

## آنالیز شکستگی‌ها و تنش‌های برجا با استفاده از لاگ‌های تصویری در یکی از میادین جنوب ایران

علمدار فرامرزی<sup>۱</sup>، بهزاد تخم‌چی<sup>۲</sup>، مجید انصاری جعفری<sup>۳</sup>  
دانشگاه صنعتی شاهرود، دانشکده معدن، نفت و ژئوفیزیک  
[Alamdardar.faramarzi@gmail.com](mailto:Alamdardar.faramarzi@gmail.com)

### چکیده

شناسایی، تخمین و تحلیل شکستگی‌ها، اولین گام در مطالعه مخازن هیدروکربوری (بویژه مخازن شکافدار) است. با وجود اینکه تقریباً تمامی مخازن هیدروکربوری تحت تأثیر شکستگی‌های طبیعی قرار دارند، امروزه نقش و رفتار شکستگی‌ها به خوبی شناخته نشده است. تاکنون ابزارهای تصویرگر از قبیل (*Formation Micro Imager*) *FMI* با قدرت آشکارسازی ناپیوستگی‌های کوچک مقیاس، به منظور تحلیل شکستگی‌های مخازن مورد استفاده گرفته است. در این تحقیق، با بهره‌گیری از نمودارهای تصویری، به شناسایی و تفسیر شکستگی‌های موجود در یکی از میدان‌های نفتی جنوب ایران پرداخته شده است. بر این اساس، تعداد ۶۹ شکستگی باز با روند *NW – SE* شناسایی و مورد تحلیل قرار گرفته است. علاوه بر این، با استفاده از شکستگی‌های القایی و ریختگی‌های دیواره چاه، جهت تنش‌های افقی تعیین شده است. با توجه به نتایج، عمده شکستگی‌ها در محدوده مورد مطالعه دارای روند *S45E* بوده و تنها یک گسل با نرخ اطمینان *B* و روند *S25E* شناسایی شده است.

واژگان کلیدی: شکستگی، گسل، ابزارهای تصویرگر، *FMI*، ریختگی دیواره چاه

---

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی نفت گرایش اکتشاف، دانشگاه صنعتی شاهرود  
<sup>۲</sup> استادیار و عضو هیأت علمی دانشگاه صنعتی شاهرود  
<sup>۳</sup> استادیار و عضو هیأت علمی دانشگاه صنعتی شاهرود

## ۱- مقدمه

شکستگی‌ها در تمام سازندهای سنگی وجود دارند. خصوصیات فیزیکی شکستگی‌ها به حالت منشا، خواص مکانیکی سنگ میزبان و دیاژنز آن بستگی دارد. این عوامل در نهایت منجر به کاهش و یا افزایش تخلخل و تراوایی مخزن می‌گردد [۱]. بنابراین، علاوه بر تعیین خواص پتروفیزیکی متن سنگ، بررسی خواص مخزنی شبکه شکستگی و چگونگی تغییر آن با عمق ضرورت دارد. تعیین تراکم، امتداد و جهت شیب، میزان بازشدگی، فاصله، باز و یا بسته بودن شکستگی‌ها و در نهایت ارائه الگوی مناسبی از شکستگی‌های مخازن، در تدوین طرح توسعه میدان و تعیین محل مناسب جهت احداث چاه‌های نقش مهمی داشته و علاوه بر این، افزایش طول عمر و بهره‌دهی مناسب مخزن، کاهش هزینه‌های پی‌جویی هیدروکربور و درک کلی از سیستم شکستگی در چنین میدان‌هایی را امکان‌پذیر می‌سازد.

ابزارهای تصویربرداری یکی از اولین منابع اطلاعاتی برای مطالعه مخازن شکافدار هستند [۲]. این ابزارها در گل‌های پایه آبی و گل‌های پایه نفتی مورد استفاده قرار می‌گیرند. میکرومقاومت و لاگ‌های صوتی دو نوع اصلی لاگ‌های تصویری هستند. که میکرومقاومت به دلیل داشتن وضوح عمودی بالاتر، در شناسایی شکستگی‌ها و ابزارهای صوتی نیز در اندازه‌گیری ضخامت لایه‌ها استفاده می‌شوند. ابزارهای صوتی در گل‌های پایه آبی و گل‌های پایه نفتی کاربرد داشته، در حالی که ابزارهای مقاومتی عمدتاً در گل‌های پایه آبی کاربرد دارند [۳] [۴].

این لاگ‌ها در بخش طویلی از چاه رانده شده و نسبت به لاگ‌های معمولی از نرخ نمونه‌گیری افقی و عمودی بسیار بیشتری برخوردار هستند. بنابراین، تصاویر صوتی یا مقاومتی با کیفیت بالا و رنگ مصنوعی تولید کرده و امکان شناسایی شکستگی‌های لایه را فراهم می‌آورند [۲].

علاوه بر این، استفاده از نمودارهای تصویری در شناسایی و ارزیابی ریختگی‌های چاه (*borehole breakouts*) و شکستگی‌های القایی (*induced fractures*) امکان شناسایی مقدار و راستای تنش‌های برجا در دیواره چاه را فراهم می‌آورد [۵]، [۶]. در این مقاله با بهره‌گیری از نمودارهای تصویری و تفسیر آن‌ها، به مطالعه شکستگی‌ها، گسل‌های احتمالی و تنش‌های برجای یکی از میدان‌های نفتی جنوبی ایران؛ واقع در سازندهای کنگان و دالان، پرداخته شده است.

## ۲- روش‌های تصویربرداری از دیواره چاه

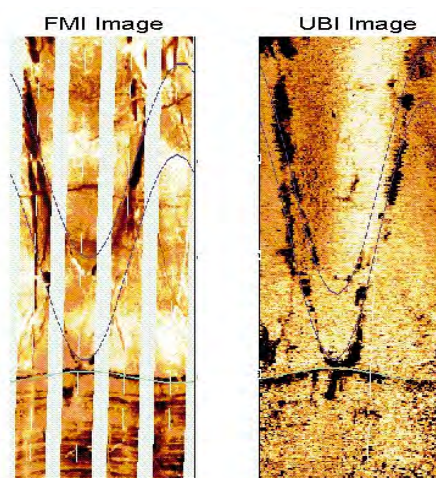
روش‌های تصویربرداری با توجه به روش‌های اندازه‌گیری و حفاری، به انواع متفاوتی تقسیم‌بندی شده که در جدول ۱ آورده شده است.

جدول شماره ۱: دسته‌بندی ابزارهای تصویربرداری از دیواره چاه

<i>FMI, GVR</i>	گل پایه آبی	تصویربرداری الکتریکی (مقاومت‌سنجی)	بر پایه روش‌های اندازه‌گیری
<i>FMI, GVR, OBMI</i>	گل پایه نفتی		
<i>UBI</i>		تصویربرداری صوتی	
<i>AND &amp; PEF, GR</i>		تصویربرداری هسته‌ای	
<i>FMI, UBI</i>	گل پایه آبی	نمودارگیری بعد از حفاری	بر پایه روش‌های حفاری
<i>FMI, OBMI, UBI</i>	گل پایه نفتی		
<i>GVR, AND&amp;PEF, GR</i>			

انتخاب ابزار تصویربرداری به نوع گل حفاری بستگی دارد. نمودارهای *FMS* و *FMI* و *OBMI* و *BHTV* گسترده‌ترین نوع نمودارهای تصویری هستند. نمودار *FMI*، یک ابزار مقاومت‌سنجی است که از تعدادی الکتروود تشکیل شده است. این الکتروودها جریان الکتریکی را به عمق مشخصی از سازند فرستاده و در نهایت با اندازه‌گیری هدایت‌پذیری سازند، نتایج به صورت تصاویری ثبت می‌شود. ابزار *BHTV* نیز با بهره‌گیری از یک مبدل ماورا صوت، پالس‌های صوتی کوتاه را به درون سازند ارسال می‌کند [۲].

ابزارهای تصویربرداری الکتریکی ضخامتی از سازند را نمایش داده، در حالی که ابزارهای صوتی تنها سطح دیواره چاه را نشان می‌دهند. بنابراین به دلیل عمق نفوذ و در نتیجه قدرت تفکیک بالاتر، قادر به شناسایی عوارض ساختمانی و رسوبی با جزئیات بیشتری هستند (شکل ۲) [۲].



شکل ۲: مقایسه بین لاک تصویری مقاومتی و لاک تصویری صوتی در یک چاه [۲].

با توجه به اینکه این نمودارها تصاویر با کیفیت بالایی از دیواره چاه را ارائه می‌دهند، در شناسایی عوارض ساختمانی (شیب ساختمانی، شکستگی‌ها و گسل‌ها)، ناهمگونی‌های سازند بخصوص سازندهای کربناته، تجزیه و تحلیل رسوب‌شناسی، ژئومکانیک، تشخیص انواع لایه‌بندی و انواع تخلخل کاربرد دارد [۷].

شناسایی و ارزیابی ریختگی‌های چاه (*borehole breakouts*) و شکستگی‌های القایی (*induced fractures*) که به ترتیب نشان‌دهنده راستای کمترین و بیشترین تنش‌های در جای افقی هستند، توسط انواع نمودارهای تصویری به راحتی قابل تعیین هستند [۵] و [۸].

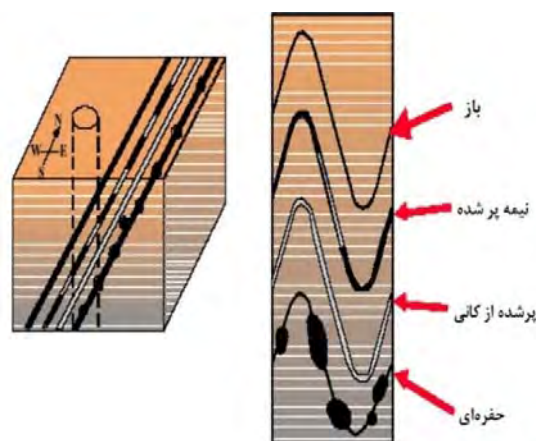
### ۱-۲ تجزیه و تحلیل شکستگی‌ها با استفاده از لاگ‌های تصویرگر *FMI*

در تصاویر *FMI*، شکستگی‌ها به صورت عوارضی خطی با شیبی بیشتر از شیب ساختمانی هستند. با استفاده از چنین تصاویری، امکان تحلیل مورفولوژی، جهت‌گیری و توزیع شکستگی‌ها نیز وجود دارد. انواع شکستگی‌ها در شکل ۴ نشان داده شده است.

شکستگی‌ها بر اساس اندازه و پاسخی که در لاک تصویری دارند، در دو دسته زیر دسته‌بندی می‌شوند:

- شکستگی‌های بزرگ و شکستگی‌های ریز
- شکستگی‌های هدایت‌کننده و شکستگی‌های مقاوم

به طور کلی می‌توان شکستگی‌ها را به چهار نوع اصلی، شکستگی‌های بزرگ هدایت‌کننده، شکستگی‌های بزرگ مقاومتی، شکستگی‌های ریز هدایت‌کننده و شکستگی‌های ریز مقاومتی تقسیم‌بندی نمود. شکستگی‌های هدایت‌کننده را نیز می‌توان در سه زیرگروه شکستگی‌های باز، شکستگی‌های جزئی و شکستگی‌های مویی جای داد.



شکل ۴: مورفولوژی شکستگی [۲].

### ۲-۱-۱ شکستگی‌های باز

دهانه این شکستگی‌ها به وسیله گل حفاری پر می‌شود. اگر گل رسا باشد مقاومتی که در این قسمت توسط لاگ تصویری ثبت می‌شود بسیار کمتر از زمینه سنگ است. بنابراین شکستگی‌های باز به صورت یک موج سینوسی کامل و تیره رنگ در لاگ تصویری دیده می‌شود (شکل ۴) [۲]. در صورتی که مخزن دارای تعداد زیادی از این نوع شکستگی‌ها باشد پتانسیل تولید بالایی دارد. شکستگی‌های باز طبیعی براساس ظاهر و پیوستگی در اطراف گمانه به شکستگی‌های باز، شکستگی‌های باز ناپیوسته، شکستگی‌های باز احتمالی و شکستگی‌های باز متفرقه دسته‌بندی می‌شوند.

### ۲-۱-۲ شکستگی‌های مقاومتی یا بسته

شکستگی‌های بسته، شکستگی‌هایی هستند که در ابتدا دارای دهانه باز بوده اما در طی دیاژنز توسط مواد مقاوم پر شده‌اند. این شکستگی‌ها با توجه به ظاهر و پیوستگی در اطراف گمانه، در رده شکستگی‌های مقاومتی دسته‌بندی می‌شوند. پهنای دهانه پر شده آنها ممکن است در طول گمانه تغییر کند. محتمل‌ترین مواد پرکننده این شکستگی‌ها کلسیت و انیدریت در این سازندها هستند [۱].

### ۲-۲ تجزیه و تحلیل گسل‌ها با استفاده از لاگ‌های تصویرگر FMI

نشانه‌ها و اثرات گسل‌ها در لاگ‌های گمانه نامنظم بوده و به پارامترهای مختلفی بستگی دارد. بنابراین برای تعیین اطمینان از گسل‌های تشخیص داده شده استفاده از یک نرخ اطمینان ضرورت دارد. برای تعیین کیفیت تشخیص گسل، از نشانگرهای کلیدی که نشانگرهای قوی (درجه ۱) و نشانگرهای ضعیف (درجه ۲) نامیده می‌شوند، استفاده می‌گردد (جدول ۲). براساس تعداد هر کدام از این نشانگرها، به هر کدام از گسل‌های تفسیری یک نرخ اطمینان که در ادامه آورده شده است، اختصاص می‌یابد.

A: اطمینان بالا (پنج نشانگر از درجه ۱)

B: اطمینان متوسط (چهار نشانگر از درجه ۱)

C: اطمینان پایین (بدون نشانگرهای درجه ۱، سه نشانگر از درجه ۲)  
D: اطمینان ضعیف (بدون نشانگرهای درجه ۱، یک یا دو نشانگر از درجه ۲)

جدول شماره ۲: نشانگرهای تشخیص گسل

نشانگرهای درجه ۱ (۹ معیار)	نشانگرهای درجه ۲: (۱۲ نشانه)
صفحه گسل واضح، قطع کننده ساختارها یا بافت‌های رسوبی	تجمع شکستگی‌ها
زاویه صفحه‌های زیاد بین انواع سنگ‌ها	تبلوریلور مجدد
جابجایی لایه‌های رسوبی	چینه‌های کششی یا تغییر حالت کمتر از ۲۰ متر
تجمع زیاد انواع شکستگی‌ها به صورت خوشه‌ای	جهت امتداد مطابق با روند منطقه‌ای
تغییرات شیب ساختمانی	خرده سنگی شدن (برشی شدن) و یا ناحیه‌ای از شیب‌های بی‌نظم
نبود یا تکرار مقاطع در ستون چینه‌شناسی	ریزش دیواره و یا آنومالی‌های انحراف گمانه
چینه‌های کششی یا تغییر حالت بیشتر از ۲۰ متر	توسعه و یا خاتمه ناگهانی ریختگی‌های گمانه
وجود ناپیوستگی‌ها	آنومالی‌ها و یا پروفایل قطع شده از منحنی‌های لاگ
تغییرات ناگهانی در توزیع تنش افقی اصلی اطراف چاه	تجمع حفرات یا دیگر عوارض انحلالی
	تغییرات ضخامت بستر نزدیک به گسل
	تغییرات ناگهانی در جهت‌گیری شکستگی‌ها
	دهانه یا تخلخل محاسبه شده خیلی بالا

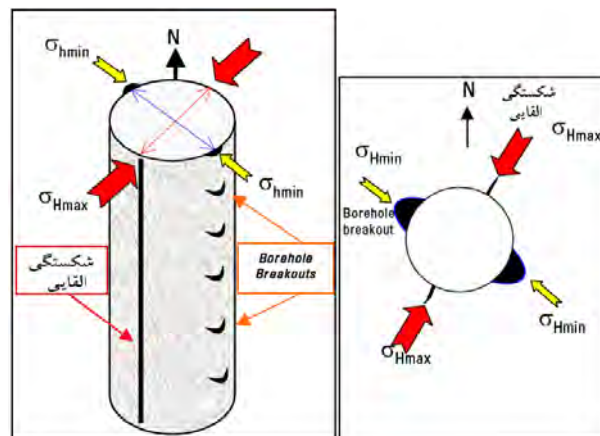
### ۳-۲ تجزیه و تحلیل جهت تنش‌های افقی با استفاده از لاگ‌های تصویرگر *FMI*

از دیگر ساختارهای قابل مشاهده در تصاویر، شکستگی‌های حاصل از کمترین تنش افقی وارد بر حفره چاه است. این شکستگی‌ها در اثر عملکرد تنش‌های افقی ایجاد می‌شوند [۵].

چاه‌هایی که در پوسته زمین حفاری می‌شوند، در اثر تنش‌های وارد بر دیواره خود معمولاً دچار دو نوع شکستگی برشی (*Shear Fracture*) و شکستگی کششی (*Tensile Fracture*) می‌شوند. وقتی که سنگ‌های حفاری شده با سیال حفاری جایگزین می‌شوند، سنگ‌های زیرین تنش‌های برشی و کششی را تحمل می‌کنند. این در حالی است که سیال تنها قابلیت تحمل تنش فشاری است. در نتیجه، تمرکز تنش در اطراف دیواره چاه، منجر به اعمال تنش‌های مماسی می‌شود [۹].

در مواردی که وزن گل حفاری (تنش شعاعی (*Radial stress*)) بسیار پایین باشد، حداکثر تنش محاطی از تنش شعاعی بیشتر می‌شود. در این حالت، اعمال تنش‌های برشی بر دیواره چاه، موجب بیضی‌شدگی چاه می‌شوند. این پدیده در تصاویر *FMI* به صورت دو ناحیه تیره و با اختلاف فاز ۱۸۰ درجه، دیده می‌شود [۹]. در مقابل در حالتی که وزن گل حفاری بسیار زیاد باشد، تنش شعاعی افزایش یافته و تنش مماسی کاهش می‌یابد. در چنین حالتی، سنگ‌های دیواره چاه تحت تنش کششی قرار گرفته و شکستگی‌های کششی در دیواره چاه رخ می‌دهند.

شکستگی‌های ایجاد شده را در اصطلاح شکستگی‌های القایی حفاری (*Drilling Induced Fracture*) نامیده می‌شوند و نیز در تصاویر حاصل از *FMI* به صورت دو شکستگی با ۱۸۰ درجه اختلاف فاز دیده می‌شوند. موقعیت تنش‌ها و شکستگی‌های ایجاد شده در شکل ۵ نشان داده شده است.



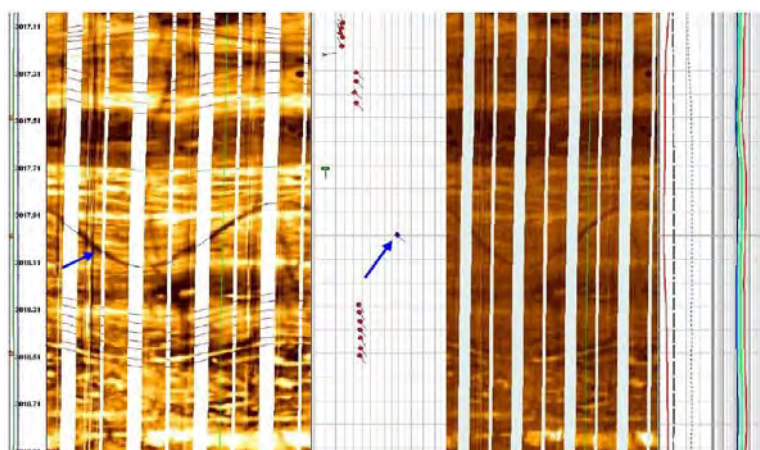
شکل ۵: شکستگی های ناشی از حفاری در راستای تنش های افقی بیشینه و کمینه [۹].

### ۳- مطالعه موردی

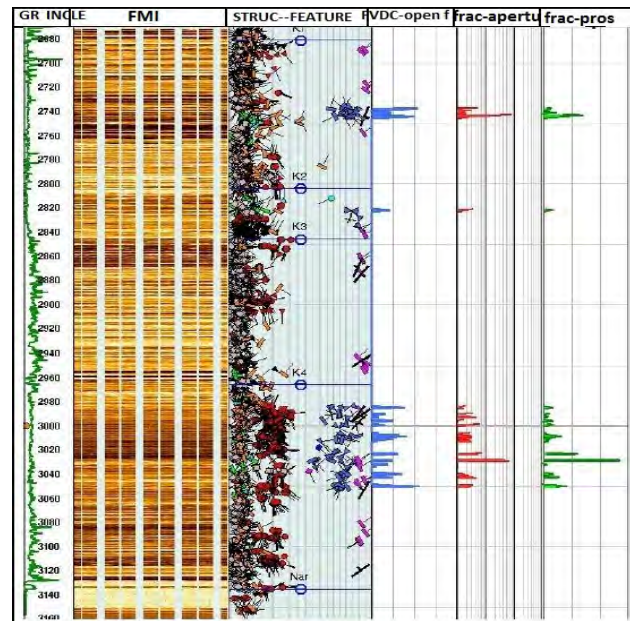
در این مقاله، نمودار تصویری الکتریکی در چاه A مربوط به یکی از میادین جنوب ایران توسط نرم افزار *GeoFrame* مورد بررسی قرار گرفته است. سازندهای مخزنی در این میدان، سازندهای کنگان و دالان است. سازند کنگان با جنس کربناته (آهک، دولومیت) و میان لایه های شیلی و انیدریتی و سن تریاس زیرین بر روی سازند دالان که عمدتاً از لایه های ضخیم آهک و لایه های دولومیتی و میان لایه های انیدریتیت تشکیل شده است، قرار دارد. سن این سازند پرمین میانی و بالایی است. این دو سازند اغلب یک مخزن واحد را تشکیل می دهند [۱۱].

### ۴- تجزیه و تحلیل شکستگی های مشاهده شده

با بررسی های انجام شده، تعداد ۶۷ شکستگی های باز طبیعی در تصاویر تشخیص داده شده است. بیشتر این شکستگی ها در زیرلایه های K1 و K4 گسترش یافته که در شکل های ۶ و ۷ نشان داده شده است. به ادامه به بررسی این شکستگی ها پرداخته شده است.



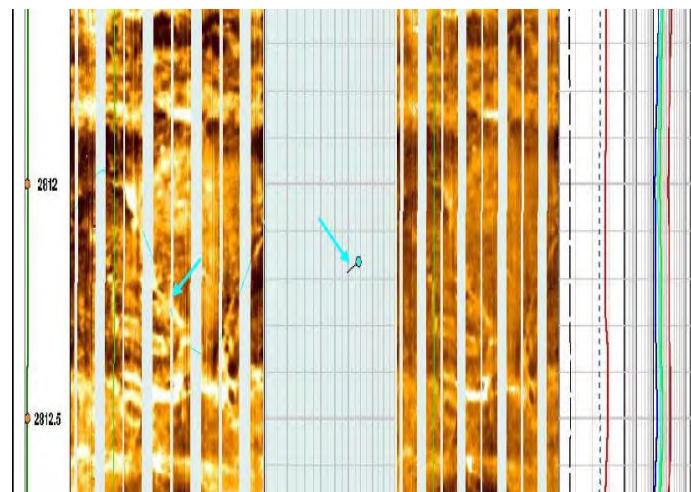
شکل ۶: شکستگی باز مشاهده شده در لاگ تصویری چاه A



شکل ۷: آنالیز شکستگی‌ها در کل فاصله نمودارگیری در چاه A. به نظر می‌رسد بیشترین تعداد شکستگی‌ها در لایه‌های K1 و K4 گسترش یافته‌اند.

#### ۱-۴ شکستگی‌های باز

شکستگی‌های باز دارای شیب ۵۰ درجه و امتداد S45E و شکستگی‌های باز ناپیوسته دارای شیب ۴۷ تا ۷۵ درجه و امتداد S45E و شکستگی‌های باز احتمالی دارای شیب ۵۸ تا ۸۰ درجه و امتداد N60W هستند. اطلاعات جهت شیب و امتداد شکستگی‌های باز در محدوده مورد مطالعه در شکل ۸ آورده شده است.



شکل ۸: شکستگی بسته مشاهده شده در چاه A

#### ۲-۴ شکستگی‌های مقاومتی (بسته)

تنها یک شکستگی طبیعی به دلیل پرشدگی دهانه از مواد مقاوم به صورت شکستگی مقاومتی ظاهر گردیده و دارای زاویه شیبی برابر با ۵۸ درجه با امتداد S65W است (شکل‌های ۹ و ۱۰).

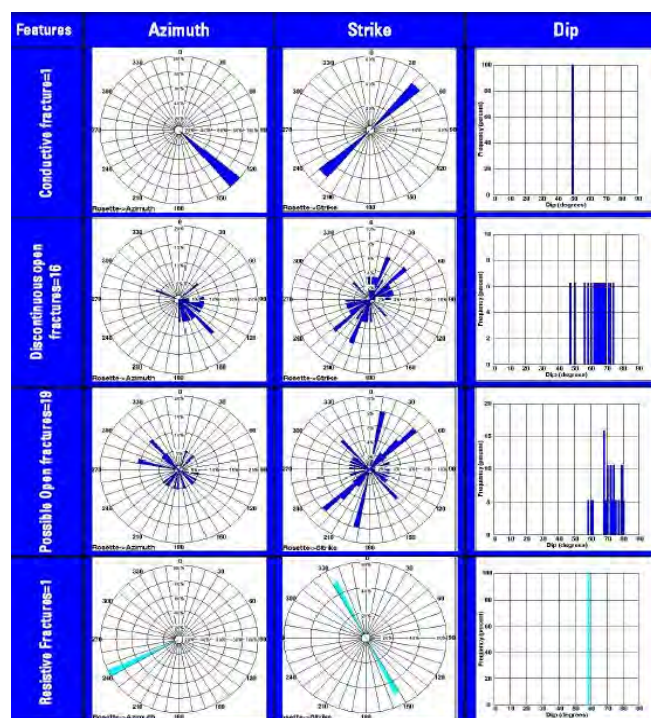


### ۳-۴ تجزیه و تحلیل گسل‌ها

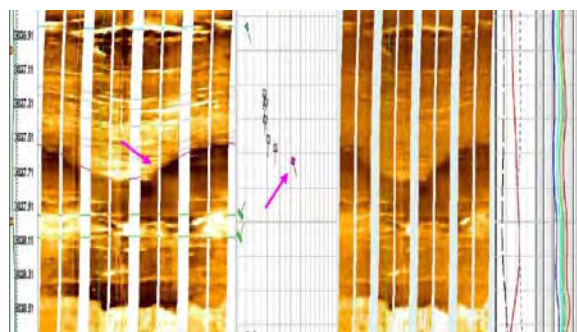
تصاویر *FMI* از چاه شماره *A* نشان می‌دهد که یک گسل احتمالی در این چاه وجود دارد (شکل ۱۰). جزئیات مربوط به تحلیل این گسل در جدول ۳ آورده شده است.

جدول شماره ۳: نشانگرها و نشانه‌های گسل در چاه *A*

عمق گسل (m)	نشانگرهای درجه ۱	نشانگرهای درجه ۲	شیب/آزیموت	نرخ اطمینان
۳۰۳۸-۳۰۳۷ متر	صفحه گسل واضح، قطع‌کننده ساختارها یا بافت‌های رسوبی زاویه صفحه‌ای زیاد بین انواع سنگ‌ها	(۱) تجمع شکستگی‌ها دهانه محاسبه‌شده زیاد (۲) چین‌های کششی یا تغییر حالت کمتر از ۲۰ متر	<i>S25</i> <i>E/</i> ۴۳ درجه	<i>B</i>



شکل ۹: اطلاعات مربوط به جهت شیب و امتداد شکستگی‌ها در کل فاصله نمودارگیری شده در چاه *A*

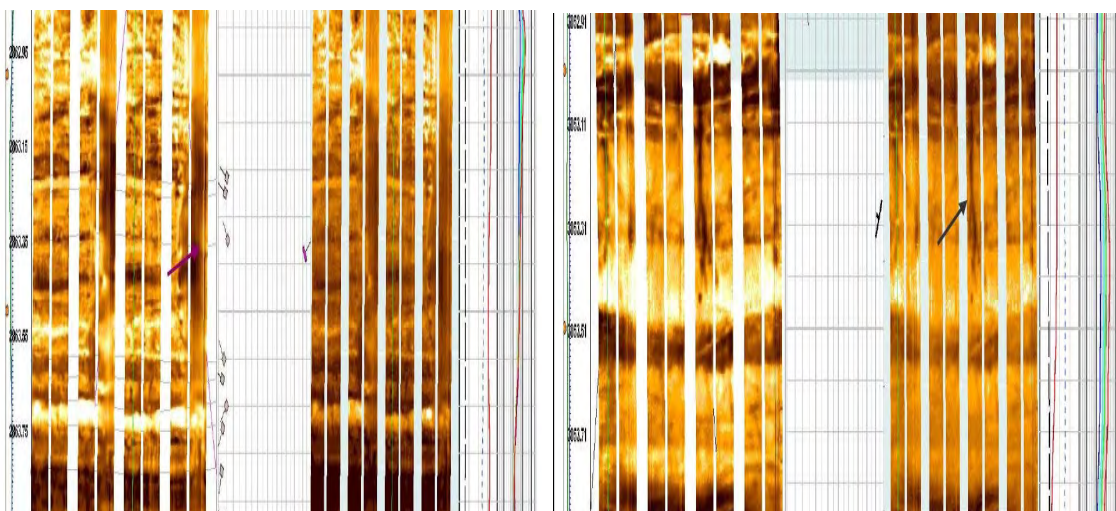


شکل ۱۰: گسل احتمالی (پیکان بنفش رنگ) همراه با اثر مقاومتی

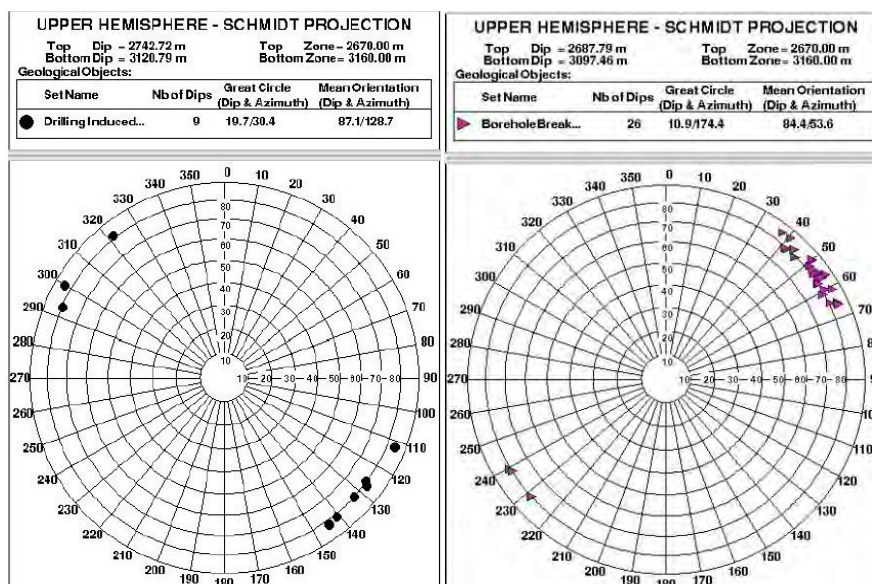


### ۵- تجزیه و تحلیل جهت تنش های افقی با استفاده از ریختگی های چاه و شکستگی های القایی

با تحلیل نتایج، تعداد ۲۶ ریختگی دیواره چاه در مطالعات چاه A دیده شده است. تعداد زیادی از این ریختگی های بیضوی-شکل در راستای NW-SE بوده که بیانگر جهت گیری تنش افقی کمینه ( $\sigma_{Hmin}$ ) در این چاه است (شکل ۱۱). علاوه بر این، تعداد ۹ شکستگی القایی حفاری در این چاه مشخص گردیده که دارای جهت N50E-S50W هستند. امتداد شکستگی های القایی معرف، جهت تنش افقی بیشینه در اطراف چاه بوده که در راستای NE-SW است (شکل ۱۰). به عبارت دیگر، هر گونه شکستگی هیدرولیکی طراحی شده برای این چاه، شکستگی هایی در امتداد NE-SW را ایجاد می کند. شیب و امتداد شکستگی های هیدرولیکی و ریختگی های دیواره در نمودار استریونت شکل ۱۲ قابل مشاهده است.



شکل ۱۱: سمت راست، شکستگی القایی حفاری و شکل سمت چپ، ریختگی چاه در چاه A



شکل ۱۲: شیب و امتداد شکستگی های هیدرولیکی (سمت راست) و ریختگی های دیواره (سمت چپ) در نمودار استریونت

## ۶- نتیجه‌گیری

ابزارهای تصویری (*Image Logs*) از جمله ابزارهای توانمندی هستند که در مطالعات مخزنی، کاربردهای زیادی دارند. در این مقاله، به بررسی شکستگی‌های زیرسطحی و تنش‌های برجا در سازندهای کنگان و دالان در چاه A واقع در یکی از میدان‌های جنوب ایران انجام پرداخته شد. با توجه به نتایج، عمده شکستگی‌های موجود در این چاه از نوع شکستگی‌های باز بوده (۶۷ عدد) و تنها یک شکستگی بسته با امتداد *S65W* مشخص و تفسیر شده است. علاوه بر این، عمده شکستگی‌های باز دارای روند *S45E* و تعداد اندکی دارای روند *N60W* بوده است. با انجام مطالعات تحلیلی بر روی گسل‌های احتمالی، تنها یک گسل با امتداد *S25E* و نرخ اطمینان *B* شناسایی شده است. علاوه بر این، با بررسی ریختگی‌های دیواره چاه، تنش افقی کمینه در جهت *NW-SE* و با بهره‌گیری از شکستگی‌های القایی حفاری، تنش افقی بیشینه در راستای *NE-SW* تعیین گردیده است.

## منابع و ماخذ:

- 1-Nelson, R.A. 1979. Natural Fracture Systems: Description and classification: *AAPG Bull.* **63**, 2214-2232.
- 2- Serra, O. "Formation MicroScanner Image Interpretation". *Schlumberger Education Services* (1989).
- ۳- قنواتی ک. (۲۰۰۲)، " کاربرد نمودارهای تصویرگر در ارزیابی مخازن و تفسیر نمودار *FMS* "، مرکز دانشگاه تهران
- 4-Lovell, M.A., Williamson, G. & Harvey, P.T. (eds) 1999: Borehole imaging: applications and case histories. *Geol soc Lond Spec Publ* 159.
- 5-Haimson B. Borehole breakouts in Berea sandstone reveal a new fracture mechanism. *Pure Appl Geophys* 2003;160:813-31.
- 6-Aadnøy, B.S. 1990a. Inversion technique to determine the in-situ stress field from fracturing data. *Journal of Petroleum Science and Engineering* 4, 127 – 141.
- 7-Francus P.(2004), 'Image Analysis, Sediments and Paleoenvironments', *VOLUME 7, Springer's eBookstore*
- 8-Aadnøy, B.S. Bell, J.S, 1998. Classification of drilling-induced The Log Analyst, 27 – 4 2 (Society of Professional Well Log Analysts, Nov. – Dec. 1998).
- 9- 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.
- 10-Crook T, Wilson S, Yu JG, Owen R. Computational modeling of the localized deformation associated with borehole breakout in quasi-brittle materials. *J Petrol Sci Eng.* 2003; 38:177-86.
- ۱۱- مطیعی، ه. ۱۳۷۲، زمین‌شناسی ایران چینه‌شناسی زاگرس، سازمان زمین‌شناسی کشور، ۵۳۶ صفحه.