دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی

سال هفدهم، شماره‌ی ۵۷
بهار ۱۳۹۶، صفحات ۱۷۳-۱۵۹

رحیم کاظمی[۱]*
نادر جلالی[۲]

بررسی اهمیت ساختاری خطواره‌ها با استفاده از توزیع مکانی چشمه‌ها (مطالعه موردی: منطقه کارستی لار)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۲/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹٤/۰۱/۲۳

چکیده

استخراج و آنالیز خطواره‌ها از تصاویر ماهواره‌ای، رهیافت مهمی در مطالعات منطقه‌ای زمین‌شناسی و تکتونیک است. در این پژوهش اهمیت ساختاری خطواره‌ها با استفاده از توزیع مکانی چشمه‌ها در حوضه کارستی لار مورد بررسی قرار گرفته است. نقشه خطواره‌ها با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای و الگوریتم‌های بازسازی تهیه شد. لایه‌های موضوعی شامل مکان هندسی چشمه‌ها، نقشه عناصر زمین‌ساختی و شبکه هیدروگرافی تهیه و توسط نرم‌افزار ArcView10 مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد که ارتباط بسیار نزدیکی بین مکان هندسی چشمه‌ها و فاصله از گسل‌ها، خطواره‌ها و شبکه آبراهه‌ای به‌ترتیب با ضرایب تعیین ۰/۸۹، ۰/۹۷ و ۰/۸۵ وجود دارد. تبعیت روند کلی خطواره‌ها از روند عناصر زمین‌ساختی و روابط همبستگی مناسب بین طول خطواره‌ها و عناصر زمین‌ساختی با مکان هندسی چشمه‌ها، به‌ترتیب با ضریب تعیین ۰/۹۳ و ۰/٦۲، نشان‌دهنده منشاء ساختاری خطواره‌ها است.

کلید واژه‌ها: چشمه، خطواره، عناصر زمین‌ساختی، لیتولوژی، منشاء ساختاری.

*۱- عضو هیات علمی پژوهشکده تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. (نویسنده مسئول)
E-mail: ra_hkazemi@yahoo.com
۲- عضو هیات علمی پژوهشکده تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

مقدمه

استخراج خطواره‌ها از تصاویر ماهواره‌ای و تفسیر و تحلیل آن‌ها، یک رهیافت مهم در تحقیقات علوم زمین است. آثار سطحی ساختارهای زمین‌شناسی مانند گسل‌ها، درزه‌ها، زون‌های خردشدگی و چین‌خوردگی‌ها به شکل خطواره در تصاویر ماهواره‌ای و سنجش از راه‌دور ظاهر می‌شوند. در تحقیقات با مقیاس منطقه‌ای، استخراج این خطواره‌ها در بررسی‌های صحرایی مستلزم صرف زمان و هزینه زیاد است، ولی استخراج آن‌ها از تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از الگوریتم‌های خاص به آسانی قابل انجام است. البته این روش، جایگزین قطعی بررسی‌های صحرایی نیست، ولی مکمل مناسبی محسوب می‌گردد. آشکارسازی و به نقشه در آوردن خطواره‌ها و استفاده از آن در زمین‌شناسی اولین بار توسط هابز[3] (۱۹۱۲: ۳٤۷) مورد استفاده قرار گرفت. ایشان خطواره را به‌عنوان خطوط مهم چشم‌انداز که توسط گسل‌ها و درزه‌ها ایجاد شده‌اند و نمایانگر معماری سنگ‌بستر هستند تعریف کرد. این تعریف بعدها پایه‌ای شد، برای توسعه بیشتر تعریف این واژه توسط لری و همکاران[4] (۱۹۷٦: ۱٤٦۳) و میرینگ و همکاران[5] (۲۰۰۷: ۳۲) که از از نظر ایشان، خطواره‌ها عبارتند از عناصرخطی، ساختمانی که به‌نظر می‌رسد در زون‌های شکستگی توسعه پیدا کرده‌اند و در تصاویر ماهواره‌ای یا سنجش ازدور قابل مشاهده و ثبت می‌باشند. با توجه به تعریف فوق، این خطواره‌ها نمایانگر نقاط ضعف زمین در سازندهای سخت می‌باشند و می‌توانند نمایانگر سطحی گسل‌های پنهان باشند. این آثار در مقیاس‌های مختلف قابلیت به نقشه درآمدن را دارند و می‌توانند در تحقیقات مرتبط با تکتونیک، لرزه

زمین‌ساخت، اکتشاف نفت و گاز، معدن و منابع آب زیرزمینی مورد استفاده قرار گیرند. در خصوص استفاده از خطواره‌ها در تحقیقات علوم زمین در دو دهه اخیر تحقیقات متعددی صورت گرفته است. به نظر میرینگ و همکاران (۲۰۰۷: ۱۸٦) از پژوهش انجام شده توسط لاتمن و پاریزک[6] (۱۹٦٤: ۷۳) عموماً به‌عنوان پیشرو استفاده از خطواره‌ها در اکتشاف منابع آب یاد می‌شود، آن‌ها آثار خطی روی عکس‌های هوائی در منطقه کربناته شرق ایالات‌متحده را به نقشه درآوردند و نشان دادند که تطابق مناسبی بین آبدهی چاه‌ها و فاصله از خطواره‌ها وجود دارد. در خصوص کاربرد خطواره‌ها در تحقیقات منابع آب زیرزمینی می‌توان تحقیقات مالاست[7] و همکاران (۲۰۱۱: ۲٦٦٥) و سامه وهمکاران[8] (۲۰۱۲: ۳۵۷) را نام برد که با تفسیر خطواره‌ها و تلفیق آن با داده‌های آب‌های زیرزمینی، مسیر جریان‌های زیرزمینی را مشخص کرده‌اند. همچنین محققان بسیاری از این لایه اطلاعاتی به‌عنوان نمایه آب‌های زیرزمینی در پتانسیل‌یابی منابع آب با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و تلفیق با سایر لایه‌های اطلاعاتی استفاده کرده‌اند که به‌عنوان نمونه می‌توان به نتایج تحقیقات لازاروس و همکاران[9] (۲۰۱٤: ۱۷۸۱)، تسما و

3- Hobbs
4- Leary
5- Meijerink
6- Latman and Parizek
7- Mallast
8- Sameh
9- Lazarus

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

همکاران[10] (۲۰۱۲: ۳۵۱)، بیسواس و همکاران[11] (۲۰۱۲: ۵۹) و آشنافی و همکاران[12] (۲۰۱۳: ۲۱۳) اشاره کرد. بررسی ارتباط خطواره‌ها و نهشته‌های معدنی توسط مشکانی و همکاران[13] (۲۰۱۳: ٤٨) در مقیاس منطقه‌ای انجام شد. نتایج نشان داد که تطابق زیادی بین چگالی خطواره‌ها و تقاطع آن‌ها با نهشته‌های معدنی در کشور ایران وجود دارد و بیش از ۹۰ درصد نهشته‌های معدنی در بخش مرکزی این خطواره‌ها و در فاصله ۱۵ کیلومتری از آن‌ها قرار دارند. از دیگر کاربردهای خطواره‌ها در کاوش‌های معدنی می‌توان به تحقیقات مصطفی و همکاران[14] (۲۰۰۵: ١٤٦٣) و اوستین و بلن کینسوپ[15] (۲۰۰۹: ۲۹۸) اشاره کرد که از این آثار در کلاسه‌بندی و تعیین واحدهای سنگی، به‌منظور طراحی و توسعه معدن استفاده کرده‌اند. تحلیل خطواره‌ها، برای مطالعه تغییرات الگوی فشار به‌منظور آنالیز زمین‌لرزه‌ها در کشور هند توسط سین[16] (۲۰۰۵: ۱) مورد استفاده قرار گرفته است. استخراج خطواره‌ها و بررسی ارتباط آن‌ها با زمین‌لغزش‌ها از موارد اخیر کاربرد خطواره‌های ساختمانی است که توسط راملی[17] و همکاران (۲۰۱۰: ۲۱۵) مورد بررسی قرار گرفته و به اهمیت آن در تهیه نقشه‌های ریسک خطر زمین لغزش تاکید شده است. اهمیت خطواره‌ها در تحقیقات اکتشاف نفت و گاز توسط تحقیقات عرفات و همکاران[18] (۲۰۱۰: ۱۱۹) در کشور یمن مورد تاکید قرار گرفت. ایشان از تلفیق خطواره‌های زیرسطحی، شامل خطواره‌های ناشی از آنومالی ثقلی و خطواره‌های مغناطیسی استفاده کرده‌اند و به نتایج سودمندی در مکان‌یابی چاه‌های اکتشافی نفت و گاز رسیدند. استخراج خطواره‌ها با استفاده از تلفیق آنومالی ثقلی و محاسبه شیب توسط آیدوغان[19] (۲۰۱۱: ۹۰۳) در کشور ترکیه انجام شده و نتایج مثبتی را گزارش کرده‌اند. ارزیابی اهمیت ساختمانی و تکتونیکی خطواره‌های مستخرج از تصاویر ماهواره‌ای توسط سولمون و قبراق[20] (۲۰۰٦: ۳۷۱) در کشور اریتره مورد بررسی و تحقیق قرار گرفت و انطباق خطواره‌ها با گسل‌های موجود در بررسی‌های صحرایی به اثبات رسید. تحقیقات مشابه‌ای نیز توسط عبدالله و همکاران[21] (۲۰۱۰: ١٤٤٥) انجام و به نتایج قابل قبولی رسیده است. استخراج خطواره‌ها از تصاویر ماهواره‌ای با تاکید بر احتمال ساختمانی بودن آن توسط ایرینی و همکاران[22] (۲۰۱۱: ۹) در غرب یونان انجام گرفته است. بدین منظور خطواره‌های مستخرج از مدل رقومی زمین را با خطواره‌های مستخرج از تصاویر ماهواره‌ای، تلفیق کردند و خطواره‌های مرتبط با شبکه آبراهه‌ای، شیب‌های تند، قطعات دره مستقیم، تغییرات ناگهانی در پوشش سطحی و تغییر و خمش ناگهانی در راستای رودخانه را به‌عنوان گسل‌های احتمالی ارزیابی کردند. نتایج با مطالعات صحرایی کنترل

10-Tessema
11- Biswas
12- Ashenafi
13- Meshkani
14- Mostafa and Bishta
15- Austin and Blenkinsop
16- Singh
17- Ramli
18- Arafat
19- Aydogan
20- Solomon and Ghebreab
21- Abdullah
22- Erini

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

و تعدادی از گسل‌های بزرگ مقیاس شناخته شده در غرب یونان مورد تایید قرار گرفتند. در خصوص پژوهش‌های انجام شده در کشور می‌توان به بررسی و تفسیر خطواره‌های ساختمانی زاگرس توسط علی و پیراسته (۲۰۰٤: ٤۷۱۵) اشاره کرد که نقشه ساختمانی منطقه دزفول- بروجرد را با استفاده از عملیات بارزسازی بر روی تصاویر ETM تهیه و تحلیل کرده‌اند و با مطالعات صحرایی، خطواره‌های استخراج شده را کنترل و تحلیل تکتونیک منطقه را ارائه دادند. خطواره‌های ناشی از گسل‌های زاگرس به روش تلفیق داده‌های ژئومغناطیسی با اطلاعات استخراج شده از تفسیر و بارزسازی تصاویر لندست، توسط یساقی (۲۰۰٦: ٤۵۲۳) مورد پژوهش قرار گرفته و ارزش ساختاری آن با داده‌های حاصل از برداشت‌های ژئومغناطیسی مورد تائید قرار گرفته است. استخراج خطواره‌های زاگرس به روش تلفیق خطواره‌های حاصل از مدل رقومی زمین و تصاویر ماهواره‌ای توسط پیراسته و همکاران (۲۰۱۳: ۹۱) نیز تجربه شده است. علی‌رغم بررسی‌های انجام شده در سطح بین‌الملل، پژوهش چندانی در خصوص بررسی ارزش ساختاری خطواره‌های استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای در کشور انجام نشده است. نظر به اهمیت خطواره‌های ساختمانی در تحقیقات علوم زمین و تنوع موارد استفاده از آن، توجه به ارزش ساختاری خطواره‌ها به‌دلیل سهولت در تهیه و استخراج نقشه‌های مربوطه و صرفه‌جویی در زمان و هزینه، حائز اهمیت فراوان است. هدف از این تحقیق، استخراج خطواره‌های منطقه مورد پژوهش و تفسیر و تحلیل اهمیت ساختاری آن با استفاده از عناصر تکتونیکی و مکان هندسی چشمه‌های منطقه به‌عنوان نمایانگر نقاط شکستگی زمین می‌باشد.

منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز رودخانه لار که در طول جغرافیای ۵۱ درجه و ۳۲ دقیقه تا ۵۲ درجه و ٤ دقیقه شرقی و عرض جغرافیای ٤۸ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۳٦ درجه و ٤ دقیقه شمالی، در یال جنوبی کوه‌های البرز واقع شده است (شکل ۱) مورد بررسی و پژوهش قرار گرفت. رودخانه لار با روند شمال غربی- جنوب شرقی و دارای شش شاخه فرعی می‌باشد، بخش‌های شمالی حوضه توسط رودهای الرم، سفیدآب و دلیچای زه‌کش می‌شود و رودهای خشک‌رود، سیاه‌پلاس و پهنک با روند شمالی و غربی-شرقی در بخش جنوبی به رود اصلی لار می‌پیوندند. آب‌وهوای منطقه، سرد و خشک یا سرد و نیمه‌خشک طبقه‌بندی می‌شود و متاثر از آب‌وهوای مدیترانه‌ای و خزری است.

- زمین‌شناسی عمومی منطقه

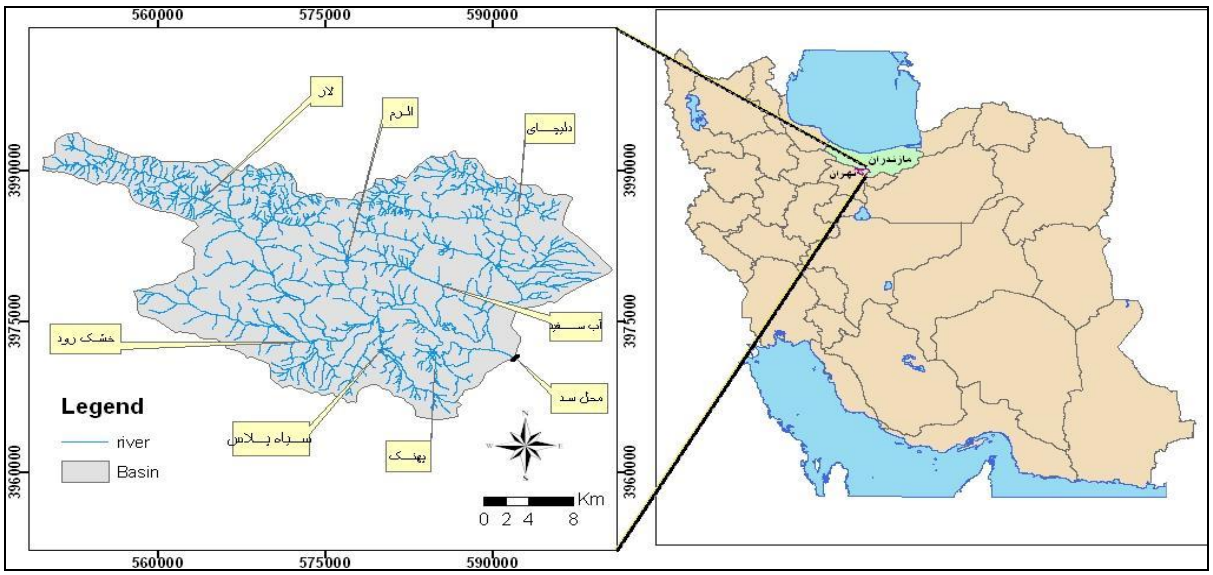
منطقه مورد پژوهش، متاثر از فشارهای ناشی از کوهزایی آلپی بوده و گسل‌های متعددی با روند کلی شمال‌غرب- جنوب‌شرق در آن شکل گرفته است. بر اساس مطالعات اشتوکلین[۲۳] (۱۹۷٤: ۲۲۰) واحدهای سنگ‌شناسی موجود در منطقه از قدیم به جدید شامل موارد ذیل می‌باشد.

ماسه‌سنگ، شیل و لایه‌های زغال‌دار متعلق به سازند شمشک، آهک‌های ضخیم لایه مارنی و ماسه‌ای سازند دلیچای، آهک‌های کرم قهوه‌ای ضخیم لایه و دولومیتی سازند لار، آهک‌های زرد متمایل به صورتی متوسط لایه با

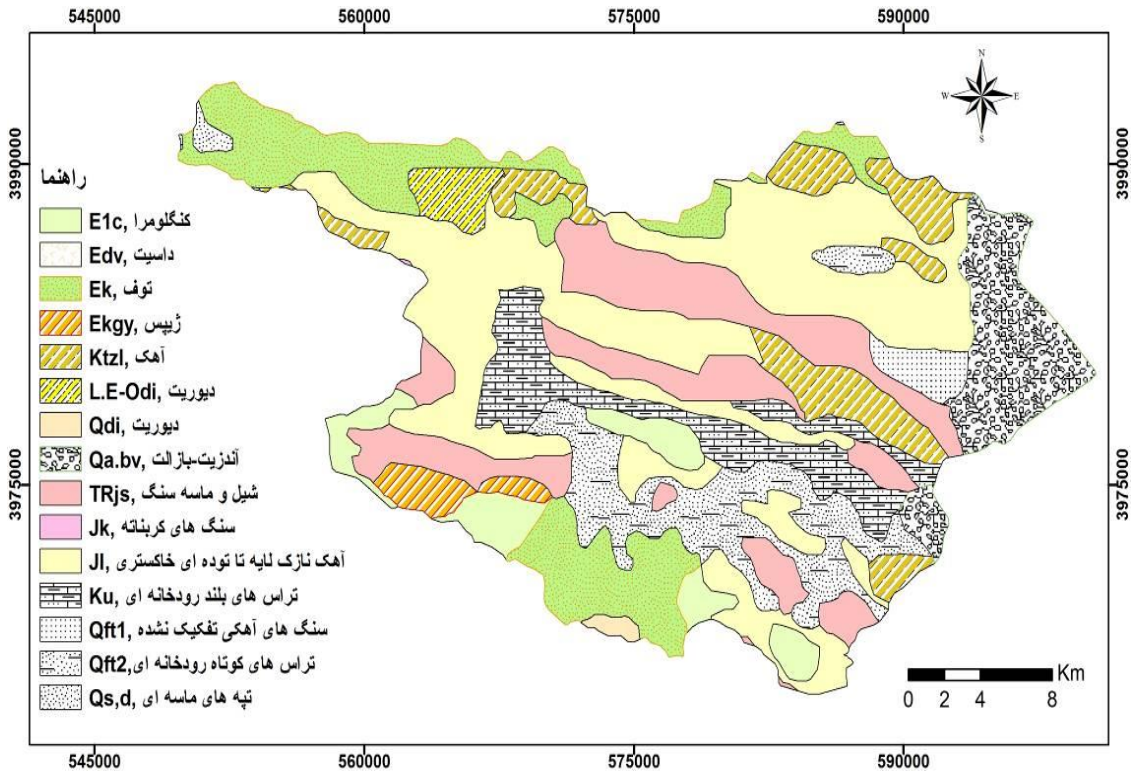
23- Stocklin

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

میان‌لایه‌هائی از کنگلومرای پلی‌ژنتیک سازند تیز کوه، توف‌های ضخیم‌لایه و شیل سازند کرج، تراکی‌آندزیت های حاصل از فعالیت‌های دماوند و نهشته‌های دریاچه‌ای که متشکل از سیلت و گراول می‌باشد، (شکل ۲) نقشه لیتولوژی منطقه مورد پژوهش را نشان می‌دهد.



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد پژوهش حوضه آبریز لار



شکل ۲: نقشه لیتولوژی منطقه مورد پژوهش حوضه آبریز لار

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، ابتدا حوضه آبخیز لار بر روی نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ رسم شد. سپس با توجه به نقشه‌های زمین‌شناسی با مقیاس ۱۰۰۰۰۰: ۱ و ۲۵۰۰۰۰: ۱ واحدهای سنگ‌شناسی مشخص گردید. مرز واحدهای سنگ‌شناسی در مناطقی که پوشش کامل نقشه ۱۰۰۰۰۰: ۱ وجود نداشته است از طریق تفسیر عکس‌های هوائی و تصویر ماهواره‌ای TM تکمیل و تدقیق شدند. نقشه عناصر زمین‌ساختی شامل انواع گسل، محور ناودیس‌ها و طاقدیس‌ها با استفاده از نقشه‌های زمین‌شناسی و تفسیر عکس‌های هوائی تهیه گردید. نقشه خطواره‌ها با پردازش تصاویر ماهواره‌ای و عملیات بارزسازی تصویر و تفسیر چشمی استخراج شد. سپس نقشه شبکه آبراهه‌ای با استفاده از نقشه توپوگرافی و در محیط GIS تهیه گردید. نقشه موقعیت مکانی چشمه‌های منطقه با استفاده از GPS و در طی عملیات صحرائی تهیه شد. سپس دیاگرام گل‌سرخی خطواره‌ها و عناصرتکتونیکی به‌طور مجزا تهیه شد. هر لایه تهیه شده به‌طور جداگانه با لایه توزیع مکانی چشمه‌ها به‌عنوان نمایانگر نقاط ضعف زمین روی هم انداخته شد. سپس روابط بین خطواره‌ها با لایه‌های اطلاعاتی مورد بررسی و تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت.

- لایه‌های موضوعی مورد استفاده

لایه خطواره‌های ساختمانی: تاکنون روش‌های گوناگونی برای واضح‌سازی و استخراج خطواره‌ها از تصاویر ماهواره‌ای ارائه شده است که شامل الگوریتم‌های مبتنی بر روش‌های محاسباتی، مانند روش فیلتر کردن لبه و استفاده از عملگرهای گرادیان، آنالیز پروفیل درجه خاکستری، مورفولوژی ریاضی و روش‌های تئوری برای پردازش تصویر می‌باشد که به‌صورت اتوماتیک و نیمه اتوماتیک صورت می‌پذیرد. ولی هنوز تجربه و مشاهدات محقق در آشکارسازی و تفسیر خطواره‌ها عامل اصلی محسوب می‌شود (ماه[۲۴] و همکاران، ۱۹۹۵: ٦٧١؛ پرادهان[۲۵]، ۲۰۱۰: ٤١؛ لی[۲٦] و همکاران، ۲۰۱۲: ۲٦). در تحقیق حاضر به‌منظور استخراج این خطواره‌ها، از تصویرماهواره‌ای لندست TM که به‌دلیل برداشت در فصل تابستان مناسب برای بررسی‌های زمین‌شناسی می‌باشد، استفاده شد. با به‌کارگیری روش‌های فرآوری تصویر، شامل آنالیز مولفه اصلی[۲۷]، تشکیل ترکیبات رنگی[۲۸]، تصاویر نسبتی، بسط تباین[۲۹]، استفاده از نقشه NDVI کلاسه‌شده و اعمال فیلترهای مختلف، نسبت به آشکارسازی خطواره‌ها اقدام شد. سپس با تفسیر و استخراج چشمی خطواره‌ها و حذف خطواره‌های ناشی از فعالیت‌های انسانی و همچنین صرف‌نظر از خطواره‌های منطبق با گسل‌های موجود بر روی نقشه زمین‌شناسی و تجمیع خطواره‌های جهات مختلف در یک لایه، نقشه خطواره‌ها به‌عنوان یک لایه مستقل تهیه و سپس لایه فاصله از آن در فواصل دویست متری، در محیط نرم‌افزار تهیه

24- Mah
25- Pradhan
26- Lee
27- Principal Component Analysis (PCA)
28- Color Composite
29- Stretching Contrast

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

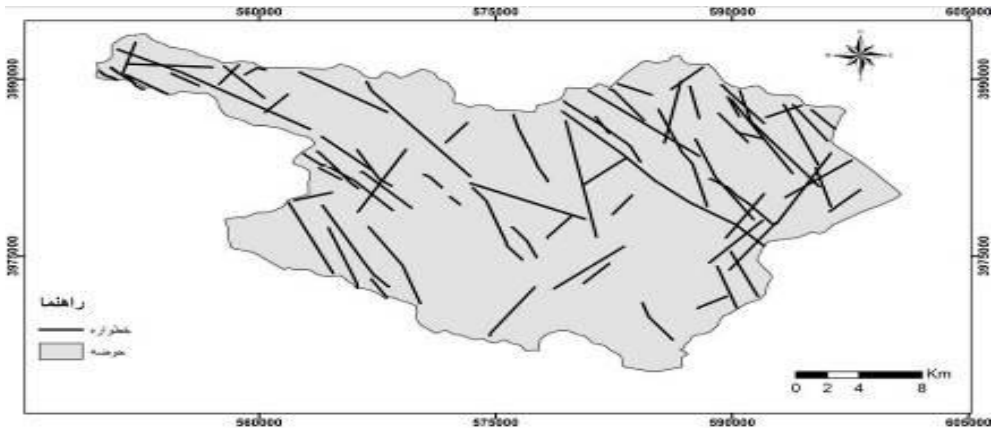
گردید. (شکل ۳) برخی از فیلترهای مورد استفاده در استخراج خطواره‌ها و (شکل ٤) نقشه خطواره‌های منطقه مورد پژوهش را نشان می‌دهد.

NE-SW			NW-SE			N-S			E-W		
۲	-۱	-۲	-۲	-۱	۲	-۱	۲	-۱	-۱	-۲	-۱
-۱	٤	-۱	-۱	٤	-۱	-۲	٤	۲	۲	٤	۲
-۲	-۱	۲	۲	-۱	-۲	-۱	۲	-۱	-۱	-۲	-۱

۱	-۸	۰	۸	-۱
-۸	٦٤	۰	-٦٤	۸
۰	۰	۰	۰	۰
۸	-٦٤	۰	٦٤	-۸
-۱	۸	۰	-۸	۱

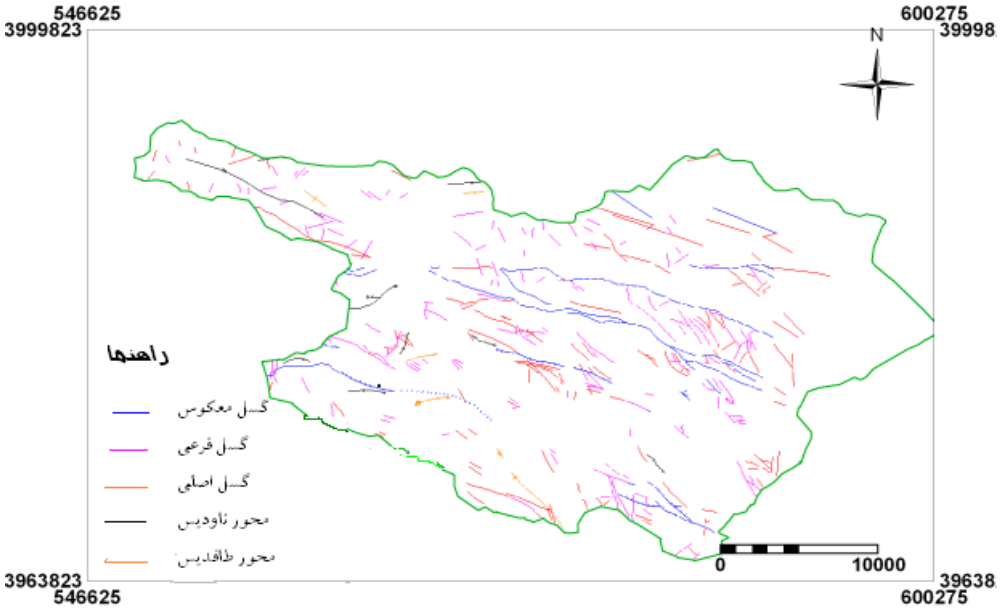
شکل ۳: برخی فیلترهای مورد استفاده در استخراج خطواره‌ها

لایه عناصر زمین‌ساختی: نظر به اهمیت حرکات تکتونیکی در ایجاد شرایط لازم برای شکل‌گیری آثار خطی و سطحی و اهمیت روابط بین این عناصر و خطواره‌های مستخرج از تصاویر ماهواره‌ای، به‌منظور خطواره‌ها به‌عنوان نمودهای سطحی گسل‌ها، اقدام به تهیه لایه عناصر زمین‌ساختی گردید. این لایه شامل انواع عناصر زمین‌ساختی، نظیر انواع گسل‌ها، محور تاقدیس‌ها و ناودیس‌ها می‌باشد که بر روی نقشه زمین‌شناسی موجود است. علاوه بر آن تعدادی از عوامل زمین‌ساختی با استفاده از تفسیر چشمی عکس‌های هوائی، استخراج و به این لایه اضافه شد. سپس لایه فاصله از عناصر زمین‌ساختی در فواصل دویست متری، در محیط نرم‌افزار تهیه گردید. (شکل ۵) لایه عناصر زمین‌ساختی را نشان می‌دهد.



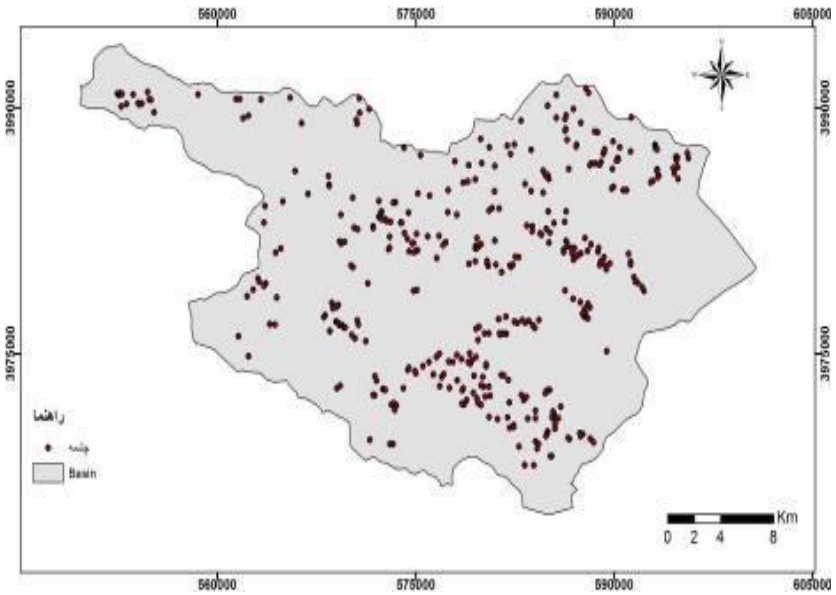
شکل ٤: نقشه خطواره‌های استخراج شده حوضه آبریز لار

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]



شکل ۵: عناصر زمین‌ساختی حوضه آبریز لار

لایه توزیع مکانی چشمه‌ها: چشمه‌ها به‌عنوان نقطه خروجی منابع آب زیرزمینی، نمایانگر نقاط ضعف زمین می‌باشند و می‌توانند نمایانگر مناطق خردشده ناشی از گسل‌های ناپیدا باشند. به‌منظور بررسی روابط خطواره‌های مستخرج از تصاویر ماهواره‌ای با مکان هندسی چشمه‌ها، به‌عنوان تاییدی بر منشاء ساختمانی خطواره‌ها، با انجام عملیات صحرائی و همچنین بهره‌برداری از نقشه توپوگرافی و GPS موقعیت مکانی تعداد ٤٢٦ مورد چشمه شامل چشمه‌های دائمی، فصلی، خشک و زه آب‌ها، ثبت شد و لایه رقومی موقعیت مکانی آن‌ها تهیه گردید، (شکل ٦).



شکل ٦: موقعیت مکانی چشمه‌های منطقه پژوهش حوضه آبریز لار

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

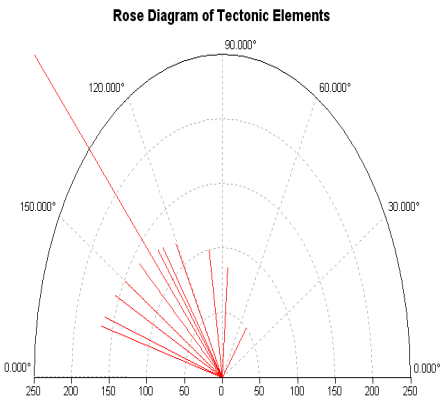
لایه شبکه هیدروگرافی: در سازندهای سخت، نوع شبکه زهکشی هر منطقه توسط ساختارهای زمین‌ساختی، لیتولوژی و توپوگرافی منطقه کنترل می‌شود و از آن‌ها به‌عنوان نقاط ضعف سازندها یاد می‌شود. به‌منظور لحاظ نقش هیدروگرافی در تحلیل خطواره‌ها، این لایه با استفاده از نقشه توپوگرافی تهیه و سپس لایه فاصله از آن تهیه شد.

یافته‌ها و بحث

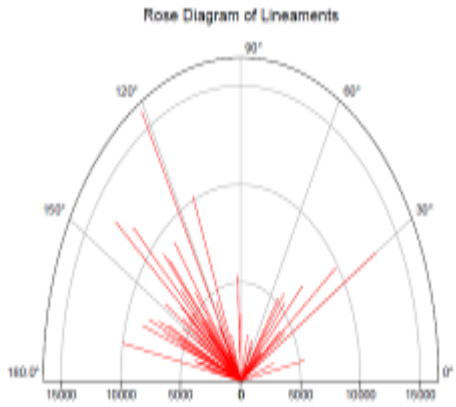
به‌منظور بررسی اهمیت ساختاری خطواره‌های استخراج شده از سه روش به شرح ذیل استفاده گردید. در روش اول، دیاگرام گل‌سرخی عناصرتکتونیکی، شبکه‌هیدروگرافی و خطواره‌ها ترسیم شد و الگوی کلی آن‌ها مورد بررسی و تحلیل قرارگرفت. در روش بعدی از روابط همبستگی، بین مکان هندسی چشمه‌های منطقه مورد پژوهش با عناصرتکتونیکی، شبکه هیدروگرافی و خطواره‌ها برای تحلیل احتمال ساختاری بودن خطواره‌ها استفاده شد. در روش سوم توزیع فراوانی خطواره‌ها در سازندهای مختلف مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت.

بررسی الگوی عناصر زمین‌ساختی، خطواره‌ها و شبکه‌هیدروگرافی: به‌منظور تحلیل جهت‌گیری کلی عناصرخطی شامل خطواره، گسل و شبکه هیدروگرافی، الگوی کلی آن‌ها در دیاگرام گل‌سرخی تهیه شد. همان‌طور که از (شکل ۷) قابل دریافت است، در بررسی الگوی عناصر زمین‌ساختی در منطقه، سه دسته گسل قابل مشاهده است.

دسته اول در جهت شمال‌شرق–جنوب‌غرب از ۵۱ تا ۸۵ درجه قرار دارد و دارای کم‌ترین فراوانی است. این گروه عموماً در جهت عمود بر گسل‌های اصلی منطقه قرار دارند و با درزه‌های کششی و گسل‌های فرعی منطبق می‌باشند. دسته دوم از ۹۹ تا ۱۳۵ درجه شمال‌غرب–جنوب‌شرق و با فراوانی متوسط است که با آثار ناشی از چین‌خوردگی‌های عرضی قابل تفسیر است. سومین دسته در بازه ۱۳۵ تا ۱۶۶ درجه شمال‌غرب–جنوب‌شرق قرار دارد. این دسته اخیر روند اصلی گسل‌های منطقه را نمایان می‌کند و حداکثر فراوانی را به خود اختصاص داده است.



شکل ۷: دیاگرام گل‌سرخی عناصر زمین‌ساختی حوضه آبریز لار



شکل ۸: دیاگرام گل‌سرخی خطواره‌ها حوضه آبریز لار

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

به‌منظور تحلیل روند کلی خطواره‌ها، الگوی آن‌ها در دیاگرام گل‌سرخی خلاصه شد. همان طورکه از (شکل ۸) قابل دریافت است، در تحلیل دقیق‌تر دیاگرام گل‌سرخی خطواره‌ها، سه دسته مجزا قابل مشاهده است. دسته اول با روند شمال شرق–جنوب‌غرب و از ۱۵–۸۵ درجه است که فراوانی و طول کم‌تری نسبت به دو دسته دیگر دارد و عمود بر گسل‌های اصلی است که با آثار ناشی از درزه‌های کششی قابل تفسیر است. دسته دوم از ۱۱۵–۱۴۰ درجه با روند شمال‌غرب–جنوب‌شرق و با فراوانی متوسط و دسته سوم با بیش‌ترین فراوانی و با جهت‌گیری کلی شمال‌غرب جنوب‌شرق و از ۱۴۰–۱۷۰ درجه گسترش دارد که می‌تواند منتسب به گسل‌های اصلی و متاثر از آن‌ها باشد. تبعیت از روند کلی ساختارهای منطقه نیز این برداشت را آشکار می‌سازد.

تطابق کلی روند دو دسته با فراوانی متوسط و زیاد در هر دو نقشه خطواره‌ها و گسل‌ها نشان از پیروی خطواره‌ها از روند ساختارهای اصلی منطقه و احتمال ساختمانی بودن آن‌ها دارد. فراوانی دسته اول در نقشه خطواره‌ها بیش‌تر از دسته اول در نقشه گسل‌ها است که می‌تواند نشان‌دهنده آثار سطحی مرتبط با گسل‌های فرعی باشد.

با توجه به این‌که شبکه هیدروگرافی در سازندهای سخت و مناطق متاثر از تحرکات زمین‌ساختی از زون‌های شکستگی و نقاط ضعیف زمین تبعیت می‌کند. تحلیل روند کلی این شبکه و مقایسه آن با جهت‌گیری عناصر زمین‌ساختی و خطواره‌ها موجب دستیابی به اطلاعاتی در خصوص منشاء ساختمانی خطواره‌ها خواهد شد.

همان‌طور که از (شکل ۱) قابل دریافت است، الگوی کلی شبکه اصلی هیدروگرافی، به تبعیت از عناصر زمین ساختی در راستای کلی شمال‌غرب–جنوب‌شرق است. این روند منطبق بر جهت اصلی گسل‌های عمده منطقه است و همچنین روند رود اصلی را نمایان می‌سازد. مقایسه روند اصلی خطواره‌ها با عناصر زمین‌ساختی و شبکه هیدروگرافی، تبعیت روند خطواره‌ها از آن‌ها را نمایان کرد. این همراهی نیز، موید احتمال ساختاری بودن خطواره‌های مستخرج از تصاویر ماهواره‌ای است.

تحلیل همبستگی مکانی چشمه‌ها با عناصر زمین‌ساختی، خطواره‌ها و شبکه هیدروگرافی: با توجه به این‌که عناصر زمین‌ساختی منطبق بر نقاط ضعف زمین هستند و چشمه‌ها نیز به‌عنوان خروجی منابع آب زیرزمینی، عمدتاً از نقاط ضعف زمین تبعیت می‌کنند. رابطه مکان هندسی نقاط خروجی آب‌های زیرزمینی با عناصر زمین‌ساختی، شبکه هیدروگرافی و خطواره‌ها در محیط GIS مورد بررسی قرار گرفت و نتایج روابط در (جدول ۱) به‌طور خلاصه ارائه شده است. همان طورکه از جدول قابل دریافت است، رابطه تعداد چشمه‌ها با فاصله از عناصر ساختاری و شبکه هیدروگرافی، یک رابطه با همبستگی بالا و به‌ترتیب با ضریب تعیین ۰/۸۹ و ۰/۸۵ است. بدین‌صورت که فراوانی چشمه‌های نزدیک به عناصر زمین‌ساختی و شبکه هیدروگرافی نسبت به فواصل دورتر بیشتر است و هرچه از این عناصر فاصله گرفته می‌شود، فراوانی چشمه‌ها کمتر می‌شود. همبستگی موقعیت مکانی چشمه‌ها با فاصله از خطواره‌ها نیز روند بسیار خوب و با ضریب تعیین ۰/۹۷ را نشان می‌دهد، نزدیکی روابط همبستگی بین عوامل زمین‌ساختی، شبکه هیدروگرافی و خطواره‌ها با چشمه‌ها، به‌عنوان مکان هندسی نقاط ضعف زمین، می‌تواند تاییدی بر ارزش ساختاری خطواره‌ها در منطقه مورد پژوهش باشد.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

به‌منظور بررسی روابط بین طول عناصر زمین‌ساختی و خطواره‌ها با نقاط خروجی چشمه‌ها به‌عنوان مکان هندسی نقاط ضعف زمین و تحلیل امکان تبعیت خطواره‌ها از این عناصر، با استفاده از قطع لایه‌ها در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی، رابطه طول عناصر زمین‌ساختی و خطواره‌های موجود در زیر حوضه‌های منطقه با چشمه‌ها و همچنین نسبت به همدیگر استخراج شد. نظر به‌این که گسل‌ها امکان خروج آب‌های زیرزمینی به سطح زمین را مهیا می‌سازند. وجود رابطه مناسب همبستگی بین طول عناصر زمین‌ساختی با تعداد چشمه‌ها قابل انتظار است. بدین معنی که هر چه طول زون خردشدگی بیش‌تر باشد، شرایط لازم برای ظهور چشمه‌ها در سطح زمین بیش‌تر مهیا می‌شود. رابطه مناسب با ضریب تعیین ۰/٦۲ نشان از وجود همبستگی مناسب بین طول عناصر زمین‌ساختی و مکان هندسی چشمه‌ها در منطقه مورد پژوهش دارد. از طرف دیگر وجود همبستگی بالا بین طول خطواره‌ها و مکان هندسی چشمه‌ها با ضریب تعیین ۰/۹۳ در زیرحوضه‌های منطقه و همچنین رابطه مناسب بین طول عناصر زمین‌ساختی و طول خطواره‌ها، با ضریب تعیین ۰/٦۰ نشان از احتمال ساختاری بودن آن‌ها و وابستگی و تبعیت خطواره‌ها از عناصر زمین‌ساختی را دارد.

جدول ۱- روابط همبستگی بین عناصرخطی و مکان هندسی چشمه‌ها

روابط مورد بررسی	ضریب تعیین	رابطه همبستگی
فراوانی چشمه‌ها و فاصله از عناصر زمین‌ساختی	۰/۸۹	y = 0.8848x + 14.867
فراوانی چشمه‌ها و فاصله از شبکه هیدروگرافی	۰/۸۵	y = -6.9x + 40.7
فراوانی چشمه‌ها و فاصله از خطواره‌ها	۰/۹۷	y = -1.9083x + 19.208
طول عناصر زمین‌ساختی و فراوانی چشمه‌ها در زیرحوضه‌ها	۰/٦۲	y = 0.8245x + 13.026
طول خطواره‌ها و فراوانی چشمه‌ها در زیرحوضه‌ها	۰/۹۳	y = 1271.3x - 22162
طول خطواره‌ها و عناصر زمین‌ساختی در زیرحوضه‌ها	۰/٦۰	y = 0.7558x +6.1053

توزیع فراوانی عناصر زمین‌ساختی: فراوانی عناصر زمین‌ساختی در منطقه مورد پژوهش در (جدول ۲) خلاصه شده است. همان طورکه قابل مشاهده است، بالاترین فراوانی طول عناصر زمین‌ساختی مربوط به گسل‌های اصلی با ٦۵/ ۳۵ درصد از طول کل عناصر ساختاری است. گسل‌های فرعی، معکوس، محور ناودیس‌ها و طاقدیس‌ها به‌ترتیب با ۳۱/۱۱، ۲۲/۹٦، ٦/٦۱ و ۳/٦۳ درصد در مراتب بعدی قرار دارند. بیش از ۸۰ درصد از طول تمام انواع عناصر زمین‌ساختی در سازندهای سخت و مابقی در سازندهای کواترنر توزیع شده است. توزیع خطواره‌ها نیز از همین

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

روند تبعیت می‌کند و ۸۲/۳۲ درصد از کل طول آن‌ها در سازندهای سخت قرار دارد. این تشابه با منشاء ساختاری خطواره‌ها قابل تفسیر و توجیه است.

جدول ۲- توزیع عناصر زمین‌ساختی و خطواره‌ها به تفکیک سازندهای سخت و کواترنر

عنصر زمین‌ساختی	درصد طول از کل	٪ در سازند سخت	٪ در سازند کواترنر
گسل‌های معکوس	۲۲/۹۶	۸۰	۱۹/۸۶
محور ناودیس‌ها	۶/۶۱	۸۰/۷۲	۱۰/۲۸
گسل‌های فرعی	۳۱/۱۱	۹۰/۸۱	۹/۱۹
گسل‌های اصلی	۳۵/۶۵	۸۶/۸۱	۱۳/۱۸
محور طاقدیس‌ها	۳/۶۳	۹۸/۸۹	۱/۱۱
خطواره‌ها	----------	۸۳/۳۲	۱۷/۶۸

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، اهمیت ساختاری خطواره‌های مستخرج از تصاویر ماهواره‌ای مورد بررسی قرار گرفت. نظر به اهمیت حرکات زمین‌ساختی در ایجاد شرایط لازم برای شکل‌گیری آثار خطی و سطحی و تاثیر بر الگوی کلی خطواره‌ها و شبکه هیدروگرافی و همچنین با توجه به ارزش روابط موقعیت مکانی چشمه‌ها با گسل‌ها و خطواره‌ها به‌عنوان تاییدی بر وجود زون‌های شکستگی از تحلیل این عوامل برای تایید خطواره‌ها به‌عنوان نمودهای سطحی گسل‌های منطقه استفاده شد. نتایج تحلیل روندها، نشان داد که فراوانی و جهت‌گیری عناصر زمین‌ساختی در سه دسته مجزا قابل تفکیک است. دسته واقع در بازه ۱۳۵ تا ۱۶۶ درجه شمال‌غرب–جنوب‌شرق که حداکثر فراوانی را به‌خود اختصاص داده است، روند اصلی گسل‌های منطقه را نمایان کرد. در تحلیل خطواره‌ها نیز سه دسته کلی مشخص شد که دسته سوم با بیش‌ترین فراوانی و با جهت‌گیری کلی شمال‌غرب–جنوب‌شرق، در بازه ۱۴۰–۱۷۰ درجه گسترش دارد. تطابق روند خطواره‌ها و گسل‌های منطقه با منشاء ساختمانی خطواره‌ها قابل تفسیر است.

نتایج تحلیل جهت‌گیری شبکه هیدروگرافی نشان داد که الگوی کلی شبکه اصلی هیدروگرافی به تبعیت از عناصر زمین‌ساختی در راستای کلی شمال غرب–جنوب‌شرق است. با توجه به این‌که شبکه هیدروگرافی در سازندهای سخت از زون‌های شکستگی و نقاط ضعف زمین تبعیت می‌کند. تحلیل روند کلی این شبکه و تطابق آن با جهت‌گیری عناصر زمین‌ساختی و خطواره‌ها، موجب دستیابی به اطلاعاتی در خصوص تایید منشاء ساختمانی

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

خطواره‌ها خواهد شد. نتایج تحلیل توزیع طول عناصر زمین‌ساختی و خطواره‌ها در زیرحوضه‌های مختلف، نشان داد که بیش از ۸۰ درصد از طول تمام انواع عناصر زمین‌ساختی و همچنین خطواره‌ها در سازندهای سخت توزیع شده است، این تشابه با منشاء ساختاری خطواره‌ها قابل تفسیر و توجیه است. همچنین نتایج تحلیل مکانی، نشان داد که خطواره‌ها و گسل‌ها روابط نزدیکی با موقعیت مکانی چشمه‌ها دارند و از سوی دیگر روابط مناسبی نیز بین طول گسل‌ها و خطواره‌ها وجود دارد که می‌تواند به‌عنوان تائیدی بر انطباق خطواره‌ها با گسل‌ها و زون‌های خرد شده مورد استنتاج قرار گیرد. نتیجه این‌که استفاده از روابط مکانی چشمه‌ها و تحلیل روندها، می‌تواند به‌عنوان قدم اولیه برای محدود کردن مناطق هدف در تعیین نقاط لازم برای بررسی‌های صحرایی منشاء ساختمانی خطواره‌ها مورد استفاده قرار گیرد. در ضمن لایه اطلاعاتی خطواره‌ها که به این روش تهیه گردد و دارای روابط مکانی نزدیک با چشمه‌های منطقه و گسل‌ها باشد، قابلیت استفاده برای پتانسیل‌یابی منابع آب در سازندهای سخت، به‌عنوان یک لایه با ارزش و مستقل را دارا می‌باشد.

تقدیر و تشکر

این پژوهش با استفاده از امکانات پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری به انجام رسیده است از همراهی و مساعدت مسئولین محترم پژوهشکده تشکر می‌نماییم.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

منابع

- Abdullah, A., Juhari, M. A., Ibrahim, A., (2010), "The extraction of lineaments using slope image derived from digital elevation model: Case study of Sungai Lembing – Maran area, Malaysia," ***Journal of applied sciences research***, 6 (11): 1745-1751.

- Ali, S. A., Pirasteh, S., (2004), "Geological applications of Landsat enhanced thematic mapper (ETM) data and geographic information system (GIS): mapping and structural interpretation in south-west Iran, Zagros Structural Belt, ***International journal of remote sensing***, 25: 4715–4727.

- Al-Muqdadi, S. W., Merkel, B. J., (2012), "Interpretation of groundwater flow into fractured aquifer," ***International Journal of Geosciences***, 3 (2): 357-364.

- Arafat, M., Palanivel, K., Kumanan, C. J., (2010)," Significance of surface lineaments for gas and oil exploration in Part of Sabatayn Basin-Yemen", ***Journal of geography and geology***, 2 (1): 119-127.

- Ashenafi, G., Rao, P. J. W., (2013). "Exploring ground water occurrence in Tandava river basin, ***International Journal of civil, Structural", environmental and infrastructure engineering research and development***, 3 (2): 213-222.

- Austin, J. R., Blenkinsop, T. G., (2009), "Local to regional scale structural controls on mineralization and the importance of a major lineament in the eastern Mount Isa Inlier, Australia: review and analysis with autocorrelation and weights of evidence," ***Journal of Ore Geology Reviews,*** 35(3–4): 298–316.

- Aydogan. D., (2011), "Extraction of lineaments from gravity anomaly maps using the gradient calculation: Application to Central Anatolia", ***Journal of Earth Planets Space***, 63: 903–913.

- Biswas, A., Adarsa, J., Prakash, S. S., (2012), "Delineation of groundwater potential zones using satellite remote sensing and geographic information system techniques: A Case study from Ganjam district, Orissa, India", ***Research Journal of Recent Sciences***, 1 (9): 59-66.

- Eirini, S., Papadaki, S., Mertikas, P., Sarris, A., (2011), "Identification of lineaments with possible structural origin using Aster Images and DEM derived products in Western CRETE, GREECE", ***European Association of Remote Sensing Laboratories (EARSeL) proceedings***, 10 (1): 9-26.

- Hobbs, W. H., (1912),"Earth features and their meaning: an introduction to geology for the student and general reader", Macmillan Co., New York.

- Lattman, L. H., Parizek, R. R., (1964), "Relationship between fracture traces and the occurrence of groundwater in carbonate rocks", ***Journal of Hydrology***, 2: 73-91.

- Lazarus, G., Ndatuwong, G., Yadav, G. S., (2014), "Identifications of fractured zones in part of hard rock area of Sonebhadra District, U.P., India, using integrated surface geophysical method for groundwater exploration", ***Arabian Journal of Geosciences,*** 7 (5): 1781–1789.

- Leary, O., Friedman, D. W., Pohn, H. A., (1976), "Lineament, linear, lineation: some proposed new standards for old terms", ***Geological Society of America Bulletin***, 87:1463-1469.

- Lee, M., Morris, W., Harris, J., Leblanc, G., (2012), "An automatic network-extraction algorithm applied to magnetic survey data for the identification and extraction of geologic lineaments", ***Journal of The Leading Edge***, 31(1): 26–31.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

- Mah, A., Taylor, G. R., Lennox, P., Ballam L., (1995), "Lineament analysis of land sat thematic mapper images, Northern Territory, Australia", ***Journal of Photogrammetric Engineering and Remote Sensing***, 61: 671-773.
- Mallast, U., Gloaguen, R., Geyer, S., Rödiger, T., Siebert, C., (2011), "Derivation of groundwater flow-paths based on semi-automatic extraction of lineaments from remote sensing data", ***Journal of Hydrology and Earth System Sciences***, 15: 2665-2678.
- Meijerink, A. M. J., Bannert, D., Batelaan, O., Lubczynski, M.W., Pointet,T., (2007), " Remote Sensing Application to ground water exploration ", ***Published by the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization Place de Fontenoy***: Paris.
- Meshkani, S. A., Mehrabi, B., Yaghubpur, A., Sadeghi, M., (2013) "Recognition of the regional lineaments of Iran: Using geospatial data and their implications for exploration of metallic ore deposits",***Journal of Ore Geology Reviews*** , 55: 48–63.
- Mostafa, M. E., Bishta, A. Z., (2005), "Significance of lineament patterns in rock unit classification and designation: a pilot study on the Gharib Dara area, Northern Eastern Desert, Egypt", ***International Journal of Remote Sensing***, 7: 1463-1475.
- Pirasteh, S., Pradhan, B., Safari, H. O., Ramali, M. F., (2013), "Coupling of DEM and remote-sensing-based approaches for semi-automated detection of regional geostructural features in Zagros Mountain", Iran, ***Arabian Journal of Geosciences***, 6: 91-99.
- Pradhan, B., Pirasteh, S., Varatharjoo, R., (2010), "Enhancement of Semi-Automated lineament extraction from IRS-1B satellite images for part of Himalayan region", ***International Journal of Geoinformatics***, 6 (2) :41-50.
- Ramli, M. F., Yusof, N., Yusoff, M. K., Juahir, H., Shafri, H.Z.M., (2010) "Lineament mapping and its application in landslide hazard assessment: a review," ***Bulletin of Engineering Geology & Environment***, 69:215-233.
- Singh, V. P., Singh, R. P., (2005)," Changes in stress pattern around epicentral region of Bhuj earthquake", ***Journal of Geophysical Research Letters***, 32:1-4.
- Solomon, S., Ghebreab, W., (2006), "Lineament characterization and their tectonic Significance using Landsat TM data and field studies in the central highlands of Eritrea". ***Journal of African Earth Sciences***, 46: 371-378.
- Stocklin, J., (1974)," Northern Iran: Alborz mountains, mesozoic-cenozoic orogenic belt, data for orogenic studies", geological society London, Edn. Scottish Academic Press, London.
- Tessema, A., Mengistu, H., Chirenje, E., Tamiru, A., Molla, A., and Demli, B., (2012),"The relationship between lineaments and borehole Yield in North West Province, South Africa: results from geophysical studies", ***Hydrogeology Journal***, 20: 351-368.
- Yassaghi, A., (2006), "Integration of Landsat imagery interpretation and geomagnetic data on verification of deep-seated transverse fault lineaments in SE Zagrosa, Iran", ***International Journal of Remote Sensing***, 27: 4529-4544.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]