

جداسازی آنومالی های ژئوشیمیایی از زمینه با استفاده از مدل سازی های مولتی فرکتالی در اندیس هفت صندوق (قرزین)

زهره احتشام^(۱*)، کمال سیاه چشم^(۲)، وارطان سیمونز^(۳)، بهروز آهین^(۴)

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی اقتصادی دانشگاه تبریز، Zahraehtesham7@gmail.com

۲. استادیار گروه علوم زمین دانشگاه تبریز، kl_siahcheshm@yahoo.com

۳. استادیار مرکز تحقیقات علوم پایه دانشگاه تبریز، simmonds_vartan@yahoo.co.uk

۴. کارشناس ارشد زمین شناسی اقتصادی، b.ahin1354@gmail.com

چکیده

جداسازی های آنومالی های ژئوشیمیایی از زمینه برای عناصر گوناگون از مهم ترین بخش های یک مطالعه اکتشافی است. امروزه روش هایی مبتنی بر هندسه فرکتال، توزیع سطحی داده ها و نیز شکل هندسی آنومالی ها کاربرد زیادی در این ارتباط یافته اند. در این پژوهش از نتایج آنالیز ICP-MS ۹۹ نمونه لیتیک برداشته شده از یک شبکه منظم در اندیس هفت صندوق (۲۵ کیلومتری شمال غرب تاکستان) استفاده شده است. روش فرکتالی عیار - مساحت برای جداسازی مناطق آنومالی عناصر مس، نقره و سرب از زمینه براساس نتایج حاصل از آنالیز نمونه ها با عیار بالا بسیار قابل توجه بوده در اندیس هفت صندوق به کار برده شده است. که در این اندیس رخنمون سطحی آثار کانی زایی اکسیدی آهن و اکسیدی کربناتی مس بر روی سنگ میزبان (سنگ های آتشفشانی آندزیتی- بازالتی ائوسن میانی) با گسترش بسیار قابل مشاهده است. طبق نتایج به دست آمده از نمودار های مولتی فرکتالی و نقشه های توزیع ژئوشیمیایی و تطبیق آن با نقشه زمین شناسی منطقه برای عنصر مس ۴ مرحله غنی شدگی و نقره و سرب ۳ مرحله غنی شدگی وجود دارد طوری که افزایش بعد فرکتالی عناصر مس، نقره و سرب رخداد آنومالی این عناصر در منطقه را به اثبات می رساند. با توجه به نقشه های توزیع ژئوشیمیایی عناصر، آنومالی مس در تمامی بخش ها و نقره عمدتاً در شمال غربی و سرب در بخش مرکزی محدوده می باشد.

واژگان کلیدی: اندیس هفت صندوق؛ مس؛ نقره؛ مدل سازی مولتی فرکتال؛ روش عیار - مساحت.

مقدمه

جدایش آنومالی ها از زمینه یکی از مهم ترین و کلیدی ترین مراحل در اکتشافات ژئوشیمیایی می باشد که نقش مهمی را در یافتن مناطق امید بخش جهت اکتشاف های تفصیلی تر ایفا می کند. در صورت عدم دقت در تعیین درست زمینه هر عنصر در منطقه، میزان آنومالی ها در آن منطقه دچار نوسان شده و سبب خطا های اساسی در برآورد محدوده های امید بخش برای ادامه عملیات اکتشافی می شود (Moon, whateley, Evans, 2006).

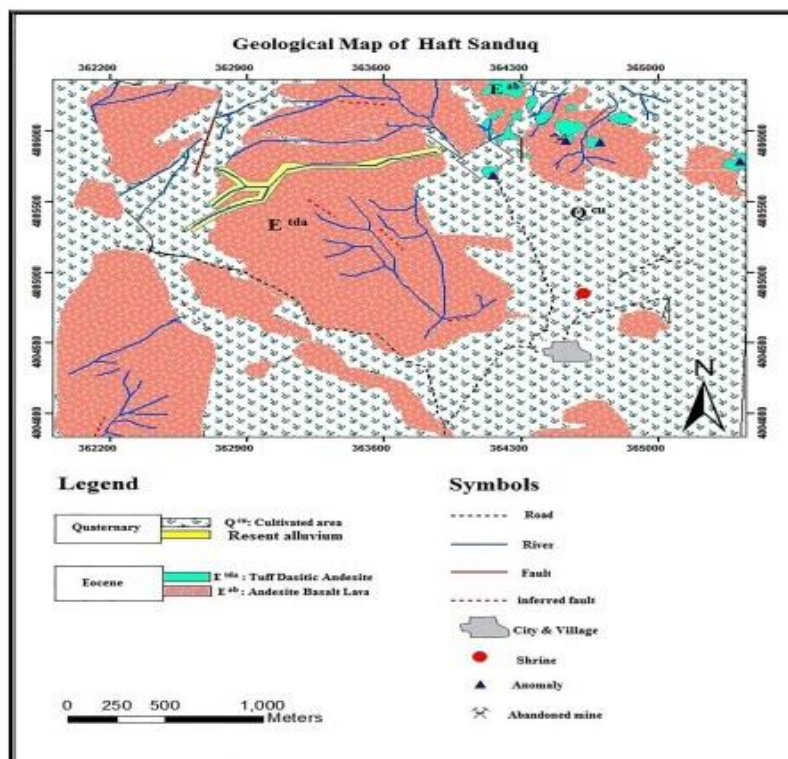
روش های قدیمی آمار کلاسیک دارای نواقصی از قبیل شرایط تبعیت از توزیع نرمال، احتمال حذف داده ها به عنوان خارج از رده، عدم توجه به توزیع فضایی داده ها و شکل هندسی آنومالی ها می باشند (Davis, 2002). لذا شناخت و استفاده از روش های مناسب دیگر که ساختار و موقعیت فضایی نمونه ها را در نظر بگیرد بسیار مهم است. روش فرکتالی عیار- مساحت یکی از این روش های اکتشافی نوین است که در هندسه فرکتال برای جدا سازی آنومالی های ژئوشیمیایی سعی در تعیین غلظت بحرانی دارد که در محدوده آن بعد فرکتال تغییر می کند و این مقدار غلظت به عنوان حد آستانه ای در نظر گرفته می شود (حیدری و همکاران، ۱۳۹۳). این روش تغییرات سطح محصور منحنی ها را نسبت به تغییرات غلظت به صورت یک تابع نمایی می سنجد که ساختار فرکتالی داشته (Sami, Abd, 2001)، و رفتار مولتی فرکتالی توزیع داده های ژئوشیمیایی در منطقه را مشخص می نماید آنومالی زمینه عناصر که به طور معمول از توزیع های نمایی مختلف تبعیت می کنند، باعث ایجاد نمودارهای مولتی فرکتال می شوند. که نشانگر میزان تغییرات در شرایط زمین شناسی، ژئوشیمیایی، دگرسانی، هوازدگی سطحی، کانی سازی و به دنبال آن مراحل غنی شدگی عنصر است (Goncalves, 2001). ابعاد فرکتالی در فرآیند های زمین شناسی و ژئوشیمیایی با تغییرات در خصوصیات فیزیکی مانند نوع سنگ، تراکم رگه و یا جهت گیری آن ها، پدیده های دگرسانی، ویژگی های ساختاری و یا کانی شناسی غالب، و غیره مطابقت دارند (Heidari, Ghaderi, Afzal, 2013). اگر مقدار هر کنتور عیاری برابر با V در نظر گرفته شود، می توان یک معادله توانی به صورت زیر برای تمرکز مواد با خواص فرکتال ارائه نمود (Cheng, Agterberg, Ballantyne, 1994):

$$A(\geq V) \sim V^{-\alpha} \quad (1)$$

$A(\geq V)$ مساحت تجمعی محصور شده توسط خطوط هم عیاری است که عیار متناظر آن ها بزرگتر یا مساوی V است. مقدار α نیز در حقیقت نمایانگر بعد فرکتال مربوط به دامنه های متفاوت V می باشد. با ترسیم تغییرات مساحت در برابر عیار در نمودار لگاریتمی است نقاطی به دست می آیند که منحنی در آن ها تغییرات شیب تند(شکست) نشان می دهد که محل این تغییر شیب ها نمایانگر تغییر از زمینه به آنومالی های درجات مختلف و به تبع آن تغییرات در شرایط زمین شناسی به خصوص کانی سازی است (Agterberg, Chang, Berown, Goog, 1996). این توانایی منحصر به فرد به خاطر ماهیت فرکتالی توزیع عناصر در طبیعت است. این مسئله سبب می شود که نیازی به حذف مقادیر خارج از رده نباشد زیرا به دلیل ماهیت فرکتالی داده ها به طور خودکار کنار گذاشته می شوند (Agterberg, Chang, Berown, Goog, 1996, Goncalves, 2001, Turcotte, 1997). سپس به محاسبه بعد های فرکتالی پرداخته می شود که براساس این بعد های فرکتالی نیز می توان وجود یا عدم وجود آنومالی را به سادگی شناسایی نمود (کریملو و امامعلی پور، ۱۳۹۱).

موقعیت جغرافیایی و زمین شناسی اندیس هفت صندوق

محدوده مورد مطالعه هفت صندوق در استان قزوین، ۷۵ کیلومتری غرب قزوین و ۲۵ کیلومتری شمال غرب تاکستان در مختصات جغرافیایی $36^{\circ}41'06''$ عرض شمالی و $40^{\circ}56'14''$ طول شرقی واقع شده است. مجموعه ی فازهای کانی سازی ترشیاری- کواترنر در ایران وسیع ترین و متنوع ترین ذخایر معدنی را ایجاد کرده اند. کانی سازی در سنگ های آتشفشانی، آتشفشانی _ رسوبی و نفوذی پالئوژن، نئوژن و کواترنر رخدادها است. منطقه مورد مطالعه جزو زون زمین ساختی البرز غربی می باشد که بخشی از زون کانی زایی شمال تاکستان- شرق طارم سفلی را شامل است. واحدهای سنگی این محدوده متشکل از سنگ های آتشفشانی آندزیتی - بازالتی ائوسن میانی، توام با میان لایه های پیروکلاستی و توف های آندزیتی- داسیتی ائوسن میانی می باشد که در قسمت های شمال غرب محدوده میان لایه های آهکی نیز به این توف اضافه و مجموعه توسط رسوبات آبرفتی دوران چهارم پوشیده می شود. در این اندیس رخنمون سطحی از آثار کانی زایی اکسیدی آهن و اکسیدی کربناتی مس و سرب بر روی سنگ میزبان (سنگ های آتشفشانی آندزیتی- بازالتی ائوسن میانی) قابل مشاهده است.



شکل (۱): نقشه زمین شناسی ۱:۵۰۰۰ منطقه

روش تحقیق

به منظور شناسایی آنومالی های احتمالی عناصر فلزی در منطقه و تعیین مناطق امید بخش، در این مطالعه ۹۹ نمونه لیتوژئوشیمیایی از سطح منطقه برداشت شده و به آزمایشگاه زر کاوان البرز در استان تهران ارسال و مورد آنالیز ۴۴ عنصری به روش ICP-MS قرار گرفتند. در این پژوهش به دلیل عیار بالا در نتایج آنالیزی مس، نقره و سرب با استفاده از روش هندسه فرکتال جوامع زمینه و آنومالی عناصر مس، نقره و سرب از یکدیگر جدا و نقشه های آن ها به تفکیک ترسیم شدند در نهایت نقشه زمین شناسی منطقه با نقشه های محدوده آنومالی های به دست آمده از عناصر تطبیق داده و محدوده آنومالی ها شناسایی شدند.

بحث

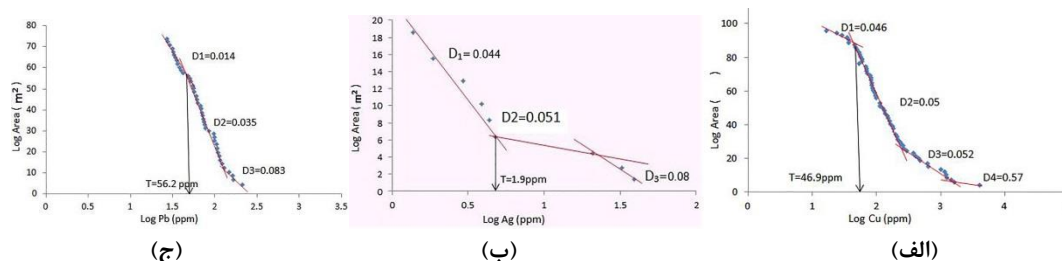
جداسازی جوامع ژئوشیمیایی عناصر با استفاده از روش فرکتالی عیار - مساحت

گام نخست شبکه بندی محدوده مورد مطالعه بود که براساس آن محدوده اکتشافی را به سلول هایی با ابعاد 5×5 تقسیم بندی نموده با روش کریجینگ میزان عیار برای هر یک از عناصر سرب، مس و نقره در هر سلول با استفاده از نرم افزار ArcGIS مورد تخمین قرار گرفت. منحنی لگاریتمی عیار - مساحت برای هر سه عنصر با توجه به مساحت هر سلول و نیز مقدار عیار هر عنصر در هر سلول محاسبه، ترسیم و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

تفسیر ژئوشیمیایی نمودار لگاریتمی عیار - مساحت عنصر مس و نقره و سرب

در نمودار لگاریتمی عیار - مساحت عنصر مس می توان ۳ نقطه شکست شاخص و ۴ مرحله غنی شدگی این عنصر در کانسار را به دلیل رفتار مولتی فرکتالی آن مشاهده نمود (شکل ۲، الف). بر این اساس حدآستانه ای یعنی جایی است که در آن شیب خط با افق اختلاف قابل توجهی دارد، در عنصر مس برابر $46/9 \text{ ppm}$ می باشد بر این اساس کمتر از این میزان مس در محدوده زمینه بوده و دارای مرحله غنی سازی ضعیف در منطقه می باشد، و بیشتر از آن در اندازه های میان 265 ppm و $645/4 \text{ ppm}$ و اندازه های بالاتر از $645/4 \text{ ppm}$ دارای مرحله غنی سازی مناسب می باشد و در نمودار لگاریتمی عیار - مساحت عنصر نقره می تواند ۲ نقطه شکست شاخص و ۳ مرحله غنی شدگی این عنصر در کانسار را به دلیل رفتار مولتی فرکتالی آن مشاهده نمود (شکل ۲، ب). بر این اساس حدآستانه ای عنصر نقره در منطقه برابر $1/9 \text{ ppm}$ می باشد. و کمتر از این میزان نقره در محدوده زمینه بوده و دارای مرحله غنی شدگی ضعیف در منطقه می باشد و بیشتر از آن در اندازه های میان 21 ppm و بالاتر از 21 ppm دارای مرحله غنی سازی مناسب می باشد. همچنین در نمودار لگاریتمی عیار - مساحت عنصر سرب ۲ نقطه شکست شاخص و ۳ مرحله غنی شدگی این عنصر در کانسار را به دلیل رفتار مولتی فرکتالی آن نسبت می دهیم (شکل ۲، ج). بر این اساس حدآستانه ای عنصر سرب در منطقه برابر $56/2 \text{ ppm}$ می باشد، و کمتر از این

میزان سرب در محدوده زمینه بوده و دارای مرحله غنی سازی ضعیف در منطقه می باشد و بیشتر از آن در اندازه های میان $131/4$ ppm و اندازه های بالا تر از $131/4$ ppm دارای مرحله غنی سازی مناسب می باشد.



شکل (۲): نمودار لگاریتمی عیار - مساحت عنصر مس، نقره و سرب برای تخمین حدآستانه و حدآنومالی

نتیجه گیری

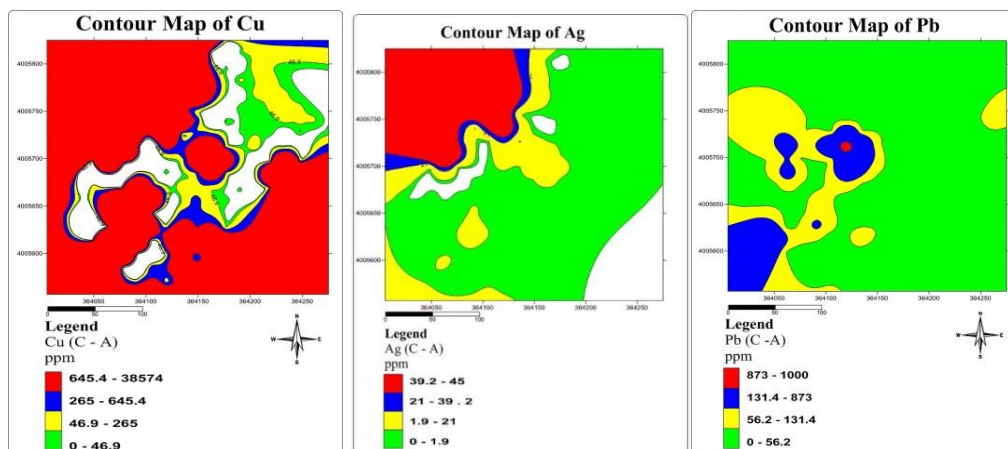
ماحصل این تحقیق نشانگر توانمندی روش های فرکتالی به خصوص مدل سازی های مولتی فرکتالی در جوامع ژئوشیمیایی در تعیین حدآستانه ای دقیق و کاهش مساحت آنومالی ها و نیز تعیین تعداد مراحل غنی شدگی عناصر در محدوده مورد مطالعه می باشد. همچنین مشاهده می شود روش فرکتال اعداد بزرگتر و محدوده های کوچکتری را نشان می دهد و علت آن این است که روش فرکتال ساختار فضایی داده ها را نیز مورد توجه قرار می دهد (جعفری، ۱۳۸۸). که با آشکارسازی آنومالی های ضعیف و پوشیده شده نقش احیا کنندگی را ایفا می نماید که با ریسک اکتشافی به مراتب پایین تر، و دقت و صحت بالایی همراه خواهد بود. نقشه زمین شناسی منطقه با نقشه های محدوده آنومالی های به دست آمده از مس، نقره و سرب تطبیق داده و محدوده آنومالی ها شناسایی شدند. طبق روش فرکتالی $\log\text{-}\log C\text{-}A$ برای عنصر مس ۴ مرحله غنی شدگی و نقره و سرب ۳ مرحله غنی شدگی وجود دارد. همچنین در این پژوهش افزایش بعد فرکتالی را در عناصر مس و نقره و سرب خواهیم داشت که نشان دهنده وجود آنومالی در منطقه است جدول (۱). بر این اساس می توان به وجود آنومالی ها در منطقه پی برد. بعد از تعیین حدآستانه ای عناصر و رسم نقشه توزیع ژئوشیمیایی مقادیر بالای حدآستانه ای به عنوان آنومالی شناسایی شدند شکل (۳).

جدول (۱): نشان دهنده حدآستانه ای و ابعاد فرکتالی جوامع آنومالی و زمینه عناصر Cu, Ag, Pb .

حدآستانه ای (ppm)	بعد فرکتالی جامعه زمینه	بعد فرکتالی جامعه آنومالی	عنصر
۴۶/۹	$0.46 \pm$	$0.57 \pm$	Cu
۱/۹	$0.44 \pm$	$0.8 \pm$	Ag
۵۶/۲	$0.14 \pm$	$0.83 \pm$	Pb

طبق نتایج به دست آمده از نمودار های مولتی فرکتالی و نقشه های توزیع ژئوشیمیایی و تطبیق آن با نقشه زمین شناسی منطقه شکل (۱) وجود عناصر مس، نقره و سرب را در منطقه تایید می نماید که آنومالی های عنصر

مس را در تمامی بخش ها منطقه و عنصر نقره عمدتا در شمال غربی و عنصر سرب در بخش مرکزی محدوده مشاهده می شود.



شکل (۳): محدوده آنومالی های عناصر Pb, Cu, Ag در منطقه مورد مطالعه.

منابع

- جعفری، ح. ر.، ضیاءظریفی، ا.، ۱۳۸۸، مقایسه روش های آمار کلاسیک و هندسه فرکتالی در جدایش جوامع ناهنجاری عناصر اورانیوم و توریم منطقه ده سیاهان (استان کرمان)، مجلات ریاضی کاربردی واحد لارهیجان، شماره ۲۰، چاپ ششم.
- حیدری، ط.، مجتهدزاده، س. ح.، قربانی، ا.، ۱۳۹۳، جداسازی آنومالی های ژئوشیمیایی اندیس مس ظفرقند با استفاده از روش فرکتالی عیار- مساحت و مقایسه با روش آمار کلاسیک، پنجمین کنفرانس مهندسی معدن، مصلی امام خمینی تهران.
- کریملو، م.، امامعلی پور، ع.، ۱۳۹۱، بررسی های لیتوژئوشیمیایی و استفاده از روش فراکتال در تعیین محدوده کانی سازی حبه در ناحیه طوره (غرب شهرستان خوی)، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، سی و یکم گردهمایی علوم زمین.
- Agterberg, F.P.; Cheng, Q.; Brown, A. and Good, D., 1996. *Multifractal modeling of fractures in the Lac du Bonnet batholith, Manitoba*, Comput. Geosci. 22 (5), pp. 497-507.
- Cheng, Q.; Agterberg, F. P. and Ballantyne, S. B., 1994, *The separation of geochemical anomalies from background by fractal methods*, Journal of Geochemical Exploration, vol. 51, p.p. 109-130.
- Davis, J.C., 2002, *Statistics and data analysis in Geology (3th ed.)*, John Wiley & Sons Inc., New York, p.p. 342-353.
- Goncalves, M.A., 2001. *Characterization of geochemical distributions using multifractal models*. Math. Geol. 33 (1), pp. 41-61
- Heidari, S. M. , Ghaderi, M. , Afzal, P. , 2013, *Delineating mineralized phases based on litho-geochemical data using multifractal model in Touzlar epithermal Au-Ag(Cu) deposit, NW Iran*, Applied Geochemistry 31. 119-132
- Moon, C. J., Whateley, M. K. G. and Evans, A. M., 2006, *Introduction to Mineral Exploration*, Blackwell, Oxford, 481pp.
- Sami, H, Abd, N, 2001, *Evaluation of airborne gamma ray spectrometric data for the Missikat Uranium deposit, Eastern desert Egypt*, Applied Radiation and Isotopes 54(2001) 497- 507
- Turcotte, D.L., 1997. , *Fractals and Chaos in Geology and Geophysics*, Cambridge University Press, Cambridge.