



سجش از دور

GIS ایران

سنجش از دور و GIS ایران  
Iranian Remote Sensing & GIS

سال یازدهم، شماره سوم، پاییز ۱۳۹۸  
Vol.11, No. 3, Autumn 2019

۷۹-۹۶



## تفسیر هندسی گسل‌ها و شکستگی‌های سطحی میدان نفتی سیاه‌مکان (فرو افتادگی دزفول، جنوب غرب ایران) با تکنیک‌های سنجش از دور حرارتی

میرحامد میرلوی موسوی<sup>۱\*</sup> و بهزاد زمانی قره چمنی<sup>۲</sup>

۱- کارشناس ارشد تکنونیک، دانشگاه تبریز، ایران

۲- دانشیار، گروه علوم زمین، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۳/۱۱

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۰۷/۲۹

### چکیده

امروزه، علم سنجش از دور به‌طور گسترده‌ای در علوم مرتبط با زمین به‌کار می‌رود. یکی از این شاخه‌ها شناسایی، تحقیق و تفسیر ساختارهای سطح زمین است. مطالعه سیستم‌های شکستگی، شناخت هندسه و نحوه گسترش مکانی آن‌ها، می‌تواند به توسعه میدان نفتی، کمک قابل توجهی کند. در این تحقیق، با استفاده از داده‌های ماهواره‌های Landsat 8، الگوریتم STA و تکنیک‌های پردازش سنجش از دور، تجزیه و تحلیل هندسی ساختارهای سطحی میدان نفتی سیاه‌مکان مورد بررسی قرار گرفته‌است. سپس، دمای سطح زمین (LST)، با روش دفتر علوم لندست برای محدوده میدان نفتی محاسبه شده، در نهایت به‌بررسی ارتباط توزیع شکستگی‌های سطحی با الگوی توزیع دمای سطحی محدوده مطالعاتی پرداخته شده است. نتایج نشان می‌دهد که شکستگی‌های موازی سطح محوری (SA) و برشی (SO1) که به‌ترتیب، دارای روند N-S و NW-SE هستند، بیشترین فراوانی را دارند. براساس نقشه چگالی، تراکم خطواره‌ها در نواحی میانی، متمایل به جنوب شرقی میدان، دارای بیشترین مقدار است. از آنجایی که منابع زیرزمینی در امتداد خطواره‌های تکتونیکی نزدیک سطح قرار دارند، این ساختارها در تصاویر ماهواره‌های خنک‌تر و تاریک‌تر از مناطق اطراف دیده می‌شوند. خطواره‌های ساختاری با نقشه دمای سطحی، انطباق نشان می‌دهد؛ به‌طوری‌که خطواره‌ها، اغلب در مناطق با دمای سطحی متوسط و متوسط به پایین قرار گرفته‌اند. از این رو، دماهای کمتر با محدوده‌های دارای تراکم شکستگی بالا مطابقت نشان می‌دهند.

کلید واژه‌ها: خطواره‌های ساختاری، سنجش از دور، لندست، LST، میدان نفتی، سیاه‌مکان

\*نویسنده عهده‌دار مکاتبات: تبریز، بلوار ۲۹ بهمن، دانشگاه تبریز، دانشکده علوم طبیعی، گروه علوم زمین. تلفن: ۰۹۳۸۰۲۷۸۵۹۶-۰۰۴۱۳۳۳۹۲۷۰۰

## ۱- مقدمه

سنجش از دور به فناوری و علمی گفته می‌شود که به وسیله آن بدون تماس مستقیم، مشخصه‌های یک پدیده را تعیین، اندازه‌گیری و تجزیه و تحلیل می‌کنند. به‌طور خلاصه می‌توان گفت سنجش از دور، علم و هنر کسب اطلاعات از پدیده‌ها یا اجسام، بدون تماس با آنها است (Sabins, 1996). در مطالعات زمین‌شناسی ساختاری، بهره‌گیری از روش‌های دورسنجی، این امکان را فراهم می‌کند تا ابعاد و گستردگی ساختارها، روابط ساختاری عوارض بزرگ و کوچک مقیاس، قلمروهای ساختاری همگن و متجانس و سرانجام الگوی دگرشکلی پوسته زمین را بتوان بررسی کرد. استفاده از روش‌های دورسنجی، برای شناسایی و مطالعه خطواره‌ها، کارایی زیادی داشته، به‌طوری‌که بسیاری از پژوهشگران، آن را برای مطالعات ساختاری، هیدرولوژی و هیدروژئولوژی، اکتشاف ذخایر هیدروکربنی، و غیره پیشنهاد کرده‌اند (Sabin, 1996 & Prost, 1994). خطواره‌ها که اغلب شکستگی‌های اصلی، در نزدیکی سطح زمین هستند، نقش مهم و انکارناپذیری در خواص و مهاجرت هیدروکربورها دارند. به‌طور معمول، شناسایی و تفسیر خطواره‌ها با استفاده از برداشت‌های زمینی، داده‌های گسترده از منابع اطلاعات علوم زمین شامل داده‌های زمین‌شناسی، نقشه‌های توپوگرافی، مدل‌های ارتفاع رقومی، داده‌های رادار و متداول‌ترین آن‌ها که تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی است، انجام می‌گیرد. از آنجایی که انجام این کار، برای مناطق وسیع، بسیار وقت‌گیر و هزینه‌بر است، در دهه‌های اخیر تصاویر ماهواره‌ای در کنار دانش زمین‌شناسی، ابزار مناسبی برای استخراج خطواره‌ها معرفی شده‌اند. امروزه با استفاده از تصاویر سنجش از دور و بکارگیری GIS می‌توان به ویژگی‌های ساختاری میادین هیدروکربنی پی برد. از جمله مطالعات مرتبط با زمین‌شناسی ساختاری (تکتونیک) که با استفاده از تکنولوژی سنجش از دور و سنجش از دور حرارتی، در سال‌های اخیر انجام شده است، می‌توان به تعدادی از موارد زیر اشاره کرد:

بهاروند و همکاران (۱۳۹۴)، به شناسایی، استخراج و تحلیل شکستگی‌ها و گسل‌های تاقدیس نفت‌خیز خويز در شمال بهبهان با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور پرداختند. نتایج به‌دست‌آمده نشان‌داد جهت غالب شکستگی‌ها و گسل‌های منطقه با روند شمال غرب - جنوب شرق، از امتداد تاقدیس خويز پیروی می‌کند.

Xue Li et al, 2013 با استفاده از ادغام منابع مختلف از داده‌های سنجش از دور به ارائه روشی، برای تفسیر گسل‌ها پرداخته است. در این مطالعه، به‌منظور تفسیر گسل‌ها تلفیقی از داده‌های مختلف؛ شامل تصاویر ماهواره ای ETM+ و SPOT5 و داده‌های ارتفاعی رقومی (DEM) استفاده شده است.

مهدیان بروجنی و همکاران (۱۳۹۴)، براساس کاربرد محاسبه دمای سطح زمین در شناسایی موقعیت گسل با پردازش تصاویر ماهواره‌ای، با استفاده از روش پنجره تکی به محاسبه دمای سطحی زمین محدودده از شهرستان تبریز اقدام کرده سپس با رسم پروفیل‌های عرضی، محل عبور خط گسل را مشخص و در نهایت اقدام به شناسایی گسل شمال تبریز کرده‌اند.

علوی پناه و قربانی (۱۳۸۶)، با مروری بر کاربردهای سنجش از دور به ویژه سنجش از دور حرارتی، در مطالعات مربوط به زلزله، چگونگی واکنش سازندهای زمین‌شناسی منطقه بم در مقابل امواج زلزله، شواهد ژئومورفولوژیکی، فعالیت‌های تکتونیک منطقه در طول کواترنر، مشخصات هندسی گسل‌بم و آثار آن برچشم‌انداز ژئومورفولوژیکی منطقه را مورد مطالعه قرار داده‌اند (مهدیان بروجنی و همکاران، ۱۳۹۴).

ما نیز در پژوهش حاضر، مطالعات و بررسی‌های خود را بر اساس اهداف زیر در میدان نفتی سیاه‌مکان در ناحیه زاگرس، جنوب غرب ایران، تبیین کرده‌ایم:

۱- شناسایی و تحلیل هندسی خطواره‌های ساختاری (شکستگی‌ها و گسل‌های سطحی) با تلفیق داده‌های زمین‌شناسی و تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸، ۲- ارتباط توزیع شکستگی‌های سطحی با الگوی توزیع دمای

می‌رود (Alavi, 2004)، (شکل ۱). در بررسی زمین‌ریخت‌شناسی زاگرس، از شمال خاور به جنوب‌باختر، این پهنه شامل زاگرس مرتفع (زاگرس داخلی یا رورانده)، زاگرس چین‌خورده (بیرونی) و دشت خوزستان است (Stocklin, 1968).

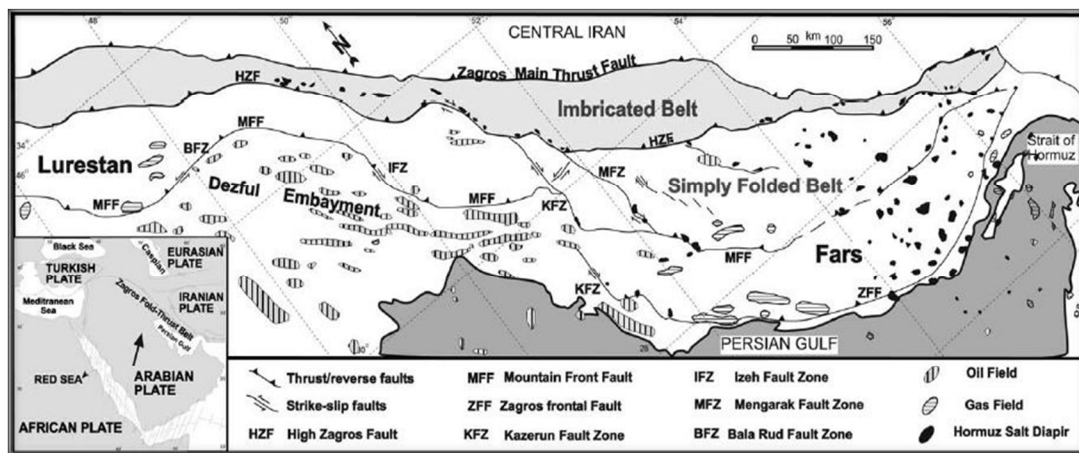
میدان نفتی سیاه‌مکان، به شکل تاقدیس نامتقارن در جنوب میدان نفتی بی‌بی‌حکیمه قرار دارد. این میدان، تقریباً در مرکز و متمایل به جنوب فرو افتادگی دزفول جنوبی قرار داشته و به‌وسیله میادین بی‌بی‌حکیمه، کیلورکریم، بینک و رگ‌سفید محاط می‌شود (سراج، ۱۳۸۷) (شکل ۲). رخنمون سطحی این میدان، یک تاقدیس از سازندهای آجاجاری و بختیاری است. این میدان، در افق آسماری دارای طول متوسط ۱۲ کیلومتر و عرض متوسط ۳ کیلومتر است (سراج، ۱۳۸۷)، (میرلوی موسوی<sup>۱</sup>، ۱۳۹۶). دو گسل تراستی در دماغه شمال غربی این میدان با روند شمال‌غرب - جنوب شرقی تا شرقی - غربی قرار می‌گیرد (سراج، ۱۳۸۷)، (میرلوی موسوی، ۱۳۹۶).

سطحی در این میدان نفتی ۳- بررسی موقعیت چاه‌های استخراجی با الگوی توزیع چگالی خطواره‌های ساختاری میدان.

## ۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- زمین‌شناسی و چینه‌شناسی زاگرس و محدوده مورد مطالعه (میدان نفتی سیاه‌مکان)

کمر بند کوه‌زایی زاگرس در ایران، تقریباً ۱۵۰۰ کیلومتر طول و حدود ۲۵۰ تا ۴۰۰ کیلومتر پهنا دارد و از شرق ترکیه، در محل برخورد آن با گسل‌های شمال و شرق آناتولی، شروع و تا خلیج عمان ادامه یافته و در جنوب شرق به زون فرورانش مکران ختم می‌شود (Tatar et al, 2002). این کمر بند از جمله جوانترین کوه‌زادهای دنیا است که هنوز هم در حال رشد بوده و نرخ هم‌گرایی در آن، بیانگر ادامه فرآیند فعال کوه‌زایی است (زمانی و همکاران، ۱۳۹۴) (شکل ۱). این کمر بند کوه‌زایی، به دلیل داشتن میادین هیدروکربنی عظیم، یکی از غنی‌ترین کمر بندهای نفت خیز جهان به‌شمار



شکل ۱. موقعیت ساختاری کمر بند چین خورده - رانده زاگرس همراه با ساختارهای گسلی مهم منطقه (sepehr & cosgrove, 2004).

۱. میرلوی موسوی، میرحامد، ۱۳۹۶. تفسیر هندسی گسل‌ها و شکستگی‌های سطحی میادین نفتی بی‌بی‌حکیمه، سیاه‌مکان و کیلورکریم با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز.



سطح زمین (LST)، از باند ۱۱، سنجنده TIRS (سنجنده مادون قرمز حرارتی) ماهواره لندست ۸ استفاده شده است. در حالت کلی، باند ۱۱ ماهواره لندست ۸ نتایج قابل اعتمادتری نسبت به باند ۱۰ تولید می‌کند (ابراهیمی‌هروی و همکاران، ۱۳۹۵). روش محاسبه در ادامه، شرح داده شده است.

## ۲-۵- روش و مراحل کار

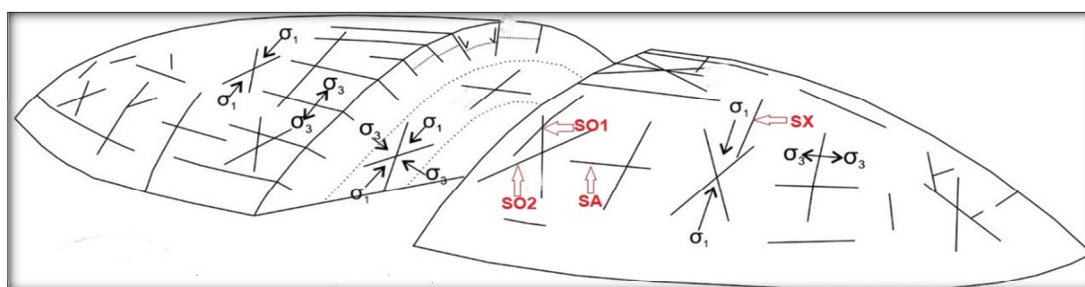
پردازش و بارزسازی تصویر به معنای استفاده از تکنیک‌هایی است که با کمک آن‌ها می‌توان ارزش درجات روشنایی پیکسل‌های تصویر را به گونه‌ای تغییر داد که باعث افزایش مغایرت موجود در تصویر، شده و مفسر بتواند با سهولت بیشتری اطلاعات مورد نیاز خود را از تصویر استخراج کند (طاهرکیا، ۱۳۷۵). در پژوهش حاضر، عمده‌ترین تکنیک‌های پردازش نرم‌افزاری بوسیله ENVI 5.1، در قالب دو بخش صورت گرفته است. بخش اول، شامل پردازش‌هایی است که در نتیجه آن افزایش قدرت طیفی و مکانی تصویر را خواهیم داشت و شامل مراحل زیر است: ۱- تصحیحات هندسی و مکانی بر روی تصویر، ۲- افزایش دید بصری از طریق ایجاد یک تصویر رنگی واحد (RGB) (شکل ۴)، ۳- بهبود کیفیت طیفی با تصحیح اتمسفری (روش FLAASH IMAGE)، ۴- تکنیک ترکیب داده‌ها به منظور افزایش قدرت مکانی کل تصویر (روش SHARP). بخش دوم شامل پردازش‌ها و استفاده از

## شکستگی‌های مورب و برشی (SO1) و (SO2):

شکستگی‌های برشی (SO1) و (SO2) که با زاویه حاده نسبت به محور اصلی چین قرار دارند می‌توانند در یک زمان (به صورت مزدوج) تحت تاثیر تنش مشابه در قالب یک مجموعه، و یا مجزا از هم و تحت تاثیر تنش‌های غیر مشابه تشکیل شده باشند. (میرلوی موسوی، ۱۳۹۶)، (Mobasher, 2007).

## ۲-۴- سنجنش از دور حرارتی و محاسبه دمای سطح زمین (LST)

سنجنش از دور حرارتی امکان بررسی بیلان انرژی در مقیاس جهانی و منطقه‌ای را فراهم می‌کند. استفاده از عامل حرارت در بسیاری از مطالعات علوم زمین ضروری است. طی چند دهه اخیر، مطالعات متعددی درباره ارتباط بین دمای جسم، امواج مادون قرمز حرارتی و عبور این تشعشع‌ها از اتمسفر بعمل آمده است. شواهد نشان می‌دهد که موضوع تشخیص دمای سطح زمین از راه سنجنش از دور، موجب تشویق بسیاری از محققان و کاربرهای داده‌های ماهواره‌ای شده است (خدائی و همکاران، ۱۳۹۶). دمای سطح زمین (LST)، از شاخص‌های اصلی تعادل انرژی کره زمین و تاثیرگذار در حیات انسان‌ها است؛ زیرا تمامی فعالیت‌های بشر، مستقیم و غیره مستقیم به دمای هوا (که متاثر از دمای سطح زمین است) ارتباط دارد (Zhang & Wang, 2006). در این پژوهش، به منظور محاسبه دمای



شکل ۱. نحوه عملکرد محورهای تنش و الگوی شکستگی‌های ایجاد شده، برگرفته و تغییر یافته از Stearns and Friedman, M., 1972

1- Mobasher, K., 2007. Kinematic and Tectonic Significance of the Fold and Fault-Related Fracture Systems in the Zagros Mountains, Southern Iran, Geosciences Dissertations, Department of Geosciences, Georgia State University.

برای از بین بردن نوفه‌های تصویر و یکدست‌سازی آن استفاده می‌شود، فیلترهای بالاگذر که برای افزایش مغایرت و یا برجسته کردن عوارض خطی نظیر راه‌ها و مرزهای آبی - خاکی، خطواره‌ها و غیره استفاده می‌شود، فیلترهای آشکارساز لبه که برای بارزسازی پدیده‌های خطی مانند جاده‌ها، رودخانه‌ها، گسل‌ها، شکستگی‌ها و خطواره‌هایی که در امتداد خاصی قرار دارند و غیره، طراحی شده‌اند. فیلترهای آشکارساز لبه، در زمین‌شناسی ساختاری به‌ویژه برای تشخیص خطواره‌های گسلی بسیار حائز اهمیت هستند.

**جدول ۱.** فاکتور شاخص بهینه محاسبه شده برای ایجاد بهترین ترکیب رنگی (RGB) تصویر ماهواره‌ای محدودی مورد مطالعه.

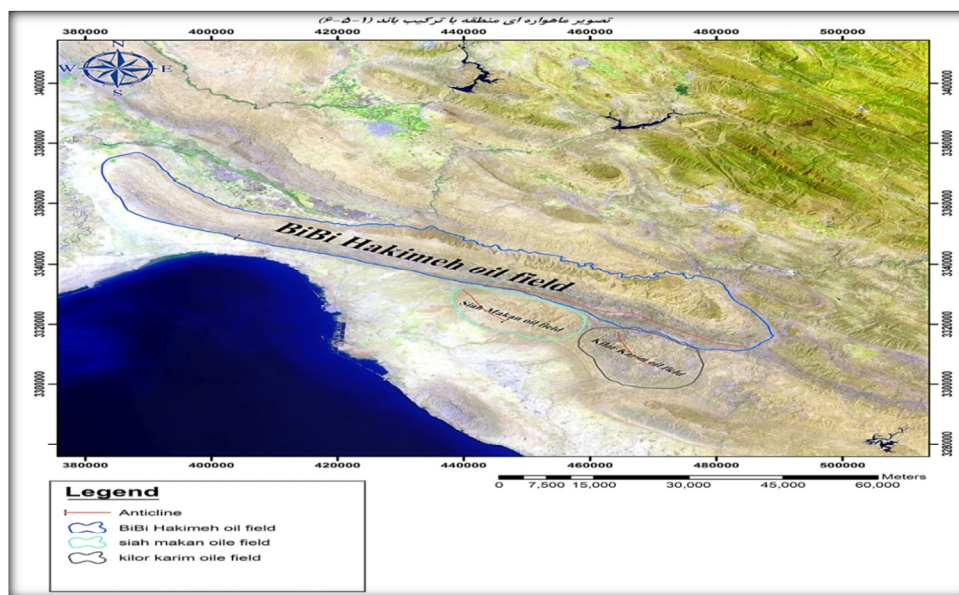
محاسبه شده در نرم افزار Ilwis  
OIF Index High Ranking

Number	B	G	R	RGB (%)
1	B1	B5	B6	89.84
2	B1	B4	B6	85.27
3	B2	B5	B6	85.09
4	B1	B4	B5	84.53
5	B1	B2	B6	81.36

الگوریتم‌هایی است که فیلترگذاری نام دارند و برای بارزسازی آثار گسل خوردگی در تصاویر ماهواره‌ای صورت می‌گیرد که منجر به آماده‌سازی تصویر، برای شناسایی و استخراج خطواره‌های تکتونیکی (گسل‌ها و شکستگی‌ها) می‌شود. در این پژوهش، از دو روش نیمه اتوماتیک و اتوماتیک برای استخراج خطواره‌ها استفاده شده است که مراحل اجرای آن در ادامه شرح داده شده است. به منظور به دست آوردن بهترین ترکیب‌های رنگی، فاکتور شاخص بهینه (OIF) برای تصویر ماهواره‌ای محدوده مورد مطالعه با استفاده از نرم‌افزار ILWIS 3.4 محاسبه شده که نتایج آن در جدول (۱) نمایش داده شده است. با توجه به نتایج به دست آمده، از ترکیب باند ۶-۵-۱ استفاده شده است (شکل ۴).

#### فیلترگذاری مکانی: فیلترها با از بین بردن طیف

معینی از پیکسل‌ها و یا از بین بردن فراوانی برخی پیکسل‌ها، موجب واضح شدن عوارض در تصاویر می‌شوند که معمولاً برای واضح کردن جزئیات مکانی و به منظور تفسیر بهتر داده‌های ماهواره‌ای به کار می‌روند (شهریاری و همکاران، ۱۳۸۶)، و به سه گروه کلی تقسیم شده‌اند (Sabins, 1996): فیلترهای پایین‌گذر که



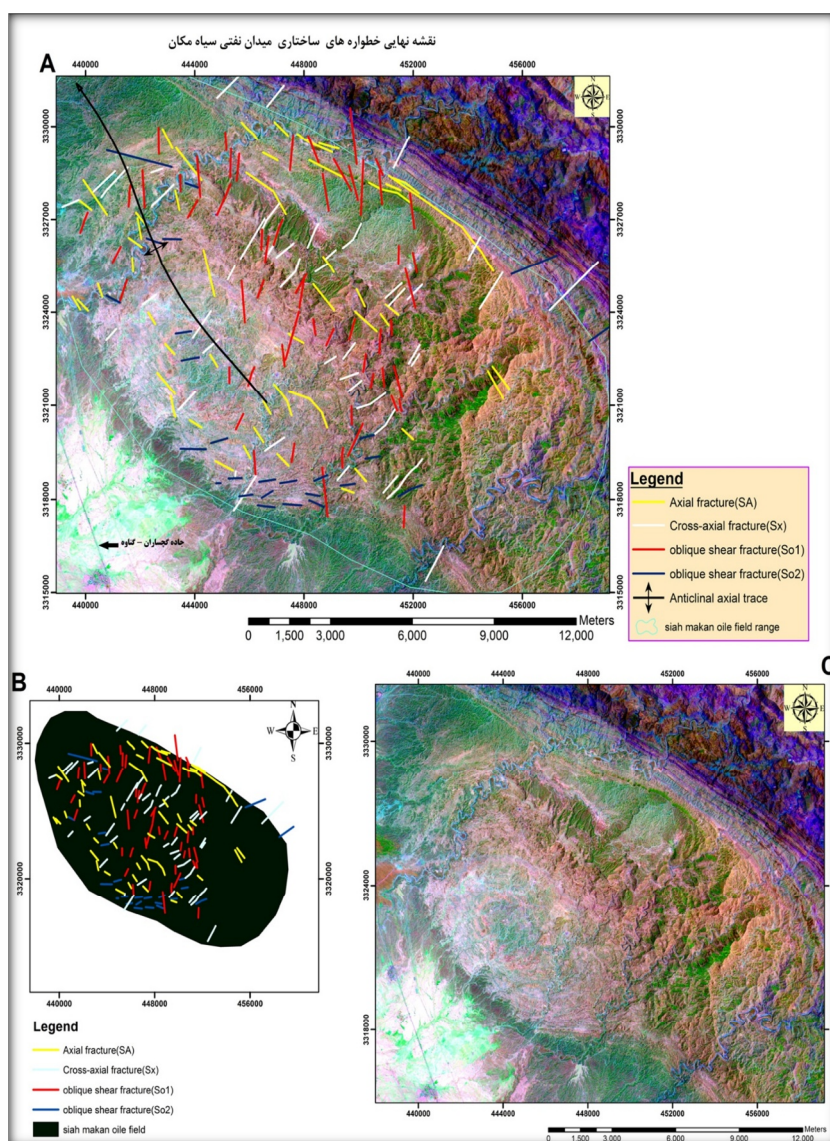
شکل ۴. تصویر رنگی نهایی با ترکیب باندی ۶-۵-۱ (RGB)، ایجاد شده در نرم افزار ENVI. محدوده میدان مورد مطالعه بر روی تصویر مشخص شده است.





جدول ۴. اطلاعات پارامتری استفاده شده در این مطالعه بر اساس روش STA،(sarp,2005):RADI=سایز فیلتر، GTHR=اختلاف طیفی در لبه‌ها، LTHR = حداقل طول خط، FTHR=حداکثر خطای مجاز برای تولید منحنی از خطوط، ATHR=حداکثر زاویه مجاز بین قطعات یک خط، DTHR=حداقل فاصله بین نقاط انتهایی و کانتورها،(میرلوی موسوی،۱۳۹۶).

Parameters	Parameters values
Filter Radius(RADI)	10
Edge Gradient Threshold(GTHR)	50
Curve Length Threshold (LTHR)	30
Line Fitting Error Threshold(FTHR)	3
Angular Difference Threshold (ATHR)	15
Linking Distance Threshold(DTHR)	20

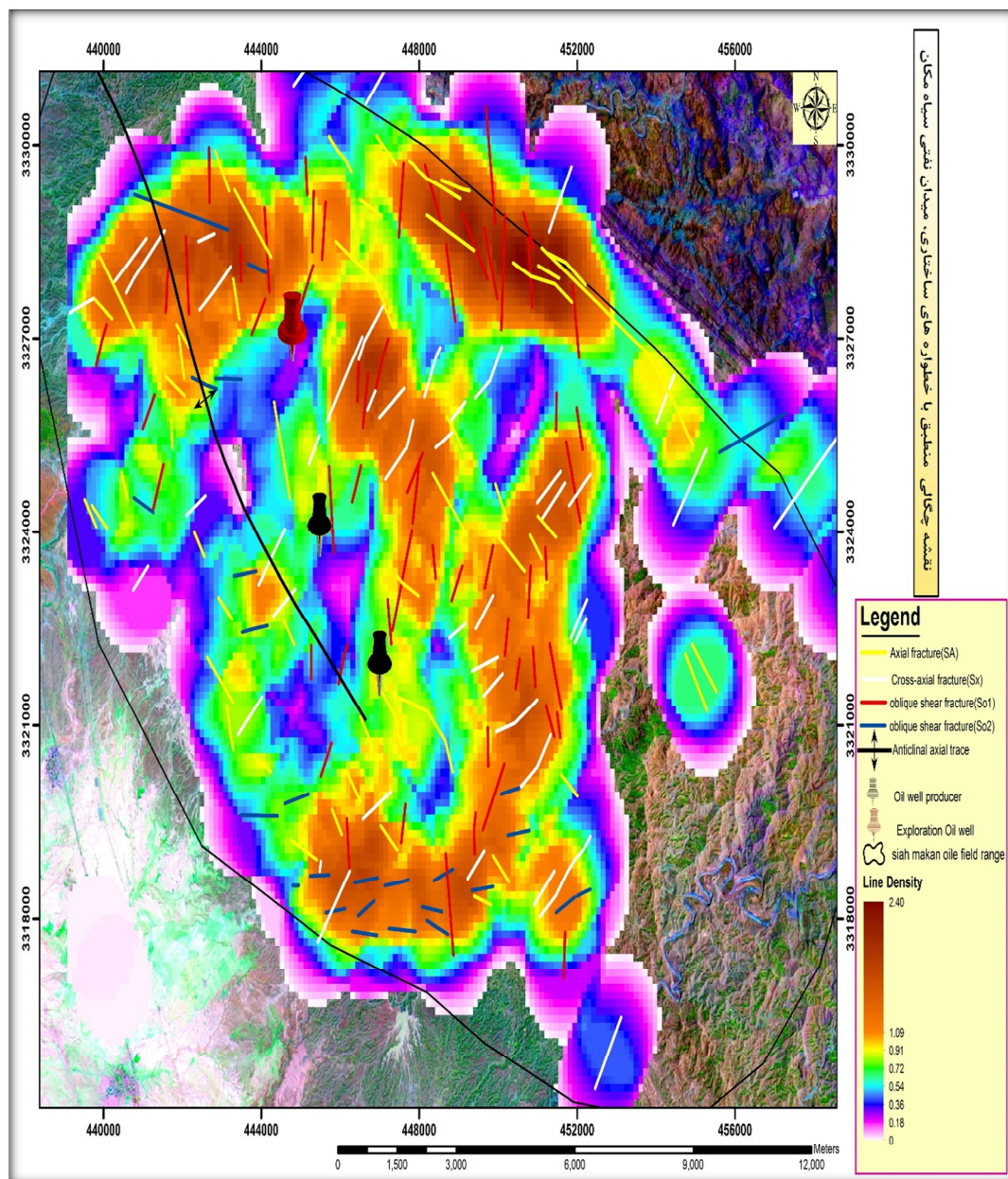


شکل ۵. A) نقشه نهایی خطواره ساختاری بر اساس تلفیق نتایج روش شناسایی اتوماتیک و نیمه اتوماتیک، B) شکستگی‌های ساختاری نهایی میدان، C) تصویر ماهواره‌ای نهایی منطقه، میدان نفتی سیاه‌مکان، طراحی شده با نرم افزار GIS.

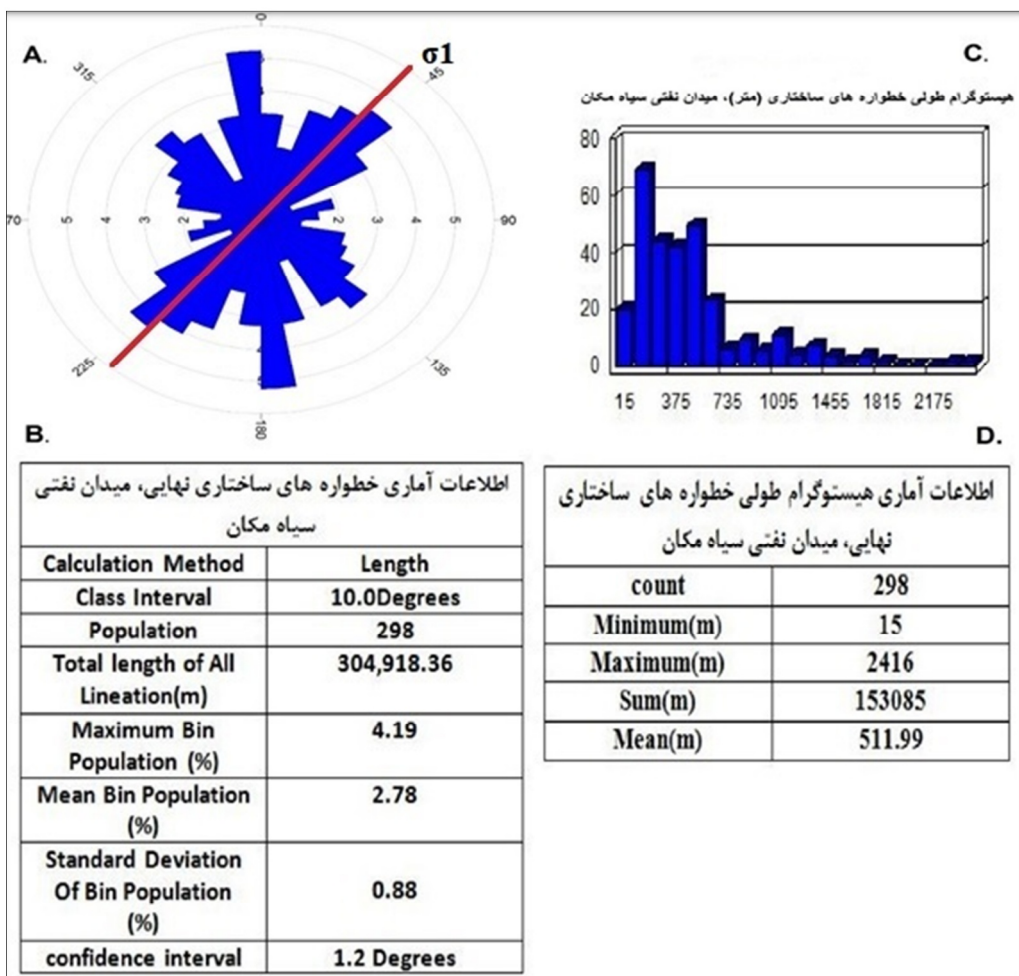


و تحلیل نقشه ساختاری نهایی میدان سیاه مکان، تهیه شده است (شکل ۸). به منظور درک بهتر جهت گیری مکانی خطواره‌های ساختاری تفکیک شده، طرح شماتیکی وضعیت جهت گیری خطواره‌های ساختاری میدان، نسبت به محور چین در قالب شکل (۹) و اطلاعات مربوطه در جدول (۵) تهیه و نمایش داده شده است.

آماری، اطلاعات مربوط به خطواره‌های ساختاری شامل؛ جدول هیستوگرام طولی، نمودار گل سرخی امتداد خطواره‌ها به همراه جدول اطلاعات آماری محاسبه شده برای میدان، در شکل ۷ ارائه شده است. در نهایت، درصد فراوانی هر مجموعه از شکستگی‌های تعیین شده بر اساس روش (Stearn & Friedman 1972) در قالب هیستوگرام دایره‌ای تهیه شده است که در بخش تجزیه



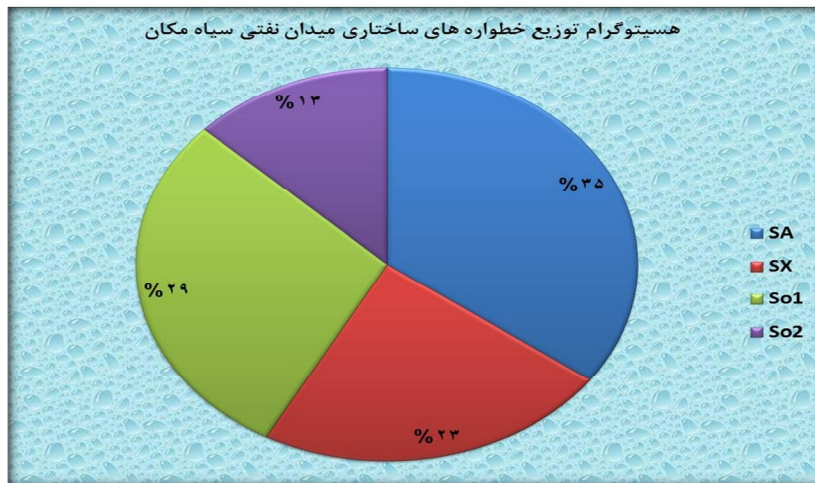
شکل ۶. نقشه چگالی نهایی خطواره‌های ساختاری، میدان نفتی سیاه‌مکان، تهیه شده در نرم افزار GIS.



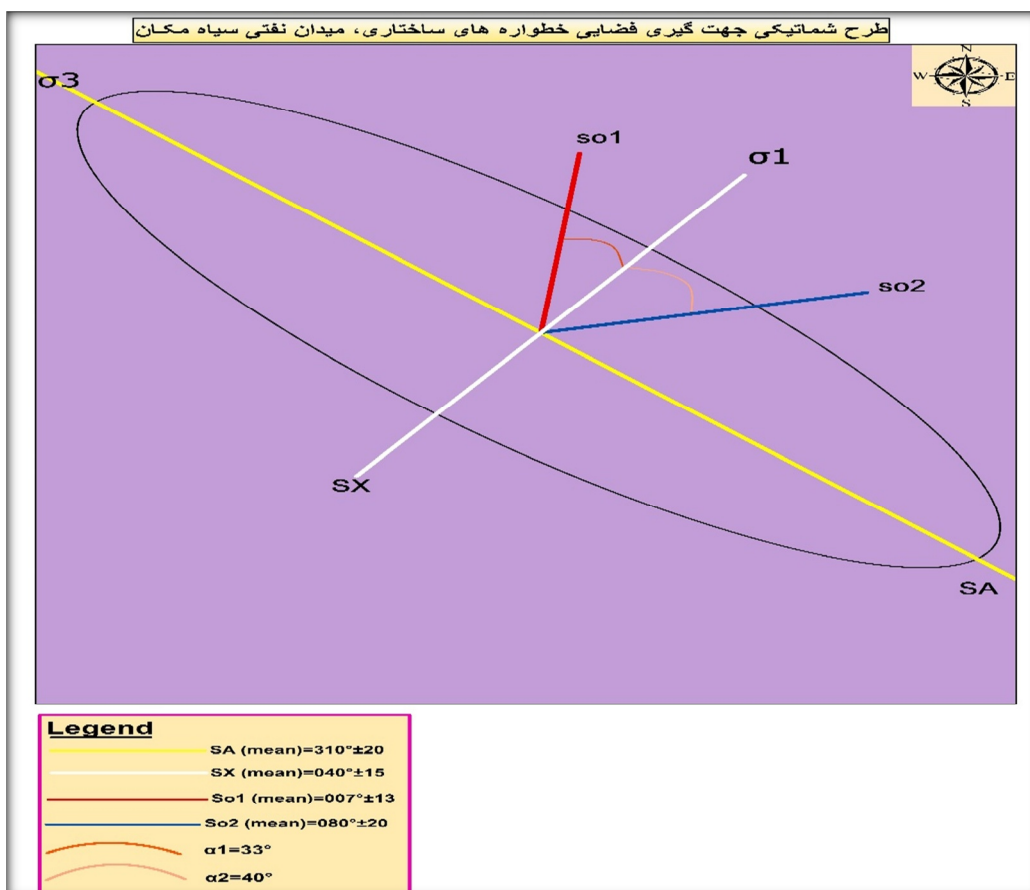
شکل ۷. اطلاعات آماری مربوط به نقشه ساختاری نهایی: A- نمودارهای گل سرخی توزیع فراوانی امتداد خطواره‌ها و سیستم‌های گسلش - شکستگی، خط قرمز محور اصلی فشارش را نشان می‌دهد، B-اطاعات آماری خطواره‌ها، C- هیستوگرام طولی خطواره‌ها، D- اطلاعات آماری هیستوگرام طولی، میدان نفتی سیاه‌مکان محاسبه و تهیه شده در نرم افزار Rockwork.

جدول ۵. محدوده و جهت‌گیری مجموعه شکستگی‌های مرتبط با چین‌خوردگی، میدان نفتی سیاه‌مکان. N: تعداد کل شکستگی‌ها،  $\alpha_1$  و  $\alpha_2$  به ترتیب میانگین زاویه بین مجموعه شکستگی‌های SX با SO1 و SO2.

میدان نفتی	SA	SX	SO1	SO2	$\alpha_1$	$\alpha_2$	N
سیاه‌مکان	Range: 290-330	Range: 025-055	Range: 355-020	Range: 060-100	33	40	298
	Mean: 310±20	Mean: 040±15	Mean: 007±13	Mean: 080±20			



شکل ۸. هستوگرام دایره‌ای مربوط به خطواره‌های ساختاری نهایی میدان نفتی سیاه‌مکان. SA- مجموعه شکستگی‌های موازی سطح محور تاقدیس‌ها، SX- مجموعه شکستگی‌های متقاطع محوری (عمود بر محور)، So1- مجموعه شکستگی‌های برشی. So2- مجموعه شکستگی‌های مورب.



شکل ۹. طرح شماتیکی وضعیت جهت‌گیری ۴ مجموعه شکستگی (محوری SA، متقاطع محوری SX، و دو مجموعه مورب So1 و So2).  $\alpha$  زاویه مابین شکستگی‌های مورب و متقاطع، میدان نفتی سیاه‌مکان.

## ۲-۵-۳- محاسبه دمای سطحی (LST) محدوده

### مورد مطالعه

در این مطالعه، پس از انجام مراحل پردازش تصویر، دمای روشنایی محاسبه و سپس با استفاده از روش دفتر علوم لندست (Feng et al., 2014) دمای سطح زمین به شرح ذیل محاسبه شد.

### الف-دمای روشنایی:

برای محاسبه دمای روشنایی، ابتدا باید داده‌های مادون قرمز حرارتی به رادیانس تبدیل شود، در واقع بعد از انجام کالیبراسیون و پس از استفاده از عکس قانون پلانک (برای تبدیل رادیانس به دمای روشنایی)، لازم است تصحیحات اتمسفری انجام و دمای روشنایی به دمای واقعی تبدیل شود (علوی پناه، ۱۳۸۶). در تبدیل رادیانس طیفی به دمای جسم سیاه از رابطه پلانک استفاده شده که مراحل به شرح ذیل است:

برای ماهواره لندست ۸، تبدیل اعداد رقومی (DN) به رادیانس طیفی با استفاده از رابطه (۱) به دست می‌آید که مقادیر ML و AL از متادیتا تصویر استخراج شده است.

$$L\lambda = ML Qcal + AL \quad \text{رابطه (۱)}$$

$L\lambda = TOA \text{ spectral radiance (Watts/(m}^2 * \text{srad} * \mu\text{m))}$

$ML = (RADIANCE\_MULT\_BAND\_x, \text{ where } x \text{ is the band number})$

$AL = (RADIANCE\_ADD\_BAND\_x, \text{ where } x \text{ is the band number})$

$Qcal = \text{Quantized and calibrated standard product pixel values (DN)}$

دمای روشنایی (Brightness Temperature)، دمای

متناظر با انرژی تابشی دریافتی از سطح یک پدیده

یا شیئی توسط سنجنده است که از حل معکوس

رابطه پلانک، طبق رابطه (۲) به دست می‌آید

(حاجیلو و همکاران، ۱۳۹۳).

$$TB = K2 / \ln\left(\frac{K1}{L\lambda} + 1\right) \quad \text{رابطه (۲)}$$

$L\lambda$ : تابش طیفی،  $\lambda$ : طول موج مرکزی هر بانده،

$K1, K2$ : ضرایب کالیبراسیون (جدول ۶).

جدول ۶: ضرایب کالیبراسیون دمای روشنایی سنجنده

Landsat(OLI)		
K2	K1	ضرایب
۱۲۰/۱/۴	۴۸۰/۴۹	باند ۱۱

برای دستیابی به دمای روشنایی باید مقدار رقومی هر پیکسل به کمک مقادیر کالیبراسیون داده شده به رادیانس تبدیل شود. رابطه بین رادیانس و دمای روشنایی، به وسیله تابع پلانک طبق رابطه (۲) بیان می‌شود (مرادی و همکاران، ۱۳۹۳). مرحله بعد محاسبه گسیلندگی سطحی (توان تشعشعی سطح زمین) (E)، است که برای تبدیل دمای درخشندگی به دمای جنبشی مورد نیاز است، زیرا دمای درخشندگی دمایی است که جسم سیاه به منظور تولید رادیانس معلوم در طول موج معلوم (۱۱/۵ میکرومتر) دارد (شکیبا و همکاران، ۱۳۸۸)، (ابراهیمی هروی و همکاران، ۱۳۹۵). در محدوده حرارتی، بیشتر مواد گسیلندگی بالاتر از ۰/۹ دارند (علوی پناه، ۱۳۹۵).

در حالت کلی دو روش برای محاسبه گسیلندگی وجود دارد: ۱- روش شاخص گیاهی تفاضلی نرمال شده (NDVI)، ۲- روش نقشه کاربری اراضی. در این مطالعه، از شاخص NDVI استفاده شده و در نهایت گسیلندگی از طریق روابط جدول (۷) بدست آمده است (توجه: در این مطالعه با توجه به NDVI محاسبه شده برای منطقه مطالعاتی، گسیلندگی سطحی برابر ۰/۹۷ بدست آمد).

ب: روش دفتر علوم لندست (Feng et al., 2014):

در این روش، دمای سطح زمین، LST، با استفاده از رابطه زیر بدست می‌آید:

رابطه (۳) (ابراهیمی هروی و همکاران، ۱۳۹۵):

$$LST = \frac{T_{sensor}}{1 + \left(\lambda \frac{T_{sensor}}{\rho}\right) \ln(\epsilon)}$$

$$\rho = \frac{hc}{k} = (mK) 1.438$$

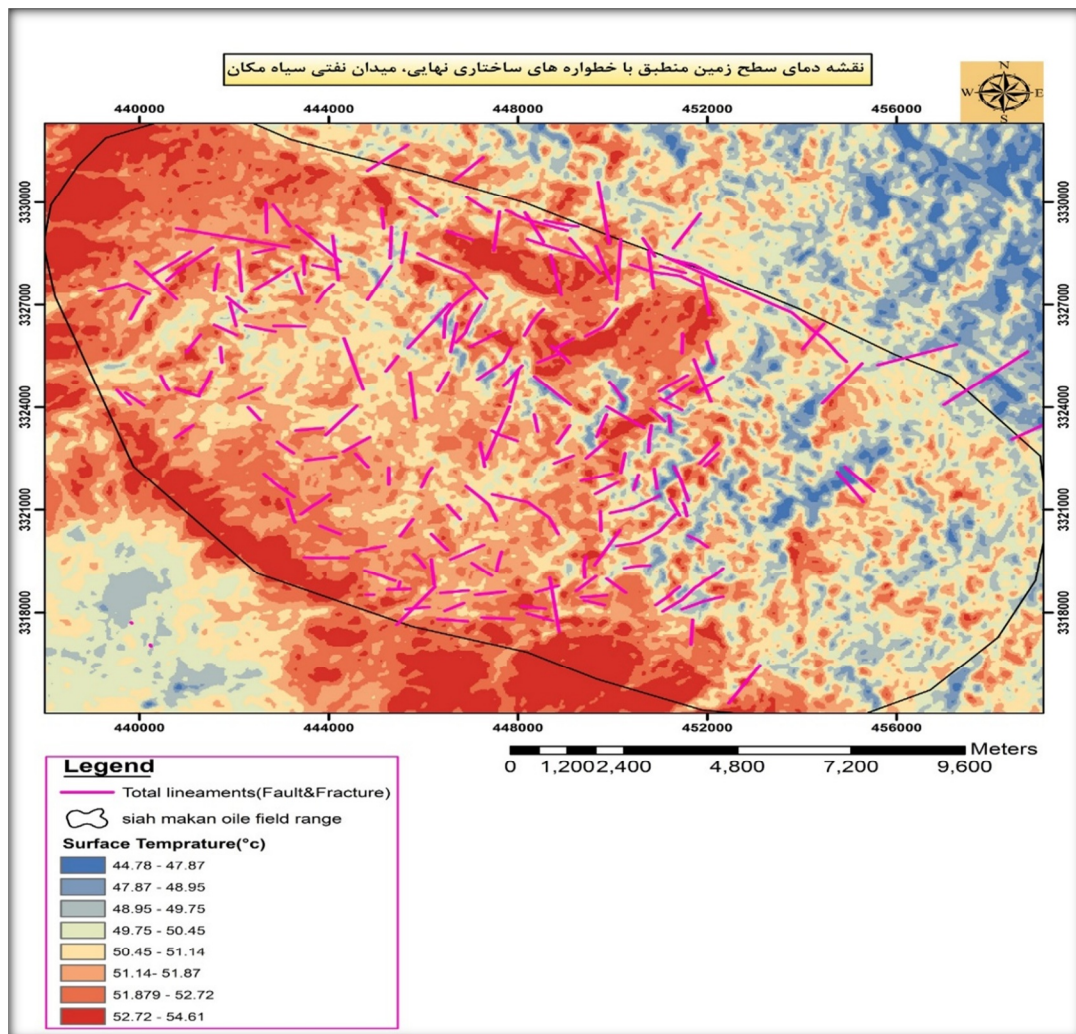


زمین. در ادامه نتایج حاصل از محاسبه دمای سطحی (LST) وارد نرم افزار Arc gis کرده و نقشه الگوی دمای سطح زمین در منطقه مورد مطالعه تهیه شد که نتیجه نهایی در شکل (۱۰) ارائه شده است.

که در این رابطه Tsensor دما در سطح سنجنده (کلوین)،  $\lambda$  طول موج باند مورد نظر (باند ۱۱)،  $(1/5)$  میکرومتر)، h ثابت پلانک  $(1.38 \times 10^{-23})$ ، c سرعت نور  $(2.99 \times 10^8)$ ، k ثابت بولتزمن و  $\epsilon$  گسیلندگی سطح

جدول ۷. روابط گسیلندگی با NDVI. (Liu & Zhang, 2011). (ابراهیمی هروی وهمکارن، ۱۳۹۵).

NDVI	گسیلندگی سطحی زمین ( $\epsilon$ )
$NDVI < -0/185$	0/995
$-0/185 \leq NDVI \leq 0/157$	0/97
$0/157 \leq NDVI \leq 0/727$	$1/0094 + 0/047 \ln(NDVI)$
$0/727 < NDVI$	0/99



شکل ۱۰. نقشه دمای سطح زمین (LST) در محدوده مورد مطالعه منطبق با خطواره های تکتونیکی نهایی شناسایی شده. طراحی شده با نرم افزار Arc .Gis

### ۳- بحث و نتایج

در نقشه ساختاری نهایی میدان نفتی سیاه‌مکان، ۲۹۸ خطواره نهایی با زاویه اطمینان ۱/۲ درجه به‌دست آمد (شکل B-۷)، (زاویه اطمینان، زاویه امتداد خطواره‌های به‌دست آمده در هر راستا نسبت به امتداد کلی آن راستا است). براساس هیستوگرام طولی نهایی حاصل‌شده، محدوده طولی خطواره‌های ساختاری ما، بین ۱۵ متر تا ۲۴۱۶ متر است که در این بین مقدار طولی ۵۱۲ متر از فراوانی بیشتری برخوردار است (شکل D-C-۷). بر اساس نمودار دایره‌ای، درصد فراوانی هر یک از مجموعه شکستگی‌های ساختاری، شکستگی‌های برشی (SO1) و شکستگی‌های موازی سطح محوری (SA)، که به ترتیب دارای روند N-S و NW-SE هستند، از بیشترین درصد برخوردارند (شکل ۸). براساس نقشه چگالی نهایی میدان (شکل ۶)، بیشترین تراکم خطواره‌ها در نواحی میانی متمایل به جنوب شرقی میدان است که به دلیل تراکم درزه‌های کششی در مجاورت محور چین می‌باشد. قسمت‌های شمالی دارای تراکم متوسط به بالا بوده و بخش‌های دامنه‌ای چین در مجاورت خط‌القعر را می‌سازد، نواحی غربی از کمترین تراکم برخوردار است که بخش‌های کم‌درزه‌دار یال چین را تشکیل داده و به دلیل وجود رسوبات آبرفتی کواترنری در این بخش که در مقابل نیروهای تکتونیکی معمولاً حالت شکل‌پذیر نشان می‌دهد دچار شکستگی‌های بسیار کم شده و اغلب شکستگی‌های نیز توسط این رسوبات دفن شده و رخنمون سطحی ندارند بنابراین وجود شکستگی‌های سطحی در این نواحی، محتمل به‌نظر نمی‌رسد. همچنین موقعیت چاه‌های استخراجی با مناطق دارای تراکم متوسط به بالا تطابق خوبی را نشان می‌دهد و محدوده اکتشافی در مناطق دارای تراکم پایین قرار دارد که به منظور بررسی ارتباط خطواره‌های ساختاری با الگوی دمای سطحی، نقشه دمای سطحی منطقه در ۸ رده دمایی (شکل ۱۰) تهیه شده است که بر این

اساس، بالاترین دمای ثبت شده برابر ۵۴/۶۱ درجه سانتی‌گراد و کمترین میزان ثبت شده ۴۴/۷۸ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمده است. بر اساس الگوی بدست آمده، در بخش‌های دامنه و یال‌های چین که از تراکم خطواره‌گی متوسط و متوسط به پایین برخوردارند، دماهای بالاتری ثبت شده است، اما در امتداد محور چین که منطبق با تراکم شکستگی‌های موازی سطح محوری (SA) است، پایین‌ترین دماها ثبت شده‌اند. بر این اساس، به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که خطواره‌های شناسایی‌شده در میدان، با توجه به شکل (۱۰)، از نظر دمایی اغلب در مناطق متوسط و متوسط به پایین قرار گرفته‌اند. معمولاً در مناطقی که شکستگی‌های سطحی وجود دارد، به دلیل حرکت سیالات به قسمت‌های فوقانی نزدیک به سطح، معمولاً دمای ثبت‌شده در این بخش‌ها نسبت به مناطق مجاور کمتر است که با نتایج به‌دست آمده، در این مطالعه مطابقت دارد. علت ثبت دماهای کمتر در بخش شرق - جنوب شرقی میدان، وجود آبراهه (رودخانه فصلی) در این بخش از میدان (موقعیت آن در اشکال ۵ و ۶ مشخص است) است که از ارتفاعات بالادست منشأ گرفته و منجر به سرد و مرطوب بودن سطح زمین در این قسمت میدان، شده است.

### ۴- نتیجه‌گیری

۱- براساس هیستوگرام دایره‌ای شکستگی‌های میدان سیاه‌مکان، میزان شکستگی‌های موازی محور چین خوردگی، یعنی SA بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده و بعد از آن، شکستگی‌های SO1 در جایگاه بعدی قرار دارد. براساس نقشه چگالی، تراکم خطواره‌ها در نواحی میانی متمایل به جنوب شرقی میدان، دارای بیشترین مقدار است که این امر به دلیل تراکم درزه‌های کششی در مجاورت محور چین است که متحمل چین‌خوردگی دوباره نیز شده است. قسمت‌های شمالی نیز، دارای تراکم متوسط به بالا است که بخش‌های دامنه‌ای چین در مجاورت



## ۵- سپاسگزاری

این پژوهش با همکاری شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب و با حمایت دانشگاه تبریز انجام گرفته است که به این نحو از مسئولان مربوطه، تشکر و قدردانی می‌شود. داده‌های استفاده‌شده این پژوهش، شامل تصاویر ماهواره لندست ۸ است که در سایت USGS به صورت رایگان در دسترس است.

## ۶- منابع

ابراهیمی هروری، ب.، کاظم رنگزن، ک.، ریاحی بختیاری، ح.ر. و تقی زاده، ا.، ۱۳۹۵، تعیین مناسب ترین روش استخراج دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره لندست ۸ در کلان شهر کرج، سنجش از دور و GIS ایران، سال هشتم، شماره سوم، صص ۷۶-۵۹.

بهاروند، س.، سوری، س. و قاسمی، م.، ۱۳۹۴، تحلیل گسل‌ها و شکستگی‌های تاق‌دیس نفت خیز خویز با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور، فصلنامه علمی پژوهشی زمین‌شناسی محیط‌زیست، سال نهم، شماره ۳۳، صص ۷۵-۶۳.

حاجیلو، م.، المدرسی، س. ع.، زرنگ، ن. و سرکارگر اردکانی، ع.، ۱۳۹۳، پایش دمای سطح زمین و بررسی رابطه کاربری اراضی با دمای سطح با

استفاده از تصویر سنجنده ETM+ و OLI

(مطالعه موردی: استان قم)، نخستین همایش ملی کاربرد مدل‌های پیشرفته تحلیل فضایی (سنجش از دور و GIS) در آمایش سرزمین، یزد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد،

[https://www.civilica.com/Paper-GISLS01-GISLS01\\_005.html](https://www.civilica.com/Paper-GISLS01-GISLS01_005.html).

خدائی قشلاق، ل.، حجازی، س.ا. و صاحب خیر، س.،

۱۳۹۶، تهیه نقشه LST و برآورد دمای عمق

خاک با استفاده از دمای سطحی (مطالعه

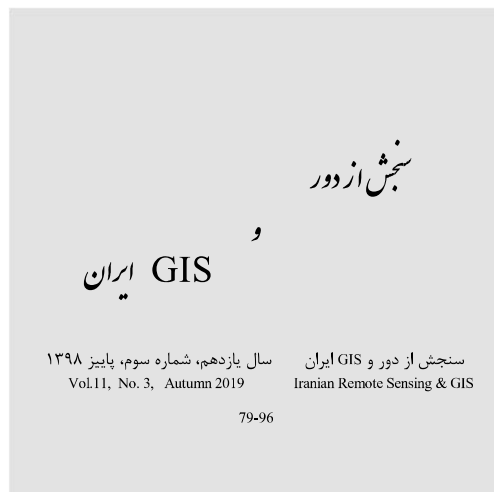
خط‌القعر را می‌سازند و نواحی غربی، از کمترین تراکم برخوردار است که بخش‌های کم‌درزه‌دار یال‌چین را تشکیل داده است که این امر به دلیل وجود رسوبات آبرفتی کواترنری در این بخش است که در مقابل نیروهای تکتونیکی، معمولاً حالت شکل‌پذیر نشان می‌دهد و دچار شکستگی‌های بسیار کم می‌شود. اغلب شکستگی‌های قدیمی نیز توسط این رسوبات دفن شده و رخنمون سطحی ندارند؛ بنابراین وجود شکستگی‌های سطحی در این نواحی محتمل به نظر نمی‌رسد. در این میدان، موقعیت چاه‌های استخراجی با مناطق دارای تراکم متوسط به بالا، تطابق خوبی را نشان می‌دهد و محدوده اکتشافی در مناطق دارای تراکم پایین، قرار دارد.

۲- با توجه به نتایج به دست آمده از انطباق خطواره‌های ساختاری با الگوی دمای سطحی در این میدان نفتی، خطواره‌های شناسایی شده منطبق در نقشه دمای سطحی منطقه، اغلب در مناطق با دمای سطحی متوسط و متوسط به پایین قرار گرفته‌اند. معمولاً به دلیل حضور منابع آب زیرزمینی در نزدیکی سطح و در امتداد خطواره‌های تکتونیکی، این ساختارها بر روی تصاویر ماهواره‌ای سرد و تیره‌تر از اطراف، ثبت و نمایان می‌شوند. این موضوع، با ثبت دماهای کمتر در محدوده‌های دارای تراکم شکستگی بالای به دست آمده در این پژوهش، مطابقت خوبی را نشان می‌دهد.

۳- در بررسی کنترل موقعیت چاه‌های استخراجی در میدان، با بررسی نقشه چگالی ساختاری نهایی در این میدان نفتی، چاه‌های استخراجی در مناطق با تراکم متوسط به بالا قرار گرفته است که این خود نشان از تطابق نتایج حاصل از مطالعات سنجش از دور در این پژوهش با موقعیت چاه‌های استخراجی دارد.

- موردی: شهرستان تبریز)، فصلنامه جغرافیا و مطالعات محیطی، سال ششم، شماره ۲۲، تابستان، صص ۱۴۵-۱۵۳.
- زمانی قره‌چمنی، ب.، کیانی زاده، ن.، و پرهیزکاری، ح.، ۱۳۹۴، تحلیل وضعیت تنش نو زمین‌ساختی کوه‌زاد زاگرس و جدایش رژیم‌های تنش با داده‌های زمین لرزه، مجله علوم زمین، شماره ۹۵، صص ۲۱۹-۲۳۰.
- سراج، محمد.، ۱۳۸۷، تحلیل ساختاری مقدماتی میدادین نفتی مناطق نفت خیز جنوب، گزارش داخلی شماره ۶۳۵۳، ۱۲۴ صفحه.
- شکیبا، ع.، ضیائیان فیروزآبادی، پ.، عاشورلو، د. و نامداری، س.، ۱۳۸۸، تحلیل رابطه کاربری و پوشش اراضی و جزایر حرارتی شهر تهران با استفاده از داده‌های ETM+، سنجش از دور و GIS ایران، سال اول، شماره اول، صص ۵۶-۳۹.
- شهریاری، س.، عزیززاده، م.، شایان، س. و سجادیان، و.، ۱۳۸۶، کارایی مطالعات سنجش از دور در مدل‌سازی مخازن هیدروکربوری گستره جنوب‌باختری ایران: مطالعه موردی از سازند آسماری، فصل‌نامه مدرس علوم انسانی، ویژه نامه جغرافیا. دوره ۱۱، (پیاپی ۵۳)، صص ۲۱۴-۱۸۳.
- طاهرکیا، ح.، ۱۳۷۵، اصول و کاربرد سنجش‌ازدور، چاپ اول، انتشارات جهاد دانشگاهی، دانشگاه تهران.
- علوی پناه، س.ک.، ۱۳۸۵، سنجش از دور حرارتی و کاربرد آن در علوم زمین، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تهران.
- علوی پناه، س.ک.، قربانی، م.ص.، ۱۳۸۶، نقش سنجش از دور و بررسی‌های میدانی در تجزیه و تحلیل‌های مورفوتکتونیکی، مجله پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۰، صص ۳۰-۱۵.
- علی‌پور، ر.، پور کرمانی، م.، زارع، م. و اسپندار، ر.، ۱۳۸۹، استخراج اتوماتیک خطواره‌های مرتبط با زون گسلی جوان اصلی زاگرس در جنوب لرستان و مقایسه آن با برداشت‌های صحرایی، مجله علوم پایه دانشگاه آزاد اسلامی، شماره ۷۷، صص ۱۸۴-۱۷۳.
- مرادی، ف.، مهربان، ر. و سرکارگردکانی، ع.، ۱۳۹۳، پایش دمای سطح زمین (LST) با استفاده از تصویرماهواره MODIS (مطالعه موردی استان تهران)، بیست و یکمین همایش و نمایشگاه ملی ژئوماتیک، سازمان نقشه‌برداری کشور، خرداد ماه ۹۳.
- مه‌دیان بروجنی، م. و رئوفی بروجنی، ا.، ۱۳۹۴، کاربرد محاسبه دمای سطح زمین در شناسایی موقعیت گسل با پردازش تصاویر ماهواره‌ای، نخستین کنفرانس بین‌المللی محیط‌زیست و منابع طبیعی، شیراز، موسسه عالی علوم و فناوری خوارزمی، [https://www.civilica.com/Paper-IJENC01-IJENC01\\_318.html](https://www.civilica.com/Paper-IJENC01-IJENC01_318.html).
- میرلوی موسوی، م.ح.، زمانی قره‌چمنی، ب. و مصباحی، ف.، ۱۳۹۶، بررسی ساختارهای شکنا در میدان نفتی بی‌بی حکیمه با استفاده از تکنیک‌های سنجش‌ازدور و تاثیر تنش نوزمین‌ساختی، دهمین همایش ملی زمین‌شناسی دانشگاه پیام‌نور، تبریز، دانشگاه پیام نور استان آذربایجان شرقی مرکز تبریز، [https://www.civilica.com/Paper-PNUGEO10-PNUGEO10\\_161.html](https://www.civilica.com/Paper-PNUGEO10-PNUGEO10_161.html).
- Alavi, M., 2004, **Regional stratigraphy of the Zagros fold – thrust belt of Iran and its proforeland evolution**, American Journal of Science, v.304, pp.1-20.
- Feng, H., Zhao, X., Chen, F. & Wu, L., 2014, **Using land use change trajectories to quantify the effects of urbanization on urban heat island**, Advances in space Research, 53(3), pp.463-473.
- Kaur, H. & Kaur, L., 2012, **Performance Comparison of Different Feature Detection Methods with Gabor Filter**, International Journal of Science and Research (IJSR).

- Koike, K., Nagano, S. & Ohmi, M., 1995, **Lineament analysis of satellite images using a segment tracing algorithm (STA)**, Computers & Geosciences, 21, pp. 1091-1104.
- Koike, K., Nagano, S. & Kawaba, K., 1998, **Construction and analysis of interpreted fracture planes through combination of satellite-image derived lineaments and digital elevation model data**, Computers & Geosciences, 24, pp. 573-583.
- Li, X., Wang, Q., Chen, Z., Qi, X. & SHAO, Ch., 2013, **A Decision Fusion method to Interpret Faults using Multi-Source Remote Sensing Data**, International Conference on Remote Sensing, Environment and Transportation Engineering, pp. 641-644.
- Liu, L. & Zhang Y.Z., 2011, **Urban heat island analysis using the landsat TM data and ASTER data: A case study in Hong Kong**, Remote Sensing, 3, pp. 1535-1552.
- Masoud, A. & Koike, K., 2006, **Tectonic Architecture through Landsat-7 ETM+/SRTM DEM-derived Lineaments and Relationship to the hydrogeologic setting in Siwa region, NW, Egypt Africa** Earth Sci, 45, pp. 467-477.
- Pollard, D.D. & Aydin, A., 1988, **Progress in Understanding Jointing Over the Past Century**, GSA Bulletin, v.100(8), pp.1181-1204.
- Sabins, F.F., 1996, **Remote Sensing: Principles and Interpretation**, 3d Edition, W.H.Freeman and Company. New York.
- Sarp, G., 2005, **Lineament Analysis From Satellite Images, North-West Of Ankara**, Msc thesis, Middle East Technical University.
- Sepehr, M. & Cosgrove, J.W., 2004, **Structural Framework Of the Zagros Fold-Thrust Belt, Iran**, Marine and Petroleum Geology 21, pp.829-843.
- Stearns, D.W. & Friedman, M., 1972, **Reservoirs in Fractures Rock. The American Association of Petroleum Geologists reprinted from AAPG Memoir 16**, Stratigraphic Oil and Gas Fields, pp.82-106.
- Stocklin, J., 1968, **Structural history and tectonics of Iran: a review**, American Association of Petroleum Geologists Bulletin 52, No.7, pp.1229-1258.
- Tatar, M., Hatzfeld, D., Martinod, J., Walpersdorf, A., Ghafori-Ashtiany, M. & Chery, J., 2002, **The present-day deformation of the central Zagros from GPS measurements**, Geophys. Res. Lett. 29 (19), 1927. doi:10.1029/2002GL015427.
- Zhang, J., Wang, Y. & Li, Y., 2006, **A C++ program for retrieving land surface temperature from the data of Landsat TM/ETM+ band6**, Comp. Geosci., 32, pp.1796-1805.



## Geometric interpretation of Faults and surface fractures of Siyah Makan oil field (Dezful embayment, SW Iran) by Thermal Remote Sensing Techniques

Mirloye Mousavi, M.H.<sup>1\*</sup> and Zamani Gharechamani, B.<sup>2</sup>

1- M.Sc., Department of Earth Sciences, Faculty of Natural Sciences, Tabriz University, Iran  
2- Associate Professor, Department of Earth Sciences, Faculty of Natural Sciences, Tabriz University, Iran

### Abstract

Nowadays remote sensing science is widely used in the earth sciences. One of these branches is the identification, investigation and interpretation of the surface structures of the earth. The study of the fracture systems, the recognition of the geometry and spatial distribution of them, could help to development of the oil fields. In this research, using Landsat 8 satellite imagery data, STA algorithm and remote sensing processing techniques, geometric analysis of the surface structures in the Siyahmakan oil field has been investigated. Then, the ground surface temperature (LST), calculated by Landsat project science office model for the oil field, and finally examined the relationship between the distribution of surface fractures and the surface temperature distribution pattern of the study area. The results show that the parallel axial (SA) and shear fractures (SO1), that have the N-S and NW-SE trend ordinary, have the highest frequency. According to the density map, the density of the lineaments in the mid-zone to the southeast of the field is the highest. Since underground resources are located along the tectonic lineaments near the surface, these structures have seen cooler and darker in the satellite images of the surrounding areas. Structural lineaments have shown conformity with surface temperature map so that lineaments often located in the regions with low to medium and medium – level Temperatures. Therefore low temperatures correspond to the highly fractured areas.

**Keywords:** structural lineaments- Remote sensing- Landsat-Lst- Oil field- siyah makan