



فصلنامه زمین ساخت

بهار ۱۴۰۵، سال هشتم، شماره ۲۹

doi 10.22077/jt.2026.8600.1197

مقاله پژوهشی

ارزیابی الگوی شکستگیها در حریم گسله دهاقان (جنوب باختر اصفهان) با روش های نوین سنجش از دور

ندا جمالی^{*۱}

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی تکتونیک دانشگاه صنعتی شاهرود

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۴/۰۷

چکیده:

در سه دهه اخیر تصاویر رقومی ماهواره‌ای نقش مهمی در علوم زمین، شناسایی ساختار شکستگی‌ها داشته است. مطالعات ما بر اساس مقیاس سانتی متری و منطقه‌ای انجام گرفت. گسله دهاقان با امتداد کلی NW-SE یکی از مهمترین گسل‌های موجود در بخش مرکزی پهنه ساختاری سنندج - سیرجان می‌باشد. بررسی‌های انجام شده بر روی تصاویر ماهواره‌ای، همراه با بازدیدهای صحرایی نشانگر راندگی معکوس با شیب به سمت شمال باختر در طول این پهنه گسلی می‌باشد. بیشترین لایه‌ها در جهت شمال غرب - جنوب شرق است. با ترسیم اثر لایه‌بندی و شکستگی‌های بدست آمده از طول شکستگی‌های ترسیم شده در حریم گسله، گراف‌های آماری مانند رزدیگرام‌ها بکار گرفته شده که نتایج آن عبارت است از: ۱- امتداد غالب لایه‌بندی در جهت شمال غرب - جنوب شرق است. ۲- امتداد لایه‌بندی‌های بدست آمده با امتداد سطوح محوری چین خوردگی منطقه مطابقت دارد. ۳- الگوی شکستگی‌ها بر اساس ارزش طول با جهت شرقی - غربی، شمال غرب - جنوب شرق و شمالی - جنوبی و ۴- الگوی شکستگی‌ها بر اساس ارزش فروانی با جهت شمال غرب - جنوب شرق، شرقی - غربی و شمالی - جنوبی است. ۵- روند شکستگی‌های غالب با جهت‌های شمال غرب - جنوب شرق است. از دیگر بررسی‌های انجام شده وجود آهک‌های کارستی شده و ارتباط مکانی چشمه‌ها با شکستگی‌ها می‌باشد. موقعیت مکانی چشمه‌ها در این منطقه نشان می‌دهد که با گسل‌های منطقه مرتبط هستند.

کلمات کلیدی: گسله دهاقان، شکستگی‌ها، GIS

* ایمیل: n.jamali1984@yahoo.com

تلفن تماس: ۰۹۳۸۸۴۹۰۵۸۴



Research Paper

Evaluating the pattern of fractures in the Dahaghan fault zone (southwest of Isfahan) with modern remote sensing methods

Neda Jamali^{1*}

1. Masters student in tectonic geology of Shahrood University of Technology

Abstract

Evaluating the fracture pattern in the vicinity of the Dahaghan Fault (southwest of Isfahan) using modern remote sensing methods. In the last three decades, digital satellite imagery has played a significant role in earth sciences and the identification of fracture structures. Our investigations were conducted at both centimeter and regional scales. The Dahaghan Fault, with a general NWSE trend, is one of the most important faults in the central part of the SanandajSirjan structural zone. Studies carried out on satellite images, together with field observations, indicate a reverse thrust fault dipping towards the northwest along this fault zone. Most bedding planes are oriented northwestsoutheast. To evaluate the fracture pattern in the vicinity of this fault, by plotting the traces of bedding and fractures derived from the fracture lengths mapped in the fault vicinity, statistical graphs, including rose diagrams, have been utilised. The results are as follows: 1. The dominant strike of bedding is northwestsoutheast. 2. The strike of the bedding planes is consistent with the strike of the axial surfaces of the major folds in the region. 3. The fracture pattern based on length value shows eastwest, northwestsoutheast, and northsouth orientations. 4. The fracture pattern based on frequency value shows northwestsoutheast, eastwest, and northsouth orientations. 5. The majority of fractures have a northwest–southeast strike. The spatial location of springs in this region indicates their association with the local faults.

Keywords: Dahaghan, Fault, fractures, GIS

*Email: n.jamali1984@yahoo.com
Tel: +989388490584

۱- مقدمه

لحاظ تراکم، ارزش فراوانی و ارزش طول در محدوده چند سانتیمتر تا چند متر در آهک‌ها دیده می‌شوند و در شکستگی‌ها قابل اندازه‌گیری می‌باشد.

الگو و هندسه شکستگی‌ها از مهم‌ترین ویژگی‌های ساختاری است که در تعیین امتداد لایه‌بندی و امتداد سطوح چین‌خوردگی مورد توجه قرار می‌گیرد. در این پژوهش سعی شده است تا با انجام مطالعات ساختاری بر روی گسل و شکستگی‌های موجود آمده در سنگ‌های شکناى منطقه، علاوه بر بررسی این ساختارها، درک روند اصلی شکستگی‌های آن‌ها نیز بررسی شود. به علاوه در این پژوهش آهک‌های کرتاسه بالایی که در سرتاسر منطقه گسلی دهقان رخنمون دارند تحت تأثیر شکستگی‌های ناشی از این گسل تا اندازه‌ای کارستی شده‌اند و به علاوه در این مطالعه ارتباط گسل با موقعیت چشمه‌ها مورد بررسی قرار گرفت.

گسله دهقان، گسل پی سنگی و به دلیل دارا بودن اثر شکستگی‌های فراوان دارای اهمیت می‌باشد. لذا با استفاده از تکنیک سنجش از دور می‌توان ایده واقع‌بینانه‌ای از روند غالب اثر شکستگی‌ها و ارتباط آن با امتداد لایه‌بندی و مکان چشمه‌ها در این منطقه به دست آورد. برای شناسایی اثر شکستگی‌ها با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و جمع‌آوری مکان چشمه‌ها با اثر شکستگی‌ها و گسل منطقه از تصاویر ماهواره‌ای و مطالعات میدانی استفاده شده است.

این پژوهش از منظری بسیار گسترده و جامع به ارتباط گسل و چشمه‌ها و تأثیر تکنیک سنجش از دور که بر این حوزه داشته است، می‌پردازد. لازم به ذکر است تاکنون هیچ پژوهش داخلی در این زمینه یافت نشده است و تعداد پژوهش‌های خارجی در این زمینه بسیار محدود هستند.

۲-۱- روش مطالعه

در این تحقیق بررسی‌های ساختاری در دو مرحله صورت پذیرفته است.

- مطالعات صحرایی:

سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) یا سیستم اطلاعات مکانی، به همراه دو فناوری اطلاعات مکانی سنجش از دور و سیستم موقعیت‌یابی جهانی (GPS) تحول شگرفی در جمع‌آوری، ذخیره‌سازی، مدیریت و تحلیل داده‌های مکان‌مند ایجاد نموده‌اند.

شروع کار GIS در سال‌های بین ۱۹۶۰ تا ۱۹۷۰ میلادی در کانادا و توسط تامپلسون می‌باشد و از آن زمان تاکنون به عوامل مختلف از جمله قابلیت‌های این فناوری داشته است. سنجش از دور علم و هنر کسب اطلاعات از عوارض و پدیده‌های سطح زمین به عنوان یکی از مهم‌ترین منابع اخذ و تولید داده‌های مکانی محسوب می‌گردد (ضیائی، ۱۳۹۰).

بررسی‌های ساختاری بر روی ساختارهای تغییر شکل یافته بر روی گسله‌ی دهقان در مطالعات صحرایی و در آزمایشگاه انجام گردید. ساختارها بر اساس مقیاس در محدوده‌های مختلف، مورد مطالعه قرار گرفتند. بر اساس مقیاس، ساختارها می‌توانند در اندازه‌های سانتی‌متری، مژوسکوپی و منطقه‌ای طبقه‌بندی شوند. در این پژوهش ساختارها در اندازه‌های سانتی‌متری و منطقه‌ای مورد بررسی ساختاری قرار گرفتند. این ساختارها در طی اولین فاز تکتونیکي موثر بوجود آمده‌اند و سپس فازهای بعدی باعث نقش بستن الگوهای جدید تغییر شکل (superimpose) بر روی آثار قدیمی شده‌اند. بعضی مواقع آثار تغییر شکل جدید می‌تواند آثار قدیمی را به کلی حذف نماید. مطالعات ساختاری در طی این تحقیق نشان داد که ساختارهای این منطقه چندین رویداد تغییر شکل، شکل‌پذیر، شکنا - شکل‌پذیر، شکنا را در خود حفظ کرده است.

گسل‌ها مهمترین ساختارهایی هستند که در طی تغییر شکل‌های شکنا در سنگ‌های تغییر شکل یافته منطقه گسلی دهقان بوجود آمده‌اند (شکل ۱).

بعد از گسل‌ها، شکستگی‌ها از دیگر ساختارهایی هستند که در این منطقه قابل مشاهده می‌باشند. شکستگی‌های منطقه‌ای، در منطقه‌ی گسلی دهقان از



بررسی بیرون زدگی ها و ساختارها و اندازه گیری های ساختاری، ساختارهای شکنا مثل گسل، اثر شکستگی ها - مطالعات کتابخانه ای و آزمایشگاهی:

شامل آنالیز داده ها، رسم نمودارها، تحلیل آن ها و در نهایت تلفیق و تحلیل اطلاعات بدست آمده و تهیه گزارش نهایی گردید. در این مرحله داده های ساختاری بدست آمده از گسل های منطقه و تراکم شکستگی ها و امتداد، شیب، سمت شیب صفحه گسل، مشخصات اثر شکستگی های صفحه گسل و ساز و کار آن، استفاده از تصاویر رقومی ماهواره ای با روش های نوین سنجش از راه دور، از تصاویر ماهواره ای لندست ۸، SRTM و Google Earth (گوگل ارث) به منظور درک بهتر روند ساختارهای خطی در محدوده پژوهش (اثر شکستگی و راستای لایه بندی) استفاده گردید.

در مطالعه آماری ابزار مورد نیاز کلیه ساختارهای خطی برداشت شده، Polar Plots and Circular Statis- tics در محیط Arc map (آرک مپ) مورد بررسی قرار گرفت.

۱-۳- موقعیت جغرافیای و راه های دسترسی به منطقه

منطقه مورد مطالعه بین $30^{\circ}51'00''$ و $30^{\circ}51'30''$ طول شرقی و $24^{\circ}32'25''$ و $06^{\circ}32'15''$ عرض شمالی قرار دارد (شکل ۱).

در تقسیم بندی زمین ساختی ایران این منطقه در پهنه ی سنندج - سیرجان واقع شده است. اشتوکلین اولین بار سرزمین دگرگونی کوهزائی زاگرس را زون سنندج - سیرجان نامگذاری کرد (Berberian, 1977).

پهنای این زون بین ۱۵۰ تا ۲۵۰ کیلومتر است. سنگ های این زون اغلب سن مزوزئیک دارند و رخمون هایی از سنگ های پالئوزئیک خصوصاً در بخش جنوب غربی این زون دیده می شود (Stocklin, 1986).

زون سنندج - سیرجان از نظر رسوب گذاری و اختصاصات ساختمانی مشابه زون ایران مرکزی می باشد. ولی از نظر روند به صورت نوار طویل دگرگون شده ای در امتداد و به موازات روراندگی زاگرس، از ارومیه و سنندج در شمال غرب تا سیرجان و اسفندقه در جنوب شرق قرار دارد. به همین علت بیشتر مؤلفین این زون را بخش جنوب غربی ایران مرکزی و برخی دیگر آن را بخش شمال شرقی زاگرس در نظر می گیرند.

تیلمن و همکاران سکانس های رسوبی، ناپیوستگی ترشیری و مزوزئیک و ساختارهای کوه های سنندج - سیرجان را مشابه ایران مرکزی و متفاوت با زاگرس معرفی نموده اند (Tilman et al, 1981).

از طرف دیگر سازندهای دوران سوم این زون را با ایران مرکزی متفاوت می دانند. علت این موضوع تأثیر چین خوردگی زاگرس بر روی واحدهای قدیمی تر و حوضه رسوبی می باشد.

علوی یکی از مؤلفینی است که زون سنندج - سیرجان را در بخش شمال شرقی کوهزاد زاگرس در نظر می گیرد. به عقیده او کمربند کوهزایی زاگرس به صورت سه منطقه با راستای شمال غرب - جنوب شرق می باشد. این مناطق شامل کمربند ماگمایی ارومیه - دختر، منطقه سنندج - سیرجان و کمربند چین خورده زاگرس می باشند (هوشمندزاده و سهیلی، ۱۳۶۹). این زون جزء ناآرام ترین و به عبارتی فعال ترین زون ساختمانی ایران به شمار می رود و تا سنوزوئیک فازهای دگرگونی و ماگماتیسم مهمی را پشت سر گذاشته است. زون سنندج - سیرجان از همان اواخر پالئوزئیک پیشین و در تمام پالئوزئیک پسین به جایگاهی تبدیل می شود که در مجموع نشست می کند و از فرونشسته های آواری انباشته می شود. چنین نشستی را که به علت وجود نیروهای کششی و حالت انبساطی به وجود آمده است با نفوذ و خروج ماگمای غالباً بازالتی از نوع قلیایی قاره ای همراه می باشد (Alavi, 1994).

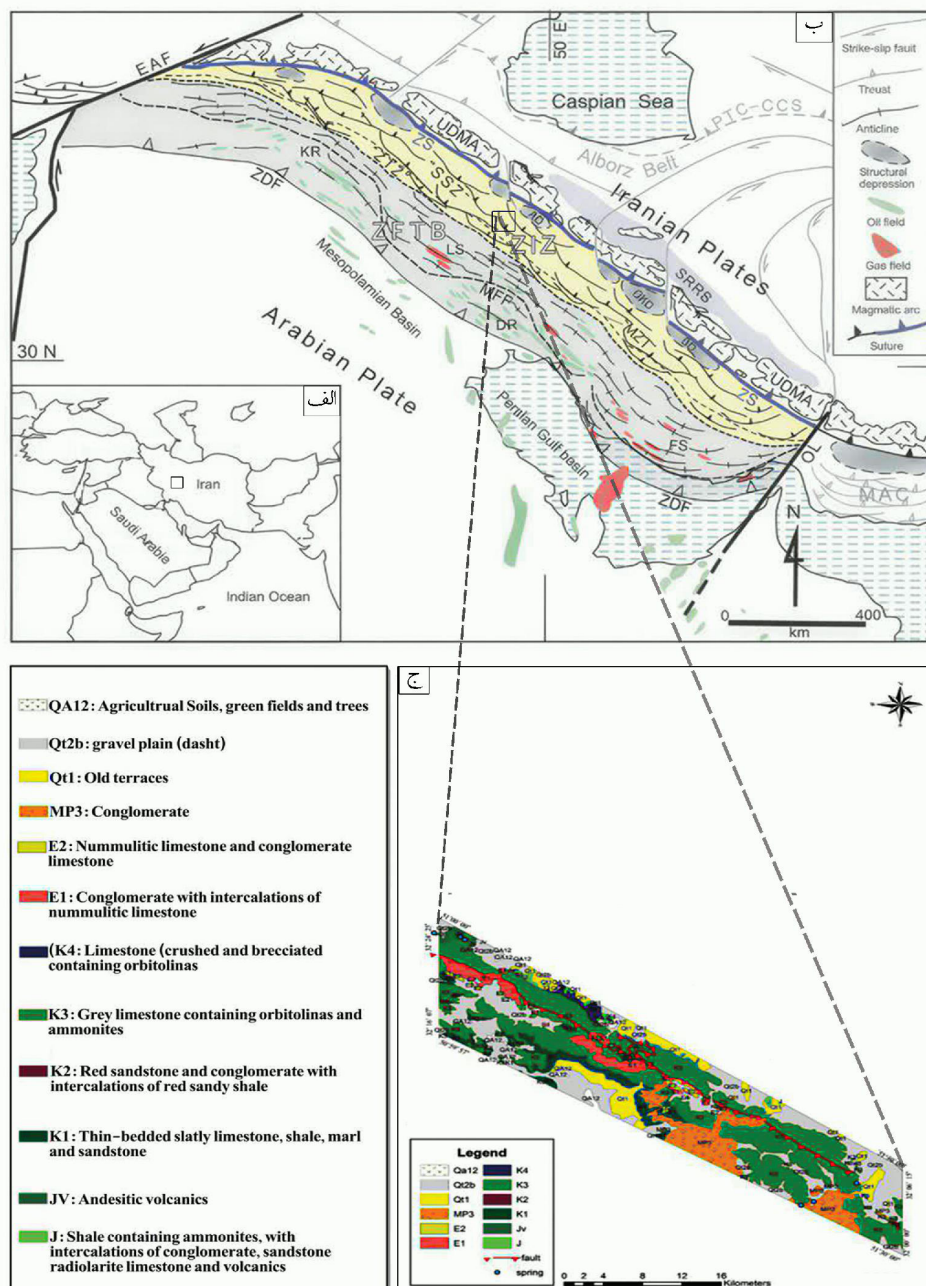
پهنه ساختاری سنندج - سیرجان باریکه ای از جنوب باختری ایران میانی است که در حد فاصل خرد قاره ایران مرکزی کمربند کوهزاد زاگرس قرار گرفته

سپر پرکامبرین ایران و عربستان است. به همین رو ویژگی‌های زمین‌شناختی آن با پهنه‌های مجاور تفاوت آشکاری دارد (آقاباتی، ۱۳۸۳).

با توجه به نقشه‌های زمین‌شناسی منطقه یاد شده، گسل دهقان با طول ۲۵ کیلومتر و راستای ۱۲۰-۱۴۵ W از منطقه عبور کرده است (ندیمی، ۲۰۱۲).

است به گونه‌ای که بسیاری بر این باورند که پهنه زمین درز بین خرد قاره ایران مرکزی و صفحه عربی در این پهنه قرار گرفته است (Stocklin, ۱۹۸۶, Ber-berian, 1976).

ویژگی‌های سنگی و ساختاری سندج - سیرجان معروف یک گودی ژرف و یا کافت میان بلوکی در



شکل ۱.۱، الف، ب موقعیت منطقه مورد مطالعه (برگرفته از علوی، ۲۰۰۷) ج نقشه زمین‌شناسی ترسیم شده در محیط نرم‌افزار Arc 10.3 GIS (برگرفته از نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ ریزلنجان، زاهدی، ۱۳۵۴)



۱-۴- زمین شناسی منطقه

به نظر می رسد قدیمی ترین عامل دگرشکلی مؤثر در منطقه، وابسته به فعالیت های زمین ساختی مرتبط با آغاز برخورد قاره ای صفحه عربی به خرده ورق ایران مرکزی بوده باشد. مشاهده گسل راندگی دهاقان و زمین ریخت های فعال در بخش جنوب باختری این گسل در منطقه مورد مطالعه، شناسایی روند مؤثر دگرشکلی و ساز و کار زمین ساخت در منطقه را مورد توجه قرار داده است. مهمترین گسل ها با روند شمال باختری - جنوب خاوری (NW-SE) (روند زاگرسی) را تأیید می کند.

یکی از مهمترین گسل هایی که در این منطقه ایجاد شده است، گسله دهاقان می باشد که به صورت مرز واحدهای سنگی و رسوبات جدید (کواترنری)، در نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ اریز لنجان نشان داده شده است (شکل ۱).

گسل های اصلی با روند NW-SE در بخش مرکزی سنندج - سیرجان موازی با گسل جوان اصلی زاگرس است (Nadimi et al, 2012).

در روند جنوب باختر به شمال خاور این مجموعه

گسلی به ترتیب عبارتند از: گسل دهاقان، گسل شهرضا، گسل دالان، گسل خوانسار، گسل زرین شهر، گسل مبارکه، گسل دیزیچه، گسل فولادشهر، گسل رامشه، گسل کلاه قاضی، گسل بهارستان، گسل شمال بهارستان، گسل شازند، گسل کوه صالح، گسل دهق، گسل مورچه خورت، گسل میمه، گسل سُه، گسل کلهرود و گسل محلات (شکل ۲ و جدول ۱).

طول خط اثر این مجموعه گسل به بیش از چند صد کیلومتر می رسد (Nadimi et al., 2012).

این گسله ها بطور معمول به چند قطعه کوچکتر تقسیم می شوند. خط اثر این قطعات گسلی به طور غالب بصورت منحنی است، که شیب صفحه گسلی آن ها به سمت جنوب باختر بوده که در این رده گسله های دهاقان، خوانسار، رامشه، شازند و محلات قرار می گیرد.

بعلاوه گسله های با سمت شیب شمال خاور در اینجا عبارتند از: شهرضا، دالان، کلاه قاضی، کوه صالح، دهق، مورچه خورت، میمه، سُه و کلهرود (Nadimi et al., 2010).

جدول ۱. گسل های اصلی بخش مرکزی زون سنندج - سیرجان گسل هایی که با حروف ضخیم نوشته شده اند، برای اولین بار معرفی شده اند (برگرفته شده از ندیمی و کانون، ۲۰۱۲)

نام گسل ها	امتداد/شیب	طول	سطح گسل		سن تغییر جابه جایی سنگ
			روند/میل	جهت شیب / شیب	
دهاقان (DF)	۱۲۰-۱۴۵/۶۰ SW	۲۵۰	۲۲۶-۵۳	۱۵۷-۲۷	نهشته های هولوسن و سنگ های رسوبی ائوسن، کرتاسه
			۲۲۱-۶۰	۱۵۰-۳۰	
			۲۱۸-۵۶	۱۵۷-۳۷	
			۲۱۰-۷۵	۱۴۴-۴۴	
			۲۰۹-۵۶	۱۶۰-۴۶	
			۲۰۸-۶۰	۱۵۶-۴۷	
			۱۹۶-۱۰	۱۳۴-۴۰	
شهرضا (ShF)	۳۲۰/۶۰-۷۰ NE	۱۴۰	۴۸-۶۶	۳۴۶-۴۶	سنگ های رسوبی کرتاسه
			۴۹-۶۲	۳۴۹-۴۲	
			۵۰-۵۴	۳۵۸-۴۲	
			۵۲-۶۵	۳۴۷-۴۳	



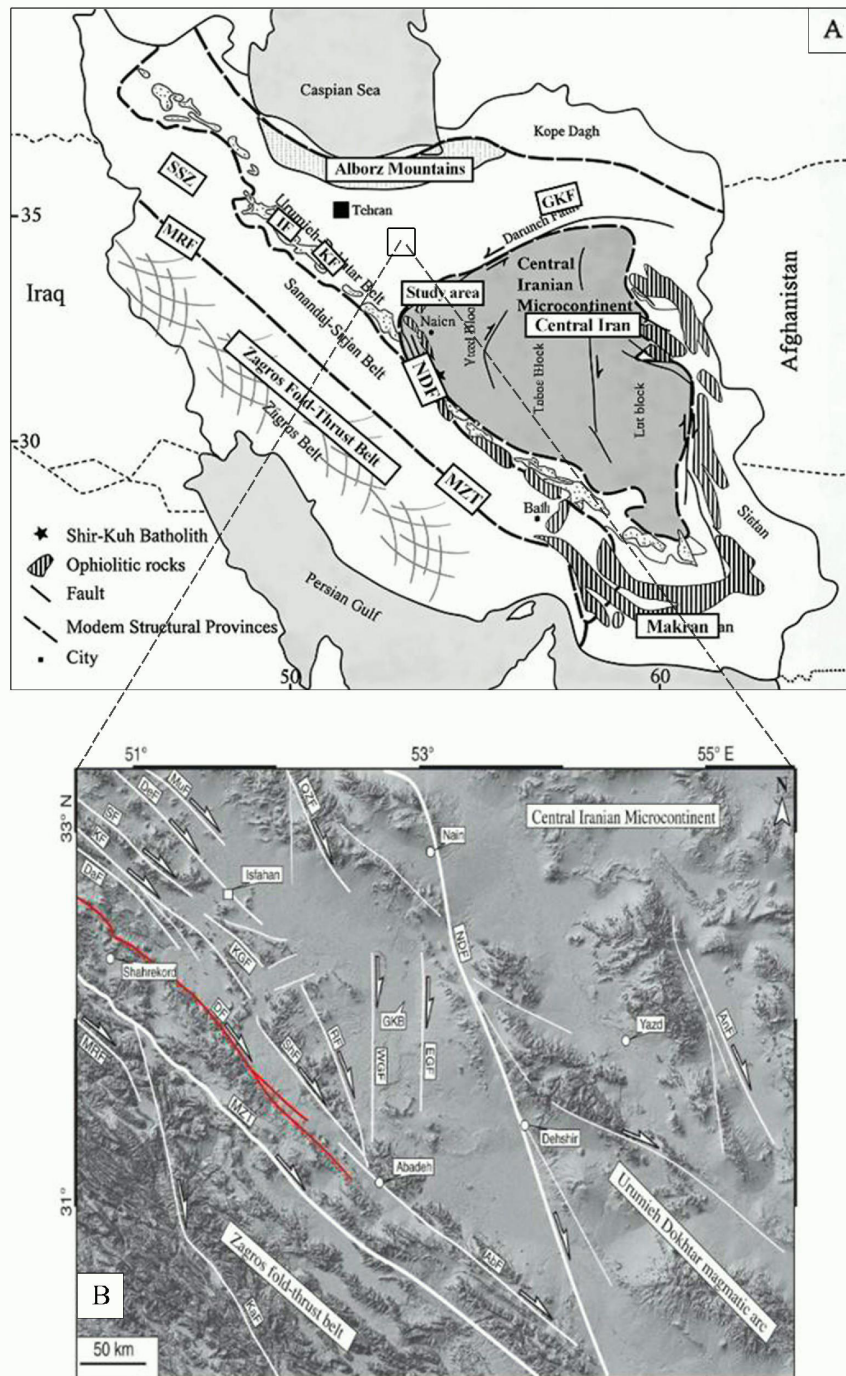
نام گسل‌ها	امتداد/شیب	طول	سطح گسل		سن تغییر جابه‌جایی سنگ
			جهت شیب / شیب	روند/میل	
دالان (DaF)	NE ۶۰-۳۲۰-۲۹۰	۱۸۰	۳۵۴-۵۴	۲۲-۵۸	سنگ‌های رسوبی کرتاسه
			۳۳۰-۷۰	۲۴-۷۸	
			۳۳۶-۵۶	۲۴-۶۵	
			۳۴۳-۵۱	۲۸-۵۸	
			۳۴۷-۵۶	۲۸-۶۵	
			۳۳۸-۵۳	۳۰-۶۵	
			۳۵۴-۵۷	۴۰-۶۶	
			۳۵۹-۴۹	۴۹-۶۲	
خوانسار (KF)	SW ۸۰-۷۰-۱۲۵	۱۴۵	۱۲۴-۵۸	۲۰۳-۸۶	سنگ‌های رسوبی کرتاسه
			۱۴۶-۶۰	۲۱۲-۷۸	
			۱۶۹-۶۴	۲۱۳-۷۲	
			۱۳۸-۶۳	۲۱۵-۸۲	
زرین شهر (ZF)	NE ۸۰-۷۵-۳۳۰/۳۲۵	۵۷	۳۲۲-۳۶	۴۰-۷۳	سنگ‌های رسوبی کرتاسه
			۳۳۶-۴۶	۵۶-۸۰	
			۳۳۸-۳۲	۵۹-۷۷	
			۳۳۳-۳۷	۶۰-۸۵	
مبارکه (MoF)	NE ۷۰-۳۲۵-۳۱۰	۶۰	۳۱۸-۴۴	۳۰-۷۲	سنگ‌های رسوبی کرتاسه
			۳۱۶-۴۰	۳۳-۷۶	
			۳۳۲-۴۶	۳۳-۷۶	
			۳۲۹-۳۸	۴۳-۷۲	
			۳۳۷-۵۶	۵۰-۷۴	
			۳۴۱-۶۰	۵۰-۶۸	
			۳۴۳-۳۲	۵۷-۶۴	
دیزیجه (DiF)	NE ۸۰-۷۵-۳۳۵/۳۱۰	۳۷	۳۳۷-۵۶	۲۸-۷۲	سنگ‌های رسوبی کرتاسه
			۳۴۱-۶۱	۳۳-۷۷	
			۳۴۴-۶۳	۴۷-۷۶	
			۳۴۴-۶۳	۴۸-۷۵	
			۳۵۳-۶۲	۵۰-۷۵	
			۳۴۲-۶۳	۵۵-۸۰	
فولادشهر (FF)	SW ۷۰-۱۴۵/۱۲۰	۷۰	۱۳۵-۵۵	۱۹۶-۷۰	سنگ‌های رسوبی کرتاسه
			۱۴۹-۵۱	۲۲۲-۷۶	
			۱۶۴-۴۹	۲۲۴-۶۶	
			۱۶۴-۵۰	۲۲۵-۷۰	



نام گسل ها	امتداد/شیب	طول	سطح گسل		مکانیسم	سن تغییر جابه جایی سنگ
			روند/میل	جهت شیب / شیب		
رامشه (RF)	SW ۷۰-۶۰/۱۶۰	۱۵۰	۲۳۴-۸۱	۱۶۱-۶۴	معکوس + نرمال	سنگ های رسوبی کرتاسه
			۲۴۰-۷۸	۱۷۰-۵۶		
			۲۴۸-۷۵	۱۷۶-۵۳		
			۲۵۲-۶۵	۱۹۰-۴۹		
کلاه قاضی (KGF)	NE ۳۱۰/۵۰-۳۰۰	۵۰	۲۵-۶۰	۳۴۲-۵۳	معکوس + نرمال	سنگ های رسوبی کرتاسه
			۳۳-۳۳	۳۵۷-۲۷		
			۳۶-۳۸	۳۵۲-۳۰		
بهارستان (BF)	NE ۳۰۰/۴۵-۲۸۰	۳۳	۱۳-۴۶	۳۵۶-۴۳	معکوس + نرمال	سنگ های رسوبی کرتاسه
			۱۳-۴۹	۳۵۴-۴۷		
			۱۹-۴۲	۳۵۸-۳۹		
			۱۹-۵۵	۳۵۰-۵۲		
شمال بهارستان (NBF)	SW ۷۵-۶۰/۱۱۵-۰۹۵	۴۵	۲۰۰-۷۵	۱۱۸-۲۸	نرمال + معکوس	سنگ های رسوبی کرتاسه
			۲۱۰-۷۹	۱۲۲-۱۰		
			۲۰۰-۶۸	۱۱۸-۲۴		
			۱۸۶-۶۰	۱۰۹-۲۲		
شازند (SF)	SW ۵۰/۱۳۰	۲۲۰	۱۹۶-۶۰	۱۴۷-۵۰	معکوس + نرمال	سنگ های رسوبی اتوسن و کرتاسه
			۲۰۷-۴۶	۱۷۰-۴۰		
			۲۰۹-۵۶	۱۶۸-۵۰		
			۲۱۷-۴۴	۱۷۶-۳۵		
			۲۱۷-۵۶	۱۷۰-۴۶		
			۲۲۰-۳۸	۱۷۸-۳۰		
			۲۲۰-۴۴	۱۷۶-۳۶		
کوه صالح (KSF)	NE ۷۵-۶۰/۳۱۵-۳۰۰	۹۰	۳۰-۶۰	۳۴۰-۴۶	نرمال + معکوس	سنگ های رسوبی کرتاسه
			۴۰-۷۰	۳۲۴-۳۶		
			۳۶-۷۲	۳۲۶-۴۸		
دهق (DeF)	NE ۷۰-۶۰/۳۲۰-۲۹۰	۲۰۰	۲۴-۷۴	۳۲۴-۶۱	معکوس + نرمال	سنگ های رسوبی کرتاسه
			۳۰-۶۰	۳۴۵-۵۱		



نام گسل‌ها	امتداد/شیب	طول	سطح گسل		مکانیسم	سن تغییر جابه‌جایی سنگ
			روند/میل	جهت شیب/شیب		
			۳۳-۶۸	۳۳۹-۵۶		
			۳۵-۶۴	۳۴۵-۵۰		
			۳۵-۵۶	۳۴۸-۴۶		
			۴۰-۵۷	۳۵۰-۴۶		
			۴۸-۵۷	۳۴۹-۴۰		
مورچه خورت (MuF)	۳۰۵-۳۱۵/۶۰-۷۵ NE	۱۱۰	۳۳-۷۵	۳۳۵-۶۳	معکوس+نرمال	سنگ‌های رسوبی کرتاسه
میمه (MeF)	۳۰۰-۳۳۰/۷۰-۸۰ NE	۱۴۰	۳۸-۷۲	۳۴۰-۵۸	معکوس+نرمال	سنگ‌های رسوبی کرتاسه
			۳۹-۶۱	۳۴۹-۵۰		
			۳۹-۶۱	۳۴۵-۵۳		
			۳۸-۸۲	۳۳۱-۷۰		
			۳۸-۷۰	۳۴۴-۵۷		
سُه (SOF)	۳۰۰-۳۱۰/۴۰ NE	۶۰	۴۳-۷۷	۳۴۶-۶۶	معکوس+نرمال	نهشته‌های هولوسن و سنگ‌های آتشفشانی
			۴۶-۷۶	۳۴۶-۶۵		
			۲۸-۷۶	۳۱۵-۶۲		
			۲۰-۴۲	۳۴۶-۴۰		
			۲۷-۴۶	۳۴۸-۴۴		
کلهرود (KaF)	۲۹۰-۳۰۰/۵۰ NE	۴۵	۲۹-۳۴	۳۵۰-۳۲	معکوس+نرمال	سنگ‌های رسوبی کرتاسه
			۴۱-۴۰	۳۵۱-۳۶		
			۴۱-۳۰	۱۴-۲۷		
			۲۰-۴۱	۳۵۶-۳۹		
			۲۸-۴۵	۳۵۶-۴۱		
محلات (MF)	۱۰۵-۱۱۰/۶۰-۷۰ SW	۴۰	۳۰-۳۰	۳۵۵-۲۹	نرمال	کنگلومرای پلیوسن و آتشفشانی ائوسن
			۴۲-۲۷	۴-۲۳		
			۴۲-۳۸	۱-۳۵		
			۱۹۵-۶۰	۱۱۳-۱۶		
			۲۰۰-۷۰	۱۱۸-۱۷		
			۲۰۱-۶۶	۱۲۴-۲۸		
			۱۸۹-۵۹	۱۰۹-۱۶		



شکل ۲. آ (A) پهنه‌های ساختاری کوهزاد زاگرس

(B) تصویر سایه روشن مدل ارتفاعی رقومی

(Nadimi et al., 2010) (برگرفته از) SRTM از NASA (DF- (Digital Elevation Model) گسل دهقان داده‌های



اندازه طولی آن‌ها (→ Select .Weight source
(Do Not Weight)

۲-۱-پردازش تصاویر ماهواره‌ای

در اولین قدم ما طی تفسیر تصاویر ماهواره‌ای، ویژگی‌های جهت‌گیری، فواصل و ابعاد عناصر ساختاری مشاهده شده، اندازه‌گیری و استخراج نمودیم. لذا لازم است نقشه‌ها و داده‌های رقومی از نظر هندسی تصحیح شوند. در پژوهش حاضر، جهت پردازش داده‌های ماهواره‌ای، نرم‌افزارهای Arc ، ENVI 5.1 ، GIS 10.3 ، Global Er mapper ، Google Earth ، Polar Plots and Circular Statistics و mapper بکار گرفته شده است.

۲-۱-۱- امتداد لایه‌بندی در منطقه

ما برای به دست آوردن امتداد لایه‌بندی در منطقه مورد پژوهش، ابتدا در نرم‌افزار گوگل ارث با eye alt حدود ۳ کیلومتر اثر شکستگی‌های منطبق بر امتداد حقیقی لایه‌بندی ترسیم کردیم. تمام اثر شکستگی‌های ترسیم شده با فرمت Kmz خروجی گرفته و بعد از آن فایل حاصل توسط نرم‌افزار Global mapper به لایه وکتوری Shape file تبدیل گردید و در ادامه بوسیله Arc map (نقشه ۳-الف) بدست می‌آید. سپس مطابق در محیط Arc map دو رزدياگرام شامل رزدياگرام امتداد لایه‌بندی بر اساس ارزش فراوانی اثر شکستگی‌ها (شکل ۳-ب) و رزدياگرام امتداد لایه‌بندی بر اساس ارزش طول شکستگی‌ها (شکل ۳-پ) ترسیم می‌گردد. نتایج حاصل از این رزدياگرام‌ها نشان می‌دهد که امتداد غالب لایه‌بندی‌ها در منطقه در بازه N40W – N85W است.

قابل توجه اینکه در کل، امتداد لایه‌بندی‌های بدست آمده با امتداد سطوح محوری چین‌خوردگی در منطقه قابل تطابق است. با توجه به اینکه بیشترین سمت لایه‌بندی در گراف نشان می‌دهد، گسترش لایه‌ها در جهت شمال غرب - جنوب شرق است. امتداد سطوح محوری چین‌خوردگی در منطقه قابل تطابق است.

۲- مطالعات ساختاری

امروزه تکنیک‌های مدرن سنجش از دور امکان بررسی شکستگی‌های پوسته را با قدرت تفکیک مکانی بالا در مقیاس منطقه‌ای از طریق تصاویر ماهواره‌ای فراهم ساخته‌اند. بکارگیری تصاویر رقومی ماهواره‌ای و استفاده از روش‌های نوین سنجش از دور در مطالعات زمین‌شناسی می‌تواند باعث کاهش زمان و هزینه‌ها و بالا رفتن دقت نتایج مطالعات شود. ما از تصاویر ماهواره‌ای SRTM، Landsat 8 و Google Earth Imagery استفاده کرده‌ایم که با کمک آن روند ساختارهای خطی (شکستگی‌ها و امتداد لایه‌بندی) در منطقه مورد مطالعه، شناسایی گردید؛ به علاوه مطالعات میدانی، برای تعیین امتداد لایه‌بندی و سطح محوری چین‌خوردگی و ارتباط آن با الگوهای شکستگی‌ها انجام شده است تا روند غالب شکستگی‌ها بهتر درک شود. ما از ابزار مورد نیاز در مطالعه آماری کلیه ساختار اثر شکستگی‌ها برداشت شده از روش سنجش از دور در اینجا، Polar Plots and Circular Statistics (زیر مجموعه نرم‌افزار Arc map در محیط GIS 10) در مجموع بطور خلاصه روش کار با این ابزار عبارت است از:

(۱) کلیه ساختارهای اثر شکستگی‌ها قابل استخراج به وسیله سنجش از دور با تبدیلات مورد نظر به صورت Shape file وارد Arc map گردید.

(۲) اثر شکستگی‌ها که راست خط نیستند را با ابزار Features To Segments به شکستگی‌های راست خط قطعه‌بندی می‌شوند (اثر شکستگی‌های مورب را به شکستگی‌های راست خط تبدیل می‌کند).

(۳) اثر شکستگی‌های راست خط با ابزار Polar Plots and Circular Statistics بصورت رزدياگرام ترسیم می‌شود. این رزدياگرام به دو صورت قابل استخراج است:

الف) بر اساس ارزش طول شکستگی‌ها (Select By Polyline Length → Weight source)

ب) بر اساس ارزش فراوانی شکستگی بدون توجه به



در اینجا تصاویر SRTM با وضوح ۹۰ متر، با نرم افزار ER Mapper به روش زیر به صورت دو بعدی برسته سازی گردید: **Toolbars → Standard → Edit Sun Angle**

Check box of Do sun-shading →

سپس با نرم افزار Arc GIS کلیه روند اثر شکستگی های منطقه ترسیم گردید، تعداد شکستگی ها ۵۶۷ عدد می باشد. نتیجه حاصل از این عمل در (شکل ۳-ب) آورده شده است. رزدياگرام این اثر شکستگی بر اساس ارزش فروانی آنها (Select Weight Do Not Weight → source) در (شکل ۳-پ) نشان داده شده است. نتایج حاصل از این رزدياگرام عبارت است از:

- روند اثر شکستگی ها منطقه (درجه اصلی) در جهت آزیموتی 265-270 درجه جای دارد.

روند اثر شکستگی های منطقه (درجه فرعی ۱) در بازه های:

- N85W – W ، S80W – S85W
- N31W – N45 W و N – N05E قرار دارد.

روند اثر شکستگی های منطقه (درجه فرعی ۲) با روندهای متفاوت در بازه های N81E – N05E ، N85W – N46W ، N – N32W است.

(توجه: در اینجا، درجه فرعی ۱ دارای اهمیت و ارزش بیشتر از درجه فرعی ۲ و ۳ و غیره به ترتیب است).

۴-۲- پردازش شکستگی های استخراج شده در نرم افزار گوگل ارث

برای مطالعه شکستگی ها در این بخش، به ترتیب زیر عمل گردید:

۱) در نرم افزار گوگل ارث با eye alt حدود دو و نیم کیلومتر، اثر شکستگی های قابل مشاهده در منطقه با استفاده از ابزار Add path در قالب یک فولدر برای کل گستره مورد مطالعه ایجاد و ترسیم گردید (برای نمونه به شکل ۴ توجه شود).

با توجه به اینکه بیشترین سمت لایه بندی در گراف نشان می دهد، گسترش لایه ها در جهت شمال غرب - جنوب شرق است.

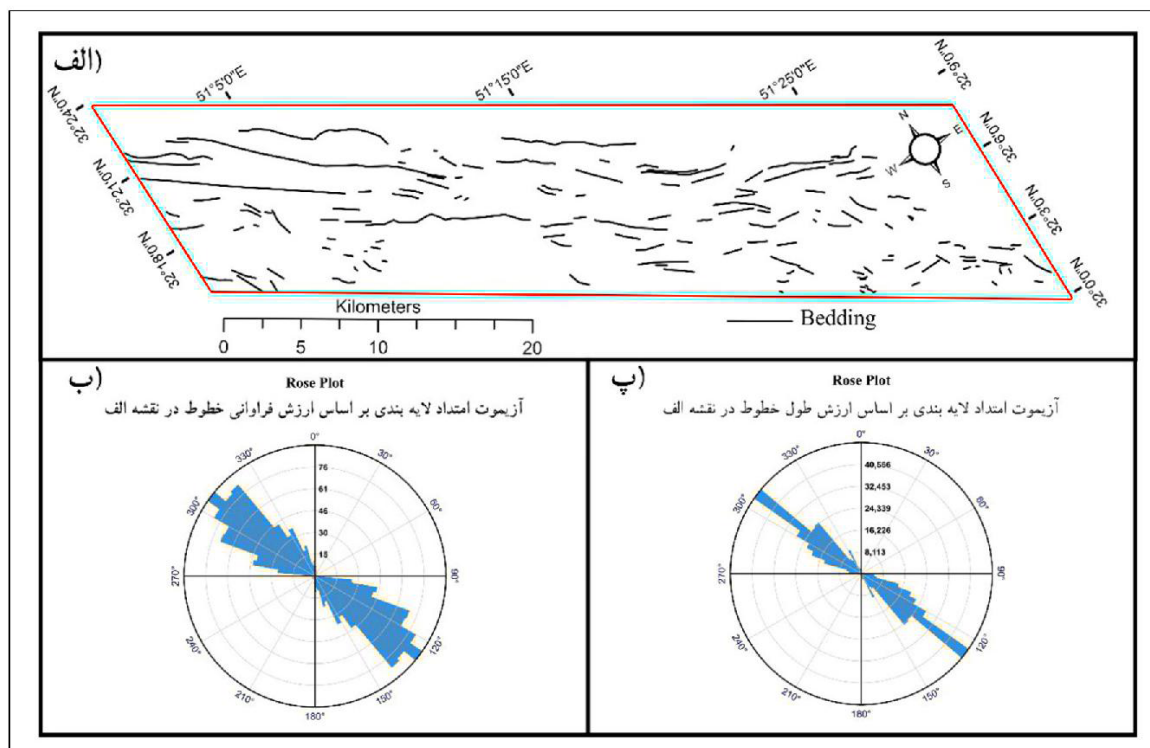
۲-۲- پردازش اثر شکستگی های موجود بر روی تصویر ماهواره ای لندست ۸

در اینجا ابتدا در محیط نرم افزار Arc GIS باندهای ۷ و ۵ و ۲ از تصویر لندست ۸ ترکیب گردید. سپس در نرم افزار Arc map اثر شکستگی ها کلیه (شکستگی های پیمایش شده) از پدیده هایی مانند قطع شدگی امتداد عوارض ساختمانی، کنار هم قرار گرفتن لیتولوژی های متفاوت، گودی هایی که به صورت خطی قرار دارند، الگوی مستقیم رودخانه ها، حالت خطی پوشش گیاهی و تغییر رنگ خاک ها (Kiefer, 2000 & Lillesand) به این ترتیب، پدیده های خطی قرار دارند، به این ترتیب مواد خام برای تهیه لایه شکستگی ها، در تصویر ترکیب شده ترتیب سه باند را در چند مرحله جابه جا نموده (C1, C2 , C3) و کلیه اثر شکستگی های مؤثر در توپوگرافی سطحی، جابه جایی زمین ریخت ها و برش واحدهای زمین شناختی (از دید دانش مورفوتکتونیک) ترسیم گردید که در اینجا تعداد این اثر شکستگی ها ۸۸ عدد می باشد. نتایج حاصل از این عمل در (شکل ۳-الف) آورده شده است.

با توجه به اینکه چند دسته پراکندگی در این نمودار و نقشه که شامل جهات شمال غرب - جنوب شرق، شرقی - غربی و شمالی - جنوبی که غالب ترین و بیشترین پراکندگی شمال غرب - جنوب شرق است. همچنین رزدياگرام این اثر شکستگی ها در (شکل ۳-ب) آورده دیده می شود که نتایج حاصل از آن چنین است:

صد درصد از شکستگی ها در بازه N54W-N60W و ۳۵ درصد در بازه های N39W – ، N07E - N17W ، N60W – S60W ، N57W قرار گرفته اند.

۳-۲- پردازش اثر شکستگی های استخراج شده در نرم افزار گوگل ارث



شکل ۳. الف) نقشه ساده از روند لایه‌بندی (Bedding) استخراج شده در محیط نرم‌افزار آورده شده است. برای توضیحات بیشتر در محیط نرم‌افزار اثر شکستگی‌های قابل مشاهده بر روی تصویر لندست ۸ با ترکیب باندهای ۷ و ۵ و ۲. اطلاعات زلزله از سایت پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی اقتباس شده است. ب) اثر شکستگی‌ها در منطقه بر روی تصویر توپوگرافی رقومی (SRTM) با وضوح ۹۰ متر ترسیم شده است. برای توضیحات بیشتر به متن مراجعه گردد.

درجه اهمیت متوسط بر اساس ارزش طول شکستگی‌ها، در پنج بازه $N30E, E - N85E$ و $N05W - N10W, N - N10E, -N35E$ و $N30W - N34W$ قرار دارد.

- امتداد اثر شکستگی‌های فرعی با توجه به شکل بسیار متنوع است. در این رزیدیاگرام نبود اثر شکستگی در هیچ آزمون‌تی وجود ندارد.

نتایج حاصل از رزیدیاگرام آورده شده در (شکل ۵-ت) عبارت است از:

امتداد اثر شکستگی‌های اصلی در منطقه دارای درجه اهمیت بیشتر بر اساس ارزش طول اثر شکستگی‌ها در پنج بازه $N20W, N30E-N35E, E-N85E$ و $N2, N30W - N50W$ قرار دارد.

- امتداد اثر شکستگی‌های فرعی با توجه به شکل بسیار متنوع است. در این رزیدیاگرام نبود

(۲) فولدر اثر شکستگی‌های ترسیم شده در نرم‌افزار گوگل ارث پس از اتمام کار (به تعداد ۱۴۴۳۲ عدد اثر شکستگی‌ها) با فرمت Kmz خروجی گرفته می‌شود.

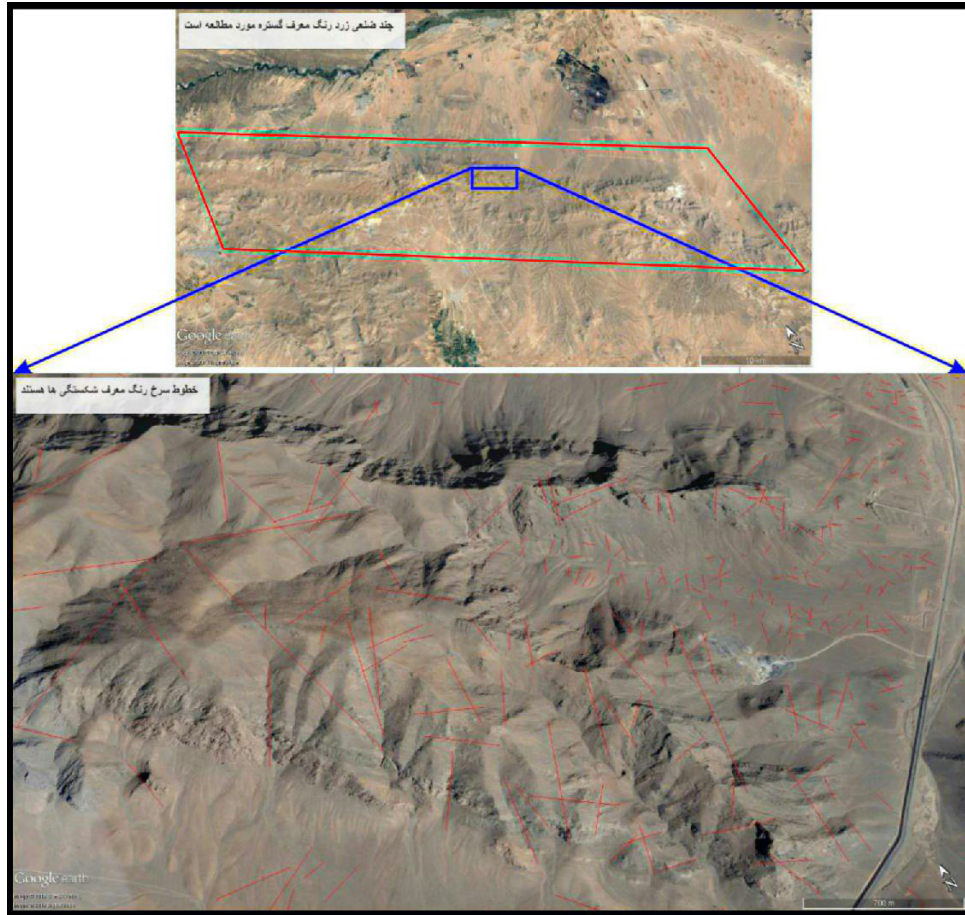
(۳) با استفاده از نرم‌افزار Global Mapper (ب) نرم‌افزار Arc GIS، فایل حاصل از مرحله قبل، با فرمت Shape file از نوع پلی‌لاین، تبدیل یا Con-vert می‌گردد.

(۴) با بهره‌گیری از نرم‌افزار Arc map (شکل ۵-الف) بدست آمد.

نتایج حاصل از رزیدیاگرام در (شکل ۵-پ) نشان داد:

امتداد اثر شکستگی‌های اصلی در منطقه دارای درجه اهمیت بیشتر بر اساس ارزش طول اثر شکستگی‌ها، در دو بازه $N69W$

- $N74W$ و $N40W - N45W$ جای دارد.
- امتداد اثر شکستگی‌های اصلی در منطقه با



شکل ۴. تصویر گوگل ارث به همراه خطوط شکستگی های رسم شده بر روی آن در محیط نرم افزار گوگل ارث بصورت نمونه آورده شده است.

۳- ارتباط بین چشمه ها و عناصر ساختمانی

بر اثر جریان آب زیرزمینی در آبخوان های کارستی، شبکه ای به هم پیوسته از شکاف ها و درزه های توسعه یافته به وجود می آید. از دیدگاه متخصصین کارست برای این قبیل شکاف ها و درزه های توسعه یافته نام های مختلفی از قبیل کانال، درزه های بزرگ و درزه های ثانویه مورد استفاده قرار می گیرند. نقش عوامل ساختمانی تنها به کنترل ناهمواری های کارستی محدود نمی شود، بلکه در واقع در اغلب موارد، کنترل و هدایت آب های زیرزمینی نیز تحت تأثیر مستقیم و یا غیرمستقیم این عوامل قرار دارد. نقش شکستگی ها و گسل ها بر جریان آب زیرزمینی در گستره های کارستی مختلف بسیار پیچیده است. گسل ها ممکن است با افزایش شدت شکستگی در اطراف خود باعث افزایش نفوذپذیری سنگ بستر شوند و به این ترتیب نقش مثبتی را بر روی جریان آب زیرزمینی بگذارند. این شکستگی ها گاهی تا

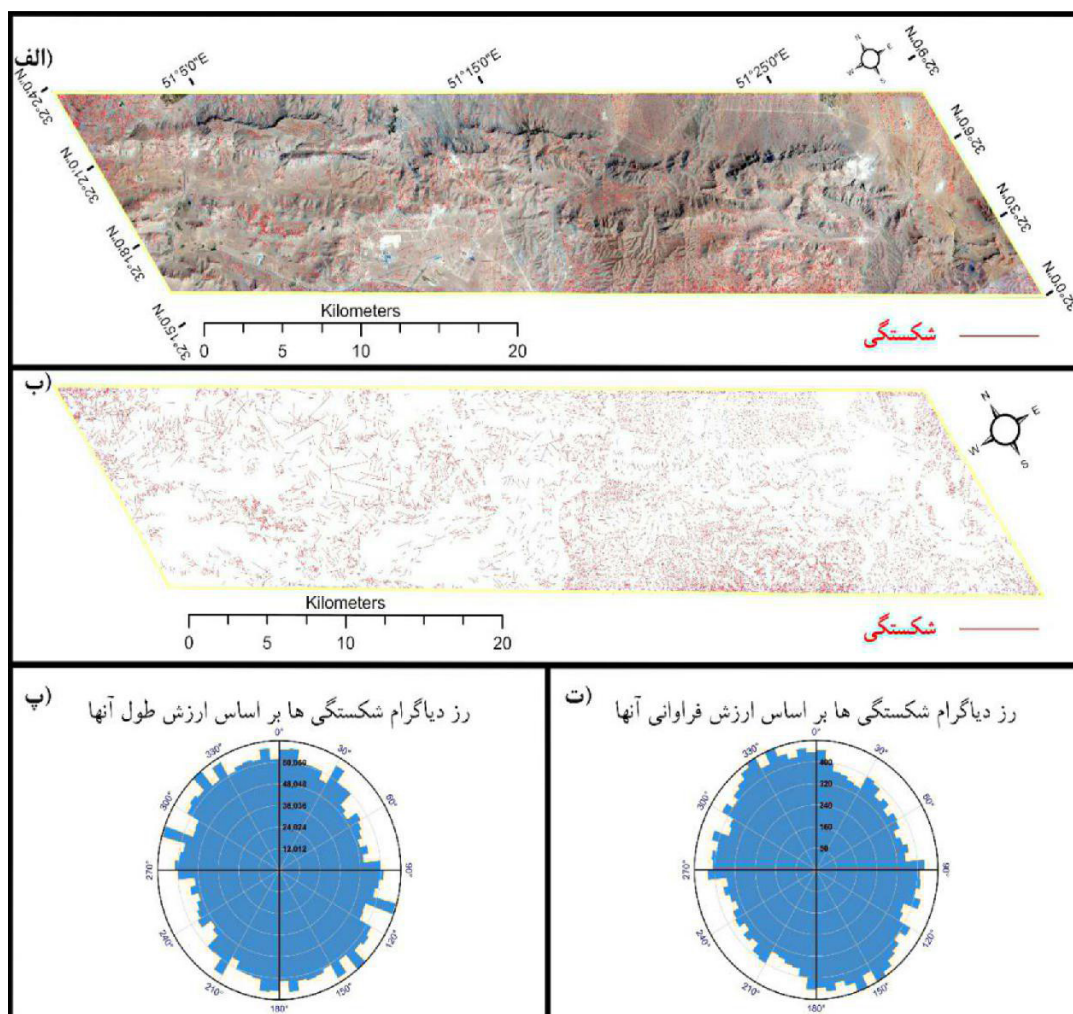
اثر شکستگی در هیچ آزمایشی وجود ندارد.

نتایج حاصل از رزدياگرام آورده شده در (شکل ۵-ت) عبارت است از:

شکل این رزدياگرام تقریباً مایل به بیضوی است که روند اصلی اثر شکستگی ها با درجه اهمیت بیشتر در دو بازه $N20W - N25$ و $N30W - N50W$ قرار دارد.

- با توجه به رزدياگرام، روند اثر شکستگی های فرعی بین روندهای $N10E$ و $N30E$ قرار دارد.

توجه: تعداد زیادی پراکندگی دیده می شود که شامل جهت های شمال غرب - جنوب شرق، شمال شرق - جنوب غرب، شمالی - جنوبی و شرقی - غربی است. گراف ها نشان می دهد، پراکندگی غالب و اصلی پراکندگی شمال غرب - جنوب شرق است.



شکل ۱۵. الف) تصویر گوگل ارث و اثر شکستگی‌های استخراج شده در محیط نرم‌افزاری گوگل ارث. ب) نقشه ساده از شکستگی‌های آورده شده است. در (شکل الف) دیده می‌شود. ب) رز دیاگرام اثر شکستگی‌ها بر اساس ارزش طول آن‌ها. ت) رز دیاگرام اثر شکستگی‌ها بر اساس ارزش فراوانی آن‌ها

شکستگی‌ها مهمترین عامل گسترش تخلخل ثانویه و نفوذپذیری در سنگ‌ها محسوب می‌شوند. دلیل این مطلب از این قرار است که شکستگی‌ها بافت اولیه و دست‌نخورده سنگ را بر هم زده و مناطق خردشده‌ای را ایجاد می‌کنند. در مراحل بعدی امکان نفوذ آب‌های نفوذی به درون این شکستگی‌ها فراهم می‌شود و با گسترش انحلالی آن‌ها مجاری زیرزمینی ایجاد می‌شوند. اکثریت شکستگی‌های موجود در سنگ‌ها در اثر عملکرد نیروهای تکنیکی ایجاد می‌شوند. در موارد محدودی این شکستگی‌ها در اثر هوازدگی و تخریب مکانیکی ایجاد می‌شوند.

ونی (Veni, 1987) اظهار داشته است که سنگ‌های کربناته به ویژه در صورتی که ضخیم و توده‌ای باشند،

صدها متر در اطراف گسل گسترش دارند.

در برخی از موارد تشکیل مواد غیرقابل نفوذ در سطح گسل‌ها، مانع عبور جریان آب شده و باعث انحراف جریان آب‌های زیرزمینی به جهت دیگر می‌شود. این موضوع گاهی اوقات موجب ظهور آب در مناطق پایین دست می‌گردد که در این صورت به آن چشمه‌های گسلی اطلاق می‌گردد. در مواردی هم گسل‌ها با جابجایی واحدهای مختلف، سنگ‌هایی با تراوایی‌های متفاوت را در کنار یکدیگر قرار داده و باعث تأثیر بر جهت جریان آب زیرزمینی می‌شوند. در برخی موارد نیز پدیده گسلش هیچ‌گونه نقشی در جریان آب زیرزمینی در آبخوان کارستی ندارد (Casting, 1977).

در این حالت مجاری تشکیل شده در مرحله قبل، مکان‌های هیدرولوژیکی خاصی می‌شوند که آب از مجاری و شکستگی‌های مجاور به سمت آن‌ها هدایت می‌شوند.

در مرحله سوم یا مرحله یکپارچگی (Integration phase) فرایندهای سطحی و زیرسطحی به یکدیگر ملحق شده و منطقه‌های انحلالی گسترش پیدا می‌کنند. در مرحله نهایی (Final phase) شدت عمل مرحله قبلی افزایش یافته و سیمای کارست گسترده‌تر می‌شوند.

در حالت کلی هرچه نفوذپذیری شکستگی‌ها در سنگ‌ها بیشتر باشد، امکان گسترش سیمای انحلالی نظیر غارها و فروچاله‌ها بیشتر می‌شود.

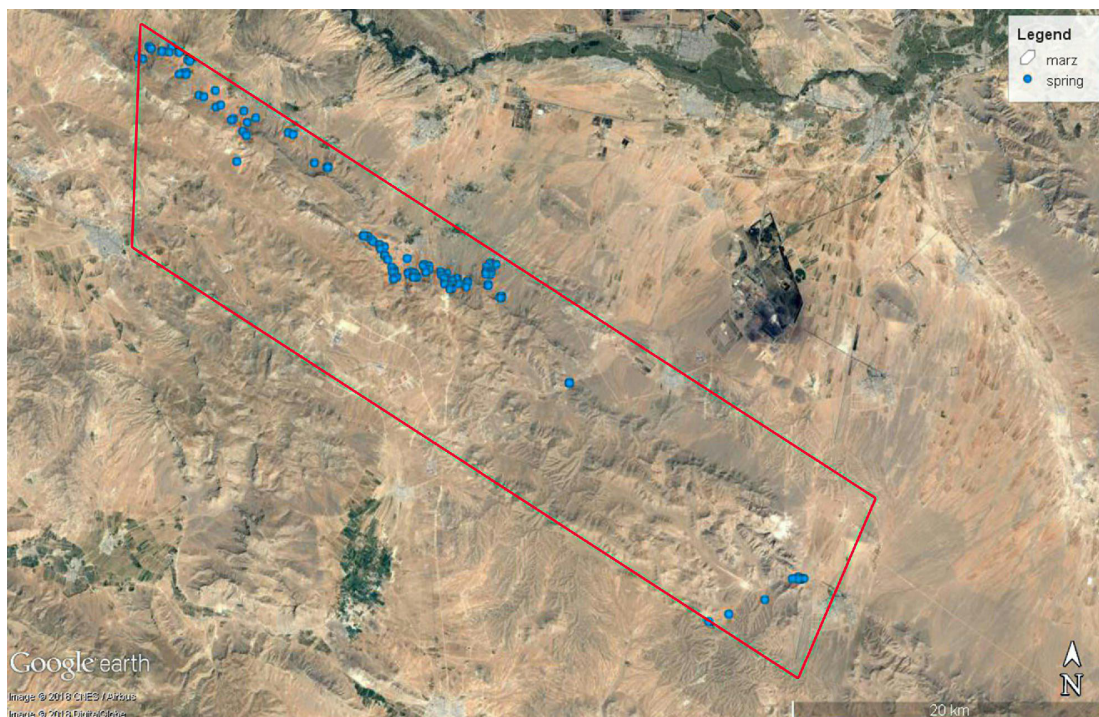
(شکل ۷) نمایی از منطقه گسلی دهاقان را نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود منطقه گسلی دهاقان از شمال غرب دهاقان تا شمال شرق شهرکرد کشیده شده است و یک ژئومورفولوژی کوهستانی و تپه‌ماهوری را در منطقه به وجود آورده است. به منظور مقایسه توسعه کارست در بخش‌های مختلف این منطقه گسلی، محدوده مورد نظر از محدوده شمال غرب تا

بسیار شکننده هستند. خرد شدن این طبقات در اثر شکستگی‌های ایجاد شده موجب افزایش تخلخل و نفوذپذیری و در نتیجه گسترش شبکه‌های کارستی در جهات مختلف می‌شود.

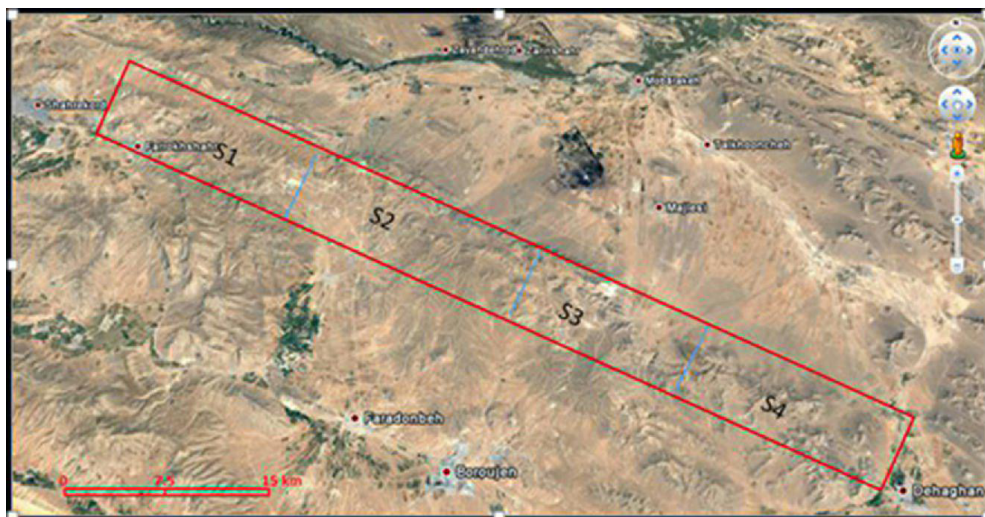
ونی (Veni, 1987) مراحل تکامل شبکه‌های کارستی در سنگ‌های دارای درجه خردشدگی متفاوت را به چهار مرحله تقسیم نموده است. ظهور چشمه‌ها در راستای این زون گسلی و همچنین مکانیسم شکل‌گیری چشمه‌ها، ارتباط تنگاتنگی با گسل مذکور می‌باشد (شکل ۶).

در فاز نخست (Initial phase) که در تمام انواع سنگ‌های خرد شده مشترک است، آشفته‌گی محلی جریان در شکستگی‌ها موجب می‌شود تا انحلال افزایش یافته و شکستگی‌ها به تدریج افزایش پیدا کنند. پدیده انحلال در این حالت، معمولاً از محل تقاطع شکستگی‌ها با یکدیگر، که در مقایسه با جاهای دیگر از نفوذپذیری بالاتری برخوردار هستند، شروع می‌شود.

دومین مرحله از تکامل سیستم نفوذپذیری در سنگ‌های کربناته، مرحله آبربایی (Piracy phase) می‌باشد.



شکل ۶. منطقه مورد مطالعه به همراه موقعیت مکان چشمه‌های موجود در منطقه بر روی ماهواره‌ای (ETM⁺ 321- RGB)



شکل ۷. منطقه مورد مطالعه به همراه محل معادن موجود در منطقه بر روی تصویر ماهواره‌ای (ETM+ 321 RGB)

در نمودار (ب) پراکندگی‌های مختلفی در این نمودار دیده می‌شود که براساس ارزش طول آن‌ها بیشترین و بزرگترین اثر شکستگی‌ها در راستای شرقی - غربی، شمال غرب - جنوب شرق و شمالی - جنوبی در رده‌های بعدی قرار دارد و در قسمت (پ) براساس نمودار فراوانی اثر شکستگی‌ها چند دسته که شکستگی در جهات شرقی - غربی، شمال غرب - جنوب شرق، شمالی - جنوبی و شمال شرق - جنوب غرب که بیشترین فراوانی در راستای شمال غرب - جنوب شرق است.

۵- نتایج قابل استخراج از رزدياگرام (شکل

۴-پ) عبارت است از:

- روند اثر شکستگی‌های اصلی درجه اهمیت بیشتر در بازه N30W - N39W جای دارد.
- روند شکستگی‌های فرعی (از درجه اهمیت بیشتر و متوسط و غیره) با توجه به رزدياگرام در بازه‌های مختلفی قرار می‌گیرند.

همچنین در (شکل ۴-ت) نقشه چگالی (Density) اثر شکستگی‌های نشان داده شده در (شکل ۴-الف) آورده شده است (ایجاد شده در محیط نرم‌افزار Arc GIS). شکل برجسته مانند دو بعدی از شکستگی‌ها که نسبت مستقیم با فراوانی این اثر ساختاری دارد، در اینجا به روش زیر استخراج شده است:

جنوب شرق منطقه به چهار ایستگاه (S1, S2, S3, S4) نشان داده شده است.

(شکل ۷) نشان‌دهنده مناطق تشکیل گودی‌های مسدود و توسعه یافتگی کارست نسبتاً بالاست. ۴- بحث

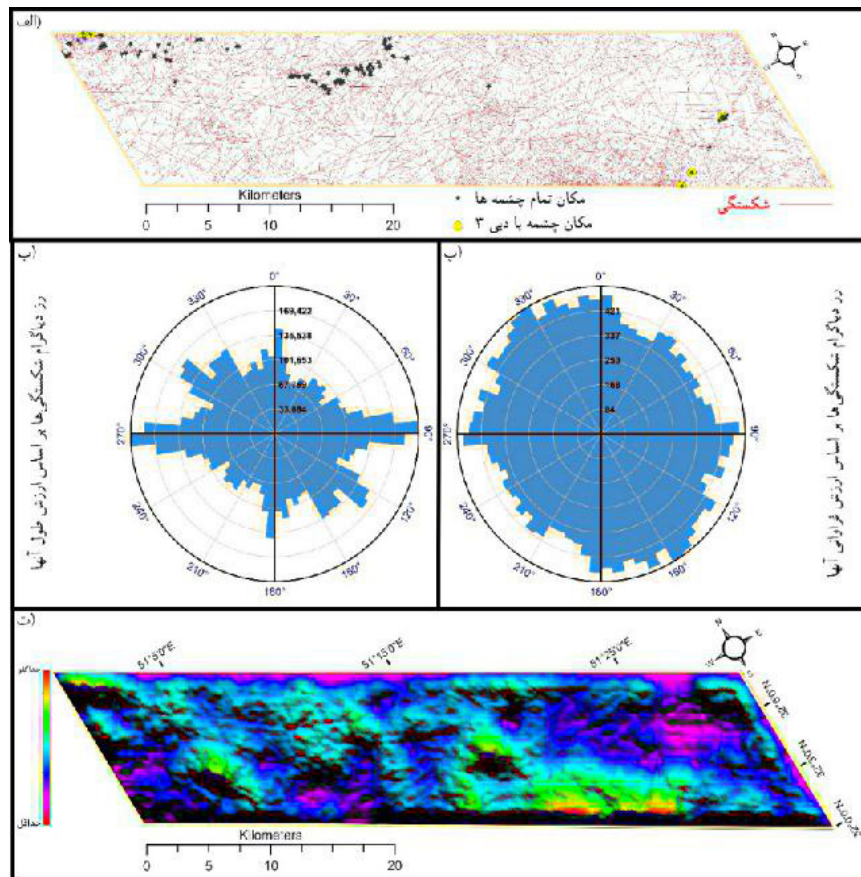
برای درک روند اصلی شکستگی‌ها در منطقه، ابتدا تمام اثر شکستگی‌های بدست آمده از بخش‌های (۲-۲) و (۲-۳) را توسط نرم‌افزار Arc GIS با یکدیگر تلفیق نموده که نتیجه حاصل در (شکل ۳-الف) دیده می‌شود. دو رزدياگرام آورده شده در (شکل ۳-ب و پ) نشان‌دهنده طبقه‌بندی اثر شکستگی‌های اصلی و فرعی در محدوده مورد مطالعه است.

نتایج قابل استخراج از رزدياگرام (شکل

۴-ب) چنین است:

روند اثر شکستگی‌های درجه اهمیت بیشتر اصلی بر اساس طول شکستگی‌ها، در بازه N85E - E قرار می‌گیرد.

- روند اثر شکستگی‌های فرعی درجه اهمیت بیشتر بر اساس طول شکستگی‌ها، در بازه‌های N50W - N80E، N85E - N، N50E - N60W، N85W - W قرار دارد.
- روند شکستگی‌های فرعی (درجه اهمیت متوسط و کم) با توجه به شکل در بازه‌های مختلفی قرار دارند.



شکل ۴. الف) نقشه ساده از تمام اثر شکستگی های برداشت شده از پردازش تصویر لندست ۸ (با ترکیب باندهای RGB=752) تصویر گوگل ارث به همراه مکان چشمه های آورده شده است. ب و پ) رزیدیاگرام اثر شکستگی ها در (نقشه الف) آورده شده است. ت) تصویر توپوگرافی کاذب HSV shader از نقشه چگالی اثر شکستگی ها آورده شده در تصویر الف دیده می شود. برجستگی در این شکل متناسب با چگالی شکستگی ها هستند.

(شکل ۴-ت) عبارت است از:

- روند خطی در مجاورت لبه بالایی نقشه، منطبق به یک ساختار خطی مهم است که در اینجا تحت عنوان گسله دهقان معرفی می گردد.
- این نقشه از الگوی زمین ریخت منطقه تقریباً پیروی می کند. بنابراین هر مکانی از منطقه که تحت تأثیر بالا آمدگی فعال (زمین ساخت پویا) باشد، دارای تراکم شکستگی بیشتر نیز است و کشیدگی برجستگی ها گواهی بر ساختارهای صفحه ای مثل گسل ها باشد مانند بخش غرب منطقه).

موقعیت مکانی چشمه ها (شکل ۴-الف) در این نقشه تراکم اثر شکستگی ها، تقریباً از روند و گستره چگالش متوسط تا حداکثر اثر شکستگی ها پیروی می نماید.

الف) نقشه چگالی شکستگی ها با فرمت Tiff خروجی گرفته می شود (در محیط نرم افزاری Arc map).

ب) فایل Tiff حاصله توسط نرم افزار Global map- per باز شده و سپس به صورت برجسته سازی دو بعدی از نوع HSV Shader خروجی گرفته می شود. تصویر حاصل در محیط Arc map شبکه بندی شده که نتیجه حاصل در (شکل ۴-ت) آورده شده است. در اینجا، مناطقی که شکستگی ها چگال تر هستند، برجستگی بیشتر (مناطق کم رنگ که بر روی راهنمای نقشه، حداکثر نام گرفته است) و به صورت متناسب در مناطقی که شکستگی ها کم چگال هستند، برجستگی کمتر است (مناطق پررنگ که بر روی راهنمای نقشه، حداقل نام گرفته است).

نتایج حاصل از نقشه چگالی شکستگی ها



۵- نتیجه‌گیری

منابع

آقاباتی، ع.، ۱۳۸۳. زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

زاهدی، م.، ۱۳۵۴. نقشه زمین‌شناسی ورق ریزلنجان به مقیاس ۱:۱۰۰/۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی کشور. شماره ۶۲۵۴، تهران.

زاهدی، م.، ۱۳۵۷. نقشه زمین‌شناسی چهارگوش اصفهان به مقیاس ۱:۲۵۰/۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی کشور. شماره ۸F، تهران.

سربی، ع.، ۱۳۸۱. نقشه زمین‌شناسی ورق استان اصفهان به مقیاس ۱:۱۰۰/۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی کشور.

ضیائی اسفندرانی، ح.، ۱۳۹۰. کتاب اجرای پروژه‌های GIS در ARCGIS.

Alavi, M., 1996. Tectonostratigraphic synthesis and structural style of the Alborz Mountain System in Iran. *Journal of Geodynamics*, 21(1), 1-33.

Berberian, M. & King, G., 1981. Toward a paleogeography and tectonic evolution of Iran. *Canadian Journal of Earth Science*, 18, 210-265.

Brunet, M.F., Wilmsn, M. & Granath, J. W., (eds), 2009. South Caspian to Central Iran Basins. Geological Society, London, Special Publications, 312.

ما تغییر شکل ناشی از گسل (مقیاس سانتی‌متری) با طبیعت (مقیاس منطقه‌ای) را با استفاده از تکنیک سنجش از دور و مطالعات میدانی بررسی کرده‌ایم. تراکم اثر شکستگی‌ها، تقریباً از روند و گستره چگالش متوسط تا حداکثر شکستگی‌ها پیروی می‌کرد، مشاهده گردید. همان‌طور که در ادامه آشکار خواهد شد، بر اساس کلیه داده‌های مطرح در منطقه مطالعه آماری اثر شکستگی‌ها و روند لایه‌بندی اطلاعات استخراج شده، عامل اصلی دگرشکلی در منطقه فعالیت بی‌لرزه گسله راندگی راست‌بر دهاقان با شیب به سمت جنوب باختر است. الگوهای ما اثر شکستگی‌ها بر مبنای ارزش طول نشان می‌دهد که در جهت شرقی-غربی، شمال غرب-جنوب شرق و شمالی-جنوبی و اثر شکستگی‌ها بر مبنای ارزش فروانی با جهت شمال غرب-جنوب شرق، شرقی-غربی و شمالی-جنوبی منجر می‌شود. ما الگو و هندسه شکستگی‌ها که از مهمترین ویژگی‌های ساختاری است برای تعیین امتداد لایه‌بندی و امتداد سطوح چین‌خوردگی استفاده نمودیم تا سازوکار شکستگی‌های مرتبط با گسل بهتر درک گردد.

امتداد قالب لایه‌بندی در جهت شمال غرب-جنوب شرق است. امتداد لایه‌بندی‌های بدست آمده با امتداد ستوه محوری چین‌خوردگی منطقه مطابقت دارد. به علاوه در این پژوهش ما آهک‌های کرتاسه بالایی که در سرتاسر منطقه گسلی دهاقان رخنمون دارند که تحت تأثیر شکستگی‌های ناشی از این گسل تا اندازه‌ای کارستی شده‌اند و شاهد آن وجود دره‌های خشک کارستی و کارن‌های کوچک و بزرگی است که در تمام سنگ‌های آهکی منطقه مشاهده می‌شوند و ارتباط گسل با موقعیت چشمه‌ها، مورد بررسی قرار گرفت. شکستگی‌های ناشی از این گسل عامل کنترل‌کننده ساختاری در ایجاد چشمه‌های این منطقه است. این چشمه‌ها در آهک‌های کرتاسه ایجاد گردید. چشمه‌ها در این منطقه به شکل چشمه‌های کارستی بوده و نشان می‌دهد که با گسل منطقه مرتبط هستند.



Lillesand, T.M. & Kiefer, R. W., 2000. Remote Sensing and Image interpretation, 4th ed.; John Wiley and Sons: NewYork, NY, USA; pp.20180.

Nadimi A., 2010. Active strike-slip faults in the central part of the Sanandaj- Sirjan Zoneof-Zagros Orogen (Iran): PhD. Thesis, University of Warsaw, Poland, 121.

Nadimi, A., Konon,A. 2012. Gaw-Khuni Basin: An active stepover structure in the-Sanandaj-Sirjanzone, iran, Geological Societyof- America Bulletin, 124,484-498.

Saidi, A.,Brunet, M. F. & Ricou, L. E., 1997- Continental accretion of the Iran Block to Eurasia as seen from Late Palaeozoic to early Ceetaceous subsidence curves. Geodinamica Acta, 10, 189-208.

Sengor, A. M. C.,1990-A new model for the Late Paleozoic-Mesozoic tectonic evolution of Iran and implications for oman. In: Robertson, A. H., Searle, M. P. & RIES, A. C.(eds) The Geology and Tectonics of the Oman region. Geological Society, London, Special Publications,49, 797-83.

Stocklin J. 1968, “structural history and tectonic of iran” A review: A.A.P.G Bulletin, 52, p 1229-1258.

Twiss R J., & Moores E. M. 1992. “Structural geology”. Macmillan.