شمال غرب به طرف مرکز ساختمانی نامتقارن دارای حداکثر شیب در یال جنوبی حدود ۷۰ درجه و به سمت شرق در یال جنوبی بطور متوسط به ۵۰ درجه هم می‌رسد. همچنین در یال شمالی به طرف شمال شرق دارای شیبی حدود ۴۰ درجه و در بقیه قسمت‌ها شیب متوسطی حدود ۲۰ درجه دارد. بنابراین حداکثر بستگی ساختمانی میدان مارون از مرکز تا انتهای شرقی مخزن دیده می‌شود.

نقشه هم‌انحناء مخزن آسماری مارون مناطقی با شیب بالا و در نتیجه شعاع انحنای بیشتر را در یال جنوبی ساختمان نشان می‌دهد که در چنین شرایطی حداکثر شکستگی در یال جنوبی مخزن شکل گرفته که با افزایش این مقدار شیب یال جنوبی به سمت نواحی مرکزی، به دلیل کاهش شعاع انحنای چین، گسترش شکستگی‌ها را به سمت یال شمالی مخزن نیز می‌توان دید. همچنین بیشترین انحناء در یال جنوبی بخش مرکزی و بخش شمال شرقی دیده می‌شود (شکل ۸).

محدوده‌های پراکندگی شکستگی‌ها در مخزن آسماری بر اساس روش دوایر محاطی هم‌خوانی بسیار خوب این مناطق را با محدوده‌های حداکثر شیب ساختمانی در نقشه هم‌انحناء نشان می‌دهند (اشکال ۶ و ۸)، که ارتباط مستقیم شکستگی‌ها را با فرایند چین خوردگی نشان می‌دهند.



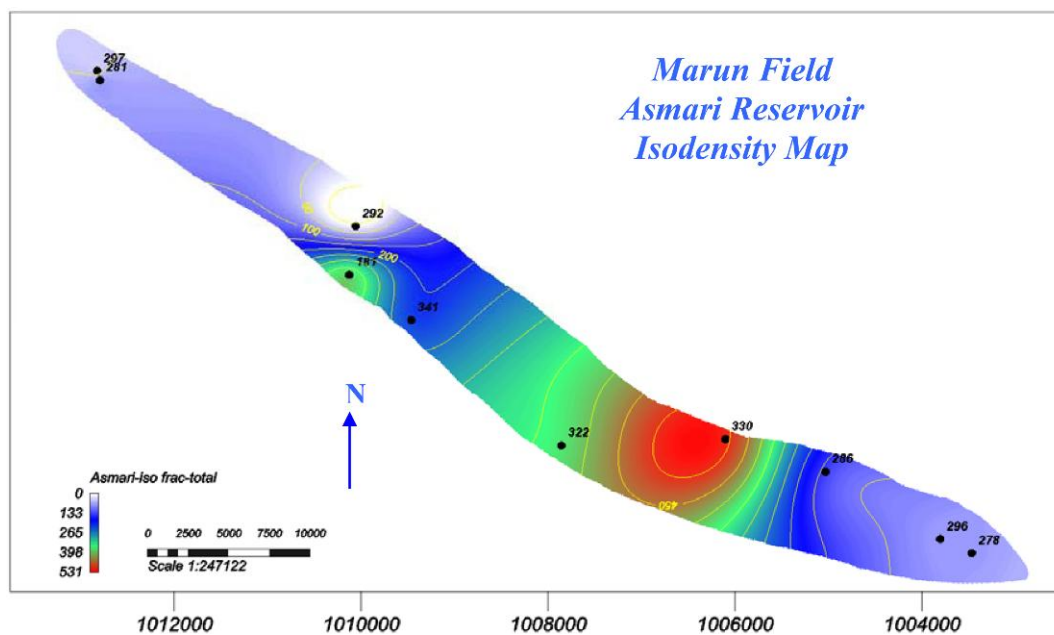
شکل ۸- نقشه هم انحنای مخزن آسماری میدان مارون. بیشترین انحنای در یال جنوبی بخش مرکزی و بخش شمال شرقی دیده می‌شود.

تراکم شکستگی‌ها

در مطالعه شکستگی‌های زیرسطحی تعیین امتداد غالب شکستگی‌ها و موقعیت آنها نسبت به لایه‌بندی ساختمانی اهمیت زیادی در مدل‌سازی مخازن نفتی دارد. استفاده از تفسیر نمودارهای تصویرگر با تمام محدودیت‌های آن یکی از بهترین روش‌های موجود جهت نیل به این هدف است. نقشه‌های هم‌تراکم شکستگی‌های سازند آسماری در نرم افزار RMS تهیه و همچنین نقشه‌هایی که روند و آزیموت و شیب شکستگی‌های موجود در چاه‌ها را در سازند آسماری نشان می‌دهند، ترسیم شده است.

نقشه هم‌تراکم شکستگی سازند آسماری دو محدوده مشخص را که از داده‌های قبلی همچون مغزه و روش‌های و

تحلیل دواپر محاطی نتیجه گرفته شده بود نشان می‌دهد که در این مناطق حداکثر تراکم شکستگی دیده می‌شود. براساس نقشه‌های امتداد شکستگی و لایه‌بندی در نواحی واقع در یال جنوبی میدان در محل چاه‌های ۳۴۱ و ۳۲۲ و چاه ۲۷۸ در دماغه شرقی امتداد شکستگی‌های غالب جهت N130 و جزء دسته شکستگی‌های طولی کششی مشخص شده‌اند. در صورتی‌که در شمال و شمال شرق و مرکز هر دو دسته شکستگی‌های مرتبط با چین‌خوردگی و خمش به صورت باز دیده می‌شود. به طوری‌که در چاه‌های ۳۳۰، ۲۸۶ و ۲۹۶ دسته شکستگی‌های غالب از نوع کشش طولی و عرضی عمود بر لایه‌بندی و متقاطع دیده می‌شود که نشان دهنده وجود دو سیستم مؤثر چین‌خوردگی و خمش است.



شکل ۹- نقشه هم تراکم شکستگی‌های سازند آسماری در چاه‌های میدان مارون فراوانی بالای شکستگی‌ها در منطقه خمش و یال جنوب غربی نشان می‌دهد.

نتیجه

براساس داده‌های آنالیز مغزه حداکثر تراکم شکستگی‌ها در لایه‌های ۱ و ۲ و ۳ دیده شده‌اند و شکستگی‌های باز در این میدان بیشتر در یال جنوبی قطاع ۳ و ۴ و ۶ مشخص شده‌اند.

در بخش‌های مرکزی و شمال شرقی به دلیل شکنندگی بیشتر لایه‌های سنگی تراکم شکستگی‌ها نسبت به سایر قسمت‌ها بیشتر بوده و بازیافت مغزه‌ها در چاه‌های این منطقه بسیار پایین است، در نتیجه افزایش محسوس تراکم شکستگی‌ها را

از یال به سمت لولا یا محور چین‌خوردگی در این بخش می‌توان مشاهده نمود. به طوری که در یال‌ها فاصله شکستگی حدود ۵۰ سانتی متر در زون یک که به سمت لولا به ۲۰ سانتی متر تقلیل یافته است.

باتوجه به مساحت محدوده‌های مستعد شکستگی در لایه‌های ۱ تا ۴ مخزن آسماری میدان مارون و ارتباط این محدوده‌ها با عوامل چین‌خوردگی و خمش می‌توان به نقش خواص سنگ‌شناسی لایه‌ها در محدودکردن گسترش این شکستگی‌ها در زون‌های مذکور نام برد. لایه‌های ۱ و ۲ بشدت دولومیتی، لایه ۳ دولومیتی متخلخل و ضخیم‌تر، در نتیجه شکنندگی کمتر و لایه ۴ به دلیل ماهیت شیلی از شکنندگی کمتری نسبت به افق‌های بالاتر برخوردار است.

در بخش‌های مرکزی و شمال شرقی به دلیل شکنندگی بیشتر لایه‌های سنگی تراکم شکستگی‌ها نسبت به سایر قسمت‌ها بیشتر است. در نتیجه، افزایش محسوس تراکم شکستگی‌ها را از یال به سمت لولا یا محور چین‌خوردگی در این بخش می‌توان مشاهده نمود.

براساس نقشه هم‌انحنا دو محدوده مستعد شکستگی در بخش‌های مرکزی به سمت انتهای غربی یال جنوبی و محدوده دیگر در یال شمال شرقی و بخش شرقی مشخص گردیده است به طوری که هر دو دسته شکستگی‌ها با چین‌خوردگی و خمش (براساس مشاهدات مغزه) مرتبط است. روش تحلیل دواير محاطی هماهنگی بسیار خوب مناطق مستعد شکستگی را در منطقه خمش نشان می‌دهند، بیشترین تراکم شکستگی‌ها را در نواحی غربی یال جنوبی تا مرکزی و بخش‌هایی از شمال شرقی میدان نشان می‌دهد.

نقشه‌های هم شیب و هم انحنا مخزن آسماری میدان مارون مناطق با شیب بالا و در نتیجه شعاع انحنا بیشتر را در یال جنوبی ساختمان نشان می‌دهند. در چنین شرایطی حداکثر شکستگی در یال جنوبی مخزن شکل گرفته که با افزایش این مقدار شیب یال جنوبی به سمت نواحی مرکزی، به دلیل کاهش شعاع انحنا چین، گسترش شکستگی‌ها را به سمت

یال شمالی مخزن نیز می‌توان دید.

براساس نتایج تفسیر نمودارهای تصویری نقشه هم‌تراکم شکستگی سازند آسماری دو محدوده مشخص را (مانند داده‌های مغزه و روش‌های دواير محاطی) نشان می‌دهد که در این مناطق حداکثر تراکم شکستگی دیده می‌شود به طوری که در نقشه‌های هم تراکم در محل چاه‌های ۱۸۱ و ۳۳۰ بیشترین تعداد شکستگی مشاهده می‌شود.

در نهایت می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که برای حفر چاه‌های توسعه‌ای و تولیدی آتی باید پارامترهای ذکر شده، مدنظر قرار گیرد و به قسمت شمال شرقی و یال جنوبی تاق‌دیس مارون توجه بیشتری معطوف گردد.

منابع

نورائی نژاد، خ. ۱۳۸۹، زون‌بندی مخزن آسماری میدان مارون با استفاده از پارامترهای ژئوشیمیایی و پتروفیزیکی: رساله کارشناسی ارشد زمین‌شناسی، شاخه نفت دانشگاه شهید چمران اهواز.

نورائی نژاد، خ.، ح. امیری بختیار، محمدیان، ر.ا. و ع. ف. عزیز. ۱۳۹۳، تحلیل ساختاری و شکستگی‌های میدان نفتی پارس: فصلنامه علوم زمین، ش ۹۳، ص ۳۷-۴۰.

میرزا قلی‌پور، ع.ع.ح. حقی، ۱۳۶۹، مطالعه زمین‌شناسی میدان نفتی مارون: گزارش داخلی شماره پ-۴۲۱۰، اداره کل زمین‌شناسی گسترشی، شرکت ملی مناطق نفت‌خیز جنوب، ۵۵ ص.

عزیززاده، م. ۱۳۹۰، تحلیل زمین‌شناسی مخازن شکاف‌دار: دانشگاه امیر کبیر، ۵۰۱ ص.

یزدانی، م.، ا. علوی، و م. سراج، ۱۳۸۵، تحلیل ساختاری و شکستگی‌های میدان نفتی پارس: فصلنامه زمین‌شناسی ایران. سال دوم، ش ۵. ص ۵۶-۴۳.

مطیعی، ه. ۱۳۸۷، زمین‌شناسی نفت سنگ‌های کربناتی او۱: انتشارات آراین زمین، ۸۹۱ ص.

Mechanics as a Multidisciplinary Science. p. 1 175-1 184.

- Lacombe, O., J. Lavé, F.M. Roure and J. Verges, 2007, Early Reactivation of Basement Faults in Central Zagros (SW Iran): Evidence from Pre-folding Fracture Patterns in Asmari Formation and Lower Tertiary Paleogeography, in *Trust Belts and Foreland Basins*: Springer, Chapter 11, p. 205-222.
- Aydin, A., 2000, Fractures, faults, and hydrocarbon entrapment, migration and flow: Marine and Petroleum Geology, v. 17, p.797-814.
- Bouroz, C., 1990, Les joints et leur signification tectonique en domaine tabulaire: exemples dans le plateau du Colorado, (Utah, Arizona, Nouveau Mexique): These de Doctorat, Paris.
- Intera petroleum Technologies, L Td., 1992, Marun Field study ISBN 91-554-5621-9.
- Mcquillan H., 1969, Fracture-controlled production from the Oligo-Miocene Asmari Formation in Gachsaran and Bibi Hakimeh Fields, southwest Iran. In: Roehl, P.O. and Choquette, P.W. (Eds.), Carbonate petroleum reservoirs. Springer-Verlag, New York, v. 26, p. 511-523,.
- Nelson, R.A., 2001, Second Edition-2007, Geologic analysis of naturally fractured reservoirs, Gulf publishing, Houston, Texas, Contr, In petrol: Geology & Eng., 2nd ed., P .332.
- Nemati, M., and H. Pezeshk, 2005, Spatial Distribution of Fractures in the Asmari Formation of Iran in Subsurface Environment: Effect of Lithology and Petrophysical Propertie: Natural Resources Research, v. 14, No. 4, p. 305-316.
- Pascal, C., J. Angelier, M. Cacas and P.L. Hancock, 1997, .Distribution of joints: probabilistic modelling and case study near Cardiff (Wales, U.K.): Journal of Structural Geology, v. 19, No. 10, p. 1213 - 1284.
- Pollard, D.D., and A. Aydin, 1988, Progress in understanding jointing over the past one hundred years: Geological Society of America, v. 100, p. 1181-1204.
- Sangree, J.B., 1969, What you should know to analysis core fractures, special Exploration study: IOOC, report no. G- 963(un pub),.
- Sisler, J.J., 1971, Study of Asmari Core Material From Wells Parsi 15 and 16, Parsi Field, Iran: OSCO, Report P-1945.
- Stat oil, 2003, Marum Asmari Full Field Study: unpublished report.
- Wu, H. and D.D. Pollard, 1991, Fracture spacing density and distribution in layered rock masses: results from a new experimental technique. In: J. Roegiers, Ed. Rock