

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

حقوق مالکیت معنوی:

با عنایت به اینکه رساله دانش آموختگی حاضر تحت حمایت مادی و معنوی واحد پژوهش و فناوری شرکت نفت فلات قاره ایران و براساس قرارداد منعقد شده با استاد راهنمای مربوطه انجام پذیرفته است ، کلیه حقوق آن متعلق به شرکت نفت فلات قاره ایران می باشد و هرگونه بهره برداری و یا استفاده از این تحقیق بدون کسب اجازه از واحد پژوهش و توسعه ممنوع می باشد.



دانشکده علوم زمین

پایان نامه کارشناسی ارشد تکتونیک

تحلیل شکستگی‌های مخزن با استفاده از لاگ‌های تصویری در یکی از میادین هیدروکربوری
جنوب ایران

نگارنده: سیما رستمی

اساتید راهنما

دکتر پرویز امیدی

دکتر معصومه کردی

استاد مشاور

مهندس حمید مسلمان نژاد

بهمن ۱۳۹۵

شماره: ۱۲۷۱۴
تاریخ: ۹۵، ۱۲، ۹
وبرایش:

باسمه تعالی



مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره ۷: صورتجلسه نهایی دفاع از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم سیما رستمی به شماره دانشجویی ۹۳۰۸۱۹۴ رشته زمین شناسی گرایش تکتونیک تحت عنوان تحلیل شکستگی‌های مخزن با استفاده از لاگ‌های تصویری در یکی از میادین هیدروکربوری جنوب ایران که در تاریخ ۱۳۹۵/۱۱/۱۷ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می‌گردد:

قبول (با درجه: عالی - امتیاز: ۱۹) دفاع مجدد مردود

نوع تحقیق: نظری عملی

- ۱- عالی (۲۰ - ۱۹)
۲- بسیار خوب (۱۸/۹۹ - ۱۸)
۳- خوب (۱۷/۹۹ - ۱۶)
۴- قابل قبول (۱۵/۹۹ - ۱۴)
۵- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبۀ علمی	امضاء
۱- استاد راهنمای اول	دکتر پرویز امیدی	استادیار	
۲- استاد راهنمای دوم	دکتر معصومه کردی	استادیار	
۳- استاد مشاور	مهندس حمید مسلمان نژاد		
۴- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	دکتر علی اکبر مومنی	استادیار	
۵- استاد ممتحن اول	دکتر رمضان رضائی اومالی	دانشیار	
۶- استاد ممتحن دوم	دکتر محسن خادمی	استادیار	

نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده: کریم امیری

تاریخ و امضاء و مهر دانشکده:



تقدیم به

مادر مهربانم

آنان که وجودم برایشان همه رنج بود و وجودشان برایم همه مهر
توانشان رفت تا به توانایی رسم و مویهایشان سیدگشت تا رویم سیدباند
آنان که فروغ نگاهشان، گرمی کلامشان و روشنی روشنیشان، سرمایه های

حاجودان زندگی من است

در برابر وجود کرامی شان، زانوی ادب بر زمین می زنم و با قلبی مخلواز

عشق، محبت و خضوع

بر دست هایشان بوسه میزنم.

سر و وجودشان، همیشه سرسبز و استوار باد...

الهی! دانایی ده که از راه نیستم، و مینایی ده که در چاه نیستم...

خدایا طاعت را بر ما الهام کن و از نافرمانیت ما را دور کن و آسان کن بر ما راه رسیدن بدانچه آرزو مندیم، خدایا ما را به راههای رسیدن به درگاهت توفیق ده، خدایا شیرینی دوستیت را به ما بچشان و جهد و کوشش ما را در راه خودت و همتان را در طاعت خودت قرار ده.

مشکر و پاس از استاد دانشمند و پرمایه ام جناب آقای دکتر پرویز امیدمی که از محضر پر فیض تدریستان، بهره‌برنده ام. صمیمانه‌ترین پاسم را به ایشان تقدیم میکنم که یاریم کردند در مسیری قدم بگذارم که مطلوبم بود. و بی‌شک بدون راهنمایی ایشان انجام این پژوهش مقدور نبود. با اتنان فراوان از مساعدت‌های سرکار خانم دکتر معصومه کردوی استاد راهنمای دوم بنده در این پژوهش که باراهنمایی‌های موثر خود و مشگر مسرپیش رو بودند. همچنین تقدیر از جناب آقای مهندس حمید مسلمان نژاد مشاور صنعتی اینجانب در شرکت نفت فلات قاره ایران به دلیل یاری‌های باراهنمایی‌های بی‌شمار ایشان که بسیاری از سختی‌ها را بر ایمن آسان تر نمودند، تقدیر و درود فراوان خدمت جناب آقای دکتر علی اکبر مومنی که در مسیر انجام این پژوهش، همواره از یاری ایشان بهره‌بردم. همچنین پاس فراوان خود را به جناب آقای مهندس امیر احمدی برای راهنمودهای مفیدشان تقدیم می‌نمایم.

از اساتید داور محترم جناب آقای دکتر خادمی و جناب آقای دکتر رمضان‌بی‌پاس محلات مفیدشان مشکر می‌نمایم.

پاس از کلیه کارکنان دانشکده علوم زمین به دلیل بهکاری همیشگی ایشان

این تحقیق با بهکاری شرکت نفت فلات قاره ایران انجام شده است ضروری است از کارمندان محترم بخش‌های

پترو فزیک، پژوهش و فناوری و زمین‌شناسی کمال مشکر و قدردانی به عمل آید.

قدردانی می‌نمایم از خانواده‌های عزیزم که با قلبی آکنده از عشق و معرفت همواره محیطی سرشار از سلامت و امنیت و آرامش و آسایش

برای من فراهم آورده‌اند. ..

همچنین مشکر می‌نمایم از دوستان عزیزم خانم باواحدی و فقی و آقای فرج‌دل به پاس بهدلی و دوستی همواره ایشان. ..

تعهد نامه

اینجانب سیمارستمی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته زمین‌شناسی - تکتونیک دانشکده علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان‌نامه "تحلیل شکستگی‌های مخزن با استفاده از لاگ‌های تصویری در یکی از میداین هیدروکربوری جنوب ایران" تحت راهنمایی دکتر پرویز امیدی و دکتر معصومه کردی متعهد می‌شوم .

- تحقیقات در این پایان‌نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان‌نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان‌نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان‌نامه رعایت می‌گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا یافته‌های آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ
امضای دانشجو
۱۳۸۶ / ۱۱ / ۱۷

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه‌های رایانه‌ای ، نرم-افزارها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان‌نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

چکیده:

این میدان در تنگه‌ی هرمز و در خاور خلیج فارس قرار دارد. این میدان با یکی از کشورهای حوضه‌ی خلیج فارس مشترک است. ساختار میدان مورد مطالعه به شکل یک تاقدیس بزرگ با روند شمالی - جنوبی، با طول تقریبی ۲۴ کیلومتر و پهنای تقریبی ۱۲ کیلومتر می‌باشد. با استفاده از نمودارهای تصویری FMI در چاه‌های شماره‌ی ۱ و ۲ و ۳ و ۴ شکستگی‌های موجود در ساختار میدان شناسایی و مورد تحلیل قرار گرفته‌اند. بررسی نقشه‌های ساختمانی زیرسطحی میدان و همچنین مدل‌سازی سه‌بعدی میدان و نیز بررسی لاگ‌های خطی، به تحلیل شکستگی‌ها در این میدان کمک کرده است. ساخت تصاویر و شناسایی آن‌ها با استفاده از نرم‌افزار Geolog صورت گرفته است و تحلیل‌های استریو گرافیک با استفاده از نرم‌افزارهایی مانند Dips و Georient انجام شده است و همچنین مدل‌سازی سه‌بعدی میدان با استفاده از داده‌های طول و عرض جغرافیایی و داده‌های ارتفاعی میدان که از روی نقشه‌های ساختمانی زیرسطحی برداشت شده است و با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS انجام پذیرفته است. بررسی نقشه‌های ساختمانی زیرسطحی تعدادی شکستگی عمیق را در منطقه‌ی لولا نشان می‌دهند که وجود آن‌ها را می‌توان به زمان چین‌خوردگی و شکستگی‌های مرتبط با چین‌خوردگی مربوط دانست.

در نهایت با بررسی‌های انجام شده در چاه ۱ تعداد ۲۹۹ عدد شکستگی در دو دسته‌ی اصلی با موقعیت میانگین N3E,22NW و N27W,63NE، در چاه ۲ تعداد ۲۷۰ عدد شکستگی در ۴ دسته کلی با موقعیت‌های میانگین N42W,66SW و N49W,24SW و N37W,21NE و N41W,58NE و در چاه ۴ تعداد ۵۸ عدد شکستگی در دو دسته با هندسه‌ی میانگین N46W,18SW و N62W, 52NE و در چاه ۴، تعداد ۴۵۰ عدد شکستگی در ۳ دسته‌ی غالب N40E,24N و N51W,50SW و N49W,45NE شناسایی شدند. و همچنین در چاه ۱ تعداد ۳ گسل احتمالی با موقعیت‌های N75E,77SE و N42W,59SW و N46W,57SW شناسایی شده‌اند. در این مطالعه با شناسایی گسیختگی‌های دیواره چاه و شکستگی‌های حاصل از عملیات حفاری میدان تنش محلی نیز بررسی شده است که بر طبق آن‌ها سوی میدان تنش شمال خاور - جنوب باختر می‌باشد. با استفاده از نقشه‌های زیرسطحی تاقدیس مورد مطالعه ابتدا نقشه‌های هم‌شیب و هم‌خمش به جهت یافتن

توزیع شیب و انحنا در میدان رسم شد و در نهایت یک مدل سه بعدی ساخته شد که در این مدل ساختار میدان و بیشترین خمش و بیشترین شیب روی ساختار مشخص است.

واژه‌های کلیدی: میدان - شکستگی - لاگ تصویری - تاقدیس - تنش - FMI

لیست مقالات مستخرج از پایان نامه:

- شناخت شکستگی های مخزن در یکی از میادین نفتی جنوب ایران با توجه به لاگ های تصویرگر، دومین کنفرانس ملی ژئومکانیک نفت ایران، شرکت ملی نفت مدیریت اکتشاف، تهران، بهمن ۱۳۹۵

فهرست مطالب

صفحه

فصل اول: مقدمه.....	۱
۱-۱- میدان نفتی مورد مطالعه.....	۵
۲-۱- تعریف مسئله و اهداف تحقیق.....	۶
۳-۱- تاریخچه‌ی مطالعات پیشین.....	۸
فصل دوم: زمین‌شناسی.....	۹
۱-۲- زمین‌ساخت و روند تکاملی زاگرس.....	۱۰
۲-۲- چینه‌شناسی منطقه.....	۱۳
۱-۲-۲- سازند کژدمی.....	۱۴
۲-۲-۲- سازند آهکی سروک.....	۲۴
۳-۲-۲- سازند آهکی مدود.....	۱۴
۴-۲-۲- سازند شیلی احمدی.....	۱۵
۵-۲-۲- سازند لافان.....	۲۵
۶-۲-۲- سازند ایلام.....	۱۶
۳-۲- زمین‌شناسی ساختمانی.....	۱۶
فصل سوم: شکستگی.....	۲۱
۱-۳- شکستگی‌ها.....	۲۲
۱-۱-۳- سیستم شکستگی وابسته به چین خوردگی.....	۲۳
۲-۱-۳- سیستم شکستگی‌های وابسته به گسل خوردگی.....	۲۵
۲-۳- انواع روش‌های مطالعه‌ی شکستگی‌ها.....	۲۶
۱-۲-۳- اهمیت شکستگی‌ها از دیدگاه زمین‌شناسی نفت.....	۲۶
۳-۳- مبانی چاه‌نگاری تصویری.....	۲۷
۱-۳-۳- اصول کار در تهیه تصاویر FMI.....	۲۹
۲-۳-۳- مراحل ساخت تصویر.....	۳۲
۴-۳- شکستگی‌های زیرسطحی.....	۳۴
۱-۴-۳- شکستگی‌های طبیعی.....	۳۴

۳۷	..... شکستگی‌های القایی ۴-۴-۳
۴۰	..... لایه‌بندی ۵-۳
۴۱	..... فصل چهارم: میدان مورد مطالعه
۴۵	..... ۱-۴-چاه شماره ۱
۴۹	..... ۲-۴-چاه ۲
۵۳	..... ۳-۴-چاه شماره ۳
۵۶	..... ۴-۴-چاه شماره ۴
۶۱	..... ۵-۴-بررسی توزیع خمش و کرنش در سطح چین خورده
۶۷	..... فصل پنجم: تنش
۷۲	..... ۵-۱-گسیختگی دیواره چاه و اثر آن بر روی نمودار الکتریکی FMI
۷۳	..... ۵-۲-شکستگی‌های حاصل از عملیات حفاری
۷۴	..... ۵-۳-تنش در چاه ۴
۷۶	..... ۵-۴-تنش در چاه ۳
۷۸	..... ۵-۵-تنش در چاه ۲
۸۱	..... فصل ششم: بحث و نتیجه‌گیری
۸۵	..... ۶-۱-بررسی نقشه‌های توزیع تنش و کرنش
۸۷	..... ۶-۲-مطالعه‌ی مستقیم (شناسایی شکستگی‌ها در روی لاگ‌های تصویری)
۹۲	..... ۶-۳-مدل‌سازی سه‌بعدی
۹۷	..... پیوست‌ها
۱۰۵	..... منابع

فهرست اشکال

- شکل ۱-۱- موقعیت جغرافیایی میدان مورد مطالعه..... ۵
- شکل ۱-۲- سکوی نفتی میدان مورد مطالعه..... ۶
- شکل ۲-۱- برش شماتیک نشان‌دهنده تکوین ساختاری زاگرس..... ۱۲
- شکل ۲-۲- برشی از جدول چین‌شناسی زاگرس ۱۵
- شکل ۲-۳- نقشه‌ی ساختمانی زیرسطحی سر سازند ایلام و موقعیت چاه‌ها..... ۱۷
- شکل ۲-۴- خطواره پیشانی راندگی عمان و موقعیت آن نسبت به تنگه‌ی هرمز و میدان ۱۸
- شکل ۳-۱- شکستگی برشی و شکستگی کششی..... ۲۳
- شکل ۳-۲- توسعه‌ی انواع مختلف شکستگی‌ها در ارتباط با چین‌خوردگی..... ۲۴
- شکل ۳-۳- موقعیت شکستگی‌های برشی نسبت به گسل اصلی..... ۲۵
- شکل ۳-۴- نمونه‌ای از تصاویر FMI ۲۸
- شکل ۳-۵- ابزار FMI ۲۹
- شکل ۳-۶- تصویر استوانه‌ای از دیواره چاه..... ۳۰
- شکل ۳-۷- مثالی از به دست آوردن شیب و جهت شیب در استوانه‌ی چاه..... ۳۱
- شکل ۳-۸- مراحل ورود دیتا و تصحیحات در نرم‌افزار..... ۳۳
- شکل ۳-۹- نمونه‌ای از شکستگی‌های باز در لاگ FMI..... ۳۵
- شکل ۳-۹۱۰- نمونه‌ای از شکستگی‌های بسته در لاگ FMI ۳۶
- شکل ۳-۱۱- الف - جهات تنش وارده بر دیواره‌ی چاه ۳۷
- شکل ۳-۱۲- نمونه‌ای از گسیختگی مشاهده‌شده در چاه ۳۸
- شکل ۳-۱۳- نمونه‌ای از شکستگی کششی مشاهده‌شده در چاه..... ۳۹
- شکل ۳-۱۴- نمونه‌ای از سطوح لایه‌بندی در لاگ FMI..... ۴۰
- شکل ۴-۱- نقشه‌ی هم‌تراز ساختاری سر سازند داریان میدان مورد مطالعه..... ۴۳
- شکل ۴-۲- نقشه‌ی هم‌تراز ساختمانی سرسازند میشریف میدان ۴۴
- شکل ۴-۳- نمودارهای موقعیت لایه‌بندی در چاه ۱ میدان ۴۶
- شکل ۴-۴- نمودارهای موقعیت صفحات شکستگی در چاه ۱ ۴۷
- کل ۴-۵- نمونه‌ای از گسل‌های احتمالی شناسایی‌شده در لاگ تصویری چاه ۱ ۴۸

- شکل ۴-۶-الف- تصویر سیکلوگرافیک صفحات گسل‌های احتمالی ۴۹
- شکل ۴-۷- نمونه‌ای از سطوح لایه‌بندی در چاه ۲ ۵۰
- شکل ۴-۸- موقعیت لایه بندی در چاه ۲ ۵۱
- شکل ۴-۹- موقعیت صفحات شکستگی در چاه ۲ ۵۲
- شکل ۴-۱۰- نمونه‌ای از شکستگی‌های کششی و برشی ۵۲
- شکل ۴-۱۱- نمودارهای موقعیت شکستگی‌های برشی در چاه ۲ ۵۳
- شکل ۴-۱۲- نمودارهای موقعیت شکستگی‌های کششی در چاه ۲ ۵۳
- شکل ۴-۱۳- نمودارهای موقعیت لایه‌بندی در چاه ۳ میدان مورد مطالعه ۵۴
- شکل ۴-۱۴- نمودارهای موقعیت صفحات شکستگی در چاه ۳ میدان ۵۵
- شکل ۴-۱۵- استریو گرام شکستگی‌های برشی شناسایی شده در چاه ۱ ۵۵
- شکل ۴-۱۶- استریوگرام صفحات شکستگی‌های کششی شناسایی شده در چاه ۱ ۵۶
- شکل ۴-۱۷- نمودارهای موقعیت لایه‌بندی در چاه ۴ ۵۷
- شکل ۴-۱۸- نمونه‌ای از سطوح لایه‌بندی در چاه ۴ و مقایسه‌ی لاگ گاما ۵۸
- شکل ۴-۱۸- نمودارهای موقعیت صفحات شکستگی در چاه ۴ ۵۹
- شکل ۴-۱۹- تصویر استریوگرافیک صفحات شکستگی برشی در چاه ۴ ۵۹
- شکل ۴-۲۰- تصویر استریوگرافیک صفحات شکستگی کششی چاه ۴ ۶۰
- شکل ۴-۲۱- تصویری نمادین از شکستگی‌های به وجود آمده بر روی چین ۶۰
- شکل ۴-۲۲- نقشه‌ی ساختمانی زیر سطحی میدان مورد مطالعه ۶۳
- شکل ۴-۲۳- نقشه‌ی DEM تهیه شده از میدان ۶۴
- شکل ۴-۲۴- نقشه‌ی هم شیب میدان ۶۵
- شکل ۴-۲۵- نقشه‌ی هم خمش میدان ۶۵
- شکل ۵-۱- مدل نمادین از شکستگی کششی و برشی ۷۱
- شکل ۵-۲- نمونه‌ای از گسیختگی مشاهده شده در چاه ۷۲
- شکل ۵-۳- نمونه‌ای از شکستگی‌های کششی ایجاد شده در چاه ۷۳
- شکل ۵-۴- تصویر سیکلوگرافیک صفحات میانگین شکستگی‌ها چاه ۴ میدان مورد مطالعه ۷۴
- شکل ۵-۵- تصویر استریوگرافیک صفحات شکستگی برشی در چاه ۴ ۷۵
- شکل ۵-۶- تصویر استریوگرافیک صفحات شکستگی کششی در چاه ۴ ۷۵
- شکل ۵-۷- تصویر سیکلوگرافیک صفحات میانگین شکستگی‌ها چاه ۴ ۷۶

- شکل ۵-۸- نمودارهای موقعیت شکستگی‌های برشی در چاه ۲..... ۷۷
- شکل ۵-۹- نمودارهای موقعیت شکستگی‌های کششی در چاه ۲..... ۷۷
- شکل ۵-۱۰- تصویر سیکلوگرافیک صفحات میانگین شکستگی‌ها ۲..... ۷۸
- شکل ۵-۱۱- نمودارهای موقعیت شکستگی‌های برشی در چاه ۲..... ۷۹
- شکل ۵-۱۲- تصاویر استریوگرافیک شکستگی‌های کششی در چاه ۲..... ۷۹
- شکل ۶-۱- تغییر روند تدریجی ساختارها..... ۸۳
- شکل ۶-۲- گسل میناب..... ۸۳
- شکل ۶-۳- روند شمالی-جنوبی ساختارها بر روی چهارگوش طاهروی..... ۸۴
- شکل ۶-۴- برشی نمادین از تاقدیس میدان..... ۸۵
- شکل ۶-۵- استریوگرام مربوط به سطوح لایه بندی بر روی نقشه‌ی ساختمانی..... ۸۶
- شکل ۶-۶- موقعیت شکستگی‌های شناسایی شده در هر چاه در میدان مورد مطالعه..... ۸۷
- شکل ۶-۶- موقعیت صفحات میانگین ۴ دسته‌ی کلی شکستگی در میدان مورد مطالعه..... ۸۸
- شکل ۶-۷- تصویر سیکلوگرافیک صفحات گسل‌های احتمالی..... ۸۸
- شکل ۶-۸- شکل نمادینی از شکستگی‌های آرمانی ایجاد شده بر روی چین خوردگی..... ۸۹
- شکل ۶-۱۰- استریوگرام موقعیت میانگین صفحات شکستگی بر روی نقشه‌های خطوط تراز زیر سطحی..... ۹۱
- شکل ۶-۱۱- راهنمای ارتفاعی مدل سه بعدی تاقدیس میدان مورد مطالعه..... ۹۲
- شکل ۶-۱۲- مدل سه بعدی تاقدیس میدان مورد مطالعه..... ۹۳
- شکل ۶-۱۳- مشخص شدن بهترین مکان برای حفر چاه‌های بعدی..... ۹۶

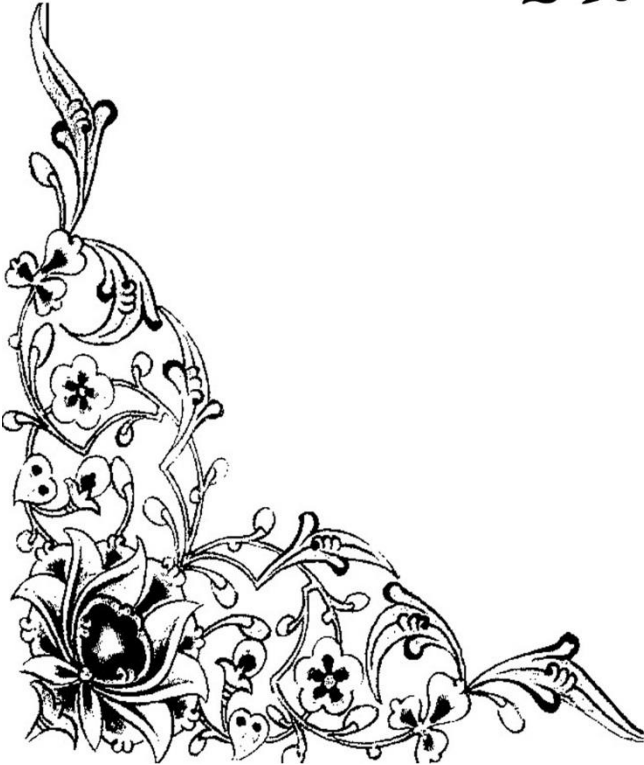
فهرست جداول:

- جدول ۳-۱- علامت های به کار برده شده در نرم افزار برای عوارض شناسایی شده..... ۳۴
- جدول ۴-۱- سازندهای چاه ۱ و سن آن ها..... ۴۵
- جدول ۴-۲- سطوح لایه بندی شناسایی شده در چاه شماره ۱ میدان مورد مطالعه..... ۴۶
- جدول ۴-۳- شکستگی های موجود در چاه ۱ میدان مورد مطالعه..... ۴۸
- جدول ۴-۴- سطوح لایه بندی مشاهده شده در چاه ۲..... ۵۰
- جدول ۴-۵- شکستگی های شناسایی شده در چاه ۲..... ۵۱
- جدول ۴-۶- سطوح شکستگی و لایه بندی شناسایی شده در چاه ۳..... ۵۴
- جدول ۴-۷- پدیده های ساختمانی شناسایی شده در چاه شماره ۴..... ۵۷
- جدول ۶-۱- موقعیت ۴ دسته شکستگی در کل میدان به همراه موقعیت صفحات میانگین ۸۸



فصل اول

مقدمه



وجود مخازن هیدروکربوری در مناطقی چون خاورمیانه، آمریکای جنوبی و جنوب خاوری آسیا، گذشته از این که به دلیل وجود عوامل دیاژنزی و رخساره‌ای است، مرهون وجود شکستگی‌های طبیعی در سنگ‌های سخت و عمیق مخزنی نیز می‌باشد. یکی از چالش‌های متخصصان صنعت نفت در این مناطق، شناسایی سیستم‌های شکستگی، مدل‌سازی و تعیین مسیر جریان سیالات در طول آن‌ها می‌باشد. مخازن موجود در خاورمیانه، از جمله مهم‌ترین مخازن شکسته شده‌ی طبیعی جهان به شمار می‌آیند که پیدایش شکستگی‌های باز و تراوا در آن‌ها را به عملکرد عواملی چون طبیعت و درجه چین‌خوردگی، گسل خوردگی، ماهیت تنش‌های برجا و تغییر ویژگی‌هایی از سنگ هم چون تخلخل، لایه‌بندی، لیتولوژی و درصد شیل نسبت می‌دهند. اگرچه در نگاه اول به نظر می‌رسد که همگرایی دو صفحه ایران مرکزی و عربستان به‌سوی یکدیگر و برخورد آن‌ها، زمینه‌ساز کوه‌زایی زاگرس در میوپلیوسن بوده و ارتباط زیادی بین چین‌خوردگی زاگرس و شکستگی‌های طبیعی سازنده‌های آهکی کمربند زاگرس وجود داشته است، ولی در سال ۱۹۷۴، McQuillan، اعلام داشت که تنوع وسیع در روند شکستگی‌ها و عدم وجود ارتباط میان تراکم آن‌ها با شدت چین‌خوردگی، بیانگر پیدایش برخی از شکستگی‌ها قبل از فاز اصلی چین‌خوردگی در میوپلیوسن است. این نتیجه‌گیری در حالی است که بسیاری از محققین قبل و بعد از وی بر وجود روندهای خطی شمالی-جنوبی و اهمیت آن‌ها در شکل‌گیری و تاریخچه زمین‌شناسی پلتفرم عربی تأکید نموده‌اند. توزیع گنبد‌های نمکی در پلتفرم عربی و خمیدگی محور تاقدیس‌ها در قسمت‌هایی از ساختارهای چین‌خورده در ارتباط با موقعیت گسل‌های پی‌سنگی انگاشته شده است. سایر مطالعات نیز حکایت از آن دارند که در زمان راندگی پوسته، گسل‌های پی‌سنگی در روندهای N-S و N۱۴۰ عربستان به زیر ایران مرکزی به‌عنوان نقاط ضعف عمل نموده و فعالیت آن‌ها عاملی در پیدایش شکستگی‌های طبیعی در منطقه محسوب می‌گردد.

جدیدترین مطالعات بر روی شکستگی‌های موجود در سازند آسماری تاقدیس‌های خويز، ديل، آسماری، سولک، بنگستان، سفید و رازی در منطقه به شدت چین‌خورده زاگرس نشان می‌دهد که این شکستگی‌ها به دو گروه شکستگی‌های قبل و هم‌زمان با چین‌خوردگی، قابل تفکیک می‌باشند. طی این مطالعات،

پیدایش شکستگی‌ها به دو عامل نسبت داده شده است. این دو عامل عبارتند از: آغاز اعمال تنش، قبل از برخورد صفحه عربستان به ایران مرکزی و کوتاه‌شدگی پوشش رسوبی به موازات لایه‌بندی در حوضه پیش بوم کوه‌های زاگرس و فعالیت مجدد گسل‌های پی‌سنگی قبل از فاز اصلی چین‌خوردگی در میوپلیوسن.

از لحاظ تعداد و بدون توجه به حجم هیدروکربورها تقریباً ۹۰ درصد مخازن بزرگ ایران کربناته می‌باشند. از مشخصه‌های مهم مخازن کربناته وجود شبکه‌های شکستگی است، که این شبکه‌ها می‌توانند معابری برای حرکت سیال مخزن باشند. در میداین نفتی حوضه‌ی زاگرس شکستگی‌ها نقش اساسی در مهاجرت و تولید مخازن هیدروکربوری دارند. شکستگی‌های باز مسیر حرکت هیدروکربون به‌سوی چاه را ایجاد می‌کنند. حتی ممکن است این شکستگی‌ها، مخازن با تراوایی پایین را به مخازنی با تولید بالا تبدیل نمایند. همین‌طور شکستگی‌های پرشده به‌عنوان سدی در برابر حرکت هیدروکربون به سمت چاه هستند. شکستگی‌های سنگ رایج‌ترین ساختارهای زمین‌شناسی هستند که می‌توانند در هر رخنمونی مشاهده گردند تمامی سنگ‌های رسوبی به‌جز تبخیری‌ها در شرایط خاص قابلیت شکنندگی را دارند. مقاومت کششی سنگ‌ها بسیار کمتر از مقاومت تراکمی آن‌ها است و به همین دلیل در سنگ‌ها تحت تأثیر نیروی کششی ایجاد شکستگی راحت‌تر است. ابعاد شکستگی‌ها از چند سانتیمتر تا چند صد متر تغییر می‌کند.

شکستگی‌ها دارای تقسیم‌بندی گوناگون هستند و بر اساس خصوصیات خود به انواع مختلفی تقسیم می‌شوند. در مطالعه سطحی، شکستگی‌ها با استفاده از ابزارهای موجود خصوصیات مختلف آن‌ها برداشت می‌شود. اما در مطالعات زیرسطحی مانند بررسی شکستگی‌های مخازن هیدروکربوری، اساس کار داده‌های زیرسطحی هست. باید توجه داشت حتی شکستگی‌های بسیار ریز تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر تراوایی دارند. البته فراوانی شکستگی‌ها و بازشدگی آن‌ها هم در این مورد، حائز اهمیت است. در مخازن، شکستگی‌ها با منشاء گسلش و چین‌خوردگی ایجاد می‌شوند. طبقه‌بندی بر اساس شکل و منشاء شکستگی‌ها می‌باشد. بر اساس عوامل ثانویه‌ای همچون شکستگی‌های پلکانی و گسل‌ها، انواع

شکستگی‌ها ایجاد می‌شوند که می‌توان برای مثال به شکستگی‌های صفحه‌ای، انحلالی، تحت فشار و الفیایی اشاره نمود. در مخازن شکافدار طبیعی، تولید هیدروکربور تا حد زیادی وابسته به شکستگی‌ها است. لذا تعیین خصوصیات شکستگی‌ها از جمله: نوع، امتداد، جهت شیب و میزان بازشدگی آن‌ها و یا بسته بودن و پر بودن آن‌ها توسط کانی‌های مختلف و ترسیم یک الگوی مناسب از شکستگی‌ها در جنبه‌های مختلف مدیریت و توسعه این مخازن حائز اهمیت فراوان است. مخازن شکسته‌ی بسیاری در میداین هیدروکربوری جنوب ایران وجود دارد که از جمله‌ی آن می‌توان به مخازن بنگستان، آسماری، گچساران و میداین نفتی پارسی، پارس جنوبی، پازنان، بی‌بی حکیمه، آسماری، اهواز و نیز میدان مورد مطالعه اشاره نمود. در اکتشاف، توسعه و تولید مخازن لازم است که منطقه‌های دارای شکستگی بالا شناخته شوند. در واقع اولین گام جهت مطالعه مخازن به‌ویژه مخازن شکافدار، شناسایی شکستگی‌ها و آنالیز آن‌ها می‌باشد. با وجود اینکه تقریباً تمامی مخازن هیدروکربوری به نحوی تحت تأثیر شکستگی‌های طبیعی قرار می‌گیرند، هنوز نقش و رفتار شکستگی‌ها در مخازن به‌خوبی شناخته نشده است، چراکه شکستگی‌ها دارای رفتارهای متفاوتی هستند که پیش‌بینی در مورد مخازن را دشوار می‌سازد. محققان از دیرباز در جستجوی ابزاری مناسب جهت شناسایی شکستگی‌ها می‌باشند. در طی سال‌های اخیر با بهبود اطلاعات حاصل از چاه‌ها مانند نمودارهای تصویری و نیز افزایش کیفیت و دقت اطلاعاتی مانند داده‌های لرزه‌نگاری، ارتقاء روش‌ها و ابداع روش‌های جدید در مطالعات شکستگی و مدل‌سازی مخازن شکافدار میسر شده است. آنچه مسلم است، به دلیل ماهیت پیچیده شکاف‌ها و رفتار مخازن شکافدار، لازم است تا در مطالعه‌ی آن‌ها از همه اطلاعات موجود استاتیک و دینامیک که می‌تواند ما را در شناخت بهتر رفتار شکاف‌ها و مخزن یاری رساند، استفاده کرد. در ادامه به روش‌های نوین مطالعه‌ی زیرزمینی شکستگی‌ها با استفاده از لاگ‌های تصویری و سایر روش‌های مطالعات زیرزمینی اشاره می‌کنیم. پژوهشی که قرار است بر روی این میدان انجام شود، شناسایی و بررسی شکستگی‌ها در مخزن این میدان می‌باشد.

۱-۱- میدان نفتی مورد مطالعه

یکی از میادین نفتی-گازی مشترک ایران که در استان هرمزگان و در خاور خلیج فارس و در تنگه هرمز در قرار گرفته میدان نفتی مورد مطالعه در این تحقیق است. شکل (۱-۱) موقعیت جغرافیایی این میدان را در خلیج فارس نشان می‌دهد. این میدان نفتی-گازی در سال ۱۳۵۱ هجری شمسی توسط شرکت سوپیران کشف و پس از تأیید وجود هیدروکربور در منطقه معلوم شد میزان دو تریلیون مترمکعب گاز در این میدان موجود است. نفت خام درجای آن بیش از ۷۰۰ میلیون بشکه است. نفت تولیدی از میدان مورد مطالعه بسیار مرغوب و با کیفیت است همچنین گاز درجایی برابر با حجم ۲۲/۵ میلیارد متر مکعب در سازندهای ایلام و سروک این میدان وجود دارد. گاز تولیدی این میدان، با خط لوله‌ای دریایی، به طول ۴۰ کیلومتر به جزیره قشم و نفت تولیدی آن نیز، به جزیره قشم و به تاسیسات تفکیک‌گر انتقال می‌یابد و نفت تفکیکی، با خط لوله‌ای به طول ۲۵ کیلومتر، به خط لوله ۱۱۲ کیلومتری انتقال نفت، به سیری منتقل می‌شود.



شکل ۱-۱- موقعیت جغرافیایی تقریبی میدان مورد مطالعه (برگرفته از شرکت ملی نفت ایران)



شکل ۱-۲- سکوی نفتی مورد مطالعه (برگرفته از شرکت ملی نفت ایران)

میدان مورد مطالعه (شکل ۱-۲) در مرز بین‌المللی آب‌های ایران کشف و وجود هیدروکربور در سازندهای ایلام و سروک به‌وسیله حفاری نخستین چاه میدان مورد مطالعه در سال ۱۹۷۵ اثبات شد. دو چاه بعدی A و B در این میدان، در سال ۱۹۸۶ در طرف غیر ایرانی حفاری شد و به ترتیب به آب و ناحیه هیدروکربوری با تراوایی کم، برخورد کرد. به دنبال حفر سه حلقه چاه یادشده در این میدان، یک لرزه نگاری سه بعدی جدید، در سال ۱۹۹۳ در این میدان انجام شد. و در نهایت چاه‌های توصیفی در این میدان حفر شد.

۱-۲- تعریف مسئله و اهداف تحقیق

تقریباً تمامی مخازن هیدروکربوری به نحوی تحت تأثیر شکستگی‌های طبیعی قرار می‌گیرند. با این وجود هنوز نقش و رفتار شکستگی‌ها در مخازن به‌خوبی شناخته نشده است. یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در تولید مخازن نفتی، تراوایی است که این عامل ارتباط مستقیمی با شکستگی‌های

موجود در سنگ مخزن دارد به‌طور کلی تعیین تراکم شکستگی‌ها، امتداد و جهت شیب آن‌ها، میزان بازشدگی، فاصله آن‌ها از یکدیگر، باز و بسته بودن آن‌ها و درنهایت ارائه الگوی مناسب از شکستگی های مخازن، کمک فراوانی در برنامه‌ریزی‌های توسعه و تولید میادین نفتی دارد. مغزه‌ها (Cores) یکی از مهم‌ترین منابع موجود برای مطالعه خصوصیات مخازن می‌باشند. ولی به دلایل مختلف بسیاری از چاه‌ها یا فاقد مغزه هستند یا مغزه آن‌ها دچار دوران شده است و همچنین به دلیل درصد بازیافت پایین چندان قابل استفاده نمی‌باشند. مورد اخیر بخصوص در مخازن کربناته‌ی شکسته‌ی جنوب باختر ایران بیشتر صدق می‌کند. علاوه بر این به علت مشخص نبودن جهت‌گیری مغزه‌ها در اکثر موارد، تعیین جهت‌گیری و شیب ساختارهایی مانند سطوح لایه‌بندی، شکستگی‌ها، گسل‌های احتمالی و لایه‌بندی متقاطع ناممکن است. فناوری ابزارهای تصویربرداری از دیواره‌ی چاه در چنین شرایطی به مدد کارشناسان صنعت نفت آمده است. این ابزارها با کارکردهای متفاوت درنهایت سعی در ارائه تصویری واضح از دیواره‌ی چاه دارند که ما را قادر می‌سازند، اطلاعات ذکر شده در بالا، به‌علاوه بسیاری از اطلاعات غیرمستقیم دیگر را با کمک نرم‌افزارهای طراحی‌شده، از این تصاویر کسب نماییم. درواقع این ابزار مشاهده ممتد از تغییرات جانبی و عمودی خصوصیات سازند را امکان پذیر می‌سازد. تصویربرداری از دیواره چاه به سبب نیاز صنعتی به ابزارهایی برای بازرسی دیواره چاه، آشکارسازی شکستگی‌ها و اصلاح مشکلات چاه، توسعه یافته است.

هدف اصلی این پژوهش تعیین دقیق شکستگی‌ها و هندسه‌ی آن‌ها، شیب و امتداد لایه‌بندی و همچنین مدل کردن مخزن و شکستگی‌ها روی آن می‌باشد. در این مطالعه، لاگ‌های تصویری برداشت شده از چاه‌های میدان مورد مطالعه تفسیر و شکستگی‌های موجود در آن‌ها شناسایی می‌شود. سپس شکستگی‌های موجود از نظر نوع، شیب، جهت و امتداد، فراوانی، میزان بازشدگی، طبیعی یا القایی بودن، دسته‌بندی و آنالیز شده و تجزیه و تحلیل آماری بر روی آن‌ها صورت می‌گیرد. درنهایت با استفاده از اطلاعات موجود توزیع شکستگی‌ها نسبت به چین خوردگی تفسیر شود و مدل سه بعدی مخزن ساخته شود و شکستگی‌ها بر روی آن مشخص گردد.

بررسی شکستگی‌ها و جهت تنش در این میدان از طریق لاگ‌های تصویری از جمله لاگ‌های (FMI) یا Formation micro imager انجام می‌شود. تعیین دقیق شکستگی‌ها و هندسه‌ی آن‌ها، شیب و امتداد لایه‌بندی و همچنین تعیین جهت تنش‌های وارده بر سازندهای مورد مطالعه از جمله کارهای انجام شده در این پژوهش است. در این مطالعه، تصاویر حاصل از لاگ‌های تصویری برداشت شده از چاه‌های این میدان مطالعه، تفسیر و شکستگی‌های موجود در آن‌ها شناسایی می‌شود. سپس شکستگی‌های موجود از نظر نوع، شیب، جهت و امتداد، فراوانی، میزان بازشدگی، طبیعی یا القایی بودن، دسته‌بندی و آنالیز شده و تجزیه و تحلیل آماری بر روی آن‌ها صورت می‌گیرد.

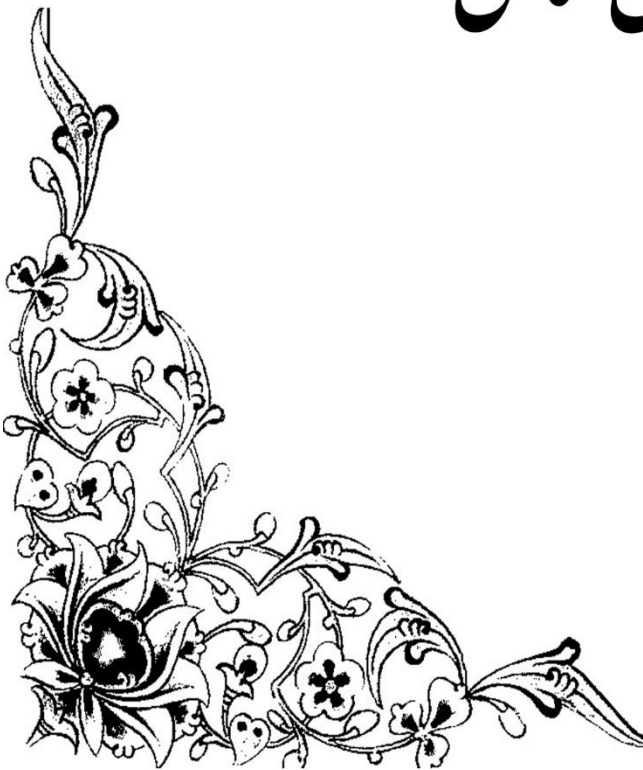
۱-۳- تاریخچه‌ی مطالعات پیشین

شروع استفاده از آنالیز نگارهای تصویری به سال ۱۹۸۶ برمی‌گردد. از همان زمان مطالعات زیادی جهت شناسایی خودکار شکستگی‌ها از روی این نگارها انجام شده است. جاوید و همکاران (۱۳۹۰) با به‌کارگیری روش‌های پردازش تصویر به جداسازی شکستگی‌ها از دیگر پدیده‌ها پرداختند و توانستند شیب، آزیموت و موقعیت قرارگیری آن‌ها را در نگارهای تصویری شناسایی کنند. خوشبخت و همکاران (۱۳۸۶) به بررسی توانایی نگارهای تصویری در شناسایی شکستگی‌ها و سایر مشخصات زمین‌شناسی در مخازن کربناته پرداختند.

در سال‌های اخیر، لاگ‌های تصویرگر در مطالعات مخازن هیدروکربوری ایران به کار گرفته شده است، که از جمله‌ی آن می‌توان به مطالعه‌ی شکستگی‌های میدان‌های بی‌بی حکیمه (حیدری، ۱۳۸۵، آقاجری ۱۳۹۰، ورناصری ۱۳۹۴)، میدان نفتی آسماری (باقریان، ۱۳۹۱)، میدان نفتی مارون (طاهر دنگ کو، ۱۳۹۳، نورائی نژاد ۱۳۹۰) و میدان گازی پارس جنوبی (پورمطلق ۱۳۸۹، ملایوسفی ۱۳۹۰، مروجی فر، ۱۳۹۴) اشاره کرد.



فصل دوم زمین شناسی

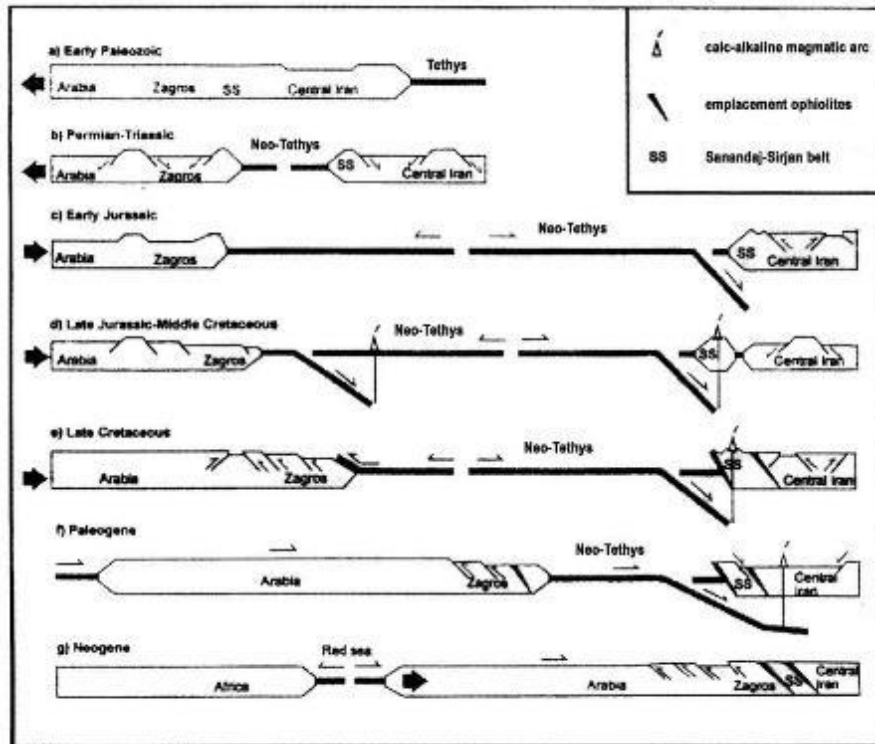


میدان مورد مطالعه یکی از تاقدیس‌های زاگرس چین‌خورده را شامل می‌شود. منظور از زاگرس، زمین‌های واقع در جنوب باختری زمین‌درز نئوتتیس است که شامل بلندی‌های باختر و جنوب باختری ایران است و گستره‌های لرستان، خوزستان و فارس را در بر دارد. این منطقه یکی از پهنه‌های مهم رسوبی- ساختاری ایران و بخشی از کمربند کوهزائی آلپ- هیمالیا است که با روند کلی شمال باختر- جنوب خاور به طول تقریبی ۲۰۰۰ کیلومتر و پهنای ۱۰۰ تا ۳۰۰ کیلومتر از جنوب خاور کشور ترکیه تا تنگه هرمز ایران گسترش دارد.

به‌سوی جنوب - جنوب باختر، ویژگی‌های زمین‌شناختی زاگرس با اندک تغییراتی در رخساره‌های سنگی و الگوی ساختاری تا خلیج فارس و سکوی عربستان ادامه دارد. نبود فعالیت‌های آذرین، وجود سنگ مادرهای متعدد و بسیار غنی از مواد آلی، سنگ مخزن‌های متخلخل و تراوای متعدد با سنگ پوش‌های مناسب، شرایط منحصربه‌فردی را برای تولید و انباشت هیدروکربن در زاگرس فراهم کرده تا این پهنه از نفت‌خیزترین حوضه‌های رسوبی دنیا باشد (افشارحرب، ۱۳۸۰).

۲-۱- زمین‌ساخت و روند تکاملی زاگرس

Berberian (1995)، روند تکامل زمین‌ساختی زاگرس را به‌طور خلاصه به ترتیب زیر بیان کرده است: تشکیل یک‌فاز پلاتفرمی در پالئوزوییک، ریفت‌شدگی در پرمین و تریاس، تشکیل حاشیه قاره‌ای غیرفعال (با گسترش بستر دریا به سمت شمال خاور) در ژوراسیک و اوایل کرتاسه، فرورانش به سمت شمال خاور و جایگیری افیولیت و رادیولیت در اواخر کرتاسه و در نهایت برخورد قاره-قاره و کوتاه‌شدگی در زمان نئوژن (شکل ۲-۱).



شکل ۱-۲- برش شماتیک که نشان‌دهنده تکوین ساختاری زاگرس و نواحی اطراف آن می‌باشد (برگرفته از

Berberian) 1983

با این حال به اعتقاد (Falcon, 1969)، دگرشکلی کمربند چین‌خورده-رانده زاگرس نتیجه همگرایی بین صفحه‌های عربی و اوراسیا از کرتاسه میانی- بالایی است. بسته شدن نهایی نئوتتیس در میوسن زیرین صورت گرفته است (Stoneley, 1981) و کمربند چین‌خورده- رانده زاگرس در طول فاز اصلی کوهزایی زاگرس در میوسن بالایی تا زمان حاضر شکل گرفته است (Stocklin, 1968; Stoneley, 1981). همگرایی تقریباً شمالی- جنوبی صفحه‌های عربی و اوراسیا، در شمال باختری زاگرس (لرستان) ترکیبی از یک کوتاه شدگی با روند شمال باختری-جنوب خاوری در کمربند چین‌خورده ساده و یک جابجایی راستالغز راست‌گرد بر روی گسل جوان اصلی زاگرس را به دنبال داشته است. نتیجه این همگرایی، در ناحیه جنوب خاوری زاگرس (فارس) نیز به صورت کوتاه شدگی تقریباً شمالی-جنوبی، در غالب گسل‌ها و چین‌هایی با روند خاوری-باختری نمایان شده است. در ناحیه انتقالی بین این دو قسمت از زاگرس (فروافتادگی دزفول) نیز واکنش حاصل از این همگرایی، به صورت جابجایی راستالغز راست‌گرد در طول گسل‌هایی با روند شمالی-جنوبی، همچون گسل‌های کازرون و سروستان اتفاق افتاده است (Blanc et al. 2003). شکل ۱-۲ تکوین ساختاری زاگرس را به صورت نمادین نشان

می‌دهد. فعالیت‌های لرزه‌ای عهد حاضر نشان‌دهنده این است که همگرایی بین صفحه‌های عربی و اوراسیا و دگرشکلی‌های حاصل از آن، هم‌اکنون نیز ادامه دارد (Nowroozi, 1972. Mann & Vita). از لحاظ ساختمانی تاکنون تقسیم بندی‌های متعددی توسط (Finci, 1982. Hessami, et. al. 2002) محققین مختلف برای زاگرس ارائه شده است. برای مثال می‌توان به (Haynes and faver, 1975) (1961) stocklin, falcon (1968), mcquillan (1974) و (Berberian (1995) اشاره کرد. بربریان (۱۹۹۵) زاگرس را به زیر پهنه‌های نوار راندگی زاگرس مرتفع - نوار چین خورده ساده - گودال جلویی (پیش‌گودال) زاگرس - ناحیه (دشت) ساحلی زاگرس و بخش پایین افتاده بین‌النهرین - خلیج فارس تقسیم‌بندی نموده است.

زاگرس چین خورده، به گفته‌ای دیگر زاگرس بیرونی، با پهنای ۱۵۰ تا ۲۵۰ کیلومتر، قسمت حاشیه‌ای و کراتونی سپر عربستان است که در مزوزویک و سنوزویک در حال نشست پیوسته بوده و سکانس‌های ضخیم رسوبی در آن انباشته می‌شده است. داده‌های موجود نشانگر آن است که چین خوردگی این بخش از زاگرس به لحاظ تأثیر گسل‌های پی‌سنگی، حضور گنبد‌های نمکی، راندگی‌های پنهان، فروافتادگی‌ها و خمش‌ها چندان ساده نیست، به گونه‌ای که نام زاگرس چین خورده و گسلیده بهتر است. در این زیر پهنه، پوشش رسوبی روی پی‌سنگ، به صورت تاقدیس‌ها و ناودیس‌های کشیده، در راستای شمال باختر - جنوب خاور است که صفحه‌های محوری آن‌ها مارپیچ مانند تاب خورده و به چین‌ها سیمای خمیده داده است. گفتنی است که به دلیل تداوم حرکت پوسته قاره‌ای عربستان، چین خوردگی زاگرس ادامه دارد. جابه جایی افقی امروزی در حدود ۳/۵ تا ۴/۸ سانتیمتر و حرکت‌های قائم بیش از دو میلی‌متر در سال برآورد می‌شود. چین‌ها از نظر نوع، بیشتر از نوع جدایشی هستند که پیدایش و توسعه آن‌ها نتیجه حرکات متناوب بین پی‌سنگ و پوشش سنگی رویی است. بیشتر چین‌ها، به دلیل داشتن شیب بیشتر در پهلوئی جنوب باختری، نامتقارن‌اند. در ضمن، از شمال خاور به جنوب باختر، ضمن کاهش شدت چین خوردگی، چین‌ها جوان‌ترند (Hessami, 2001).

در زاگرس چین خورده، رخنمونی از سنگ‌های پرکامبرین دیده نشده و حفاری‌های نفتی نیز تاکنون به پی‌سنگ نرسیده است. با توجه به بررسی‌های ژئوفیزیکی، باور بر این است که پی‌سنگ پرکامبرین زاگرس ادامه شمال - شمال خاوری سپر عربی است که از شمال خاور آفریقا تا عربستان و حتی در زیر حوضه زاگرس ادامه دارد.

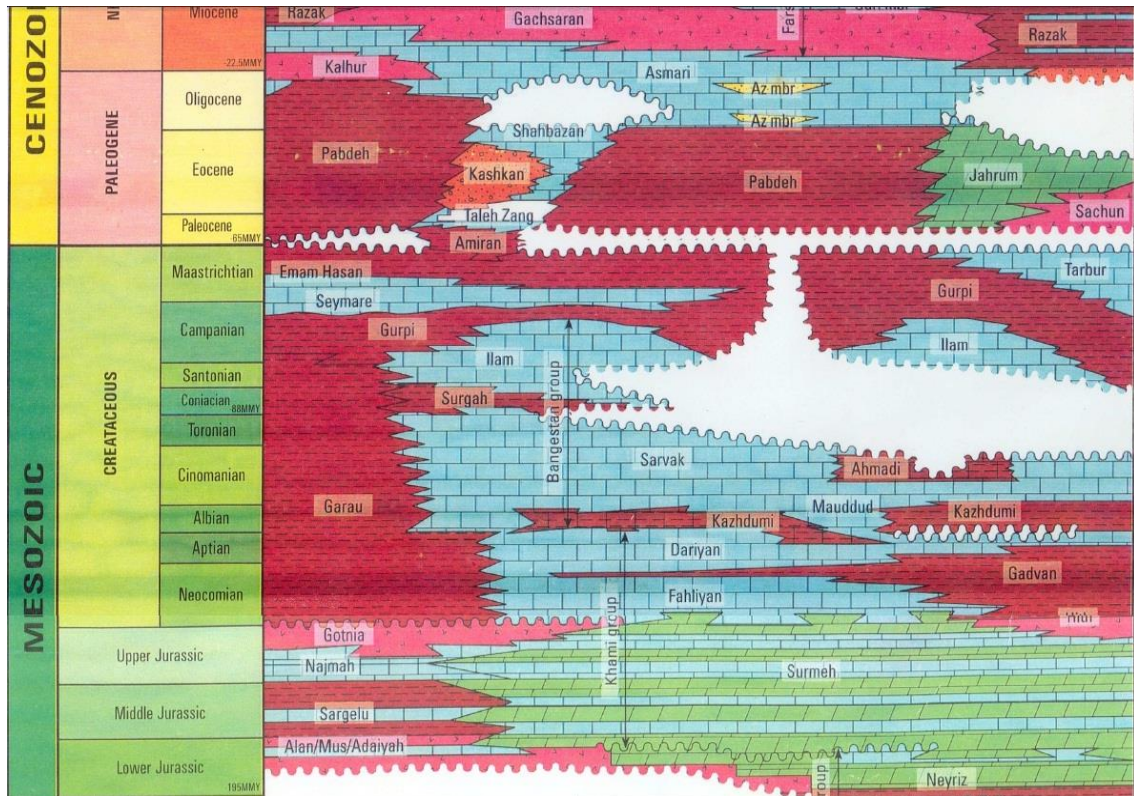
بررسی‌های دیرینه جغرافیا نشان می‌دهد که زاگرس چین خورده در همه‌جا ویژگی‌های زمین‌شناختی یکسان ندارد. با تلخیص از کار مطیعی (۱۳۷۴)، فروافتادگی کرکوک، لرستان، پهنه ایزه، فروافتادگی دزفول، دشت آبادان، پهنه فارس و پس‌بوم بندرعباس را می‌توان به‌عنوان زیر پهنه‌های زاگرس چین خورده در نظر گرفت. گسل میناب در ایران و خطواره‌ی عمان در بخش عمانی، حد خاوری زاگرس را با پهنه‌ی مکران مشخص می‌کند. میدان نفتی مورد مطالعه، در زاگرس چین خورده و در حقیقت در انتها الیه خاوری این پهنه واقع شده است.

۲-۲- چینه‌شناسی منطقه

افق‌های مخزنی مهم و تولیدی در میدان مورد مطالعه متعلق به سازندهای ایلام و سروک از گروه بنگستان و سازند خاتیا از گروه واسیا در قطر که معادل سازند سروک در فارس جنوبی است و سازند کژدمی می‌باشد. بخش مدود که بر روی سازند کژدمی قرار گرفته است، معادل با سازند مدود در قطر و سازند سروک در ایران می‌باشد که در میادین خلیج فارس از این نام نیز استفاده شده است. همچنین بخش میشریف در ایران قسمتی از سازند سروک می‌باشد. سازندهای مورد مطالعه به ترتیب از قدیم به جدید شامل: ایلام، سورگاه (لافان)، سروک (میشریف، احمدی/خاتیا، مدود) و کژدمی می‌باشد؛ که در جدول چینه‌شناسی شکل ۲-۲ نمایش داده شده است. ویژگی این سازندها به نقل از مطیعی (۱۳۷۲) تشریح شده است.

۲-۲-۱- سازند کژدمی: نام این سازند از قلعه کژدمی در ناحیه فروافتادگی دزفول انتخاب شده است. برش نمونه سازند شیلی کژدمی در تنگ گرگدا در یال جنوب باختری کوه میش است. این تنگ در

۷ کیلومتری شمال خاوری دوگنبدان قرار دارد سازند کژدمی به سن آلبین تا سنومانین پیشین، شامل شیل‌های خاکستری تیره و بیتومن دار و میان لایه‌های نازکی از آهک‌های رسی است. مرز پائینی آن با آهک‌های سازند داریان، ناپیوسته و مرز بالایی آن با سازند سروک پیوسته است.



شکل ۲-۲- برشی از جدول چینه‌شناسی زاگرس ارائه شده توسط شرکت (Schlumberger). در این تصویر سازندهای مخزنی میدان مورد مطالعه که از نظر سنی متعلق به کرتاسه می‌باشند نیز دیده می‌شود.

۲-۲-۲- سازند آهکی سروک: نام این سازند از تنگ سروک در کوه بنگستان واقع در شمال باختری شهرستان بهبهان در استان خوزستان اقتباس شده است. برش نمونه سازند آهکی سروک در تنگ سروک واقع در یال جنوبی تاقدیس کوه بنگستان واقع در شمال باختری شهرستان بهبهان و شمال خاوری میدان‌های نفتی پارسی و کرنج در استان خوزستان اندازه‌گیری شده است.

۲-۲-۳- سازند آهکی مدود Mauddud: نام این بخش از سازند آهکی مدود از قسمتی که در جنوب عراق و کویت توسعه دارد اقتباس شده است. برش نمونه این سازند در چاه شماره یک میدان دوخان متعلق به شرکت نفت قطر می‌باشد. (خسروتهرانی). در ایران این واحد سنگی، سنگ‌آهک

ضخیم لایه آریتولین دار است که روی سازند کژدمی قرار دارد و با بخشی از سازند سروک برابر است. رخساره‌ی کم عمق سازند سلوک در محل برش الگو، شامل ۳۰۰ متر سنگ آهک لایه‌ای رسی و سنگ آهک‌های گل سفیدی در پایین است ولی بیشتر سازند را سنگ آهک‌های سفیدرنگ، توده‌ای، دارای چرت و رودیست تشکیل می‌دهد. ولی در فارس ساحلی، رخساره کم عمق سازند سروک، شبیه بخش آهکی مدود در قطر و بخش شیلی احمدی در کویت است که این اسامی در میادین خلیج فارس هم به کار می‌رود.

۲-۲-۴- سازند شیلی احمدی: زبانه‌ای از سازند شیلی احمدی کویت است که در ایران ۳۰ تا ۶۰ متر شیل خاکستری حاوی اگزوزیرا، به سن سنومانین است. بخش احمدی به طور هم شیب بر روی بخش آهکی مدود، ولی به صورت دگر شیب در زیر سازند ایلام است. برش نمونه این سازند در چاه شماره ۶۲ میدان بورغان متعلق به شرکت نفت کویت در عمق ۱۳۷۰ متر قرار دارد. این بخش معادل بخشی از سازند سروک می‌باشد.

بخش میشریف سازند سروک معادل فوقانی‌ترین رسوبات این سازند در منطقه بوده و از وکستون و پک ستون‌های آب‌های کم عمق همراه با قطعات رودیستی مربوط به محیط‌های دریایی باز تا کم عمق تشکیل شده است (صادقی و همکاران ۱۳۹۲). سازند سروک بالایی (میشریف) با سن کرتاسه میانی از گروه واسیا است که عمدتاً از خرده‌های رودیستی (به ویژه رادیولیتیده) به همراه ذرات اسکلتی و غیر اسکلتی دیگر تشکیل شده است. این سازند بر روی سازند خاتیا و در زیر سازند شیلی لافان قرار گرفته است.

۲-۲-۵- سازند لافان: نام این سازند از محلی به نام رای لافان واقع در ساحل شمال خاوری قطر اقتباس شده است. برش نمونه این سازند در چاه شماره ۲۵ میدان دوخان قطر در عمق ۶۳۰ متری توصیف گردیده است. برش نمونه زیرزمینی سازند شیلی لافان در چاه شماره ۵۵ میدان نفتی دوخان

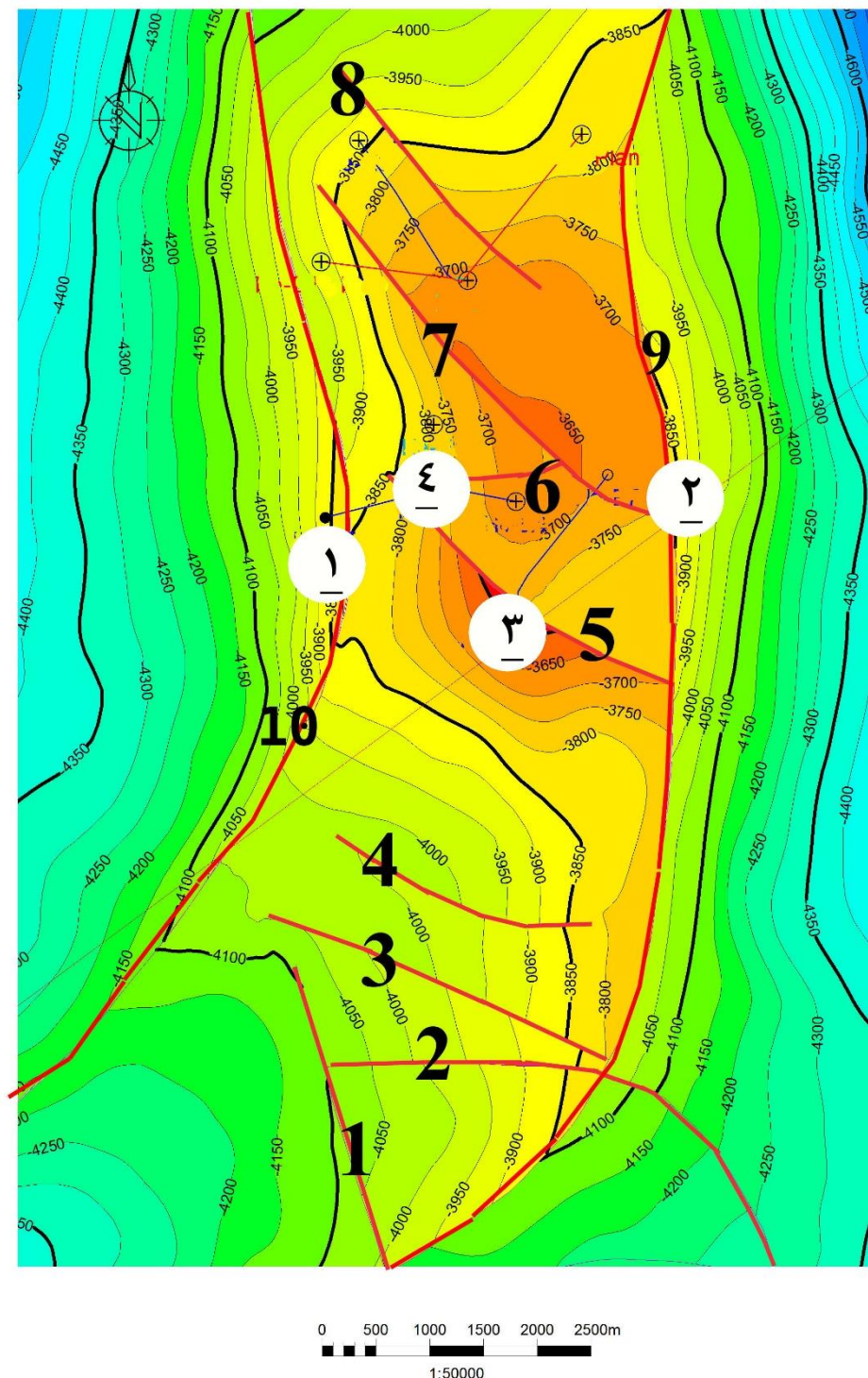
قطر انتخاب شده است. این سازند در ناحیه فارس ساحلی، سروک را از ایلام جدا کرده و از نظر سنگ‌شناسی، سن و موقعیت چینه‌شناسی هم‌ارز و معادل سازند سورگه است.

۲-۲-۶- سازند ایلام: نام این سازند از شهرستان ایلام واقع در باختر کشور اقتباس شده است. برش نمونه این سازند در تنگ گراب واقع در یال جنوب باختری کوه سورگه در ۱۲ کیلومتری ایلام در بخش شمال باختری کبیر کوه انتخاب شده است. از آهک‌های رسی دانه‌ریز خاکستری با چینه‌بندی منظم و نازک لایه همراه با لایه‌های نازک شیل‌های سیاه‌رنگ تشکیل شده است. مرز زیرین سازند ایلام روی یک نبود رسوبی قرار دارد و مرز فوقانی آن با سازند گورپی هم‌شیب است.

۲-۳- زمین‌شناسی ساختمانی

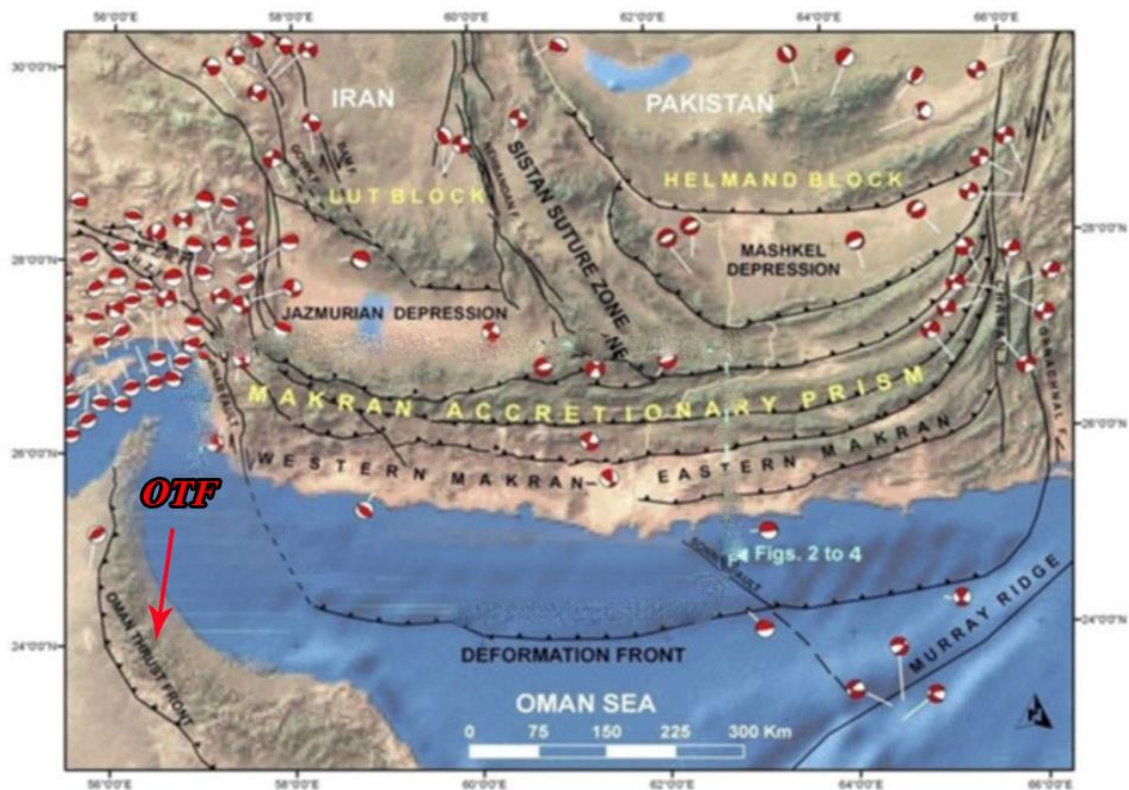
میدان مورد مطالعه یکی از تاقدیس‌های زاگرس چین‌خورده است که روندی شمالی - جنوبی دارد. این روند با توجه به نقشه‌های ساختمانی زیرسطحی (UGC) یا Under Ground Contoure map میدان تشخیص داده شده است. در مورد این میدان نقشه‌های ساختمانی زیرسطحی از سر سازندهای داریان و ایلام و میشریف در دسترس است. در نقشه‌ی ساختمانی زیرسطحی، تاقدیس مورد مطالعه چندین جابه‌جایی مشاهده می‌شود که آن‌ها را شکستگی‌هایی می‌دانیم که باعث به وجود آمدن این جابه‌جایی‌ها شده‌اند. البته باید توجه داشت که حضور این شکستگی‌های عمیق به دلیل دقت پایین نقشه‌های زیرسطحی و همچنین کم بودن شواهد برای اثبات آن‌ها قطعی نیست. البته با توجه به جابه‌جایی‌های صورت گرفته در طول آن‌ها احتمال اینکه این ساختارها گسل باشند وجود دارد اما به دلیل ادامه‌دار نبودن آن‌ها و همچنین عدم وجود شواهد قطعی برای اثبات گسل بودن این ساختارها این فرضیه مورد اعتماد نیست. از طرفی می‌توان شمالی - جنوبی بودن تاقدیس مورد مطالعه را ناشی از حرکت راستالغز راست‌بر گسل میناب دانست که در ادامه‌ی جنوبی آن گسل راندگی عمان قرار دارد. در فصل چهارم به تفصیل راجع به ساختار تاقدیس مورد مطالعه، بحث شده است. شکل ۲-۳ نقشه‌ی زیرسطحی سر سازند

ایلام را نشان می‌دهد که موقعیت شکستگی‌های ذکر شده و همچنین موقعیت هریک از چاه‌ها با توجه به ساختار تاقدیس موردنظر نشان داده شده است.



شکل ۲-۳- نقشه‌ی خطوط تراز ساختاری زیرسطحی سر سازند ایلام در میدان مورد مطالعه و شکستگی‌های بزرگ مقیاس بر روی آن (برگرفته از شرکت نفت فلات قاره ایران)

گسل میناب و گسل عمان: گسل میناب دو محیط زمین‌شناسی مشخص را از یکدیگر جدا می‌کند.



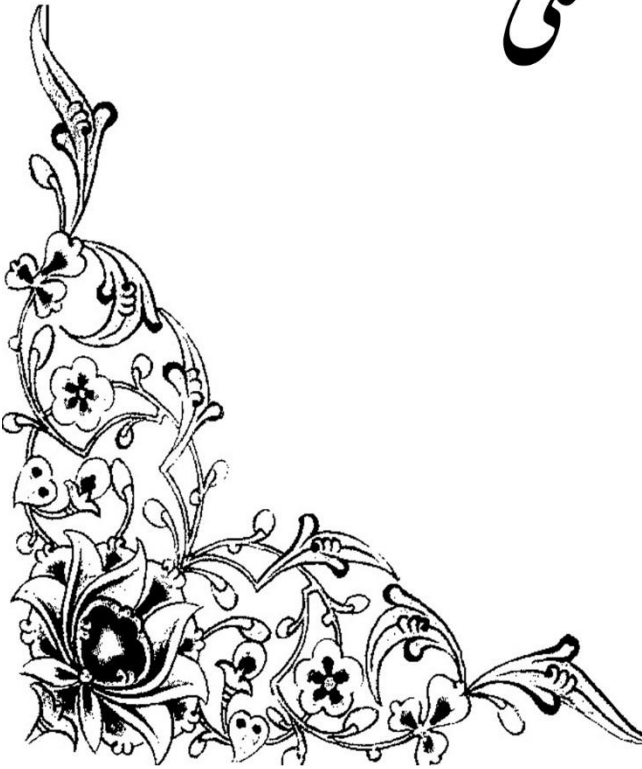
شکل ۲-۴- خطواره پیشانی راندگی عمان و موقعیت آن نسبت به تنگه‌ی هرمز و میدان مورد مطالعه

این دو منطقه‌ی برخوردی قاره - قاره‌ی زاگرس در باختر و منطقه فرورانش اقیانوسی - قاره ای مکران در خاور می‌باشند (Berberian, 1981 & 1995; Jackson & McKenzie, 1984). فعالیت لرزه ای زاگرس در باختر گسل میناب به خطواره عمان (Alavi, 1994) که مسیر لرزه ای هرمز جیرفت (Berberian, 1976 & 1981) نیز نامیده شده است، محدود می‌شود. بعضی از محققین (White et al 1979; Ras et al 1986) خطواره‌ی عمان را به سیستم گسلی میناب منتسب کرده‌اند. فعالیت لرزه‌ای مشخص در راستای خطواره‌ی عمان، احتمالاً ناشی از برخورد و زیرراندگی دماغه‌ی صفحہ‌ی عربستان در عمان، به زیر جزیره‌ی هرمز و فلات ایران است (White and Ras 1979). خطواره‌ی عمان، حد خاوری ایالت لرزه زمین ساختی زاگرس را تشکیل می‌دهد. مرز شمال خاوری زاگرس بر گسل اصلی معکوس زاگرس و گسل اصلی عهد حاضر منطبق می‌باشد. گسل اصلی معکوس زاگرس دارای راستای NW-SE از باختر ایران تا شمال بندرعباس است و به سوی شمال باختر، ساخت مرزی از مجموعه‌ای از گسل‌های امتداد لغز ر استگرد که گسل اصلی عهد

حاضر نامیده شده است، تشکیل می‌شود (Tchalenko. et al1974). اصطلاحاً شکستگی شمالی - جنوبی میناب که در تنگه‌ی هرمز واقع شده است را ادامه‌ی گسل نایبند می‌دانند و تحت عنوان خط عمان یا پیشانی راندگی عمان یا OTF معرفی می‌کنند. این خطواره در شکل ۲-۴ نشان داده شده است.



فصل سوم تنگستی



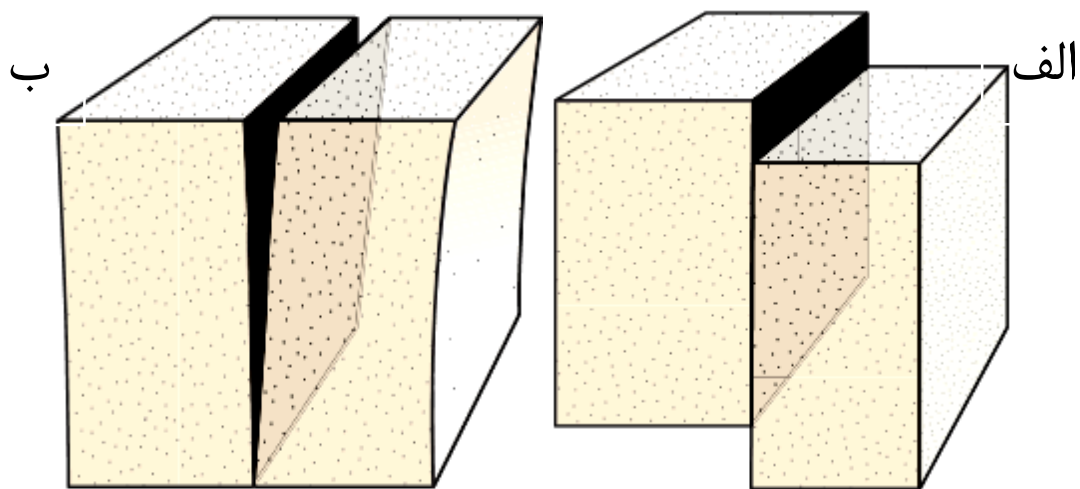
واژه‌ی شکستگی یک اصطلاح کلی است که همه‌ی سطوح انفصال ثانوی ایجادشده در سنگ‌ها را در برمی‌گیرد و از اصطلاح لاتین fracture اقتباس شده است (moores & twiss 1992). شکستگی‌ها از معمول‌ترین ساختارهای زمین‌شناسی هستند، که بر اثر گسیختگی شکننده در سنگ‌ها ایجاد می‌شوند. در امتداد سطوح شکستگی، چسبندگی بین اجزای تشکیل‌دهنده‌ی سنگ کاهش‌یافته یا از بین می‌رود (twiss&moores1992). این ساختارها از نظر اندازه تغییرات وسیعی دارند و از خطواره‌های بسیار بزرگ به طول صدها یا هزاران کیلومتر تا درزه‌های بسیار کوچک به طول یک تا چند میلی‌متر تغییر می‌کنند.

شکستگی‌ها در انواع مختلفی از سنگ‌ها و محیط‌های تکتونیکی شکل می‌گیرند و معمولاً در ده کیلومتری بالایی پوسته‌ی زمین که در آن دما و فشارهای همه‌جانبه نسبتاً کم است (بین صفر تا ۳۰۰ درجه‌ی سانتیگراد دما و صفر تا ۴ کیلو بار فشار)، بسیار فراوان می‌باشند.

۳-۱- انواع شکستگی‌ها: بر اساس مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی که بر روی سنگ‌ها و

فرآیندهای تکامل آن‌ها صورت گرفته است، شکستگی‌ها به دو دسته‌ی شکستگی‌های ناشی از فرآیندهای زمین‌ساختی و شکستگی‌های غیر زمین‌ساختی تقسیم می‌شوند. از فرآیندهای غیر زمین‌ساختی ایجاد شکستگی‌ها می‌توان به عواملی مانند انقباض حاصل از سرد شدن یا خشک شدن سنگ‌ها، حرکات سطحی زمین، هوازدگی، اثر متقابل جنس لایه‌ها، انفجار و شکستگی‌های ایجادشده در اثر حفاری اشاره کرد (برای مثال شکستگی‌های القایی ایجادشده در چاه‌های نفت). شکستگی‌های زمین‌ساختی معمولاً در اثر تنش‌های زمین‌ساختی به وجود می‌آیند. روند کلی این دسته شکستگی‌ها به کمک جهت تنش‌های زمین‌ساختی محلی تعیین می‌شوند. بنابراین شکستگی‌های زمین‌ساختی را می‌توان به شکستگی‌های برشی و شکستگی‌های کششی (درزه‌ها، شکاف‌ها و رگه‌ها) تفکیک کرد (fossen,2010). شکستگی‌های برشی یا سطح لغزشی، شکستگی‌هایی هستند که حرکت نسبی، موازی شکستگی است. واژه‌ی شکستگی برشی برای شکستگی‌هایی به کار برده می‌شود که جابه‌جایی

اندکی در حدود میلی‌متر و یا کسری از میلی‌متر در راستای آن‌ها انجام شده باشد. درحالی‌که اگر طول شکستگی زیاد باشد و روی سطح شکستگی جابه‌جایی و لغزش قابل ملاحظه‌ای صورت گرفته باشد، از واژه‌ی گسل برای شکستگی برشی استفاده می‌کنیم. شکستگی‌های کششی شکستگی‌هایی هستند که کشش، جهت عمود بر دیواره‌ها را نشان می‌دهند. جابه‌جایی در راستای درزه‌ها اندک است و این جابه‌جایی به‌صورت ماکروسکوپی قابل شناسایی نیست. شکاف، شکستگی‌های کششی هستند که توسط هوا یا سیالات پر می‌شوند. تصاویر این شکستگی‌ها در شکل ۱-۳ دیده می‌شود.

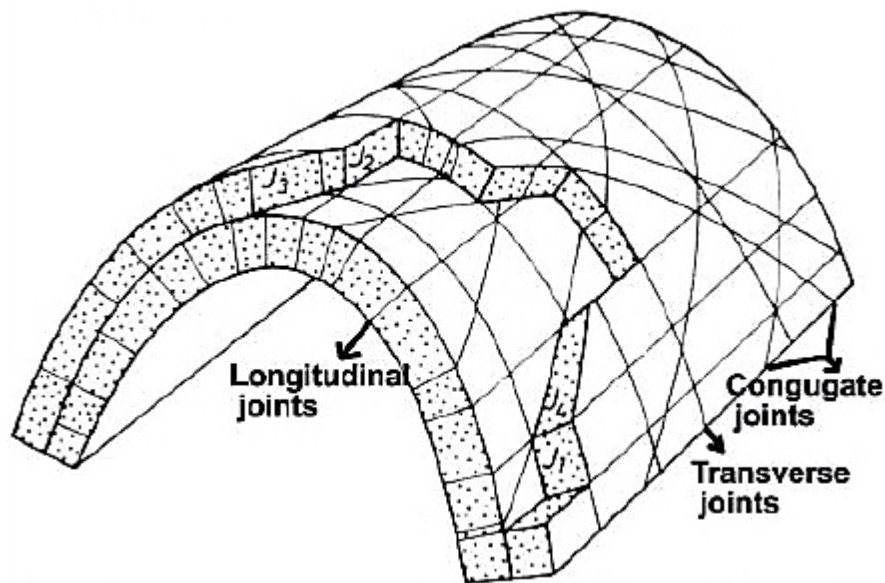


شکل ۱-۳ - الف- شکستگی برشی ب - شکستگی کششی: شکاف (Fossen, 2010)

اصولاً شکستگی‌ها همراه با ساختارهای دیگر ایجاد می‌شوند و در صورتی‌که این ارتباط مستند شود، شکستگی‌ها می‌توانند اطلاعات باارزشی در مورد ساختارهای مرتبط ارائه دهند. با توجه به اینکه نیروهای عمل‌کننده بر سنگ‌ها و لایه‌های زمین موجب شکل‌گیری شکستگی‌ها می‌شوند، بنابراین می‌توان نحوه‌ی ارتباط شکستگی‌ها را با دیگر ساختارهای زمین در طی فرآیند دگرشکلی توده‌ی سنگ یا لایه، تعیین کرد و آن را به دو دسته‌ی شکستگی‌های وابسته به چین‌خوردگی و شکستگی‌های وابسته به گسل خوردگی تقسیم کرد.

۱-۱-۳- سیستم شکستگی وابسته به چین‌خوردگی: زمانی که وضعیت و شدت شکستگی‌ها با شکل و روند چین‌همخوانی داشته باشد، می‌توان آن‌ها را در رده‌ی شکستگی‌های مرتبط با چین

قرارداد. شکستگی‌های ایجادشده در طی فرآیند چین‌خوردگی را که از آغاز دگرشکلی تشکیل و تا آخرین مراحل دگرشکلی با آن همراه هستند را می‌توان در سه گروه شکستگی قرار داد. الف: شکستگی مزدوج مایل (conjugate joints) که نسبت به جهت حداکثر کوتاه شدگی زاویه‌ی کمتر از ۴۵ درجه و معمولاً در حد ۳۰ درجه می‌سازند این نوع شکستگی‌ها به‌صورت قرینه نسبت به محور چین‌خوردگی قرار می‌گیرند ب: شکستگی‌های کششی یا طولی (longitudinal joints) که روند آن‌ها به‌موازات چین و عمود بر روند کوتاه شدگی است ج: شکستگی‌های عرضی (transverse joint) که روند آن‌ها عمود بر محور چین و به‌موازات روند حداکثر کوتاه شدگی است که می‌توان این دسته را به‌عنوان شکستگی‌های کششی در نظر گرفت تقسیم کرد؛ زیرا هنگامی که طبقات، در امتداد عمود بر محور چین تحت فشار قرار گرفته و چین‌ها را به وجود می‌آورند، در امتداد محور چین تحت کشش واقع می‌شوند، بنابراین در امتداد عمود بر محور چین، شکستگی‌های کششی به وجود می‌آیند. شکل ۲-۳ شکستگی‌های مرتبط با چین را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۳: توسعه‌ی انواع مختلف شکستگی‌ها در ارتباط با چین‌خوردگی (Ramsay & huber,)

(1987)

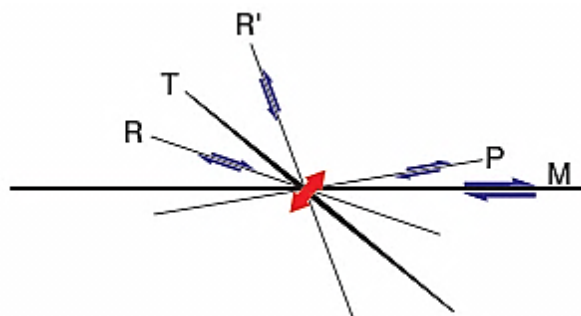
۳-۱-۲- سیستم شکستگی‌های وابسته به گسل خوردگی: برخی از شکستگی‌ها می‌توانند ناشی از فعالیت گسل‌ها باشند و در مناطق گسلی بر روی واحدهای سنگی قابل‌رؤیت هستند. برخی از این شکستگی‌ها بدون جابه‌جایی باقی‌مانده و برخی دیگر ممکن است به‌تبع فعالیت در منطقه‌ی گسل جابه‌جایی‌های نه‌چندان بزرگ را متحمل شوند و گسل‌های کوچک و فرعی نسبت به گسل اصلی بسازند. از آنجایی‌که میدان‌های تنش ایجادکننده‌ی گسل و شکستگی‌های مرتبط با آن‌ها مشابه است بنابراین ارتباط بین شکستگی‌ها و گسل‌ها می‌تواند عامل مؤثری در جهت تعیین جهات تنش باشد. انواعی از شکستگی‌ها در ارتباط با گسل ایجاد می‌شوند که از جمله‌ی آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- شکستگی‌های برشی که سطوح آن‌ها به‌موازات سطوح گسل‌ها است.

۲- شکستگی‌های برشی مزدوج که فراوانی کمتری دارند و دو دسته هستند که با یکدیگر زاویه‌ی ۶۰ درجه می‌سازند.

۳- شکستگی‌های کششی که با زاویه‌ی حاده در بین شکستگی‌های مزدوج قرار می‌گیرند.

شکستگی‌های برشی از عوارضی هستند که در مناطق شکننده به‌عنوان شکستگی‌های ثانویه همراه با گسل حضور دارند. این گروه نسبت به گسل اصلی در زوایای خاصی هستند و سازوکار حرکتی آن‌ها با سازوکار گسل اصلی مرتبط است. این ارتباط را می‌توان در الگوهایمانند برشی‌های ریدل که در شکل ۳-۳ نشان داده شده است، مورد بررسی قرار داد. اثر این شکستگی‌ها به‌صورت یک خط بر روی



شکل ۳-۳- موقعیت شکستگی‌های برشی نسبت به گسل اصلی (Fossen, 2010) این شکستگی‌های ثانویه P و R' و T و R بر اساس زاویه نسبت به گسل اصلی و ساز و کار آن‌ها نام‌های متفاوتی دارند.

سطح گسل نمایان می‌شود. این خط ناشی از تقاطع شکستگی‌های ثانویه و سطح گسل است که بر روی سطح لغزش در جهتی تقریباً عمود بر خط خش‌ها توسعه می‌یابد (Doblas, 1997). شکل‌گیری شکستگی‌های ثانویه روی سطح گسل و نیز زاویه‌ای که این شکستگی‌ها با سطح گسل می‌سازند به خواص مکانیکی سنگ (زاویه‌ی اصطکاک داخلی و نیروی چسبندگی) و شرایط فیزیکی بستگی دارد.

۳-۲- انواع روش‌های مطالعه‌ی شکستگی‌ها: مطالعه‌ی شکستگی‌ها می‌تواند بر مبنای

مشاهدات رخنمون‌های سطح زمین و یا مطالعه و تفسیر داده‌های زیرسطحی باشد. در مطالعات سطحی جهت شناسایی و بررسی خصوصیات ساختاری، شکستگی‌ها در رخنمون‌های سطحی مورد توجه قرار می‌گیرد. در این روش برداشت‌های سطحی از شکستگی‌ها، گسل‌ها و چین‌ها و سایر عوامل ساختمانی انجام می‌شود و سپس به تحلیل و بررسی داده‌ها پرداخته می‌شود. در مطالعات سطحی روش‌های متفاوتی جهت جمع‌آوری داده‌ها و برداشت شکستگی‌ها وجود دارد که از جمله آن می‌توان به روش انتخابی، کمیتی، فهرست‌نویسی و پیمایشی اشاره کرد (Marshak&mitra, 1998).

در مطالعات زیرسطحی شکستگی‌ها معمولاً از مغزه‌های به‌دست‌آمده از حفاری‌ها، داده‌های ژئوفیزیکی و نیز از لاگ‌های تصویری چاه‌ها استفاده می‌شود. در این روش مطالعه اطلاعات مورد نیاز در حفاری‌ها می‌تواند با روش‌های مستقیم از مغزه‌های جهت‌دار و معمولی و یا از روش‌های غیرمستقیم شامل برداشت اطلاعات حفاری حاصل از هرزروی گل، نمودارهای چاه پیمایی و به‌خصوص نمودارهای تصویری مانند (Formation) micro scanner)FMS، FMI و... به دست بیاید.

۳-۲-۱- اهمیت شکستگی‌ها از دیدگاه زمین‌شناسی نفت

در زمین‌شناسی نفت شکستگی‌ها از نظر حرکت سیالات پراهمیت هستند. لذا شکستگی‌ها به‌عنوان عاملی در ایجاد تراوایی و تخلخل ثانویه یاد می‌شود. ولی باید این نکته را متذکر شد که تأثیر شکستگی‌ها بر روی مخازن نفت و گاز از دوسو قابل بررسی است: زمانی که شکستگی‌ها باز

می‌باشند، به‌عنوان عاملی در ایجاد تولید و ازدیاد تراوایی به شمار می‌روند و بدین ترتیب شکستگی‌ها می‌توانند یک مخزن با تراوایی کم را یک مخزن با تراوایی و تولید بالا تبدیل کنند. اما زمانی که شکستگی‌ها به‌وسیله سیمان پر شده باشند، به‌عنوان سدی در برابر جریان سیالات عمل می‌کنند. به دلیل همین رفتارهای متفاوت شکستگی‌هاست که نمی‌توان از مطالعه شکستگی‌ها در مراحل اکتشاف، تولید و ازدیاد برداشت مخازن صرف‌نظر کرد.

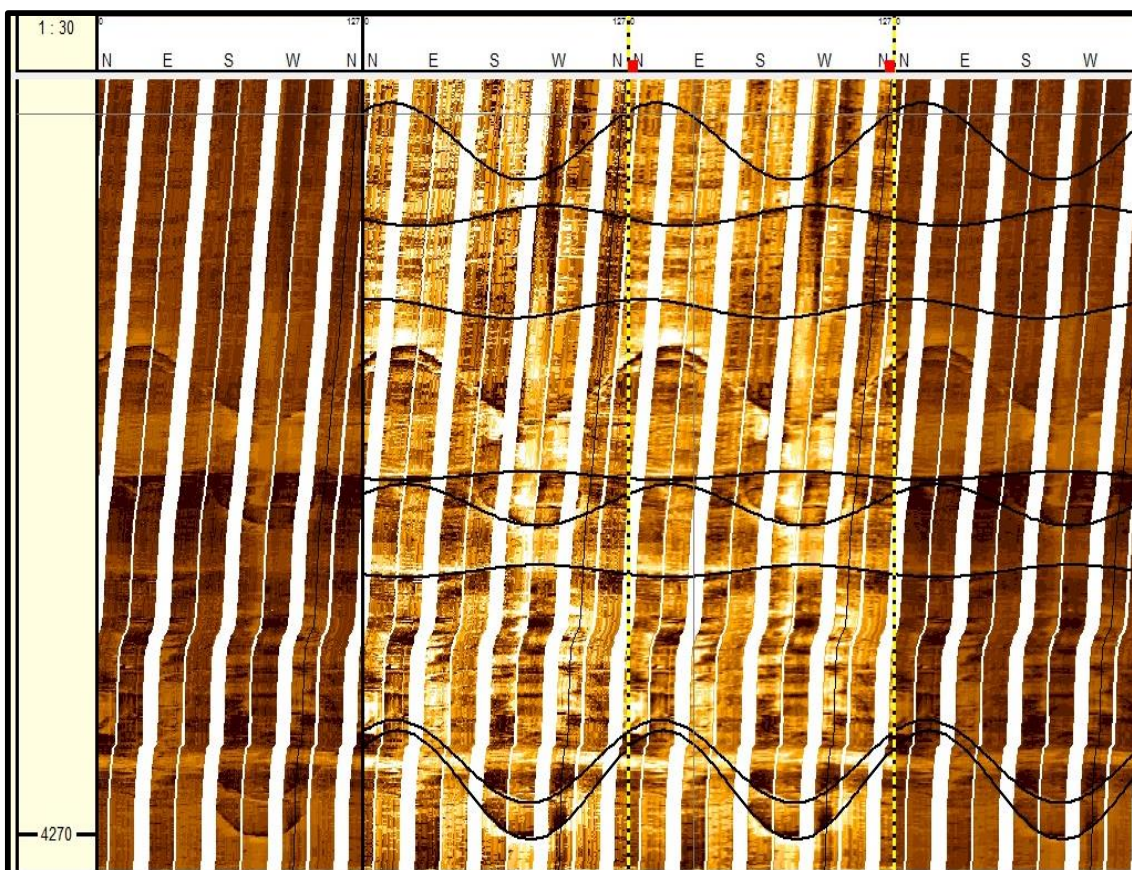
۳-۳- مبانی چاه‌نگاری تصویری

از جمله ابزارهای دقیقی که در چاه مورد استفاده قرار می‌گیرند، ابزارهای تصویری نام دارند. سالیان دراز ناتوانی زمین‌شناسان در مشاهده‌ی زمین‌شناسی مخزن، منجر به عجز آن‌ها در شناخت صحیح از مخزن شده بود. رابطه‌ی میان ساخت‌های کوچک مقیاس و تنوع رخساره‌ها را می‌توان از طریق مشاهده‌ی رخنمون آن‌ها در سطح زمین بررسی نمود، اما در چاه این رابطه به‌جز بخشی از اطلاعات که از مغزه‌ها به دست می‌آید، ناشناخته باقی می‌ماند. یکی از بهترین راه‌حل‌ها که برای رفع این مشکل ابداع شده است ایجاد تصاویری با کیفیت بالا از چاه است.

با ابداع نمودارهای FMI یا (Full-bore Formation Micro Imager) زمین‌شناسان امکان دستیابی و آنالیز جزئیاتی را یافتند که دستیابی به این داده‌ها از راه‌های دیگر چندین سال ممکن بود به طول انجامد. نمونه‌ای از تصاویر FMI در شکل ۳-۴ نمایش داده شده است.

تصاویر FMI می‌تواند رخساره‌های با مقیاس کوچک و شکست‌های بسیار ریز و استیلولیت‌ها را مشخص نماید. توسط این عملیات اجرایی بی‌نظیر زمین‌شناسان این امکان را یافتند که شناخت کاملی از ویژگی‌های مخازن نفتی پیدا کنند.

شبیه‌سازی چاه در اواخر سال ۱۹۶۰ همراه با ابداع Bore Hole Tele Viewer (BHTV) آغاز گشت. این ابزار توسط صنعت نفت و گاز برای استفاده در عملیات اجرایی نامناسب معرفی شد.



شکل ۳-۴- نمونه‌ای از تصاویر FMI

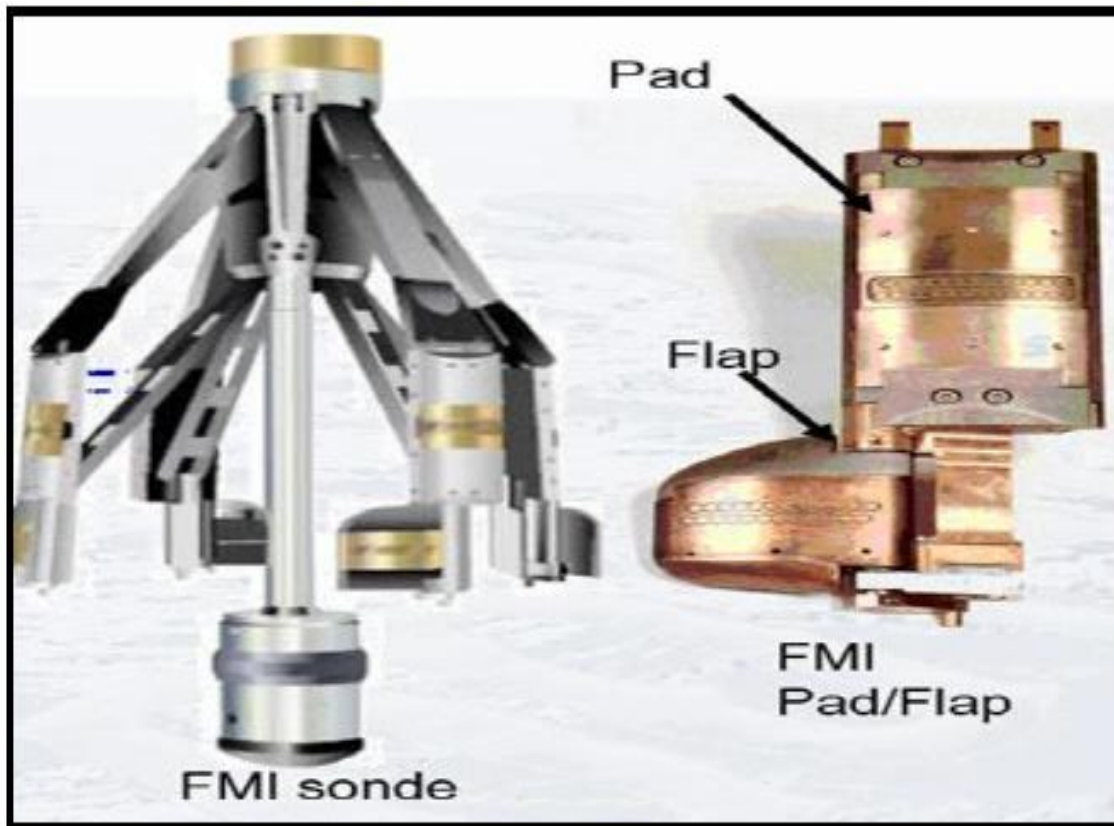
تکنولوژی بعدی ابداع شده در تصویرسازی چاه با نام میکرواسکنر سازندی، پله بزرگی به‌سوی پیشرفت تلقی می‌گردد. تصاویر تمیز و واضح به‌دست‌آمده از این ابزار باعث پیشرفت زیادی در تصاویر حاصل از چاه شده است. با این‌وجود حتی میکرواسکنرهای سازندی نیز نمی‌توانند جزئیات تصاویر را نمایان سازند.

اما ابزار FMI تصاویری در حد تفکیک و شناسایی لایه‌های بسیار نازک ایجاد کرده است. برای اولین بار زمین‌شناسان با استفاده از این تصاویر توانستند میان ساختارهای کوچک مانند لایه‌های مورب، استیلولیت‌ها، درزه‌های کششی و شکست‌های مو مانند، به‌طور واضح تفاوت قائل شوند. با استفاده از این تصاویر می‌توان نقشه‌های تغییرات رخساره‌ای و تغییرات نوع تخلخل که برای طرح‌ریزی توسعه مخازن پیچیده به آن‌ها نیاز داریم تهیه کرد. با استفاده از این تصاویر همراه با توانایی آنالیز ساختارهای رسوبی مانند لایه‌بندی مورب و تغییرات تخلخل زمین‌شناسان این امکان را پیدا می‌کنند که ژئومتری

مخازن، چگونگی ته‌نشست و تشکیل مخازن منطقه را با در صد بالاتری پیش‌بینی نمایند. از تصاویر حاصل از FMI در تعداد زیادی از میادین نفتی ایران از جمله هفتگل، آزادگان، اهواز مارون، پارس جنوبی، بی بی حکیمه، آسماری، کوشک و میدان دی استفاده شده است. این مطالعات به آشکارسازی سیستم شکستگی‌ها که بر عملیات اجرایی چاه تأثیرگذار است کمک می‌نماید. از این تصاویر در دستیابی به اثرات تکتونیکی تأثیرگذار بر مخزن استفاده می‌شود.

۳-۱-۳- اصول کار در تهیه تصاویر FMI

این ابزار اندازه‌گیری خود را توسط استفاده از جریان‌های رایج موجود در سازند انجام می‌دهد. الکتروود بالایی از ابزارهای الکترونیکی و الکتروود پائینی از بخش صفحه‌ای تشکیل شده است. این ابزار از هم‌پوشانی چاه‌ها، اندازه‌گیری‌هایی با حد تفکیک بالا در مقیاس استاندارد (۵/۸ اینچ یا کمتر) تهیه می‌نماید.

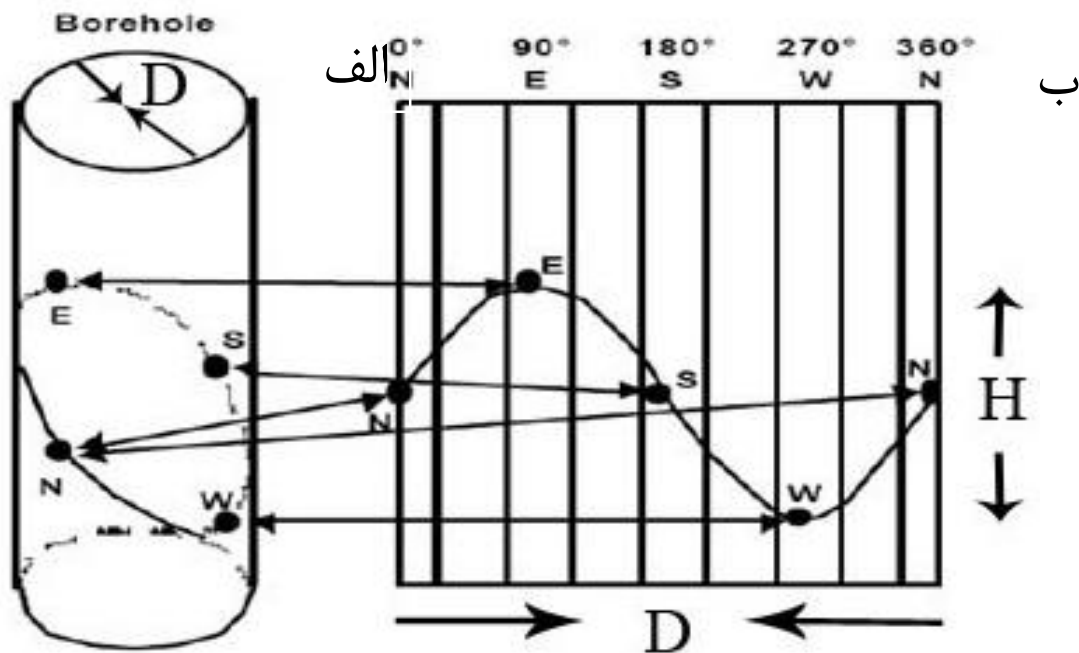


شکل ۳-۵- سمت چپ ابزار FMI و سمت راست بالشتک و سنسور در ابزار برگرفته از schlumberger1991

مناطق با رنگ سفید در تصاویر FMI شاخص نواحی با مقاومت بالا (مانند انیدریت و یا هیدروکربور موجود در منافذ) می‌باشد و نواحی با رنگ تیره زون‌هایی با مقاومت پائین، منافذ پرشده از آب یا شیل است. در شکل ۳-۵ نمایی از ابزار FMI و بالشتک‌های تصویربرداری آن نشان داده شده است. لاگ تصویری، تصویری استوانه‌ای از دیواره چاه است. هر پدیده صفحه‌ای شکل، مانند لایه‌بندی و شکستگی، که چاه را به صورت غیر قائم قطع کرده باشد، در استوانه چاه به شکل بیضی دیده می‌شود. در صورتی که استوانه در امتداد محورش بریده و باز شود، پدیده‌ی صفحه‌ای به صورت یک موج سینوسی ظاهر می‌شود (شکل ۳-۶). از روی شکل موجی آن می‌توان آزیموت جهت شیب و شیب لایه را به دست آورد. آزیموت لایه تقریباً برابر با آزیموت قعر موج است. برای به دست آوردن شیب لایه از رابطه‌ی (۱) استفاده می‌شود. شیب به دست آمده شیب حقیقی لایه است.

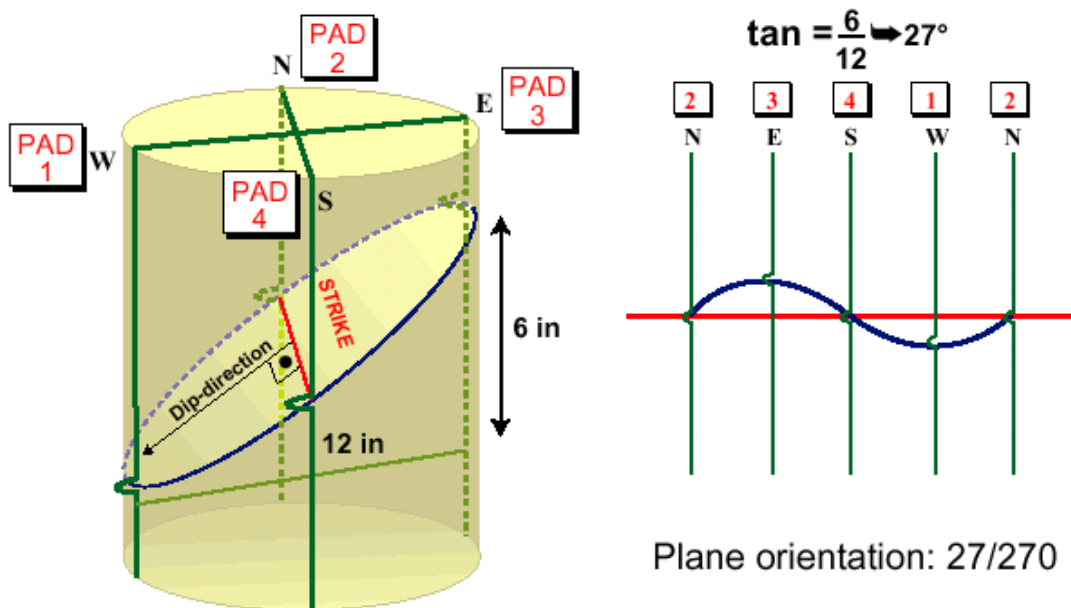
$$\Theta = \tan^{-1} \frac{H}{D} \quad (۱)$$

که در این رابطه Θ زاویه‌ی شیب سطح، H دامنه‌ی موج سینوسی و D قطر چاه و طول موج آن است. در شکل ۳-۷ مثالی برای درک بیشتر این مسئله آورده شده است.



شکل ۳-۶- الف- تصویر استوانه‌ای از دیواره چاه و صفحه‌ای که چاه را به صورت غیر قائم قطع کرده است.
ب- تصویر باز شده استوانه چاه و نمایش موج سینوسی حاصل از باز شدن پدیده‌ی صفحه‌ای برگرفته از

schlumberger1991



شکل ۳-۷-در این شکل قطرچاه و دامنه‌ی موج به ترتیب با اعداد ۱۲ و ۶ اینچ هست که زاویه‌ی θ به دست آمده در نهایت ۲۷ درجه است برگرفته از Schlumberger 1991.

در این شکل همان‌طور که مشاهده می‌شود یک پدیده‌ی صفحه‌ای، استوانه‌ی چاهی به قطر ۱۲ اینچ را قطع کرده است. که این عدد در فرمول D می‌باشد. دامنه صفحه‌ی باز شده ۶ اینچ است. که در فرمول H می‌باشد. همچنین در شکل باز شده‌ی صفحه مشاهده می‌شود که جهات جغرافیایی با اعدادی نمایش داده شده است. که یک دایره‌ی کامل را نشان می‌دهد. عدد ۲ در سمت چپ شروع دایره را با جهت N نشان می‌دهد و به ترتیب بقیه‌ی جهات جغرافیایی ادامه دارد تا جایی که دایره‌ی کامل نشان داده شود و دوباره به جهت N برسیم. هر کدام از این جهات عدد مخصوص به خود را در روی دایره دارند که قعر موج سینوسی روی هر نقطه‌ای قرار بگیرد، عدد آن نقطه مقدار آزیموت صفحه را نشان می‌دهد. که در این مثال نقطه‌ی قعر موج روی جهت W قرار گرفته است که روی دایره‌ی تصویر عدد این جهت ۲۷۰ می‌باشد. بنابراین با توجه به فرمول هندسه‌ی این صفحه ۲۷/۲۷۰ می‌باشد.

۳-۳-۲- مراحل ساخت تصویر

فرمت اطلاعات دریافتی DLIS و LAS می‌باشد. برای ساخت تصاویر از نرم افزار Geolog استفاده می‌شود. برای مطالعه روی تصاویر ابتدا باید تصاویر ساخته شده و روی آن‌ها تصحیحاتی انجام شود که این مراحل به صورت زیر انجام شده است:

۱- تعریف پروژه برای نرم‌افزار

۲- وارد کردن اطلاعات چاه موردنظر در نرم‌افزار

۳- وارد کردن تصویر اولیه و انجام تصحیح سرعت بر روی آن: در زمانی که تصویرگر درون چاه مشغول به تهیه تصویر است تغییراتی در سرعت ابزار ایجاد می‌شود. به علت درگیری و چسبندگی ابزار به دیواره چاه سرعت دستگاه کاهش یافته و کشیدگی کابل به وجود می‌آید سپس ناگهان ابزار رها می‌شود و شتاب می‌گیرد. چون داده‌ها به صورت میلیمتری برداشت می‌شود تصحیح سرعت از اهمیت بالایی برخوردار است.

۴- انجام مرحله‌ی Image Generation که طی آن تصویر تولید می‌شود.

۵- اجرا کردن ماجول Equalize که به این پدیده عمل یکسان‌سازی می‌گویند. برای به دست آوردن پاسخ‌های یکنواخت و همگن داده‌های مربوط به هر کانال باید اصلاح شوند.

۶- مرحله‌ی Normalize که بهنجار سازی را انجام می‌دهد و کیفیت تصویر در اثر اجرای این ماجول افزایش می‌یابد. در این مرحله ۲ تصویر استاتیک و دینامیک تولید می‌شود. در تصویر دینامیکی جزئیات بیشتری اعم از شکستگی‌های کوچک مقیاس قابل تشخیص است.

۷- نشان دادن تصویر در یک Track که از قسمت Insert image این Track جدید را باز کرده و

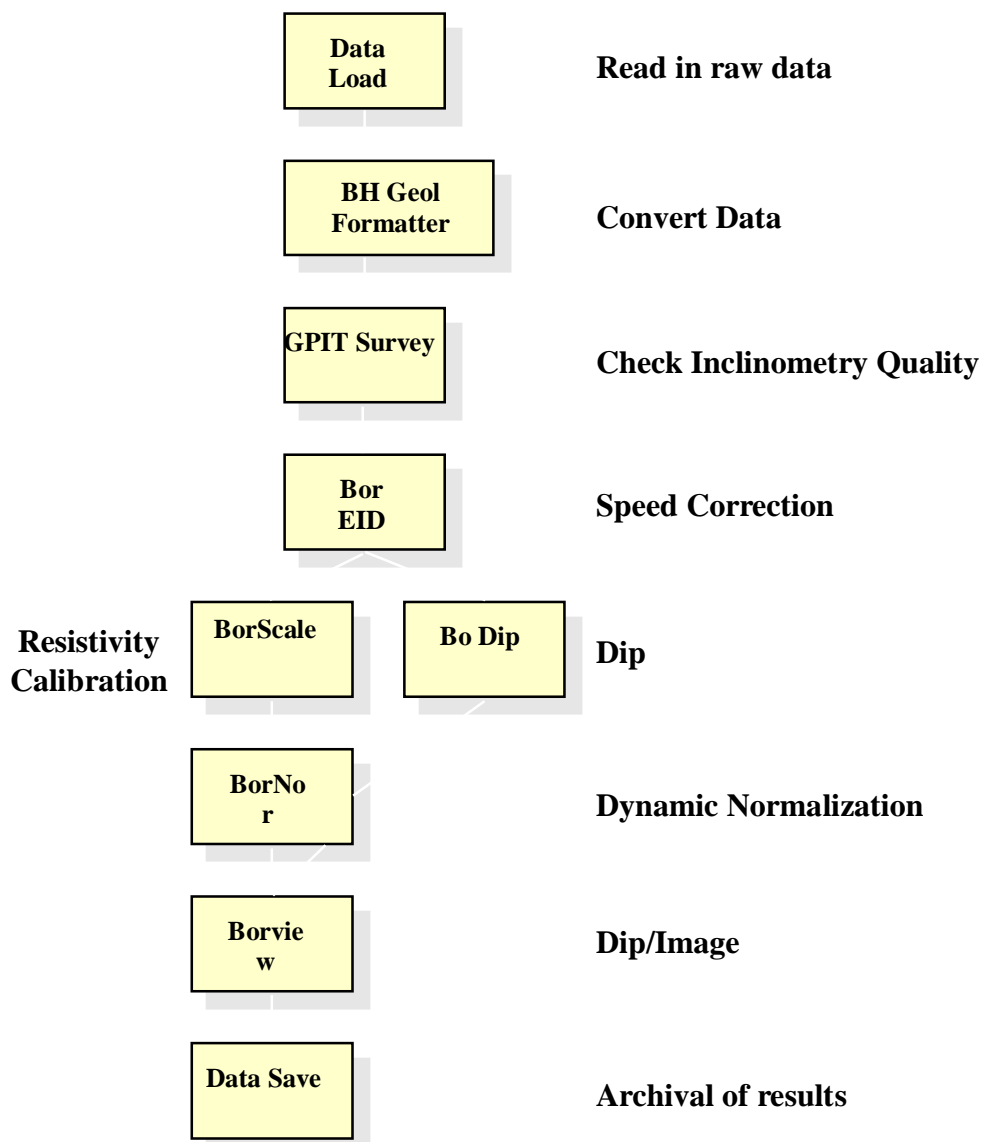
تصویری که تصحیحات روی آن انجام شده را روی این قسمت وارد می‌کنیم.

۸- یک Track که بتوانیم شیب‌ها را روی آن نمایش دهیم از طریق Tnsert Dip باز می‌کنیم. باید توجه داشته باشیم که از Full Set Log باید یک سری از لاگ‌هایی که نیاز است را در set ساخته

شده کپی کنیم تا بتوانیم شیب‌ها را علامت‌گذاری کنیم برای مثال Devi و Hazi

۹- روی Track تصویراز قسمت Dip Edit شروع به پیک کردن موارد موردنظر می‌کنیم. هر پدیده صفحه‌ای شکل، مانند لایه‌بندی و شکستگی، در استوانه چاه به شکل بیضی دیده می‌شود. از روی شکل سینوسی می‌توان آزمون و شیب لایه را به دست آورد. در این قسمت می‌توانیم نوع پدیده‌ی صفحه‌ای که پیک می‌کنیم همچنین کیفیت آن و سایر تنظیمات را انجام دهیم.

۱۰- در این مرحله بعد از مشخص کردن سطوح لایه‌بندی و شکستگی‌ها و سایر پدیده‌های داخل چاه به تحلیل و تفسیر آن‌ها می‌پردازیم. در شکل ۳-۸ مراحل بازخوانی داده‌ها و ساخت تصاویر به صورت تصویری مشاهده می‌شود.



شکل ۳-۸- مراحل ورود دیتا و تصحیحات در نرم‌افزار ژئولاگ

علائم به کاررفته در نرم افزار: برای نمایش شیب از یک علامت به نام Tadpole (بچه قورباغه) استفاده می گردد. هر تدپول از یک سر دایره ای یا مثلثی تشکیل شده که مقدار شیب را نشان می دهد. یعنی این قسمت دایره ای در هر قسمتی از صفحه ی لگاریتمی باشد مقدار شیب را نشان می دهد و یک دم کوتاه برای نشان دادن جهت شیب تشکیل شده است. جدول ۱-۳ علامت های نشان داده شده در نرم افزار را برای موارد مختلف شناسایی شده در روی لاگ تصویری نمایش می دهد.

جدول ۱-۳- علامت های به کاربرده شده در نرم افزار برای عوارض شناسایی شده

علامت در نرم افزار	عارضه ی شناسایی شده روی نمودار
	شکستگی
	لایه بندی
	ریزش دیواره ی چاه
	شکستگی کششی

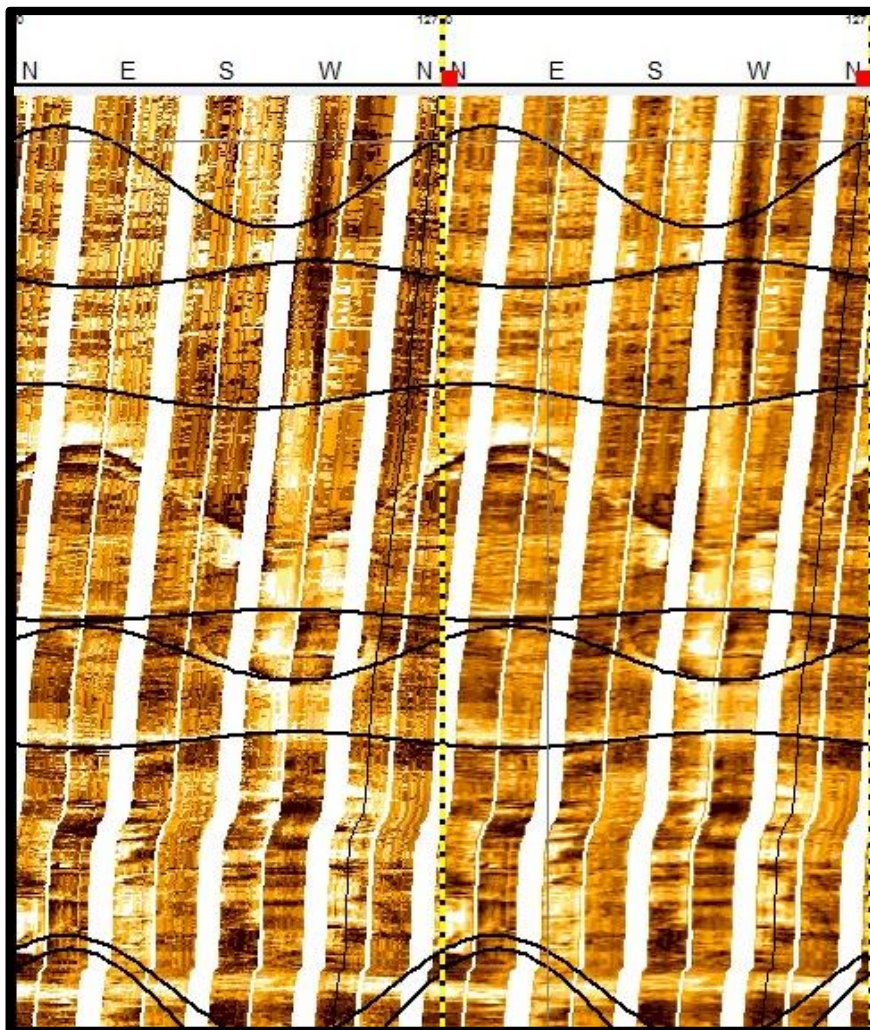
۳-۴- شکستگی های زیرسطحی

یکی از عوامل مهم تأثیر شکستگی ها در تخلخل و تراوایی شکل شناسی سطح شکستگی ها است. بررسی شکل شناسی می تواند با مطالعه ی نمودارهای تصویرگر و نیز مغزه ها و رخنمون ها صورت گیرد. در چاه ها شکستگی ها به دو دسته ی شکستگی های طبیعی و شکستگی های القایی تقسیم می شوند. شکستگی های طبیعی به دو دسته باز و پر شده تقسیم می شوند. شکستگی های القایی هم شامل ریختگی های دیواره ی چاه و شکستگی های کششی ناشی از عملیات حفاری می شوند که در ادامه به توضیح هر کدام پرداخته می شود.

۳-۴-۱- شکستگی های طبیعی:

شکستگی های باز: در این شکستگی ها، فضای میان دو دیواره شکستگی ها پر شده نیستند. چنین شکستگی هایی کانال های پرتراوا برای جریان سیالات در سنگ را به وجود می آورند. مقدار تراوایی آن ها تابعی از پهنای اولیه (فضای بین دو دیواره شکستگی) و زبری سطح دیواره ها است. معمولاً از

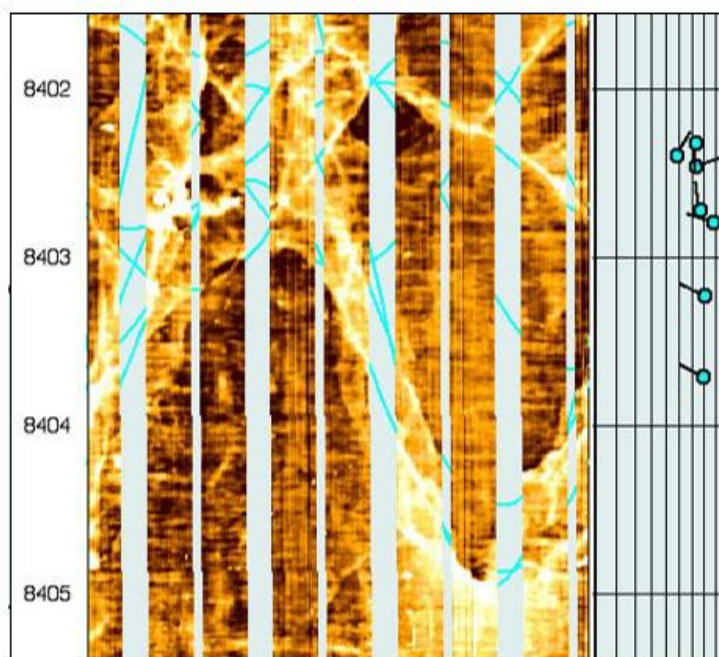
گل حفاری پر می‌شوند. لذا اگر گل رسانا باشد، مقاومتی که در این قسمت توسط ابزار تصویری مانند FMI ثبت می‌شود از زمینه کمتر است و به‌صورت یک موج سینوسی کامل یا ناپیوسته تیره‌رنگ در نمودارهای تصویری دیده می‌شوند. در صورتی که مخزن دارای تعداد زیادی از این نوع شکستگی‌ها باشد پتانسیل تولید بالای دارد. شکستگی‌های باز طبیعی بر اساس ظاهر و پیوستگی در اطراف گمانه به شکستگی‌های باز، شکستگی‌های باز ناپیوسته، شکستگی‌های باز احتمالی و شکستگی‌های باز متفرقه دسته‌بندی می‌شود. نمونه‌ای از این شکستگی‌ها در شکل ۳-۹ دیده می‌شود.



شکل ۳-۹- نمونه‌ای از شکستگی‌های باز در لاگ FMI

شکستگی‌های پر شده: این شکستگی‌ها، ابتدا دارای دهانه باز بوده، اما در طی دیاژنز توسط سیمن-های دیاژنتیکی که اغلب شامل کلسیت، کوارتز، دولومیت و انیدریت می‌باشند، پر شده‌اند. پهنای دهانه پرشدگی آن‌ها ممکن است در طول گمانه تغییر کند. پر شدن شکستگی‌ها گاهی کامل و زمانی

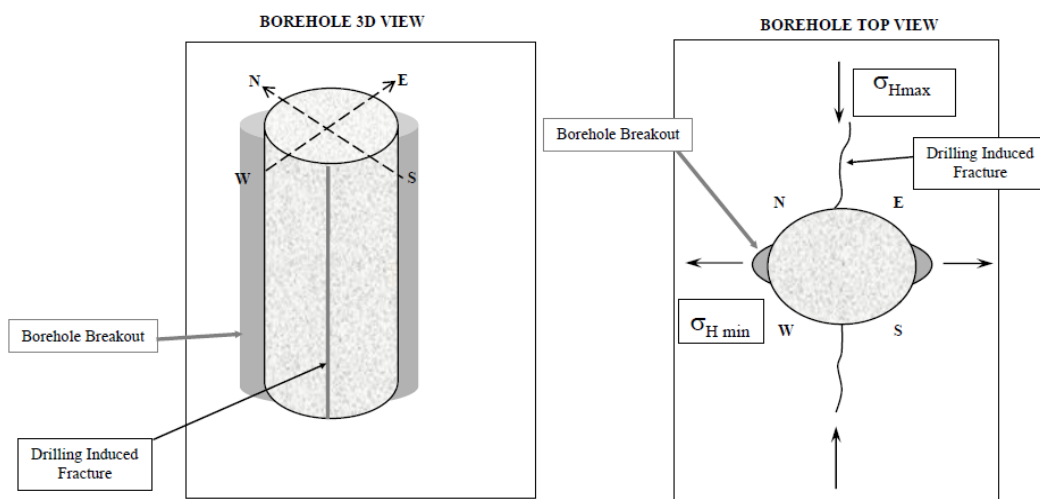
ناقص است و تأثیر این‌گونه شکستگی‌ها بر تراوایی سنگ تابعی از کامل و یا ناقص بودن آن است. این شکستگی‌ها بر روی نمودارهای تصویری به صورت یک موج سینوسی روشن ظاهر می‌شوند. نمونه‌ای از شکستگی‌های پرشده در شکل ۳-۱۰ نمایش داده شده است. این شکل قسمتی از تصویر چاه را نشان می‌دهد که با مغزه به دست آمده از همین عمق مقایسه شده است. مغزه‌ها علاوه بر اطلاعاتی مانند تخلخل، تراوایی و چگالی می‌توانند در مورد شکستگی‌ها نیز اطلاعات فراوانی نظیر شکل، نوع و همچنین هندسه‌ی آن‌ها در اختیار قرار بدهند. در این شکل شکستگی‌های بسته‌ی شناسایی شده در روی تصاویر در مقایسه با مغزه به دست آمده از عمقی از چاه، تأیید می‌شوند. بر روی مغزه پرشدگی شکستگی‌ها دیده می‌شود.



شکل ۳-۱۰- نمونه‌ای از شکستگی‌های بسته در لاگ FMI و مقایسه‌ی آن با مغزه‌ی به دست آمده از همین اعماق

۳-۴-۴- شکستگی‌های القایی

گسیختگی دیواره‌ی چاه در نمودار الکتریکی FMI: گسیختگی دیواره چاه (Borehole Breakout) که شاید بتوان آن را نوعی نقص برشی مرتبط با عملیات حفاری معرفی نمود، همان طولیل‌شدگی چاه در راستای یکی از قطرهای می‌باشد، به‌گونه‌ای که در اثر برش قسمتی از دیواره‌ی چاه مقطع عرضی چاه از حالت دایره به بیضی تبدیل می‌گردد. استفاده از گل حفاری سبک، به‌عنوان اصلی‌ترین عامل شناخته شده در این فرآیند، سبب کاهش فشار چاه در مقایسه با فشار سازند گردیده و به‌عبارت‌دیگر غلبه تنش مماسی (حلقوی) بر تنش شعاعی وارد بر دیواره چاه، ایجادکننده دسته‌ای از شکستگی‌های برشی در راستای یکی از قطرهای چاه که موازی با σ_h است می‌باشد. (قاسم العسگری ۱۳۹۰)

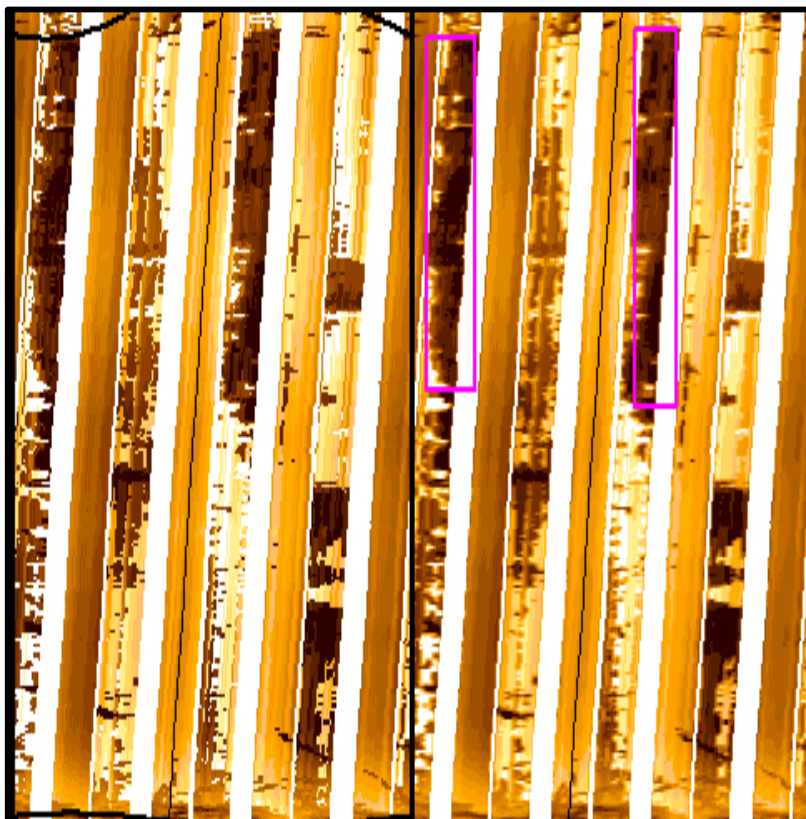


شکل ۳-۱۱- شماتیکی از گسیختگی‌های دیواره‌ی چاه و شکستگی‌های کششی و جهات تنش با توجه به آن‌ها نقل از

(Kulander 1987)

با گذشت زمان، ریزش تدریجی سازند در این نواحی به دلیل ناپایداری، سبب طولیل‌شدگی این قطر چاه می‌شود (شکل ۳-۱۱). از آنجائی که این پدیده رابطه عکس با تنش هیدرو استاتیک دارد، لذا افزایش وزن گل حفاری کمک بزرگی در پیشگیری از این پدیده به حساب می‌آید. ریزش دیواره چاه و طولیل‌شدگی در راستای یکی از قطرهای آن، مانع از اتصال تعدادی از بالشتک‌های موجود در ابزار FMI با سازند می‌گردد. از این‌رو در محل طولیل‌شدگی دو نوار مبهم و هاله مانند بافاصله ۱۸۰ درجه از یکدیگر

بر روی تصویر الکتریکی ظاهر می‌گردد که کیفیت تصویر را در تفسیر رخساره‌های زمین‌شناسی کاهش می‌دهد. (قاسم العسگری ۱۳۹۰) نمونه‌ای از ریزش‌های دیواره‌ی چاه بر روی نمودارهای تصویری در شکل ۱۲-۳ نشان داده شده است. در منابع مختلف این شکستگی با عنوان‌های گسیختگی دیواره‌ی چاه، ریزش دیواره‌ی چاه و شکستگی برشی نام برده شده است.

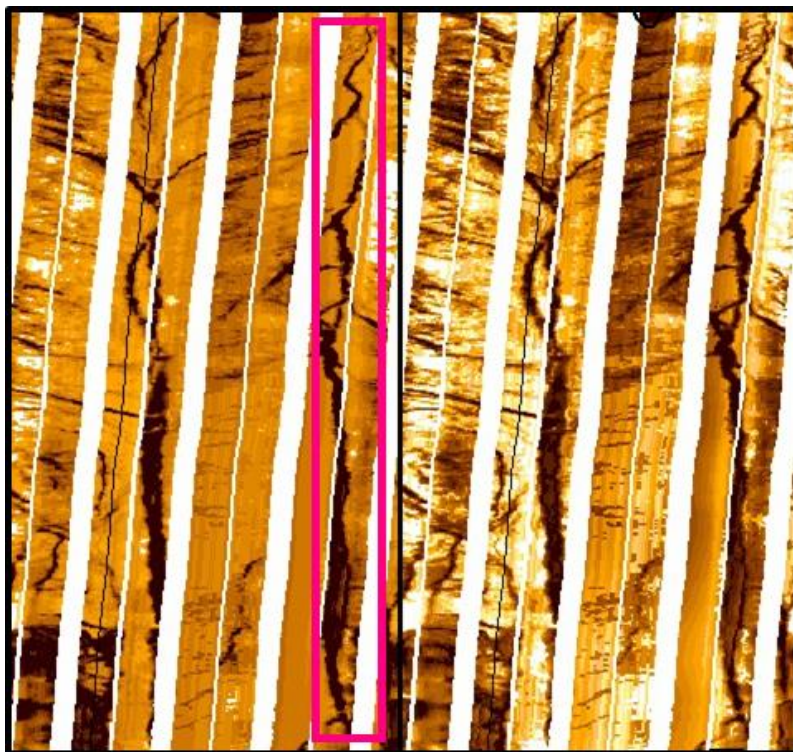


شکل ۱۲-۳- نمونه‌ای از گسیختگی مشاهده شده در چاه

شکستگی‌های حاصل از عملیات حفاری و اثر آن‌ها بر روی نمودار الکتریکی **FMI**: مشابه با جهت‌گیری ترجیحی گسیختگی چاه، دیواره چاه‌های حفر شده در مناطقی باحالت تنش درجای ناهمگن، در شرایط استفاده از گل حفاری سنگین، دچار شکستگی‌های کششی در جهت تنش افقی حداکثر می‌گردند که به شکستگی‌های حاصل از عملیات حفاری (Drilling-Induced Fractures) معروفند. در شرایط استفاده از گل حفاری سنگین، افزایش فشار چاه در مقابل فشار سازند، منجر به غلبه تنش شعاعی بر تنش مماسی (حلقوی) شده و سبب ایجاد شکستگی‌های کششی می‌گردد. بنابراین همواره

جهت عمود بر گسیختگی را نشان می‌دهند. علاوه بر وزن نامناسب گل، بار روی مته، برداشته شدن وزن لایه‌های بالایی از روی لایه‌های زیرین در هنگام حفاری و بالاخره خصوصیات سنگ و تنش‌های درجای منطقه‌ای از دیگر عوامل کنترل‌کننده این شکستگی‌ها می‌باشند (غفوری، ۱۳۹۱).

تفکیک این شکستگی‌ها با نفوذ محلی و کم تا نزدیکی دیواره چاه که نقش مهمی در زهکشی از مخزن ایفا نمی‌کنند، از شکستگی‌های طبیعی امری ضروری و درعین حال دشوار است و تنها فاکتور قابل‌استفاده برای این منظور، توجه به نحوه گسترش آن‌ها بر روی نمودارهای تصویری می‌باشد. برخلاف شکستگی‌های طبیعی که معمولاً به‌صورت متقارن و به شکل امواج سینوسی، محور چاه را قطع می‌نمایند، این شکستگی‌ها به‌صورت خطوط مستقیم یا موجی طویل بافاصله ۱۸۰ درجه از یکدیگر در طول محور چاه گسترش داشته و به دلیل باز بودن و پرشدگی با سیال رسانای حفاری، همیشه تیره‌رنگ می‌باشند. نمونه‌ای از این شکستگی‌های کششی بر روی نمودارهای تصویری در شکل ۳-۱۳ نشان داده شده است. در منابع مختلف از برای این نوع شکستگی از کلمات شکستگی حاصل از عملیات حفاری و شکستگی کششی استفاده شده است.

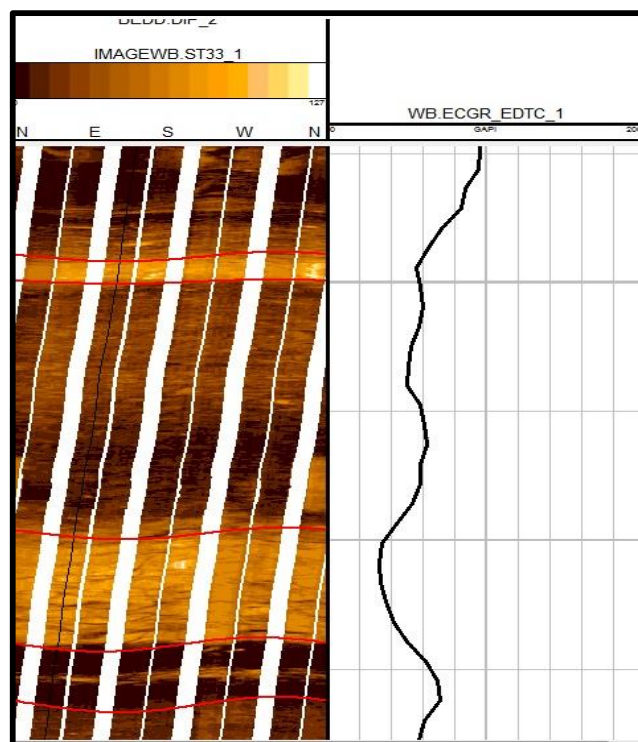


شکل ۳-۱۳- نمونه‌ای از شکستگی کششی مشاهده شده در چاه

۳-۵- لایه بندی : از دیگر عوارض ساختمانی قابل شناسایی روی نمودارهای تصویری سطوح لایه بندی

هست. ویژگی های لایه بندی شامل ترکیب سنگ شناسی، خواص، مقدار شیب و ضخامت می باشد. خواص مکانیکی سنگ، نوع و خصوصیات شکستگی ها را تحت تأثیر قرار می دهند. جهت گیری و ضخامت لایه بندی از روی لاگ های تصویری قابل شناسایی و سایر ویژگی های آن قابل تخمین است.

دو طرف سطح لایه بندی دارای تباین فیزیکی است که اختلاف مقاومت الکتریکی و تباین صوتی را در محل لایه بندی باعث می شود، بنابراین در لاگ های تصویری، سطح لایه بندی به صورت تغییرات ناگهانی مقاومت الکتریکی در تصویر بهنجار شد استاتیکی، در تمام بالشتک ها دیده می شود. (قاسم العسگری ۱۳۹۰) مرزهای لایه بندی در تصاویر حاصل از نمودار به دو صورت دیده می شوند: دسته اول به صورت مرزهایی واضح و صفحه ای هستند، لایه های با شیب لایه بندی مطمئن (High HC Confidence) نامیده می شوند. دسته دوم مرزهای دارای ابهام و به صورت ناهموار می باشند که لایه های

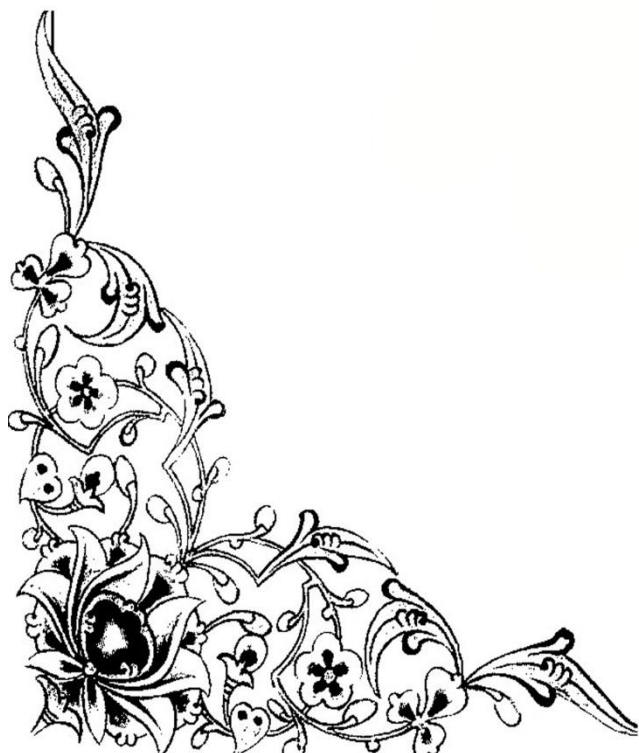


شکل ۳-۱۴- نمونه ای از سطوح لایه بندی در لاگ FMI

با شیب لایه بندی نامطمئن (Low Confidence) LC گفته می شوند. نمونه ای از سطوح لایه بندی شناسایی شده در تصاویر FMI در شکل ۳-۱۴ دیده می شود.



فصل چهارم میدان مورد مطالعه

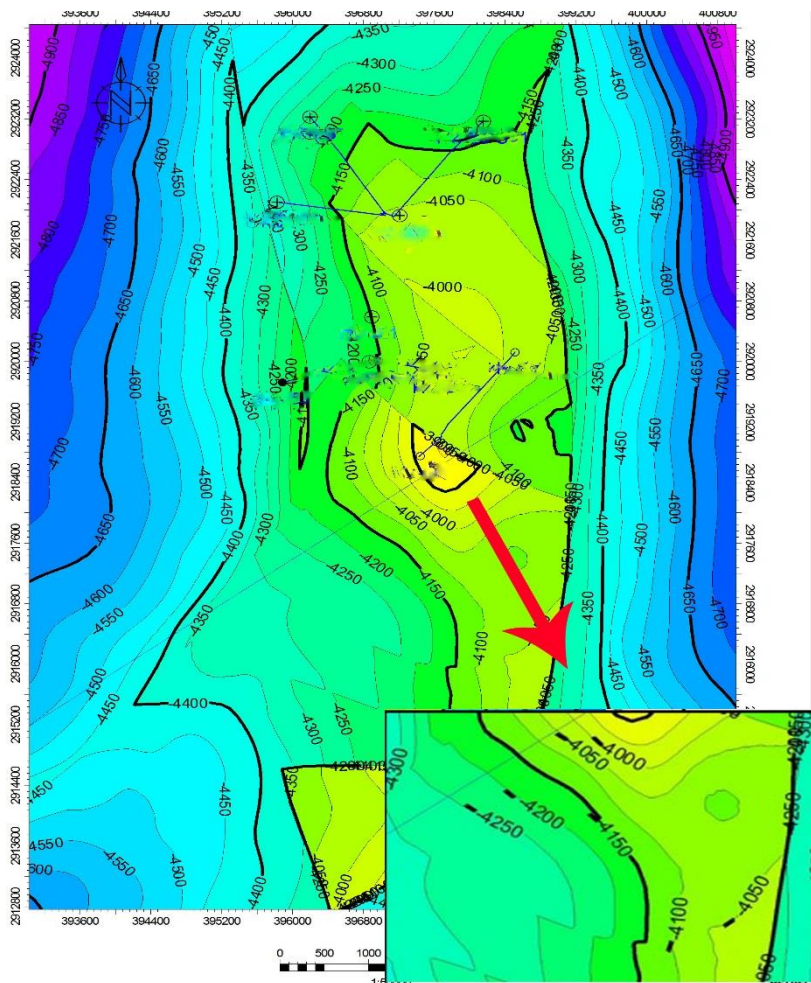


شکستگی‌ها از معمول‌ترین ساختارهای زمین‌شناسی و از مهم‌ترین ساختارها در زمین‌شناسی نفت محسوب می‌شوند. مطالعه‌ی دقیق و بررسی ارتباط بین شکستگی‌ها و عوامل ایجادکننده‌ی آن‌ها ابزارهای مهمی را در اختیار زمین‌شناسان قرار می‌دهد. بررسی نوع شکستگی‌ها و ارتباط آن‌ها با یکدیگر همچنین چگالی شکستگی‌ها در زون‌های مختلف مخزنی برای طرح گسترش میدان و اکتشاف و تولید در میادین هیدروکربوری بسیار حائز اهمیت می‌باشد. همچنین یافتن شکستگی‌های القایی در چاه‌های مورد مطالعه و تفسیر هندسه‌ی آن‌ها در یافتن میدان تنش محلی و یا ناحیه‌ای بسیار مهم می‌باشد.

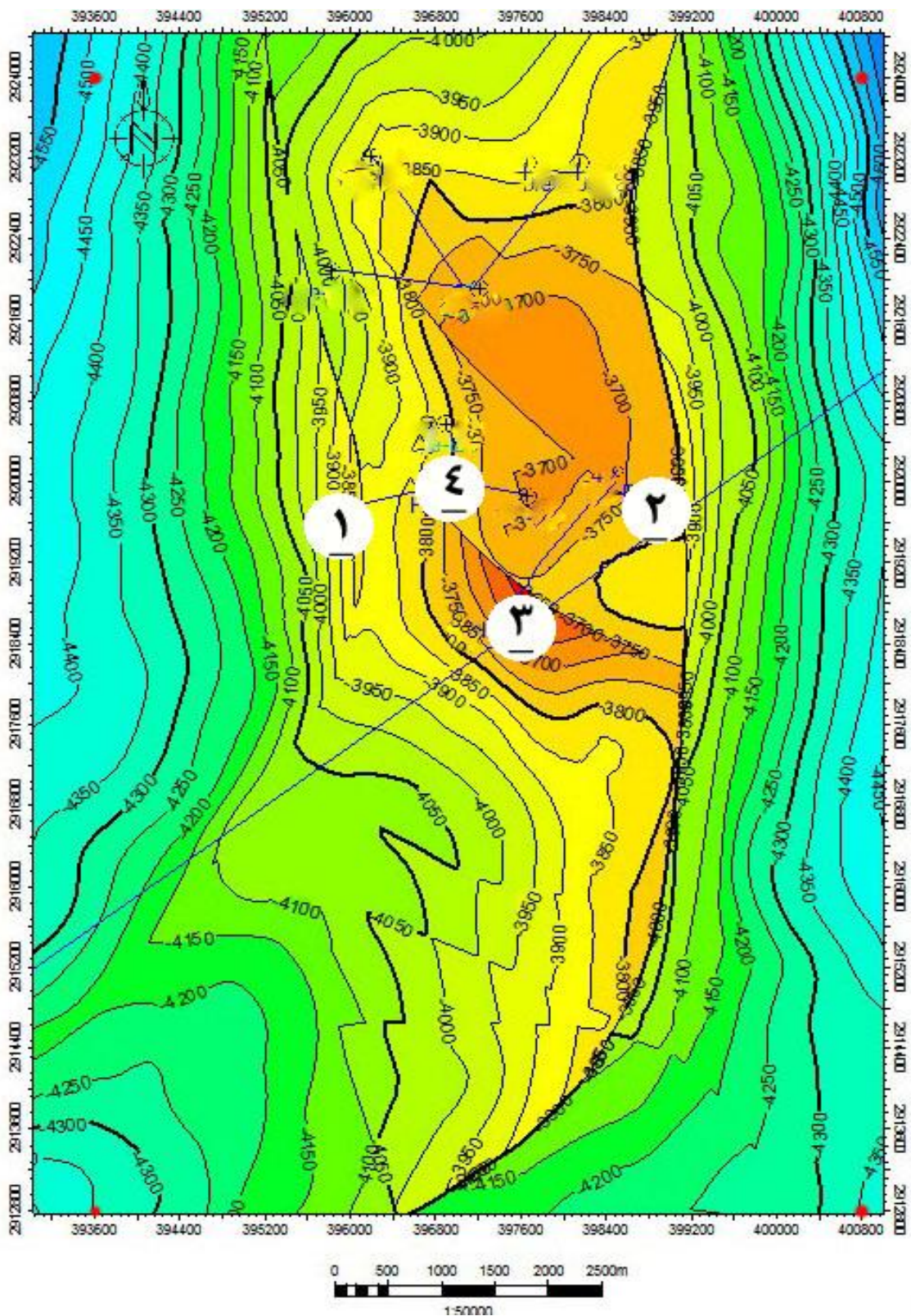
در این بخش ابتدا نقشه‌های همتراز ساختمانی تهیه شده از میدان مورد بررسی قرار می‌گیرد. سپس به بررسی آماری و همچنین دسته‌بندی شکستگی‌های شناسایی‌شده در نمودار تصویری چاه‌های این میدان پرداخته می‌شود. سپس شیب ساختمانی در هر چاه با توجه به سطوح لایه‌بندی شناسایی‌شده بر روی نمودارهای تصویری تفسیر می‌شود. در شکل ۲-۴ در فصل دوم موقعیت چاه‌ها بر روی تاق‌دیس موردنظر و موقعیت نسبی چاه‌های مورد مطالعه نسبت به یکدیگر نشان داده شده است.

نقشه‌های ساختمانی زیرسطحی (UGC) بر اساس عمق کنتور بندی شده‌اند. همانطور که در اشکال ۱-۴ و ۲-۴، مشاهده می‌شود که روی هر خط کنتور، عدد عمق نوشته شده است که این اعداد منفی می‌باشند و دلیل منفی بودن آن‌ها این است که ساختار مورد مطالعه زیر تراز صفر واقع شده است. شکل ۱-۴ نقشه‌ی ساختمانی زیر سطحی سر سازند داریان در این میدان می‌باشد که در آن ارتفاع منفی خطوط کنتوری مشخص است. خطوط از مرکز یعنی منطقه‌ی لولا به سمت یال‌ها دارای ارزش عددی کمتری می‌شوند که این حالت، برآمدگی ساختاری و تاق‌دیس بودن میدان مورد مطالعه را تایید می‌کند. همچنین با توجه به راهنمای نقشه، نواحی دارای رنگ‌های قرمز و زرد ارتفاع بالاتری نسبت به نواحی دارای رنگ‌های سبز و آبی دارند. نقشه‌های ساختمانی زیرسطحی موجود از این میدان مربوط به سرسازندهای ایلام و میشریف و داریان هستند. در این نقشه‌ها در نقاطی مشاهده می‌شود که طرح خطوط کنتوری بعد از رسیدن به عوارضی خطی تمام می‌شوند و بعد از عارضه‌ی خطی، کنتورها با

ارتفاع متفاوتی، ادامه دارند. در نگاه اول می توان این عوارض را گسل هایی دانست که باعث انقطاع در طرح خطوط کنتوری شده اند. باید توجه داشت که این خطوط تمرکزی روی منطقه ی لولا از خود نشان می دهند، همچنین دارای طرح منظمی هستند؛ اما به دلیل ادامه دار نبودن آن ها در قسمت های یالی تاقدیس، نمی توان آن ها را گسل دانست. بلکه این خطوط شکستگی های عمیقی هستند که جابه جایی اندکی در امتداد آن ها صورت گرفته است که با به هم ریختگی خطوط تراز در نقشه های ساختمانی زیر سطحی قابل تشخیص هستند. این شکستگی ها می تواند به دلیل طرح منظمی که بر روی منطقه ی لولا دارند، دارای منشأ اولیه باشند و در زمان تشکیل چین، به وجود آمده باشند. شکل ۴-۲ شکستگی های مذکور بر روی نقشه ی ساختمانی سر سازند ایلام در میدان مورد مطالعه را نشان می دهد که شکستگی های اصلی با اعداد ۱ تا ۱۰ مشخص شده اند.



شکل ۴-۱- نقشه ی همتراز ساختاری سر سازند داریان میدان مورد مطالعه، قسمت بزرگنمایی شده ارتفاع منفی خطوط کنتوری را نشان می دهد. برگرفته از شرکت نفت فلات قاره ایران



شکل ۴-۲- نقشه‌ی هم‌تراز ساختمانی سرسازند میشریف میدان مورد مطالعه که موقعیت چاه‌های مورد مطالعه بر روی نقشه مشخص است. (برگرفته از شرکت نفت فلات قاره ایران)

البته باید به این نکته اشاره کرد که دلیل قاطعی بر صحت کامل نقشه‌های زیرسطحی وجود ندارد اما با توجه به اهمیت مطالعات ساختاری زیرسطحی و همچنین عدم وجود امکان برای مطالعات سطحی در میدانی مانند میدان مورد مطالعه که زیر آب قرار دارند به داده‌های موجود اکتفا می‌کنیم.

۴-۱-چاه ۱:

این چاه در یال باختری تاقدیس و نزدیک به منطقه‌ی لولا قرار دارد. موقعیت مکانی این چاه طول جغرافیایی ۲۹/۳۹۶۰ و عرض جغرافیایی ۵۵/۹۶۵ رانشان می‌دهد. عملیات نمودار گیری در این چاه در سال ۲۰۱۱ انجام شده است. در چاه شماره ۱ تصاویر از عمق ۴۲۴۵ - متری تا عمق ۴۴۹۰ - متری تهیه شده‌اند. در این چاه از میدان از قدیم به جدید سازندهای کژدمی، مدود، خاتیا، میشریف، لافان و ایلام شناسایی شده است (جدول ۴-۱).

جدول ۴-۱-سازندهای چاه ۱ و سن آنها

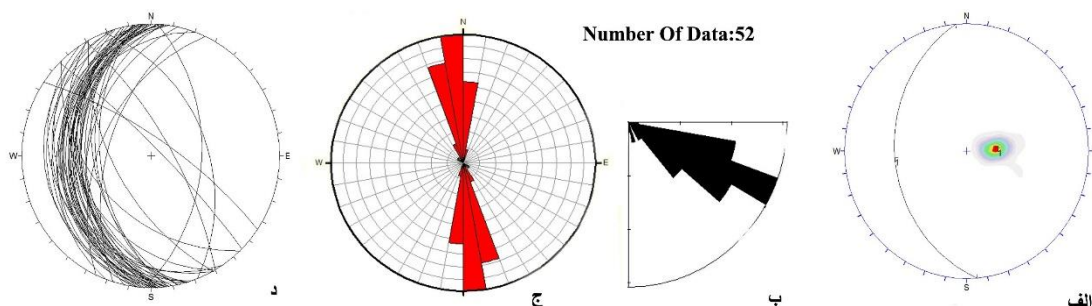
سن	نام سازند	جدید	
کرتاسه (سانتونین)	ایلام		
کرتاسه (سانتونین)	لافان		
کرتاسه (تورونین)	میشریف		
کرتاسه (آلبین-سنومانین)	خاتیا		
کرتاسه (آلبین)	مدود		
کرتاسه (آلبین)	کژدمی		قدیم

از تفسیر لاگ‌های تصویری چاه ۱ تعداد ۵۲ سطح لایه‌بندی شناسایی شد. لایه‌بندی‌های مشاهده شده به تفکیک عمق و سازند در جدول ۴-۲ مشاهده می‌شود. قسمتی از لاگ‌های تصویری تهیه شده از چاه ۱ در پیوست نمایش داده شده است.

جدول ۲-۴- سطوح لایه‌بندی شناسایی شده به تفکیک سازند در چاه شماره ۱ میدان

تعداد	محدوده‌ی عمقی	نام سازند
بدون سطح لایه‌بندی واضح	۴۲۴۵-۴۲۶۲	ایلام
۳ سطح لایه‌بندی	۴۲۶۲-۴۲۶۸	لافان
۱۰ سطح لایه‌بندی	۴۲۶۸-۴۳۵۵	میشریف
۱ سطح لایه‌بندی	۴۳۵۵-۴۳۷۸	خاتیا
۳۸ سطح لایه‌بندی	۴۳۷۸-۴۴۹۰	مدود
	۴۴۹۰-به پایین	کژدمی

با توجه به سطوح لایه‌بندی‌های چاه شماره ۱ میدان هندسه به‌طور میانگین دارای موقعیت N5W,25SW هست. در شکل ۳-۴ نمودارهای گل‌سرخ و استریوگرام نشان‌دهنده قطب سطوح لایه‌بندی مشاهده می‌شود. راستای تقریباً شمالی-جنوبی و شیب کم (۲۵ درجه) به سمت باختر، با موقعیت چاه در تاقدیس سازگاری خوبی نشان داده و لایه‌بندی در یال باختری تاقدیس را نشان

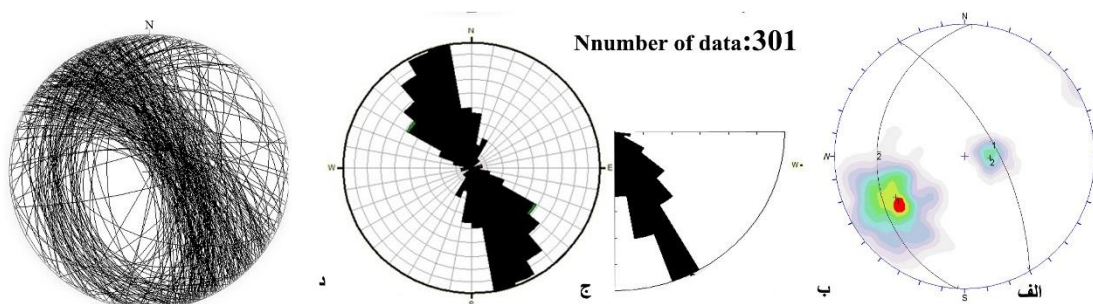


می‌دهد.

شکل ۳-۴- نمودارهای گل‌سرخ و تصاویر استریو گرافیک نشان‌دهنده‌ی موقعیت لایه‌بندی در چاه ۱ میدان الف - تصویر سیکلوگرافیک صفحه‌ی میانگین و کنتور دیاگرام ب- نمودار گل‌سرخ شیبی ج- نمودار گل‌سرخ امتدادی د- تصویر استریو گرافیک صفحات لایه‌بندی. شیب کم لایه‌ها نشانگر حفر چاه در نزدیکی منطقه‌ی لولا است. همچنین با توجه به نمودار گل‌سرخ امتدادی لایه‌ها امتدادی تقریباً شمالی جنوبی را نشان می‌دهند.

زیرا همان‌طور که اشاره شد این چاه در نزدیکی منطقه‌ی لولا (که معمولاً شیب لایه‌بندی کم است) و در یال باختری (با شیب به‌سوی باختر) قرار دارد. در لاگ‌های تصویری این چاه، تعداد ۳۰۱ عدد شکستگی شناسایی گردید که ۲۹۹ عدد از آن‌ها، نشانه‌هایی از شکستگی‌های از نوع باز دارند (شکل ۴-۴). نمونه‌ای از لاگ‌های تصویری این چاه در پیوست نمایش داده شده است. شکستگی‌های شناسایی شده در هر سازند به تفکیک در جدول شماره‌ی ۴-۳ درج شده است. نمودارهای استریوگرافیک و گل‌سرخ‌ی شکل ۴-۴ در این چاه نشان می‌دهد که این شکستگی‌ها در دو دسته‌ی اصلی با موقعیت میانگین $N3E,22NW$ و $N27W,63NE$ قرار گرفته‌اند. بیشتر شکستگی‌ها در سازند مدود و میشریف شناسایی شده‌اند و این دو سازند زون‌های دارای چگالی بالای شکستگی در این چاه هستند. منظور از چگالی شکستگی، تعداد شکستگی‌ها در هر متر حفاری است.

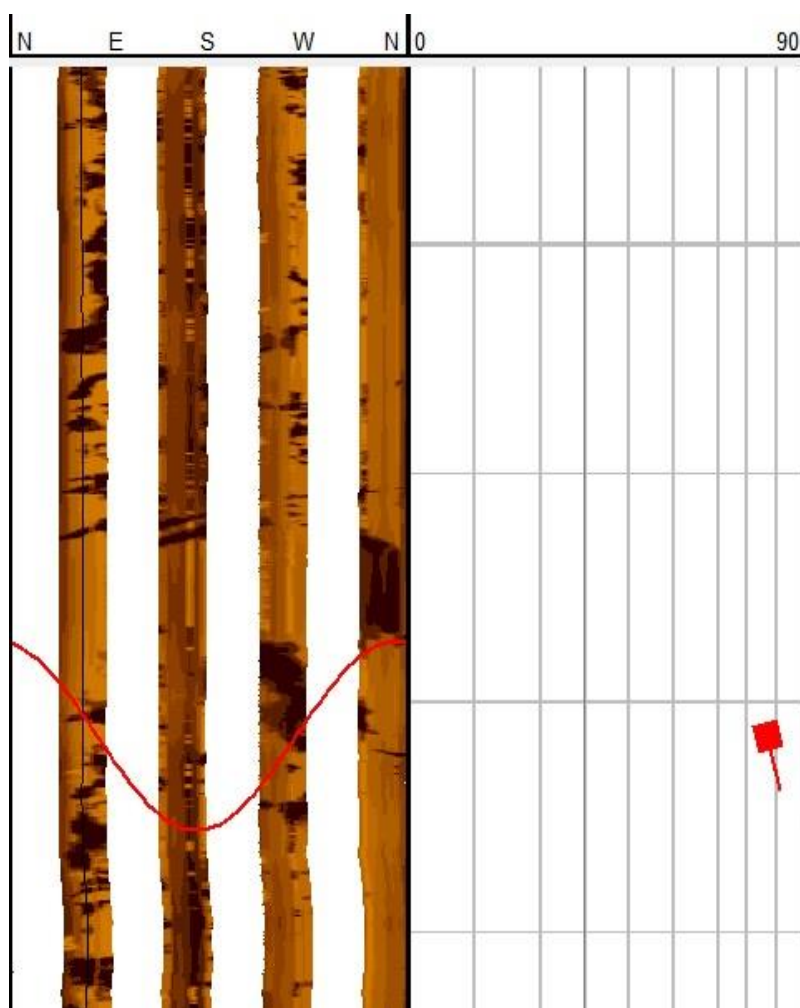
همچنین در این چاه ۳ گسل احتمالی با موقعیت‌های $N75E,77SE$ و $N42W,59SW$ و $N46W,57SW$ شناسایی شد. نمونه‌ای از گسل‌های شناسایی‌شده در لاگ تصویری چاه در شکل ۴-۵ مشاهده می‌شود. جابه‌جایی لایه‌ها در لاگ تصویری در این قسمت دلیلی بر وجود یک گسل احتمالی است. تصویر قطب صفحات گسل نسبت به صفحات شکستگی در شکل ۴-۶ آمده است.



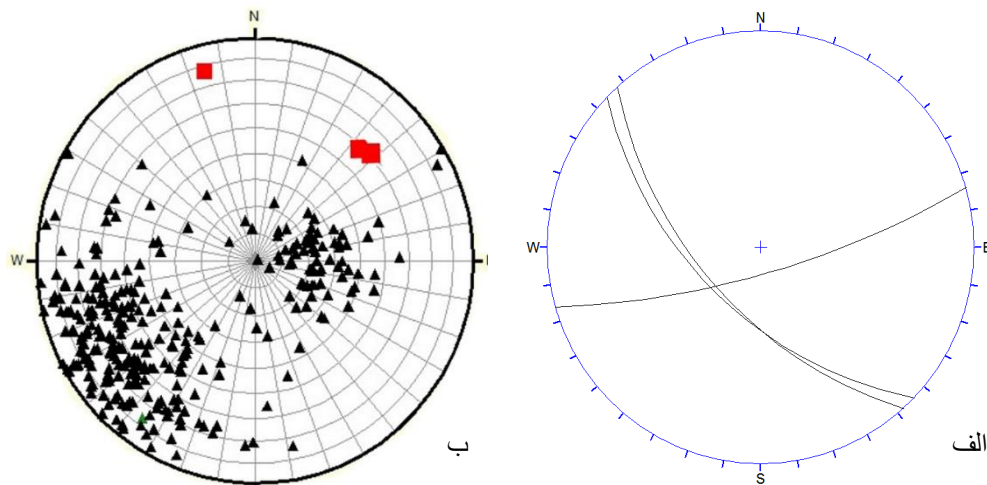
شکل ۴-۴- نمودارهای گل‌سرخ‌ی و تصاویر استریو گرافیک نشان‌دهنده‌ی موقعیت صفحات شکستگی در چاه ۱ میدان
 الف - تصویر سیکلوگرافیک صفحات میانگین و کنتور دیاگرام ب - نمودار گل‌سرخ‌ی زاویه شیبی ج- نمودار
 گل‌سرخ‌ی امتدادی د- تصویر استریو گرافیک صفحات شکستگی. در این نمودارها دو دسته شکستگی کلی به چشم
 می‌خورد.

جدول ۳-۴:- شکستگی‌های موجود در چاه ۱ میدان به تفکیک سازند و نوع شکستگی

نام سازند	تعداد شکستگی	نوع شکستگی
ایلام	۴۳	باز
لافان	۸	باز
میشریف	۶۸	باز
خاتیا	۸	باز
مدود	۱۷۲	باز



شکل ۴-۵- نمونه‌ای از گسل‌های احتمالی شناسایی شده توسط جا به جایی لایه‌ها در لاگ تصویری چاه ۱ و جابه‌جایی لایه‌ها در طی آن



شکل ۴-۶-الف-تصویر سیکلوگرافیک صفحات گسل‌های احتمالی ب-استریوگرام قطب صفحات شکستگی (مثلاً مشکی) و قطب صفحات گسل که با نماد مربع قرمز نشان داده شده‌اند.

مطالعه‌ی شکستگی‌های چاه ۱ نشان می‌دهد که سازندهای مدود و میشریف و ایلام به ترتیب دارای تعداد بالای شکستگی هستند. در صورتی که سازندهای خاتیا و لافان تعداد کمی شکستگی را نشان می‌دهند. می‌توان چگالی بالای شکستگی در این سازندها را علاوه بر دخیل بودن عامل ضخامت، مرتبط با جنس آهکی آن‌ها و چگالی پایین شکستگی در سازندهای خاتیا و لافان را مرتبط با جنس شیلی آن‌ها دانست.

۲-۴-۲-چاه ۲

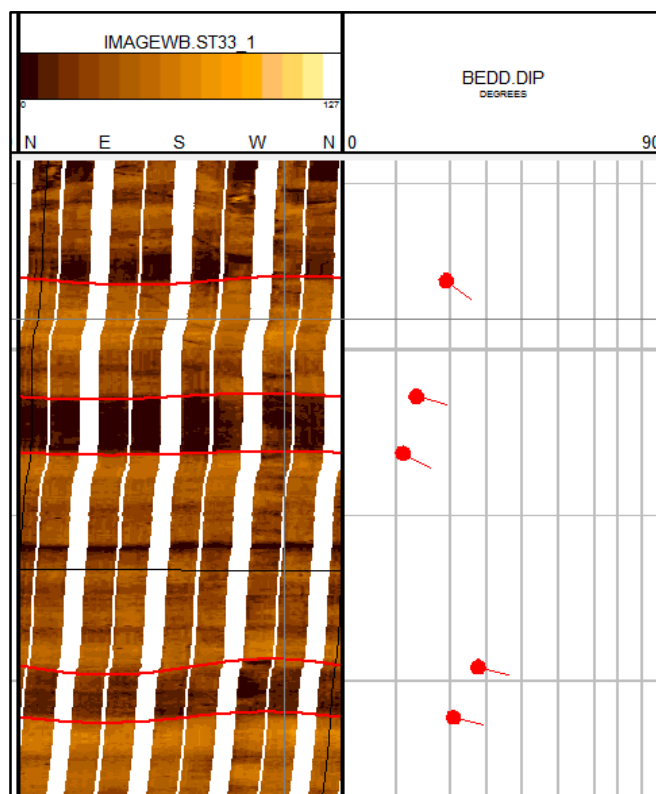
این چاه در سال ۲۰۰۶ و در یال خاوری تاق‌دیس حفر شده است و در قسمت عمانی میدان قرار دارد (شکل ۴-۷). سیستم حفاری در این چاه آب پایه بوده است. افق‌های مخزنی مهم و تولیدی آن متعلق به سازندهای گورپی، ایلام و لافان و میشریف و سازند مدود و سازند کژدمی می‌باشد. تصاویر تهیه شده از این چاه یک بازه‌ی ۵۶۴ متری از عمق ۳۹۳۰ - متری تا ۴۴۹۴ - متری را در برمی‌گیرد.

لایه‌بندی سازندها در تصویر FMI این چاه به خوبی قابل تشخیص است. تعداد زیادی از این لایه‌بندی‌ها به صورت کاملاً واضح و شفاف در تصاویر دیده می‌شوند و بعضی از آن‌ها دارای سطحی ناهموار هستند. تعداد لایه‌بندی‌های شناسایی شده و پراکندگی آن‌ها در سازندهای مختلف در جدول شماره‌ی ۴-۴

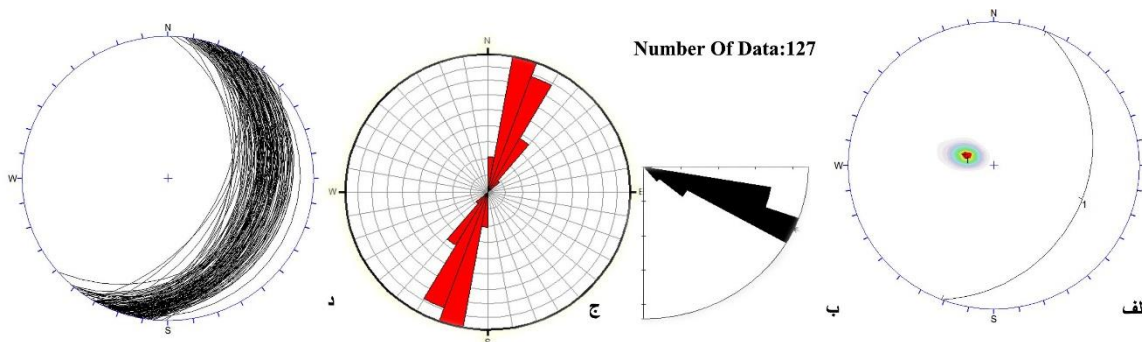
نمایش داده شده است. در ۱۲۷ نقطه از چاه، لایه‌بندی شناسایی شده است. نمودارهای استریو گرافیک و گل سرخی لایه‌بندی در شکل ۴-۸ نشان می‌دهد که میانگین هندسه‌ی لایه‌بندی N21E,24SE می‌باشد. نمونه‌ای از سطوح لایه‌بندی در این چاه در شکل ۴-۷ مشاهده می‌شود.

جدول ۴-۴- سطوح لایه‌بندی مشاهده شده در چاه ۲ میدان به تفکیک سازند

تعداد	محدوده‌ی عمقی	نام سازند
۷۴	۳۹۳۰-۴۰۰۴,۵	گورپی
بدون سطح لایه‌بندی	۴۰۰۴,۵-۴۰۲۴,۱۱	ایلام
بدون سطح لایه‌بندی	۴۰۲۴,۱۱-۴۰۲۴,۷۳	لافان
۷	۴۰۲۴,۷۳-۴۱۵۳,۵۲	می‌شرید
بدون سطح لایه‌بندی	۴۱۵۳,۵۲-۴۱۷۶,۶۰	خاتیا
۱۶	۴۱۷۶,۶۰-۴۲۵۲,۲۵	مدود
۳۱	۴۲۵۲,۲۵-۴۳۵۷	کژدمی
بدون سطح لایه‌بندی	۴۳۵۷-۴۴۹۴	داریان



شکل ۴-۷- نمونه‌ای از سطوح لایه‌بندی در چاه ۲



شکل ۴-۸- نمودارهای گل سرخی و تصاویر استریو گرافیک نشان دهنده‌ی موقعیت لایه‌بندی در چاه ۲ میدان الف - تصویر سیکلوگرافیک صفحه‌ی میانگین و کنتور دیاگرام ب- نمودار گل سرخی شیبی ج- نمودار گل سرخی امتدادی د- تصویر استریو گرافیک صفحات لایه‌بندی. شیب کم لایه‌ها نشانگر حضور چاه در منطقه‌ی لولا است. مشاهده می‌شود که جهت شیب لایه‌بندی به سمت جنوب خاور می‌باشد. همچنین لایه تا پراکندگی کمی از نظر مقدار شیب دارند .

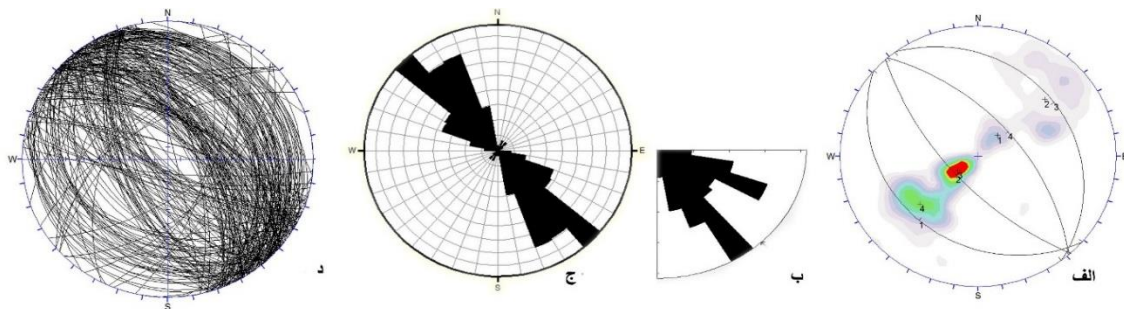
بعد از بررسی تصاویر چاه تعداد ۲۷۰ عدد شکستگی با کیفیت بالا شناسایی شد که نمونه ای از آن‌ها در تصاویر پیوست نشان داده شده است. این شکستگی‌ها به تفکیک سازندها در جدول ۴-۵ آمده است:

جدول ۴-۵- شکستگی‌های شناسایی شده در چاه ۲ میدان به تفکیک سازند و نوع

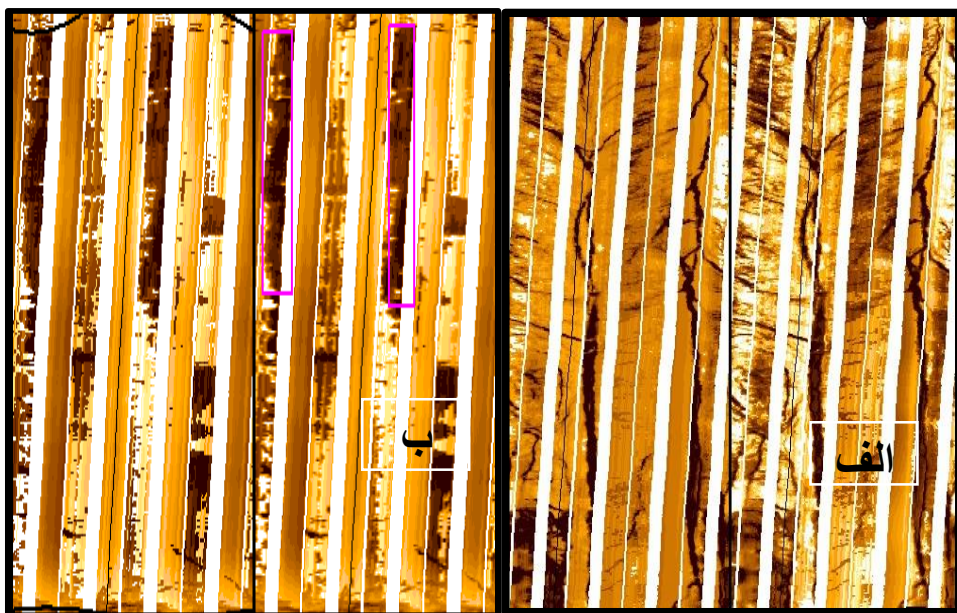
نام سازند	تعداد شکستگی	نوع شکستگی
گورپی	۵۲	باز
ایلام	۱۳	باز
لافان	۰	-
میشریف	۴۶	باز
خاتیا	۰	-
مدود	۹۰	باز
کژدمی	۶۳	باز
داریان	۶	باز

با بررسی شکستگی‌ها در می‌یابیم که آن‌ها در ۴ دسته کلی با موقعیت‌های میانگین $N42W,66SW$ و $N49W,24SW$ و $N37W,21NE$ و $N41W,58NE$ جای گرفته‌اند (شکل ۴-۹). طبق مطالعات به ترتیب سازندهای مدود و کژدمی و گورپی و میشریف در چاه دارای بیشترین چگالی شکستگی‌ها می‌باشند. با توجه به نمودار گل سرخی ترسیم شده برای امتداد شکستگی‌ها در این چاه مشخص شد که تقریباً تمامی شکستگی‌ها در بازه‌ی امتدادی ۳۰۰-۳۲۰ درجه هستند. در چاه ۲ تعداد ۱۲ عدد

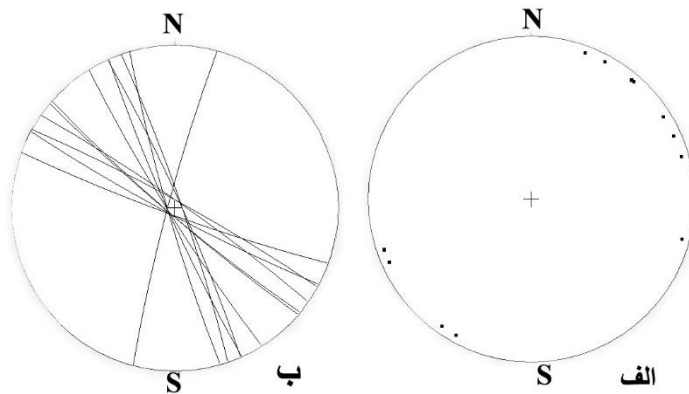
گسیختگی دیواره چاه با توجه به خصوصیات این نوع شکستگی‌ها بر روی لاگ‌های تصویری شناسایی شد. این شکستگی‌ها در محل‌های ریزش‌های دیواره‌ی چاه هستند که به آن‌ها گسیختگی دیواره‌ی چاه یا Breakout نیز می‌گویند. همچنین تعداد ۶ عدد شکستگی کششی یا شکستگی‌های القایی یا Induce Fracture شناسایی شده است. نمودارهای مربوط به گسیختگی دیواره چاه و شکستگی حاصل از عملیات حفاری در شکل‌های ۴-۱۱ و ۴-۱۲ نمایش داده شده است. همچنین نمونه‌ای از این شکستگی‌های القایی در شکل ۴-۱۰ دیده می‌شود. قسمتی از لاگ تصویری چاه به همراه عوارض مشخص شده بر روی آن در پیوست به نمایش درآمده است.



شکل ۴-۹- نمودارهای گل‌سرخ‌ی و تصاویر استریو گرافیک نشان‌دهنده‌ی موقعیت صفحات شکستگی در چاه ۲ میدان الف - تصویر سیکلوگرافیک صفحات میانگین و کنتور دیاگرام ب - نمودار گل‌سرخ‌ی شیبی ج- نمودار گل‌سرخ‌ی امتدادی د- تصویر استریو گرافیک صفحات شکستگی. در این نمودارها ۴ دسته شکستگی کلی به چشم می‌خورد.

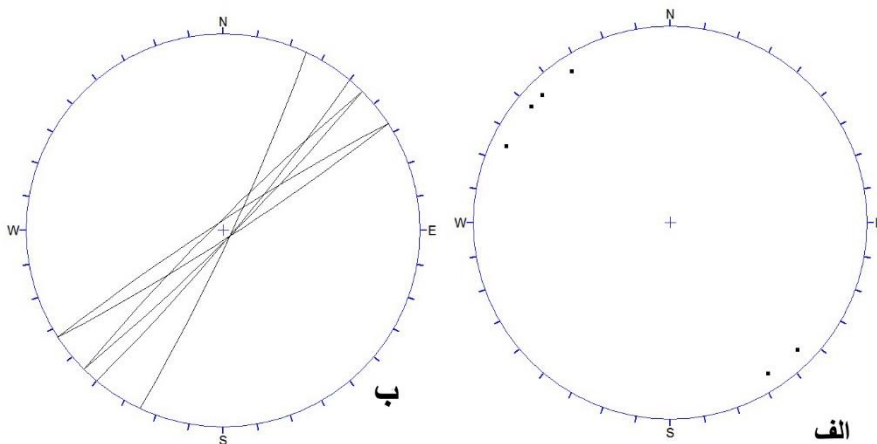


شکل ۴-۱۰- نمونه‌ای از شکستگی‌های کششی (الف) و گسیختگی دیواره‌ی چاه (ب) مشاهده شده در چاه ۲



Number Of data:12

شکل ۴-۱۱- تصاویر استریو گرافیک نشان‌دهنده‌ی موقعیت شکستگی‌های برشی در چاه ۲ میدان الف - تصویر استریو گرافیک قطب صفحات ب - تصویر استریو گرافیک صفحات شکستگی



Number Of Dta:6

شکل ۴-۱۲- تصاویر استریو گرافیک نشان‌دهنده‌ی موقعیت شکستگی‌های کششی در چاه ۲ میدان شکل ۴-۱۲- الف - تصویر استریو گرافیک قطب صفحات ب - تصویر استریو گرافیک صفحات شکستگی

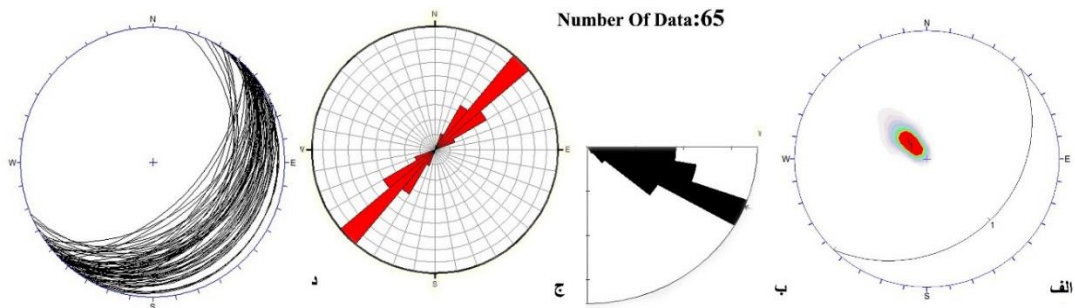
۴-۳- چاه شماره ۳ میدان:

این چاه در طول جغرافیایی ۵۵/۵۸ و عرض جغرافیایی ۲۶/۲۳ قرار دارد. سیستم حفاری این چاه از نوع آب‌پایه بوده است. نمودار گیری در سال ۲۰۱۲ انجام شده است و از عمق ۳۹۹۵ تا ۴۱۵۲ متر مورد نمودار گیری قرار گرفته است. از لحاظ ساختمانی این چاه تقریباً روی منطقه‌ی لولا قرار دارد.

شیب ساختمانی با توجه به ۶۵ قرائت انجام شده توسط لایه‌بندی‌های شناسایی شده در چاه شماره ۳ هندسه‌ی میانگین N45E,22SE را نشان می‌دهد. شکل ۴-۱۳ تصاویر سیکلوگرافیک نمودارهای گل‌سرخ‌ی مربوط به این سطوح لایه‌بندی است. همچنین در جدول ۴-۶ تعداد سطوح لایه‌بندی یافت شده در هر سازند از این چاه به تفکیک عمق نشان داده شده است.

جدول ۴-۶- سطوح شکستگی و لایه‌بندی شناسایی شده در چاه ۳ میدان به تفکیک سازند

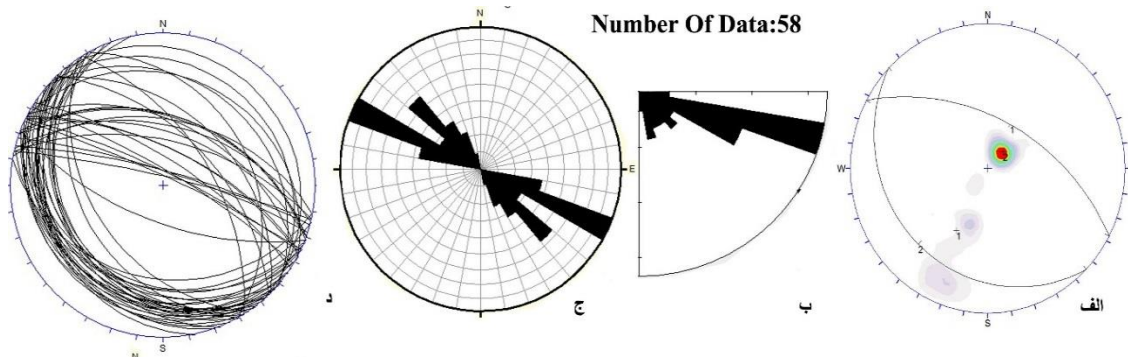
نام سازند	تعداد سطوح لایه‌بندی	تعداد و نوع سطوح شکستگی
میشریف	۱۳	۴۴ باز
خاتیا	۱	۳ باز
مدود	۵۱	۱۱ باز



شکل ۴-۱۳ - نمودارهای گل‌سرخ‌ی و تصاویر استریو گرافیک نشان‌دهنده‌ی موقعیت لایه‌بندی در چاه ۳ میدان الف - تصویر سیکلوگرافیک صفحه‌ی میانگین و کنتور دیاگرام ب- نمودار گل‌سرخ‌ی شیبی ج- نمودار گل‌سرخ‌ی امتدادی د- تصویر استریو گرافیک صفحات لایه‌بندی.

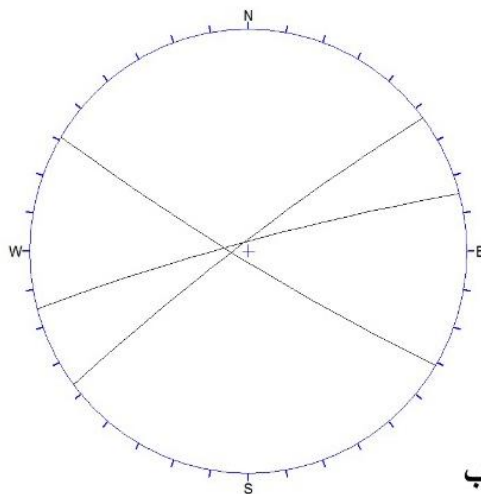
در نمودار تصویری FMI چاه شماره ۳ تعداد ۵۸ عدد شکستگی باز شناسایی شده است که این تعداد شکستگی در دو دسته به طور میانگین قرار دارند که دسته اول که غالب شکستگی‌ها در این چاه هستند با هندسه‌ی میانگین N46W,18SW و دسته‌ی دوم که از تعداد کمتری برخوردار هستند با هندسه‌ی میانگین N62W, 52NE شناسایی شدند. تصویر استریو گرافیک صفحات شکستگی و نمودار گل‌سرخ‌ی مربوط به آن‌ها در شکل ۴-۱۴ دیده می‌شود. با توجه به بررسی‌ها این نتیجه به دست می‌آید که سازند میشریف و سپس مدود در این چاه دارای بالاترین چگالی شکستگی می‌باشد.

بررسی شکستگی‌ها در این چاه درمی‌یابیم که امتداد غالب شکستگی‌ها در این چاه شمال باختر - جنوب خاور می‌باشد که در دو دسته قرار گرفته‌اند که یک دسته جهت شیبی به سمت شمال خاور و دسته‌ی دیگر جهت شیبی به سمت جنوب باختر را نشان می‌دهد.



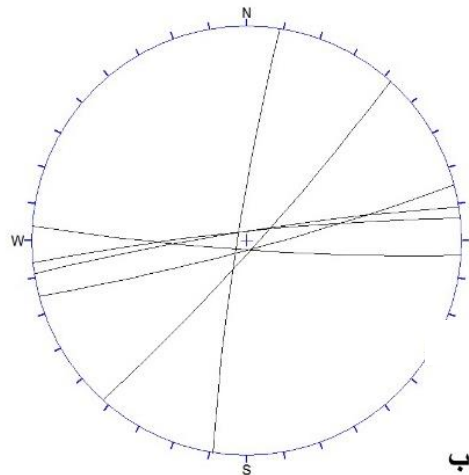
شکل ۴-۱۴- نمودارهای گل‌سرخ‌ی و تصاویر استریو گرافیک نشان‌دهنده‌ی موقعیت صفحات شکستگی در چاه ۶ میدان الف - تصویر صفحات میانگین و کنتور دیاگرام ب - نمودار گل‌سرخ‌ی شیبی ج- نمودار گل‌سرخ‌ی امتدادی د- تصویر استریو گرافیک صفحات شکستگی. دو دسته شکستگی کلی با توجه به استریوگرام‌ها قابل شناسایی است.

در بررسی لاگ‌های تصویری این چاه تعدادی شکستگی‌های القایی (شکستگی برشی و کششی) شناسایی شد. در این چاه تعداد ۳ عدد ریزش دیواره‌ی چاه (شکستگی برشی) با موقعیت میانگین $N83E, 88NW$ و تعداد ۶ عدد شکستگی حاصل از عملیات حفاری با موقعیت میانگین $N60E, 90$ شناسایی شده است



شکل ۴-۱۵- استریو گرام ریزش‌های دیواره‌ی چاه شناسایی شده در چاه ۳

که استریوگرام‌های مربوطه در شکل‌های ۱۵-۴ و ۱۶-۴ به نمایش درآمده است. قسمتی از لاگ تصویری چاه به همراه عوارض مشخص شده بر روی آن در پیوست به نمایش درآمده است.



شکل ۴-۱۶- استریو گرام صفحات شکستگی‌های کششی شناسایی شده در چاه ۳

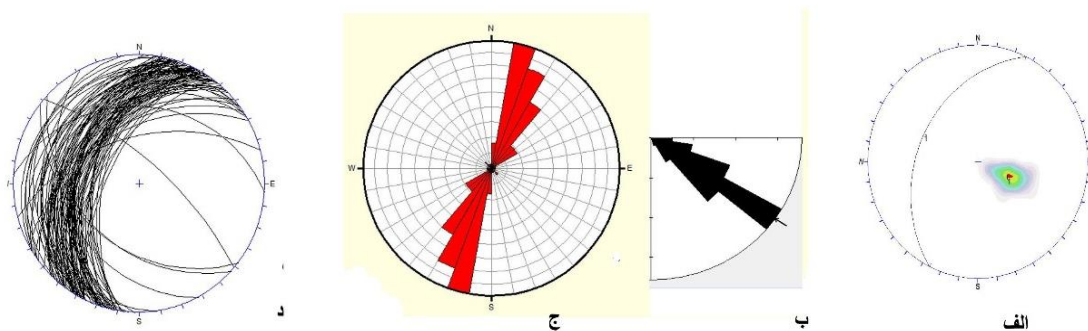
۴-۴-چاه شماره‌ی ۴

از نظر موقعیت جغرافیایی این چاه دارای طول و عرض جغرافیایی $N 26 23 46.991, E 55 57 56.143$ می‌باشد. چاه شماره‌ی ۴ در یال باختری و نیز نزدیک به منطقه‌ی لولا قرار دارد. زمان نمونه‌برداری از این چاه سال ۲۰۰۹ بوده است. تصاویر تهیه شده از عمق ۳۸۱۸- تا ۴۰۶۲- می‌باشد سازندهای مخزنی در این چاه سازندهای ایلام و لافان و میشریف و خاتیا و مدود هستند. سطوح لایه‌بندی و شکستگی‌ها به تفکیک سازند مربوط به چاه شماره‌ی ۴ در جدول ۴-۷ نمایش داده شده است.

با توجه به ۱۰۱ قرائتی که از تصاویر FMI موجود از چاه شماره‌ی ۴ میدان انجام شد میانگین شیب ساختمانی با توجه به سطوح لایه‌بندی شناسایی شده، $N26E, 33NW$ می‌باشد. شکل ۴-۱۷ تصاویر سیکلوگرافیک و نمودارهای گل‌سرخ‌ی مربوط به لایه‌بندی‌ها در این چاه را نشان می‌دهد.

جدول ۴-۷- پدیده‌های ساختمانی شناسایی شده به تفکیک عمق و سازند در چاه شماره ۴

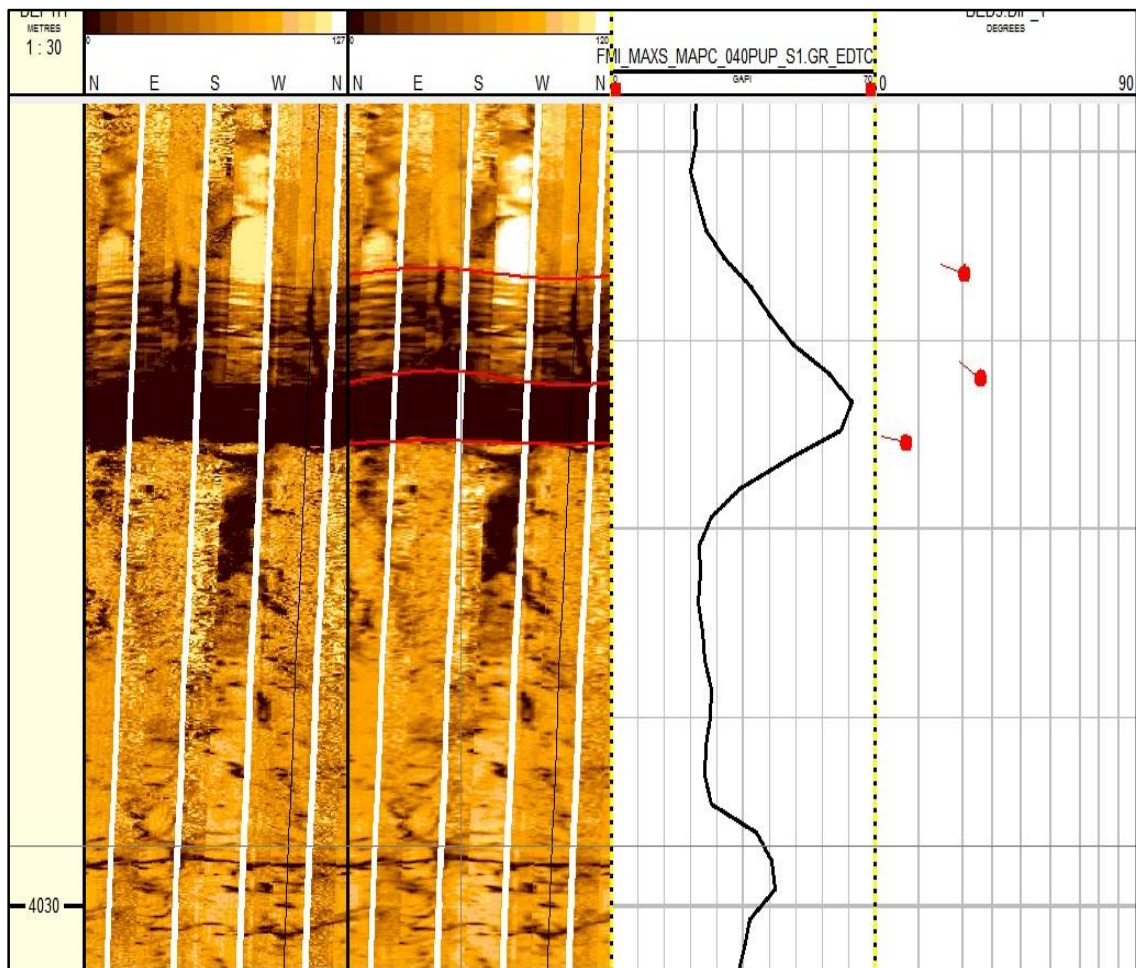
نام سازند و عمق	تعداد سطوح لایه‌بندی	تعداد سطوح شکستگی
ایلام ۳۸۱۸-۳۸۴۲	۵	۹۰
لافان ۳۸۴۲-۳۸۴۳	۲	۷
میشریف ۳۸۴۳-۳۹۶۵	۴۳	۱۹۸
خاتیا ۳۹۶۵-۳۹۹۰	۴	۶۲
مدود ۳۹۹۰-۴۰۶۲	۴۷	۹۳



شکل ۴-۱۷- نمودارهای گل‌سرخ و تصاویر استریو گرافیک نشان‌دهنده‌ی موقعیت لایه‌بندی در چاه ۴ میدان الف - تصویر سیکلوگرافیک صفحه‌ی میانگین و کنتور دیاگرام ب-نمودار گل‌سرخ شیبی ج- نمودار گل‌سرخ امتدادی د- تصویر استریو گرافیک صفحات لایه‌بندی. شیب کم لایه‌ها مؤید حضور چاه در منطقه‌ی لولا است.

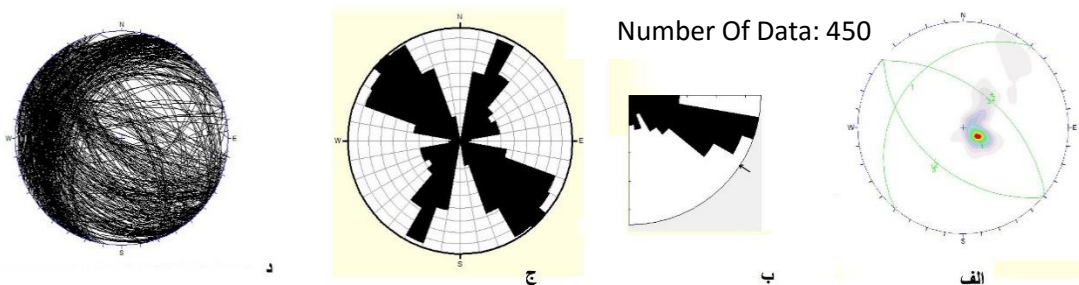
همچنین مقایسه‌ی نمودارهای اشعه‌ی پرتوی گاما یا (Gamma Ray) GR در این چاه لایه‌های شیلی را به‌خوبی از لایه‌های کربناته تفکیک می‌کند. به این صورت که در مناطقی که لایه‌های کربناته به لایه‌های شیلی تغییر می‌کند علاوه بر رنگ تیره در لاگ‌های تصویری افزایش API در نمودار گاما مشاهده می‌شود.

شکل ۴-۱۸ عمقی از چاه شماره ۴ است که در آن نمودار گاما در هنگام رسیدن به لایه‌های شیلی افزایش API نشان می‌دهد. سیاه بودن لایه‌های شیلی نسبت به لایه‌های مجاور کاملاً مشهود است.



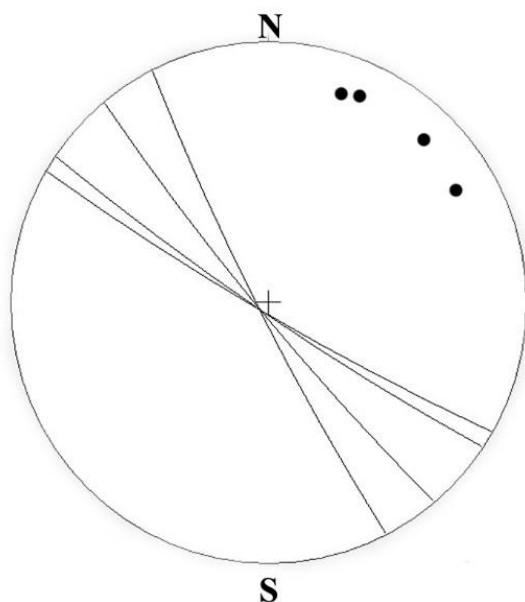
شکل ۴-۱۸-نمونه‌ای از سطوح لایه‌بندی در چاه ۴ و مقایسه‌ی لاگ گاما با آن

این چاه از نظر چگالی شکستگی‌ها در رتبه‌ی بالایی قرار دارد چراکه در مطالعه‌ی تصاویر این چاه تعداد ۴۵۰ عدد شکستگی واضح شناسایی شده است که این شکستگی‌ها همه از نوع باز هستند. با توجه به بررسی‌های استریو گرافیک این شکستگی‌ها را می‌توان در ۳ دسته‌ی غالب N40E,24NW و N51W,50SW و N49W,45NE تقسیم‌بندی کرد. تصویر استریو گرافیک صفحات شکستگی و نمودار گل‌سرخ‌ی مربوطه در شکل ۴-۱۸ نمایش داده شده است. با توجه به نمودار گل‌سرخ‌ی برای شکستگی‌های برداشت‌شده از این چاه مشخص شد که دسته‌ی سوم شکستگی‌ها روندی تقریباً خاوری-باختری دارند. سازندهای مدود و میشریف و ایلام دارای بالاترین چگالی شکستگی در چاه ۴ میدان هستند.

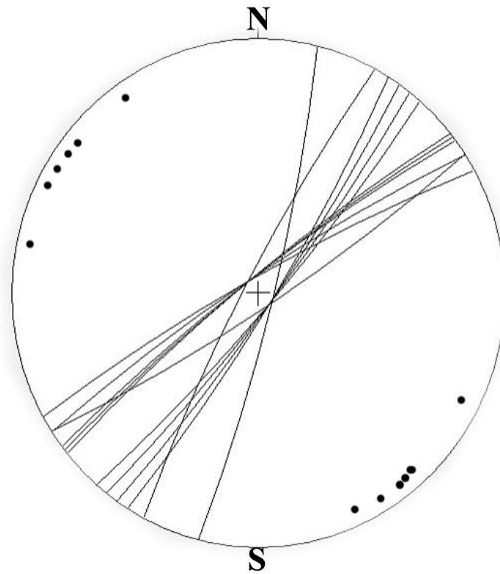


شکل ۴-۱۸- نمودارهای گل سرخی و تصاویر استریو گرافیک نشان دهنده‌ی موقعیت صفحات شکستگی در چاه ۴ میدان الف - تصویر سیکلوگرافیک صفحات میانگین و کنتور دیاگرام ب - نمودار گل سرخی شیئی ج- نمودار گل سرخی امتدادی د- تصویر استریو گرافیک صفحات شکستگی. سه دسته شکستگی کلی با توجه به استریو گرام‌ها قابل شناسایی است.

در چاه ۴ تعداد ۴ عدد شکستگی برشی شناسایی شد. این شکستگی‌ها در محل‌های گسیختگی دیواره‌ی چاه وجود دارند. همچنین تعداد ۱۳ عدد شکستگی کششی یا شکستگی‌های القایی (Induce Fracture) نیز شناسایی شده است. نمودارهای مربوط به شکستگی‌های برشی و کششی در شکل‌های ۴-۱۹ و ۴-۲۰ نمایش داده شده است. قسمتی از لاگ تصویری چاه به همراه عوارض مشخص شده بر روی آن در پیوست به نمایش درآمده است.

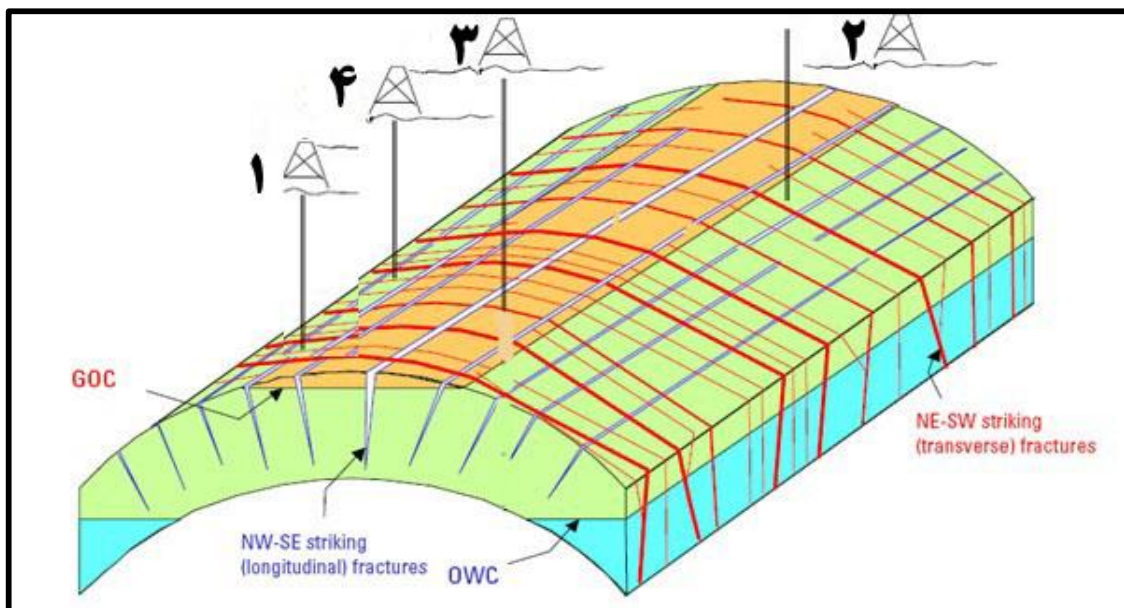


شکل ۴-۱۹- تصویر استریو گرافیک صفحات شکستگی برشی به همراه قطب صفحات در چاه ۴



شکل ۴-۲۰- تصویر استریو گرافیک صفحات شکستگی کششی به همراه قطب صفحات در چاه ۴

بررسی ارتباط شکستگی‌ها با چین خوردگی: چین خوردگی به‌طور کلی بروز رفتار پلاستیکی سنگ‌هاست. با ادامه‌ی استرس در حین چین خوردگی هم به علت فشار وارده لایه‌های سنگی به سمت بالا آمده و در اثر کاهش فشار حالت شکننده پیدا می‌کنند. در بسیاری از حالات شکستگی‌های متعددی در حوالی چین‌ها مشاهده می‌شود. این شکستگی‌ها بر اثر نیروهایی که لایه را چین داده‌اند به وجود آمده‌اند لذا در آن‌ها یکسری شکستگی‌هایی ایجاد می‌شود که فقط با فاز چین خوردگی مرتبط هستند.



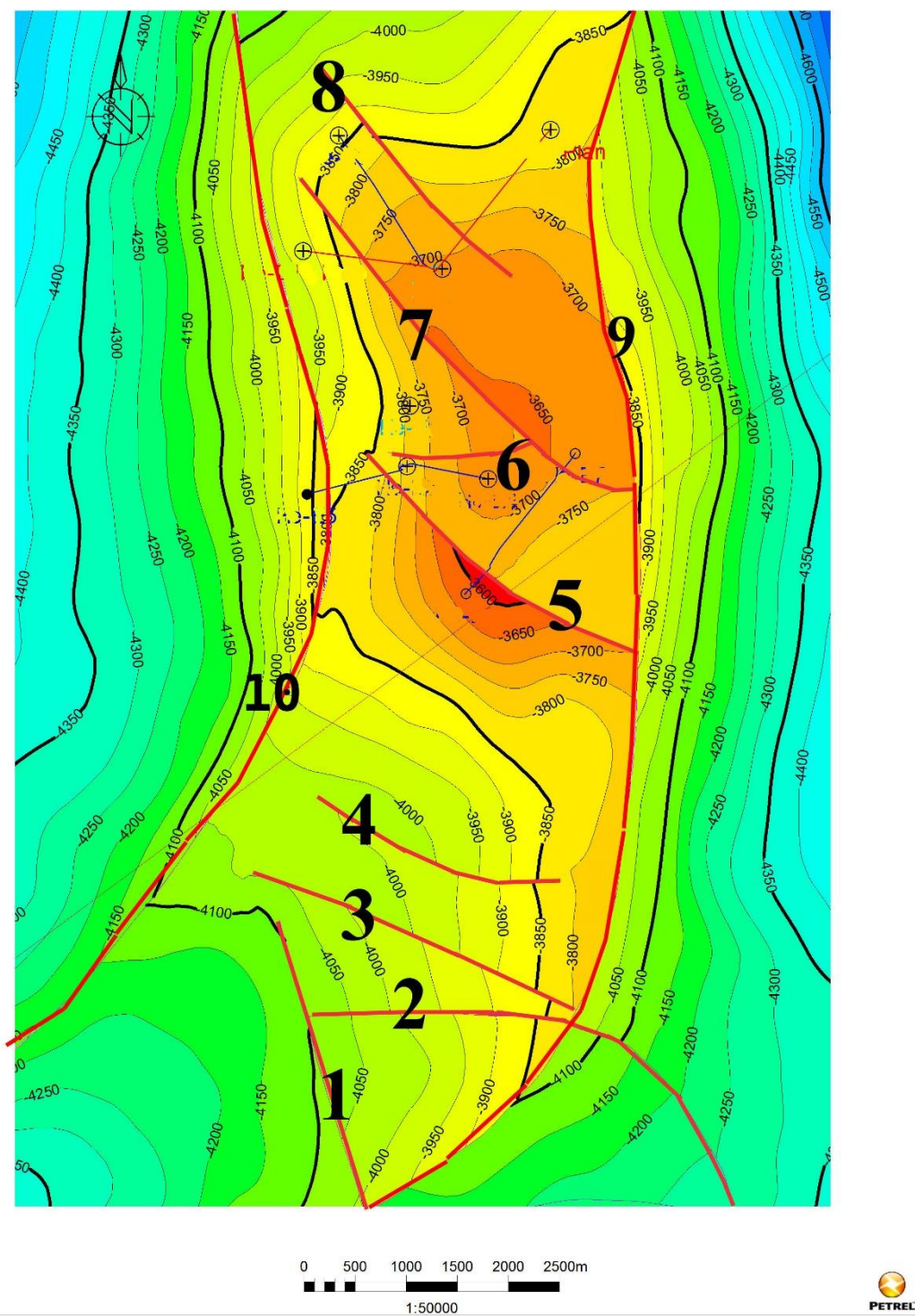
شکل ۴-۲۱- تصویری نمادین از شکستگی‌های به وجود آمده بر روی چین و موقعیت فرضی چاه‌های میدان بر روی چین

در شکل ۴-۲۱ موقعیت فرضی چاه‌ها را بروی تاقدیس مورد مطالعه مشاهده می‌کنیم. همچنین در این شکل شکستگی‌های مرتبط با چین‌خوردگی دیده می‌شود. با بررسی شکستگی‌های چهار چاه میدان درمی‌یابیم که چاه ۴ دارای دو روند شکستگی مایل و طولی می‌باشد. همچنین در چاه ۵ روند غالب شکستگی‌ها تقریباً شمالی-جنوبی است که این دسته جزو شکستگی‌های طولی قرار می‌گیرند. در چاه ۳ و ۲ نیز دو روند غالب برای شکستگی‌ها مشاهده می‌شود که می‌توان آن‌ها را در دو دسته شکستگی‌های عرضی و مایل قرار داد.

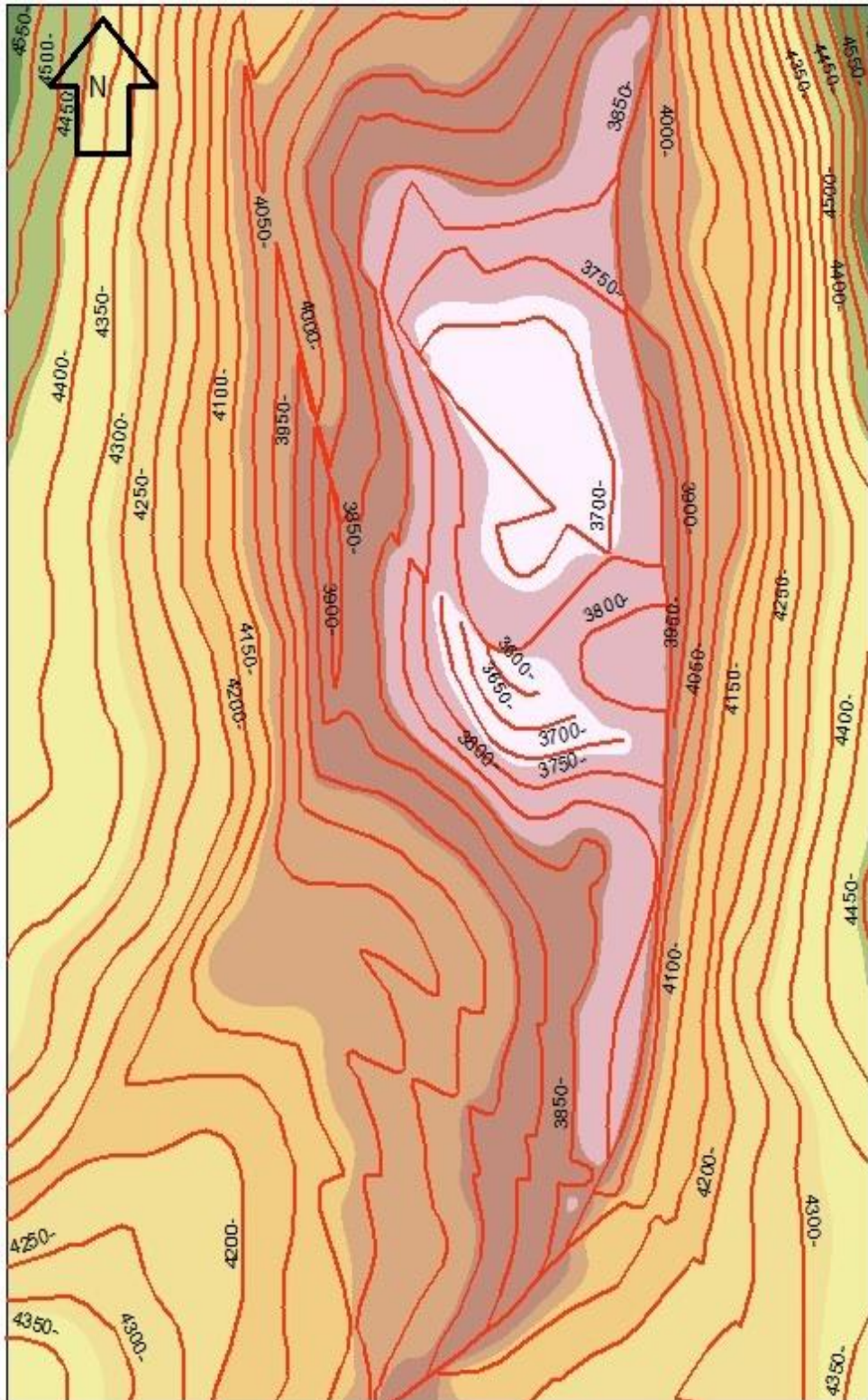
۴-۵- بررسی توزیع خمش و کرنش در سطح چین‌خورده

مشتق‌گیری ریاضی از نقشه‌های ساختمانی زیرسطحی: همه سنگ‌های کربناته در رژیم تنش نرمال، رفتار الاستیک نشان می‌دهند و طی فرآیندهای چین‌خوردگی، در اثر کشش یا فشارش، ساختمان‌های تاقدیسی و ناودیسی ایجاد می‌نمایند. با تداوم این فرآیندها، گسل خوردگی‌های معکوس و تراستی و ساختمان‌های فلسی پدیدار می‌شوند که شکستگی نیز از عوارض این ساختارها به حساب می‌آید. از این رو، یکی از روش‌های متداول در تعیین توزیع فراوانی و فاصله شکستگی‌ها از یکدیگر در قسمت‌های مختلف یک میدان هیدروکربوری، به‌ویژه در مناطق چین‌خورده، تعیین توزیع تنش و کرنش در آن است. از آنجاکه شعاع انحناى ساختمانی و شیب لایه‌بندی در قسمت‌های مختلف، تابعی از تغییرات تنش و کرنش هست، بنابراین از این تغییرات برای تعیین تراکم و توزیع شکستگی‌ها در کل یک میدان استفاده می‌گردد به‌گونه‌ای که در هر ساختمان، مناطق با انحناى زیاد در مقایسه با مناطق کم تحدب، شکستگی بیشتری را متحمل می‌شوند. انحناى یک سطح عبارت است از عکس شعاع دایره‌ای که بر آن سطح در یک نقطه ویژه مماس می‌گردد (Roberts 2001). در نقشه خطوط تراز زیرسطحی مربوط به هر افق مخزنی میدان مورد مطالعه، هر مقطع یا قسمتی از هر مقطع ساختاری، به‌عنوان یک سهمی در یک دستگاه مختصات با دو بعد طول یا عرض جغرافیایی (X) و ارتفاع (Y) در نظر گرفته شده است. این نیمرخ ساختاری، در هر نقطه از (X) دارای شیب خاصی نسبت به (Y) هست. شیب منحنی در هر نقطه در واقع شیب خط مماس بر آن منحنی و برابر با مشتق اول سهمی در آن نقطه می‌باشد. بنابراین برای یک

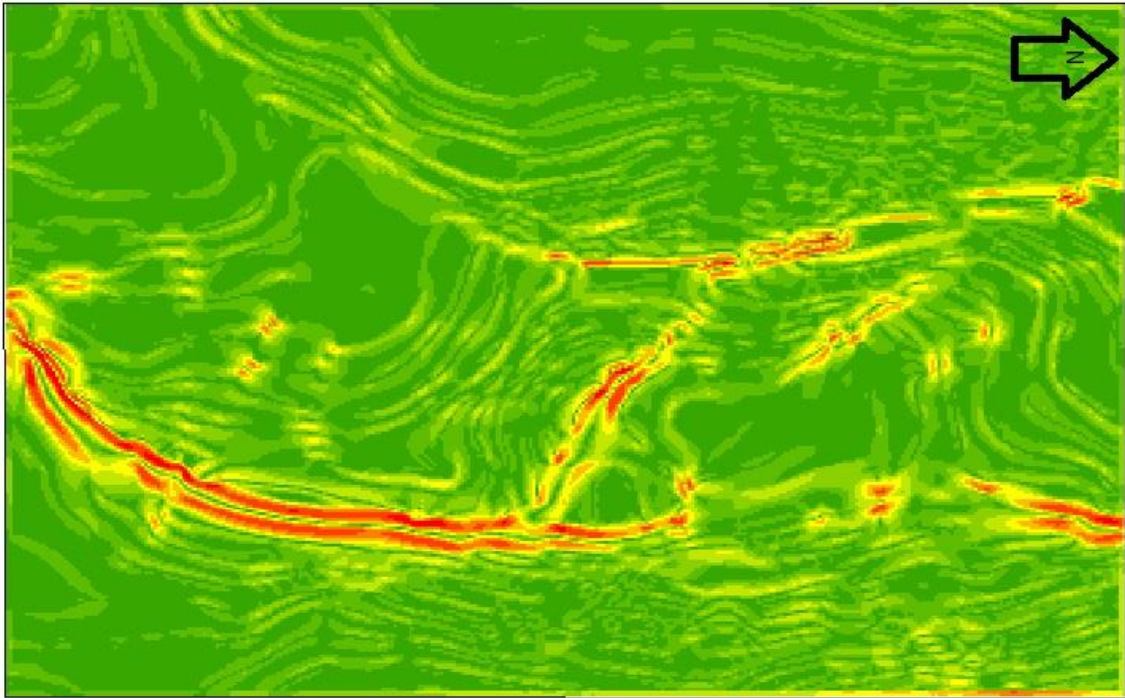
نقشه ساختمانی زیرسطحی، مشتق مقاطع ساختاری، آهنگ تغییرات شیب را نشان داده و با مشتق‌گیری جزء به جزء از المان‌های محدود و متصل نمودن نقاطی با درجه شیب برابر، نقشه هم‌شیب یا نقشه مشتق اول مربوط به آن به دست می‌آید. از آنجایی که مشتق، آهنگ تغییرات یک متغیر را نشان می‌دهد، مشتق نقشه هم‌شیب، یا به عبارتی مشتق دوم نقشه خطوط تراز زیرسطحی، آهنگ تغییرات شیب یا مناطقی که در آنجا تغییرات شدید شیب ایجاد گشته است را نشان می‌دهد. نقشه مشتق دوم منطبق بر مناطقی با حداکثر انحناء و شیب ساختاری، و در نتیجه بیشترین شکستگی مرتبط با آن هست. برای بررسی ساختار میدان نیز ابتدا با استفاده از نقشه‌های UGC میدان (شکل ۴-۲۲) در نرم‌افزار GIS نقشه‌ی DEM (Digital Elevation Map) میدان تهیه شد. (شکل ۴-۲۳) سپس با مشتق‌گیری از نقشه‌ی DEM نقشه‌ی هم‌شیب میدان به دست آمد. (شکل ۴-۲۴) در این نقشه مناطق قرمز رنگ، مناطقی با شیب ساختمانی بیشتر هستند. همان‌طور که در بالا اشاره شد با مشتق‌گیری از نقشه‌ی هم‌شیب و در حقیقت با مشتق‌گیری دوم از نقشه‌ی DEM میدان نقشه‌ی هم‌خمش به دست آمد (شکل ۴-۲۵). در این نقشه مناطق قرمز رنگ دارای بیشترین انحنای ساختاری و در حقیقت مناطق مستعد از نظر حضور شکستگی‌ها می‌باشند. بررسی نقشه‌های ساختمانی زیرسطحی میدان ۲ سری شکستگی را بر روی نقشه نشان می‌دهد. شکل ۴-۲۳ نشان می‌دهد که شکستگی‌های شماره‌ی ۹ و ۱۰ که شکستگی‌های طولی با روند شمالی جنوبی هستند و شکستگی‌های شماره‌ی ۱ تا ۸ که به صورت عرضی و عمود بر محور تاقدیس می‌باشند. بررسی نقشه‌های هم‌شیب و هم‌خمش میدان در نواحی نشان‌دهنده‌ی شیب بالاتر و همچنین استعداد بالاتر شکستگی است که مشاهده می‌شود این مناطق روی شکستگی‌های طولی شماره‌ی ۹ و ۱۰ میدان قرار گرفته‌اند.



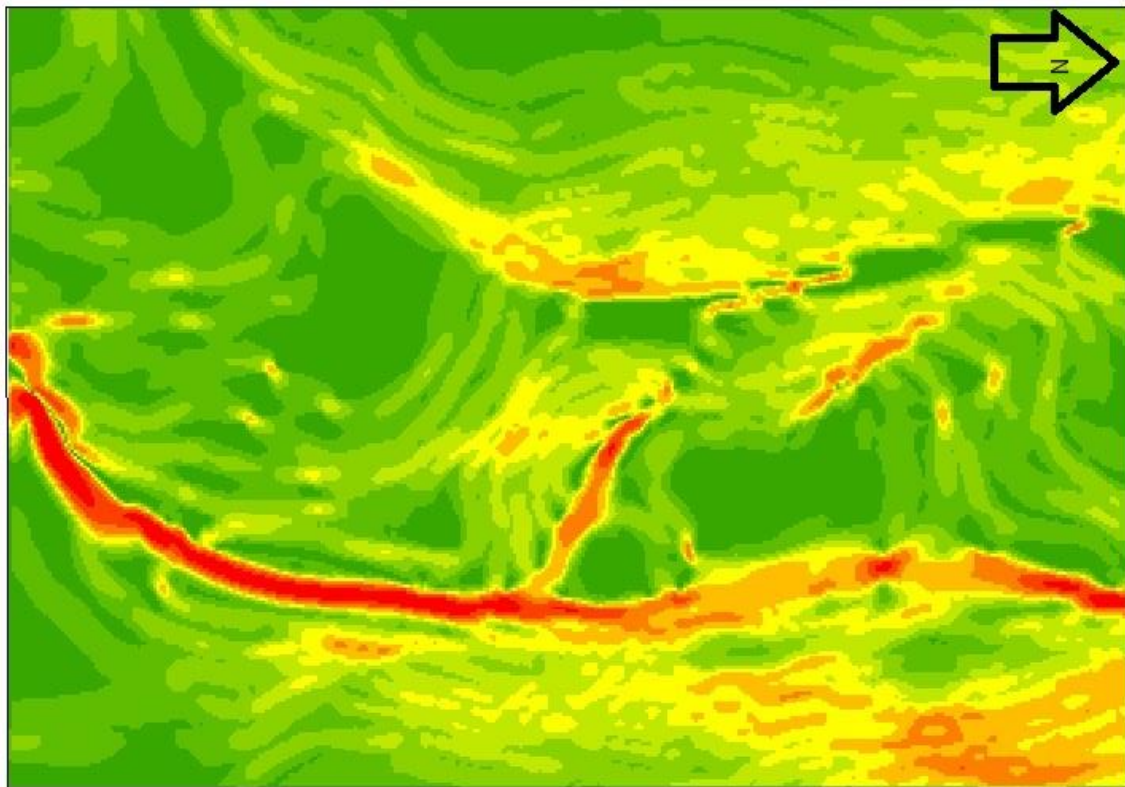
شکل ۴-۲۲ - نقشه‌ی ساختمانی زیرسطحی میدان به همراه موقعیت شکستگی‌های طولی و عرضی بر روی آن، شکستگی‌های شماره‌ی ۹ و ۱۰ بر روی نقشه‌های هم‌شیب و هم خم‌ش میدان به ترتیب بیشترین شیب و انحنا را نشان می‌دهند.



شکل ۴-۲۳- نقشه‌ی DEM تهیه‌شده از نقشه‌ی ساختاری زیرسطحی به همراه خطوط کنتری بر روی آن



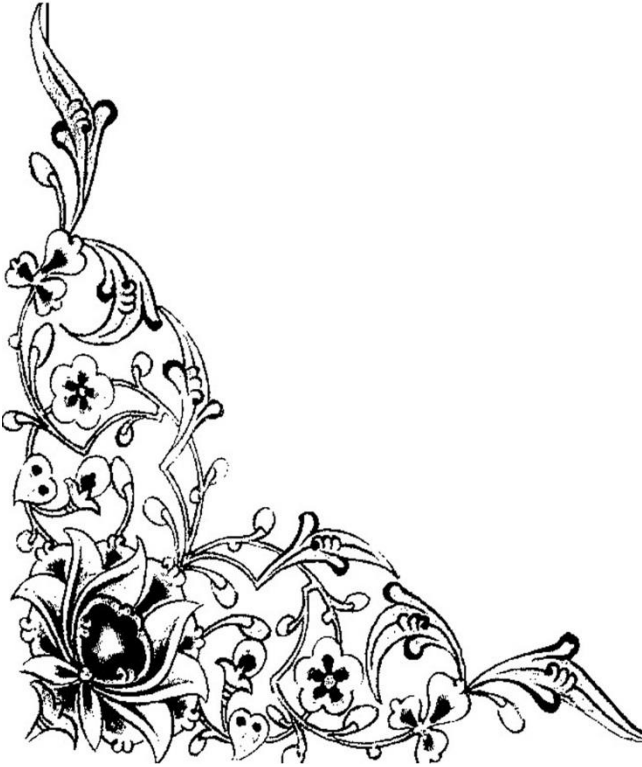
شکل ۴-۲۴- نقشه‌ی هم‌شیب میدان که حاصل مشتق‌گیری اول از نقشه‌ی DEM می‌باشد. در این نقشه نواحی بارنگ قرمز شیب بیشتری نسبت به سایر نواحی دارند



شکل ۴-۲۵- نقشه‌ی هم‌خم‌میدان که به‌وسیله‌ی مشتق‌گیری دوم از نقشه DEM یا مشتق نقشه‌ی هم‌شیب تهیه‌شده است. در این نقشه نواحی قرمز رنگ بیشترین انحنای ساختاری را نشان می‌دهد.



فصل پنجم پیش



تعیین جهت تنش‌های درجا چه در مقیاس چاه و چه در فواصل دورتر از آن، یکی از چالش‌های متخصصین صنعت نفت می‌باشد که نه تنها در حفاری و تکمیل چاه مورد استفاده قرار می‌گیرد بلکه کمک بزرگی در صرفه‌جویی زمان و هزینه لازم در مراحل ازدیاد برداشت به حساب می‌آید.

ایجاد مدل‌های ژئومکانیکی بر پایه تعیین جهت و مقدار سه تنش اصلی استوار بوده و این مدل‌ها در آنالیز پایداری چاه‌های انحرافی و افقی، مشبک‌کاری جهت‌دار با کمترین مقدار تولید ماسه در مخازن ماسه‌سنگی، تعیین ناهمگنی تراوایی در مخازن شکسته شده طبیعی و قابلیت تزریق شکستگی‌های طبیعی به منظور سیلاب زنی، اسید زدن و پروژه‌های تزریق گاز و بخار در مراحل ازدیاد برداشت، قابل استفاده می‌باشند. همچنین تعیین خواص گل حفاری برای جلوگیری از ریزش و طویل شدگی چاه و یا ایجاد شکستگی‌های کششی در دیواره چاه که عامل مهمی در گم‌شدگی گل حفاری محسوب می‌شوند که با استفاده از این مدل‌ها عملی می‌باشد.

گذشته از مباحث تکتونیکی و استفاده از جهت چین و گسل‌ها در تعیین روند تنش‌های اصلی، استفاده از برخی متدهای چاه پیمایی همچون کالیپرهای مضاعف و ابزارهای تصویرساز الکتریکی و صوتی مانند UBI, FMI, RAB و ADN از اهمیت قابل توجهی برخوردارند.

اصول اولیه آنالیز تنش‌های درجا: تنش‌های موجود در درون زمین در دو سری تنش‌های دور از میدان ((Far-Field Stresses و تنش‌های دیواره چاه (Wellbore Stresses) قابل توصیف‌اند. دسته اول تنش‌هایی هستند که در فاصله زیادی از چاه وجود داشته و ناشی از حفر از فرآیندهای حفاری نیستند. این گروه به‌طور عمده، حاصل حرکات صفحه‌ای موجود در لیتوسفر در مقیاس منطقه‌ای هستند. اگرچه گاهی اوقات تحت شرایط تکتونیکی محلی همچون عملکرد چین، گسل و یا دیاپیریسیم دچار تغییر می‌شوند. این تنش‌ها که در یک سیستم کارترین توصیف می‌شوند شامل یک مؤلفه قائم (σ_V) حاصل از نیروی وزن طبقات فوقانی و دو مؤلفه افقی ارتوگونال ناشی از شرایط مرزی کششی یا فشارشی زمین‌شناسی هستند و از آنجائی که معمولاً از نظر مقدار بزرگی، متفاوت از یکدیگرند، با عناوین تنش افقی حداکثر (σ_H) و تنش افقی حداقل (σ_h) خوانده می‌شوند.

تنش‌های دیواره چاه که در وجه مشترک سازند و گل حفاری عمل می‌نمایند، توسط دو عامل عمده کنترل می‌شوند که عبارت‌اند از ۱- چگالی سیال حفاری ۲- تنش‌های دور از میدان. برای توصیف این سری از تنش‌ها از یک سیستم استوانه‌ای استفاده می‌گردد. همان‌گونه که در شکل ۵-۱ و ۳-۱۱ دیده می‌شود این سری، شامل یک مؤلفه تنش شعاعی (Radial stress) حاصل از عملکرد گل حفاری بر دیواره چاه و دو مؤلفه ارتوگونال محوری (Axial Stress) و مماسی (Tangential Stress) می‌باشد که اولی در جهت محور چاه اعمال می‌گردد ولی دومی بر محیط چاه اعمال شده و بدلیل وضعیت هندسی خود، تنش حلقوی (Hoop Stress) نامیده می‌شود.

حفاری یک سازند تحت اثر نیروهای افقی ناهمگن، سبب توزیع مجدد مؤلفه‌های تنش و تبدیل مؤلفه‌های تنش دور از میدان به مؤلفه‌های تنش دیواره چاه می‌شود. بدین ترتیب استفاده از گل حفاری با وزن نامناسب سبب افزایش یا کاهش بیش‌ازاندازه فشار چاه در مقایسه با فشار سازند شده و آسیب‌های جبران‌ناپذیری را بر دیواره چاه تحمیل می‌نماید. از جمله این آسیب‌ها که در تعیین جهت تنش‌های درجا قابل‌استفاده هستند می‌توان به گسیختگی چاه و شکستگی‌های حاصل از عملیات حفاری اشاره کرد که روند آن‌ها تعیین‌کننده روند σ_H و σ_h می‌باشد.

تعیین جهت تنش‌های درجا در مخازن عمیق هیدروکربوری مبحث مهمی در حفاری، تکمیل چاه و مراحل ازدیاد برداشت است. دو روش مهم تعیین تنش‌ها در چاه استفاده از جهت گسیختگی چاه (Borehole Breakout) و روند گسترش شکستگی‌های حاصل از عملیات حفاری (Drilling-Induced Fractures) در دیواره چاه با استفاده از نمودار تصویری مانند FMI می‌باشد.

در این فصل تصاویر ۳ چاه قائم در میدان هیدروکربوری مورد مطالعه که دارای شکستگی‌های القایی بودند با استفاده از نرم افزار ژئولاگ تفسیر و جهت تنش‌های اصلی افقی حداقل و حداکثر با توجه به جهت‌گیری گسیختگی‌های چاه و روند شکستگی‌های حاصل از عملیات حفاری تعیین شده است. نتایج حاصل از لاگ‌های تصویری با تحلیل شکستگی‌های به دست آمده از چاه‌ها تطبیق داده شده است. در این میدان در سه چاه شکستگی‌های القایی شناسایی شد و در نهایت جهت σ_{Hmax} با توجه به

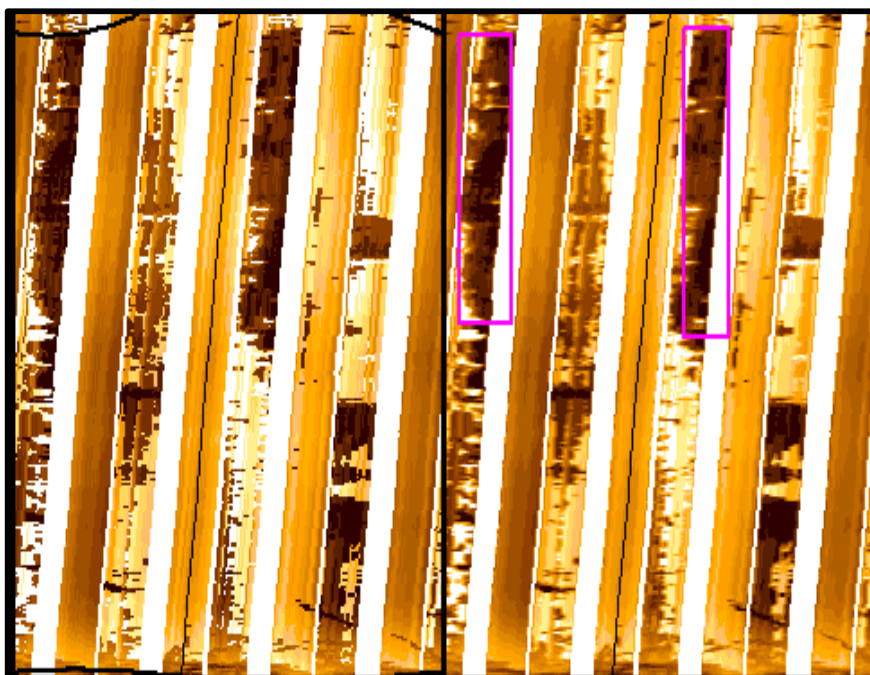
شکستگی‌های کششی و جهت حداقل تنش افقی σ_{hmin} با توجه به ریزش‌های دیواره‌ی چاه تعیین شده است.

پوسته‌ی زمین تنها در حالت‌های خاص و بسیار نادر از نظر تنش‌های هیدرو استاتیکی در حالت تعادل قرار دارد. تنها در نقاط کمی از پوسته‌ی زمین تنش‌های ناحیه‌ای در تمام جهات برابر و یکسان هستند. بزرگترین علل اختلال در سیستم تعادل، تنش‌های ناشی از حرکات صفحات پوسته است که باعث ایجاد تنش‌های متفاوت در اطراف چاه‌ها شده است. باین حال برخی از علل ایجاد تنش‌های ناحیه‌ای می‌توانند گسل خوردگی، چین خوردگی، برآمدگی یا دیگر پدیده‌هایی از این نوع باشد. تفاوت این نوع تنش‌ها با نوع اول در این است که نوع اول در تمام نقاط تنش‌ها توزیع یکسانی دارند، در حالی که نوع دوم می‌توانند در ناحیه‌ی کوچکی به صورت ناگهانی تغییر جهت دهند. چاه‌های میدان در اثر تنش‌های وارده به دیواره معمولاً دچار دو نوع شکستگی در دیواره می‌شوند، این دو نوع شکستگی عبارت‌اند از: شکستگی‌های برشی و شکستگی‌های کششی. وقتی چاه حفر می‌شود سیال حفاری وارد خلل و فرج سنگ می‌شود. سنگ‌های زیر سطح زمین قادر به تحمل تنش برشی و تنش فشارشی نیستند. در صورتی که سیال حفاری جایگزین شده تنها قابلیت تحمل فشار کمی را دارد. در نتیجه تجمع تنش در اطراف دیواره‌ی چاه و تشکیل یک تنش محاطی به صورت مماس با چاه به وجود می‌آید. وقتی وزن گل حفاری (تنش شعاعی) خیلی کم باشد، ماکزیمم تنش محاطی (σ_H) بیشتر از تنش شعاعی خواهد شد، در نتیجه شکستگی‌های برشی در دیواره‌ی چاه ایجاد می‌شود. که باعث بیضی شدگی دیواره‌ی چاه می‌شود. از طرفی وقتی وزن گل حفاری خیلی زیاد باشد تنش شعاعی افزایش یافته و تنش محاطی کاهش و در نتیجه سنگ‌های دیواره‌ی چاه تحت تنش کششی قرار می‌گیرند و شکستگی کششی در دیواره چاه ایجاد می‌شود. به‌طور کلی در چاه‌های عمودی یا چاه‌هایی که زاویه انحراف بسیار کمی دارند، جهت بیضوی چاه نشان‌دهنده‌ی جهت‌گیری حداقل تنش افقی ناحیه‌ای (σ_h) در اطراف چاه است. همچنین جهت یافتگی شکستگی‌های القایی در دیواره‌ی چاه می‌تواند مبین جهت ماکزیمم تنش افقی ناحیه‌ای باشد (شکل ۵-۱) البته این نکته را باید در نظر داشت که این تفسیر تنها درباره‌ی

گسیختگی دیواره چاه، به صورت تیرگی‌هایی در لبه نمودارهای تصویری دیده می‌شود. به علت ریزش دیواره چاه و کاهش مقاومت در این نواحی شکستگی‌های القایی، که به دلیل تمرکز تنش‌ها در یک ناحیه ضعیف ناپایدار در حین حفاری رخ می‌دهد، به صورت خطوط عمودی تیره‌رنگ دیده می‌شوند.

۱-۵- گسیختگی دیواره چاه و اثر آن بر روی نمودار الکتریکی FMI:

گسیختگی دیواره چاه (Borehole Breakout) که شاید بتوان آن را نوعی نقص برشی مرتبط با عملیات حفاری معرفی نمود، همان طویل شدگی چاه در راستای یکی از قطرهای می‌باشد به گونه‌ای که مقطع عرضی چاه از حالت دایره به بیضی تبدیل می‌گردد. استفاده از گل حفاری سبک، به عنوان اصلی‌ترین عامل شناخته شده در این فرآیند، سبب کاهش فشار چاه در مقایسه با فشار سازند گردیده و به عبارت دیگر غلبه تنش مماسی (حلقوی) بر تنش شعاعی وارد بر دیواره چاه، ایجادکننده دسته‌ای از شکستگی‌های برشی در راستای یکی از قطرهای چاه که موازی با σ_h است می‌باشد. با گذشت زمان، ریزش تدریجی سازند در این نواحی به دلیل ناپایداری، سبب طویل شدگی این قطر چاه می‌شود (شکل ۵-۱). از آنجایی که این پدیده رابطه عکس با تنش هیدرو استاتیک دارد، لذا افزایش وزن گل حفاری کمک بزرگی در پیشگیری از این پدیده به حساب می‌آید.

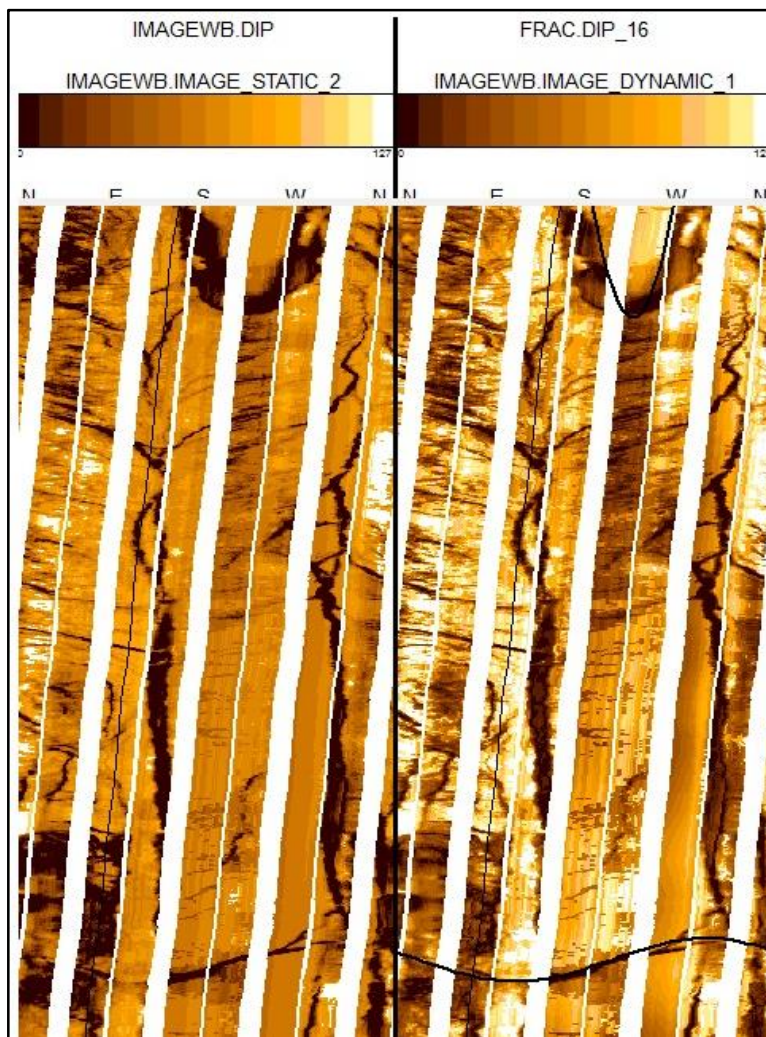


شکل ۵-۲- نمونه‌ای از گسیختگی مشاهده شده در چاه

۲-۵- شکستگی‌های حاصل از عملیات حفاری (Drilling-Induced)

(Fractures):

تفکیک این شکستگی‌ها با نفوذ محلی و کم تا نزدیکی دیواره چاه که نقش مهمی در زهکشی از مخزن ایفا نمی‌کنند از شکستگی‌های طبیعی امری ضروری و درعین حال دشوار است و تنها فاکتور قابل استفاده برای این منظور، توجه به نحوه گسترش آن‌ها بر روی نمودارهای تصویری می‌باشد. برخلاف شکستگی‌های طبیعی که معمولاً به صورت متقارن و به شکل امواج سینوسی، محور چاه را قطع می‌نمایند، این شکستگی‌ها به صورت خطوط مستقیم یا موجی طویل بافاصله ۱۸۰ درجه از یکدیگر در طول محور چاه گسترش داشته و به دلیل باز بودن و پرشدگی با سیال رسانای حفاری، همیشه

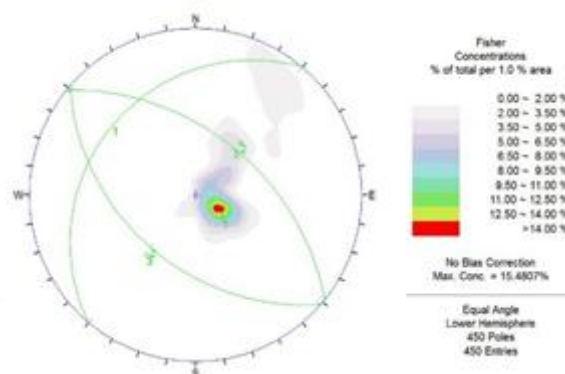


شکل ۵-۳- نمونه‌ای از شکستگی‌های کششی ایجادشده در چاه

تیره‌رنگ می‌باشند (شکل ۵-۳) مورفولوژی و مکانیزم ایجاد این شکستگی‌ها، شباهت زیادی به شکستگی‌های هیدرولیکی ایجاد شده در مراحل ازدیاد برداشت داشته و مطالعه آن‌ها علاوه بر تعیین جهت BH، در درک نحوه گسترش شکستگی‌های هیدرولیکی حائز اهمیت هست.

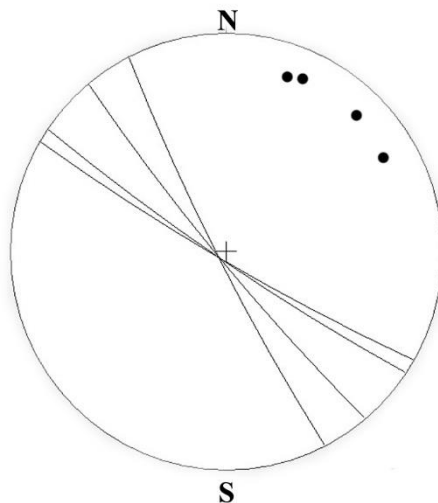
در این فصل که باهدف تعیین جهت تنش‌های درجا انجام گرفته است، تصاویر FMI متعلق به ۳ چاه قائم در میدان نفتی مورد مطالعه که دارای شکستگی القایی بودند، با استفاده از نرم‌افزار ژئولاگ به‌منظور شناسایی و تعیین جهت گسیختگی و شکستگی‌های حاصل از عملیات حفاری، مورد بررسی قرار گرفتند. چاه‌های شماره ۴ و ۳ و ۲ در این میدان دارای شکستگی‌های کششی و برشی بوده‌اند. و تنش بر اساس آن‌ها به دست آمده است.

۳-۵- تنش در چاه ۴: در مطالعه‌ی تصاویر این چاه تعداد ۴۵۰ عدد شکستگی واضح شناسایی شده است که این شکستگی‌ها همه از نوع باز هستند. با توجه به بررسی‌های استریو گرافیک این شکستگی‌ها را می‌توان در ۳ دسته‌ی غالب طبقه‌بندی کرد. یک دسته که امتدادی تقریباً موازی با لایه‌بندی دارند و شکستگی‌های طولی هستند هندسه‌ی N40E,24NW را نشان می‌دهند. هندسه‌ی دسته‌ی دوم شکستگی‌ها به‌طور میانگین N51W,50SW و دسته‌ی سوم N49W,45NE می‌باشد. تصویر استریو گرافیک صفحات شکستگی میانگین و کنتور دیاگرام مربوطه در شکل ۵-۴ نمایش داده شده است.

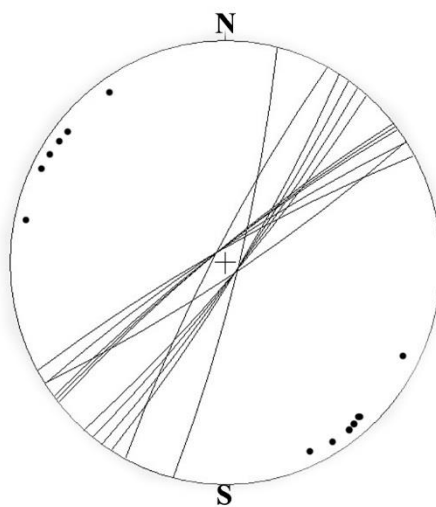


شکل ۵-۴- تصویر سیکلوگرافیک صفحات میانگین شکستگی‌ها و کنتور دیاگرام در چاه ۴ میدان

در چاه ۴ تعداد ۴ عدد شکستگی برشی یا Breakout شناسایی شد این شکستگی‌ها در محل‌های گسیختگی دیواره‌ی چاه وجود دارند. همچنین تعداد ۱۳ عدد شکستگی حاصل از عملیات حفاری یا Induce Fracture نیز شناسایی شده است. نمودارهای مربوط به شکستگی‌های القایی در این چاه در شکل‌های ۵-۵ و ۶-۵ نمایش داده شده است.



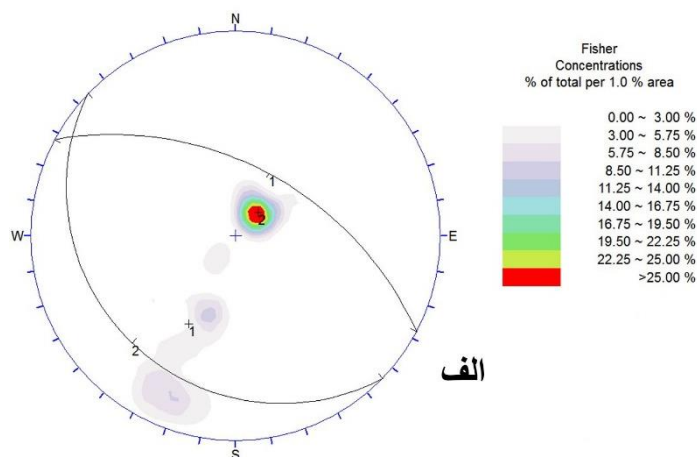
شکل ۵-۵- تصویر استریو گرافیک صفحات شکستگی برشی به همراه قطب صفحات در چاه ۴



شکل ۶-۵- تصویر استریو گرافیک صفحات شکستگی کششی به همراه قطب صفحات در چاه ۴

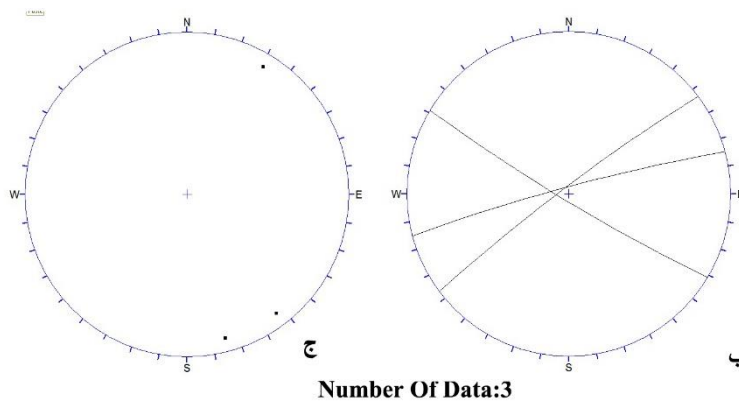
با توجه بررسی‌های آماری نتایج به‌دست‌آمده با توجه به امتداد شکستگی‌های کششی و گسیختگی دیواره چاه به شرح زیر است. در چاه ۴ امتداد شکستگی‌های کششی NE-SW و جهت‌گیری ساختمانی ریزش‌های دیواره‌ی چاه NW-SE می‌باشد و همان‌طور که انتظار می‌رود این دو دسته شکستگی بر یکدیگر عمود می‌باشند با توجه به این مسئله که σ_H ماکزیمم هم‌جهت با شکستگی‌های کششی و σ_h مینیمم در راستای عمود بر شکستگی‌های کششی و هم‌راستا با جهت گسیختگی دیواره‌ی چاه می‌باشد می‌توان نتیجه گرفت که راستای تنش افقی بیشینه در جهت شکستگی‌های کششی یعنی شمال خاور - جنوب باختر می‌باشد و همچنین تنش افقی کمینه در راستای شکستگی‌های برشی یعنی شمال باختر - جنوب خاور است.

۴-۵- تنش در چاه ۳: در نمودار تصویری FMI چاه شماره ۳ تعداد ۵۸ عدد شکستگی باز شناسایی شده است که این تعداد شکستگی در دو دسته به‌طور میانگین قرار دارند که دسته اول که غالب شکستگی‌ها در این چاه هستند با هندسه‌ی میانگین N46W, 18SW و دسته‌ی دوم که از تعداد کمتری برخوردار هستند با هندسه‌ی میانگین N62W, 52NE شناسایی شدند. تصویر استریو گرافیک صفحات شکستگی و نمودار گل‌سرخ‌ی مربوط به آن‌ها در شکل ۵-۷ دیده می‌شود.

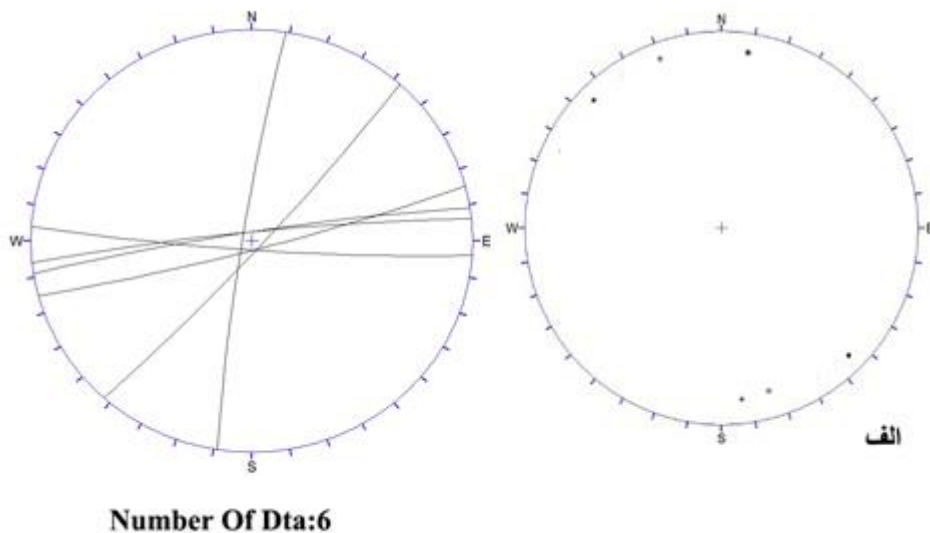


شکل ۵-۷- تصویر سیکلوگرافیک صفحات میانگین شکستگی‌ها و کنتور دیاگرام در چاه ۳ میدان

در بررسی لاگ های تصویری این چاه تعدادی شکستگی های القایی (شکستگی برشی و کششی) شناسایی شد. در این چاه تعداد ۳ عدد ریزش دیواره ی چاه (شکستگی برشی) و تعداد ۶ عدد شکستگی حاصل از عملیات حفاری شناسایی شده است که استریو گرام های مربوطه در شکل های ۵-۸ و ۹-۵ به نمایش در آمده است.



شکل ۵-۸- تصاویر استریو گرافیک نشان دهنده ی موقعیت گسیختگی دیواره ی چاه، در چاه ۳ میدان الف - تصویر استریو گرافیک قطب صفحات ب - تصویر استریو گرافیک صفحات شکستگی

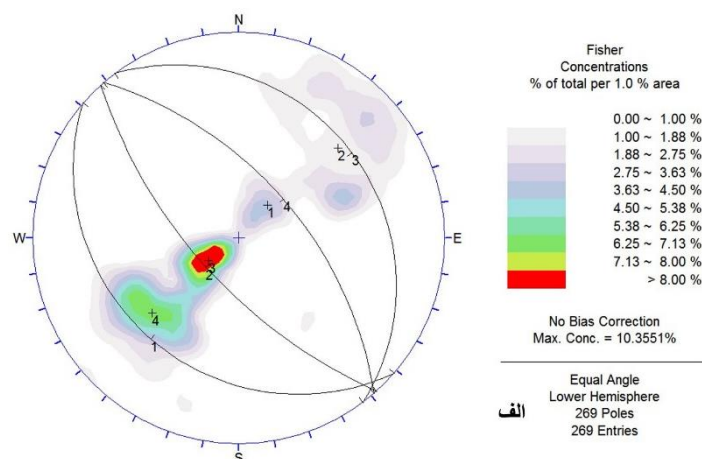


شکل ۵-۹- تصاویر استریو گرافیک نشان دهنده ی موقعیت شکستگی های کششی در چاه ۳ میدان شکل ۴-۱۲- الف - تصویر استریو گرافیک قطب صفحات ب - تصویر استریو گرافیک صفحات شکستگی

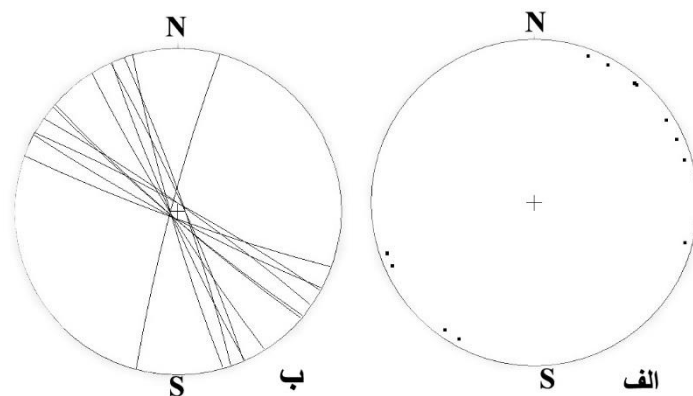
بررسی‌های آماری و سیکلو گرافیک در این چاه نیز مؤید جهت تنش‌های به‌دست‌آمده در چاه شماره ۳ میدان است. چراکه در چاه ۳ نیز BH ماکزیمم هم‌جهت با شکستگی‌های کششی و راستای شمال خاور-جنوب باختر دارد و البته در این چاه به دلیل اینکه جهت گسیختگی دیواره‌ی چاه در دو جهت شمال خاور-جنوب باختر و شمال باختر-جنوب خاور به دست آمده است بنابراین جهت BH مینیمم را عمود بر BH در نظر می‌گیریم و جهت آن را شمال باختر-جنوب خاور معرفی می‌کنیم.

۵-۵- تنش در چاه ۲

تعداد ۲۷۰ عدد شکستگی در این چاه یافت شده است که با بررسی آن‌ها درمی‌یابیم که این تعداد شکستگی در ۴ دسته کلی با موقعیت‌های میانگین N49W,24SW و N42W,66SW و N41W,58NE و N37W,21NE جای گرفته‌اند (شکل ۵-۱۰). در چاه ۲ تعداد ۱۲ عدد شکستگی برشی یا Breakout شناسایی شد. همچنین تعداد ۶ عدد شکستگی کششی یا شکستگی‌های القایی یا Induce Fracture شناسایی شده است. نمودارهای مربوط به شکستگی‌های برشی و کششی در شکل‌های ۵-۱۱ و ۵-۱۲ نمایش داده شده است.

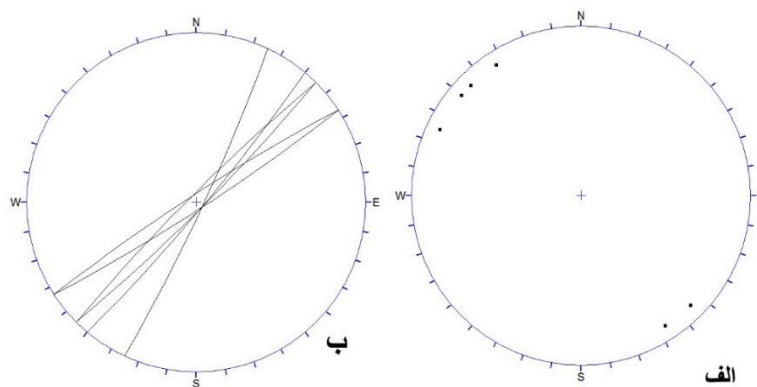


شکل ۵-۱۰- تصویر سیکلوگرافیک صفحات میانگین شکستگی‌ها و کنتور دیاگرام در چاه ۲ میدان



Number Of data:12

شکل ۵-۱۱- تصاویر استریو گرافیک نشان دهنده‌ی موقعیت شکستگی‌های برشی در چاه ۲ میدان



Number Of Dta:6

شکل ۵-۱۲- تصاویر استریو گرافیک شکستگی‌های کششی در چاه ۲ میدان الف - تصویر استریو گرافیک قطب صفحات ب - تصویر استریو گرافیک صفحات شکستگی

در چاه 2 امتداد شکستگی‌های کششی NE-SW و جهت‌گیری ساختمانی ریزش‌های دیواره‌ی چاه NW-SE می‌باشد و بنابر انتظار این دو دسته شکستگی بر یکدیگر عمود می‌باشند. با توجه به این مسئله که σ_H ماکزیمم هم‌جهت با شکستگی‌های کششی و σ_h مینیمم در راستای عمود بر شکستگی‌های کششی و هم‌راستا با جهت گسیختگی دیواره‌ی چاه می‌باشد، می‌توان نتیجه گرفت که راستای تنش افقی بیشینه در جهت شکستگی‌های کششی یعنی شمال خاور - جنوب باختر می‌باشد و همچنین تنش افقی کمینه در راستای شکستگی‌های برشی یعنی شمال باختر - جنوب خاور است .



فصل هشتم

بحث و نتیجه گیری



منابع اصلی موجود برای مطالعه سیستم‌های شکستگی میادین هیدروکربوری عبارت‌اند از: رخنمون‌ها، مقاطع لرزه‌ای و اطلاعات دینامیک و استاتیک چاه‌های حفاری شده. هر کدام از این موارد، مقیاس خاصی از مشاهده را در اختیار کاربر قرار می‌دهند. از میان منابع نام‌برده شده، مطالعات انجام‌شده در مقیاس چاه، در مقایسه با مطالعات رخنمون و لرزه، دقیق‌تر بوده و در مقیاس مخزنی کاربردی‌تر هستند. همچنین مطالعه مغزه‌های جهت‌دار به دلیل وجود برخی محدودیت‌ها مانند عدم جهت‌یابی بسیاری از مغزه‌ها، هزینه بالای تهیه و آنالیز مغزه کامل و ریسک ناشی از تهیه مغزه در اینتروال‌های سست و شکننده، سبب شده است که ابزارهای تصویرساز الکتریکی و صوتی همچون، FMS/FMI, UBI (Ulterasonic Borehole Image) جانشین مغزه‌های گران قیمت حفاری گردند.

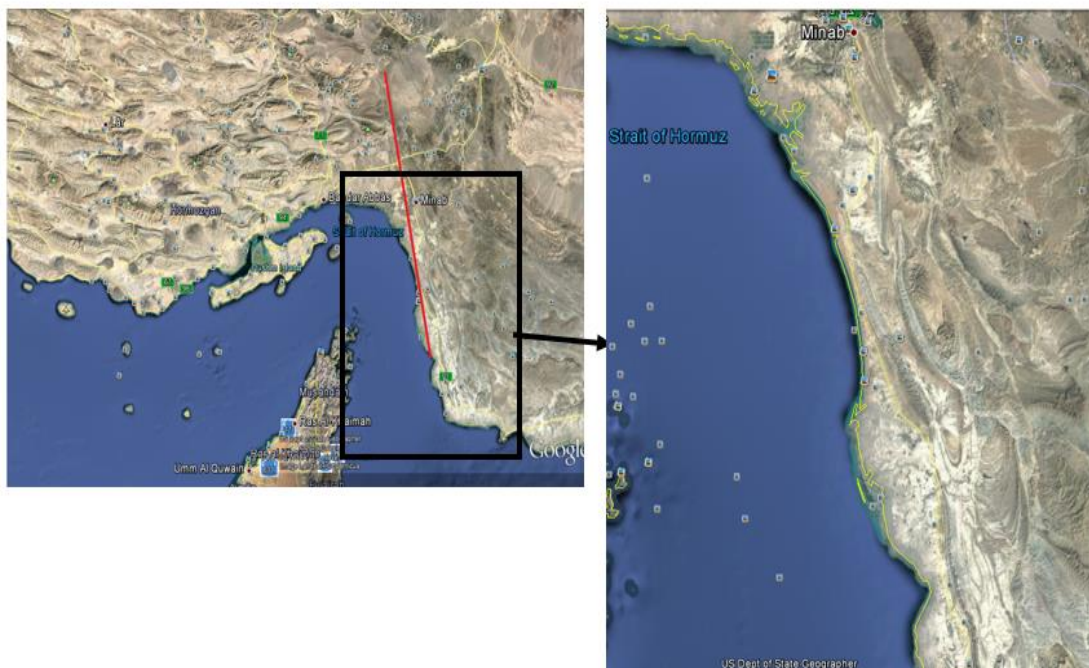
در این مطالعه به شناسایی و تحلیل و تفسیر شکستگی‌های میدان هیدروکربوری مورد مطالعه پرداخته شده است. به این منظور از داده‌های لاگ‌های تصویری FMI و بررسی نقشه‌های ساختمانی زیرسطحی (UGC) میدان استفاده شده است. با مشتق‌گیری ساختمانی از این نقشه‌ها نقشه‌های هم‌شیب و هم‌خمش میدان تهیه می‌شود. همچنین لاگ‌های خطی برای اثبات در برخی موارد به کار گرفته شده است. ساخت تصاویر FMI در میدان و شناسایی سطوح لایه‌بندی و شکستگی با استفاده نرم افزار ژئولاگ انجام پذیرفته است. به‌منظور تحلیل شکستگی‌های میدان داده‌های چاه‌های شماره‌ی ۳ و ۵ و ۳ و ۲ مورد تفسیر قرار گرفته است. همچنین با شناسایی شکستگی‌های القایی جهت میدان تنش برجا به‌دست‌آمده است.

با توجه به داده‌های زیر سطحی شرکت ملی نفت ایران، ساختار میدان مورد مطالعه به شکل یک طاقدیس بزرگ با روند شمالی_جنوبی، با طول تقریبی ۲۴ کیلومتر و پهنای تقریبی ۱۲ کیلومتر می‌باشد. این میدان در تنگه‌ی هرمز در بخش خاوری خلیج فارس واقع شده است. بررسی ساختارها در زاگرس نشان می‌دهد که در قسمت شمال باختری ایران ساختارهای زاگرس روند شمال باختر- جنوب خاوری دارند. هرچه به سمت جنوب می‌آییم روند ساختارها چرخش پیدا می‌کنند تا جایی که در قسمت جنوبی ایران و شمال خلیج فارس روند ساختارها خاوری - باختری می‌شوند. تصویر ماهواره‌ای لندست

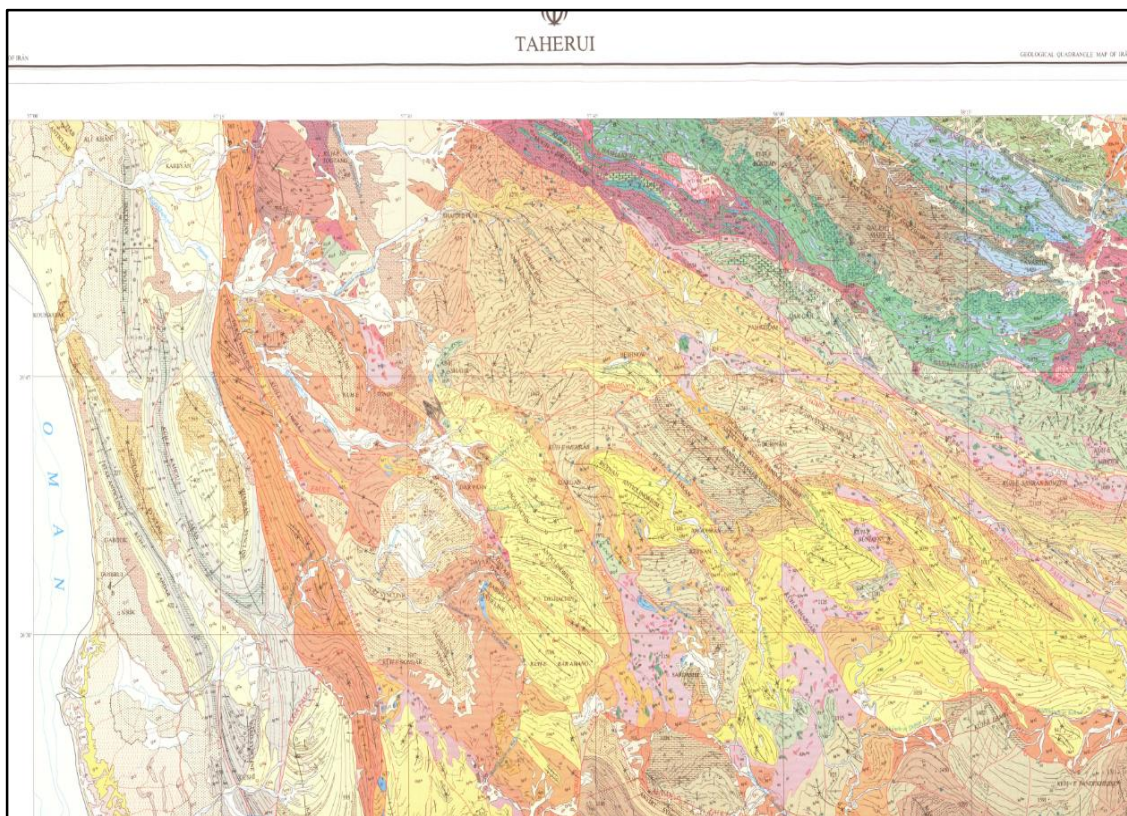
شکل ۶-۲ و ۶-۱ برگرفته از Google Earth می‌باشد که این تغییر روند بر روی آن مشخص است. مطالعه‌ی تصاویر دورسنجی نظیر شکل ۶-۱ و همچنین مطالعات و برداشت‌های صحرایی که در نقشه‌های زمین‌شناسی از جمله در چهارگوش



شکل ۶-۱- تغییر روند تدریجی ساختارها از سمت چپ شکل (روند شمال‌باختر-جنوب‌خاور) به سمت راست (خاوری-باختری) مشاهده‌شده بر روی تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارث



شکل ۶-۲- سمت چپ، نمایی از گسل میناب و سمت راست روند شمالی-جنوبی ساختارها بلافاصله بعد از خط گسلی میناب در روی تصاویر ماهواره‌ای Google Earth



شکل ۶-۳- روند شمالی-جنوبی ساختارها بر روی چهارگوش ۱:۲۵۰۰۰۰۰ طاهروی

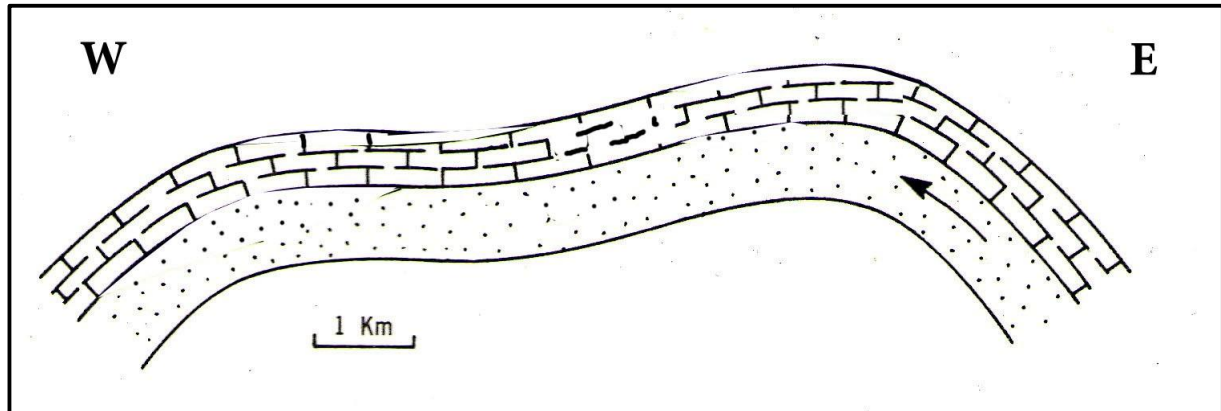
طاهروی (شکل ۶-۳) که در قسمت خاوری تنگه‌ی هرمز قرار دارد، حاکی از روند خاوری-باختری در جنوب ایران است. ولی در تنگه‌ی هرمز در مجاورت گسله‌ی میناب روند ساختارها به‌ویژه چین‌ها به شمالی-جنوبی تغییر می‌یابد. این روند نیز در تصویر ماهواره‌ای لندست برگرفته از Google Earth در شکل ۶-۲ مشخص است.

گسل میناب گسلی شمالی - جنوبی با حرکت راست‌بر می‌باشد؛ که دو محیط زمین‌شناسی مشخص یعنی منطقه‌ی برخوردی قاره - قاره زاگرس در باختر را از منطقه‌ی فرورانش اقیانوسی - قاره‌ای مکران در خاور جدا می‌کند. (Jackson and McKenzie 1984, Berberian 1995). از طرفی تغییر روند چین‌ها از جمله تأقدیس مورد مطالعه در انتهای جنوب خاوری زاگرس و در نوار باختری مکران، از روند خاوری-باختری به روند شمالی - جنوبی که در حریم گسله‌ی میناب رخ داده است می‌تواند ناشی از حرکت راست‌بر همراه با مؤلفه‌ی فشاری در منطقه‌ی گسلی میناب باشد. تأقدیس مورد مطالعه در روی نقشه در سمت باختری چهارگوش طاهروی قرار دارد. ساختارهای بخش باختری چهارگوش ۱:۲۵۰۰۰۰

طاهروی روند شمالی - جنوبی دارند که هر چه به سمت خاور پیش برویم روند ساختارها شمال خاور- جنوب باختر می شود (شکل ۶-۳).

۱-۶- بررسی نقشه‌های توزیع تنش و کرنش

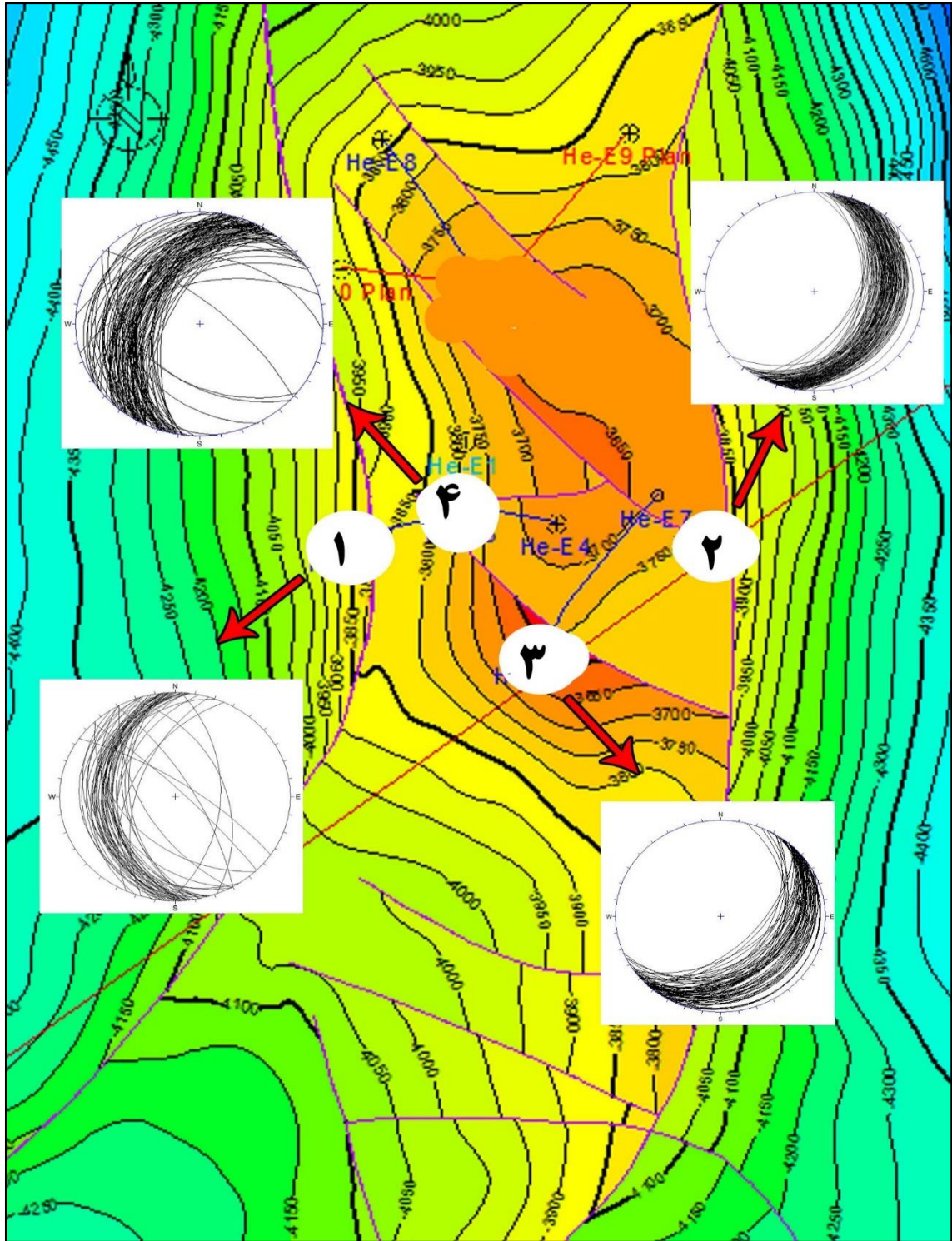
با بررسی نقشه‌های هم‌شیب و هم‌خمش میدان مشخص شد که در نقشه‌های زیرسطحی تاقدیس مورد مطالعه، دو ناحیه دارای شیب و انحنای بالای ساختمانی وجود دارد که دو شکستگی طولی اصلی که در نقشه‌ها شناسایی شده است و با اعداد ۹ و ۱۰ در شکل ۴-۲ شماره گذاری شده است بر روی این مناطق با شیب و انحنای بالای ساختمانی منطبق هستند. حضور دو ناحیه دارای شیب و انحنای زیاد ساختمانی در نقشه‌های زیرسطحی نشان‌دهنده‌ی این است که تاقدیس مورد مطالعه دو منطقه‌ی لولا دارد و یا به عبارتی دارای منطقه‌ی لولای عریض می‌باشد. این مساله باعث شده که دو ناحیه با شیب و انحنای زیاد ساختمانی که مستعد شکستگی هستند را مشاهده کنیم. شکل ۶-۴ برشی نمادین از



تاقدیس مورد مطالعه است که در آن دو محوره بودن تاقدیس نشان داده شده است.

شکل ۶-۴- برشی نمادین از تاقدیس میدان که دو محوری بودن آن را نشان می‌دهد.

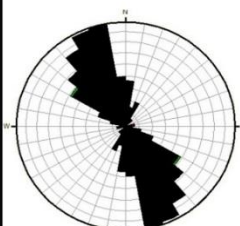
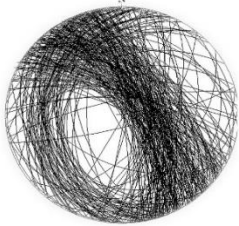
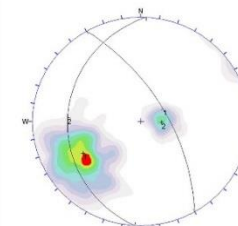
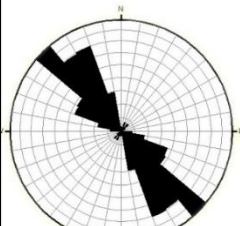
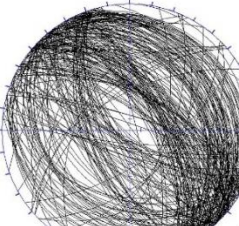
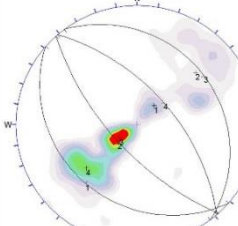
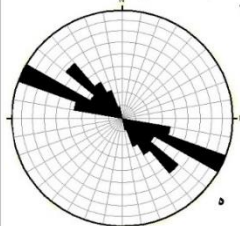
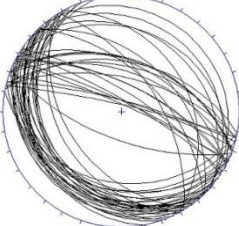
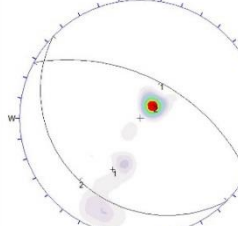
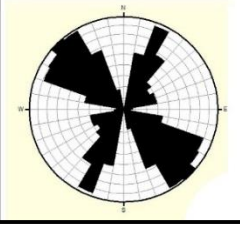
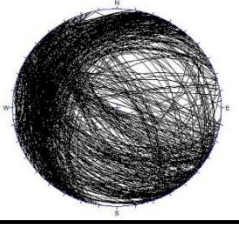
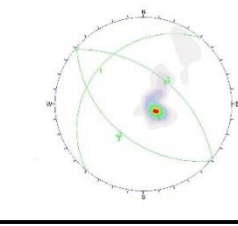
همچنین با توجه به بررسی هندسه و جهت سطوح لایه بندی بر روی نمودارهای تصویری هر چاه در این میدان شکل تاقدیس میدان و همچنین جهت شیب یال‌ها به خوبی مشخص شده است. در شکل ۶-۵ استریوگرام مربوط به سطوح لایه بندی هر یک از چاه‌های مورد مطالعه در میدان بر روی نقشه‌ی خطوط تراز زیر سطحی میدان پلات شده است.



شکل ۶-۵- استریوگرام مربوط به سطوح لایه بندی که با توجه به موقعیت هر چاه بر روی نقشه‌ی ساختمانی زیر سطحی قرار داده شده است.

۶-۲- مطالعه مستقیم (شناسایی شکستگی‌ها در روی لاگ‌های تصویری)

انواع ساختارهای شناسایی شده در روی لاگ‌های تصویری شامل لایه‌بندی و انواع شکستگی‌ها هستند. در این مطالعه تصاویر حاصل از ۴ چاه قائم در میدان با استفاده از نرم‌افزار ژئولاگ مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است. در شکل ۶-۶ تعداد شکستگی‌های هر چاه به همراه تصاویر استریو گرافیک صفحات و نمودارهای گل‌سرخی مربوطه و همچنین صفحات میانگین و کنتور دیاگرام مربوط به صفحات شکستگی در هر چاه آورده شده است.

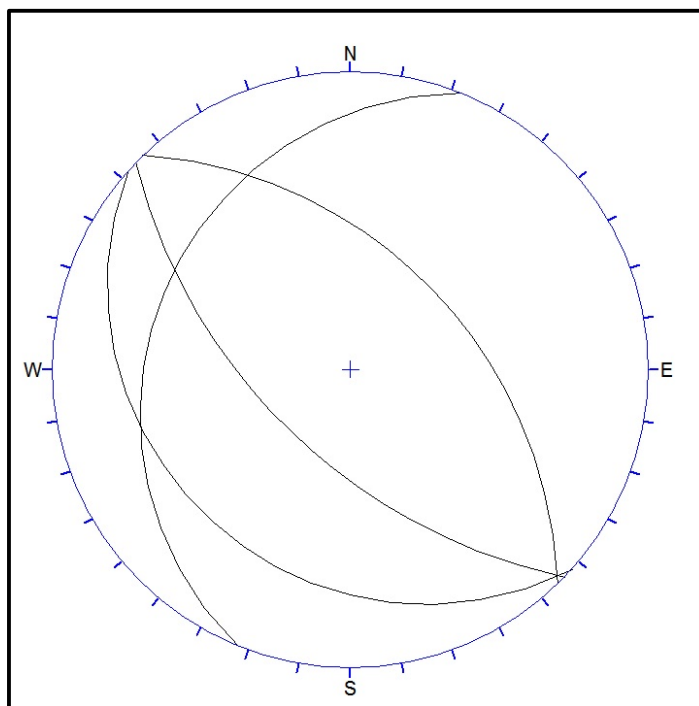
	الف	ب	ج	د	
	شماره ی چاه	تعداد	نمودار گل‌سرخی	تصویر استریوگرافیک	موقعیت میانگین صفحات و کنتور دیاگرام
چاه ۱	۳۰۱				
چاه ۲	۲۷۰				
چاه ۳	۵۸				
چاه ۴	۴۵۰				

شکل ۶-۶- موقعیت شکستگی‌های شناسایی شده در هر چاه در میدان. ستون الف: تعداد شکستگی‌های هر چاه، ستون ب: نمودار گل‌سرخی صفحات شکستگی، ستون ج: تصویر استریو گرافیک صفحات، ستون د: تصویر استریو گرافیک صفحات میانگین در هر چاه به همراه کنتور دیاگرام مربوطه

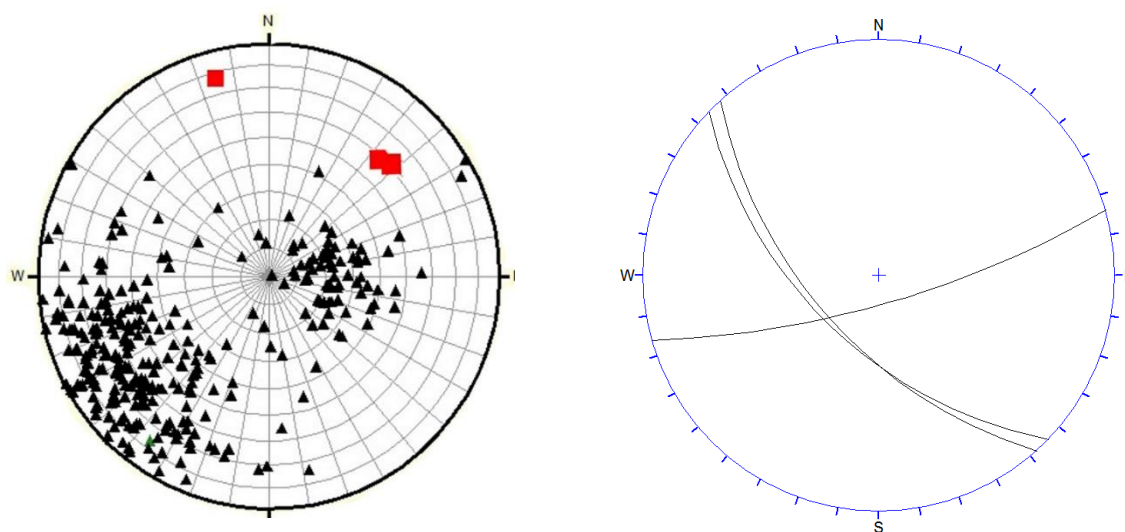
در چاه ۴، تعداد ۴۵۰ عدد شکستگی در ۳ دسته‌ی غالب N40E,24NW و N51W,50SW و N49W,45NE و در چاه ۱، تعداد ۲۹۹ عدد شکستگی در دو دسته‌ی اصلی با موقعیت میانگین N27W,63NE و N3E,22NW و در چاه ۳، تعداد ۵۸ عدد شکستگی در دو دسته با هندسه‌ی میانگین N62W, 52NE و N46W,18SW و در چاه ۲، تعداد ۲۷۰ عدد شکستگی در ۴ دسته کلی با موقعیت‌های میانگین N42W/66SW و N49W/24SW و N37W/21NE و N41W/58NE شناسایی شدند. همچنین در چاه A تعداد ۳ گسل احتمالی با موقعیت‌های N75E,77SE و N42W,59SW و N46W,57SW شناسایی شده‌اند. اغلب شکستگی‌های مشاهده شده از نوع باز هستند. از نظر روند و شیب و جهت شیب می‌توان کل شکستگی‌های میدان که از چهار چاه به دست آمده است را در ۴ دسته تقسیم‌بندی کرد. خصوصیات این چهار دسته‌ی میانگین در جدول ۶-۱ آمده است. همچنین شکل ۶-۷ نشان‌دهنده‌ی موقعیت میانگین این صفحات میانگین می‌باشد.

جدول ۶-۱- موقعیت ۴ دسته شکستگی در کل میدان به همراه موقعیت صفحات میانگین برای هر دسته

	موقعیت صفحات (Dip&Dip Direction)	موقعیت صفحه‌ی میانگین (Dip&Dip Direction)
دسته‌ی اول	۶۳/۰۶۰ ۵۸/۰۴۹ ۲۱/۰۵۳ ۵۲/۰۲۸ ۴۵/۰۴۱	۴۸/۰۴۶
دسته‌ی دوم	۲۲/۲۷۳ ۲۴/۳۱۰	۲۲/۲۹۲
دسته‌ی سوم	۲۴/۲۲۱ ۱۸/۲۲۴	۲۱/۲۲۲
دسته‌ی چهارم	۶۶/۲۲۸ ۵۰/۲۱۹	۵۸/۲۲۴



شکل ۶-۷- موقعیت صفحات میانگین ۴ دسته‌ی کلی شکستگی در میدان

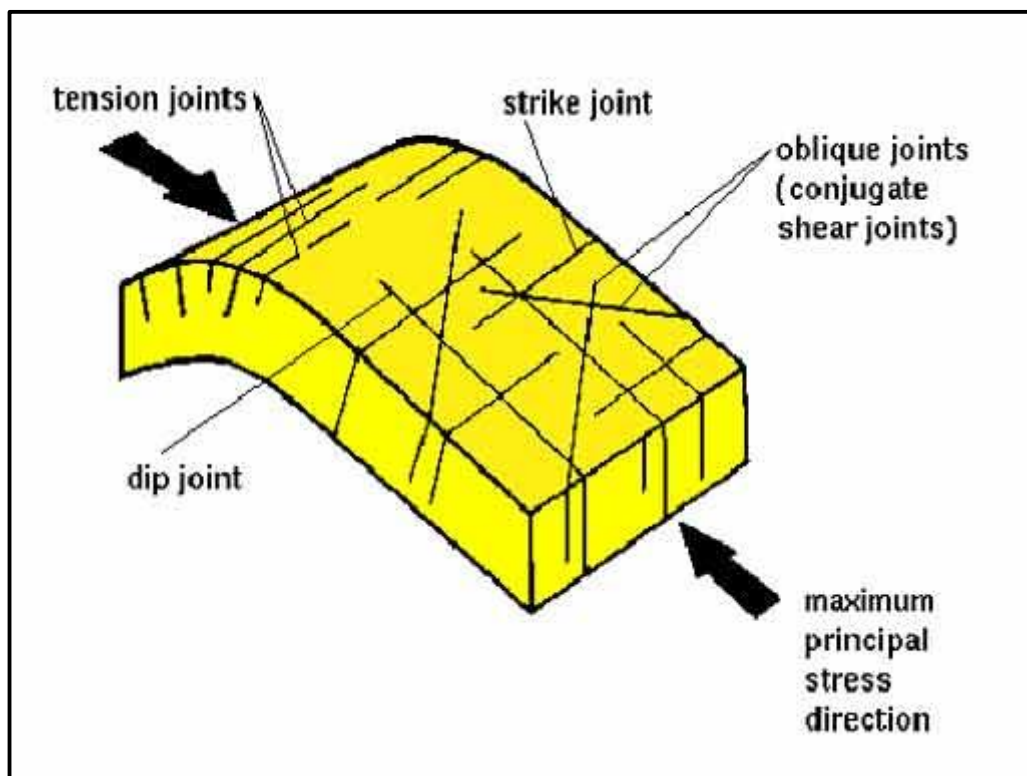


شکل ۶-۸- الف- تصویر سیکلوگرافیک صفحات گسل‌های احتمالی ب- استریوگرام قطب صفحات شکستگی (مثلاً مشکی) و قطب صفحات گسل که با نماد مربع قرمز نشان داده شده‌اند.

همچنین در چاه ۱، سه گسل احتمالی با موقعیت‌های $N75E, 77SE$ و $N42W, 59SW$ و $N46W, 57SW$ شناسایی شد. تصویر قطب صفحات گسل نسبت به صفحات شکستگی و همچنین تصویر استریو گرافیک صفحات گسلی احتمالی در شکل ۶-۸ آمده است. که عملکرد یکی از گسل‌ها که

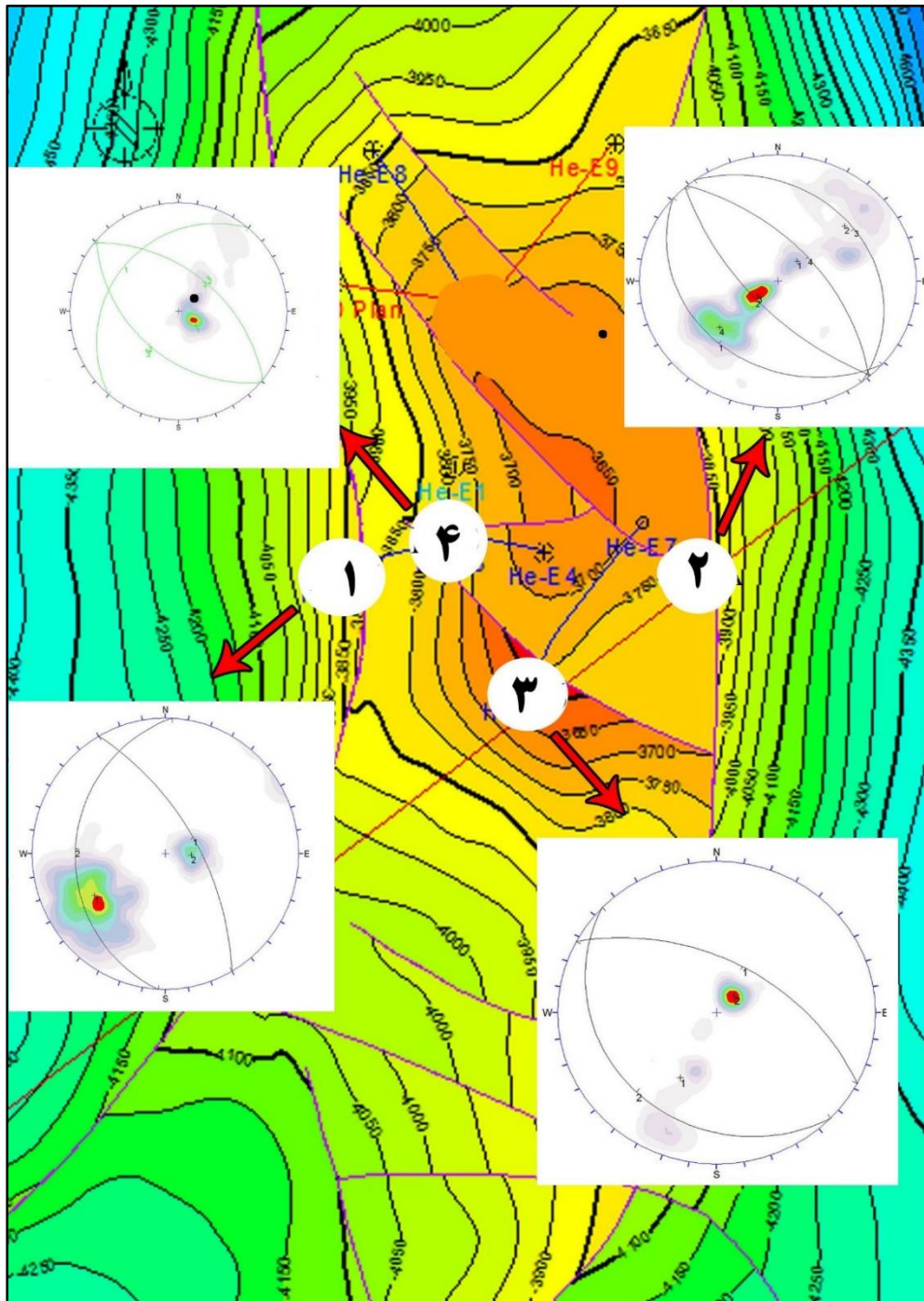
روندی تقریباً شرقی-غربی دارد و عمود بر گسل‌های اصلی منطقه است را به فعالیت این گسل‌ها مربوط دانست. و دو گسل دیگر که روندی شمال باختر-جنوب خاور دارند را ناشی از چین خوردگی تلقی کرد.

شکل ۶-۹ تصویری نمادین از شکستگی‌های ایجادشده بر روی یک چین را نشان می‌دهد که با توجه به آن مشخص است که سه دسته شکستگی طولی و عرضی و مایل در ارتباط با چین خوردگی ایجاد می‌شود. در میدان نیز با بررسی هر کدام از چاه‌ها شکستگی‌های طولی و عرضی و مایل شناسایی شده است به این شرح که در چاه ۴ غالب شکستگی‌ها طولی و مایل هستند. همچنین در چاه ۱ شکستگی‌ها به دلیل روند تقریباً شمالی-جنوبی در دسته‌ی شکستگی‌های طولی قرار می‌گیرند. و در چاه ۲ و ۳ اکثر شکستگی‌های شناسایی شده به دلیل روند باختری - خاوری در دسته‌ی شکستگی‌های عرضی قرار دارند که البته در این دو چاه شکستگی‌های مایل هم یافت می‌شود.



شکل ۶-۹- شکل نمادینی از شکستگی‌های آرمانی ایجادشده بر روی چین خوردگی نقل از (Marshak&Mitra1998)

همچنین در شکل ۶-۱۰ استریوگرام‌های مربوط به شکستگی‌های موجود در هر چاه بر روی نقشه‌ی زیر سطحی میدان نمایش داده شده است که در آن می‌توان موقعیت شکستگی‌ها را با موقعیت شکستگی‌های بزرگ مقیاس موجود در تاق‌دیس و همچنین موقعیت چاه‌ها نسبت به چین مقایسه نمود.

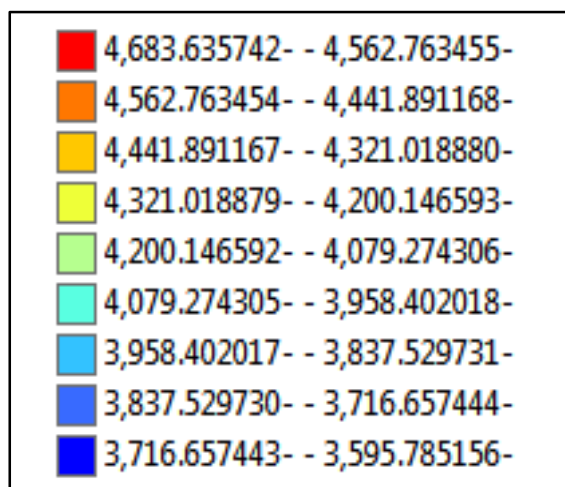


شکل ۶-۱۰- استریوگرام مربوط به موقعیت میانگین صفحات شکستگی که بر روی نقشه‌های خطوط تراز زیر سطحی با توجه به موقعیت چاه‌ها نمایش داده شده است.

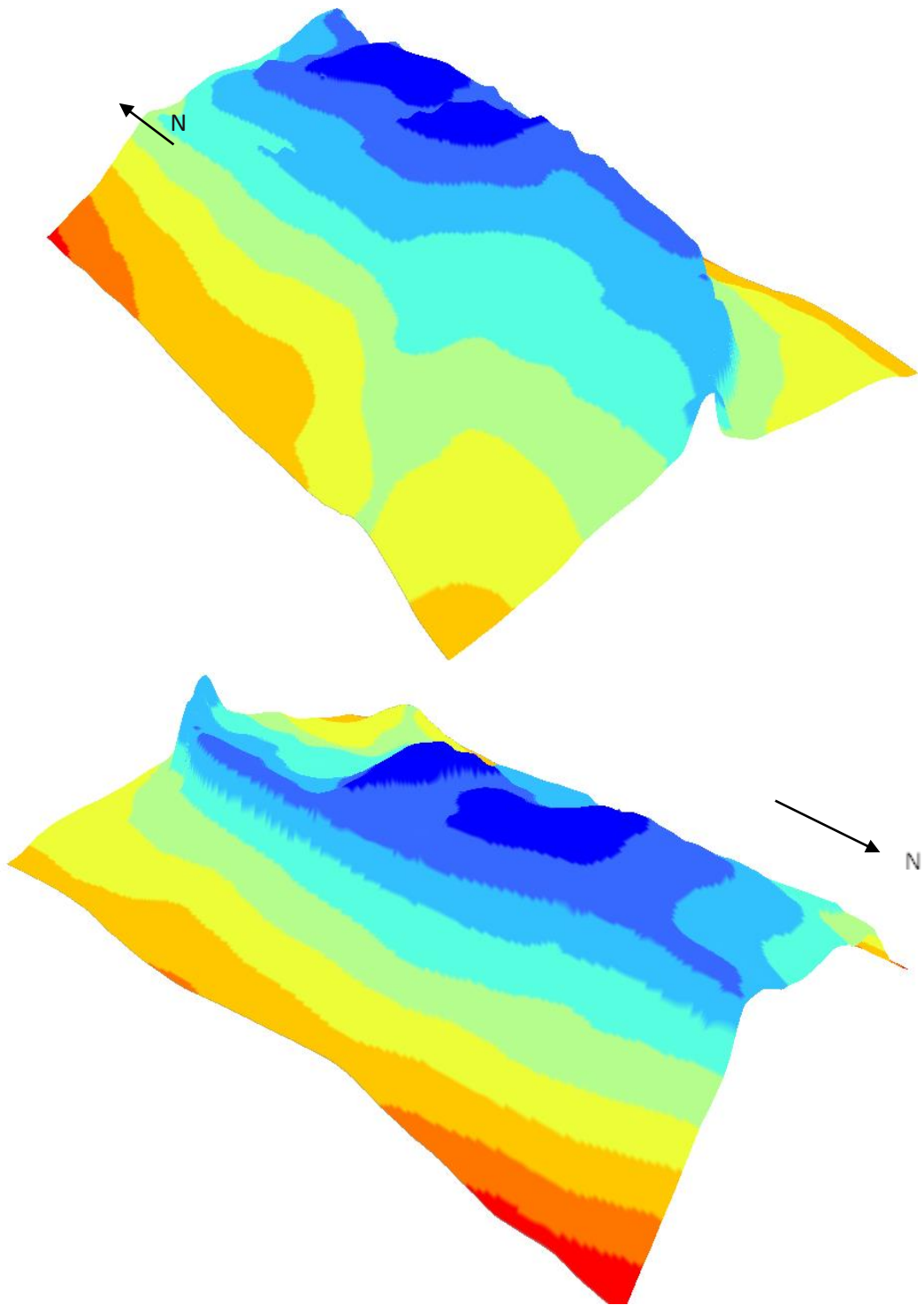
۶-۳-مدل سازی سه بعدی

در میدان با استفاده از نقشه‌های ساختمانی زیرسطحی و اطلاعات طول و عرض جغرافیایی نقاط و همچنین ارتفاع آن‌ها بعد از ساختن نقشه‌ی DEM تاقدیس مورد مطالعه، یک مدل سه بعدی از تاقدیس برای درک بهتر ساختار میدان ساخته شد. این مدل با استفاده از مجموعه نرم‌افزار Arc GIS و با استفاده از نرم‌افزار Arc Scene ساخته شده است. در صورت صحیح بودن نقشه‌های ساختمانی در دسترس، این مدل شباهت بسیاری به ساختار تاقدیس مورد مطالعه دارد.

در این مدل سه بعدی ارتفاع‌های مختلف بارنگ‌های متفاوتی نشان داده شده است که در راهنمای نقشه مشاهده می‌شود. در دو قسمتی که با توجه به نقشه‌های هم‌شیب و هم‌خمشی میدان بالاترین شیب و انحنای ساختاری مشاهده شد، در مدل سه بعدی نیز این انحنا دیده می‌شود. همچنین این مسئله که تاقدیس دارای دو منطقه‌ی لولا می‌باشد نیز در این مدل به خوبی نمایان است. در شکل ۶-۱۱ راهنمای ارتفاعی مدل سه بعدی به همراه رنگی که به هر عمق اختصاص داده شده است دیده می‌شود. همچنین در شکل ۶-۱۲ دو نما از این مدل سه بعدی نمایش داده شده است. تعدادی Saddle و culmination در مدل سه بعدی دیده می‌شود که مسلماً در این مناطق تمرکز شکستگی‌ها نسبت به سایر نقاط بالاتر است. صرف‌نظر از عملکرد عوامل دیاژنزی در پیدایش پاره‌ای از شکستگی‌های طبیعی با جهت‌یابی‌های پراکنده و تصادفی، عدم حضور سطوح گسلی در چاه‌های مورد مطالعه، تفسیر شکستگی‌های طبیعی را



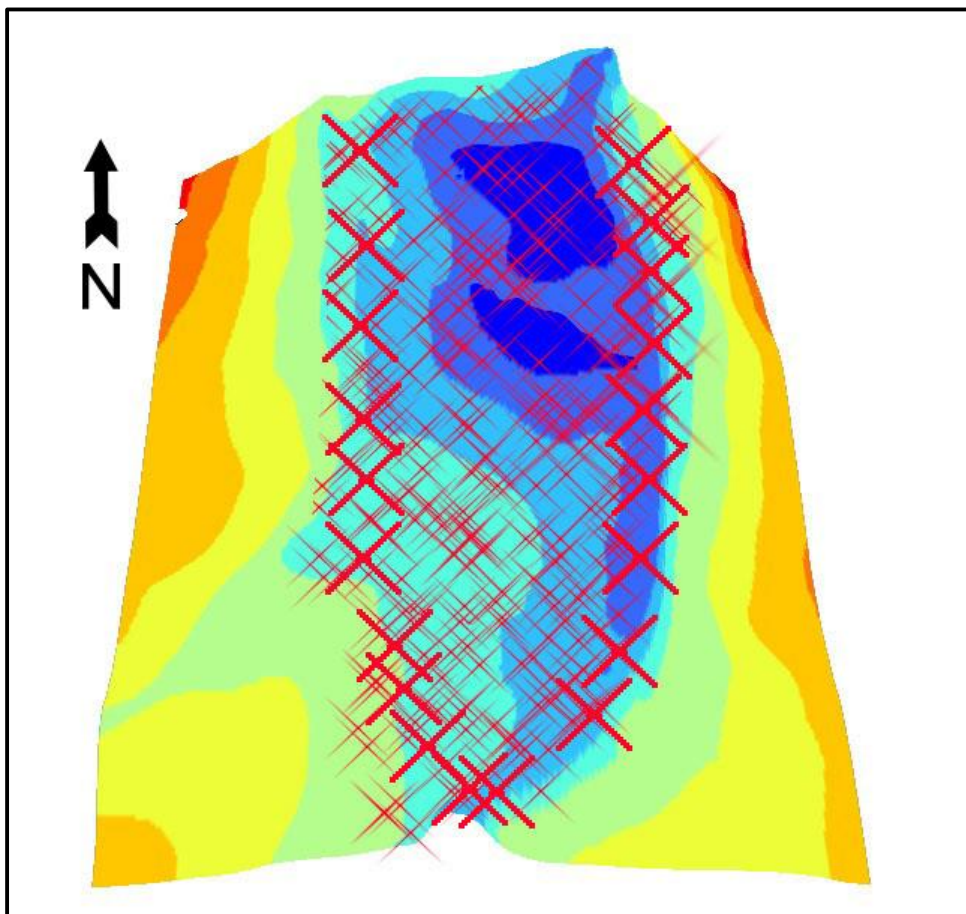
شکل ۶-۱۱- راهنمای عمقی مدل سه بعدی تاقدیس مورد مطالعه



شکل ۶-۱۲-مدل سه بعدی تاقدیس مورد مطالعه

در طبقات رسوبی مسطح دشوار نموده است. با توجه به تفسیر نمودارهای FMI و همچنین اهمیت گسل‌های پی‌سنگی مانند میناب و خطواره‌ی عمان در شکل‌گیری ساختارها، عملکرد چند عامل منطقه‌ای در پیدایش این شکستگی‌ها، قابل توجه است. این عوامل عبارت‌اند از: حضور گسل‌های پی‌سنگی و فعالیت حاصل از آن‌ها که عامل کنترل‌کننده ضخامت و توزیع رخساره‌های رسوبی طبقات فوقانی آن‌ها محسوب می‌گردند. اختلاف فشارش ناشی از تغییرات ضخامت در طول حوضه، یکی از پارامترهای ایجادکننده شکستگی در پی‌سنگ است. فعالیت بعدی این شکستگی‌ها، منجر به شکستگی‌های بعدی در مقیاس منطقه‌ای می‌شود. بارگذاری‌های حاصل از چین‌خوردگی و ایجاد انحنای منطقه‌ای در نتیجه فرورانش صفحه عربی به زیر صفحه ایران مرکزی نیز می‌تواند عامل مهمی در شکل‌گیری شکستگی‌ها باشد. کل شکستگی‌های ایجادشده در میدان را می‌توان به عوامل مختلفی نسبت داد. شکستگی‌های مشاهده شده بر روی نقشه‌های ساختاری زیرسطحی که در دو روند موازی و عمود بر گسل‌های اصلی منطقه هستند، مؤلفه‌ی راستا لغز دارند بنابراین می‌توان به وجود آمدن این شکستگی‌ها را حاصل از فعالیت این گسل‌ها در نظر گرفت. در مورد شکل‌گیری شکستگی‌های مشاهده شده در روی لاگ‌های تصویری که در دو روند غالب شمال باختر- جنوب خاور و شمال خاور- جنوب باختری هستند را نیز احتمال این وجود دارد که شکستگی‌هایی که روند شمال خاور- جنوب باختر دارند که یک دسته هستند (دسته‌ی دوم) و از تعداد کمتری برخوردار هستند ناشی از برخورد صفحه‌ی عربستان به ایران و فشارش ایجادشده توسط این حرکت باشند و دسته‌ی دوم شکستگی‌ها (دسته‌های اول و سوم و چهارم) که روندی شمال باختر- جنوب خاور دارند را شکستگی‌هایی دانست که در طی رشد چین‌خوردگی و انحنای ناشی از آن ایجادشده‌اند. این دسته از تعداد بالاتری برخوردار هستند و غالب شکستگی‌های میدان را تشکیل می‌دهند. در نهایت با توجه به حضور تعداد بالای شکستگی در میدان مورد مطالعه می‌توان مخزن مورد مطالعه را یک مخزن شکسته در نظر گرفت که حفر چاه‌های استخراجی با در نظر گرفتن تراکم شکستگی‌ها و ساختار میدان مورد مطالعه باعث کاهش هزینه‌های پی‌جویی و ازدیاد برداشت می‌شود که این مسئله در میادین مشترکی مانند مورد مطالعه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در نهایت با توجه

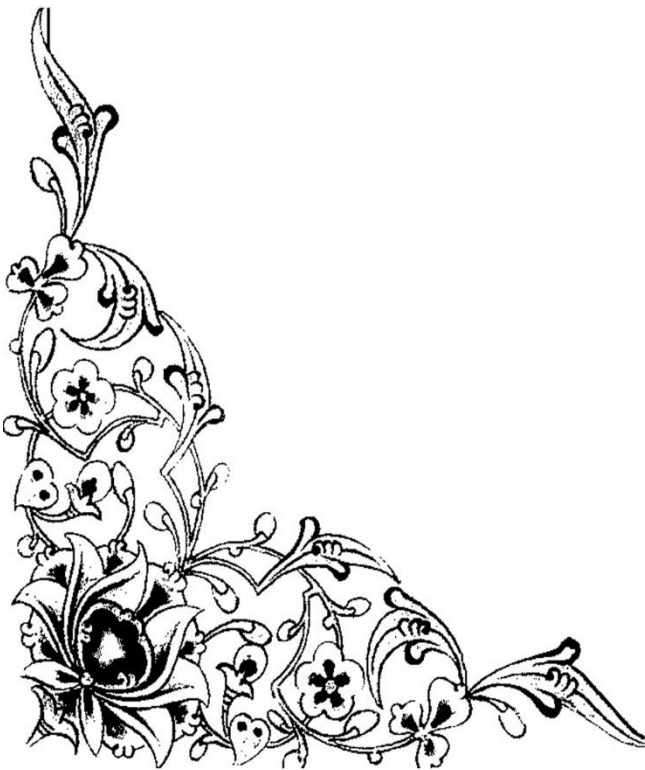
به مدلسازی مخزن و مدل‌سازی شکستگی‌ها در هر چاه می‌توانیم بهترین محل برای حفر چاه‌های اکتشافی جدید را در منطقه‌ی لولا که تجمع بیشترین شکستگی‌ها در این قسمت است را پیشنهاد بدهیم. بنابراین در میدان که طبق بررسی‌ها دارای دو خط لولا می‌باشد و در این دو نقطه بالاترین شیب و انحنای ساختمانی مشاهده می‌شود میتوان بهترین محل حفر چاه را بر روی این مناطق لولا معرفی نمود. چگالی بالای شکستگی‌ها در این منطقه باعث افزایش تراوایی و به تبع آن افزایش تجمع هیدروکربور شده است که شناسایی این مناطق قبل از حفر چاه‌های جدید کمک موثری در کاهش هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری از مخزن به خصوص در میادین مشترک می‌باشد. در صورت حفر چاه‌هایی در منطقه‌ی Nose چین مسلماً اطلاعات بیشتری در مورد ساختار میدان به دست می‌آید چراکه در این منطقه از چین تمرکز شکستگی‌ها قطعاً بالاتر است. در شکل ۶-۱۳ بهترین مکان برای حفر چاه‌های بعدی با رنگ قرمز مشخص شده است.

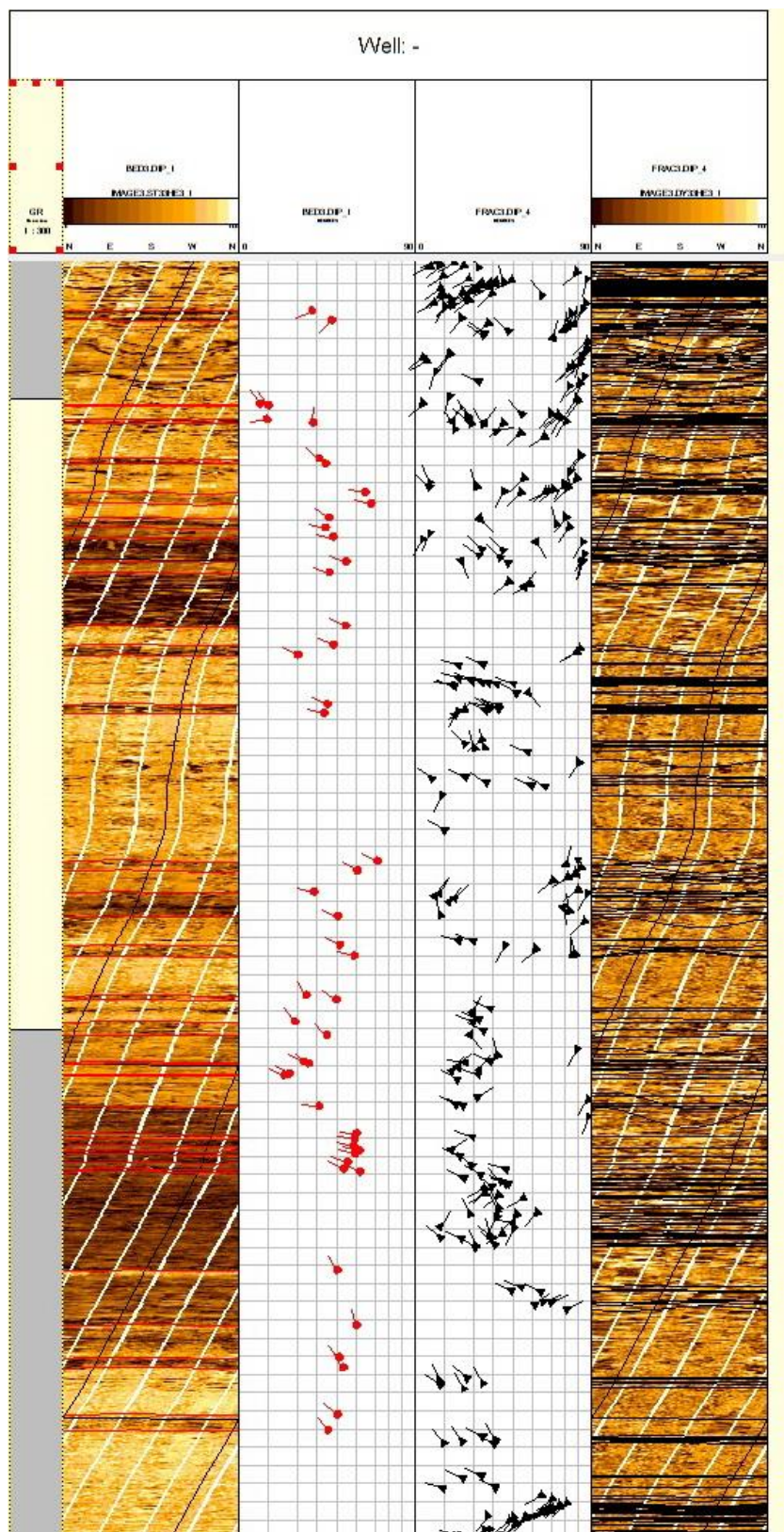


شکل ۶-۱۳- مشخص شدن بهترین مکان برای حفر چاه‌های بعدی

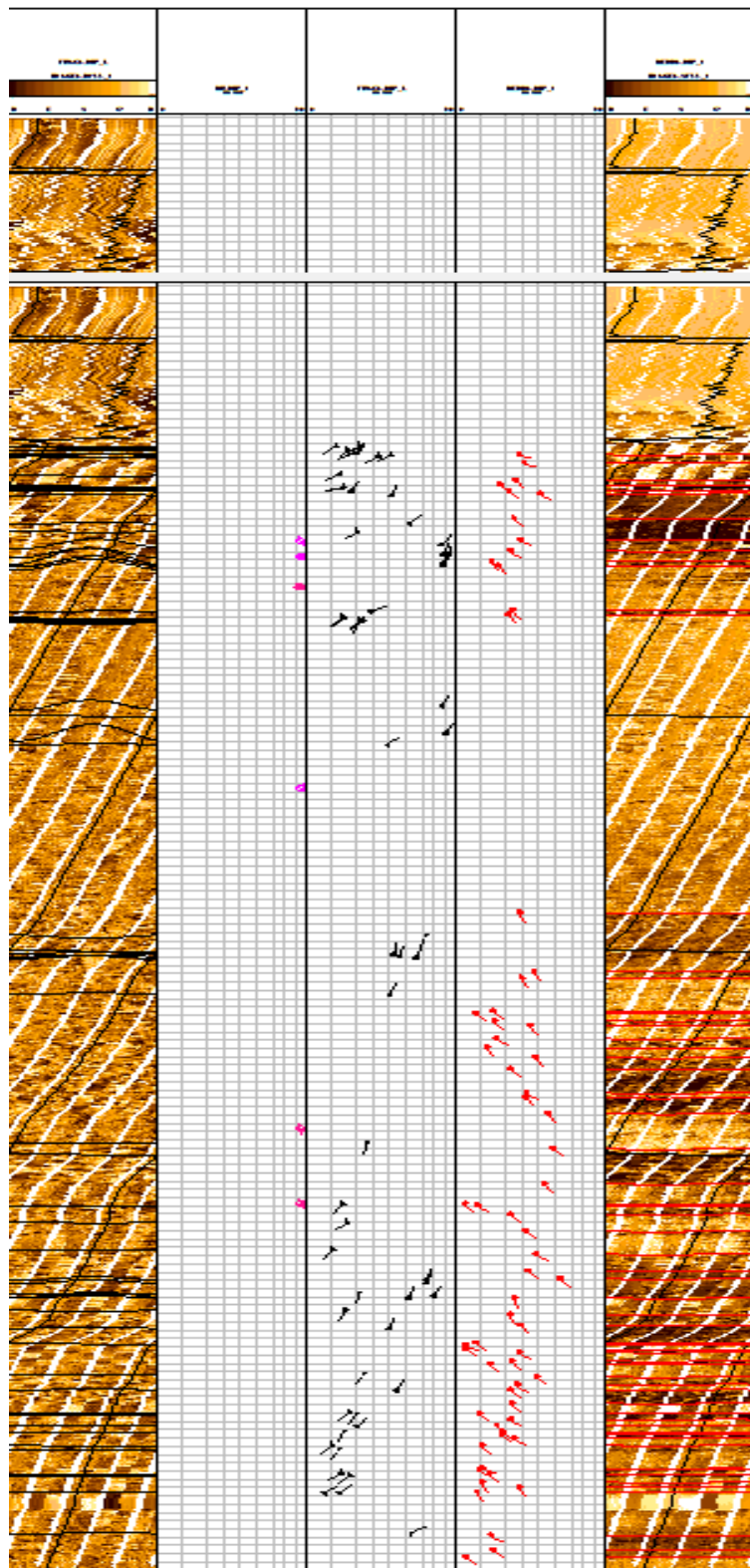


سوستا

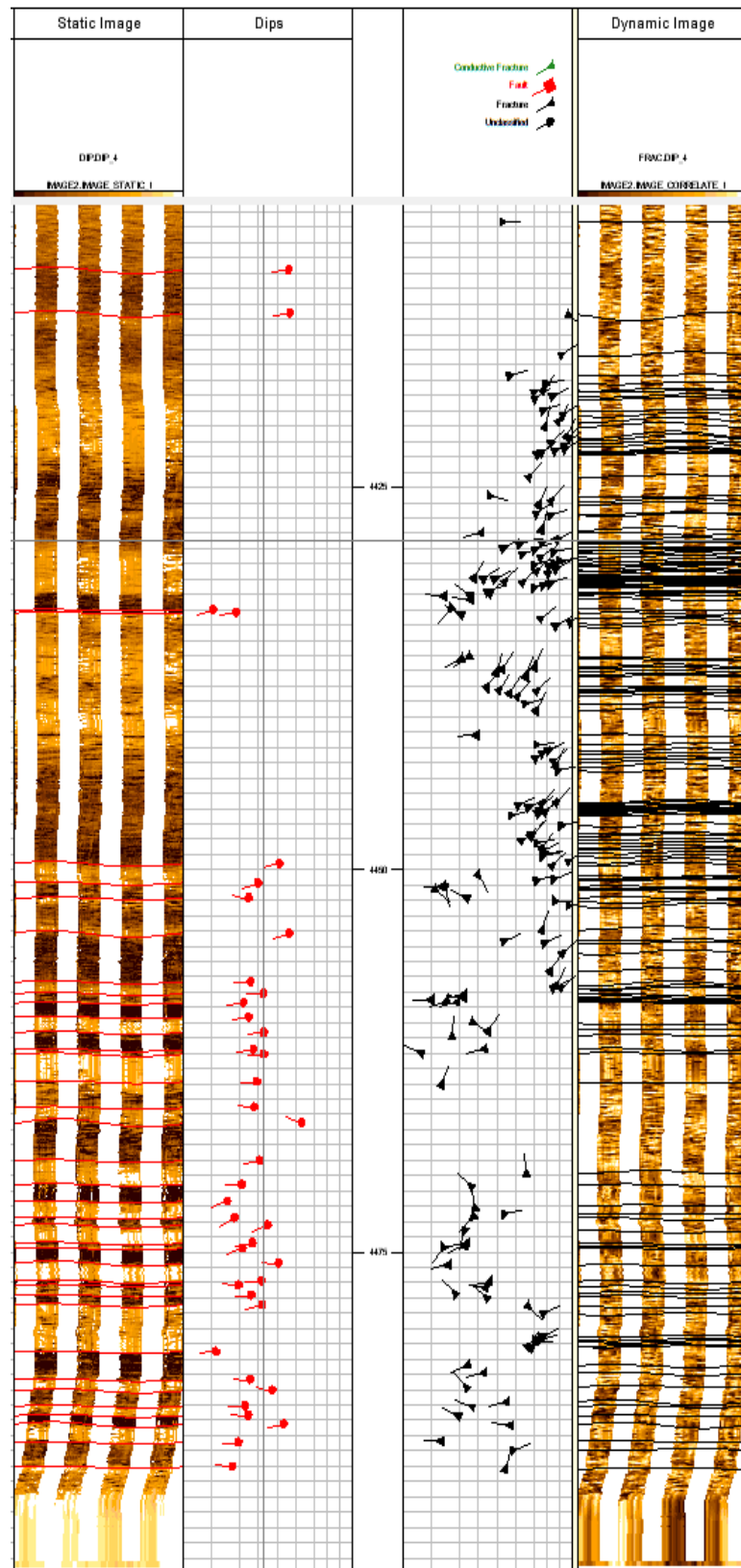




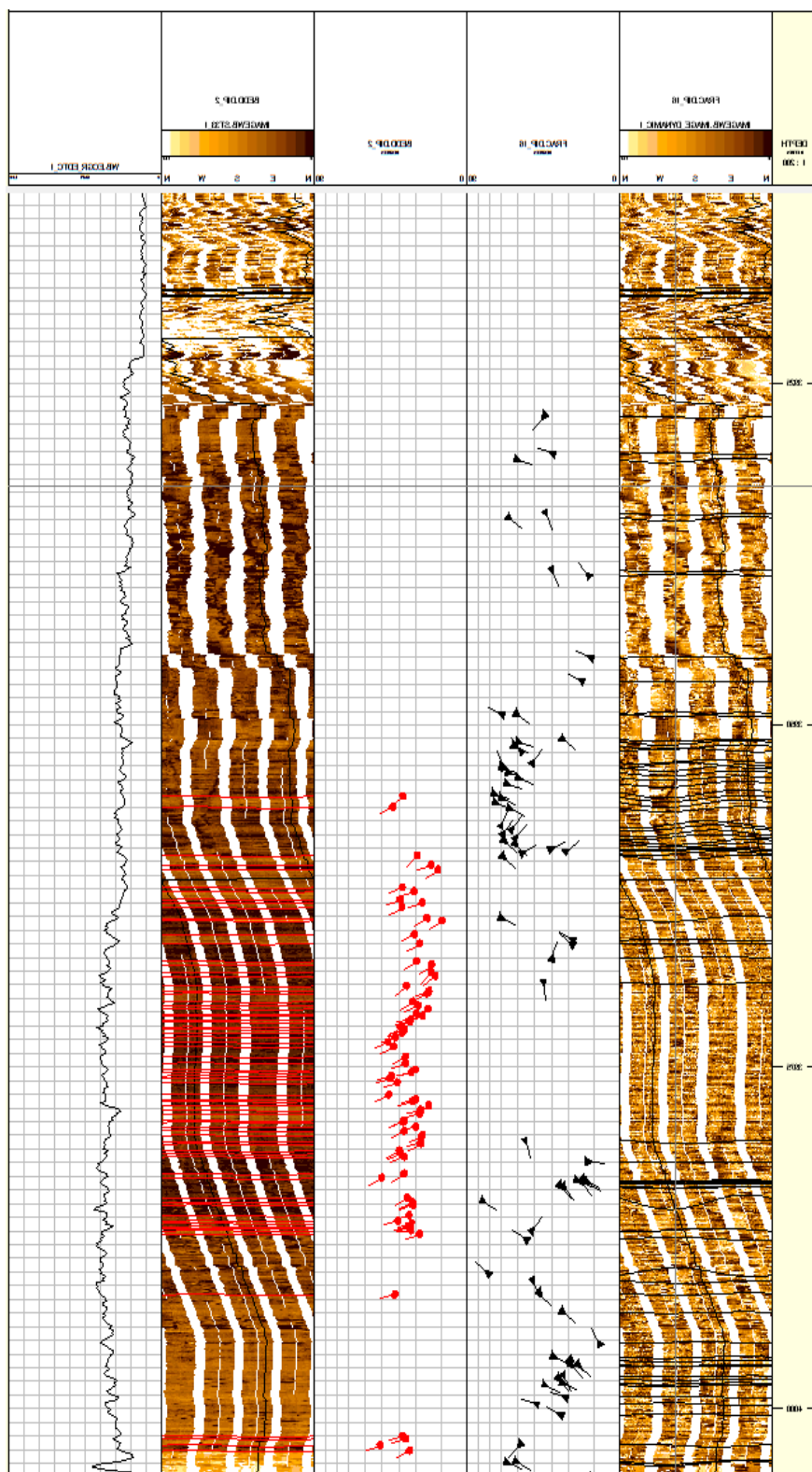
پیوست ۱-نمایی از تصویر FMI چاه ۴ در عمقی از چاه به همراه سطوح لایه‌بندی و شکستگی شناسایی شده بر روی آن تدپول های مشکی رنگ مثلثی سطوح شکستگی و تدپول های قرمز رنگ دایره ای سطوح لایه‌بندی را نشان می دهند.



پیوست ۲-نمایی از تصویر FMI چاه ۳ در عمقی ۵۰۰ متری از به همراه سطوح لایه‌بندی و شکستگی شناسایی شده بر روی آن



پیوست ۳-نمایی از تصویر FMI چاه ۲ در عمقی ۲۰۰ متری از چاه به همراه سطوح لایه‌بندی و شکستگی شناسایی شده بر روی آن. نمودار گاما در کنار آن‌ها



پیوست ۴-نمایی از تصویر FMI چاه ۵ در عمقی ۱۰۰ متری از چاه به همراه سطوح لایه‌بندی و شکستگی شناسایی شده بر روی آن

1	depth	d.d		dip
2	3820.945	239.5031	Fracture	30.82659
3	3821.038	214.7834	Fracture	21.65054
4	3821.972	225.3067	Fracture	31.35469
5	3822.3	237.904	Fracture	13.80612
6	3823.089	18.9098	Fracture	85.47422
7	3823.375	236.3415	Fracture	23.9452
8	3823.535	242.1316	Fracture	28.8833
9	3823.674	244.3743	Fracture	21.46474
10	3823.805	242.108	Fracture	32.80381
11	3823.96	19.9045	Fracture	85.22585
12	3823.97	237.7754	Fracture	20.48091
13	3824.213	224.3663	Fracture	34.06556
14	3824.545	231.1757	Fracture	26.86798
15	3824.646	242.9885	Fracture	28.2297
16	3824.999	237.9122	Fracture	10.82322
17	3825.257	289.0581	Fracture	15.82198
18	3825.619	251.3334	Fracture	7.26867
19	3825.839	238.9273	Fracture	12.7376
20	3826.037	328.9925	Fracture	22.0977
21	3826.134	224.3569	Fracture	7.96647
22	3826.19	233.3366	Fracture	15.98552
23	3826.264	244.4282	Fracture	4.57032
24	3826.934	224.1981	Fracture	77.75764
25	3827.284	231.0271	Fracture	8.99827
26	3827.637	243.3473	Fracture	17.95389
27	3827.732	197.1621	Fracture	86.72063
28	3827.754	240.9248	Fracture	38.63438
29	3827.758	340.8833	Fracture	35.27805
30	3827.871	251.0165	Fracture	30.68666
31	3828.008	256.8029	Fracture	22.39301
32	3828.104	255.3869	Fracture	26.85946

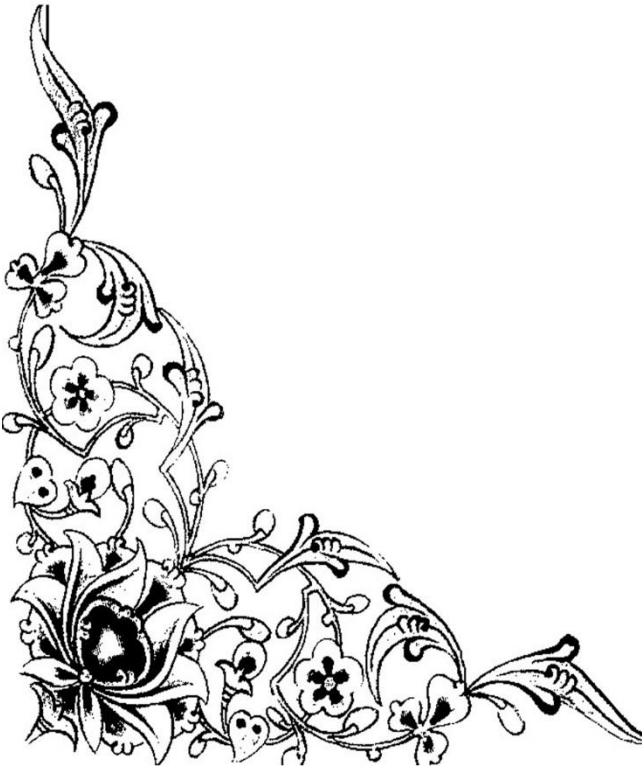
پیوست ۵- نمونه‌ای از جدول داده‌های مربوط به سطوح شکستگی در یکی از چاه‌ها

1	depth	d.d	Bedding	dip
2	3831.068	242.6081	Bedding	27.17511
3	3832.097	223.0607	Bedding	37.37727
4	3841.301	329.3911	Bedding	7.02847
5	3841.458	324.6533	Bedding	9.97848
6	3843.011	262.394	Bedding	9.41276
7	3843.399	4.4235	Bedding	27.63964
8	3847.312	312.9471	Bedding	30.8194
9	3847.878	306.5351	Bedding	34.09055
10	3851.051	281.2686	Bedding	54.45527
11	3852.27	281.9021	Bedding	57.51571
12	3853.811	302.9898	Bedding	35.90908
13	3854.929	282.413	Bedding	33.97485
14	3855.952	277.9602	Bedding	38.07695
15	3858.661	290.1577	Bedding	44.82502
16	3859.85	287.5721	Bedding	36.08222
17	3865.715	296.5742	Bedding	44.42194
18	3867.799	295.1164	Bedding	38.28172
19	3868.925	298.6041	Bedding	19.96691
20	3874.314	292.3786	Bedding	35.07045
21	3875.334	285.878	Bedding	33.49176
22	3891.56	296.9681	Bedding	61.01896
23	3892.645	302.8873	Bedding	50.15948
24	3894.97	286.4166	Bedding	28.30398
25	3897.695	296.6016	Bedding	40.41244
26	3900.834	302.6922	Bedding	41.5756
27	3902.026	284.3108	Bedding	48.81782
28	3906.352	329.2899	Bedding	24.3709
29	3906.823	303.6483	Bedding	39.62951
30	3909.219	324.0226	Bedding	18.96711
31	3910.725	315.3213	Bedding	34.6439
32	3913.669	299.3007	Bedding	23.02598

پیوست ۶- نمونه‌ای از جدول داده‌های مربوط به سطوح لایه‌بندی در یکی از چاه‌ها



منبع



- آقاجری، ف.، موحد، ب.، ۱۳۹۰، استفاده از نمودار تصویرگر FMS در مطالعه شکستگی‌های مخزن آسماری میدان بی بی حکیمه
- آقاجری، ف.، موحد، ب.، استفاده از نمودار تصویرگر FMS در مطالعه شکستگی‌های مخزن آسماری چاه بی بی حکیمه ۹۰
- آقانباتی، ع.، ۱۳۸۳، زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- آقانباتی، ع.، ۱۳۷۹، پهنه‌های رسوبی - ساختاری عمده ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- ارزانی، ع.، ۱۳۸۴، تحلیل ساختاری میدان نفتی اهواز با نگرشی ویژه بر شکستگی‌های آن، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، ۲۴۹ صفحه.
- افتخارزاده، ج.، ۱۳۵۹، تفکیک بخش‌های مختلف ایران از نظر وضع ساختمانی در ارتباط با حوزه‌های رسوبی، نشریه انجمن نفت، شماره ۸۲، صفحه ۲۸-۱۹.
- افشار حرب، ع.، ۱۳۸۰، زمین‌شناسی نفت، انتشارات پیام نور
- باقرزاده، س.، باقری، ع.م.، عزیز زاده، م.، مالدار، ر.، تحلیل شکستگی مخزن بنگستان در یکی از میدادین هیدروکربوری گستره جنوب باختری ایران با استفاده از نمودارهای تصویری
- باقریان، م.؛ (۱۳۹۱)؛ "مدل سازی سه بعدی پارامترهای شکستگی به دست آمده از لاگ‌های تصویری در میدان نفتی آسماری"
- پورمطلق، ا.، سجادیان، م.، فریمانی، ع.، ۱۳۸۹، بررسی نمودارهای تصویرگر FMI و اهمیت کاربرد و توسعه روز افزون آن در صنعت نفت - مطالعه موردی: چاه شماری ۱۲ میدان گازی پارس جنوبی، اولین همایش ملی توسعه تکنولوژی در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی
- پیرزاده، م.، نصرآبادی، ا.م.، رضوی، م.، ۱۳۹۰، بررسی عملکرد مبدل‌های پیش‌گرمکن مسیر نفت خام واحدهای تقطیر پالایشگاه بندرعباس در اثر تغییر در نوع خوراک به کمک نرم افزار اسپن پلاس، سومین همایش بین‌المللی مبدل‌های گرمایی در صنایع نفت و انرژی
- جاوید، م.، معماریان، ح.، تخمچی، ب.، آقایی زاده، ر.، ۱۳۹۰، شناسایی شکستگی‌ها در نمودارهای تصویری با استفاده از تکنیک‌های آنالیز تصویر به منظور تعیین زون‌های مناسب ذخیره سازی، اولین کنفرانس مجازی ذخیره سازی زیرزمینی مواد هیدروکربوری
- جمالی، ف.، ۱۳۷۰، نحوه و میزان کوتاه‌شدگی پوسته در جنوب‌باختری ایران، فصلنامه علوم زمین، سال اول، شماره ۲.
- جهانگیری، م.، اسلامی، س.س.، علیپور، ر.، ۱۳۹۱، تحلیل شکستگی‌های میدان نفتی پازنان (جنوب غرب ایران) به روش RFF، سی. یکمین گردهمایی علوم زمین

- جهانگیری، م.، اسلامی، س.س.، علیپور، ر.، ۱۳۹۱، تحلیل شکستگی های میدان نفتی پازنان (جنوب غرب ایران) به روش تحلیل دواير محاطی و مشتق دوم ساختاری، همایش انجمن زمین شناسی ایران
- حسینی، ع.، سید، س.ع.، آنالیز شکستگیها به کمک نمودارهای تصویری در یکی از مخازن ایران
- حیدری، خ.؛ (۱۳۸۵)؛ "خلاصه ی گزارش میدان بی بی حکیمه-مخزن آسماری"، شرکت ملی نفت مناطق نفت خیز جنوب
- خان محمدی، م.، شرکتی، ش.، ۱۳۸۹، تحلیل شکستگی ها در میدان گازی پارس جنوبی، ماهنامه ی اکتشاف و تولید شماره ی ۷۷
- خوشبخت، ف.، ۱۳۹۲، تعیین سیستم تخلخل سه-گانه در یک مخزن کربناته با استفاده از لاگ تصویرگر و لاگ-های چاه پیمایی، فصلنامه پژوهش نفت- پژوهشگاه صنعت نفت، سال ۲۳- شماره ۷۵- صفحه ۷۸-۸۸
- خوشبخت، ف.، باقری، ع.م.، محمدنیا، م.، ۱۳۸۶، تحلیل شکستگی ها و شناسایی تنش ها در مخازن هیدروکربوری با استفاده از لاگ های تصویری، سومین کنفرانس مکانیک سنگ ایران- دانشگاه صنعتی امیرکبیر- تهران- ایران، صفحه ۸۳۳ تا ۸۴۰
- خوشبخت، ف.، معاریان، ح.، محمدنیا، م.، ۱۳۸۸، مقایسه شکستگی ها در یک موقعیت ساختاری یکسان در یک میدان نفتی، با استفاده از لاگ تصویری، فصلنامه علوم زمین-سال نوزدهم، شماره ۷۳، صفحه ۶۵ تا ۷۰
- درویش زاده، ع.، ۱۳۸۰، زمین شناسی ایران، انتشارات امیرکبیر
- رضایی، م.ر.، ۱۳۸۰، زمین شناسی نفت، ۴۷۲ صفحه.
- زروانی، ا.س.، سلیمانی، ب.، امیری بختیار، ح.، ۱۳۸۵، کاربرد نمودارهای چاه پیمایی sonic و gamma-ray در تعیین افق-های کلیدی و ارزیابی پوش سنگ مخزن آسماری، میدان نفتی پازنان، بیست و پنجمین گردهمایی علوم زمین
- زروانی، ا.س.، سلیمانی، ب.، امیری بختیار، ح.، مطالعه افقهای کلیدی پوش سنگ مخزن آسماری با استفاده از نمودارهای چاه پیمایی Sonic و Gamma-Ray, Neutron در میدان نفتی پازنان
- شبان، ع.، ۱۳۸۲، تحلیل شکستگی های تحت الأرضی و تأثیر آن بر مهاجرت سیال در مخزن آسماری میدان نفتی گچساران، پایان نامه کارشناسی ارشد تکتونیک، دانشگاه شهید بهشتی، ۲۷۳ صفحه.
- شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب، ۱۳۸۹، تفسیر نمودار تصویری EMI چاه شماره ۱۲۵ میدان پازنان.
- شرکت ملی نفت ایران، نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰، چهارگوش های بندر عباس، لار

- شرکتی، ش. ۱۳۸۴، تکتونیک پوشش رسوبی و پی‌سنگ در کمربند کوهزایی زاگرس، نکاتی در زمینه مدلسازی هندسی دگرشکلی، شرکت ملی نفت ایران، مدیریت اکتشاف .
- صادقی، م.، کمالی، م.، قوامی، ر.، ۱۳۹۱، بررسی پتانسیل هیدروکربوری سازندهای ایلام، لافان و سرک در میدان نفتی نصرت واقع در جنوب شرق خلیج فارس با استفاده از داده‌های حاصل از پیرولیز راک ایول و کروماتوگرافی گازی، فصلنامه‌ی زمین شناسی ایران - شماره‌ی ۲۶
- طاهر دنگ کو، ر؛ (۱۳۹۳)؛ "تحلیل شکستگی های سازند آسماری در میدان مارون توسط نمودار تصویری"
- عبداللهی فردا، ۱۳۸۵، مدل‌های ساختاری جنوب خوزستان با استفاده از داده‌های لرزه نگاری بازتابی، پایان نامه دکتری، دانشگاه شهید بهشتی، ۱۸۴ صفحه .
- علیپور، ر.، قاسمی، م.ر.، مختاری، م.، گلال زاده، ع.ر.، ۱۳۹۲، تحلیل شکستگی های سنگ مخزن آسماری در میدان نفتی پازنان (جنوب یاختر ایران)، نشریه علوم دانشگاه خوارزمی - جلد ۱۲- شماره ۲
- غفوری، م.، قندهاری، س.، عقیقی، ح.، تحلیل شکستگی‌های زیرزمینی و تعیین جهت تنش‌های برجا با استفاده از لاگ‌های تصویری FMI در یکی از میادین نفتی فلات قاره، ۱۳۹۱، اولین کنفرانس بین المللی نفت، گاز و پتروشیمی و نیروگاهی
- فرامرزی، ع.، تخمچی، ب.، انصاری جعفری، م.، آنالیز شکستگیها و تنش‌های برجا با استفاده از لاگهای تصویری در یکی از میادین جنوب ایران
- قاسم العسگری، کمال؛ (۱۳۹۰)؛ "چاه نگاری پیشرفته"، نشر ستایش، چاپ اول.
- قندهاری، س.، عقیقی، ح.، غفوری، م.، لشکری پور، غ.، کاظم شیروودی، س.، آشتیانی، ه.، ۱۳۹۱، آشتیانی، تحلیل شکستگیهای زیرزمینی و تعیین جهت تنشهای برجا با استفاده از لاگهای تصویری (FMI) در یکی از میادین نفتی فلات قاره، کنفرانس بین المللی نفت، گاز، پتروشیمی و نیروگاهی - هتل المپیک تهران
- لتوزی، ژ.، گودرزی، م.ق.، شرکتی، ش. و سلیمانی، ب.، ۱۳۷۹، زمین شناسی ساختمانی تاقدیس های سربالش، خارتنگ و شاهینی، شرکت ملی نفت ایران، مدیریت اکتشاف، گزارش GR- 1939
- مرکز دانشگاه تهران، FMS قنواتی، ک.، ۲۰۰۲، کتاب کاربرد نمودارهای تصویرگر در ارزیابی مخازن و تفسیر نمودار
- مروجی فر، م.، حسنی، ح.، جواهریان، ع.، کاظمی، م.، ۱۳۹۴، تحلیل شکستگی ها و تعیین جهت تنشهای برجا با استفاده از نمودار تصویری fmi در یک چاه در میدان گازی پارس جنوبی، سومین کنفرانس بین المللی نفت، گاز و پتروشیمی
- مطیعی، ه.، ۱۳۸۷، زمین شناسی نفت سنگ های کربناتی ۱ و ۲، انتشارات آراین زمین، ۸۹۱ ص.

- مطیعی، ه. ۱۳۷۲، چینه‌شناسی زاگرس، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور، ۵۳۶ صفحه.
- مطیعی، ه. ۱۳۷۴، زمین‌شناسی نفت زاگرس، جلد اول، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور، ۵۸۹ صفحه.
- ملایوسفی، ا.، باغبانان، ع.، فتحیان پور، ن.، تعیین پارامترهای مدل سازی عددی شبکه درزه های مجزا با استفاده از داده‌های لاگ تصویری FMI، مجله‌ی مهندسی معدن، شماره ۱۱
- نبوی، م.ح. ۱۳۵۵، دیباچه‌ای بر زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی کشور
- نورائی نژاد، خ.، ۱۳۹۰، زون بندی مخزن اسماری میدان مارون با استفاده از پارامترهای ژئوشیمیایی و پتروفیزیکی، پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد دانشگاه چمران
- ورناسری، ن.، سهرابی، م.، گل کهرازه، م.، ۱۳۹۴، بررسی نقش شکستگی ها در میزان هزروی سیال حفاری مخزن اسماری میدان نفتی بی بی حکیمه با استفاده از نمودار تصویری FMI، کنفرانس بین‌المللی پژوهش در علوم و تکنولوژی

- Abdideh, m., fathabadi, m.r., 2013 , Analysis of stress field and determination of safe mud window in borehole drilling (case study: SW Ira) , J Petrol Explor Prod Technol 105–110
- Abdollahie Fard, I., Sherkati, S., and Letouzey, J., 2006, Neogene salt in southwest Iran and its interaction with Zagros folding, American Association of Petroleum Geologists Geo 2006 Middle East Conference and Exhibition, Bahrain.
- Adams, T.D., and Bugeiois, F., 1967, Asmari biostratigraphy, geophysical & exploration dir., IOOC report. No. 1074 (Un pub.).
- Afghah, m., Yousefzadeh, a., Shirdel, s., 2014 , Biostratigraphic Revision of Middle Cretaceous Succession in South Zagros Basin (SW of Iran), Earth Science & Climatic Change
- Alavi, M., 1980, Tectonostratigraphic evolution of Zagrosside of Iran, Geology, v. 8, p. 144-149.
- Alavi, M., 1994, Tectonics of the Zagros orogenic belt of Iran, new data and interpretations, Tectonophysics, v. 229, p. 211-238
- Alavi, M., 2004, Regional stratigraphy of the Zagros fold – thrust belt of Iran and its proforeland evolution, American Journal of Science, v. 304, p. 1-20.
- ALAVI, M; (1968); “Geology of western part of takab quadrangle Geol. Sur. Iran, Geol. Note, 49
- Alavi, M., 1991, Sedimentary and structural characteristics of the Paleo-Tethis remnants in Northeastern Iran, Geological Society of America Bulletin, v. 103, p. 9183–9192.
- Alavi, M., 2007, Structures of the Zagros fold-thrust belt in Iran, American Journal of Science, v. 307, P. 1064–1095.
- Allen, M., Jackson, J. and Walker, R., 2004, Late Cenozoic reorganization of the Arabia- Eurasia collision and the comparison of short- term and long- term deformation rates, Tectonics, v. 23, p.16.
- AMEEN, M. S. (1992): Effect of Basement Tectonic on Hydrocarbon Generation, Migration and Accumulation in Northern Iraq. AAPG Bull., 76: 356-370.

- Baker, R.I., 1978, Gachsaran Asmari- reservoir fracture system, Report No. P-3561, Interim report.
- Berberian, M. and King, G. C. P., 1981, Towards a Paleogeography and Tectonic evolution of Iran, *Canadian Journal of Earth Sciences*, v. 18, p. 210-265.
- Berberian, M., 1983, The Southern Caspian: a compressional depression floored by a trapped, modified oceanic crust, *Canadian Journal of Earth Sciences*, v.20, p. 163-183.
- Berberian, M., 1995, Master-blind-thrust faults hidden under the Zagros folds: Active basement tectonics and surface morphotectonics, *Tectonophysics*, v.241, p. 193-224.
- Blanc, E.J.P., Allen, M.P., Inger, S. and Hassani, H., 2003, Structural styles in the Zagros simple folded zone, Iran, *Journal of the Geological Society, London*, v.160, p. 401-412.
- Bosworth, W., Huchon, P. and McClay, K., 2005, The Red Sea and Aden Gulf of basins, *Journal of African Earth Sciences*, v. 43, p. 334-378.
- Bourne, S.J., Bauckmann, F., Rijkels, L., Stephenson, B.J., Weber, A. Willemse, E.J.M., 2000, Predictive modelling of naturally fractured reservoirs using geomechanism and flow simulation. 9th Abu Dhabi Intern Petroleum Exhibition and Conference (Abu Dhabi, UAE) 10 PP.
- Brown, W.G., 1984, Basement involved tectonics foreland area continuing educational course note-26, *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*.
- Burbank D.W. & Anderson R.S. 2001. *Tectonic Geomorphology*. Blackwell Science.
- Colman-Sadd, S.P., 1978, Fold development in Zagros simply folded belt, Southwest Iran. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, v. 62, No. 6 b, p. 984-1003.
- Doblás M., (1997) "Slickenside kinematic indicators" *Tectonophysics*, P 187-197.
- Falcon, N.L.; (1967); "Major earth- flexuring in the zagros mountain of southwest iran" *Q.J. geol. Soc. London* v.117, prt. 4, No.468
- Falcon, N.L., 1961, Major earth-flexing in me Zagros Mountains of Southwest Iran. *Quarterly Journal Geological Society of London*, v. 117, p. 367-376.
- Falcon, N.L., 1969, Problems of the relationship between surface structures and deep displacements illustrated by the Zagros Range, In P. Kent, G.E. Satterthwaite, A.M. Spencer (Eds.), *Time and Place Orogeny*, Geological Society of London, Special publication, v. 3, p. 9-22.
- Farhoudi, G., 1978, A coparision of Zagros geology to iland arcs, *Journal of Geology*, v. 86, P. 323-334.
- Faver, G., 1975, Structures in the Zagros orogenic belt, OSCO, Report No.1233 (Unpub.).
- Fleuty, M.J., 1964, The description of folds, *Proceedings of the Geologist Association*, v. 75, p. 461-492.
- Fossen, H., 2010, *Structural Geology*
- Handin, J., Friedman, M. and Feather, J.N., 1963, Experimental deformation of sedimentary rocks under confining pressure- pore pressure Test, *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, v.47, p. 717- 755.

- Haynes, S.J. and McQuillan, H. ,1974, Evolution of the Zagros Suture Zone,Southern Iran, Geological society of American, Bulletin, v. 85 , p. 739-744.
- Hessami, K., Koyi, H.A. and Talbot, C.J. , 2001, The significance of strike slip faulting in the basement of me Zagros fold-thrust belt, Journal of Petroleum Geology, v. 24, p. 5-28.
- Hessami,K.,2002,Tectonic history and present-day deformation in the Zagros fold-thrust belt, Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in mineralogy, petrology, and tectonics presented at Uppsala University.
- Hudleston,P.J.,1973a,Fold morphology and some geometrical implications of theories of fold development, Tectonophysics, v.16, p.1-46.
- Intera Company, 1992, Asmari reservoir fracture study in Marun oil field (Un pub.).
- James, G.A. and Wynd, J.G., 1965, Stratigraphical nomenclature of Iranian Consortium Agreement Area, American Association of Petroleum Geologists Bulletin, v.49, p. 2182-2245.
- Jamison, W.R., 1987, Geometric analysis of fold development in overthrust terranes, Journal of Structural Geology, v. 9, p. 207-219.
- John, G. Ramsay, Martin-I, Huber., The Techniques of Modern Structural Geology, Vol 2: fold- and fracture.
- Johnson, d., pile,k., 2002 , Well Logging in Nontechnical Language
- Kent, P.E., 1979. The emergent Hormuz salt plugs of southern Iran. Journal of Petroleum Geology 2, 117–144.
- Khoshbakht, F., Memarian, H., Azizzadeh, M., Nourozi, G. H., Moallemi, S. A., 2012 , Comparison of electrical image log with core in a fractured carbonate reservoir , Journal of Petroleum Science and Engineering 86–87 (2012) 289–296
- Khoshbakht, F., Memarian, H., Mammadnia, M., 2009 , Comparison of Asmari, Pabdeh and Gurpi formation's fractures, derived from image log , Journal of Petroleum Science and Engineering 67 (2009) 65–74
- Kulander, B.R, Dean, S.L., Ward, Jr., (1987), " Fractured core analysis, logging and use of natural and induced fracture in core, AAPG methods in exploration services, No8
- Mann, C.D. and Vita Finci, C. ,1982, Holocene serial folding in the Zagros, In Audley-Charles M.G. and Hallam, A. (eds.) Gondwana and Tethys, Geol Soc. Spec. Publ. , v. 37 p. 51-59.
- Marshak, S. and Mitra, G., 1998, Basic methods of structural geology, prentice-Hall, Inc., New Jersey, 446 PP.
- McClay, K.R., 2003, Structural geology for petroleum exploration, lecture notes., 503 PP.
- McQuarrie, N., 2004, Crustal scale geometry of the Zagros fold-thrust belt, Iran, Journal of Structural Geology, v.26 (3), p. 519-535.
- McQuillan, H. ,1974, Fracture patterns in the Kuh-e Asmari Anticline, Southwest Iran. American Association of Petroleum Geologists Bulletin,v.58, p.236-246.
- Mitra, S., 2002, Fold-accomodation faults, American Association of Petroleum Geologists Bulletin, v. 86 (4), p. 671-693.
- Mitra,S.,1990,Fault propagation folds: geometry,kinematics and hydrocarbon traps, American Association of Petroleum Geologists Bulletin,v.74, p. 921-945.
- Moores, E.M. and Twiss, R.J. ,1992, Tectonics, 415 PP.

- Nelson, R.A., 2001, Geologic analysis of naturally fractured reservoirs, Gulf publishing, Houston, Texas, Contr. In petrol. Geology and Eng., 2nd ed., 332 PP.
- Nemati, M., Pezeshk, H., 2006, Spatial distribution of fractures in the Asmari Formation of Iran in subsurface environment :Effect of lithology and petrophysical properties, Natural Resources Research, v. 14 (4) , p. 305-316.
- Nowroozi, A.A., 1972, Focal mechanisms of earthquakes in Persia, Turkey, West Pakistan, and Afghanistan and Plate tectonics of the Middle East, Bulletin Seismol. Soc. Am. ,v.62, p. 823-850.
- O'Brien, C.A.E., 1946, Some consideration of salt flow in relation to Fars tectonics, Anglo-Iranian Oil Company Limited, Report GR-672, Unpublished report.
- Park, R. G., 1989, Foundation of structural geology, 2nd ed., 358 PP.
- Pattinson, R. and Jazayeri, B. ,1972, Structural analysis of Zagros anticlines IOOC, Report No. 1188 (Unpub.).
- Price, N.J. and Cosgrove, J.W., 1990, Analysis of geological structures, Cambridge University press, 502 PP.
- Ramsay, J.G., 1967, Folding and fracturing of rocks, McGraw-Hill, New York.
- Ramsay, J.G. and Huber, M.I., 1987, The techniques of modern structural geology, v.2, Folds and fractures.
- Rickard, M.J., 1971, A classification diagram for fold orientation, Geological Magazine, v.108, p.23-26.
- Roberts, A., (2001), Curvature attributes and their application to 3D interpreted horizons, First Break, 19, Pages: 85-100
- Schlumberger ,2005, Geological analysis of Well Pazanan 121 (FMI Tool).
- Schlumberger ,2010, Geological analysis of Well Pazanan 126 (FMI Tool).
- Serra, O. 1989, "Formation MicroScanner Image Interpretation", Schlumberger Education Services.
- Shearman, D.J., 1976, The geological evolution of Southern Iran, the report of the Irania Makran Expedition, v. 142, p. 393-410.
- Sherkati, S., Molinaro, M., Frizon de Lamotte, D. and Letouzey, J., 2005, Detachment folding in the Central and Eastern Zagros fold-belt (Iran): salt mobility, multiple detachments and late basement control, Journal of Structural Geology, v.27, p. 1680–1696.
- Stearns, D.W. and Friedman, M., 1972, Reservoirs in fractured rock, American Association of Petroleum Geologists Bulletin v. 16, p. 82- 100.
- Stocklin, J., 1968, Salt deposits of the Middle East, Geological of Society America- Special paper, v.88, p. 157-181.
- Stoneley, R., 1981, The geology of the Kuh-e-Dalneshin area of Southern Iran, and its bearing on the evolution of Southern Tethys, Journal of Geological Society of London, v. 138, p. 509-526.
- Stoneley, R., 1975, Asmari and younger formations interoffice memo o.s.co (unpub.).
- Suppe, J. and Medwedeff, D.A., 1990, Geometry and kinematics of fault-propagation folding, Eclogae Geologicae Helvetiae, v. 83, p. 409-454.
- Suppe, J., 1983, Geometry and kinematics of fault-bend folding, American Journal of Science, v. 283, p. 684-721.
- Suppe, J., 1985, Principles of structural geology, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 537 PP.

- Thorbjornsen, K. L. and Dunne, W. M., 1997, Origin of thrust-related fold: Geometric vs Kinematic tests. *Journal of Structural Geology*, v.19, p. 303-319.
- Vernant, P., Nilforoushan, F., Haztfeld, D., Abassi, M., Vigny, C., Masson, F., Nankali, H., Martinod, J., Ashtiany, A., Bayer, R., Tavakoli, F. and Chéry, J., 2004, Contemporary crustal deformation and plate kinematics in Middle East constrained by GPS measurement in Iran and northern Oman, *Geophys. J. Int.*, v. 157, p. 381–398.
- Vita-Finzi, C., 2001, Neotectonics at the Arabian plate margins. *Journal of Structural Geology*, v.23, p. 521-530.
- with image logging, *Mechanics and Materials* Vols. 395-396 (2013)
- Zhang, Q., Guo, Z., Yihe, L., 2013, Analysis on Earth stress and fracture distribution characteristics

Abstract

This oil field is located at the strait of hormuz. This oil field is a joint field with the oman. This oilfield structure is a large anticline with North-South trend, with an approximately of 24 km length and 12 km width. Fracture have been indentified in the reservoirs Of The Wells no.1,2,3&4, Using FMI Logs. Subsurface Structure Maps, Three Dimensional Models And Linear Logs Helped Us In Analysing The Fractures. Geolog Software Have Been Used For The Extracting Images And Identify The Fractures. For Structural Analysis Dips And Georient Software Have Been Used. The Data Of The Latitude And Alatitude, Extracted From The Subsurface Structural Maps Have Been Used For Three Dimensional Modeling. High concentration of fractures at the hing zones show that the fractures were generated during the folding priods. In well no.4, 450 fractures in three major categories. N40E,24N N51W,50SW and N49W,45NE ,in well no 1, 299 fracture in two major categories N3E,22NWN27W,63NE, in well no.3, 58 fracture in two major categories N46W,18SW N62W, 52NE, in well no.2, 270 fractures in four categories N42W/66SW N49W/24SW N37W/21NE N41W/58NE have been indentified. The study of the wells no.1 showed 3 possible faults with positions of N75E,77SE, N42W,59SW, N46W,57SW. In this study by identifying the shear and extensional fractures, local stress field is also investigated, so according to them the stress direction is NE-SE. By using the Hengam anticline subsurface maps, at the first isocline and bending maps was drawn in order to find slope and bend distribution of the field. And finally a three-dimensional model was made and in this model field structure and the highest bend and highest slope were detected.

Key Words: Field- Fracture- Image log- Anticline- Stress- FMI



Shahrood University of Technology

**Faculty of Earth Sciences
M.Sc.Thesis in Tectonics**

**Reservoir Fracture Analysis Using Image Log in One of the
Hydrocarbon Fields in South of Iran**

By: Sima Rostami

Supervisors:

Dr.P.Omidi

Dr.M. Kordi

Advisor

H. Mosalman Nejad

February2017