



## بررسی ارتباط ساختارهای سطحی و عمقی در میدان نفتی رگ سفید، زاگرس، با استفاده از قابلیت‌های محیط GIS

محمد سراج<sup>۱</sup>، شرکت ملی مناطق نفتخیز جنوب

حجت الله صفری<sup>۲</sup>، محمود جوکار<sup>۳</sup>، دانشگاه گلستان، گرگان

چکیده

تاق‌دیس رگ سفید با روند ۱۱۵-۱۱۰۵ به‌عنوان یکی از میادین نفتی اصلی زاگرس، در بخش جنوبی فروافتادگی دزفول در ساحل شمالی خلیج فارس واقع شده است. بخش غربی این ساختار ضمن تحمل خمشی راست‌گرد، دارای روند ۱۷۰-۱۶۰ گردیده است. تفسیر داده‌های لرزه‌ای، ادامه عمقی گسل رگ سفید را در یال جنوب غربی تاق‌دیس با هندسه قاشقی نشان می‌دهد. عملکرد این گسل رانده، سبب رانده شدن یال جنوب غربی و ایجاد تاق‌دیس رگ سفید شده است. گسل مدفون هندیجان، یک گسل عرضی راست زاویه با مولفه راست بر می‌باشد که با عبور از غرب تاق‌دیس رگ سفید و تأثیر بر آن، سبب خمش ساختاری راست‌گرد دماغه تاق‌دیس شده است.

در این مطالعه، با استفاده از تکنیک‌های GIS، رابطه بین ساختارهای سطحی و داده‌های زیرسطحی مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که روند غالب شکستگی‌ها در بخش شرقی دارای امتداد ۱۱۰-۹۰ (هم‌روند با گسل رگ سفید)، در بخش مرکزی ۱۴۰-۱۲۰ و در بخش غربی (بخش خمش یافته) دارای امتداد ۱۷۰-۱۶۰ (هم‌روند با گسل هندیجان) هستند. به این ترتیب، نتایج تحلیل‌های ساختاری نشان می‌دهد که روند شکستگی‌های ایجاد شده در سطح و عمق تقریباً یکسان است. همچنین، کنترل شکل تاق‌دیس در سطح و عمق نشان می‌دهد که الگوی دگرریختی‌ها در سطح و عمق نیز (تقریباً) از هم تبعیت می‌کنند.

واژگان کلیدی: میدان نفتی رگ سفید، GIS، ساختارهای سطحی و عمقی

### مقدمه

در این مطالعه، جهت نیل به این هدف، میدان نفتی رگ سفید که دارای اطلاعات عمقی و سطحی به‌نسبت کاملی است، به‌عنوان مورد مطالعاتی انتخاب گردید. این تاق‌دیس در سطح دارای ۵۴ کیلومتر طول و ۴ تا ۵ کیلومتر عرض می‌باشد. مختصات جغرافیایی این تاق‌دیس (بخش سطحی رخنمون یافته) عبارت است از طول‌های شرقی ۴۳° ۴۹' تا ۵۰° ۰۸' و عرض‌های شمالی ۱۱° ۳۰' تا ۳۲° ۳۰' (شکل ۱). با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و بازدیدهای صحرایی، نسبت به شناسایی شکستگی‌های سطحی اقدام نموده و گسل مسبب خمیدگی مشخص خواهد گردید. در ادامه، اطلاعات سطحی به‌دست آمده به کمک محیط GIS با اطلاعات عمقی، مورد مقایسه قرار خواهد گرفت.

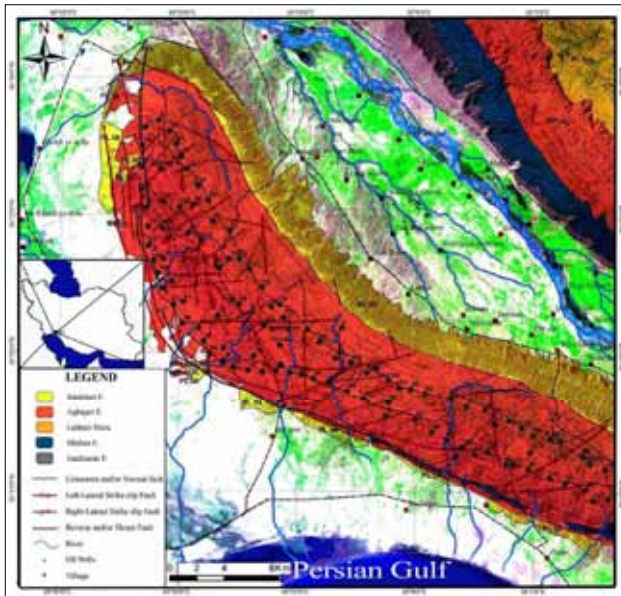
### ۱- روش‌های به‌کار رفته

#### ۱-۱- استخراج واحدهای چینه‌ای سطحی و عناصر ساختاری

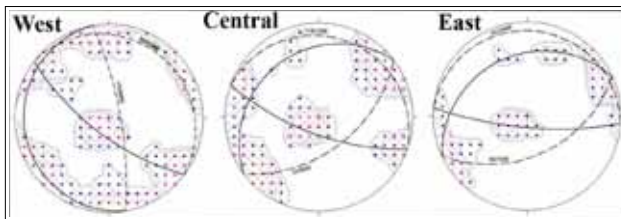
با اعمال فیلتر بالاگذر بر روی تصویر ماهواره‌ای اصلاح‌شده منطقه با ترکیب باندی ۷-۴-۱، لایه‌های مختلف با سنگ‌شناسی متفاوت در منطقه شناسایی شده [۱۳] و سپس، از طریق کنترل‌های میدانی و اندازه‌گیری‌های صحرایی، لایه‌های سنگی با لیتولوژی‌های متفاوت از هم تفکیک گردید و

کمربند کوه‌زاد زاگرس با طولی حدود ۲۰۰۰ کیلومتر از شرق گسل آناطولی تا جنوب ایران امتداد دارد. این کوه‌زاد در جنوب غرب ایران یک کمربند چین‌خورده-رانده با روند شمال غرب-جنوب شرقی را در حد فاصل سپر عربی و ورق ایران تشکیل داده است [۲،۳،۱]. سبک اصلی کوتاه‌شدگی در قالب گسلش معکوس بزرگ زاویه با شیبی بیش از ۳۰ درجه می‌باشد [۴،۵،۶،۷]. این کمربند چین‌خورده-رانده بر اساس شواهد ساختاری و ریخت‌زمین‌ساختی به پهنه‌های مختلفی نظیر: زاگرس رانده، زاگرس چین‌خورده (شامل بخش‌های لرستان، خوزستان و فارس) و فروافتادگی دزفول تقسیم شده است [۸،۹،۱۰،۱۱]. عمده میادین نفتی ایران در این کمربند کوه‌زاد و در پهنه فروبار دزفول قرار گرفته است [۱۲،۱۳]. با توجه اینکه که بیشترین اطلاعات در زاگرس مربوط به اطلاعات سطحی بوده و اطلاعات عمقی قابل اتکا صرفاً در میادین نفتی خاص وجود دارد، ارتباط دادن داده‌های عمقی با اطلاعات سطحی جهت نیل به ایجاد روابط قابل اعتماد بین این اطلاعات بسیار حیاتی است، به گونه‌ای که می‌توان با استفاده از اطلاعات سطحی، قضاوتی کارشناسانه نسبت به شرایط عمقی پیدا کرده و از این طریق از هزینه‌های هنگفت اکتشاف کاست.

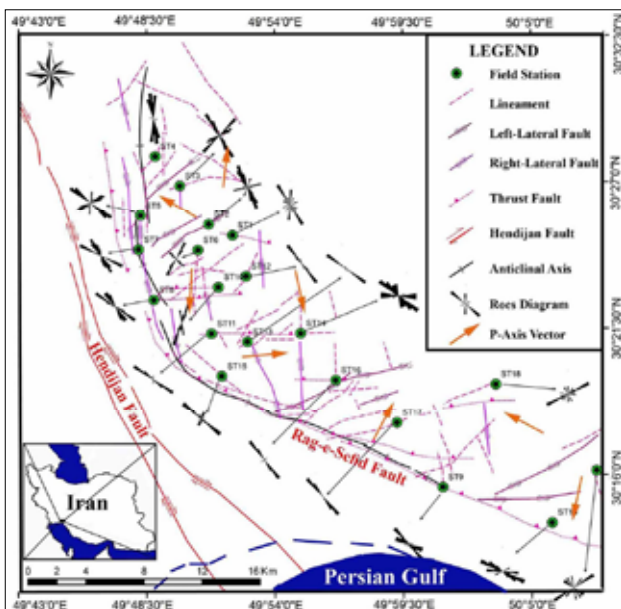
\*نویسنده‌ی عهده‌دار مکاتبات (safari.ho@gmail.com)



شکل ۱ | موقعیت جغرافیایی تاکدیس رگ سفید و نقشه زمین شناسی منطقه (بر روی تصویر ماهواره‌ای)



شکل ۲ | محاسبه صفحات گسلش عمقی در بخش‌های مختلف تاکدیس رگ سفید



شکل ۳ | نقشه ساختارهای سطحی منطقه مورد مطالعه به همراه نمودارهای گل‌سرخ و محورهای فشارش

به این ترتیب، لایه‌برداری واحدهای چین‌های ایجاد شد. در ادامه، با روی هم قرار دادن لایه‌های برداری چین‌شناسی، گسله‌های اصلی و راه‌ها، اقدام به تهیه نقشه زمین‌شناسی منطقه مذکور و پیرامون آن گردید (شکل-۱). برای استخراج عوامل ساختاری با اعمال فیلترهای جهت‌دار (۴۵، ۶۰، ۹۰ و ۱۸۰ درجه) بر روی تصویر ماهواره‌ای ETM+ منطقه (با ترکیب باند ۷-۴-۱) شکستگی‌های موجود در منطقه شناسایی و استخراج گردیدند [۱۳، ۱۴، ۱۵]. در ادامه، از طریق کنترل‌های میدانی و اندازه‌گیری‌های صحرایی در ۳۰ ایستگاه در سطح منطقه، گسله‌های اصلی و فرعی شناسایی و از هم تفکیک گردیدند. سپس، با استفاده از محیط نرم‌افزاری GIS، شکستگی‌های استخراج شده رقومی گردید. در پایان، اطلاعات ساختاری تحلیلی نظیر نمودارهای گل‌سرخ و محورهای سینماتیکی (محورهای فشارش) نیز به نقشه یادشده افزوده شده و نقشه ساختاری نهایی منطقه آماده شد (شکل-۳).

### ۲-۱- تحلیل ساختاری شکستگی‌های سطحی

تعداد ۳۰ ایستگاه اندازه‌گیری در قالب سه بخش شمال‌غربی (بخش خمش یافته)، مرکزی (بخش مرکزی) و بخش بدون تغییر شکل (بخش شرقی) مشخص و اندازه‌گیری‌ها و پیمایش‌های ساختاری در آن‌ها صورت پذیرفت. در این بخش، از سه روش تهیه نمودارهای گل‌سرخ، محاسبه صفحات گسلش و محاسبه محورهای فشارش استفاده گردید. جهت محاسبه صفحات اصلی گسلش، ابتدا شکستگی‌های مرتبط با چین خوردگی حذف گردید و سپس، با توجه به اینکه قطب شکستگی‌های مرتبط با گسل، عمود بر روند گسل اصلی می‌باشند، ابتدا صفحه در برگیرنده قطب شکستگی‌ها ترسیم شده و سپس، صفحه عمود بر آن ترسیم شده و به این ترتیب، صفحه (و یا صفحات) اصلی گسلش در منطقه محاسبه گردید [۱۶] (شکل-۲). جهت به دست آوردن تراکم شکستگی‌های سطحی، با استفاده از مشخصات اندازه‌گیری شده‌ی شکستگی‌ها، بر اساس روش فرانکس-امتداد [۱۶]، نمودار گل‌سرخ از شکستگی‌ها در ایستگاه‌های مختلف ترسیم شد (شکل-۳). جهت محاسبه محورهای حرکتی (به‌خصوص محور فشارش)، ابتدا گسل‌ها همراه با قطب و لغزش آن‌ها ترسیم شده و سپس صفحه حرکتی آن‌ها محاسبه گردید [۱۷]. در ادامه، بر روی صفحه حرکتی ۴۵ درجه در جهت و خلاف جهت بردار لغزش حرکت کرده و به این ترتیب، محورهای فشارش و کشش محاسبه شد (شکل-۳).

### ۳-۱- بررسی نقشه‌های ساختاری زیرسطحی

با استفاده از ترازهای ساختمانی سرسازند آسماری، نقشه‌ی کانتوری ساختاری زیرسطحی (UGC) از افق یادشده (مرز بین آسماری-گچساران) تهیه گردید [۱۸]. جهت درک صحیح از ساختارهای زیرسطحی، خطوط تراز نقشه‌ی یادشده در محیط GIS، پس از تصحیحات هندسی و زمینگان<sup>۲</sup> نمودن، رقومی شد [۱۹]. به این ترتیب، نقشه‌ی خطوط هم‌پتانسیل (خطوط تراز) از افق سرسازند آسماری در میدان رگ سفید در قالب منحنی‌های بسته

کیلومتر به داخل زمین را دارند، می‌توان به وجود گسل‌های پنهان پی‌برد و در نتیجه، آن‌ها را مورد شناسایی قرار داد [۱۹]. برای اثبات وجود گسل رگ سفید که اثرات سطحی آن را می‌توان در پایه یال جنوب غربی مشاهده کرد، تعداد ۷ پروفیل لرزه‌ای دو بعدی از میدان رگ سفید [۲۲]، در جهت عمود بر ساختار (شمالی شرقی - جنوبی غربی) و در طول (تقریباً شرقی - غربی) تاقدیس عمقی، تفسیر گردید. با توجه اینکه که تنها در دو پروفیل عمود بر تاقدیس، شکل و الگوی ساختاری تاقدیس و گسل رگ سفید نمایان بود، در این پژوهش، این دو پروفیل تفسیر شده، بیشتر مورد توجه قرار گرفته است (شکل-۷).

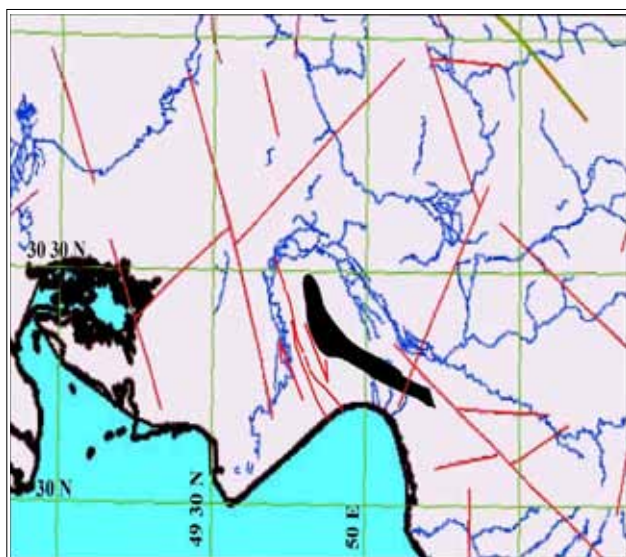
#### ۶-۱- تفسیر نمودارهای تصویر گر EMS<sup>۲</sup>

در این روش، ابزار تصویر گر به درون چاه فرستاده و تصاویر در افق‌های مختلف مخزن (حفاری شده) پایش شده و به صورت دیجیتال و یا آنالوگ ثبت می‌گردد. با بازخوانی تصاویر ثبت شده و مقایسه آن‌ها با سایر داده‌های موجود نظیر اطلاعات زمین شناسی، وضعیت شکستگی‌های زیر سطحی مخزن مورد بررسی و ارزیابی قرار می‌گیرد [۲۳، ۲۴]. در این پژوهش، تعداد ۹ نمودار که از موقعیت‌های مختلف میدان تهیه شده بودند، به منظور بررسی ساختاری شکستگی‌ها از لحاظ موقعیت هندسی (شیب و جهت شیب) و همچنین، تعداد در واحد متر (شدت شکستگی) انتخاب و تفسیر گردید [۲۵] که نتایج آن‌ها در شکل ۸ آورده شده است.

#### ۲- نتایج به دست آمده

##### ۱-۱- زمین شناسی تاقدیس رگ سفید

میدان نفتی رگ سفید یکی از مخازن نفتی در کمربند کوه زاد زاگرس



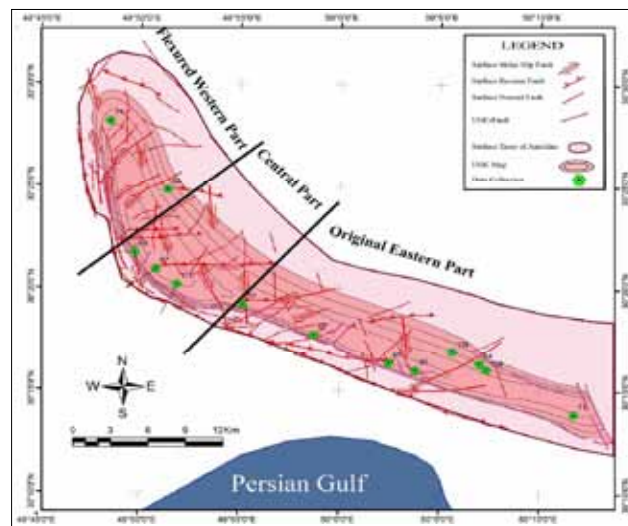
(پلی گون) تهیه گردید. سپس سایر لایه‌های اطلاعاتی نظیر گسله‌های موجود در نقشه UGC، گسله‌های سطحی برداشت شده و اثر سطحی تاقدیس رگ سفید به این لایه‌های اطلاعاتی افزوده شد تا به این ترتیب، شمایی از وضعیت ساختارهای عمقی و سطحی به دست آید. به کمک نقشه‌ی تهیه شده (شکل-۴)، می‌توان شکل تاقدیس و روند گسله‌ها را در سطح و عمق با هم مقایسه کرد.

#### ۱-۴- بررسی نقشه‌های ژئوفیزیک

در این راستا، ابتدا نقشه‌ی خطواره‌های مغناطیسی [۲۰] در محیط GIS رقومی گردید. در ادامه، موقعیت سطحی تاقدیس رگ سفید نیز رقومی گردیده و بر روی نقشه‌ی خطواره‌های مغناطیسی انداخته شد. به این ترتیب، نقشه‌ای متشکل از موقعیت سطحی تاقدیس و محل خطواره‌ها به دست آمد تا بتوان محل گسله‌های عمیق پی‌سنگی نسبت به ساختار تاقدیس را به دست آورد (شکل-۵). در این فرایند محل گسلی پنهان که از بخش غربی تاقدیس عبور می‌کند، مشخص گردید. این ساختار پی‌سنگی به نام گسل هندیمان معرفی شد. جهت کنترل ساختارهای عمیق و موقعیت آن‌ها نسبت به اثر سطحی تاقدیس رگ سفید، نقشه‌ی گرانی سنجی استان خوزستان در محیط GIS رقومی گردید [۲۱]. سپس، ساختارهای سطحی پیمایش شده و اثر سطحی تاقدیس‌های منطقه بر روی آن قرار داده شد (شکل-۶). به این ترتیب، تغییرات ناگهانی مقادیر آنومالی بوگه نسبت به محل ساختارهای سطحی سنجیده شد.

#### ۱-۵- بررسی مقاطع ژئوفیزیک لرزه‌ای

با استفاده از داده‌های لرزه‌ای بازتابی که عمق نفوذی تا حد چندین



۴ | شکل سطحی (بر اساس رخنمون‌های سطحی) و عمقی (بر اساس نقشه UGC) تاقدیس رگ سفید به همراه گسله‌های اصلی سطحی و گسله‌های مشاهده شده در نقشه UGC و بخش بندی تاقدیس

۵ | نقشه خطواره‌های مغناطیسی [یوسفی ۱۳۸۲] به همراه محل تاقدیس رگ سفید و گسل هندیمان



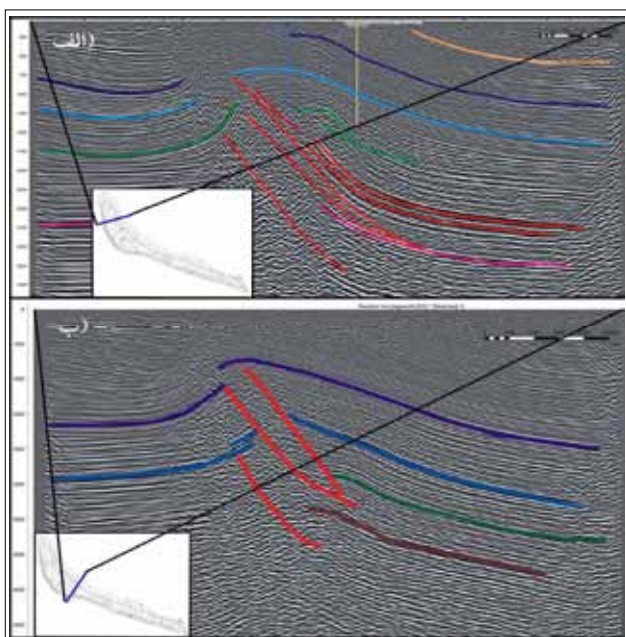
شمال شرق بندر هندیجان قابل مشاهده بر روی رخنمون‌های سطحی می‌باشد [۳۰] (شکل-۹). موقعیت گسل رگ سفید در بخش شرقی و مرکزی میدان، به موازات محور تاقدیس رگ سفید تقریباً شمال غربی- جنوب شرقی (۱۱۰-۱۸۰) بوده و در بخش غربی، این گسل خمش یافته و دارای راستای تقریباً شمالی- جنوبی (۱۸۰-۱۶۰) شده است. با توجه به تفسیر مقاطع لرزه‌ای (شکل-۷) و همچنین، اثرات سطحی، باید اذعان نمود که شیب این گسل متغیر بوده و از حدود ۶۰ درجه به سمت شمال شرق در سطح تا حدود ۲۰ درجه در عمق تغییر می‌نماید که حکایت از قاشقی بودن هندسه سطح گسل می‌باشد.

**ب- گسل هندیجان:** در تفسیر نقشه‌ای که متشکل از موقعیت سطحی تاقدیس و محل خطواره‌های مغناطیسی بود (شکل-۵)، محل گسلی مدفون که از بخش غربی تاقدیس عبور می‌نماید، مشخص و این ساختار پی سنگی به نام گسل هندیجان معرفی گردید. گسل هندیجان یک گسل عرضی با مولفه راست بر می‌باشد که با توجه نقشه خطواره‌های پی سنگ (شکل-۶) با عبور از نزدیکی تاقدیس رگ سفید و تأثیر بر آن، سبب خمش ساختاری راست گرد دماغه تاقدیس شده و سپس، با عبور از میدان تنگو تا خلیج فارس ادامه می‌یابد. این گسل احتمالاً از نوع گسل‌های عرضی قدیمی است که در پی سنگ تشکیل شده، در طی نئوژن دوباره فعال شده [۴] و همزمان با چین خوردگی، تأثیر خود را بر تاقدیس رگ سفید گذاشته است. به نظر می‌رسد که این گسل با روند تقریباً شمالی- جنوبی (حدود N۱۶۰)، یک گسل راست‌زاویه بوده و عامل اصلی تغییرات ساختاری و به هم ریختگی‌های چینه‌ای در بخش غربی (خمش یافته) تاقدیس رگ سفید باشد. اثر این گسل

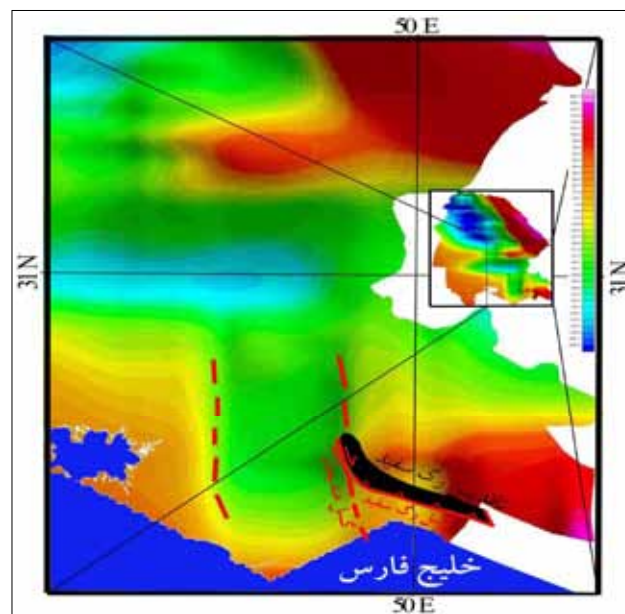
بوده که در مرز جنوبی فروافتادگی دزفول، در سواحل شمالی خلیج فارس واقع گردیده است. وجود ساختار رگ سفید نخستین بار در سال ۱۳۳۰ با مطالعات سطح الارضی و صحرایی مورد اکتشاف و سپس، در سال ۱۳۴۲ با اکتشافات ژئوفیزیکی مورد تأیید قرار گرفت [۲۶، ۲۷، ۲۸]. این تاقدیس یکی از ساختمان‌های پیچیده در ناحیه زاگرس بوده که نشان دهنده خمیدگی در محور تاقدیس با دو روند متفاوت می‌باشد [۲۹]. روند بخش‌های شرقی و مرکزی این تاقدیس ۱۱۰-۹۰ (شرقی- غربی تا جنوب شرقی) و روند بخش غربی آن ۱۷۰-۱۶۰ (تقریباً شمالی- جنوبی) است. رخنمون‌های سطحی در این تاقدیس شامل سازند بختیاری (کنگلو مرای پلیستوسن)، گچساران (تبخیری‌های میوسن پایینی)، میشان (مارن‌ها و آهک‌های مارنی میوسن پایینی- میانی) و آغاچاری (ماسه‌سنگ‌ها و مارن‌های میوسن بالایی- پلیوسن) است [۲۶] (شکل-۱). مهم‌ترین سازند عمقی، سازند آسماری است که به دلیل داشتن تخلخل مناسب ناشی از شکستگی‌های حاصل از نیروهای فشارشی، یکی از افق‌های مهم نفتی (مخزن نفتی) به شمار می‌آید [۲۷]. سازند آسماری در این میدان دارای ضخامت حفاری ۳۵۴ متر (در چاه-۲ واقع در کوهانک شمال غربی) تا ۴۶۱ متر (در چاه ۱۰۴ واقع در دامنه جنوبی کوهانک جنوب شرقی) می‌باشد. به سمت جنوب- جنوب شرق میدان، ضخامت سازند آسماری در چاه‌ها افزایش می‌یابد [۲۸].

**۲-۲- گسله‌های اصلی منطقه**

در این بخش دو گسل اصلی معرفی و مورد بررسی قرار می‌گیرند.  
**الف- گسل رگ سفید:** یک گسل معکوس (نوع راندگی) می‌باشد که در یال جنوب غربی تاقدیس رگ سفید قرار گرفته و از شمال بندر دیلم تا



شکل ۷ | مقاطع لرزه‌ای تفسیر شده در بخش‌های غربی و مرکزی تاقدیس رگ سفید



شکل ۸ | نقشه گرانبسنجی استان خوزستان به همراه موقعیت تاقدیس رگ سفید و گسله‌های اصلی

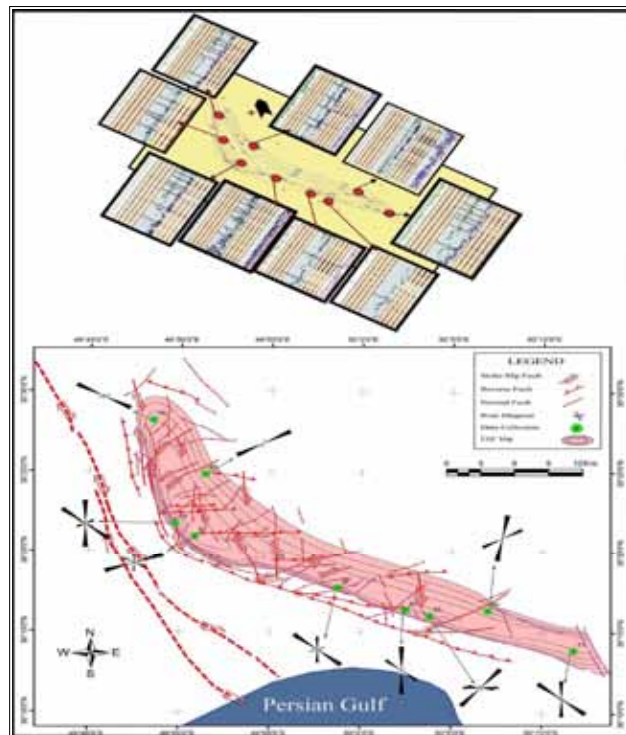
به خوبی بر روی نقشه مغناطیسی استان خوزستان قابل پی گیری و بررسی است (شکل-۶).

### ۳-۲- نتایج تفسیر مقاطع لرزه‌ای

تفسیر داده‌های مقاطع ژئوفیزیکی عمود بر میدان نفتی رگ سفید، نشان‌دهنده این است که در یال جنوب غربی تاقدیس، یک گسل رانده وجود دارد که عملکرد آن سبب رانده شدن یال جنوب غربی بر روی دشت رگ سفید شده و همچنین، سبب تشکیل تاقدیس رگ سفید گردیده است. همچنین، کنترل وضعیت لایه بندی در دو یال تاقدیس، بیان کننده نامتقارن بودن شیب لایه بندی در دو یال بوده و سیمای یک چین نامتقارن را به نمایش می گذارد، به گونه ای که شیب یال شمال شرقی بسیار کم بوده (۱۵ تا ۲۵ درجه) و این در حالی است که شیب یال جنوب غربی بسیار زیاد می باشد (بعضاً بیش از ۶۰ درجه) و حتی گاهی به صورت برگشته دیده می شود. به این ترتیب، تفسیر مقاطع لرزه‌ای مویید این مطلب است که تاقدیس رگ سفید می تواند یک چین مرتبط با گسل رانده باشد.

### ۴-۲- نتایج حاصل از تحلیل های ساختاری سطحی

نتایج تحلیل های ساختاری در بخش سطحی تاقدیس رگ سفید در سه بخش بررسی تراکم شکستگی ها (در قالب تهیه نمودارهای گل سرخی، محاسبه صفحات اصلی گسلش و محاسبه محورهای فشارش) انجام گرفته



شکل ۸ | نقشه ساختاری زیرسطحی به همراه وضعیت عمقی روندهای اصلی زیرسطحی، نمودارهای گل سرخی بر اساس تفسیر نمودارهای تصویرگر

است که به شرح زیر می باشد:  
الف- بررسی میزان تراکم شکستگی های سطحی، نشان می دهد که در بخش شرقی دو روند اصلی ۱۱۵-۱۰۵N و ۵۵-۳۵N، روند غالب شکستگی های این بخش را تشکیل داده اند. در بخش مرکزی نیز شکستگی هایی با امتداد ۱۴۰-۱۲۰N روند غالب شکستگی ها را تشکیل داده اند (شکل-۳). این در حالی است که در بخش غربی (بخش خمش یافته)، بیشترین شکستگی ها متعلق به امتدادهای شمال غربی-جنوب شرقی (۱۶۰-۱۴۰N) بوده و در درجات بعدی، امتدادهای ۱۸۰-۱۶۰N و ۱۰۰-۹۰N دیده می شوند (شکل-۳).

ب- محاسبه سطوح اصلی گسلش در بخش های مختلف به شرح زیر می باشد:

- محاسبه صفحات گسلش اصلی در بخش شرقی (بخش بدون خمش)، وجود گسله هایی با مشخصات ۶۶/۵۵-SE و ۹۵/۱۵-NW را نشان می دهد (شکل-۲).

- محاسبه صفحات گسلش اصلی در بخش مرکزی (محل خمش تاقدیس)، وجود گسله هایی با مشخصات ۵۳/۶۰-SE و ۱۱۰/۱۵-NE را نشان می دهد (شکل-۲). این صفحات بیشتر به صورت یک زون گسله وسیع در سطح زمین دیده می شوند.

- محاسبه صفحات گسلش اصلی در بخش غربی (بخش خمیده)، نشان دهنده گسله هایی با مشخصات ۱۲۷/۱۵-NE و ۱۷۰/۸۰-NE است. (شکل-۲). این صفحات دو روند اصلی را به نمایش می گذارند به گونه ای که روند ۱۷۰N هم روند با گسل هندیمان بوده و روند ۱۲۷N هم روند با بخش تقریباً خمیده گسل رگ سفید است.

ج- محاسبه محورهای فشارش در بخش های مختلف، نسل های مختلف حرکتی را به نمایش می گذارند:

- در بخش شرقی، امتداد محورهای عمده تا شمال شرقی (N۲۵) و جنوب غربی (N۱۹۵) است. همچنین، در این بخش محور فشارش با امتداد شمال غربی (N۲۹۰) نیز دیده می شود.

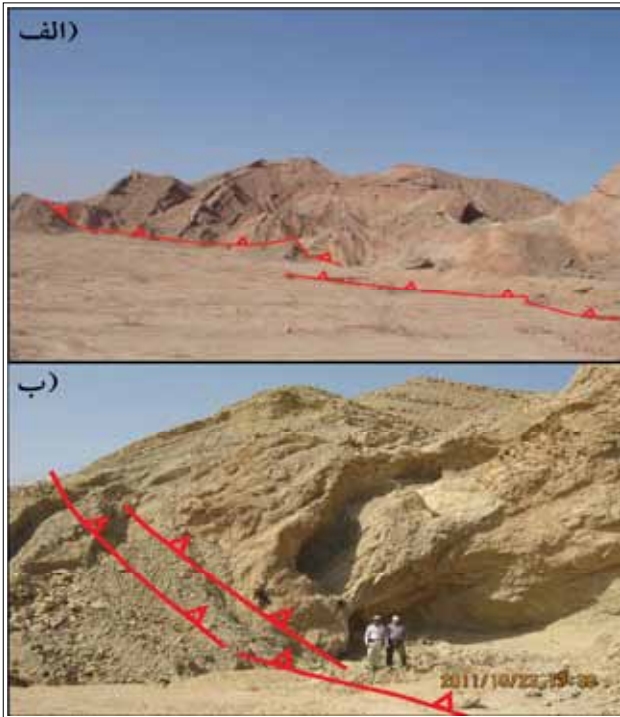
- در بخش مرکزی، امتداد محورهای فشارش بیشتر شرقی (N۹۰) بوده و به طرف غرب تاقدیس، به تبعیت از بخش خمش یافته، روند محور فشارش جنوبی (N۱۸۰) می شود.

- در بخش غربی، محور اصلی دارای روند جنوبی (N۱۶۰) است. در این بخش همچنین، محورهایی با روند شمالی (N۰) و شمال غربی (N۳۰) نیز دیده می شوند.

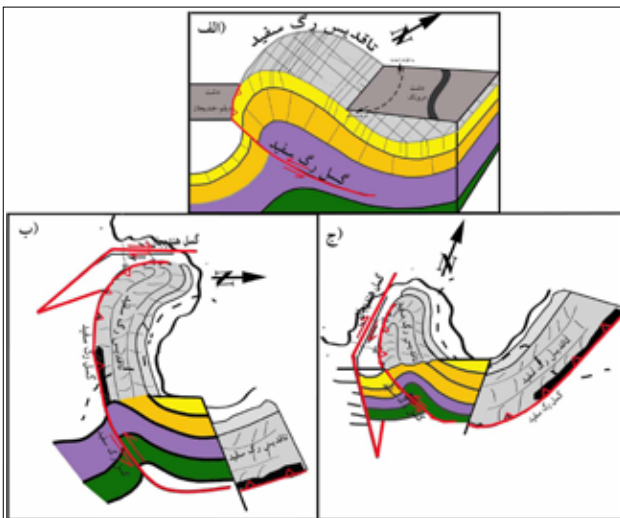
### ۵-۲- نتایج تفسیر نمودارهای FMS

شکستگی های مخزن به دو نوع شکستگی های باز و بسته قابل تقسیم هستند. شکستگی های بسته، محدود به عمق خاصی می شوند، در حالی که شکستگی های باز پراکنده اند [۲۳]. تفسیر نمودارهای تصویرگر FMS [۲۵، ۲۹] برای چاه های ۵۲، ۶۱، ۶۳، ۶۴، ۶۷، ۷۰، ۷۱، ۷۴ و ۸۳ میدان

بعضاً بیش از ۶۰ درجه) و حتی بعضاً به صورت برگشته دیده می‌شود (شکل-۱۰). تفسیر داده‌های لرزه‌ای، یک گسل رانده در یال جنوب غربی تاقدیس نشان می‌دهد که عملکرد آن سبب رانده شدن یال جنوب غربی بر روی دشت رگ سفید شده و تاقدیس رگ سفید را شکل داده است (شکل-۱۰). اثر سطحی این گسل، طی بازدیدهای صحرائی در پایه یال جنوب غربی شناسایی گردید. این گسل با نام گسل رگ سفید شناخته می‌شود. موقعیت



شکل ۹ | نماهایی از اثر سطحی گسل رگ سفید در یال جنوب غربی تاقدیس رگ سفید، به برگشتگی لایه‌ها در شکل (ب) توجه گردد.



شکل ۱۰ | وضعیت سطحی و عمقی تاقدیس رگ سفید در الف: بخش شرقی، ب: بخش مرکزی و ج: بخش غربی

رگ سفید نشان می‌دهد که (شکل-۸) در بخش غربی تاقدیس (دماغه غرب - شمال غربی) عمده ترین شکستگی‌ها دارای امتداد ۱۶۰-۱۴۰N (شمال شمال غربی - جنوب جنوب شرقی) است که هم‌روند با گسل هندیمان می‌باشد و روندهای شمالی - جنوبی و شرقی - غربی نیز به تعداد کمتری قابل مشاهده هستند. در محل خمیدگی تاقدیس رگ سفید (بخش مرکزی)، نمایان گر روند عمده شمال غربی - جنوب شرقی (۱۴۰-۱۲۰N) که همان روند خمیده تاقدیس رگ سفید است و روندهای دیگر نیز دیده می‌شوند. در قسمت شرقی میدان (بخش شرق - جنوب شرق) روند عمده شکستگی‌ها شمال غربی - جنوب شرقی و شرقی - غربی بوده و به تعداد کمتر روند شمالی - جنوبی نیز دیده می‌شود.

### ۲-۶- نتایج بررسی نقشه ساختاری زیر سطحی

در بررسی نقشه ساختاری زیر سطحی مربوط به سرسازند آسماری مشخص شد که شکل تاقدیس در عمق نیز نامتقارن است، به گونه‌ای که یال جنوب غربی بسیار پر شیب تر از یال شمال شرقی (همانند رخنمون سطحی) است (شکل-۴). همچنین، با قراردادن اثر سطحی تاقدیس بر روی نقشه UGC (در محیط GIS) معلوم گردید که شکل تاقدیس در عمق نیز از شکل سطحی آن تبعیت می‌کند، به طوری که روند خمیده تاقدیس در عمق دقیقاً شبیه روند خمیده تاقدیس در سطح می‌باشد (شکل-۴). کنترل این روندها در سطح و عمق، سه روند تقریبی ۱۱۰-۹۰N در بخش شرقی، ۱۴۰-۱۲۰N در بخش مرکزی و ۱۸۰-۱۶۰N در بخش غربی به نمایش می‌گذارد که حاکی از اعمال خمش ساختاری در بخش غربی تاقدیس رگ سفید است [۳۱].

### ۳- بحث و بررسی

این میدان نفتی که در سطح به صورت تاقدیسی به طول ۵۴ کیلومتر و عرض ۴ تا ۵ کیلومتر می‌باشد، یکی از مخازن نفتی اصلی در کمربند کوه‌زاد زاگرس است. این تاقدیس یکی از ساختمان‌های پیچیده در ناحیه زاگرس است که نشان‌دهنده خمیدگی در محور تاقدیس با دو روند متفاوت می‌باشد. روند بخش شرقی این تاقدیس ۱۱۰-۹۰N می‌باشد که در بخش مرکزی دچار خمشی آشکار گردیده است به گونه‌ای که روند بخش غربی آن ۱۸۰-۱۶۰N شده است. با قراردادن اثر سطحی تاقدیس بر روی نقشه UGC معلوم گردید که شکل تاقدیس در عمق نیز از شکل سطحی آن تبعیت می‌کند (شکل-۴). کنترل این روندها در سطح و عمق، سه روند ۱۱۰-۹۰N در بخش شرقی، ۱۴۰-۱۲۰N در بخش مرکزی و ۱۸۰-۱۶۰N در بخش غربی به نمایش می‌گذارد که حاکی از خمش ساختاری راست گرد در بخش غربی تاقدیس رگ سفید است. کنترل وضعیت لایه‌بندی دو یال تاقدیس رگ سفید در مقاطع لرزه‌ای عمود بر میدان و نقشه ساختاری زیر سطحی، بیان کننده نامتقارن بودن شیب لایه‌بندی در دو یال تاقدیس بوده و سیمای یک چین نامتقارن را به نمایش می‌گذارد، به گونه‌ای که شیب یال شمال شرقی بسیار کم بوده (۱۵ تا ۲۵ درجه) و این در حالی است که شیب یال جنوب غربی بسیار زیاد بوده



عملکرد گسل رگ سفید و برشی (به واسطه عملکرد گسل هندیمان) است که در کنار هم مسئول دگرریختی های به وجود آمده می باشند. نتایج تحلیل های ساختاری نیز نشان می دهد که روند شکستگی های ایجاد شده در سطح و عمق تقریباً یکسان بوده و همچنین، شکل این دگرریختی ها در سطح و عمق نیز (تقریباً) از هم تبعیت می کنند.

#### نتیجه گیری

میدان نفتی رگ سفید یکی از مخازن نفتی اصلی در مرز جنوبی فرفرافاندگی دزفول می باشد که امتداد بخش غربی آن دچار خمشی آشکار گردیده است. در بررسی صحرایی و همچنین، نقشه ساختاری زیرسطحی (UGC) مربوط به سرسازند آسماری مشخص شد که شکل تاقدیس در عمق نیز همچون بخش سطحی نامتقارن است، به گونه ای که یال جنوب غربی بسیار پرشیب تر از یال شمال شرقی (همانند رخنمون سطحی) است.

تفسیر داده های لرزه ای، ادامه عمقی گسل رانده رگ سفید را در یال جنوب غربی تاقدیس با هندسه قاشقی نشان می دهد. عملکرد این گسل سبب رانده شدن یال جنوب غربی و ایجاد تاقدیس رگ سفید شده است. گسل مدفون هندیمان یک گسل عرضی راست زاویه با مولفه راست بر می باشد که با عبور از غرب تاقدیس رگ سفید و تأثیر بر آن، سبب خمش ساختاری راست گرد دماغه تاقدیس شده است.

تحلیل سینماتیکی گسله های سطحی حکایت از دو نسل حرکت در بخش های مختلف تاقدیس دارد. به گونه ای که به نظر می رسد ابتدا تاقدیس با روند ۱۱۰-۹۰° تحت اثر عملکرد گسل رگ سفید، به عنوان یک چین مرتبط با گسل (از نوع چین های انتشار گسلی) شکل گرفته است. سپس، تحت اثر فعالیت گسل هندیمان، بخش غربی آن دچار خمشی راست گرد شده و به شکل روند فعلی در آمده است.

نتایج تحلیل های ساختاری نشان می دهد که روند شکستگی های ایجاد شده در سطح و عمق تقریباً یکسان بوده و همچنین، شکل این دگرریختی ها در سطح و عمق نیز (تقریباً) از هم تبعیت می کنند. با توجه به نتایج به دست آمده می توان عنوان کرد که در بسیاری از موارد، ساختارهای عمقی بسیار شبیه ساختارهای سطحی بوده و با استفاده از اطلاعات سطحی می توان قضاوتی کارشناسانه نسبت به شرایط عمقی پیدا نمود. ■

سطحی گسل رگ سفید در بخش شرقی میدان، به موازات محور تاقدیس رگ سفید، تقریباً شمال غربی - جنوب شرقی (۱۱۰-۹۰°) است. اما در بخش غربی، این گسل خمش یافته و تقریباً دارای راستای شمالی - جنوبی (۱۸۰-۱۶۰°) شده است. با توجه به تفسیر مقاطع لرزه ای باید گفت که هندسه سطح گسل حالت قاشقی دارد.

در تفسیر نقشه های ژئوفیزیکی مغناطیسی (خطواره های مغناطیسی) و گرانی سنجی، محل گسلی مدفون که از بخش غربی تاقدیس عبور می نماید، مشخص گردید. این ساختار پی سنگی، به نام گسل هندیمان معرفی شد. گسل هندیمان یک گسل عرضی با مولفه راست بر می باشد که با عبور از غرب تاقدیس رگ سفید و تأثیر بر آن، سبب خمش ساختاری راست گرد دماغه تاقدیس شده است. این گسل احتمالاً از نوع گسل های عرضی راست زاویه است که در پی سنگ تشکیل شده و در طی نوژن دوباره فعال شده و همزمان با چین خوردگی، تأثیر خود را بر تاقدیس رگ سفید گذاشته است.

در بررسی های ساختاری سطحی و عمقی معلوم گردید که روند غالب شکستگی ها در بخش های مختلف تاقدیس تقریباً مشابه بوده و این مسئله تبعیت روند شکستگی های غالب عمقی از امتداد گسله های اصلی را به نمایش می گذارد.

محاسبه سطوح اصلی گسلش دو روند اصلی مربوط به گسله های هندیمان و رگ سفید (و بخش خمش یافته آن در بخش های مرکزی و غربی) را به نمایش می گذارند.

تحلیل سینماتیکی گسله های سطحی در بخش های مختلف تاقدیس، حکایت از دو نسل حرکت در بخش های مختلف تاقدیس دارد، به گونه ای که به نظر می رسد ابتدا تاقدیس با روند ۱۱۰-۹۰° تحت اثر عملکرد گسل رگ سفید، به عنوان یک چین مرتبط با گسل (از نوع چین های انتشار گسلی) شکل گرفته است. سپس، تحت اثر فعالیت گسل هندیمان، بخش غربی آن دچار خمشی راست گرد شده و به روند فعلی در آمده است.

به این ترتیب، می توان به این نتیجه رسید که تکامل ساختاری تاقدیس رگ سفید تحت اثر عملکرد دو گسل اصلی رگ سفید (در پایه یال جنوبی تاقدیس) و هندیمان (در غرب تاقدیس) قرار گرفته و به واسطه عملکرد آن ها، ساختار کنونی آن شکل گرفته است. به عبارت دیگر، تحلیل های ساختاری، بیانگر الگوی دگرشکلی تحت دو رژیم زمین ساختی فشارشی (به واسطه

#### پانویس ها

<sup>1</sup> Under Ground Contour (UGC)

<sup>2</sup> Geo reference

<sup>3</sup> Formation Micro Scanner

#### منابع

[1] Stocklin, J., Orogen and Tethys evolution in the Middle East, An appraisal of current concept. Suezach, Switzerland, 1984, 5.3ak, 1391.

[2] Safari, H., Qoreshi, M., Morpho-tectonic evidences

of Zagros tear faults, applicable for determination and segmentation of Sabzpushan fault zone (Iran). Abst., 31th Int. Geo. Cong., 2000, Rio de Janeiro, Brazil.

[3] Sepehr, M., Cosgrove, J. W., Moieni, M., The impact of

- cover rock rheology on the style of folding in the Zagros fold-thrust belt, *Tectonophysics*, 2006, v. 427, pp. 265–281.
- [4] Allen, M., Jackson, J., Walker, R., Late Cenozoic reorganization of the Arabia-Eurasia collision and the comparison of short-term and long-term deformation rates, *Tectonics*, 2004, 23, TC2008, doi: 10.10292003/TC001530.
- [5] Alavi, A., Tectonics of the Zagros Orogenic belt of Iran: new data and interpretations, *Tectonophysics*, 1994, vol. 229, p. 211–238.
- [6] Sepehr, M., Cosgrove, J.W., Structural framework of the Zagros Fold–Thrust Belt, Iran, *Journal of Marine and Petroleum Geology*, 2004, v.21, pp. 829–843.
- [7] Sherkati, S., Letouzey, J., Variation of structural style and basin evolution in the central Zagros (Izeh Zone and Dezful Embayment), Iran, *Mar. Pet. Geol.*, 2004, 21 (5), 535 – 554.
- [8] Berberian, M., Master blind thrust faults hidden under the Zagros folds: active basement tectonics and surface Morpho-tectonics. *Tectonophysics*, 1995, 241, pp. 193–224.
- [9] Hessami, K., Tectonic history and present-day deformation in Zagros Fold-thrust belt, Abstract of PhD thesis, Uppsala University, Sweden, 2002, 13 p.
- [10] Safari, H.; Pirasteh, S.; Pradhan B., Uplifting estimation in Zagros Transverse faults Iran: An Application of Geoinformation Technology, *Remote Sens.*, 2009, 1, 12401256-.
- [۱۱] مطیعی، ه.، زمین‌شناسی نفت زاگرس: جلد‌های ۱ و ۲، طرح تدوین کتاب زمین‌شناسی ایران، ۱۳۷۴، ۱۲۰۰ صفحه.
- [12] Safari, H., Pirasteh, S., Pradhan, B., Khedri Gharibvand, L., Use of remote sensing data and GIS tools for seismic hazard assessment of shallow oilfields and its impact on the settlements in and around Masjed-i-Soleiman area, Zagros Mountains, Iran, *Remote Sensing* 2010, 2(5), pp. 1364–1377.
- [13] Safari, H., Pirasteh, S., Shattri, B.M., Role of Kazerun Fault for Localizing Oil Seepage in the Zagros Mountains, Iran: an Application of GiT, *International Journal of Remote sensing*, 2011, Vol: 32, No:1, 116-.
- [14] Lillesand, T.M.; Kiefer, R.W., *Remote Sensing and Image Interpretation*, 4th ed., John Wiley and Sons: New York, 2000, pp. 20180-.
- [15] Aronoff, S., *Geographic Information System: A Management Perspective*; WDL publication: Ottawa, Canada, 1989, p. 200.
- [16] Ramsay, J.G.; Hubber, M., *The techniques of modern structural geology: Folds and fractures (vol. II)*. Academic Press: London, 1987, p. 700.
- [17] Marrett, R., Allmendinger, R. W, Kinematic analysis of fault-slip data, *J. of structural Geology*, 1990, Vol. 12, No. 8, pp. 973986-.
- [۱۸] شرکت ملی مناطق نفت‌خیز جنوب، نقشه ساختمانی زیرسطحی (UGC) ۱/۵۰۰۰۰ افق آسماری در میدان رگ‌سفید، ۱۳۸۹، نقشه شماره ۱۶۰۳۰.
- [۱۹] صفری، ح.، امیری بختیار، ح.، فولادوند، ر.، زمین‌شناسی تحت‌الارضی پایه‌ای، شرکت ملی مناطق نفت‌خیز جنوب، ۱۳۸۸، ۴۲۴ صفحه.
- [۲۰] یوسفی، ا.، نقشه خطواره‌های مغناطیسی ایران با مقیاس ۱/۲۵۰۰۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی، ۱۳۸۲.
- [۲۱] پایگاه ملی داده‌های علوم زمین (NGDIR)، نقشه ۱/۲۵۰۰۰۰۰ گرانی‌سنجی ایران، بخش استان خوزستان، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی، ۱۳۷۲.
- [22] National Iranian Oil Company (NIOC), Seismic sections of Rag-e-Sefid oil field, 1965.
- [23] Schlumberger Company, FMS Interpretation Report of Rag-E-Sefid Field, technical report of well: RS-119, 2004.
- [24] Rezaie, A. H., Nogol-e-Sadat, M. A., Fracture Modeling in Asmari Reservoir of Rag-e Sefid Oil-Field by using Multi well Image Log (FMS/FMI), *Iranian International Journal of Sciences*, 2004, 5(1), 107121-.
- [۲۵] سراج، م.، تقوی پور، ش.، عبایف، ر.، محمدیان، ر.، بررسی پارامترهای هندسی و جنبشی شکستگی‌ها در مخزن آسماری میدان رگ‌سفید براساس تحلیل نمودارهای تصویرگر (FMS)، مجموعه مقالات دوازدهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، ۱۳۸۷، اهواز.
- [۲۶] مطیعی، ه.، زمین‌شناسی ایران: چینه‌شناسی زاگرس، طرح تدوین کتاب زمین‌شناسی، ۱۳۷۲، 536 صفحه.
- [۲۷] ظهراب زاده، م.، تحلیل سیستماتیک شکستگی‌های مخزن آسماری در یکی از میداین جنوب غرب ایران (با استفاده از نتایج تفسیر نمودارهای تصویرگر)، مجله اکتشاف و تولید، ۱۳۸۸، شماره ۶۳، صفحات ۴۶ تا ۵۴.
- [۲۸] ظهراب‌زاده، موسی.، مطالعه زمین‌شناسی مخزن آسماری میدان رگ‌سفید، گزارش شماره پ-۵۹۵۴، شرکت ملی مناطق نفتخیز جنوب، ۱۳۸۵، ۳۸۸ صفحه.
- [۲۹] عبایف، ر.، همکاران.، مدل‌سازی شکستگی‌های میدان رگ‌سفید، مخزن آسماری – بنگستان با استفاده از نرم‌افزار Fractal Flow. گزارش شماره پ-۷۰۰۳، شرکت ملی مناطق نفتخیز جنوب، ۱۳۸۹، ۲۴۱ صفحه.
- [۳۰] نوگل سادات.م.ا.ا.، الماسیان.م.، نقشه تکتونیک ایران ۱/۱۰۰۰۰۰۰، طرح تدوین کتاب زمین‌شناسی، ۱۳۷۲.
- [31] Safari, H., Seraj, M., Jowkar, M., Influence of Structural bending on reservoir characteristics of Rag-e-Sefid Oil field, Zagros: Using of GiT, *International Geoinformatics Research and Development Journal*, 2012, Vol: 3 , Issue: 4, pp: 1525-.