فصلنامه علمی پژوهشی زمین شناسی محیط زیست
سال پنجم، شماره ۱۷، زمستان ۱۳۹۰

مقایسه روش های تحلیلی در بهینه سازی داده های ژئوشیمیایی منطقه قولان- آذربایجان شرقی

حمید شهین فر
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تبریز
shahinfarh@yahoo.com

تاریخ دریافت مقاله : ۱۳۹۰/۲/۲۱ تاریخ تصویب : ۱۳۹۰/۸/۱۶

چکیده

ثبت ناهنجاری های بهینه ژ ئوشیمیایی نیازمند پی جویی های توجیهی است که یکی از لایه های مهم آن انتخاب روش بهینه تحلیل داده هاست. شناسایی مناطق کانی زایی شده وپنهان با استفاده از تکنیک های نوین و ارائه الگوی مناسب عناصر ردیاب جهت بررسی پتانسیل های امیدوار کننده با مؤثرترین روش در منطقه قولان هدف این تحقیق بوده و گامی در جهت بهینه سازی عملیات اکتشافی است. در این راستا تعداد ۲۳۳ نمونه از رسوبات آبراهه ای برداشت و برای عناصر پایه و ردیاب های مربوطه (Cu, Mo, Cr, Co, Ni, Pb, Zn, As, Y…) تجزیه گردیدند. نحوه پردازش داده ها با استفاده از متدهای تحلیلی نظیر آنالیز مؤلفه اصلی و هندسه فرکتال انجام و ناهنجاری های موجود در منطقه شناسایی شدند.
نتایج حاصل ازبکارگیری روش فرکتال برروی داده های منطقه نشاندهنده ثبت ناهنجاری Cu در دومحدوده قره چیلروغرب لوتکه وMo درمحدوده نمنیق بوده بطوریکه تفکیک ناهنجاری های این دو عنصرازهمدیگراحتمالاً بدلیل اسیدی شدن منطقه وشستشوی رخنمون های سولفیدی وحمل ونقل Mo به صورت مولیبدات ها صورت گرفته که باعث تفکیک تقریبی هاله های ثانویه Cu از Mo در دومحدوده شده است.مقایسه نتایج حاصل از دوروش بیانگر ثبت ناهنجاری های مشابه در منطقه با بکارگیری هردو روش فرکتال و PCA است ولی الگوی ثبت ناهنجاری های ژئوشیمیایی توسط PCA نشان می دهد که اعمال این روش درشدت بخشی به هاله های ژئوشیمیایی وناهنجاری های پنهان مؤثرترازفرکتال است به طوری که با این روش به جز دو محدوده قره چیلر و غرب لوتکه، ناهنجاری های پنهان نمنیق نیز باالگوهای ژئوشیمیایی مناسب Cu-Mo درامتداد همان زون با شدت قوی تری ثبت گردیدند. بررسی های بعدی نشان می دهد که روش PCA در حذف اثر لیتولوژی مؤثر و نتایج حاصل از آن درمنطقه از صحت بیشتری برخورداراست.

واژگان کلیدی : بهینه سازی ژئوشیمیایی، پتانسیل های امیدوارکننده، آنالیز مؤلفه اصلی، روش فرکتال و منطقه قولان

مقدمه

ثبت ناهنجاری های ژئوشیمیایی و تفکیک آن از زمینه از اساسی ترین مسائل در مطالعات اکتشافی است که بایستی در آن تمام عوامل ایجاد کننده ناهنجاری مد نظر قرار گیرند بخصوص اینکه همه ناهنجاری ها در ارتباط با کانی سازی نمی باشند. لذا شناخت الگوی پراکندگی و توزیع عناصر در محیط های مختلف در

راستای شدت بخشیدن به هاله و ثبت ناهنجاری های واقعی از اهمیت بسزایی برخوردار است. بنابراین ضرورت وجود تکنیک هایی جهت بهینه سازی پروژه های ژئوشیمیایی و ثبت ناهنجاری های واقعی حائز اهمیت است. از تکنیک هایی که کاربرد فراوانی در مطالعات اکتشافی و بررسی الگوی ژئوشیمیایی عناصردارد، روش های آماری چندمتغیره است [17].

این روش به بررسی تغییرات همزمان چند متغیر و استنباط آماری ناشی از آن می پردازد و به دلیل دارا بودن خطای کمتر و اعتبار بیشتر نسبت به روش های آماری تک متغیره یاد و متغیره کاربرد فراوانی در مطالعات علوم زمین دارد به طوری که می تواند جهت ثبت ناهنجاری های ژئوشیمیایی [13]، درمطالعات زیست محیطی [13]، جهت مطالعات دورسنجی [10,11]، در مطالعات نفت و گاز [14,15] و در مطالعات ژئوفیزیکی [16] و... به کار رود. آنالیز مؤلفه اصلی از روش های آماری چند متغیره مبتنی بر مقادیر ویژه است که در آن با استفاده از مقادیر ویژه و بردارهای ویژه جهت هایی باحداکثر تغییر پذیری شناسایی می شود سپس با تعریف متغیرهای جدیدی (مؤلفه اصلی) که ترکیب خطی از متغیرهای اولیه هستند، تعداد ابعاد متغیرهای اولیه کاهش یافته ونقش هر یک از این متغیرها در تغییر پذیری مشخص می شود. بعبارت دیگر این روش تکنیکی است برای یافتن ترکیبات خطی از متغیرهای اولیه هم بسته که تشکیل یک دستگاه محور مختصات جدید را بدهند و هدف از آن توجیه بخش اعظمی از تغییرپذیری بین مشاهدات که بصورت n نقطه در فضای P بعدی ظاهر می شوند درفضایی با بعد کمتراست.

پیروی الگوی توزیع داده های ژئوشیمیایی ازساختارهای زمین شناسی امری شناخته شده است. به خصوص روند مهاجرت عناصر از الگوی توزیع زون های ضعیف، مرزهای شبکه بلوری، گسل های کوچک وبزرگ وشکستگی ها و...تبعیت می کند.این ساختارها تماماً دارای ماهیتی خودمتشابه هستندکه ویژگی اصلی فرکتال هاست و منجر به ایجاد الگوی فرکتالی در مورد داده های ژئوشیمیایی می گردد. بنابراین با توجه به شناخت ماهیت فرکتالی الگوهای پراکندگی ژئوشیمیایی عناصر و ارتباط آن با مناطق کانی سازی شده می توان در مطالعات اکتشافی و ثبت ناهنجاری ها از این ویژگی استفاده نمود [۱].

هندسه فرکتال به تکنیک جدیدی از فکر بشری در تحلیل و شناسایی پیچیدگی های ساختاری و ظاهری یا رفتار پدیده های عمدتاً طبیعی تعبیر می شود. این روش اولین بار توسط مندلبروت در سال ۱۹۸۳ ارائه گردید و اساس آن همان طور که بیان گردید بر پایه ماهیت خود متشابهی اشکال و پدیده های طبیعی است. به کارگیری اصول هندسه فرکتال جهت یافتن معیارهای مناسب برای انتخاب ناهنجاری درون ایالت ژئوشیمیایی کمک شایانی به پروژه های اکتشافی خواهد کرد. به طوری که اساسی ترین کاربرد فرکتال ها در مطالعات ژئوشیمیایی انتخاب حد آستانه ای است [9]. همچنین در جنبه های مختلف علوم زمین کاربرد فراوانی داشته است. به طوری که مدل فرکتالی عیار- مساحت جهت جداسازی ناهنجاری ها از زمینه در اکتشافات ژئوشیمیایی فلزات پایه [7]، پی جویی نفت وگاز [19]، مطالعات محیط زیستی [7]، مدل فرکتالی محیط- مساحت [8]، مدل فرکتالی عیار فاصله [9]، مدل مالتی فرکتال وفیلترینگ فرکتالی [12,18]، مدلسازی مالتی فرکتال جهت تشخیص و شناسایی ویژگی های ساختاری محلی مربوط به توزیع ژئوشیمیایی در نواحی کانی سازی

شده [20]، در سطح وسیعی در علوم زمین به کار برده شده است.اساس تعیین حد آستانه ای با استفاده از هندسه فرکتال بر پایه بعد فرکتالی است به طوری که وجود ناهنجاری های ژئوشیمیایی باعث افزایش بعد فرکتالی متغیرهای ژئوشیمیایی می شود و بر این اساس می توان وجود یا فقدان ناهنجاری را در یک منطقه شناسایی کرد. با توجه به اینکه فرآیند های تشکیل جوامع کانی سازی شده متفاوت از فرآیند های بوجود آورنده جامعه زمینه هستند لذا می توان انتظار داشت که این جوامع دارای مشخصات توزیع مکانی و شکل ساختاری متفاوت از هم بوده و در تمام مقیاس ها متشابه باشند. به طوری که به دلیل دارا بودن ماهیت فرکتالی می توان انتظار روبرو شدن با فرکتال های متصل به هم را در یک نقشه ژئوشیمیایی داشت که گروهی زمینه و گروهی دیگر معرف جامعه ناهنجاری است به عبارت دیگر تغییر روند فرکتالی در یک غلظت خاص می تواند بیانگر وجود حد آستانه باشد. روش های مختلفی جهت تعیین بعد فرکتالی الگوهای ژئوشیمیایی وجود دارد که در این مقاله از روش عیار- مساحت (C-A) جهت تفکیک ناهنجاری و بررسی الگوهای ژئوشیمیایی عناصر استفاده شده است. لذا در این مطالعه کاربرد روش آنالیز مؤلفه اصلی و هندسه فرکتال با هدف ثبت ناهنجاری های بهینه ژئوشیمیایی منطقه و شناسایی مناطق امید بخش و تفکیک زون های کانی زایی، سپس تفسیر فاکتورهای کنترل کننده کانی زایی احتمالی در منطقه قولان براساس نتایج حاصل از دو روش فوق و روابط پاراژنتیکی عناصر بررسی شده است.

روش تحقیق

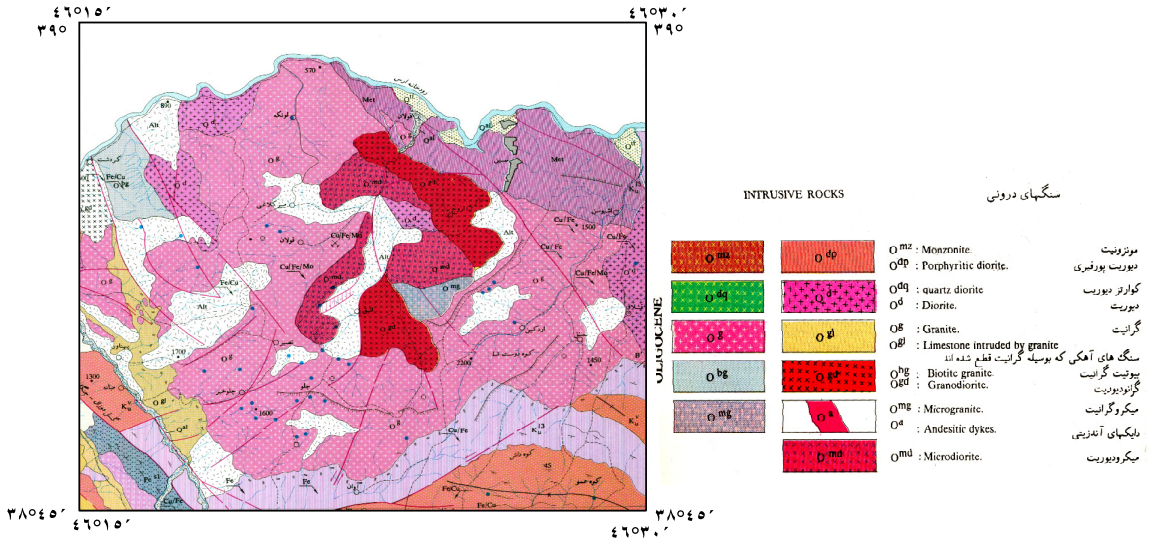
منطقه مورد مطالعه قولان واقع در ۵۰ کیلومتری شمال تبریز و ۷۰ کیلومتری غرب شهرستان اهر دارای مختصات جغرافیایی ′۱۵ °۴۶ تا ′۳۰ °۴۶ طول شرقی و ′۴۵ °۳۸ تا °۳۹ عرض شمالی می باشد. پیشینه اکتشافات ژئوشیمیایی در منطقه برای عناصر Cu,Mo با استفاده از روش های سنتی وآمار تک متغیره و دو متغیره مبین ثبت محدوده قره چیلر به عنوان منطقه امید بخش کانی زایی است. لذا هدف از این مقاله، تعیین حد آستانه ای و شناسایی ناهنجاری در منطقه با به کارگیری تکنیک های نوین اکتشافی همانند روش آنالیز مؤلفه اصلی و هندسه فرکتال است تا تعیین شود که باتوجه به ماهیت این روش ها و تکنیک ها که ساختار وموقعیت فضایی نمونه را مد نظر قرار می دهند ثبت هاله های وسیعتر و شدت بخشی به ناهنجاری های ضعیف و پنهان ژئوشیمیایی و بهینه سازی پروژه های اکتشافی بابه کارگیری چنین متدهایی امکان پذیر بوده و عدم قطعیت های مربوط به عملیات اکتشافی تا حد ممکن کاهش می یابد. مقایسه نتایج حاصل از روش های آمار سنتی و استفاده از پارامترهای توزیع در مطالعات قبلی بدون در نظر گرفتن موقعیت فضایی نمونه منجر به محدود شدن هاله های اکتشافی در اطراف کانی زایی است ولی استفاده از روش های بهینه سازی شده در این مطالعه نشان دهنده ادامه رشد کانی زایی در همان جهت قبلی(شمال غرب-جنوب شرق) در ورای زون های قره چیلر نیز قابل ثبت است.

زمین شناسی منطقه قولان

درنقشه زمین شناسی منطقه سیه رود (شکل۱) کهن‌ترین واحد سنگی مجموعه بهم ریخته از سنگ های دگرگونه دونین است که برونزد اصلی این رخساره در شمال شرق منطقه نمایان است و از لایه های متناوب اسلیت، میکا شیست، متاتوف، متاآندزیت، کالک شیست و کوارتزیت تشکیل شده است این سنگ ها در اثر نفوذ توده های آذرین، یک دگرگونی مجدد را نیز تحمل نموده اند. در دوران کرتاسه بالایی جنب و جوش و فعالیت حوضه‌های رسوبی سبب تشکیل رخساره های متنوع آذرآواری و تبدیل رخساره‌ها بطور جانبی به یکدیگر شده است که رخنمون آن ها در جنوب نقشه زمین شناسی قابل رؤیت است. فعالیت های ماگمایی دوران الیگوسن هم نقش عمده ای در زمین شناسی منطقه ایفا کرده است به طوری که فعالیت های زمین ساختی آلپین میانی که مترادف با ظهور توده های آذرین نفوذی گرانیت، گرانودیوریت، سینیت و دیوریت بوده، توانسته است با تأثیر در نهشته های رسوبی و آذرین به شکل گسل و چین خوردگی ظاهر گردد.

روند گسل های اصلی منطقه منطبق برروند محوری طاقدیس ها و ناودیس های منطقه و عمده گسترش اصلی آن ها با توجه به نقشه زمین شناسی به صورت شمال غرب- جنوب شرق وشرقی- غربی است [۳]. سری آتشفشانی پالئوژن که بعنوان فرآیندی از چرخه تکتونوماگمائی آلپین شناخته می شود توانسته در شمال غرب ایران و در محدوده شهرستان اهرمیزبان کانی سازی های مهمی از عناصر Mo,Cu،Pb و فلزات گران بها مانند طلا و نقره باشد. به نظرمی رسد این کانی سازی ها منطبق بر کمربند مس آلپ- هیمالیا و گسل زایی منطقه ازشمال غرب به جنوب شرق به طرف کانسار مس سونگون کشیده شود [2,6]. مهم ترین اتفاق منطقه از لحاظ کانی زایی رخداد چرخه تکتونوماگمایی آلپی بوده که مهم ترین فاکتور کانی سازی ها و منابع معدنی منطقه را باعث شده است. ولی قابلیت زون زمین ساختی را با سرشت آتشفشانی- آذرآواری، ژوراسیک- کرتاسه زیرین نباید نادیده گرفت. در این منطقه پروسه ولکانو- پلوتونی پالئوژن با نفوذ توده های آذرین از انواع گرانیت، مونزونیت، سینیت و مهم تراز همه گرانودیوریت همراه بوده وتوانسته کانی سازی هایی از عناصر کالکوفیل نظیر مس، سرب وروی و لیتوفیل مانند مولیبدن و قلع و تنگستن همراه با فلزات طلا و نقره از انواع مختلف با اشکال متفاوت را ایجاد نماید. یکی از مهم ترین توده های نفوذی منطقه توده گرانیتوئیدی قولان است. قسمتی از این توده عظیم در بخش شمالی داخل خاک کشور آذربایجان قرار گرفته و به نام توده نفوذی مگری- اردوباد معروف است. این توده باتولیتی در حقیقت با فاز ماگماتیسم گرانیتوئید گام میانی تکوین ساختاری بزرگ ناودیس قفقاز کوچک محسوب می شود. در بعضی از مناطق این توده فوذی خصوصاً در نقشه زمین شناسی منطقه (شکل۱). کوه های شاه جهان با وسعتی حدود ۳۵۰ کیلومتر مربع با گنبدهای آذرین تجلی می یابد که سری های ژوراسیک، کرتاسه و احتمالاً پالئوزوئیک پسین را قطع کرده و در بعضی از مناطق آن ها را تحت تأثیر دگرگونی مجاورتی قرار داده است. اکثر منابع معدنی و متالوژنی منطقه در سیستم ولکانو- پلوتونی شیورداغ- شاه جهان اردوباد قرار گرفته است.

با توجه به مطالعات صحرایی و گزارشات موجود به نظر می رسد حداقل دو فاز کانی زایی ویا بیشتر در منطقه به وقوع پیوسته است. کانی سازی غالب در ناحیه اکثراً مربوط به عناصر مس به صورت کانی های سولفوره و کربناته و آهن بیشتر به صورت پیریت بخش وسیعی را در بر می گیرند. در راستای این مطالعه، نمونه برداری از رسوبات آبراهه ای به تعداد ۲۳۳ نمونه با فاصله نمونه برداری ۸۰۰ متر انجام گرفته و پس از آماده سازی ، تعداد ۲۲۲ نمونه جهت آنالیز عناصر Cu,Mo,Cr,Co,Ni,Pb,Zn به روش XRF به آزمایشگاه انرژی اتمی تهران ارسال شدند.



شکل۱- موقعیت مناطق غرب لوتکه، قره‌چیلر و نمنیق در نقشه زمین‌شناسی

پردازش داده ها

روش PCA: همانطوری که بیان شد روش PCA تکنیکی است جهت پیداکردن ترکیبات خطی از متغیرهای اولیه همبسته که تشکیل یک دستگاه محورجدید را بدهند که این محورهای جدید درامتداد بیشترین واریانس داده ها رسم می گردد.آن مؤلفه ای که معمولاً درصد بیشتر تغییرپذیری را شامل می شود به عنوان مؤلفه اصلی اول (PC_1) و مؤلفه بعدی(PC_2) که عمود برآن است نسبت به PC_1 درصد تغییرپذیری کمتری را شامل می شود. مؤلفه های سوم، چهارم و... مقادیر یکنواخت واریانس کاهش یافته در دستگاه داده هارا شامل می شوند.

با فرض این که اولین مؤلفه اصلی (PC_1) به صورت ترکیب خطی از متغیرهای اولیه x_1 تا x_p باشد. داریم:

$$y_1 = PC_1 = a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \cdots a_{1n}x_n \qquad (۱)$$

وبه فرم ماتریسی می توان نوشت:

$$y_1 = [a_1]^T [x] \qquad (۲)$$

اگر در ترکیب خطی فوق ضرایب a_{ij}(وزن ها) بزرگ باشد واریانس را بطور قابل ملاحظه ای افزایش خواهد داد لذا برای این ضرایب به صورت زیر محدودیت در نظرگرفته می شود:

$$a_{11}{}^2 + a_{12}{}^2 + \cdots a_{ij}{}^2 = 1 \qquad (۳)$$

و واریانس آن به صورت زیر قابل محاسبه است:

$$Sy_1{}^2 = [a_1]^T [s][a] \qquad (۴)$$

که در آن s ماتریس کواریانس متغیرهای اصلی و a_{ij} ضرایب متغیرهای اولیه است.

بطورخلاصه هرمؤلفه اصلی رامی توان به صورت یک بردارy، کل متغیرهای اولیه رابه صورت یک بردارx و بالاخره اوزان مربوط به آنها را به صورت یک ماتریسA نشان داد که در آن A ماتریسی است که هرسطرآن بارهای مربوط به هریک از مؤلفه های اصلی است و رابطه آن ها را به صورت زیر بیان نمود:

$$[y] = [A]\,[x] \qquad (۵)$$

قابل ذکراست که تعداد مؤلفه های اصلی قابل محاسبه بستگی به تعداد متغیرهای اولیه همبسته و حداکثردرصد واریانس قابل توجیه دارد. معمولاً اولین چندمؤلفه اصلی می توانند قسمت اعظم تغییرپذیری راتوجیه کنند. لذا در عمل می توان به قیمت ازدست دادن توجیه چنددرصداز تغییرپذیری تعداد مؤلفه اصلی را نسبت به متغیرهای اولیه تا حد بسیار زیادی کاهش داد [۱,13].

علی رغم کاهش ابعاد متغیرهای موجود، بررسی حداکثر جهت تغییرپذیری در الگوهای ژئوشیمیایی عناصر همسو در منطقه با استفاده از PCA در این مطالعه مورد تأکید قرار گرفت.

روش هندسه فرکتال: مدل فرکتالی عیار- مساحت(C-A)

هدف اصلی در این روش رسیدن به مرحله جداسازی جامعه ناهنجاری از زمینه است که با تخمین حد آستانه ای صورت می گیرد. دریک سری داده های ژئوشیمیایی با دوگروه داده های فرکتالی (ناهنجاری و زمینه) روبرو هستیم که جهت جدایش آنها سعی می شود غلظتی بحرانی که در محدوده آن بعد فرکتالی تغییر می کند، به عنوان حد آستانه معرفی گردد. لذا در این روش از توزیع فراوانی عناصر و شکل هندسی ناهنجاری بطور همزمان جهت تشخیص حدآستانه ای وجدایش جامعه زمینه وناهنجاری استفاده می گردد. از آن جا که مدل های فرکتالی نوعی روابط نمایی بین پارامترهای غلظت- مساحت و همچنین غلظت - فاصله برقرار می کند لذا نمودار آن ها در دستگاه مختصات تمام لگاریتمی به صورت خط راست در می آید. در این صورت اگرنمودار غلظت- مساحت که از اهمیت خاصی برخوردار است برای داده های اکتشافی رسم گردد به صورت دویاچند خط راست درمی آید که در مناسب ترین حالت ممکن است دو خط راست بدست آید و مرز بین دو خط دارای عیاری خواهد بود که معرف حد آستانه ای است. روش عیار- مساحت را بر مبنای یک سری معادلات تجربی ساده ارائه نمودند که دراین روش رابطه بین خطوط هم عیار با مساحت را می توان به صورت زیر بیان نمود:

$$A(\mu \geq x_0) = cx_0^{-D} \qquad (٦)$$

که درآن $A(\mu \geq x_0)$ مبین مساحت تجمعی محصورشده به وسیله خطوط هم عیاری است که عیار متناظر آن ها بزرگتر یا مساوی x_0 است. D بعد فرکتالی بوده و مرتبط با بعد خطوط هم عیار است [٤]. مهم ترین بحث جهت محاسبه بعد فرکتالی منطقه مورد مطالعه، تهیه نقشه ایزوگرید منطقه اکتشافی جهت محاسبه عیار و مساحت شبکه ها درسیستم شبکه بندی شده است.

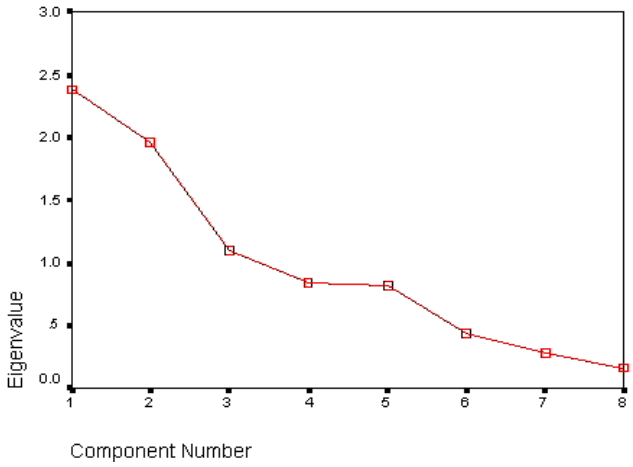
برای این منظور روش های مختلفی جهت درون یابی داده ها وجود دارد که بسته به نوع داده ها، مورد استفاده قرار می گیرند. برای داده های مربوط به رسوبات آبراهه ای باتوجه به ماهیت برداری چنین داده هایی و این که هرنمونه فقط معرف بالادست خود می باشد، از روش تخمین شبکه ای قطاعی استفاده شده است. پس از رسم نقشه شبکه بندی شده داده ها،برای هر سلول عیار و مساحتی در نظر گرفته شده و پس از انجام محاسبات لازم، نمودار تمام لگاریتمی عیار- مساحت رسم شد و از روی آن حدآستانه ای تخمین زده شد. درمنطقه مورد مطالعه نیزباتوجه به فاصله بهینه نمونه برداری، منطقه به شبکه های ۱۰۰۰×۱۰۰۰ متر مربعی تقسیم بندی شده (شکل۵) و با استفاده از روش تخمین شبکه ای قطاعی، حوضه های آبریز مربوط به هر نمونه رسم گردیده ودر نهایت محاسبات مربوط به عیار- مساحت درآن انجام گردید.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از اعمال آنالیز مؤلفه اصلی روی داده های رسوبات آبراهه ای منطقه قولان درجدول ۱ و شکل ۳ نشان داده شده است.

جدول۱- نتایج حاصل از اعمال آنالیزمولفه های اصلی بر روی داده های رسوبات آبراهه‌ای در منطقه قولان

عنصر	PC_1	PC_2	PC_3
Cu	۰/۵۷۷	۰/۳۹۱	-۰/٤٨٦
Mo	-۰/۳۰۹	۰/۷۷۳	-۰/۳٤۱
Co	۰/۸٤٦	-۰/۳۲۸	۰/۱٤۳
Zn	۰/۸۱۷	-۰/۱۱	۰/۲۵۲
pb	-۰/۰۸۲	۰/۸۱٦	۰/۲٦٤
As	۰/۲٤۲	۰/۵۵۷	-۰/۰۱۵
Ni	۰/٦۳۲	۰/۳۳۵	-۰/۰٦۵
Zr	۰/۱۸۹	۰/۱۰۳	۰/۸٤۷
تغییرپذیری	۳۸/۸۸	٦۸/۵	۸۸/۱۲



شکل ۲- نمودارScreeplot حاصل از آنالیز مؤلفه اصلی درمنطقه قولان

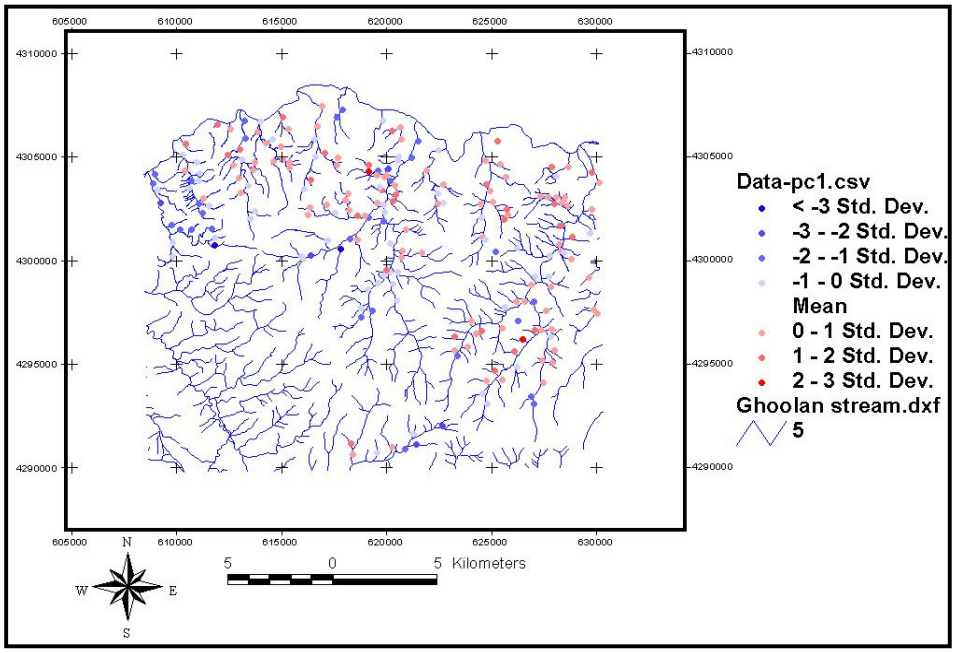
باتوجه به شکل ۲ (نمودار Screeplot) که مقادیر ویژه برحسب تعداد مؤلفه های اصلی رسم شده است سه مؤلفه اول ازهشت مؤلفه کل، بیشترین درصد تغییرپذیری ناحیه (۸۸٪) را توجیه می کنند. با توجه به جدول ۱ و شکل ۳ مشاهده می گردد که مؤلفه اصلی اول (PC_1) مؤلفه ای بسیارقوی بوده و بار فاکتوری آن برای همه متغیرها به جز Mo,Pb که تقریباً نزدیک به صفراست، تاحدودی مشابه است.همچنین دراین مؤلفه، همبستگی بالای عناصر Ni,Zn,CO,Cu قابل مشاهده است. شکل ۳ که نقشه حاصل از بار فاکتوری مربوط به مؤلفه اصلی اول (PC_1) است بیانگر توزیع تقریباً یکسان این عناصر در منطقه می باشد. از نظر ژئوشیمیایی می توان گفت که این توزیع در اثرفرآیند هوازدگی بوده که عناصر Cu,Ni,Zn,Co طی این فرآیند دارای تحرک بالایی در محلول های آبی بوده و با پایداری نسبتاً بالایی می توانند فواصل طولانی را طی کنند.

کاهش غلظت Pb در منطقه به تحرک Mo وگسترش هاله های ثانویه آن کمک کرده است.

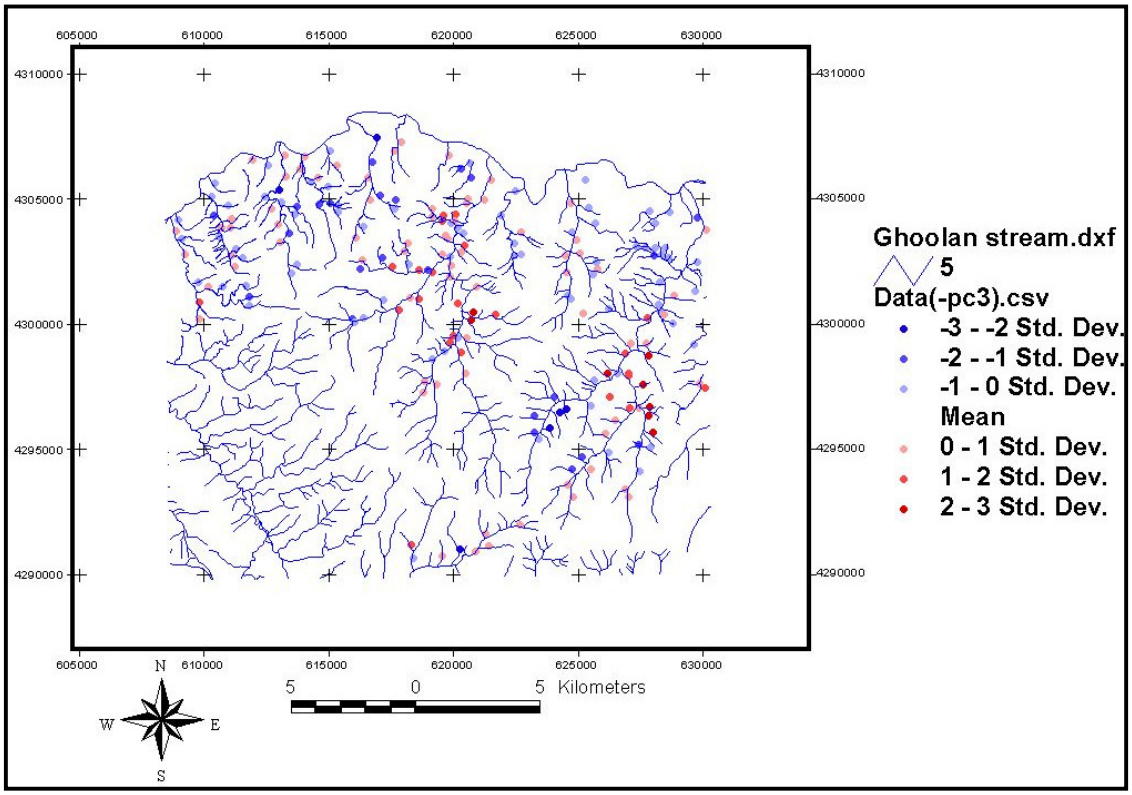
اماباتوجه به PC_2 همبستگی بالای بین Mo,Pb قابل مشاهده است.

بنابراین از PC_2 در تفسیر ژئوشیمیایی عناصر و تعیین ناهنجاری Mo,Cu نمی توان استفاده نمود. مؤلفه اصلی سوم(PC_3) درجدول۱ بیانگر همبستگی و بار فاکتوری بالای منفی بین Cu,Mo است.

شکل ٤ نقشه توزیع ژئوشیمیایی مربوط به (PC_3-)را نشان می دهد که مبین معنی دار بودن همبستگی بالای Cu,Mo در دو محدوده نمنیق و قره چیلر است، اما تمرکز Cu,Mo در نمنیق به مراتب شدت بالاتری دارد.

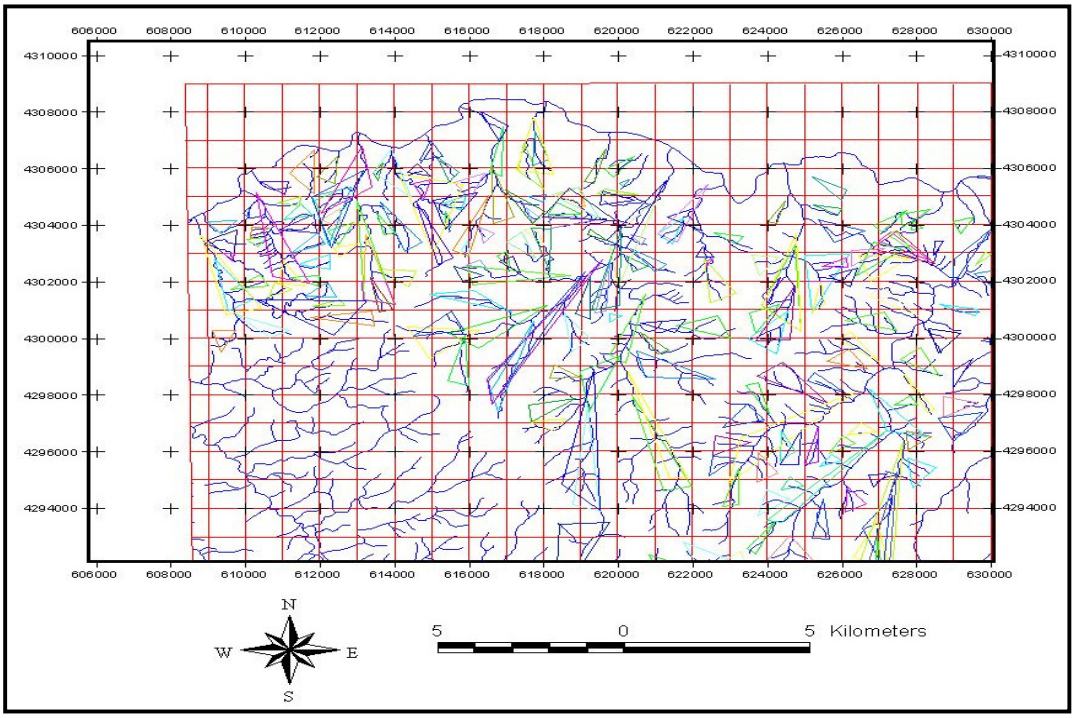


شکل۳ – نقشه حاصل ازبارفاکتوری مربوط به مؤلفه اصلی اول (PC_1) (پراکندگی نقاط قرمزرنگ)

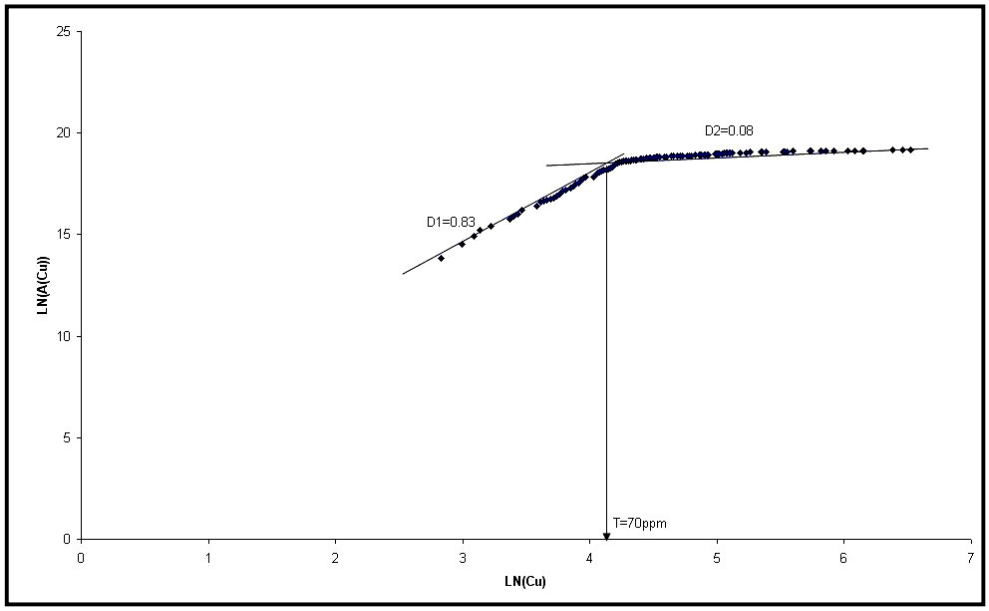


شکل ٤- نقشه توزیع ($-PC_3$) نشان‌دهنده همبستگی بالای Cu-Mo در محدوده نمنیق و با شدت کمتر در محدوده قره‌چیلر

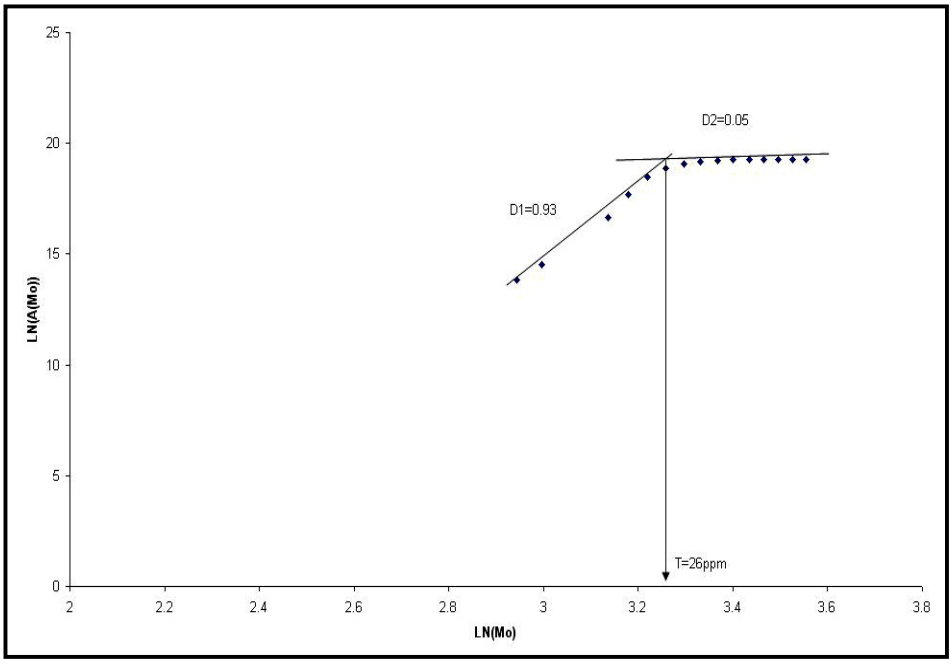
شکل۵ نشان دهنده شبکه بندی وجدایش مرز حوضه های آبریز در منطقه قولان بر اساس تخمین شبکه ای می باشد.برای محاسبه عیار نهایی هر سلول باتوجه به شکل فوق مقدارزیادی از حوضه های آبریز دریک سلول همپوشانی دارند.با محاسبه میزان اثر بخشی هرنمونه درمحدوده حوضه آبریز خود، می توان به منطقی دست یافت که اثر این همپوشانی ها راه به طور کمی محاسبه وخنثی نماید و منطق این محاسبات براساس وزن دهی به میزان اثربخشی داده های مربوط به هرنمونه درمحدوده حو ضه آبریز نظیرش می باشد. بعد از محاسبه عیار نهایی هر سلول ازمنطقه شبکه بندی شده قولان، نمودار تمام لگاریتمی مساحت تجمعی سلول های هم عیار رسم گردید (اشکال٦ و٧).



شکل ۵- نحوه شبکه‌بندی نمونه‌های رسوبات آبراهه‌ای و رسم حوضه‌آبریز هر نمونه جهت مطالعات فرکتالی در منطقه مورد مطالعه قولان



شکل٦- نشان‌دهنده نمودار تمام لگاریتمی و حد آستانه‌ای Cu در منطقه قولان



شکل۷- نشان‌دهنده نمودار تمام لگاریتمی و حد آستانه‌ای Mo در منطقه قولان

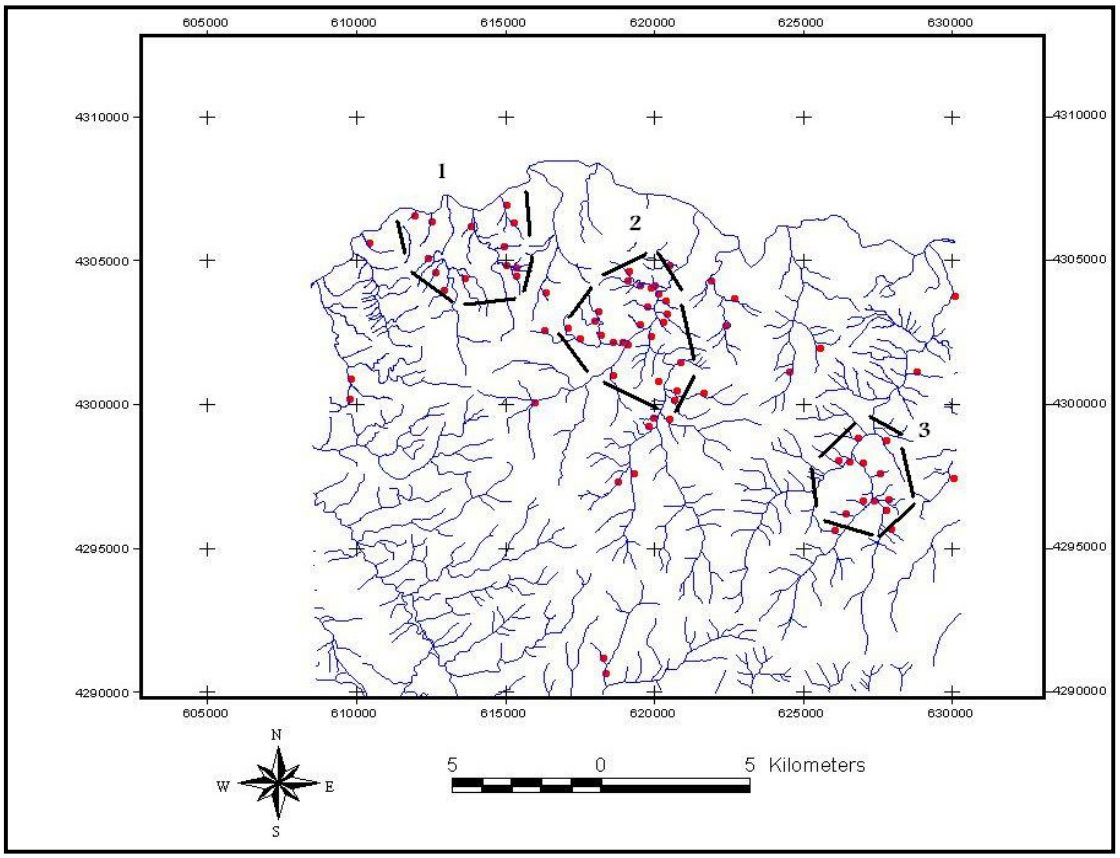
با توجه به اشکال ٦ و۷ که نمودار تمام لگاریتمی عناصر Mo,Cu می باشند، توزیع ژئوشیمیایی هر دو عنصر دارای دو جامعه و حد زمینه بوده و نقطه تقاطع دوخط راست بیانگر مقدارحد آستانه ای مربوط به هر عنصر در منطقه است. جدول ۲ مقادیر حدآستانه ای و ابعاد فرکتالی جوامع مختلف مربوط به Mo,Cu را نشان می دهد. باتوجه به حدآستانه ای ۷۰ ppm برای Cu علی رغم سرشکن شدگی این عنصردر محیط های ثانویه رسوبات رودخانه قولان چای در گرانودیوریت های منطقه اتفاق افتاده است.

گزارش مقدارزمینه ۳۰ ppm برای Cu در گرانودیوریت ها، حاکی ازغنی شدگی مس درمنطقه است.

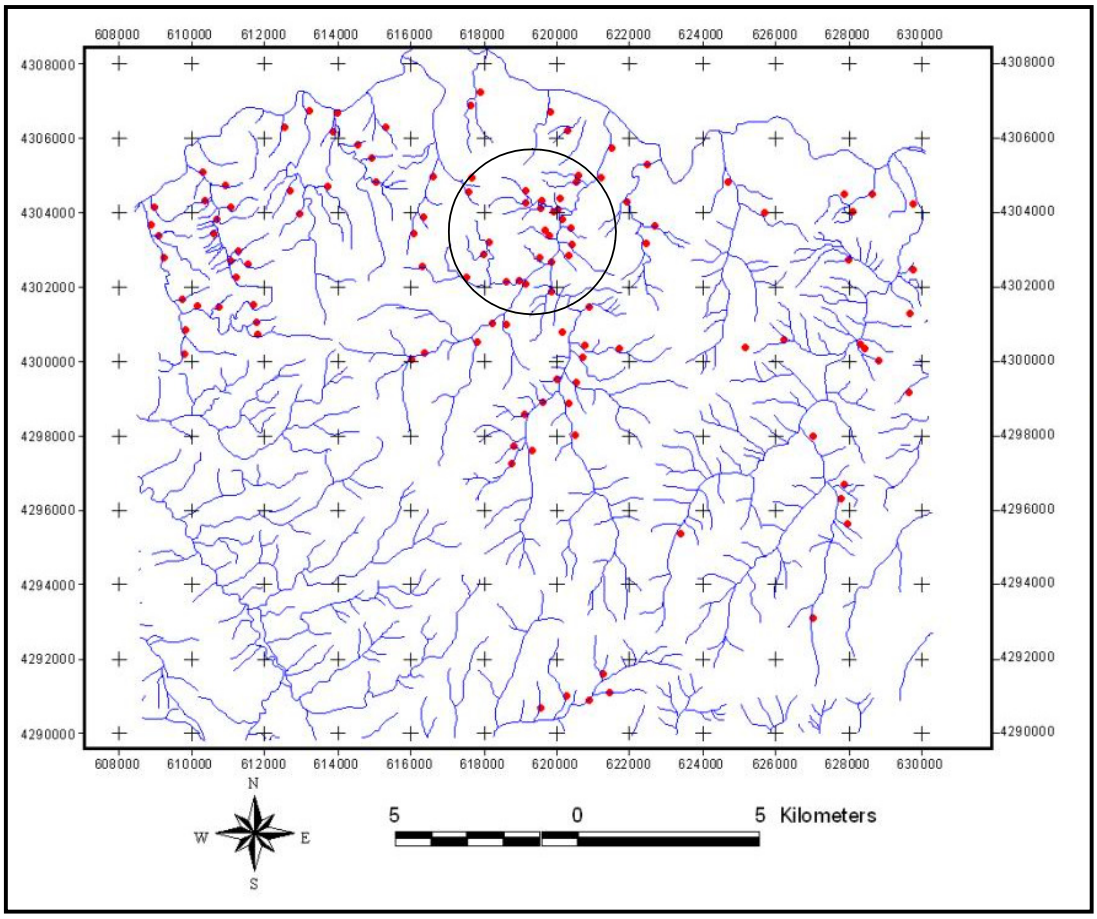
باتوجه به شکل ۸ که نشانگر الگوی توزیع ژئوشیمیایی جامعه ناهنجاری Cu در منطقه می باشد، سه محدوده غرب لوتکه، قره چیلر و نمنیق به عنوان مناطق امید بخش کانی زایی ثبت و معرفی گردیدند.

جدول۲- مقادیر حدآستانه‌ای و ابعادفراکتالی جوامع ناهنجاری و زمینه عناصرMo,Cu درمنطقه قولان

عنصر	D1 (بعد جامعه زمینه)	D2 (بعد جامعه ناهنجاری)	مقدار حدآستانه‌ای (ppm)
Cu	۰/۸۳	۰/۰۸	۷۰
Mo	۰/۹۳	۰/۰۵	۲۶



شکل ۸- مناطق ناهنجاری حاصل از روش C-A برای Cu (غرب لوتکه- قره‌چیلر- نمنیق)، نقاط قرمز رنگ معرف نقاط ناهنجار هستند



شکل۹- مناطق ناهنجاری حاصل از روش C-A برای Mo (محدوده قرمچیلر ناهنجاری شدیدتری نسبت به سایر مناطق نشان می‌دهد)

شکل ۹ الگوی توزیع ژئوشیمیایی Mo وادامه روند ناهنجاری های این عنصر را درشمال غرب و جنوب شرق قره چیلر نشان می دهد، این عنصر در کل منطقه به صورت مولیبدنیت تجلی یافته و تحرک بالای آن موجب گستره هاله های ثانویه وسیعی برای آن شده است که به عنوان راهنمای منطقه ای مورد استفاده می باشد. نداشتن همپوشانی بین نا هنجاری Mo,Cu درمحدوده های نمنیق وغرب لوتکه احتمالاً بخاطر شستشوی رخنمون های گرانیتی منطقه وحضور Cu به صورت کالکوپریت موجب اسیدی شدن آبهای جاری شده است بنابراین نهشته Mo بصورت مولیبداتها حمل ونقل یافته و واین شرایط برعکس Cu بوده وباعث تفکیک تقریبی هاله های ثانویه Mo,Cu شده است.

مقایسه نتایج حاصل از اعمال روش های آنالیز مؤلفه اصلی و فرکتال درمنطقه مورد مطالعه مؤید امید بخش بودن محدوده غرب لوتکه- قره‌چیلر- نمنیق جهت پی جویی کانی زایی Cu-Mo می باشد و این مطلب بیانگرمؤثر و موفق بودن روش های نوین اکتشافی در ثبت بهتر ناهنجاری ها و بهینه سازی روش اکتشافی/مطالعات ژئوشیمیایی است. با توجه به اینکه روش آنالیز مؤلفه‌های اصلی علاوه بر اثر لیتولوژی تأثیر سنگ درون گیر، رسوبات موجود در محل کانی‌سازی و خصوصیات فیزیکوشیمیایی محیط اطراف را نیز تا حد زیادی حذف می‌کند، لذا نتایج حاصل از این روش درمقایسه با روش فراکتال از صحت بیشتری برخوردار است.

۵- جهت تأیید ناهنجاری بهینه Cu-Mo در نمنیق به جز نمونه برداری های محدود، نمونه‌برداری لیتوژئوشیمیایی سیستماتیک از منطقه قولان جهت تأیید نهایی و کروله آن با نتایج رسوبات رودخانه ای موردنیاز است .

٦- انجام مطالعات ژئوفیزیکی و تلفیق آن با مطالعات ژئوشیمیایی درمحیط GIS می تواند گام مؤثری در جهت کشف ناهنجاری بهینه Cu-Mo و پلی‌متال در منطقه باشد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله نویسندگان مقاله تشکر وقدردانی خود را از آقای مهندس هادی فتحی، کارشناس ارشد سازمان انرژی اتمی وجناب آقای دکتر قدس از دانشکده علوم دانشگاه زنجان به خاطر همکاری صمیمانه شان در تجزیه وتحلیل داده های مربوط به فرکتال اعلام می دارند.

منابع

۱- حسنی‌پاک، ع.ا، (۱۳۸۰)، تحلیل داده‌های اکتشافی، انتشارات دانشگاه‌تهران، ۹۹۰ ص.

۲- زینال ر.، (۱۳۷۱)، متالوژنی در زون الحاق تکتونیکی ایران و قفقاز کوچک، ٦٥ص.

۳- علوی ح.، (۱۳۷۱)، گزارش زمین‌شناسی ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ سیه‌رود، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات‌معدنی کشور، چهار گوش شماره ٥٢٦٧.

٤- فتحی، ه.، (۱۳۸۲)، کاربرد هندسه فراکتال در جداسازی ناهنجاری و تخمین حدآستانه‌ای، سمینارکارشناسی‌ارشد، دانشگاه صنعتی‌سهند تبریز، ۷۰ ص.

٥- قنبری ی.، (۱۳۸۱)، اکتشافات ژئوشیمیایی و بررسی پتانسیل‌های معدنی Cu-Mo و به کارگیری روش های GIS در منطقه قولان(سیه‌رود، آذربایجان‌شرقی)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی‌سهند تبریز، ١٩٦ص.

٦- شرکت مهندسین مشاورچکان، طرح بررسی ذخایر معدنی- گزارش پتانسیل‌یابی منطقه شهرستان‌ارسباران(آذربایجان شرقی) ، ٢٦٨ ص.

7- 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, pp.109-130.

8- Cheng, Q., (1995). The Perimeter –Area fractal method and its application to geology. Mathematical Geology, 27: pp.69-82.

9- Chengjiang Li, Tuhna Ma, Junfa shi, (2003). Application of a Fractal method relating Concentrations and distances for separation of geochemical anomalies from background, Journal of Geochemical Exploration, pp.167-175.

10- Crosta, A.P, Rabelo, A., (1993). Assessing Landsat/TM for Hydrothermal mapping in Central Western, Brazil, in processing of the 9th Thematic Conference of Geologic Remote Sensing. Pasadena, Proceedings, 1:1053-1061.

11- Du ,Q., Flower, E.J., (2008). Low-Complexity Principal Component Analysis for Hyperspectral Image Compression. International Journal of High Performance Computing Applications, pp.438-448.

12- Lima,A., De Vivo,B., D. Cicchella,D., Cortini, M. and Albanese,S., (2003). Multifractal IDW interpolation and fractal filtering method in environmental studies: an application on regional stream sediments of (Italy), Campania region. Applied Geochemistry, Vol.18،pp.1853-1865.

13- Loska, K.and Wiechuła, D., (2003). Application of Principal component analysis for the estimation of source of heavy metal contamination in surface sediments from the Rybnik Reservoir. Journal of Chemosphere, 51،pp.723–733.

14- Pasadakis,N. Obermajer,M. and Osadetz,K.G., (2004). Definition and characterization of petroleum compositional families in Williston Basin, North America using Principal component analysis. Journal of Organic Geochemistry, 35، pp.453–468.

15- Prinzhofer, A**.,** Mello, M.R.and Takaki, T., (2000). Geochemical Characterization of Natural Gas: A Physical Multivariable Approach and Its Applications in Maturity and Migration Estimates. American Association of Petroleum Geologists (AAPG) . v. 84; no. 8، 1152-117.

16- Sabeti,H., Javaherian,A. and Araabi,N.D., (2007). Principal component analysis applied to seismic horizon interpretations. International congress of Petroleum Geostatistics, Cascais, Portugal, 10 - 14 September.

17 -Woodall, R., (1984). Success in mineral exploration Confidence in source and Ore deposit models. Geosci. Can., 11،pp.127-132.

18- Yaguang Xu, Quiming cheng, A Fractal Filtering technique for processing regional geochemical map for mineral exploration. GEEA, 1، pp.175-194.

19- Yuhua, F., (1994). Improvement of fractal technique on the application in oil & gas prospecting. China Offshore Oil and Gas, Vol 6, issue 3، pp.210-214

20- Zhangdong, j., Xinwei,L., and Chuanlin, Zh., (1998). A Study of Fractal Dimension of the Fracture System in the Dexing Porphyry Copper Orefield, Jiangxi. Geological review, Vol44,Issue1 pp.57-62.