

مقایسه کاربرد آنالیز روند در سه روش ژئوفیزیک هوایی

علیرضا حیدریان* و حجت‌الله رنجبر**

* مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، صندوق پستی ۶۴۶۶-۱۴۱۵۵

** گروه مهندسی معدن دانشگاه شهید باهنر کرمان، صندوق پستی ۱۳۳-۷۶۱۷۵

(دریافت: ۱۳۸۱/۱۳، پذیرش نهایی: ۱۴۱۲/۹)

چکیده

تحلیل روند سطحی نوع خاصی از رگرسیون چندگانه است که در آن متغیرهای مستقل، مختصات نقاط در محورهای مختصات و متغیر وابسته ممکن است عیار، ضخامت و یا هر متغیر مطلوب دیگری باشد. در این روش بهترین سطحی را که بتوان به کمک آن مقدار متغیر مورد نظر در هر مختصاتی را برآورد کرد، به دست می‌آوریم. به دست آوردن روند داده‌ها و ارتباط بین آنها کمک شایانی به تفسیر داده‌ها می‌کند. در مقاله حاضر این آنالیز برای داده‌های ژئوفیزیک هوایی منطقه سرچشمه که شامل شدت میدان مغناطیسی، مقاومت ویژه در بسامد ۴۶۰۰ هرتز و شمارش پتاسیم با استفاده از آشکارسازهای پرتوزایی، مورد بررسی قرار گرفته است. با در نظر گرفتن روند در این سه روش و ارتباط بین آنها در منطقه سرچشمه دیده شد که مقادیر شدت میدان مغناطیسی و مقاومت ویژه روندی مشابه و عکس روند مقادیر شمارش پتاسیم دارند و در نهایت توانایی این روش در تفسیر داده‌های ژئوفیزیک مشابه مورد تایید قرار گرفته است.

واژه‌های کلیدی: آنالیز روند، رگرسیون چندگانه، دگرسانی، سرچشمه

۱ مقدمه

سطح ممکن است با توابع درجه یک، دو، سه و یا بالاتر بیان شود. هر چه درجه توابع معرف این سطوح بیشتر باشد، امکان دسترسی به سطحی که بهترین تطابق را با مقادیر مشاهده شده داشته باشد بیشتر خواهد بود. لازم به ذکر است که این سطح نمی‌تواند بهترین برآورد را از توزیع متغیر عملی کند، بلکه روند کلی تغییرات را منعکس می‌سازد. برای مثال، باید دید آیا میزان متغیر مورد نظر در ناحیه‌ای معین و در جهتی خاص افزایش می‌یابد یا خیر.

۲ مبانی نظری تحلیل روند سطحی

معادله سطح روند، یک چند جمله‌ای مانند $Z=B_0+B_1X+B_2Y+\dots$ است که درجه سطح روند متناظر با بزرگ‌ترین درجه آن چند جمله‌ای است. در جدول ۱ جمله‌های سطوح روند تا سطح روند درجه ۳ نشان داده شده است.

محققان، از جمله دیویس، ۱۹۷۳ کاربرد آنالیز روند را به صورت گسترده‌ای تشریح کرده‌اند. با به کارگیری آنالیز روند سطحی می‌توان نقش عواملی چون تغییر جنس سنگ‌ها، پوشش گیاهی، آب و هوا و توپوگرافی و به طور کلی آنومالی‌های منطقه‌ای را روی داده‌ها ارزیابی و اثر آنها را حذف کرد و روند شاخص‌هایی نظیر کانی‌سازی احتمالی را در منطقه مشخص کرد. این نوع تجزیه و تحلیل روشی است که روند کلی تغییرات را نشان می‌دهد. به عبارت دیگر مقدار زمینه را از تغییرات تصادفی متمایز می‌کند. تحلیل روند سطحی نوع خاصی از رگرسیون چندگانه است که در آن متغیرهای مستقل، مختصات نقاط در محورهای مختصات و متغیر وابسته ممکن است عیار، ضخامت و یا هر متغیر مطلوب دیگری باشد. این روش بر پایه محاسبه سطحی است که بهترین برازش را نسبت به مقادیر مشاهده شده با حذف اثر آنومالی‌های محلی و سایر عواملی که در بالا به آن اشاره شد داشته باشد. معادله این

داخل نقشه، می‌تواند معرف روند داده‌ها باشد و در خارج از محدوده نقشه که عمل برون‌یابی صورت می‌گیرد، اعتبار کمتری دارد. در اکثر موارد سطوح روند، مدلی را که از همه نقاط داده شده بگذرد به ما نمی‌دهد، بلکه به دست آوردن یک مدل به صورت چند جمله‌ای با کمترین درجه ممکن که معرف روند تغییرپذیری داده‌ها باشد در ارجحیت قرار دارد.

۳ زمین‌شناسی منطقه سرچشمه

اکثر کانسارهای مس پورفیری در ایران، در کمربند آتشفشانی ارومیه- دختر واقع شده‌اند که کانسار مس سرچشمه یکی از این کانسارها است. این کانسار در استان کرمان در طول جغرافیایی ۵۴ درجه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه شمالی، در قسمت مرکزی رشته کوهی متشکل از مواد آتشفشانی و رسوبی چین خورده که در جهت شمال غرب- جنوب شرق از ترکیه تا بلوچستان ادامه دارد، واقع شده است. وجود چند استوک و دایک گرانودیوریتی در سنگ‌های آتشفشانی ائوسن موجب تشکیل این کانسار شده است. شکل توده کانسار بیضوی است و محدوده سنی پالئوسن تا عهد حاضر را در برمی‌گیرد. زون‌های دگرسانی که در مرکز کانسار واقع‌اند تحت تأثیر آب‌های گرمابی قرار دارند. دگرسانی پتاسیک که همراه کانی‌های فلدسپات و بیوتیت‌های ثانویه است. در بخش مرکزی کانسار قرار دارد. اطراف این ناحیه با زون سریستی احاطه شده است. دگرسانی پروپلیتیک بیشترین گسترش را در کانسار دارد و تا فواصل زیادی از مرکز کانسار، آثار آن یافت می‌شود. در این زون کانی‌های منیتیت و پیریت بیشتر دیده می‌شود.

۴ بررسی داده‌های منطقه

در سال ۱۳۷۱ برداشت ژئوفیزیک هوایی شامل رادیومتری الکترومغناطیس و مغناطیس‌سنجی زیر نظر شرکت ملی صنایع مس ایران روی منطقه‌ای به وسعت ۷۰۰۰ کیلومتر

در حالت کلی معادله، تعداد جملات معادله سطح روند درجه K برابر با $(K^2+3K)/2$ است. ضرایب معادلات سطوح روند به روش رگرسیون چندگانه محاسبه می‌شود که نرم‌افزار مربوطه این ضرایب را برای هر سطح محاسبه می‌کند.

جدول ۱. نمایش جمله‌های سطوح روند تا درجه ۳ (سون و همکاران، ۱۹۹۵).

درجه	جمله‌ها
۱	X Y
۲	X Y X ² XY Y ²
۳	X Y X ² XY Y ² X ³ X ² Y XY ² Y ³

در مدل خطی روند، نقاط دارای مقادیر حداقل و حداکثر منطبق بر لبه‌های نقشه است. در این حالت سطح به صورت خطی از یک طرف نقشه شروع و با شیب ثابت در طرف دیگر خاتمه می‌یابد. این مدل، روند تغییرات ناحیه‌ای را نشان می‌دهد و جهت برآوردهای بعدی را برای ما مشخص می‌کند. در مدل‌های درجه دو، نقاط دارای مقادیر حداقل و حداکثر داخل نقشه قرار می‌گیرند، لذا این مدل در برداشت‌هایی که در آنها ناهنجاری‌ها در محدوده نقشه وجود دارند، مناسب است. سطوح روند با درجه بیشتر از دو، در معرفی بهتر ناهنجاری به کار می‌رود. شکل سطوح روند از درجه دو به بالا تحت تأثیر توزیع نقاط روی نقشه قرار دارد، لذا بهتر است حتی‌الامکان از توزیع نقاط یکنواخت استفاده شود. به طور کلی هرچه درجه سطح روند بالاتر باشد، دقت آن در جهت دادن به داده‌ها بیشتر می‌شود. البته باید در نظر داشت که در بیشتر مواقع سطوح روند درجه بالا، گرادیان شدیدی تولید می‌کنند که بیشتر در گوشه‌ها و کناره‌های نقشه نمایان است و ارتباطی با روند کلی تغییرات ندارد. این خصوصیت به اثر حاشیه‌ای معروف است. لذا از این سطوح کمتر استفاده می‌شود. لازم به ذکر است که سطح روند مورد نظر در دامنه محدودی از مقادیر x و y در

روند درجه یک، دو و سه مربوط به شمارش پتاسیم، که در شکل ۴ نشان داده شده است، وضعیت کاملاً برعکس است و بیشترین روند را در قسمت‌های مرکزی و شمالی منطقه در جهت شرقی-غربی می‌توان مشاهده کرد که دلیل این امر وجود دگرسانی پتاسیک و فلیک در مرکز و پروپلیتیک در اطراف کانسار است. پس در کل می‌توان اظهار داشت که روند شدت میدان مغناطیسی و مقاومت ویژه در بسامد ۴۶۰۰ هرتز عکس روند میزان شمارش پتاسیم در منطقه سرچشمه است.

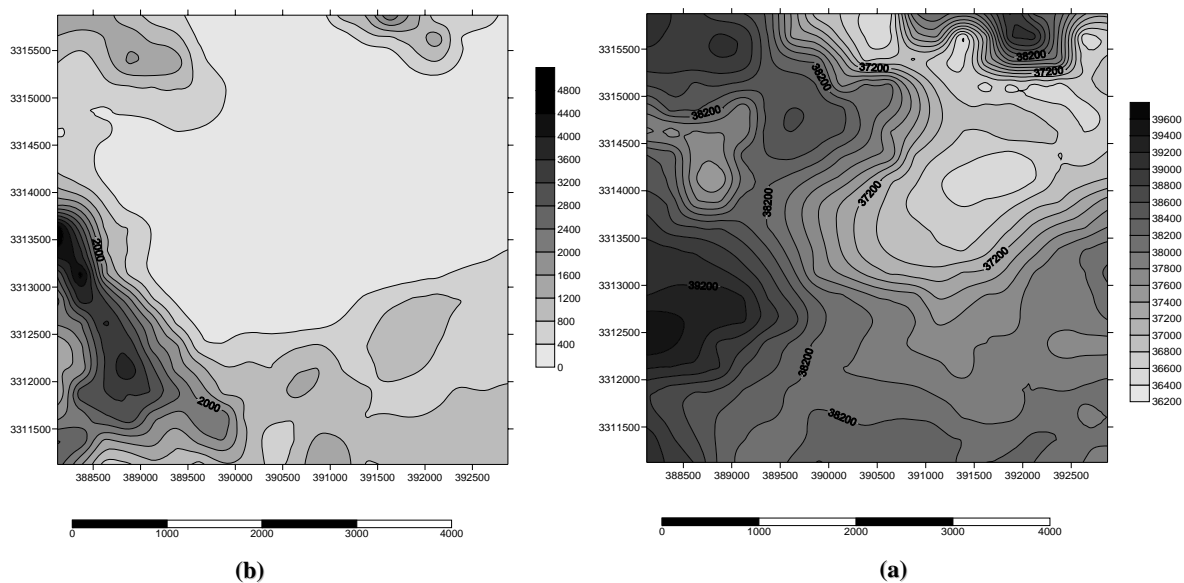
۶ نتیجه‌گیری

به‌طور کلی سطوح روند تخمین مناسبی از توزیع متغیر مورد بررسی را نشان نمی‌دهند، بلکه روند کلی تغییرات را منعکس می‌کنند که این امر بیشتر در مورد درجات پایین سطوح روند صادق است. شکل سطوح روند از درجه دو به بالا تحت تأثیر توزیع نقاط روی نقشه قرار دارد، لذا بهتر است در صورت امکان از توزیع نقاط یکنواخت استفاده شود. همچنین سطح روند در محدوده نقشه، معرف روند داده‌ها است و در خارج از محدوده نقشه اعتبار کمتری دارد. با عملی ساختن آنالیز روند سطحی در مورد داده‌های ژئوفیزیک منطقه سرچشمه، مشخص شد که می‌توان بی‌هنجاری‌های مربوط به توده کانسار و دگرسانی را به‌خوبی مشخص کرد. این آنالیز نشان می‌دهد که مقادیر شدت میدان مغناطیسی و مقاومت ویژه رفتاری کاملاً مشابه و عکس مقادیر شمارش پتاسیم دارند. این بدین معنی است که روی توده سرچشمه به‌علت وجود آلتراسیون پتاسیک، شمارش پتاسیم افزایش پیدا کرده و نیز به‌علت وجود کانی منیتیت و پیریت در زون پروپلیتیک، شدت میدان مغناطیسی و مقاومت ویژه روی این زون که عمدتاً در جنوب منطقه واقع شده افزایش یافته است.

مربع در استان کرمان که عمدتاً مناطق اطراف سرچشمه و شهر بابک را می‌پوشاند، صورت گرفت. هدف این پروژه، بیشتر اکتشاف کانی‌سازی نوع رگه‌ای و پورفیری در منطقه کرمان بود. داده‌های مغناطیس‌سنجی شامل شدت میدان مغناطیسی در منطقه بر حسب گاما، داده‌های الکترومغناطیس در منطقه به‌صورت مقادیر مقاومت ویژه در بسامد ۴۶۰۰ هرتز و داده‌های پرتوژی، مربوط به اندازه‌گیری انرژی تابشی پرتو گاما و شمارش پتاسیم است. نقشه پربندی این داده‌ها در شکل ۱ نشان داده شده است.

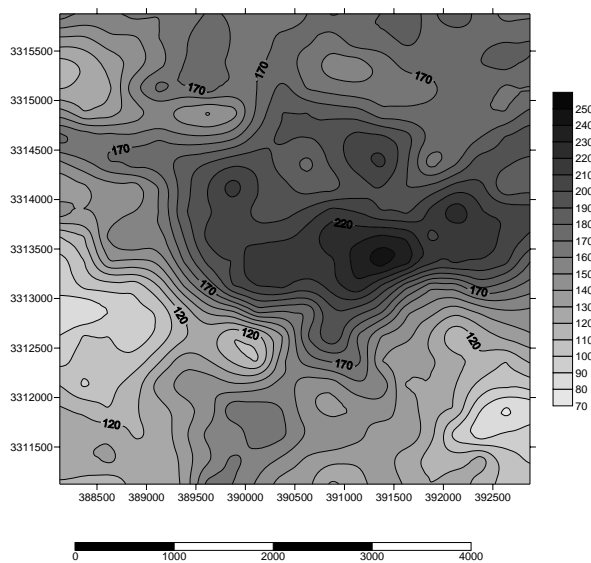
۵ آنالیز روند داده‌های منطقه

کانه‌های مغناطیسی کانسار پورفیری سرچشمه بر اثر دگرسانی و هوازدگی از بین رفته‌اند، لذا شدت میدان مغناطیسی در این منطقه کاهش یافته است، (شکل ۱-۱). علاوه بر این به خاطر رسانا بودن منطقه به شدت دگرسان شده، رزیستیویته منطقه کم است، (شکل ۱-۲). و به دلیل اینکه منطقه سرچشمه خصوصاً نواحی مرکزی آن تحت تأثیر دگرسانی‌های پتاسیک و فلیک قرار دارند دارای مقادیر بالای گامای ناشی از واپاشی عنصر پتاسیم‌اند، (شکل ۱-۳) (واترمن و هامیلتون، ۱۹۷۵) و (رنجبر و همکاران، ۲۰۰۱). پس از به انجام رسیدن آنالیز روند منطقه، بررسی نقشه‌های روند درجه یک، دو و سه مربوط به شدت میدان مغناطیسی در شکل ۲ نشان داده شده است. وضع مشابهی را نیز می‌توان در نقشه‌های روند مربوط به مقاومت ویژه در بسامد ۴۶۰۰ هرتز در شکل ۳ مشاهده کرد. همان‌گونه که در نقشه‌های روند مربوط به این دو متغیر مشخص است در مرکز و شمال شرق منطقه بی‌هنجاری مؤید وجود مقادیر پایین شدت میدان مغناطیسی و مقاومت ویژه در روی کانسار و مقادیر بالای همین کمیت‌ها به‌صورت هاله‌ای در اطراف کانسار است. در نقشه‌های



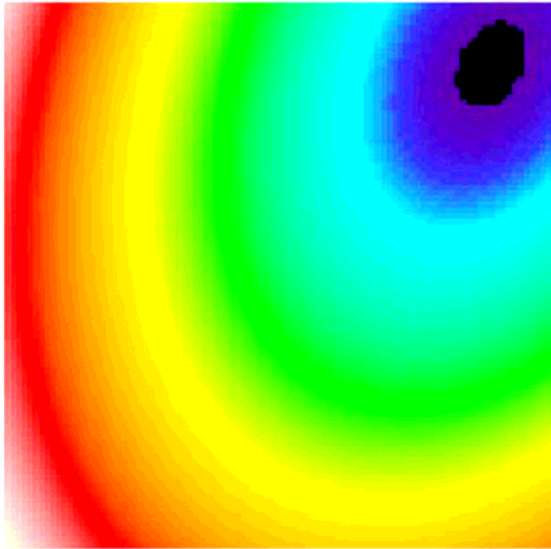
(b)

(a)

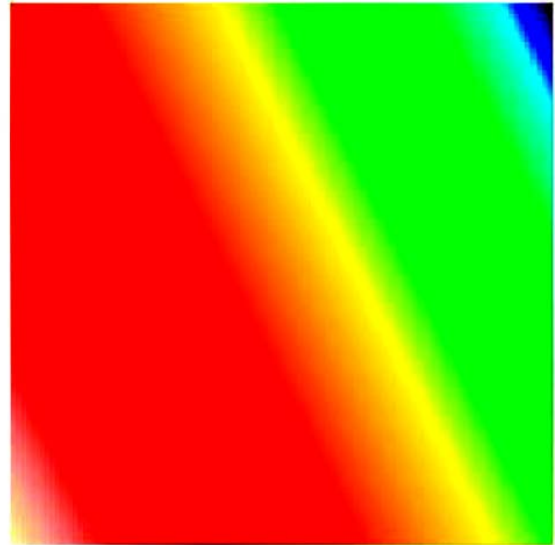


(c)

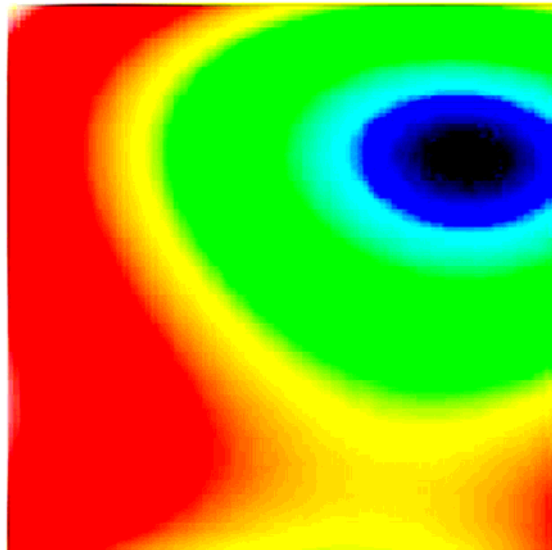
شکل ۱. نقشه پربندی (a) مغناطیس سنجی، (b) مقاومت ویژه با بسامد ۴۶۰۰ هرتز و (c) پرتوسنجی (پتاسیم) در منطقه سرچشمه کرمان.



(b)

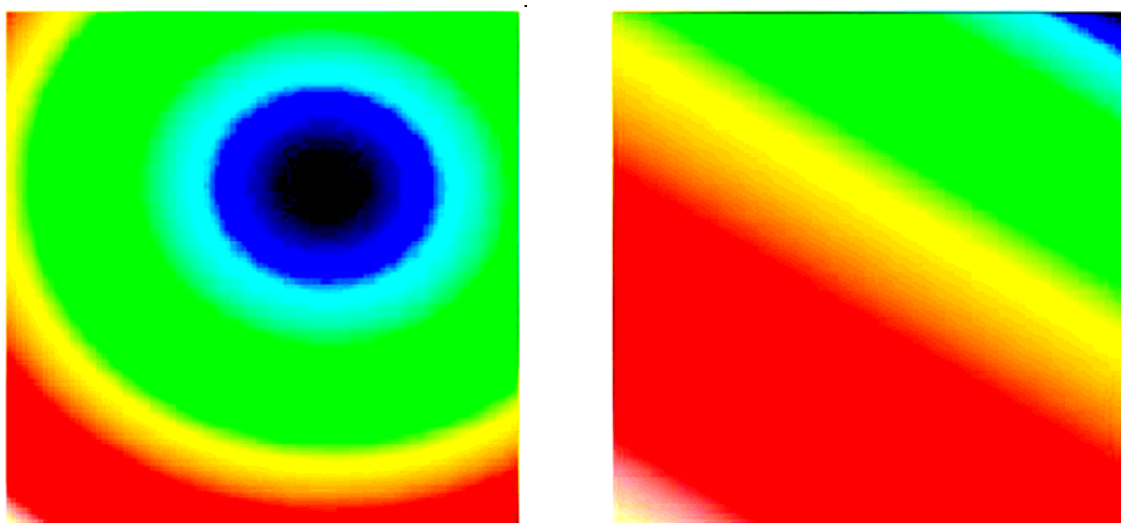


(a)



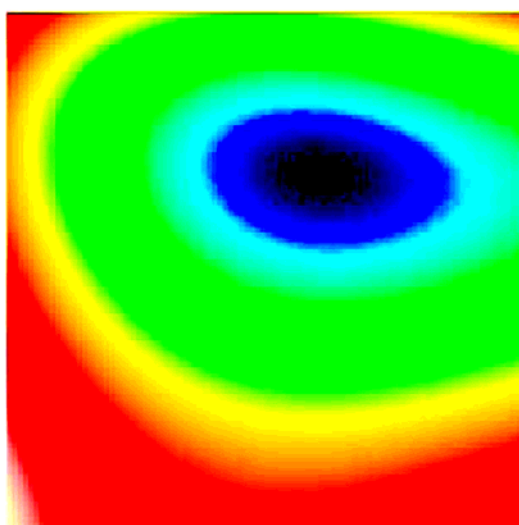
(c)

شکل ۲. نقشه روند سطحی (a) درجه یک، (b) درجه دو و (c) درجه سه مغناطیس‌سنجی در منطقه سرچشمه کرمان.



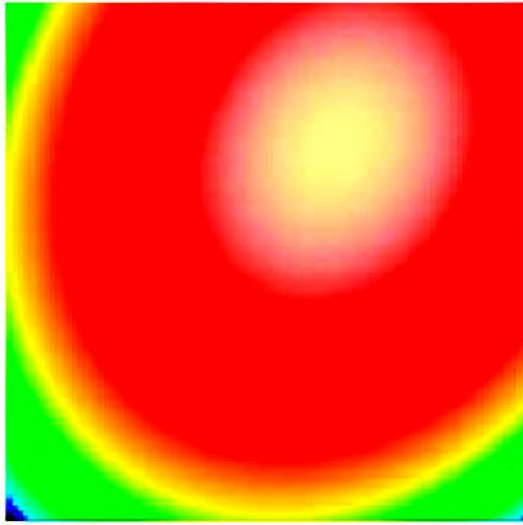
(b)

(a)

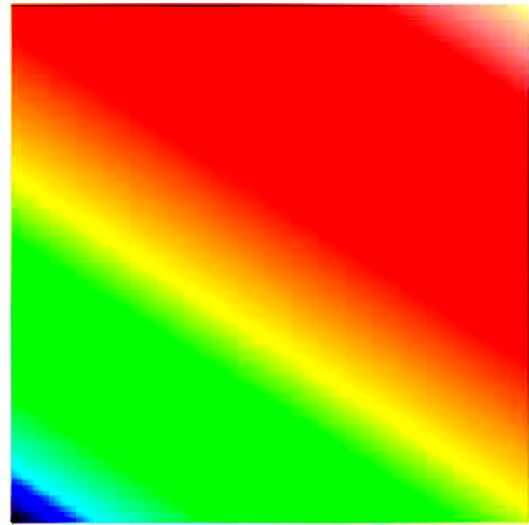


(c)

شکل ۳. نقشه روند سطحی (a) درجه یک، (b) درجه دو و (c) درجه سه مقاومت ویژه با بسامد ۴۶۰۰ هرتز در منطقه سرچشمه کرمان.



(b)



(a)



(c)

شکل ۴. نقشه روند سطحی (a) درجه یک، (b) درجه دو و (c) درجه سه پرتوسنجی (پتاسیم) در منطقه سرچشمه کرمان.

- airborne geological data of the Darreh Zar area, Kerman province, Iran, using principal component analysis: *J. Appl. Geophys.*, **48**, 33-41.
- Swan, A. R. H., Sandilands, M., and McCabe, P., 1995, *Introduction to geological data analysis*: Blackwell Science.
- Waterman, G. C., and Hamilton, R. L., 1975, The Sarcheshmeh porphyry copper deposit: *Econ. Geol.*, **71**, 568-576.
- منابع
- Davis, J. C., 1973, *Statistical and data analysis in Geology*: John Wiley and Sons.
- Pitcher, D. H., Steel, J. P., and Watson, R. K., 1994, The application of airborne geophysical techniques to delineation of hydrothermal system in base and precious metal deposit. North West Mining Association Conference. Toronto, Canada.
- Ranjbar, H., Hasan Zadeh, M., and Torabi, O., Ilaghi. 2001, *Integration and analysis of*