

مقایسه نتایج حاصل از مدل سازی داده های ژئوشیمیایی کانی سازی طلا روی نمودارهای احتمال و فرکتالی غلظت - مساحت (C-A) در جداسازی زیر جوامع

میر مهدی سید رحیمی نیارق^۱، رضا قوامی ریایی^۲، رضا خالو کاکائی^۳، محمدرضا هزاره^۴، رامین هندی^۵

۱- کارشناس ارشد مهندسی اکتشاف معدن، دانشگاه صنعتی شاهرود، mirmahdi_rahimi@yahoo.com

۲- عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی شاهرود، rghavami@yahoo.com

۳- دانشیار دانشگاه صنعتی شاهرود

۴- سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

۵- دانشجوی دکتری دانشگاه تهران

چکیده

به منظور جداسازی آنومالی از زمینه ژئوشیمیایی لازم است که جوامع مختلف ایجاد کانی سازی از هم تفکیک شوند تا آگاهانه بتوان به بررسی مناطق آنومال و عوامل ایجاد آن پرداخت. در این میان لازم است داده های برداشت شده از منطقه مورد مطالعه مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند. برای این منظور از داده های چهار عنصر Au ، Sn ، Sb و B برداشت شده از رسوبات آبراهه ای واقع در اطراف کانی سازی طلا از نوع پهنه های برشی در جنوب غرب سقز کمک گرفته شده است. مدل سازی نمودار احتمال و فرکتالی غلظت - مساحت از جمله روش هایی هستند که بدون دخالت نظر شخصی ژئوشیمیست به مدل سازی داده های ژئوشیمیایی می پردازند و با تجزیه و تحلیل آماری داده ها اقدام به جداسازی زیرجوامع و تشخیص مناطق آنومال می کنند. مقایسه نتایج بدست آمده از این مدل سازی ها بر روی عناصر ذکر شده در منطقه مورد مطالعه، نشان از کارایی بیشتر روش نمودار احتمال در جداسازی جوامع مختلف (فازهای تغییرپذیری) دارد.

واژه های کلیدی: مدل سازی نمودارهای احتمال، مدل سازی نمودار فرکتالی غلظت - مساحت، آنومالی، زمینه ژئوشیمیایی، تفکیک جوامع

۱- مقدمه

محققان برای جداسازی آنومالی از زمینه ژئوشیمیایی روش های مختلفی ارائه کرده اند. دو روش فرکتال و نمودارهای احتمال جزء روش هایی هستند که در آنها نظر شخصی ژئوشیمیست دخالتی ندارد [۱]. بدنه اصلی این گونه روش ها بخشی است که در آن لازم است برای بررسی جوامع مختلف ایجاد کانی سازی، عمل مدل سازی روی داده ها (داده های خام یا تخمینی) صورت گیرد [۲]-[۳]-[۴]. آنچه در فنون مدل سازی، مدنظر است این است که برای داده ها یا مقادیر اندازه گیری شده، بتوان منحنی یا نموداری تعریف نمود که بتواند بیشترین انطباق ممکن را با داده های خام یا تخمین زده شده داشته باشد، به گونه ای که: پاسخ مدل های آماری = بخش تعیین شده + بخش تصادفی که بخش تعیین شده همان مدل انطباق یافته بر داده ها و بخش تصادفی همان میزان انحراف مدل انطباق یافته بر داده ها از داده های خام است [۴].

نمودارهای احتمال از فنون ترسیمی است که برای تفسیر داده های ژئوشیمیایی استفاده می شود و تنایت و وایت (Tennant and white) برای اولین بار برای این منظور به کار بردند [۲]-[۵]. همچنین این نمودارها برای جداسازی مؤلفه سین ژنتیک (همان مؤلفه سنگ زایی) از مؤلفه ای ژنتیک که آثار تشکیل جوامع کانی سازی است، به کار برده می شوند [۱۱]-[۱۲]-[۱۳]-[۱۴]-[۱۵]. این آثار منجر به تشکیل خطوطی با شیب های مختلف روی این نمودارها می شود [۱۶]-[۱۷].

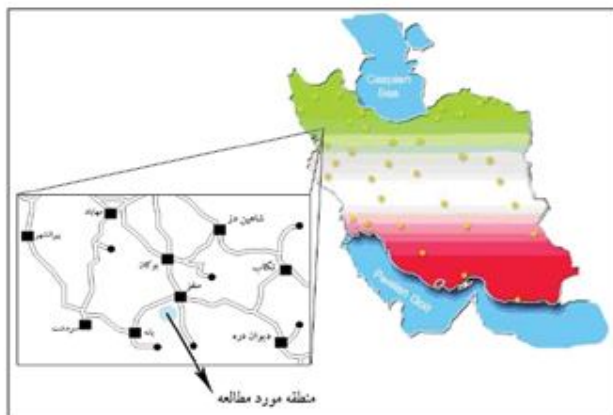
نمودارهای فرکتال عیار - مساحت از علم هندسه فرکتال سرچشمه گرفته است. گاستون جولیا (G. Julia) این علم را برای اولین بار مطرح کرد و مطالعات دقیق تر را با نگرشی تازه، آقای مندلبروت (Mandelbrot) در این زمینه انجام داد. نتیجه اینکه پیچیدگی های اشکال طبیعی با این هندسه توصیف شدند [۱۸]-[۱۹].

توزیع فضایی اغلب عناصر در محیط ژئوشیمیایی - زمین شناسی، نتیجه نهایی مجموعه ای از فرایندهای زمین شناسی از قبیل فعالیت های آتشفشانی یا توده های نفوذی، فرایندهای رسوبی، تکتونیک، فرایند دگرگونی و کانی سازی می باشد این فرایندها، مشخصات خود تشابهی یا خود تمایلی (Self-like or Self-similar) دارند، از این رو فرکتال یا مولتی فرکتال تلقی می شوند. در این میان بعد فرکتالی، مسئله اصلی در مدل سازی نمودارهای فرکتالی عیار - مساحت است؛ زیرا آنومالی های ژئوشیمیایی باعث افزایش بعد فرکتال متغیرهای ژئوشیمیایی می شود، که این موضوع پایه و اساسی برای تشخیص وجود و تفکیک آنومالی در داده های منطقه مورد مطالعه می تواند باشد و می توان با استفاده از اختلاف بعد فرکتال، دو جامعه زمینه و آنومالی را از یکدیگر جدا نمود [۱۰]-[۱۱].

در این تحقیق ضمن مدل سازی داده های ژئوشیمیایی روی نمودارهای احتمال و فرکتال عیار - مساحت اقدام به مقایسه نتایج این مدل سازی ها نمودیم تا کارایی هر یک از روش ها در جداسازی جوامع کانی سازی مشخص گردد.

۲- موقعیت جغرافیایی و زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه بخشی از چهارگوش زمین شناسی سقز است که در فاصله ۲۰ کیلومتری جنوب غرب سقز، بین طول های جغرافیایی ۴۶°۰' تا ۴۶°۱۲' و عرض های جغرافیایی ۳۶°۰' تا ۳۶°۹'۵۰" قرار دارد (شکل ۱).



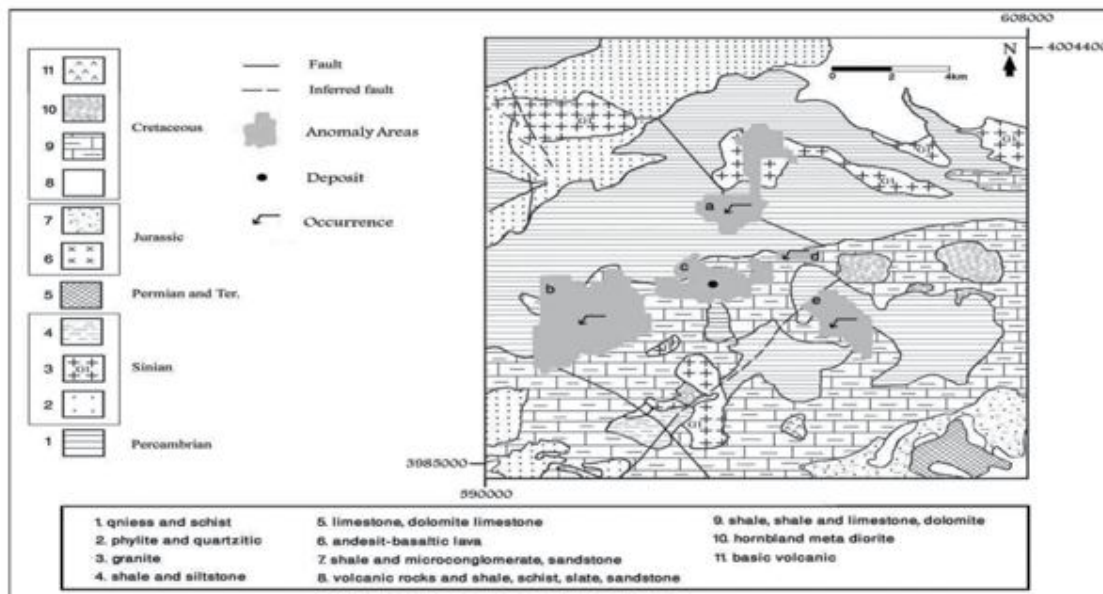
شکل (۱) موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه [۱۲]

از دیدگاه ساختاری، این محدوده در حاشیه شمال باختری نوار دگرگونه سندانج - سیرجان و در حقیقت در محل تلاقی این زون با زون های ساختاری خوی - مهاباد و البرز - آذربایجان واقع شده است، بنابراین واحدهای سنگی موجود در این ورقه خصوصیت های مختلف دارد. از جمله این واحدها می توان به سنگ های دگرگونه پرکامبرین و از سنگ های آذرین درونی نیز به توده گرانیت - گرانیت گنایسی تموته (G1) و توده های دیوریتی اشاره کرد [۱۳].

در بازه زمانی پرکامبرین (G1)، مزوزوئیک و ترسیب نفوذ توده های گرانیتوبندی به داخل سنگ های دگرگونه قدیمی و پوشش آواری - کربناته پالنوزوئیک منطقه را تحت تاثیر خود قرار داده است (شکل ۲). شرایط زمین شناسی فراهم شده علاوه بر ایجاد مناطق برشی و به شدت، تکتونیزه همراه با تشکیل سیالات گرمایی است و یکی از عوامل تیپ کانی سازی های فلزی در این محدوده محسوب می گردد [۲]-[۴]. شواهد صحرایی و مطالعات آزمایشگاهی، در مجموع، تشکیل و کانه زایی طلا در منطقه مورد مطالعه را در کنترل عواملی همچون زون های برشی خمیری و

محدوده های اطراف این منطقه دارد [۱۳].

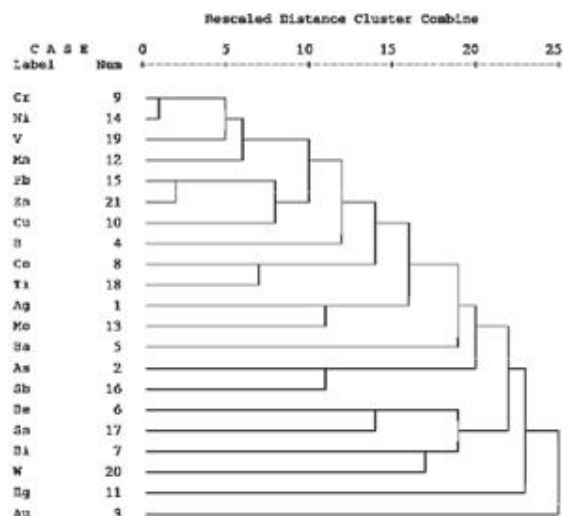
دگرسانی هیدروترمالی نشان می دهد. اندیس هایی از مس نیز در



شکل (۲): نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه به همراه محدوده تقریبی کانسار (C) و اندیس های طلا (a, b, d) و بر روی این اندیس

اطلاعات اکتشافی قابل ملاحظه ای موجود نمی باشد [۱]

۳- بررسی اختصاصات ژئوشیمیایی عناصر مورد مطالعه



شکل (۳): دندوگرام تحلیل خوشه ای داده های منطقه مورد مطالعه

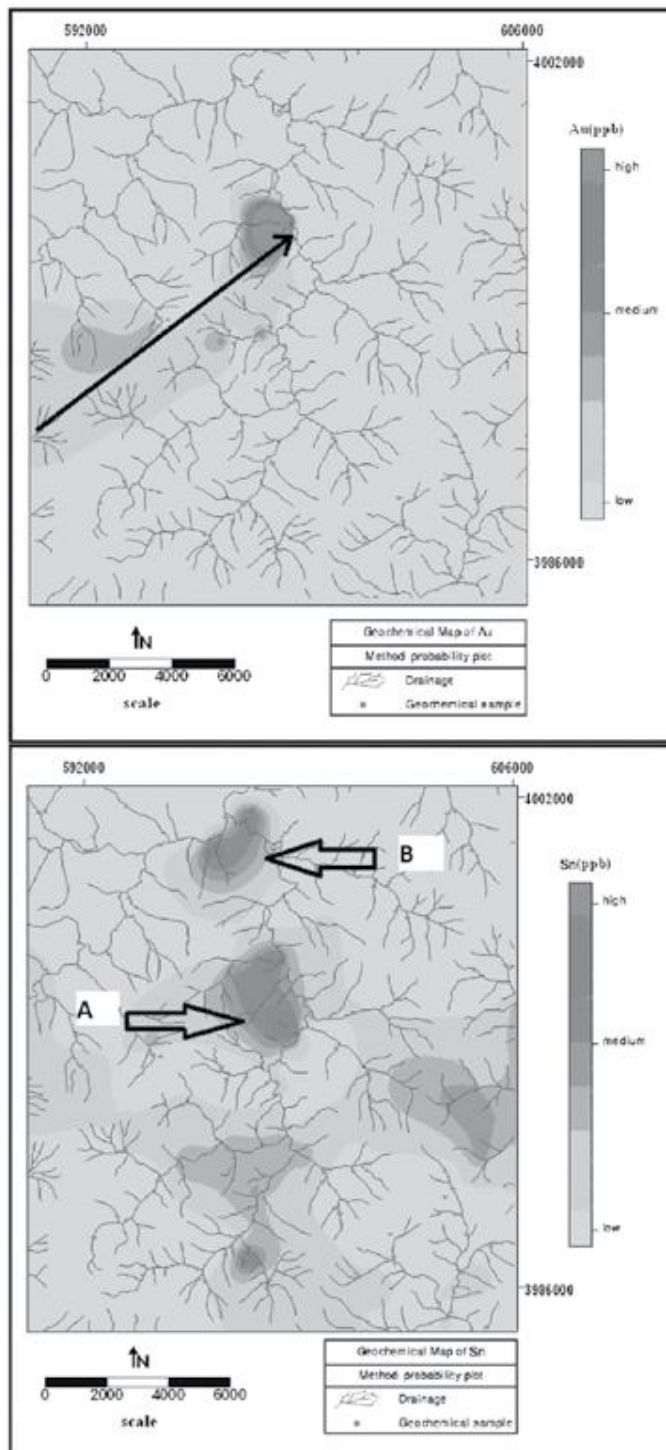
نقشه های ژئوشیمیایی مناطق آنومال طلا و قلع در شکل (۴) که در آن موقعیت نمونه های رسوبات آبراهه ای نیز مشخص گردیده، آورده شده است. برای انتخاب عناصر در این تحقیق در بررسی اختصاصات ژئوشیمیایی، از آنجایی که عنصر طلا که در میان مواد معدنی متعدد، هاله های کوچک تری دارد و ضمن اینکه جزء طرح های فعال در کشف نیز هست، بنابراین این عنصر برای مقایسه در دو مدل سازی انتخاب گردید. عنصر قلع نیز که در دندوگرام تحلیل خوشه ای جزء زیرگروه مشتمل بر عنصر طلا بوده و در نقشه پراکندگی نیز دو منطقه آنومال برای این عنصر ثبت گردیده است (شکل ۴) و یکی از این مناطق که همپوشانی عالی

نمونه برداری ژئوشیمی از رسوب های جدید بستر آبراهه ها و ذرات ۴۰ مش انجام گرفته است. از هر نمونه ژئوشیمی حدود ۱۰۰ گرم برداشت و به آزمایشگاه نمونه کوبی و آماده سازی ارسال گردید. این نمونه ها پس از پودر شدن و تبدیل به ۲۰۰- مش برای تجزیه به آزمایشگاه ارسال شد. نمونه های ژئوشیمی ورقه سقز، همه، با روش اسپکترمتری نشری و جذب اتمی مورد تجزیه قرار گرفت. برای انتخاب عناصر مورد مطالعه برای این تحقیق، نتایج آنالیز ۲۱ عنصری نمونه های برداشت شده از رسوبات آبراهه ای در این قسمت مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برای این منظور ابتدا از روش های تحلیل چند متغیره کمک گرفتیم تا به ارزیابی سیستم ارتباط بین شاخص های تجزیه شده بپردازیم [۴]. روشی که در این قسمت مورد استفاده قرار دادیم، تحلیل خوشه-ای است که دندوگرام مربوطه در شکل (۳) آورده شده است.

در بررسی اختصاصات ژئوشیمیایی طلای پهنه برشی، عنصر طلا اهمیت ویژه ای دارد. دندوگرام شاخص های مورد مطالعه گویای آن است که عنصر طلا به همراه عناصر جیوه، تنگستن، بیسموت، قلع و برلیوم در زیر گروه مقابل کرم، نیکل، وانادیم، منگنز، سرب، روی، مس، آنتیمون و آرسنیک قرار گرفته است. بررسی برخی از اختصاصات آماری طلا (توزیع و پراکندگی، شاخص های مرکزیت و...) با سایر عناصر تأیید کننده روند و تشابه رفتاری طلا با عناصر زیرگروه مشخص شده آن در دندوگرام است (نوع مدل توزیع عناصر مورد مطالعه در ضمیمه مقاله آورده شده است).

ژئوشیمیایی رفتارهای متفاوتی از خود نشان می دهند نیز انتخاب گردند. برای این منظور دو عنصر بر و آنتیمون که به ترتیب توزیع نرمال و لاگ نرمال دارند، انتخاب گردیدند.

با محدوده های غلظت بالای طلا دارد (محدوده A)، عنصر انتخابی بعدی برای این تحقیق مورد توجه قرار گردید. دو عنصر دیگر نیز از بین عناصر زیرگروه مقابل عنصر طلا برای مدل سازی انتخاب شدند تا عناصری که از لحاظ اختصاصات



شکل (۴): نقشه مناطق امیدبخش حاصل از روش مدل گذاری نمودار احتمال برای عناصر طلا و قلع

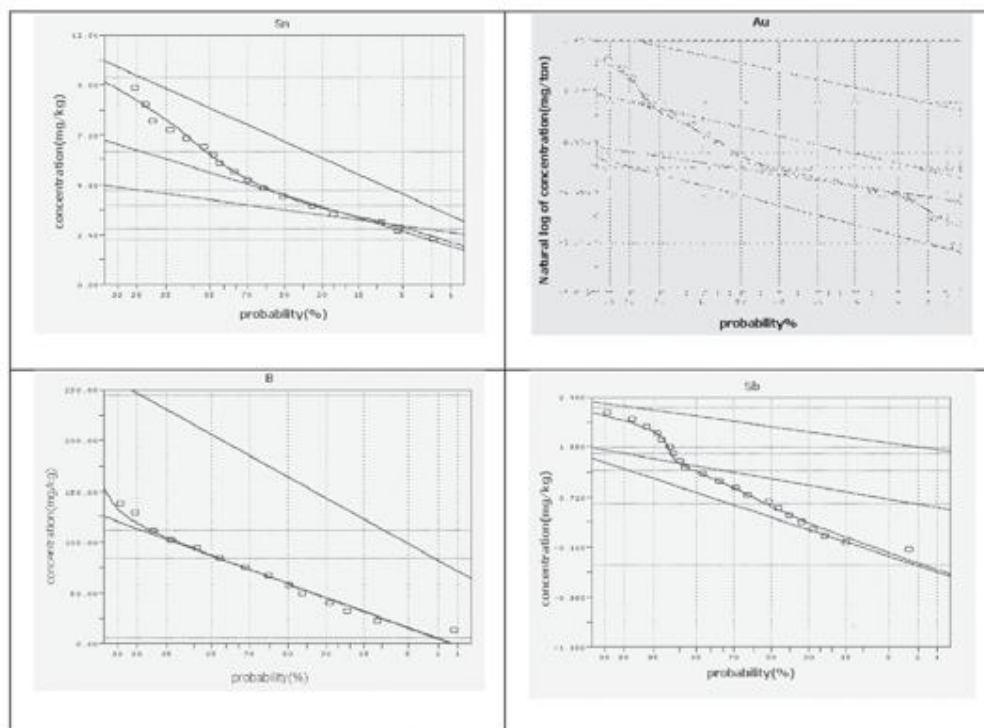
۴- مدل سازی نمودارهای احتمال در منطقه مورد مطالعه

مدل گذاری داده های خام پرداخته شود. منحنی خط پیوسته ای که از بین دوایر توخالی عبور می کند، مدلی است که روی داده برآزش شده است و خطوط شیب داری که روی این منحنی ها جدا شده اند نشان از جوامع آماری مرتبط با کانی سازی است. انطباق خوبی بین مدل و داده های خام ایجاد گردیده است.

همان طور که در این شکل می بینید، مدل سازی داده های Au نشان می دهد که عنصر طلا چهار روند تغییر پذیری یا به عبارت دیگر چهار جامعه مختلف را از خود نشان می دهد که هر کدام از این جوامع را می توان تغییرات و رفتارهای ژئوشیمیایی متفاوت در محیط زمین شناسی تلقی کرد. برای عناصر Sn و Sb، سه جامعه و برای عنصر B نیز دو جامعه قابل تشخیص است.

پس از بررسی توزیع داده ها به مدل سازی نمودارهای احتمال پرداختیم که معرف روند و رفتار واقعی داده های جامعه مورد نظر باشد. به منظور انجام بهترین برآزش مدل بر داده ها، فنون کمیته مربعات انحراف ها به کار گرفته شده است، تا مدل مربوطه معرف ویژگی های جامعه مورد نظر باشد.

نتایج مدل سازی داده های عناصر مذکور در شکل (۵) آورده شده است. در این نمودارها گروه بندی های مختلف داده های خام با دوایر توخالی کوچکی روی این نمودار مشخص گردیده اند. با استفاده از فنون حداقل سازی انحرافات سعی شده است که به



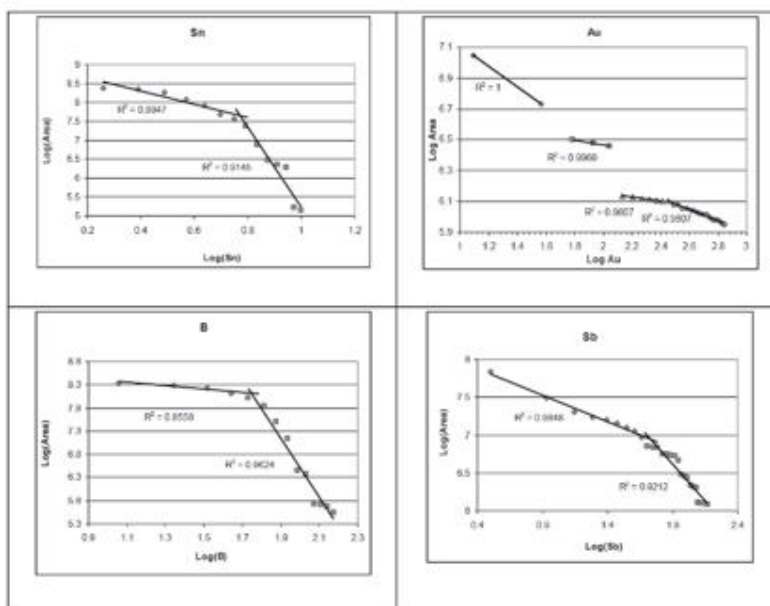
شکل (۵): نتایج مدل سازی نمودارهای احتمال داده های عناصر Au, Sn, Sb و B

ترسیم شده است. بهترین روند خطی انطباق داده شده بر داده ها به همراه ضریب رگرسیون مربوطه در این نمودارها ارائه گردیده است. تغییر روند یا شکست نمودار که تغییر در بعد فرکتالی است نشان از جوامع مختلف جدا شده به وسیله این مدل دارد. این تغییر در بعد فرکتالی ممکن است به دلیل فرایندهای زمین شناسی و کانی سازی باشد که منطقه مورد نظر و در نتیجه میزان غلظت عناصر در سنگ ها را تحت تأثیر خود قرار داده است. نتایج این مدل برای عنصر طلا چهار زیر جامعه آماری تفکیک کرده است که دو زیر جامعه اول و دوم (سمت چپ نمودار) را می توان متعلق به زمینه و زیر جامعه سوم و چهارم را متعلق به آنومالی دانست. برای بقیه عناصر، دو جامعه به وسیله مدل مذکور تفکیک گردیده است.

۵- مدل سازی نمودار فرکتال عیار - مساحت در منطقه مورد مطالعه

به دلیل اینکه داده های برداشت شده از منطقه، از نوع رسوبات آبراهه ای بود بنابراین به منظور به دست آوردن نتایج بهتر، داده ها را با روش تخمین شبکه در سطح منطقه به طور نظام مند توزیع کردیم و سپس اقدام به اعمال روش فرکتالی و مدل سازی نمودار غلظت - مساحت نمودیم. در این نمودار لازم است تا تعداد سلول های حاصل از تخمین شبکه ای در مساحت هر یک از سلول ها (در این تحقیق ۱۰۰۰۰ متر مربع) ضرب شود تا مساحت کل سلول های مورد بررسی به دست آید.

در شکل (۶) نمودارهای فرکتالی غلظت - مساحت عناصر



شکل (۶): مدل سازی نمودارهای غلظت - مساحت عناصر Sn, Au, B و Sb (غلظت بر حسب ppm)

۶- مقایسه و نتیجه گیری

بررسی نمودارهای احتمال و فرکتالی غلظت - مساحت عناصر نشان می دهد که هر دو روش، چهار فاز تغییرپذیری برای عنصر Au، و دو فاز تغییرپذیری برای عنصر B از هم تفکیک کردند ولی جداسازی این تغییرها در مورد دو عنصر Sn و Sb که در ارتباط با کانی سازی طلا شناخته شده اند، در روش نمودار احتمال با قدرت تفکیک پذیری بیشتر انجام شده است که تعداد سه جامعه جداسازی شده برای این عناصر در مدل سازی نمودار احتمال گویای این مطلب است.

به نظر می رسد که با توجه به اینکه در نمودارهای احتمال، به طور مستقیم، با داده های خام کار می شود، این امر قدرت جداسازی زیر جوامع با استفاده از مدل مذکور را تقویت و به حذف مناسب آثار سین ژنتیک و تقویت مؤلفه ای ژنتیک که همان اثر ناشی از کانی سازی طلا است، کمک می کند.

درست است که در مدل فرکتالی غلظت - مساحت موقعیت فضایی نمونه ها در نظر گرفته می شود، ولی به دلیل اینکه در این روش با داده های تخمینی حاصل از روش تخمین شبکه ای کار می شود، احتمال می رود این روش در مقایسه با نمودارهای احتمال، کارایی کمتری در جداسازی زیر جوامع کانی سازی داشته باشد. به نظر می رسد که در برداشت های با شبکه منظم، این مورد امر تخمین را راحت تر و دقت محاسبات در تفکیک جوامع را بالاتر ببرد.

مراجع

- ۱- حریری، ع.، (۱۳۸۲)، نقشه زمین شناسی سقز، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- ۲- حسینی پاک، ع.ا.، شرفالدین، م.، (۱۳۸۴)، تحلیل داده های اکتشافی، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- ۳- حیدری، س.م.، (۱۳۸۳)، «کانی شناسی، ژئوشیمی و فابریک کانه زایی طلا در پهنه برشی خمیری منطقه کرویان»، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۵۰ ص.
- ۴- سیدرحیمی نیارق، م.م.، (۱۳۸۷) «تعیین آنومالی های ژئوشیمیایی با استفاده از روش های فرکتالی و آماره فضایی U و مقایسه آنها با نتایج روش نمودار احتمال در چهار گوشه سقز»، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شاهرود، ۱۴۸ ص.
- ۵- سیدرحیمی نیارق، م.م.، قوامی ریایی، ر.، (۱۳۸۶)، «مدل گذاری ژئوشیمیایی نمودارهای احتمال به منظور شناسایی مناطق آنومال کانی سازی طلا»، بیست و ششمین گردهمایی علوم زمین کشور.
- ۶- مؤسسه جغرافیایی ایران، (۱۳۸۰)، اطلس راه های ایران، مؤسسه جغرافیایی و کارتوگرافی و گیتهاناسی.

References:

- 7- Bolviken, B, Stoke, P.R, Feder, J., Josany, T; (1992); "The Fractal Nature of Geochemical Landscapes"; Journal of Geochemical Exploration; 43, pp.91-109.
- 8- Cheng, Qiuming; Agterberg, F.P., Ballantyne, S.B.; (1994); "The separation of geochemical anomalies from background by fractal methods"; Journal of Geochemical Exploration; 51; pp. 109-130.
- 9- Cheng, Qiuming, Agterberg, F.P. and Bonham-Carter, G.F.; (1996); "A spatial analysis method for geochemical anomaly separation"; Journal of Geochemical Exploration; 56; pp.183-195.

10- Education Group; (1993); "So What is a Fractal?"; National center for supercomputing applications of Illinois's university

11- Ghavami. riabi, R.; (2007); " Geochemical Exploration of base metal massive sulphide deposits in the eastern part of Namaqua Province and environmental South Africa"; phd. Thesis; Pretoria University.

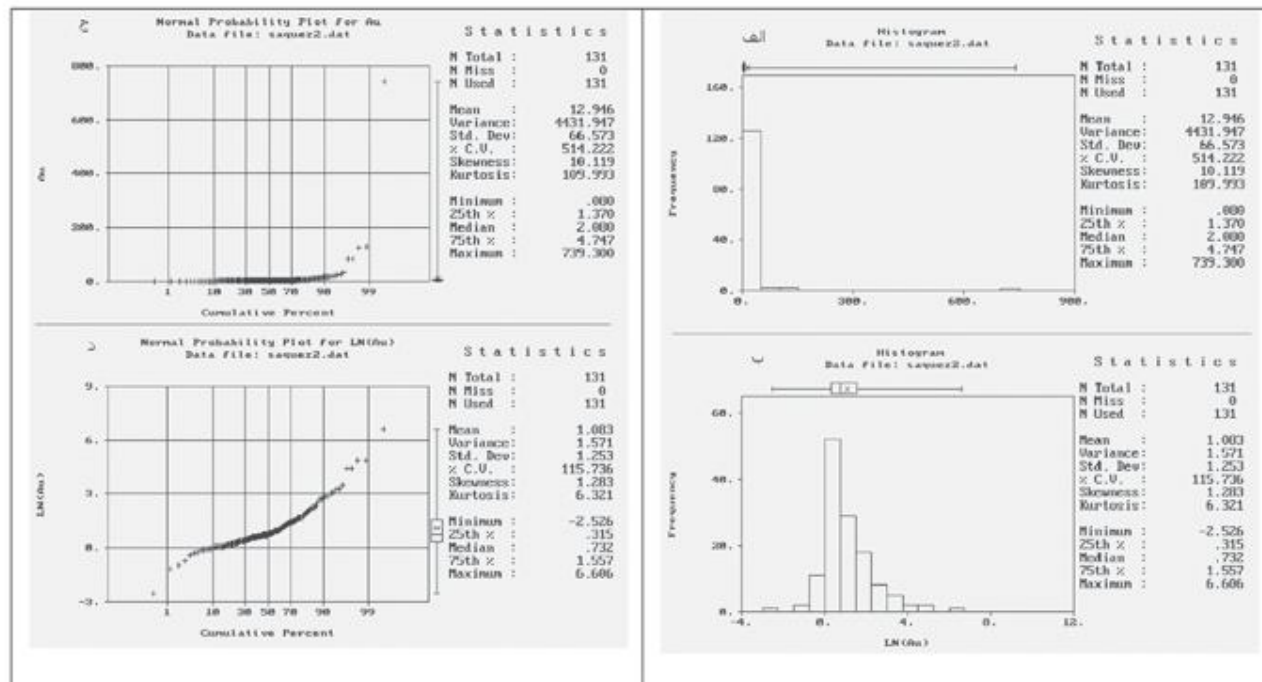
12- Sinclair, A.J.; (1974); "Selection of Threshold Values in Geochemical Data Using Probability Graphs"; Journal

of Geochemical Exploration; 3; P 129-149.

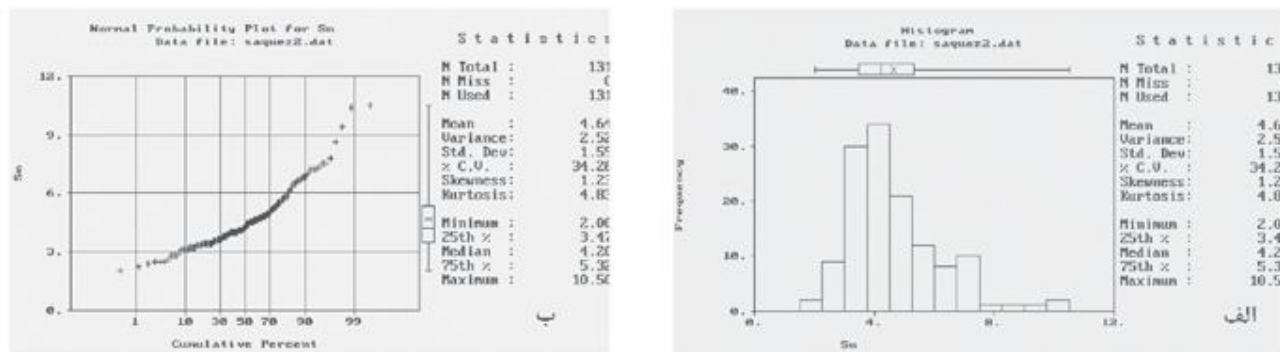
13- Stanley, C.R. and Sinclair, A.J.; (1989); "Comparison of Probability Plots and the Gap statistic in selection of Threshold of Exploration Geochemistry Data"; journal of Geochemical Exploration; 32; pp.355-357.

14- Tennant, C.B. and White M.L.; (1959);. "Study of the distribution of some geochemical data"; Econ. Geol.; 54; pp.1281-1290.

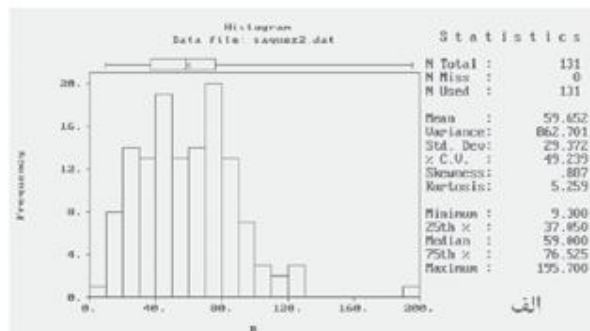
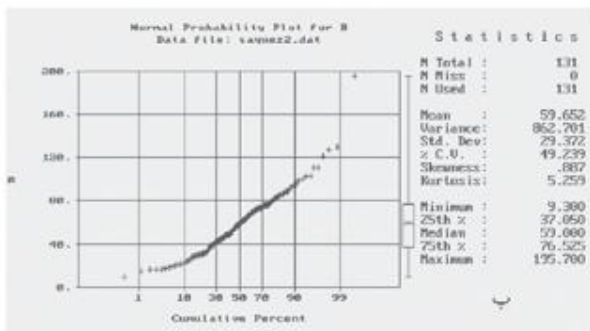
ضمیمه



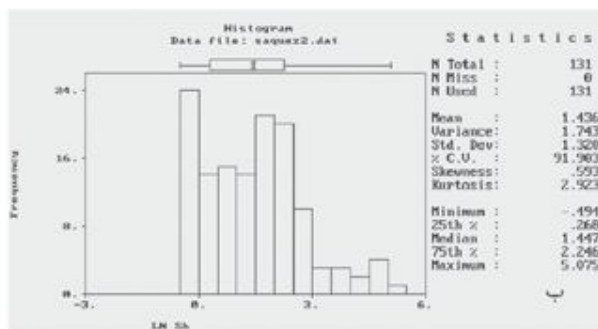
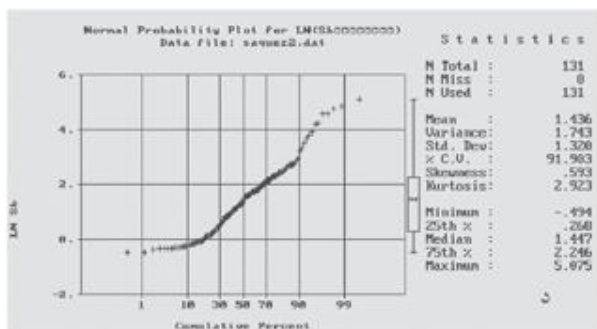
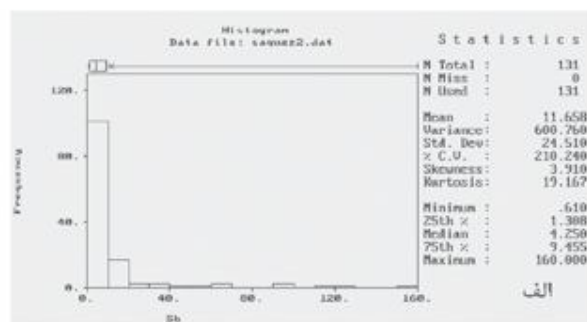
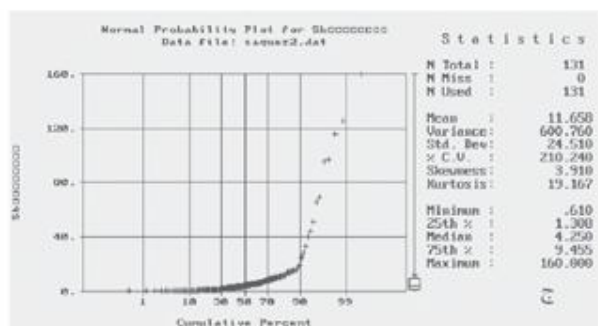
شکل (۱): نتایج هیستوگرام و نمودار احتمال به همراه هیستوگرام و نمودار احتمال لگاریتمی داده های طلا



شکل (۲): نتایج هیستوگرام و نمودار احتمال داده های قلع



شکل (۳): نتایج هیستوگرام و نمودار احتمال داده های بر



شکل (۴): نتایج هیستوگرام و نمودار احتمال به همراه هیستوگرام و نمودار احتمال لگاریتمی داده های آنتیمون