

آنالیز خطوارگی در رخنمون‌های آهکی و اهمیت آن در بهینه‌سازی استخراج (مورد مطالعه: معادن سنگ ساختمانی کرمان)

فرهاد حمزه^۱ و شهرام شفیعی بافتی^{۲*}

^۱ کارشناسی ارشد، گروه مهندسی معدن، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

^۲ استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۳/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۳/۱۱

چکیده

یکی از اساسی‌ترین مسائل در اکتشاف و استخراج معادن سنگ ساختمانی، شناسایی و مدل‌سازی ناپیوستگی‌ها است. عموماً در معادن سنگ ساختمانی، آنالیز ناپیوستگی‌ها مورد توجه قرار نمی‌گیرد و در مراحل استخراج مسائل بسیاری را به وجود می‌آورد. این پژوهش به بررسی و مطالعه ناپیوستگی‌ها در رخنمون‌های آهکی در مقیاس تصاویر ماهواره‌ای پرداخته است. معادن سنگ ساختمانی اطراف کرمان در واحدهای آهکی مربوط به دوره کرتاسه قرار گرفته‌اند. مطالعات زمین‌شناسی نشان می‌دهد که توسعه خطوارگی‌ها ناشی از عملکرد دو سیستم گسلش (امتدادلغز و نرمال) بوده است. گسلش نرمال عملکرد بارزی دارد و سبب توسعه شدید ناپیوستگی‌ها در معادن سنگ ساختمانی شده است. برای آنالیز خطوارگی‌ها در ابتدا با استفاده از نرم‌افزار Envi تصویر باندها ۸ سنجنده ETM⁺ در سه جهت ۴۵، ۹۰ و ۳۱۵ درجه فیلتر شد و سپس با استفاده از نرم‌افزار ArcMap ویژگی‌های خطوارگی‌ها (همچون جهت‌گیری، طول، تقاطع و تعداد خطواره‌ها) در محیط GIS تعیین و نقشه خطوارگی و نقشه تراکم برای هر رخنمون تهیه شد. مقایسه ویژگی‌های خطوارگی در روش GIS و بازدید صحرایی یک تطابق بالا بین دو روش را ثابت می‌کند. نتایج این مطالعه، شکستگی شدیدی را در رخنمون‌ها نشان می‌دهد. می‌توان نتیجه گرفت که بیشتر رخنمون‌ها ریسک بالایی برای استخراج نشان می‌دهند.

کلیدواژه‌ها: آنالیز خطوارگی، رخنمون‌های آهکی، استخراج معادن سنگ ساختمانی کرمان.

E-mail: Shafei_Shahram@uk.ac.ir

* نویسنده مسئول: شهرام شفیعی بافتی

۱- پیش‌نویس

به استناد نقشه زمین‌شناسی کرمان، سکناس کرتاسه در این محدوده در ساختار تاقدیس پلاتنژ در رخنمون یافته است (Dimitrijevic, 1973; Huckride et al., 1962). بخش‌های شمال باختری رخنمون کرتاسه در این محدوده به طور دگرشیب توسط کنگلومرای کرمان پوشیده شده است. مطالعه عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای نشان می‌دهد که گسلش در دو راستای شمال - شمال باختری و جنوب - جنوب خاوری (NNW-SSE) و شمال خاوری - جنوب باختری (NE - SW) توسعه پیدا کرده است. بررسی نشان می‌دهد که کنگلومرای کرمان نیز تحت تأثیر فاز گسلش در این منطقه قرار گرفته است. می‌توان نتیجه گرفت که گسل‌ها و شکستگی‌های موجود در توالی کرتاسه جوان‌تر از پالتوسن هستند (شکل ۲).

در این محدوده گسلش در دو الگوی امتدادلغز و نرمال عملکرد داشته است. گسلش امتدادلغز به لحاظ مورفولوژی عوارض کاملاً واضحی را بر جای گذاشته است. یکی از عوارض ژئومورفولوژیکی، دره‌های گسلی فراوان در رخنمون سنگی محدوده مورد مطالعه است. ایجاد این آبراه‌ها بر بسترهای سنگی نتیجه خردشدگی سنگ در پهنه گسلش می‌باشد. شواهد صحرایی نشان می‌دهد که گسلش امتدادلغز تغییراتی در مؤلفه‌های جنبشی داشته است، به طوری که می‌توان در خصوص این گسل‌ها طیف جنبشی از حرکات امتدادلغز محض تا امتدادلغز با مؤلفه مورب‌لغز را در سطوح گسلش مشاهده نمود (شکل ۳). دگرشکلی سنگ در پهنه گسلش با توسعه برش یا گوژ گسلی نمایان شده است. برش‌ها در پهنه‌های گسلی به صورت تجمعی از قطعات خرد شده از آهک‌های کرتاسه در زمینه‌ای رسی رخنمون دارند. با توجه به فرسایش‌پذیرتر بودن برش‌ها نسبت به سنگ آهک، پهنه گسلش و محدوده تجمع برش بر اثر فرسایش نسبت به دیوارهای اطراف ژرف‌تر گردیده و به صورت آبراه در بستر سنگی رخنمون یافته است (شکل ۴).

گسلش نرمال نیز مشابه با گسلش امتدادلغز دارای عوارض و سیماهای مورفولوژیکی و زمین‌شناسی بارزی در محدوده معادن سنگ سعیدی می‌باشد.

در بحث اکتشاف سنگ‌های ساختمانی، شناسایی، تجزیه و تحلیل ناپیوستگی‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است و همچنین در بحث استخراج نیز شناسایی سیستم ناپیوستگی‌ها می‌تواند در یافتن بهترین مدل و مسیر استخراج مورد استفاده قرار گیرد. متأسفانه در بیشتر معادن سنگ ساختمانی، موضوع شناسایی و مطالعه ناپیوستگی‌ها مورد توجه معدن‌کاران نیست و زمانی به اهمیت این مسئله توجه می‌شود که هزینه‌های هنگفتی در مسیرهای نامناسب در جبهه کارها صرف شده است. این پژوهش به تحلیل ناپیوستگی‌ها در رخنمون‌های آهکی اطراف شهر کرمان که به عنوان اصلی‌ترین و بزرگ‌ترین منابع استخراج سنگ‌های ساختمانی در استان کرمان مورد استفاده قرار می‌گیرد پرداخته است. بسیاری از جبهه کارهای معادن این منطقه به دلیل خردشدگی شدید سنگ و راندامن پایین تولید بلوک‌های با حجم اقتصادی مناسب با عدم فعالیت یا با کمترین راندامن فعالیت مواجه شده‌اند. هدف این نوشتار تحلیل ناپیوستگی‌ها در رخنمون‌های آهکی و پاسخ به این سؤال است که آیا رخنمون‌های آهکی به لحاظ شدت شکستگی یا خردشدگی وضعیت مناسبی برای استخراج و بهره‌برداری را دارا هستند یا خیر.

۲- زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

توالی سنگ‌شناسی در منطقه سعیدی متعلق به واحدهای کرتاسه است. آهک‌های کرتاسه در اطراف شهر کرمان رخنمون گسترده‌ای دارند و معادن سنگ ساختمانی اطراف شهر کرمان نیز در همین واحدهای سنگی مستقر هستند. سکناس کرتاسه در کوه علی‌آباد واقع در روستای زنگی‌آباد در شمال شهر کرمان شناسایی و مطالعه شده است (آنتیکلی‌ژاد، ۱۳۷۱). سکناس سنگ‌شناسی این مقطع شامل آهک‌های مارنی ماسه‌ای، آهک‌های مارنی، آهک‌های زیستی، آهک‌های تخریبی-زیستی و آهک‌های میکربیتی و مارن است (شکل ۱). در محدوده معادن سنگ سعیدی سکناس کرتاسه با شباهت زیاد به توالی ارائه شده برای مقطع کوه علی‌آباد قابل مشاهده است. در این محدوده نیز واحدهای نازک‌لایه و ستبر لایه شبیه به نیم‌رخ ارائه شده در شکل ۱ رخنمون دارند.

۴- آنالیز خطوارگی در مقیاس رخنمون

در این بخش از مطالعه، برداشت‌های انجام شده در یکی از محدوده‌های معدنی در منطقه سعیدی ارائه می‌شود و داده‌های به‌دست آمده با اطلاعات حاصل از روش GIS مقایسه شده است. در معدن سنگ سعیدی که در محدوده شماره ۷ واقع است، ۷ ایستگاه به عنوان ایستگاه‌های برداشت زمینی انتخاب شده است (شکل ۸). وضعیت ناپیوستگی‌ها در ایستگاه‌های این محدوده در شکل ۹ و جدول ۲ ارائه شده است.

مقایسه نمودار گل سرخی به دست آمده از محدوده شماره ۷ با نمودار گل سرخی ایستگاه‌های برداشت زمینی در محدوده معدن سنگ سعیدی نشان می‌دهد که روند چیره خطوارگی‌ها در راستای N45E تا راستای N60E قرار می‌گیرد. مقایسه روند خطوارگی به دست آمده از دو روش یاد شده، انطباق بسیار خوب نتایج برداشت‌های زمینی و برداشت با روش GIS در این گونه مطالعات را نشان می‌دهد (شکل ۱۰).

۵- آنالیز تراکم خطواره‌ها

با استفاده از روش پیشنهادی (Hardcastle, 1995) نقشه‌های تراکم خطوارگی مناطق مختلف رسم شد. در این روش در ابتدا خطواره‌ها در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی استخراج شده و سپس با استفاده از یک شبکه مناسب پارامترهای مختلفی مانند، طول خطواره‌ها (a)، تقاطع خطواره‌ها (b) و تعداد خطواره‌ها (c) از درون هر سلول شبکه تعیین شده و سپس با استفاده از رابطه (۱) تراکم خطوارگی (PFV) در هر سلول به دست می‌آید.

$$\text{PFV} = (a/A) + (b/B) + (c/C) \quad (1) \text{ رابطه}$$

در این رابطه مقادیر A، B، C به ترتیب میانگین پارامترهای طول خطواره‌ها (a)، تقاطع خطواره‌ها (b) و تعداد خطواره‌ها (c) در کل منطقه است. با استفاده از روش درون‌یابی معکوس فاصله، مقادیر تراکم خطوارگی در محیط GIS تهیه شد. سپس تصاویر راستری رنگی به دست آمده روی تصاویر ماهواره‌ای منطبق شدند و برای هر محدوده پارامتر تراکم خطواره‌ها به وسیله نمایش نقشه‌های تراکم ارائه شده است (شکل ۱۱). آنالیز تراکم دقیقاً برای محدوده رخنمون سنگی صورت پذیرفته است.

۶- نتیجه‌گیری

رنخمون‌های آهک‌های کرتاسه در اطراف شهر کرمان و به طور کلی‌تر در این بخش از استان کرمان به عنوان بزرگ‌ترین و مهم‌ترین منابع استخراج سنگ‌های ساختمانی مورد توجه هستند. این پژوهش نشان می‌دهد که مهم‌ترین مسئله در بحث یافتن بهترین موقعیت برای طراحی جبهه کار موضوع تجزیه و تحلیل ناپیوستگی‌ها در این سنگ است. مطالعه ناپیوستگی در این منطقه در مقیاس رخنمون نشان می‌دهد که این سنگ به شدت گسل خورده و خرد شده می‌باشد. برداشت‌های انجام شده در محدوده معدن سنگ سعیدی نشان می‌دهد که ناپیوستگی‌ها دارای فاصله داری متوسط در حد ۰/۸ متر می‌باشد که نشان‌دهنده تراکم بالای ناپیوستگی‌ها است. مقایسه روند خطواره‌های استخراج شده از آنالیز تصاویر ماهواره‌ای با نقشه گسل‌های منطقه نشان می‌دهد که شکل‌گیری خطوارگی در این منطقه در ارتباط با پدیده گسلش است. به دلیل بالا بودن تراکم شکستگی‌ها بسیاری از محدوده‌های استخراج سنگ در این منطقه با راندمان بسیار پایین فعالیت می‌کنند و بسیاری دیگر نیز بدون فعالیت هستند. افزون بر مطالعه ناپیوستگی‌ها در مقیاس رخنمون، نقشه خطوارگی و نقشه تراکم خطوارگی که در مقیاس تصاویر ماهواره‌ای تهیه شده است نیز نشان می‌دهد که رخنمون‌های آهکی در این منطقه دارای تراکم بالای ناپیوستگی بوده و به لحاظ الگوهای استخراجی،

برداشت‌های صحرائی نشان می‌دهد که الگوی شاخص توسعه گسلش نرمال از الگوی لیستریک یا الگوی قفسه کتابی پیروی می‌کند. دلایلی همچون هم‌آغوش بودن این گسل‌ها و همچنین جهت جابه‌جایی چیره به سمت جنوب و جنوب خاور تأییدکننده این الگو هستند. در برخی از رخنمون‌ها این گسل‌ها با الگوی مزدوج نمایان شده‌اند، که البته یکی از سطوح دارای جابه‌جایی یا عملکرد گسترده‌تری بوده است (شکل ۵). این گروه از گسل‌ها نیز دارای پهنه برشی کاملاً مشخص همراه با توسعه برش‌های گسلی است. معیارهای جنبشی دلالت بر جابه‌جایی راست‌گرد در بیشتر گسل‌های نرمال دارد. شواهد ساختاری نشان می‌دهد که گسلش نرمال در فاز پس از گسلش امتدادلغز توسعه پیدا کرده است. از جمله این شواهد می‌توان به قطع‌شدگی و جابه‌جایی گسل‌های امتدادلغز توسط گسل‌های نرمال اشاره کرد (شکل ۳- الف؛ ۴- ب؛ ۵- ح) (شفیعی، ۱۳۸۸؛ شفیی و همکاران، ۱۳۹۱).

۳- آنالیز خطوارگی در منطقه مورد مطالعه در محیط GIS

۳-۱- روش کار

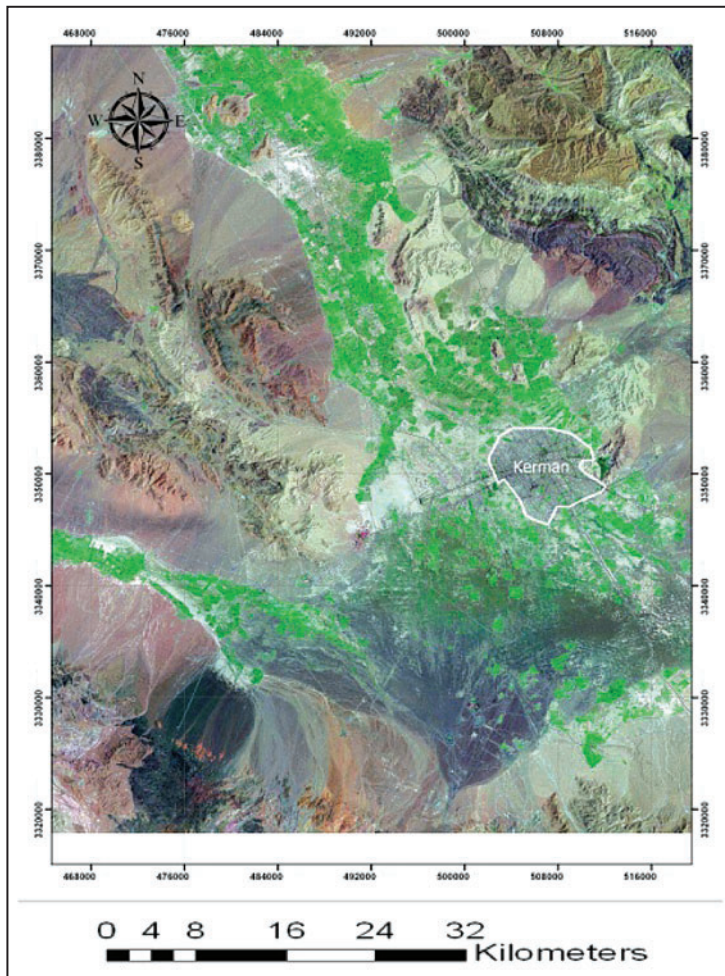
در سال‌های اخیر داده‌های سنجنش از دور در بسیاری از مطالعات زمین‌شناسی به عنوان یکی از منابع اطلاعاتی مهم مورد استفاده قرار گرفته است. تصاویر ماهواره‌ای و تحلیل داده‌های آن در محیط GIS یک روش سودمند برای مطالعات ساختاری به‌شمار می‌رود. در مطالعاتی همچون شناسایی عوارض خطی پوسته (Masoud & Katsuaki, 2011; Mobasher & Babaie, 2008; Azzizadeh et al., 2008; Khan & Glenn, 2006; Miliariasis, 2001; Koike et al., 1998; Chahine et al., 1990; Braun, 1982; Roy, 1975; Yésou and Rolet, 1990).

مطالعات مورفوتکتونیک و نونکتونیک (Walker, 2006; Walker & Allen, 2012)، مطالعات آب‌شناسی و کاوش‌های معدنی و اکتشاف منابع هیدروکربوری (Woodall, 1994; Azzizadeh et al., 2008) یکی از منابع مطالعاتی، داده‌های به‌دست آمده از تصاویر ماهواره‌ای و تحلیل آنها در محیط GIS بوده است. در استخراج خطواره‌ها در محیط GIS از روش‌های متفاوتی مثل پردازش و فیلتر کردن تصاویر و استخراج اتوماتیک استفاده می‌شود (Raghavan et al., 1995). در روش فیلتر کردن، عوارضی مانند آبراهه‌ها، رودخانه‌ها، زون‌های گسلی، شکستگی‌ها، پرتگاه گسلی و مرزهای سنگ‌شناسی به شناسایی خطواره‌ها کمک می‌کند (Fernandes et al., 2005). برای انجام آنالیز خطوارگی ابتدا نیاز به تهیه نقشه خطوارگی است. در این خصوص و با استفاده از تصویر ماهواره‌ای لندست (زمان تصویربرداری در تاریخ June 2002) با قدرت تفکیک ۱۵ متر و همچنین با استفاده از نرم‌افزار ENVI 4.1، تصویر باند پان کروماتیک با استفاده از فیلترهای جهت‌دار فیلتر شد. سه فیلتر مختلف در جهت‌های ۳۱۵، ۹۰ و ۴۵ درجه استفاده گردید که کرنل (Kernel) این فیلترها در جدول ۱ ارائه شده است. در این فیلترها با توجه به وزن المان‌ها، مقادیر پیکسل‌ها در تصاویر به نحوی تغییر پیدا می‌کنند که عوارضی که در جهت‌های فیلتر شده قرار می‌گیرند، بارزتر می‌شوند. ابتدا تصویر ماهواره‌ای لندست با قدرت تفکیک ۱۵ متر در نرم‌افزار ENVI فراخوانی شد، سپس با استفاده از روش فیلترگذاری جهتی، تصویر در سه جهت ۳۱۵، ۹۰، ۴۵ درجه فیلتر شد. پس از عملیات فیلتر، تک تک تصاویر فراخوانی شده و به صورت یک تصویر RGB ذخیره گردید. بعد از فرایند فراخوانی تصویر فیلتر شده در Arc GIS و ساختن Shape File های مناسب برای سه جهت ۳۱۵ و ۴۵، ۹۰ درجه، عملیات استخراج خطواره‌ها انجام شد. با توجه به پارامترهایی همچون امتداد چیره خطوارگی‌ها و وسعت رخنمون‌های آهکی، منطقه مورد مطالعه به ۱۰ محدوده تقسیم‌بندی شد (شکل ۶). نقشه خطوارگی برای تمام محدوده‌ها به طور مجزا در شکل ۷ ارائه شده است.

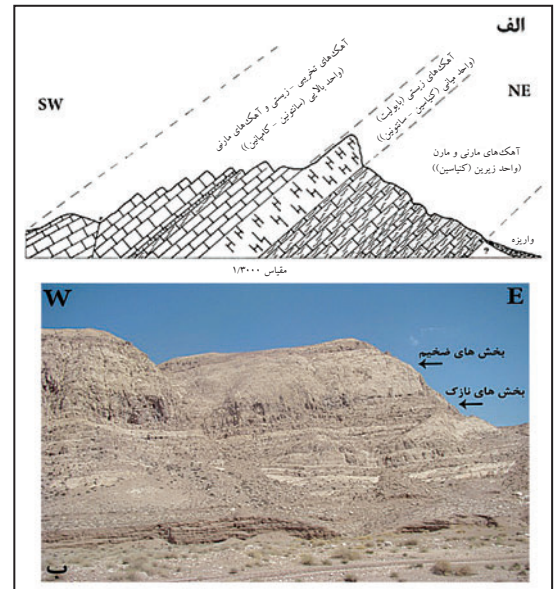
سیاسگزاری

بدینوسیله از همکار ارجمند جناب آقای دکتر حجت‌الله رنجبر به سبب ارائه نظرات ارزشمندشان و همچنین از آقای مهندس شمس‌الدینی به خاطر همکاری در اجرای این پژوهش تشکر و قدردانی می‌گردد.

ریسک استخراجی بالایی دارند. این مطالعه نشان می‌دهد که مهم‌ترین پارامتر در طراحی الگوی استخراجی و تعیین بهترین موقعیت برای جبهه کار، مطالعه دقیق الگوی ناپوستگی‌ها در مقیاس تصاویر ماهواره‌ای و همچنین مقیاس رخنمون است.

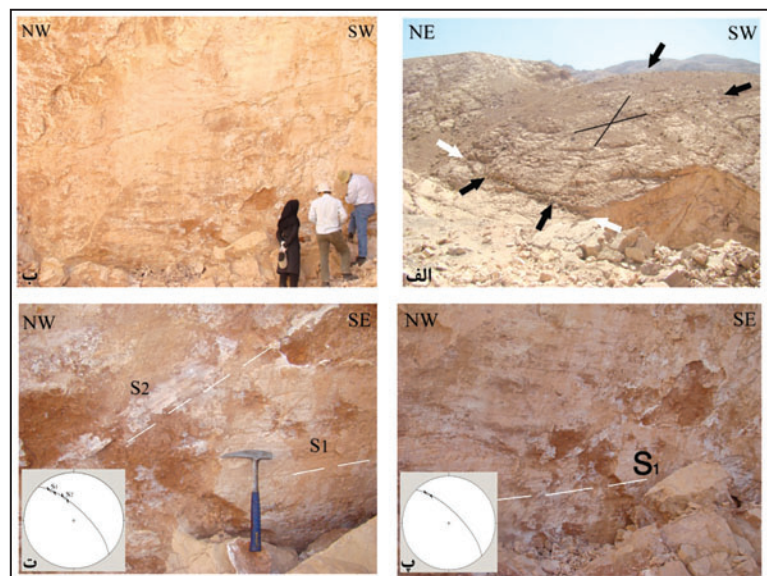


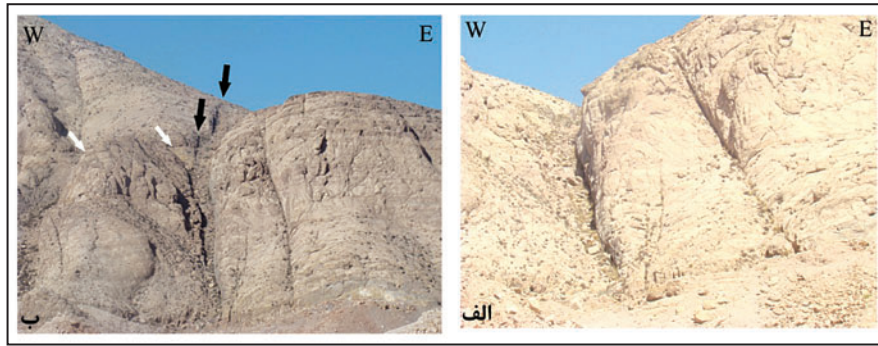
شکل ۲- تصویر ماهواره‌ای رخنمون‌های کرتاسه (بخش‌های کرم رنگ) و موقعیت شهر کرمان.



شکل ۱- الف) مقطع زمین‌شناسی سکانس کرتاسه در کوه علی‌آباد در روستای زنگی‌آباد (آنتیکی نژاد، ۱۳۷۱ و ۱۳۸۶)؛ ب) نمایی از بخش‌های نازک لایه و ستبر لایه در محدوده معادن سنگ سعیدی.

شکل ۳- الف) توسعه گسلش امتداد لغز (فلش‌های سیاه) در الگوی مزدوج؛ ب) نمایی از سطح گسلش امتداد لغز؛ پ) نمایی نزدیک‌تر از سطح گسلش با بخش لغزهای تقریباً افقی به همراه شبکه استریوگرافیک مربوطه؛ ت) تغییر مؤلفه جنبشی از امتداد لغز به مورب لغز با حک شدن بخش لغز نسل دوم (S_2) بر روی بخش لغز نسل اول (S_1). شبکه استریوگرافیک موقعیت دو نسل بخش لغز را نشان می‌دهد (شفیعی، ۱۳۸۸؛ شفعی و همکاران، ۱۳۹۱).

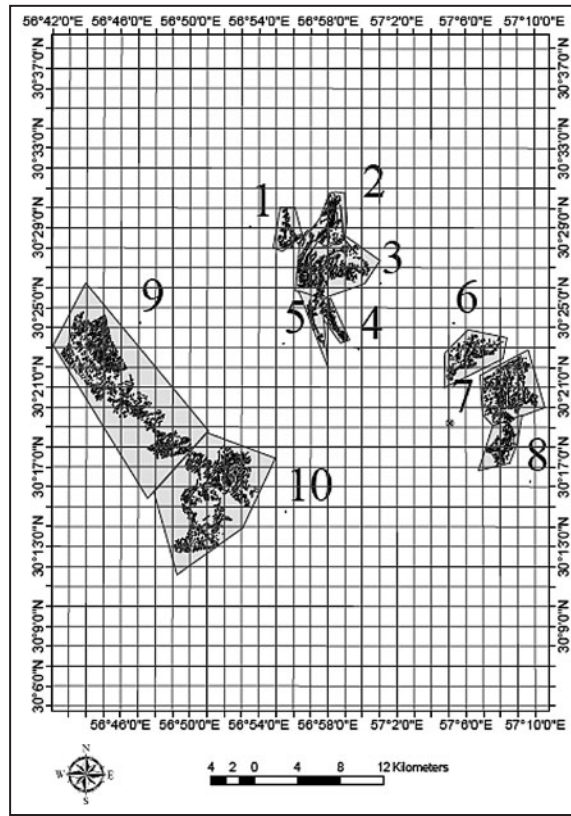




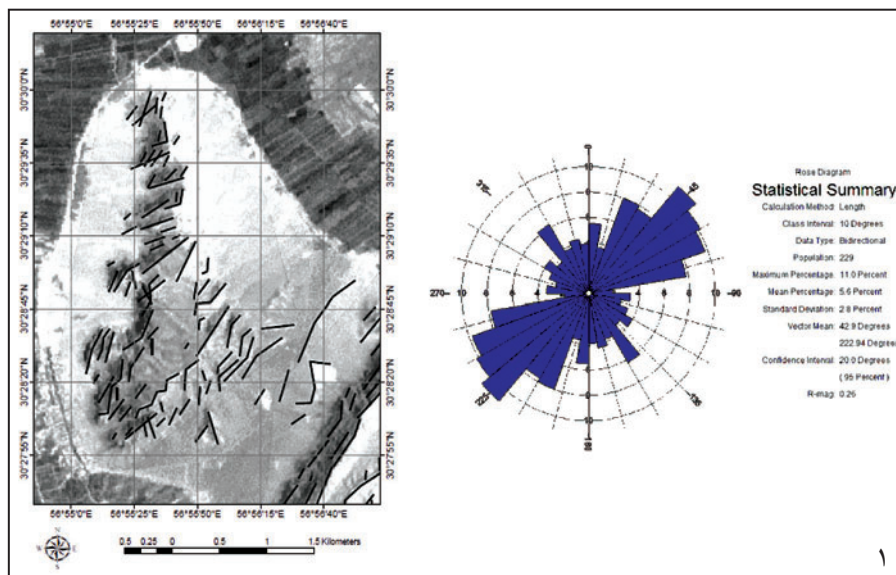
شکل ۴- الف و ب) نماهایی از آبراهه‌های ایجاد شده در راستای گسل‌های امتدادلغز که بر روی پهنه‌های برشی قرار گرفته‌اند. در شکل ب جابه‌جایی مسیر آبراهه ایجاد شده در امتداد گسل‌های امتدادلغز (فلش‌های سیاه) تحت تأثیر گسل‌های نرمال (فلش‌های سفید) نشان داده شده است (شفیعی، ۱۳۸۸؛ شفییعی و همکاران، ۱۳۹۱).



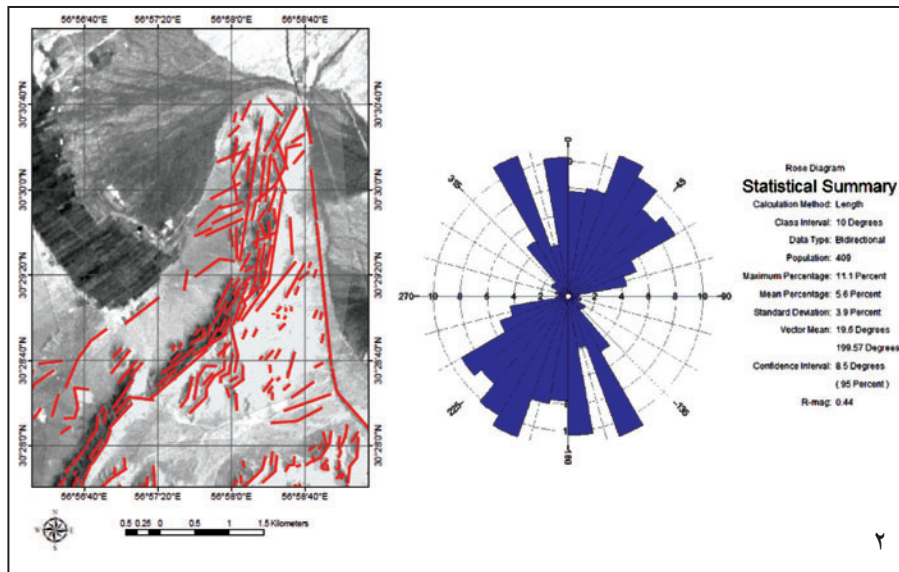
شکل ۵- الف و ب) توسعه گسلش نرمال در الگوی هم‌آغوش یا قفسه‌کتابی؛ پ) رخنمون گسلش نرمال در یکی از جبهه کارهای معدن سعیدی. پیکان‌های سفید امتدادیافتگی گسلش را در پله‌های جبهه کار نشان می‌دهد. جابه‌جایی مرز لایه‌بندی توسط این گسل با موقعیت فلش‌های سیاه‌رنگ نشان داده شده است؛ ت) نمایی نزدیک‌تر از گسلش نرمال (شکل ت) با توسعه فضای برشی Z شکل و الگوی نمادین آن؛ ج و چ) توسعه پهنه برشی شکنا، که با توسعه برش و گوژگسلی همراه بوده است؛ ح) جابه‌جایی راست‌گرد گسل‌های امتدادلغز (فلش‌های سیاه) توسط گسل‌های نرمال؛ خ) آینه گسلی و خش‌لغز بسیار واضح که نماینده جابه‌جایی راست‌گرد است. شبکه استریوگرافیک داده‌های برداشت شده از گسل ارائه شده را نشان می‌دهد (شفیعی، ۱۳۸۸؛ شفییعی و همکاران، ۱۳۹۱).



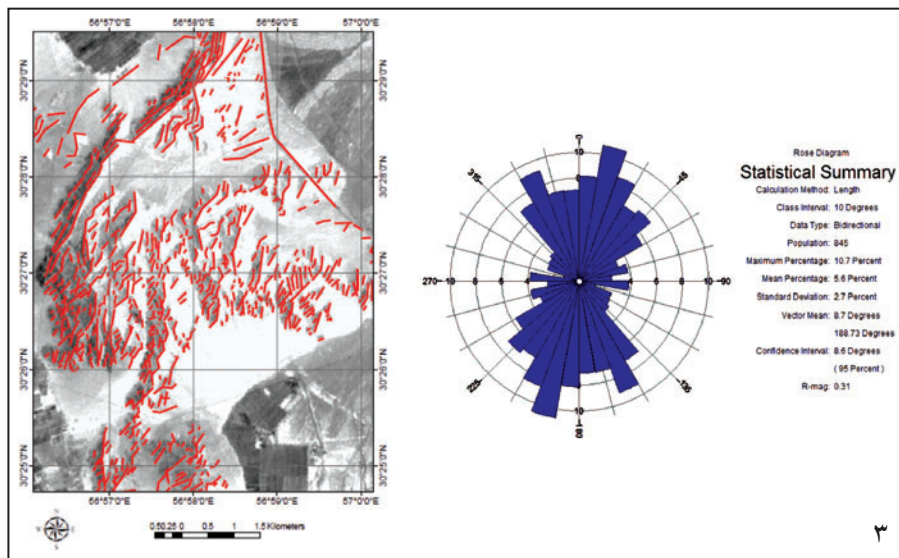
شکل ۶- خطواره‌های استخراج شده مربوط به روندهای ۴۵، ۹۰ و ۳۱۵ درجه واقع در محدوده‌های مورد مطالعه.



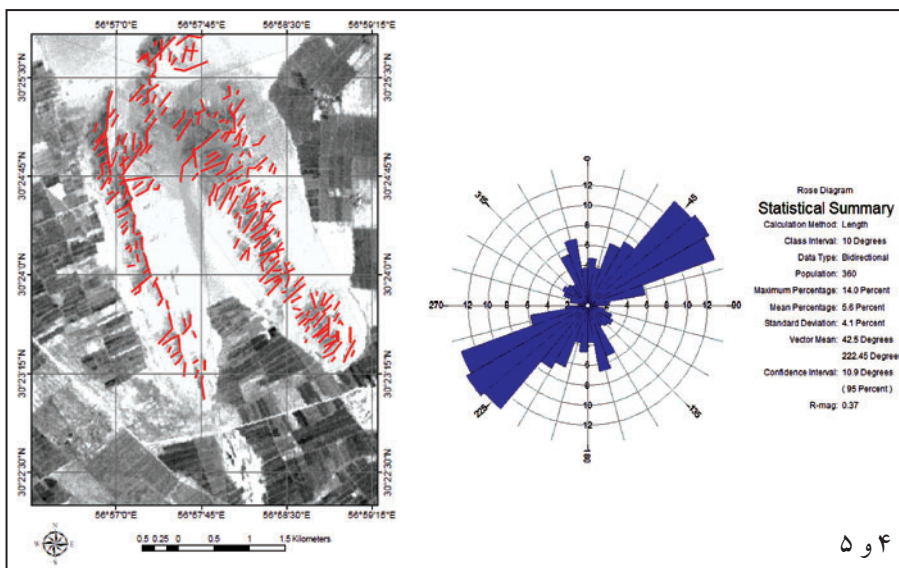
شکل ۷- خطواره‌های استخراج شده واقع در محدوده‌های مورد مطالعه (محدوده شماره ۱).



۲

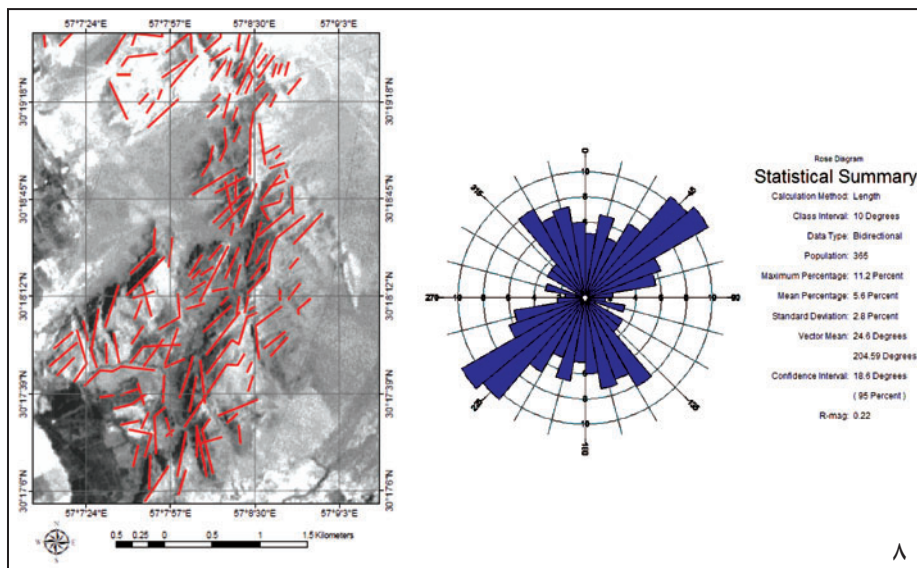
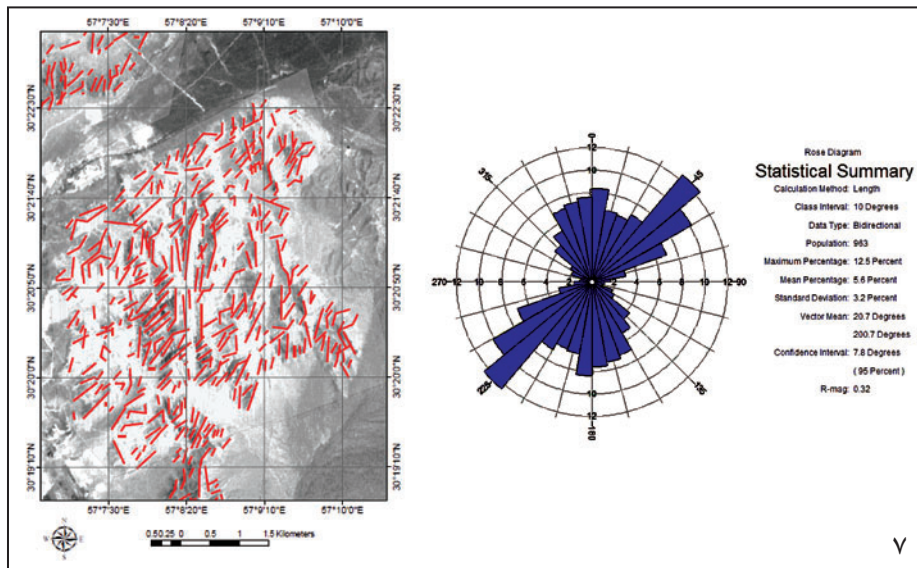
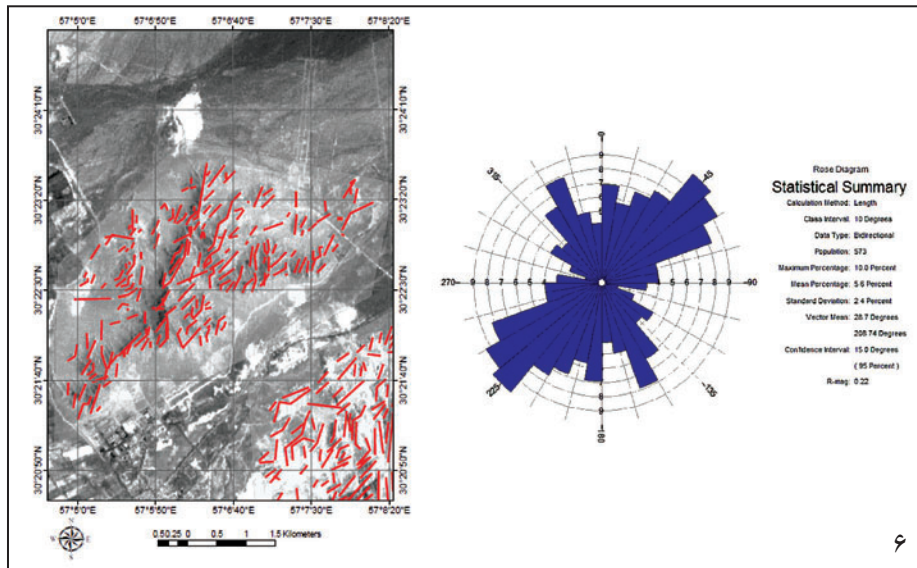


۳

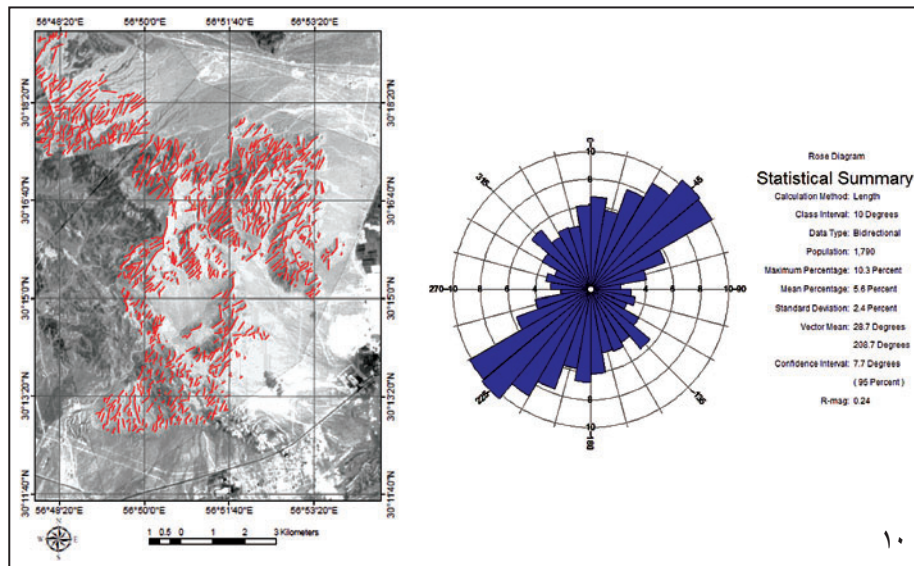
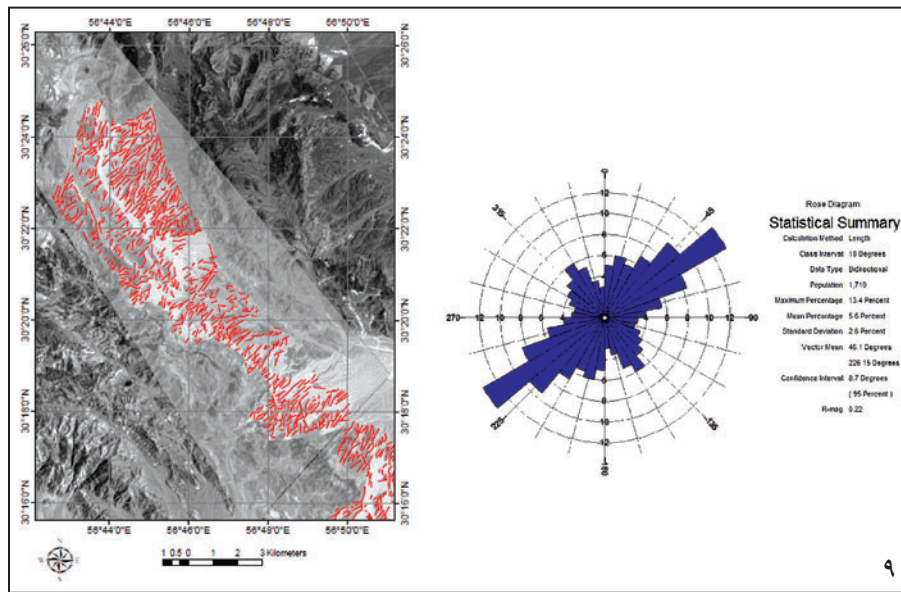


۴ و ۵

ادامه شکل ۷- خطواره‌های استخراج شده واقع در محدوده‌های مورد مطالعه (محدوده‌های شماره ۲، ۳، ۴ و ۵).

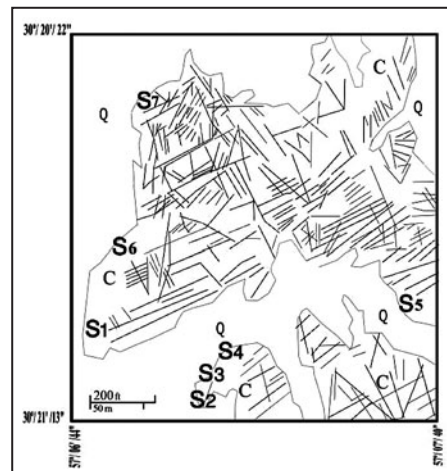


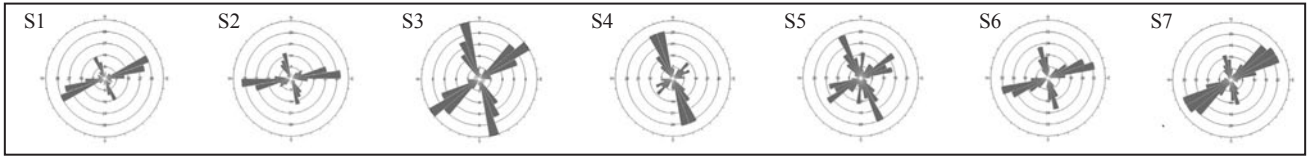
ادامه شکل ۷- خطواره‌های استخراج شده واقع در محدوده‌های مورد مطالعه (محدوده‌های شماره ۶، ۷ و ۸).



ادامه شکل ۷- خطواره‌های استخراج شده واقع در محدوده‌های مورد مطالعه (محدوده‌های شماره ۹ و ۱۰).

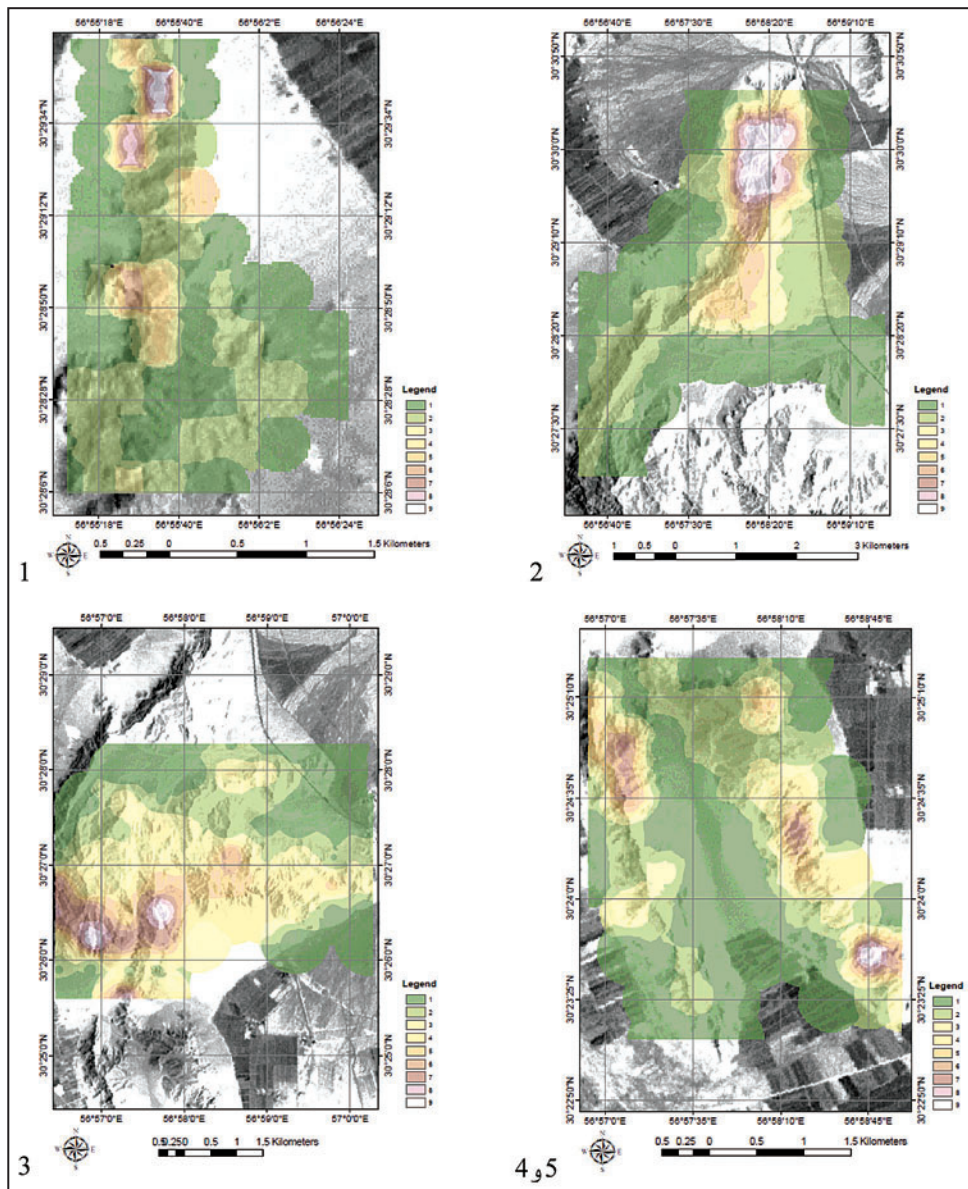
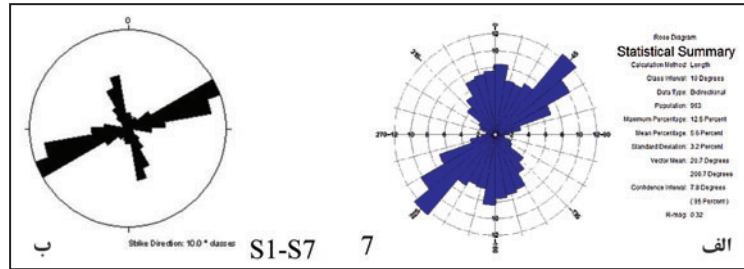
شکل ۸- موقعیت ایستگاه‌های برداشت زمینی ناپیوستگی‌ها در محدوده معدن سنگ سعیدی. حرف C رخنمون‌های آهکی و حرف Q رسوبات کواترنری را نشان می‌دهد (شفیعی، ۱۳۸۱؛ شفیی و همکاران، ۱۳۹۱).



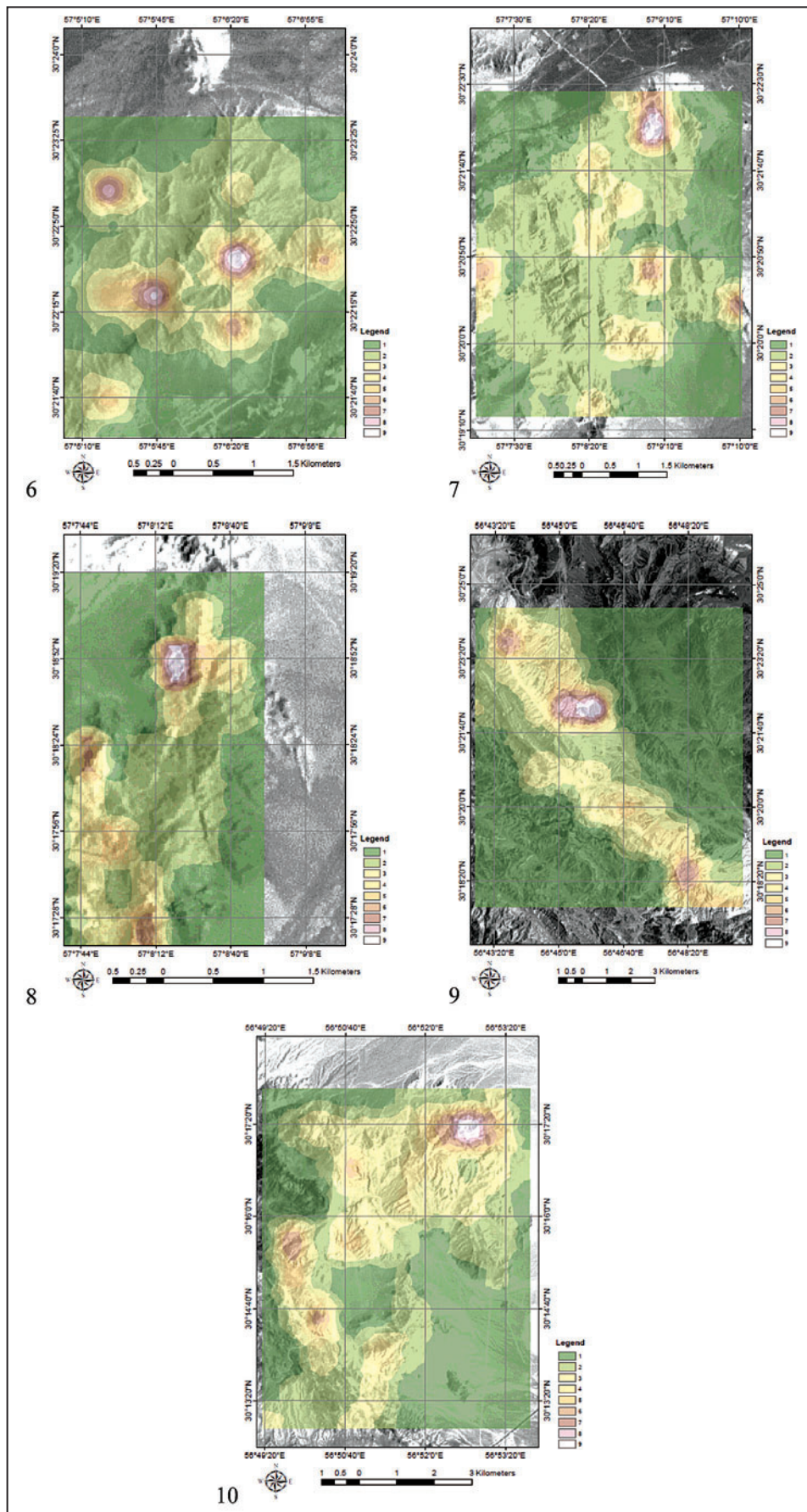


شکل ۹- نمودار گل سرخی روند ناپوستگی‌ها در ایستگاه‌های واقع در محدوده معدن سنگ سعیدی به عنوان محدوده برداشت زمینی (ایستگاه‌های S1 تا S7).

شکل ۱۰- روند خطوارگی استخراج شده به دو روش (الف) روش آنالیز تصاویر ماهواره‌ای و (ب) روش برداشت زمینی. اطلاعات برداشت زمینی مربوط به معدن سنگ سعیدی در ایستگاه‌های S1 تا S7 است که در محدوده شماره ۷ مربوط به روش آنالیز تصاویر ماهواره‌ای قرار گرفته است.



شکل ۱۱- نقشه تراکم خطوارگی در محدوده‌های مورد مطالعه (محدوده‌های شماره ۵ تا ۸). (رنگ‌هایی که در راهنمای نقشه به سمت شماره ۹ میل می‌کنند مناطق با شکستگی بیشتر را نشان می‌دهند).



ادامه شکل ۱۱- نقشه تراکم خطوارگی در محدوده‌های مورد مطالعه (محدوده‌های شماره ۶، ۷، ۸، ۹ و ۱۰).

جدول ۱- کرنل‌های مورد استفاده برای فیلتر نمودن تصویر باند ۸ ETM⁺.

Kernel 315			Kernel 90			Kernel 45		
0.0000	0.7071	1.4142	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.4142	-0.7071	0.0000
-0.7071	0.0000	0.7071	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.7071	0.0000	0.7071
-1.4142	-0.7071	-0.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.0000	0.7071	1.4142

جدول ۲- ویژگی‌های ناپیوستگی‌ها در جبهه کارهای معدن سنگ سعیدی.

جبهه کار	دسته ناپیوستگی	تعداد ناپیوستگی	میانگین امتداد	میانگین شیب و جهت شیب	میانگین فاصله داری (متر)
S1	J1	102	71.5	82.6SE	0.59
	J2	67	158.9	84.7W-SW	0.71
S2	J1	81	82.1	84.7SE	0.93
	J2	50	155.8	86.4W-SW	1.19
S3	J1	31	54	75.1N-NW	0.77
	J2	31	157	81.4W-SW	1.04
S4	J1	130	53.9	73.8N-NW	0.94
	J2	30	153.7	87.3SW	0.92
S5	J1	108	69.4	80.4S-SE	1.01
	J2	62	164.3	78NW	1.09
S6	J1	195	62.8	86.5	1.02
S7	J1	104	27.4	80.9W-NW	0.97
	J2	58	116.2	88.5S-SW	0.53

کتابنگاری

آنتیکی نژاد، ح.، ۱۳۷۱- میکرواستراتیگرافی نهشته‌های پریود کرتاسه، کوه زنگی آباد (شمال غرب کرمان). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، ۳۱۴ صفحه.

آنتیکی نژاد، ح.، ۱۳۸۶- میکروپالئونتولوژی و چینه‌شناسی سنگ آهک‌های کرتاسه بالایی کوه علی آباد شمال کرمان. یازدهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران. دانشگاه فردوسی مشهد.

سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۸۲- نقشه زمین‌شناسی کرمان با مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰.

شفیعی، ش.، ۱۳۸۸- تحلیل ساختاری شکستگی‌ها در محدوده معادن سنگ ساختمانی (مطالعه موردی، ناحیه سعیدی، شمال شرق کرمان)، گزارش نهایی طرح پژوهشی، دانشگاه شهید باهنر کرمان.

شفیعی، ش.، عبادی، م. و تراکشوند، م.، ۱۳۹۱- تحلیل ناپیوستگی‌ها در معادن سنگ ساختمانی و اهمیت آن در بهینه‌سازی استخراج (مورد مطالعه: معدن سنگ ساختمانی سعیدی، کرمان) فصلنامه علوم زمین ۸۴، ۸۹-۸۴، ۹۸.

References

- Azizzadeh, M., Shahriari, S. and Molamehr Alizadeh, F., 2008- Fracture Analysis of the Kuh-e Asmari Anticline Using Remote Sensing Techniques: A Case Study from Zagros Mountain, SW Iran, International Journal of Geoinformatics 4(2): 43-50.
- Braun, O., 1982- A structural synthesis of Brazil, based on the study of major lineaments derived from remote sensing imagery interpretation. Photogrammetria 37(3-5): 77-79.

- Chahine, M. B., Vergely, P. & Masson., Ph., 1990- Computer processing of Landsat and spot images for the morpho-structural analysis of the Wei He Graben (Shaanxi-China). Preliminary results Original Research Article ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 45(5-6): 297-315.
- Dimitrijevic, M. D., 1973- Geology of Kerman region. Insitue for Geological and Mining exploration and investigation of Nuclear and other mineral raw material. report Noyu/52.
- Fernandes da Silvaa, P. C., Crippsb, T. J.C. & Wisec, S. M., 2005- The use of Remote Sensing techniques and empirical tectonic models for inference of geological structures: Bridging from regional to local scales. Remote Sensing of Environment 96. 18-36.
- Hardcastle, K. C., 1995- Photolineament factor. A new computer-aided method for remotely sensing the degree to which dedrock is fractured. Photogrammetric Engineering and Remote sensing 61:739-747.
- Huckride, R., Kursten, M. & Venzlaff, H., 1962- Zur Geologie des Gebietes Zwischen Kerman and Sagand (Iran).
- Khan, S. D. & Glenn, N.F., 2006- New Strike-Slip Faults and Litho-units Mapped in Chitral (in Pakistan) Using Field and ASTER Data Yield Regionally Significant Results, International Journal of Remote Sensing, 27(18-20): 4495-4512.
- 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, Computer & Geosciences 24(6): 573-583.
- Masoud, A. & Katsuaki Koike, K., 2011- Auto-detection and integration of tectonically significant lineaments from SRTM DEM and remotely-sensed geophysical data Original. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 66(6): 818-832.
- Mobasher, K. & Babaie, H. A., 2008- Kinematic significance of fold- and fault-related fracture systems in the Zagros mountains, southern Iran. 451(1-4).156-169.
- Miliaresis, G.Ch., 2001- Geomorphometric mapping of Zagros ranges at regional scale. Computer & Geosciences 22:775-786.
- Raghavan, V., Masumot, S., Koike, K. & Nagano, S., 1995- Automatic lineament extraction from digital images using a segment tracing and rotation transformation approach. Computers and Geosciences 21:555-591.
- Roy, A., 1975- Significance of fold and lineament patterns in sulphide mineralization in the northeastern part of the Jabalpur (India) mineralized belt - A photogeological interpretation. Photogrammetria, 31(2): 53-64.
- Walker, T. R., 2006- A Remote Sensing Study of Active Folding and Faulting in Southern Kerman province SE Iran, Journal of Structural Geology 28: 654-668.
- Walker, F. & Allen, M. B., 2012- Offset rivers, drainage spacing and the record of strike-slip faulting: The Kuh Banan Fault, Iran. Tectonophysics, 530-531:251-263.
- Woodall, R., 1994- Empiricism and Concept in Successful Mineral Exploration, Australian Journal of Earth Sciences 41(1): 1-10.
- Yésou, H. & Rolet, J., 1990- Regional mapping of the South Armorican shear zone (Brittany, France) using remotely sensed SPOT imagery. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. 45(5-6):419-427.

Lineament Analysis in Limestone Outcrops and its Importance on Extraction Optimization (Case Study: Ornamental Stone Quarries, Kerman)

F. Hamzeh¹ & Sh. Shafiei Bafti^{2*}

¹ M.Sc., Department of Mining Engineering, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

² Assistant Professor, Department of Geology, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

Received: 2012 May 27

Accepted: 2013 June 01

Abstract

One of the most basic problems in the exploration and extraction of the ornamental stones quarries is the recognition and modeling of the discontinuities. Generally, in the most of the ornamental stones quarries, analysis of the discontinuities is not considered. This study is dealt with the discontinuities analysis in the limestone outcrops. The Kerman ornamental stones quarries are located at the Cretaceous limestone. Geological study shows a development of lineaments due to effect of two faults systems. Normal faults have a dominated feature and cause an intensive fracturing in the ornamental stones quarries. In order to analysis of the lineaments, ETM⁺ image was filtered by use of ENVI software in the orientations of 45,90 and 315 degree and then with use of ArcMap software ,characteristics of discontinuities(e.g. orientation , length, intersection and number of lineaments) have identified in GIS, and map of lineaments density was prepared for each outcrop. The comparison of lineaments characteristic in GIS and field observation reveals a high coincidence between two method . The results of this study show an intensive fracturing in the outcrops. It is concluded that most of outcrops show a high risk for extraction.

Keywords: Analysis of Lineaments, Limestone outcrops, Kerman ornamental stones quarries.

For Persian Version see pages 185 to 196

*Corresponding author: Sh. Shafiei Bafti; E-mail: Shafiei_Shahram@uk.ac.ir