

بررسی منشأ برخی عناصر در رسوبات سطحی استان سمنان و شمال خاوری اصفهان با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره

حامد مرادی^۱، حسن محسنی^۲، مجید معینی نجف‌آبادی^۳ و رضا بهیانی^۲

^۱دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

^۲دانشیار، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

^۳کارشناسی ارشد، گروه زمین‌شناسی دریایی، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۲/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۲۵

چکیده

انتقال رسوب از راه فرایندهای مختلفی صورت می‌گیرد و بررسی منشأ آنها اهمیت ویژه‌ای دارد. در پژوهش حاضر از رسوبات سطحی منطقه استان سمنان و شمال خاوری اصفهان (خور و بیابانک) برای بررسی و احتمال انتقال توسط باد نمونه‌برداری صورت گرفته است. برای بررسی‌های ژئوشیمیایی ۴۳ نمونه رسوب سطحی جمع‌آوری شد. نمونه‌ها در آزمایشگاه سازمان زمین‌شناسی به روش (ICP) تجزیه شدند. پس از انجام آزمایش داده‌های پرت حذف و برای اطمینان از درستی این امر، تجزیه مقایسه‌ای میانگین‌ها (آزمون تی مستقل (Independent – sample T Test)) میان عناصر مورد مطالعه به کار گرفته شد. برای اطمینان از ارتباط میان عناصر از تحلیل مؤلفه اصلی، تحلیل همبستگی (یا ضریب همبستگی)، تحلیل خوشه‌ای، تحلیل عاملی و جعبه واریمکس استفاده شد. در منطقه استان سمنان عناصر Zn, V, Ti, Sn, Sc, P, Ni, Mn, Cu, Cr, Co, Cd, Ba, As از همبستگی خوبی دارند. فرارگیری این عناصر در یک گروه فاکتور آماری خاستگاه یکسان آنها را نشان می‌دهد و در ارتباط با فرایندهای زمین‌زاد و واحدهای سنگی رخنمون یافته منطقه مانند آتشفشانی‌های متوسط تا بازیک هیالوکلاستیک، آندزیت، بازالت و توف برش در پیرامون منطقه مورد مطالعه است. در منطقه خور و بیابانک عناصر V, Ti, Sn, Sc, Pb, Ni, Mn, Cu, Cr, Co, Cd از همبستگی خوبی نشان می‌دهند که احتمالاً بیانگر خاستگاه آنها از سنگ‌های الترامافیک دگرسان شده پروتروزوییک تا پالئوزوییک پیشین انارک-خور است. وجود عامل‌های مثبت در مناطق مورد مطالعه در گروه ۳ و ۴ رده‌بندی عناصر می‌تواند تحت تأثیر سازندهای زمین‌شناسی منطقه باشد که بیشتر نقش عامل زمین‌زا دارد و گروه ۳ از یک سو تحت تأثیر سازندهای زمین‌شناسی منطقه و از سوی دیگر تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی یا فعالیت‌های کشاورزی باشد که نقش عامل زمین‌زا و انسان‌زا نامیده می‌شود.

کلیدواژه‌ها: تجزیه عنصری، استان سمنان، ژئوشیمی، شمال خاوری اصفهان (خور و بیابانک)، منشأ.

*نویسنده مسئول: حسن محسنی

E-mail: mohseni@basu.ac.ir

۱- پیش‌نویس

با توجه به منطقه مورد مطالعه و بررسی ارتباط میان عناصر موجود در رسوبات در این پژوهش، نظر به ماهیت تصادفی پدیده‌های طبیعی و وابسته بودن دیگر پدیده‌ها به آن، استفاده از روش‌های آماری در تحلیل پدیده‌ها به‌ویژه فرایند خاستگاه‌یابی عناصر اهمیت ویژه‌ای دارد. روش تحلیلی آماری ابزار قوی است که می‌تواند در تفسیر داده‌های عناصر مورد استفاده قرار گیرد (مهربانی، ۱۳۹۰). امروزه تقریباً از روش‌های آماری (تک‌متغیره و چندمتغیره) به‌طور گسترده‌ای در بیشتر مطالعات زمین‌شناسی برای بررسی غلظت عناصر، توزیع و تجمع آنها استفاده می‌شود (Qishlaqi and Moore, 2007). این روش‌ها در تعیین خاستگاه آلاینده‌ها، ارزیابی تغییرات عناصر و عوامل کنترل‌کننده آنها و به‌طور کلی در تحلیل ویژگی‌های سامانه‌های زیست‌محیطی مورد استفاده قرار می‌گیرند (Kelly et al., 1966; Lin et al., 2002). در این پژوهش از مهم‌ترین و رایج‌ترین روش‌های آماری استفاده شده است که هر یک می‌توانند در تحلیل داده‌ها به کار گرفته شوند.

از این رو با هدف بررسی پتانسیل احتمالی منشأ رسوبات مناطق پیرامون بخش جنوبی استان سمنان و پیرامون خور و بیابانک در استان اصفهان و نقش آنها در تولید رسوباتی که ممکن است به عنوان منشأ رسوبات در آیند؛ این دو منطقه مورد نمونه‌برداری قرار گرفتند. در این پژوهش از تحلیل آماری پراکنندگی عناصر رسوبات سطحی منطقه مورد مطالعه برای شناخت خاستگاه رسوبات استفاده شده است.

این روش یک روش غیرپارامتری است که مستلزم هیچ‌گونه پیش‌فرضی در مورد توزیع فراوانی داده‌ها نیست. هدف اصلی از این آزمون کاهش مجموعه داده‌های اولیه یک سری مؤلفه‌های غیر همبسته ولی با ابعاد کوچک‌تر است (Loska and Wiechuya, 2003). این مؤلفه اصلی تقریباً همه اطلاعات موجود در متغیرهای اولیه را دربر گرفته است و می‌تواند عوامل پنهانی دیگر برای ایجاد ارتباط

میان متغیرهای دیده شده در مورد ساختار اصلی داده‌ها و یا تغییرپذیری آنها نشان دهند (Nowak, 1998; Garcia et al., 2004). در PCA اجزای اصلی بر پایه ارتباط ماتریسی محاسبه و از واریمکس به‌عنوان روش چرخشی در تحلیل استفاده می‌شود (Lee et al., 2006). به‌طور کلی مؤلفه‌هایی که مقدار ویژه آنها بیشتر از ۱ باشد با اهمیت تلقی و برای تحلیل‌های بعدی در نظر گرفته می‌شوند (Nowak, 1998). در PCA متغیرهایی که در یک مؤلفه قرار می‌گیرند؛ معمولاً صفات مشترک یا مشابهی دارند. از روش آماری PCA در مطالعات ژئوشیمی برای تعیین خاستگاه عناصر و یا برای رده‌بندی متغیرهای زمین‌شیمیایی با ویژگی‌های یکسان استفاده می‌شود (Qishlaqi and Moore, 2007). در این مطالعه نیز از این روش برای تمایز خاستگاه و همچنین برای تعیین علت‌های مؤثر بر تغییرپذیری کمیت‌های زمین‌شیمیایی استفاده شد.

۲- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

محدوده استان سمنان در طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۲۳ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۳۴ دقیقه جای دارد و ارتفاع متوسط آن از سطح دریا ۱۱۳۰ متر است و از دیدگاه زمین‌شناسی در پهنه البرز قرار دارد. محدوده شهرستان خور و بیابانک در استان اصفهان در ۵۵ درجه ۰۵ دقیقه ۰۷ ثانیه طول جغرافیایی و ۳۳ درجه ۴۶ دقیقه ۳۴ ثانیه عرض جغرافیایی قرار دارد. این شهرستان از خاور و جنوب به استان یزد، از شمال به استان سمنان و از باختر به بخش انارک شهرستان نایین محدود می‌شود (شکل ۱).

۳- زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

در سلسله کوه‌های شمال استان سمنان در حد فاصل پراکامبرین پشین تا اردووسین، پوسته قاره‌ای البرز دریای کم‌ژرفا بوده است و در زمان پالئوزوییک پیشین سازندهای

متر برداشت شد. بدین صورت که ۸ نفر به فواصل چندین متر از هم با یک قاشق پلاستیکی، پوشش روی سطح زمین به سترای ۱ سانتی متر را کنار زدند و نمونه برداری انجام و با هم مخلوط شد. سپس مخلوط به دست آمده به چهار بخش مساوی تقسیم و آنگاه دو بخش از آن دوباره با هم مخلوط شد. پس از انتقال نمونه به آزمایشگاه، ابتدا بخشی از نمونه برداشته و در دمای کمتر از ۷۰ درجه سانتی گراد خشک شد (دمای بیش از ۷۰ درجه باعث پخته شدن رس‌ها و چسبیدن آنها به یکدیگر و به دست آوردن قطر غیر واقعی می‌شود) و آزمایش‌های مختلفی (از جمله دانه‌بندی، کربنات‌سنجی، جداسازی کانی‌های سنگین، کربنات‌سنجی، XRD، XRF، ICP-OES، ICP-MS و ...) روی رسوبات انجام شد. نمونه برداری بر پایه روش استاندارد یونسکو و با همکاری سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور انجام شده است.

نمونه‌ها در آزمایشگاه تجزیه عناصری مرکز پژوهش‌های کاربردی سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور با استفاده از دستگاه ICP - OES مدل Varian 735 تجزیه شدند. نتایج به دست آمده با استفاده از نرم‌افزار SPSS 22 پردازش شدند. پس از انجام آزمایش، داده‌های پرت (بالا تر و پایین تر از حد دستگاه) حذف و برای اطمینان از درستی این امر، تجزیه مقایسه میانگین‌ها (آزمون تی مستقل (Independent - sample T Test)) میان عناصر مورد مطالعه به کار گرفته شد. برای اطمینان از ارتباط بیشتر میان عناصر، از تحلیل مؤلفه‌ی اصلی، تحلیل همبستگی یا ضریب همبستگی، تحلیل خوشه‌ای، تحلیل عاملی و جعبه واریمکس استفاده شد. میان دو گروه از تطابق پیرسون به عنوان فاصله برای رده‌بندی عناصر و از روش خوشه‌ای R برای گروه‌بندی متغیرها و مقدار عناصر استفاده شد.

۵- نتایج و بحث

در روش تحلیل مؤلفه اصلی متغیرهایی که در یک مؤلفه قرار می‌گیرند؛ معمولاً صفات مشترک یا مشابهی دارند. از روش آماری تحلیل مؤلفه اصلی در مطالعات ژئوشیمی برای تعیین منشأ عناصر شیمیایی و یا برای رده‌بندی متغیرهای زمین‌شیمیایی با ویژگی‌های یکسان استفاده می‌شود (قشلاقی، ۱۳۸۹). در این مطالعه نیز از این روش برای تمایز منشأ زمین‌زاد از بشرزاد و همچنین برای تعیین علت‌های موثر بر تغییرپذیری کمیت‌های زمین‌شیمیایی استفاده می‌شود.

در آغاز تلاش شد تا داده‌های پرت و ناپسند از پردازش حذف شوند. داده‌های ناپسند به داده‌هایی گفته می‌شود که به علت بالاتر یا پایین تر بودن از حد سنجش دستگاه‌های اندازه‌گیری مختلف برای برخی از عناصر، به صورت مقادیر کوچک‌تر و بزرگ‌تر از حد سنجش دستگاه گزارش می‌شوند. برآورد و جایگزینی این داده‌ها سبب خواهد شد تا مقدار زمینه و بی‌هنجاری‌ها در مطالعات آماری دقیق‌تر به دست آیند (Sanford et al., 1993؛ حسنی‌پاک و شرف‌الدین، ۱۳۸۴).

برای حذف این گونه داده‌ها چند روش وجود دارد. روش جایگزینی ساده که در این روش مقادیر بزرگ‌تر از حد حساسیت، با عددی برابر با ۳/۴ حد حساسیت دستگاه و مقادیر کمتر از حد تشخیص دستگاه با عددی برابر با ۳/۴ حد حساسیت جایگزین می‌شوند. در صورت کم بودن تعداد داده‌های ناپسند در برابر کل داده‌ها (کمتر از ۱۰٪) می‌توان از روش جایگزینی استفاده کرد. روش ترمیمی که در این روش هدف آن است؛ میانگین برآورد و به جای مقادیر ناپسند جایگزین می‌شود (روش بیشترین درست‌نمایی کوهن (Sanford et al., 1993)). با توجه به اینکه روش تجزیه نمونه‌های رسوبات مورد مطالعه برای عنصر $(S > 10000)$ بالاتر از حد تشخیص دستگاه و برای برخی از عناصر از جمله $(As < 1)$ ، $(Cd < 0.1)$ ، پایین‌تر از حد تشخیص دستگاه بوده‌اند؛ به‌عنوان داده ناپسند تلقی و به روش جایگزینی ساده، جایگزین شدند.

سپس ایستگاه‌های نمونه‌برداری به دو منطقه، ناحیه استان سمنان و شمال خاوری اصفهان (خور و بیابانک) تفکیک و بررسی شدند. برای اطمینان از درستی این امر، تحلیل مقایسه میانگین‌ها (آزمون تی مستقل (Independent - sample T Test)) میان عناصر مورد مطالعه به کار گرفته شد.

سلطانیه، باروت، زاگون، لالون میلا، جبرود (در البرز خاوری سازند خوش‌بیلان) رسوب کردند (Allenbach, 1966). در پالئوزویک پسین نیز تناوبی از رسوبات آهکی - آواری (سازند مبارک، درود، روته و نسن) و تریاس پایینی - میانی، رسوبات آهکی - دولومیتی سازند الیکاست. در تریاس پسین تا ژوراسیک پیشین فعالیت ماگمایی بازالتی - آندزیتی همراه با رسوبات آواری سازند شمشک همراه بوده است. رسوبات کرتاسه بیشتر آهکی است. سازند فجن، زیارت، توفیت‌های کرج و سازند گند نشانگر پالئوسن تا ائوسن هستند. در الیگوسن پیشین، سازند سرخ زیرین، در الیگو - میوسن سازند قم و در الیگوسن پسین، سازند سرخ بالایی قرار دارند. رسوبات کواترنری استان سمنان، کویر نمکی حاج‌علی‌قلی از سه پهنه رسی، حوضه خیس و نمکزار تشکیل شده است (Allenbach, 1966).

خردقاره ایران مرکزی بخشی از ایران میانی است که با زمین‌درزهای افیولیتی سیستان، ناین، بافت، گسل درونه و افیولیت‌های کاشمر - سبزوار دربر گرفته شده و با گسل‌های درازی که به سوی باختر خمیدگی دارند به بلوک لوت، فرازمین شتری، فرونشست طیس، فرازمین کلمرد، بلوک پشت‌بادام، فروافتادگی بیاضه - بردسیر و بلوک یزد تقسیم می‌شود (آقاباتی، ۱۳۸۹).

در ناحیه انارک - جندق، حدود ۷۰۰۰ متر سنگ‌های پریدوتیتی (هارزبورژیت و کمی لرزولیت)، گابرو، دیاباز، بازال، شیل، سنگ آهک‌های پلاژیک و چرت‌های نواری وجود دارد که به دلیل قرارگیری در زیر سنگ‌های پرکامبرین پیشین (مرمرهای لاک) به سن نئوپروتروزویک (آشکوب و ندین) نسبت داده شده‌اند. معدن‌های بزرگ و کوچک بیشماری در پیرامون و نزدیکی منطقه مورد بررسی گزارش شده‌اند که مهم‌ترین آنها معدن سرب نخلک بوده که قدیمی‌ترین معدن است و در ۳۱ کیلومتری شمال خاوری انارک جای دارد (درویش‌زاده، ۱۳۸۸). این معادن دارای ذخایر سرب، آهن، طلا، مولیبدن، پیریت، نیکل، کبالت، اورانیم، مس، زاج، آنتیمون و غیره هستند (درویش‌زاده، ۱۳۸۸).

از پالئوزویک رخساره‌های آواری و گاه گدازه‌های آتشفشانی (سیلورین)، سازند نیور (سیلورین)، سازند پادها (دوین زیرین)، سازند سبزار (دوین میانی)، سازند بهرام (دوین بالایی) گزارش شده است. در بخش بالایی سازند بهرام، کانسارهای مانند سرب، روی و باریم گزارش شده است (آقاباتی، ۱۳۸۹). سازند شیشو (دوین پایانی - کربنیفر زیرین) دارای یک افق تخریبی (شیل و ماسه‌سنگ با میان‌لایه‌های کنگلومرا) به نام شیشو ۱ و مربوط به دوین پسین و رسوبات آهکی - دولومیتی رویی به نام شیشو ۲ مربوط به کربنیفر پیشین است. سازند سردر (کربنیفر - پرمین) شامل نهشته‌های شیلی ماسه‌سنگی و سنگ‌های پرمین، متشکل از آهک و دولومیت سازند جمال هستند. مرز بالایی سازند جمال با ناپیوستگی توسط تریاس زیرین پوشیده می‌شود. تریاس در ایران مرکزی شامل سازندهای سرخ شیل (تریاس زیرین)، سازند شتری (تریاس میانی)، سازند نابیند (تریاس بالایی) است. در ژوراسیک نهشته‌های آواری سازند شمشک گسترش یافته است. گرانتیت آیرکان به سن ژوراسیک در شمال خور - بیابانک برنزد دارد (آقاباتی، ۱۳۸۹). کرتاسه ناحیه خور به ترتیب سازند نقره، شاه‌کوه و بازیاب نامیده می‌شوند. رسوبات کرتاسه پایین شیل‌های بیابانک نام دارد که شامل حدود ۳۰۰۰ متر شیل‌های خاکستری روشن تاسبز، سبز زیتونی، خاکستری تیره تا سیاه با میان‌لایه‌های آهکی، سیلتی و ماسه‌ای است (Haghpor, 1974; Aistov et al., 1984; Wilmsen et al., 2015). تشریری در ایران مرکزی سازند سرخ پایینی است. در الیگوسن پسین تا میوسن پیشین سازند قم رسوب کرده است (آقاباتی، ۱۳۸۹). روی سازند قم رسوبات قاره‌ای سازند سرخ بالایی دیده می‌شوند. نهشته‌های بادی کواترنری در کناره کویر، دشت‌های بیابانی و برخی از حوضه‌های بسته داخلی ایران ته‌نشست‌های بادی کواترنری از نوع تپه‌های ماسه‌ای (تلماسه‌اند) (شکل ۲) (آقاباتی، ۱۳۸۹).

۴- مواد و روش‌ها

از رسوبات سطحی استان سمنان و شمال خاوری استان اصفهان (خور و بیابانک) در ۴۳ نقطه، نمونه‌برداری صورت گرفت (شکل ۱). هر نمونه از سطحی به گستره ۱۶۰۰

نمودار تحلیل خوشه‌ای ناحیه سمنان (شکل ۵) دو شاخه کاملاً مجزا را نشان می‌دهد. در تجزیه و تحلیل خوشه‌ای به‌طور کلی عناصری که با شاخه‌های کوتاه‌تر به یکدیگر متصل شده‌اند؛ همبستگی بالاتری بدارند.

هدف استفاده از انجام همزمان تحلیل مؤلفه اصلی و تحلیل خوشه‌ای این بوده است که ارتباط میان عناصر با اطمینان هر چه بیشتر به نمایش گذاشته شود.

قرار گرفتن عناصر Cr, Cd, Zn, Ba, Ti, Sn, Sc, Mn که توسط شاخه‌های کوتاه با یکدیگر در ارتباط هستند و نیز عناصر Cu, Ni, Co و P که با اتصالات کوتاه در یک شاخه قرار گرفته‌اند؛ همبستگی بالا و خاستگاه مشابهی را نشان می‌دهند. شاخه A شامل عناصر As, Zr, Pb, V, P, Cu, Ni, Co, Mn, Ba, Cr, Cd, Zn, Ti, Sn, Sc بوده، این شاخه خود از دو شاخه مجزا از هم (خوشه A1 و A2) تشکیل شده است.

خوشه اول، شامل عناصر Ti, V, P, Cu, Ni, Co, Mn, Ba, Cr, Cd, Zn, Sn, Sc است که احتمالاً از سنگ‌های گروه کالکوفیل (سولفیدی) مشتق شده‌اند که بیشتر می‌توان آنها را در راستای گسل‌های بزرگ ناحیه همراه با افیولیت‌ها یافت.

شاخه A2 شامل عناصر Zr و Pb است. این عناصر را می‌توان به توده آذرین اسیدی واقع در ذخایر معدنی کمان آتشفشانی - نفوذی تروود-چاه شیرین در جنوب فروافتادگی کویر چاه جم (جنوب خاور دامغان) نسبت داد. شاخه B شامل عناصر Rb, Sr, Ag, Sb است. شاخه B1 شامل عناصر Sr, Rb و Ag و همراهی عناصر Sr و Rb می‌تواند نشانه خاستگاه زمین‌زاد آنها از سنگ‌های آذرین اسیدی باشد.

نمودار تحلیل خوشه‌ای عناصر مورد مطالعه در ناحیه خور و بیابانک در شکل ۶ نشان داده شده است. از این شکل دو شاخه اصلی A و B دیده می‌شود؛ که هر یک به خوشه‌های فرعی تفکیک می‌شوند.

شاخه A شامل عناصر Rb, Sr, Ag و شاخه B شامل عناصر Zr, Pb, V, P, Cu, Ni, Sc, Ti, Sn, Ba, Cr, Cd, Mn, Co, As است. عناصر موجود در شاخه B به دو زیرشاخه مجزا از یکدیگر تقسیم می‌شود؛ زیرشاخه B1 شامل عناصر V, P, Cu, Ni, Sc, Ti, Sn, Ba, Cr, Cd, Mn, Zr, As, Co, Pb است و زیرشاخه B2 به دو زیربخش جداگانه تقسیم می‌شود که بخش اول شامل عناصر As و Ba و بخش دوم شامل عنصر Sb است. عناصر شاخه A مانند شاخه B2 منطقه استان سمنان است و عنصر Sb نیز مانند استان سمنان در یک شاخه فرعی جداگانه قرار گرفته است. عناصر شاخه B منطقه خور و بیابانک نیز همانندی فراوانی با شاخه A منطقه سمنان نشان می‌دهند. به نظر می‌رسد نقش سنگ‌های آذرین به‌ویژه سنگ‌های رخنمون یافته در راستای گسل‌های اصلی در مورد شاخه B1 بیشتر باشد.

بر پایه نتایج به‌دست آمده، منشأ اصلی رسوبات در استان سمنان از شمال منطقه و در منطقه استان اصفهان (خور و بیابانک) تقریباً از شمال باختری منطقه است که هر دو منطقه همسو با راستای چیره وزش باد هستند (محسنی و همکاران، ۱۳۹۳).

۵-۳. تحلیل مؤلفه اصلی (PCA)

روش تحلیل مؤلفه اصلی (PCA) یکی از متداول‌ترین روش‌های آماری چندمتغیره در مطالعات خاستگاه‌یابی است (Miranda et al., 1996; Diaz et al., 2002; Shakeri et al., 2009). این روش در واقع یک روش غیرپارامتری است که مستلزم هیچ گونه پیش‌فرضی در مورد توزیع فراوانی داده‌ها نیست. هدف اصلی از این آزمون کاهش مجموعه داده‌های اولیه یک سری مؤلفه‌های غیر همبسته ولی با ابعاد کوچک‌تر است (Loska and Wiechuya, 2003). این مؤلفه اصلی تقریباً همه اطلاعات موجود در متغیرهای اولیه را در بر گرفته است و می‌تواند عوامل پنهانی دیگر برای ایجاد ارتباط میان متغیرهای دیده شده در مورد ساختار اصلی داده‌ها و یا تغییرپذیری آنها نشان دهد (Nowak, 1998; Garcia et al., 2004). در PCA اجزای اصلی بر پایه ارتباط ماتریسی به دست می‌آید و از واریمکس به‌عنوان روش چرخشی در تحلیل استفاده می‌شود (Lee et al., 2006). به‌طور کلی مؤلفه‌هایی که مقدار ویژه آنها بیشتر از ۱ باشد؛ با اهمیت تلقی و برای تحلیل‌های بعدی در نظر گرفته می‌شوند (Nowak, 1998). در PCA متغیرهایی که در یک مؤلفه قرار می‌گیرند معمولاً دارای صفات مشترک یا مشابهی هستند. از روش آماری PCA در مطالعات

اساس این آزمون تعیین رابطه معنی‌داری (P-Value) میان عناصر دو گروه مجزاست. اگر مقدار معنی‌داری کمتر از ۰/۰۵ باشد؛ به این مفهوم است که اختلاف معنی‌داری میان دو گروه، نسبت به عنصر مربوط وجود دارد.

طبق نتایج به دست آمده (جدول ۳)، نمونه‌های منطقه مورد مطالعه نسبت به عناصر Ag, Cd, Mn, P, Rb, Sn, Sr, Zn, Zr (کوچک‌تر از ۰/۰۵) نشان می‌دهند. یعنی غلظت این عناصر در ناحیه استان سمنان و شمال خاوری اصفهان (خور و بیابانک) متفاوت است. عناصر As, Ba, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Sb, Sc, Ti, V تفاوت معنی‌داری نشان نمی‌دهند (بزرگ‌تر از ۰/۰۵). یعنی غلظت این عناصر در هر دو منطقه مورد مطالعه مشابه هستند.

به منظور انجام تجزیه‌های آماری، باید مشخص شود که استفاده از همه داده‌ها در محاسبات آماری امکان‌پذیر است. به همین منظور از نمودار جعبه‌ای برای جدایش نمونه‌هایی استفاده شد که مغایرت قابل توجهی نسبت به دیگر نمونه‌ها نشان می‌دهند. بر این اساس میان ایستگاه‌های نمونه‌برداری استان سمنان و خور و بیابانک تفاوت قابل ملاحظه‌ای دیده نمی‌شود (شکل‌های ۳ و ۴) و نمونه‌ها دارای اعتبار هستند.

۵-۱. تحلیل همبستگی (ضریب همبستگی)

در مطالعات خاستگاه‌یابی ارتباط آماری میان متغیرها می‌تواند اطلاعاتی مناسبی را در مورد خاستگاه عناصر در محیط و تحلیل صحیح شرایط موجود ارائه دهد. اهمیت آماری تحلیل همبستگی داده‌ها معمولاً در دو سطح اطمینان ۰/۰۱ و ۰/۰۵ مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در همبستگی پیرسون فرض عادی بودن داده‌ها الزامی است و در واقع درجه نزدیکی رابطه میان دو متغیر را در یک خط راست نشان می‌دهد (حسنی‌پاک و شراف‌الدین، ۱۳۸۴). با توجه به عادی بودن توزیع داده‌ها در این پژوهش از روش پیرسون استفاده شد.

تحلیل همبستگی یا ضریب همبستگی دو متغیر برای توصیف ارتباط جفت متغیرها به کار برده می‌شود. ضریب همبستگی بالا (نزدیک ۱ یا -۱) به معنی همبستگی خوب میان دو جفت متغیر و مقادیر نزدیک به صفر بیانگر نبود ارتباط میان دو متغیر در یک سطح معنی‌دار $p < 0/05$ است. به‌طور صریح می‌توان گفت متغیرهایی که $r > 0/7$ نشان می‌دهند، همبستگی قوی، $0/5 < r < 0/7$ همبستگی متوسط و $r < 0/5$ همبستگی ضعیف در نظر گرفته می‌شوند (Devi Onim et al., 2012). اصغری‌مقدم و برزگر، (۱۳۹۲). جدول‌های ۴ و ۵ ماتریس همبستگی را برای همه عناصر تجزیه شده نشان می‌دهد.

۵-۲. تحلیل خوشه‌ای

در تحلیل خوشه‌ای، هدف اصلی رده‌بندی مناسب شماری از متغیرهای اندازه‌گیری شده یا نمونه‌ها به گروه‌هایی است که ویژگی‌ها و رفتار مشابه دارند (Kaufman and Rousseeuw, 1990 and 2005; Everitt and Dunn, 2001). خوشه‌ای یک روش آماری چندمتغیره است که در آن هیچ فرضی در مورد شمار گروه‌ها و یا ساختار آنها وجود ندارد و دسته‌بندی بر پایه شباهت‌ها با اندازه فواصل برای تعیین تعداد گروه‌ها صورت می‌گیرد (Reimann and DeCaritat, 2000).

تحلیل خوشه‌ای شامل تعدادی روش و الگوریتم‌های مختلف است که به‌منظور گروه‌بندی داده‌های آماری مشابه و قرارگیری آنها در گروه‌های مناسب به کار می‌رود که داده‌ها متعلق به یک گروه دارای بیشترین درجه شباهت خواهند بود. تکنیک‌های خوشه‌بندی مختلفی وجود دارند که تحلیل خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی یکی از پرکاربردترین روش‌ها در علوم زمین است (Davis, 1986; Thili-Zrelli et al., 2011). روش‌های خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی روشی مناسب برای تحلیل داده‌های نمونه‌ها هستند که برای ارزیابی داده‌ها و امکان گروه‌بندی از دید آماری در زمین‌شناسی اهمیت خاصی دارند (Zhang, 2012). برای خوشه‌بندی روش‌های مختلفی وجود دارد و هر روش از الگوریتم‌های ویژه‌ای برای محاسبه همانندی‌های میان خوشه‌های استفاده می‌کند (Swan et al., 1995). در روش تحلیل خوشه‌ای دو نوع گروه‌بندی R (گروه‌بندی متغیرها) و Q (گروه‌بندی نمونه‌ها) وجود دارد (حسنی‌پاک و شراف‌الدین، ۱۳۸۴).

همچنین Ni, Cu و Co فلزاتی با ماهیت گوگرد دوست هستند که در بیشتر محیط‌ها با یکدیگر یافت می‌شوند. بی‌هنجاری‌های Ti نیز می‌تواند بازتابی از وجود کانی‌های اکسیدی Fe-Ti باشد. Sn ممکن است بر پایه اندازه دانه‌ها به‌طور مکانیکی پراکنده شود و یا به شکل کانی‌های سنگین در محیط تمرکز یابد و احتمالاً از سنگ‌های گرانیتوئیدی مزوزویک (رگه‌های آپلیتی، دایک‌ها، استوک‌های پگماتیتی و باتولیت آذرین اسیدی) انارک-خور خاستگاه گرفته است (هاتف، ۱۳۷۴). پگماتیت‌ها غنی از عنصر قلع هستند (Shelley, 1992). قرارگیری فلزاتی چون کبالت، منگنز و نیکل در یک فاکتور آماری نشان‌دهنده خاستگاه یکسان آنها و ارتباطشان با فرایندهای زمین‌زاد است (Chen et al., 2008; De Temmerman et al., 2003). بنابراین عناصر یاد شده، منحصراً در بخش آواری رسوبات، حمل می‌شوند و نشان‌دهنده شیمی خاستگاه آنها هستند (Rollinson, 1993).

فاکتور (۲): این فاکتور ۱۹/۵٪ از واریانس کل را نشان می‌دهد. وجود کروم را می‌توان به اولترامافیک دگرسان شده پروتوزویک تا پالئوزویک پیشین انارک-خور نسبت داد. هر چند کانی‌سازی کرومیت در افیولیت‌های کرتاسه نیز در ایران متداول است و نمی‌توان نقش آنها را - که در راستای گسل‌های مهم ایران مرکزی رخنمون یافته‌اند - نادیده گرفت. عناصر روییدیم و استرانسیم دارای رابطه معنی‌دار بالایی (منفی) با یکدیگر هستند و این عناصر بیشتر در فلدسپارها (پلاژیوکلازها) تمرکز دارند. وجود این عناصر بیانگر منشأ گرفتن از افیولیت‌های موجود در منطقه (انارک) است (Torabi, 2011). مقدار منفی Sr و Rb در این فاکتور می‌تواند ناشی از تجزیه فلدسپارهای پتاسیک طی فرایند دگرسانی باشد که سبب رها شدن روییدیم و در نتیجه به وجود آمدن استرانسیم رادیوژنیک از آن شود (توکلی و همکاران، ۱۳۹۳).

فاکتور (۳): این فاکتور ۱۸/۴٪ از واریانس کل را نشان می‌دهد. این فاکتور شامل ارتباط مثبت و با اهمیت Zr و Pb است. با توجه به معنای آماری این عناصر می‌توان گفت که منشأ این عناصر لیتوژنی است و افزون بر خاستگاه زمین‌زاد، می‌تواند دارای خاستگاه بشرزاد از جمله فعالیت‌های معدنکاری باشد.

فاکتور (۴): این فاکتور دارای کم‌ترین واریانس ۸/۴۸٪ در میان فاکتورهای دیگر بوده و به همین دلیل اهمیت آماری آن کمتر است. با این حال عناصر Ba و As در این گروه دارای رابطه معنی‌دار و با اهمیت هستند. مقدار مثبت Ba را می‌توان به شرکت در ساختار پلاژیوکلازها نسبت داد (توکلی و همکاران، ۱۳۹۳). بار عاملی قوی آرسنیک می‌تواند از کانی‌های مرتبط با فعالیت‌های آتشفشانی (انحلال سنگ‌های هوازده، خاکستر و خاک آن) ناشی شود. همچنین حضور آرسنیک می‌تواند ناشی از فعالیت‌های انسانی مانند کاربرد علف‌کش‌ها، معدنکاری، کاربری زمین‌ها و ... باشد (Christodoulidou et al., 2012).

۶- نتیجه‌گیری

طبق نتایج به دست آمده در مناطق مورد مطالعه، عناصر Ag, Cd, Mn, P, Rb, Sn, Sr, Zn, Zr تفاوت معنی‌داری (کوچک‌تر از ۰/۰۵) نشان می‌دهند؛ یعنی غلظت این عناصر در ناحیه استان سمنان و شمال خاوری اصفهان (خور و بیابانک) متفاوت است. عناصر V, Ti, Ni, Pb, Sb, Sc, Cu, Cr, Co, Ba, As تفاوت معنی‌داری نشان نمی‌دهند (بزرگ‌تر از ۰/۰۵)، یعنی غلظت این عناصر در هر دو منطقه مورد مطالعه مشابه هستند و احتمال شباهت در منشأ مشابه وجود دارد.

در ناحیه استان سمنان عناصر Zn, V, Ti, Sn, Sc, P, Ni, Mn, Cu, Cr, Co, Cd, Ba, As ضریب همبستگی بالایی دارند؛ که توزیع این عناصر به‌طور چیره توسط فرایندهای طبیعی کنترل می‌شود. قرارگیری عناصر یاد شده در یک فاکتور می‌تواند خاستگاه افیولیتی در پیرامون منطقه مورد مطالعه باشد.

با توجه به اینکه نمونه‌های استان سمنان در منطقه کوهپایه و مخروطی قرار گرفته است امکان اینکه رسوبات بیشتر در نتیجه جریان آب از مناطق بالادست منشأ گرفته باشد وجود دارد.

ژئوشیمی برای تعیین خاستگاه عناصر و یا برای رده‌بندی متغیرهای زمین‌شیمیایی با ویژگی‌های یکسان استفاده می‌شود (Qishlaqi and Moore, 2007). در این مطالعه نیز از این روش برای تمایز خاستگاه و همچنین برای تعیین علت‌های مؤثر بر تغییرپذیری کمیت‌های زمین‌شیمیایی استفاده می‌شود.

چهار فاکتور اول (F2, F1, F3, F4) که مقدار ویژه آنها به ترتیب برابر ۱۲/۲، ۲/۷۶، ۱/۸۱ و ۱/۴۳ بوده (جدول ۶) و سهم آنها از واریانس کل در مجموع بیش از ۹۱ درصد است؛ برای تحلیل‌های بعدی انتخاب شدند. برای معنی‌دار و قابل تفسیر کردن بیشتر این فاکتورها، از روش واریانس استفاده شد. در هر فاکتور، متغیرهایی که بار (P-Value) آنها بیش از ۰/۵ باشد؛ به‌عنوان متغیرهای با اهمیت آماری در نظر گرفته می‌شوند (شکل ۷).

فاکتور (۱): این فاکتور که ۴۷/۴٪ از واریانس کل را نشان می‌دهد؛ شامل ارتباط بالایی از عناصر Zn, V, Ti, Sn, Sc, P, Ni, Mn, Cu, Cr, Co, Cd, Ba, As است. عناصری که در این فاکتور قرار می‌گیرند؛ رابطه همبستگی با یکدیگر دارند. این همبستگی می‌تواند ناشی از رفتار زمین‌شیمیایی مشابه این عناصر باشد که در بیشتر محیط‌ها با یکدیگر یافت می‌شوند و به‌عنوان زوج‌های ژئوشیمیایی در نظر گرفته می‌شوند. همراهی کبالت، منگنز و نیکل در یک فاکتور خاستگاه یکسان آنها را نشان می‌دهد و می‌تواند در ارتباط با فرایندهای زمین‌زاد باشد (De Temmerman et al., 2003; Chen et al., 2008).

توزیع این عناصر به‌طور چیره توسط فرایندهای طبیعی کنترل می‌شود. قرارگیری عناصر یاد شده در یک فاکتور می‌تواند خاستگاه افیولیتی در پیرامون منطقه مورد مطالعه باشد.

فاکتور (۲): این فاکتور ۱۸/۹۸٪ از واریانس کل را نشان می‌دهد. مقدار منفی میان عناصر در این فاکتور می‌تواند به علت شکسته شدن فلدسپارهای سنگ مادر طی فرایند دگرسانی باشد.

فاکتور (۳): این فاکتور شامل رابطه معنی‌دار و با اهمیتی از Zr و Pb است و ۱۵/۱۸٪ از واریانس کل را نشان می‌دهد. همراهی سرب و روی را می‌توان به ذخایر معدنی کمان آتشفشانی-نفوذی ترود-چاه شیرین در جنوب فروافتادگی کویر چاه جم (جنوب خاور دامغان) نسبت داد (مهرابی و همکاران، ۱۳۹۳). همبستگی بالای زیرکیم با سرب در این گروه ممکن است بازتابی از گسترش سنگ‌های آتشفشانی ترود-چاه شیرین و سنگ‌های میزبان کانه‌زایی در منطقه، آندزیت پورفیری و کانه‌زایی رگه‌ای گزارش شده در آهک‌های پالئوزویک باشد (سعیدی و همکاران، ۱۳۹۱).

فاکتور (۴): این فاکتور دارای کمترین مقدار واریانس ۹/۴٪ در میان فاکتورهای دیگر بوده و به همین دلیل اهمیت آماری آن کمتر است. با این حال عناصر Ba و As در این گروه دارای رابطه معنی‌دار و با اهمیت هستند. مقدار مثبت Ba را می‌توان به شرکت در ساختار پلاژیوکلازها نسبت داد (توکلی و همکاران، ۱۳۹۳). بار عاملی قوی آرسنیک می‌تواند از کانی‌های مرتبط با فعالیت‌های آتشفشانی (انحلال سنگ‌های هوازده، خاکستر و خاک آن) ناشی شود. همچنین حضور آرسنیک می‌تواند ناشی از فعالیت‌های انسانی مانند کاربرد علف‌کش‌ها، معدنکاری، کاربری زمین‌ها و ... باشد.

در ناحیه خور و بیابانک مقدار ویژه ۴ فاکتور اول (F4, F3, F2, F1) به ترتیب برابر ۱۲/۱۵، ۲/۴۷، ۱/۵۹ و ۱/۱۹ (جدول ۷) و سهم آنها از واریانس کل در مجموع بیش از ۸۶ درصد است (شکل ۸).

فاکتور (۱): این فاکتور که ۴۰/۵۶٪ از واریانس کل را نشان می‌دهد؛ شامل رابطه معنی‌دار و بالایی عناصر Zn, V, Ti, Sn, Sc, Pb, P, Ni, Mn, Cu, Cr, Co, Cd است. عناصری که در این فاکتور قرار می‌گیرند؛ از دید ظرفیت و رفتار ژئوشیمیایی با یکدیگر متفاوت هستند که احتمالاً بیانگر خاستگاه آنها از الترامافیک دگرسان شده پروتوزویک-پالئوزویک پیشین انارک-خور و حتی افیولیت‌های کرتاسه است (هاتف، ۱۳۷۴).

دارد؛ گروه ۲ نیز می‌تواند از یک سو تحت تأثیر سازندهای زمین‌شناسی منطقه و از سوی دیگر تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی یا فعالیت‌های کشاورزی باشد که نقش عامل زمین‌زاد و انسان‌زاد نامیده می‌شود.

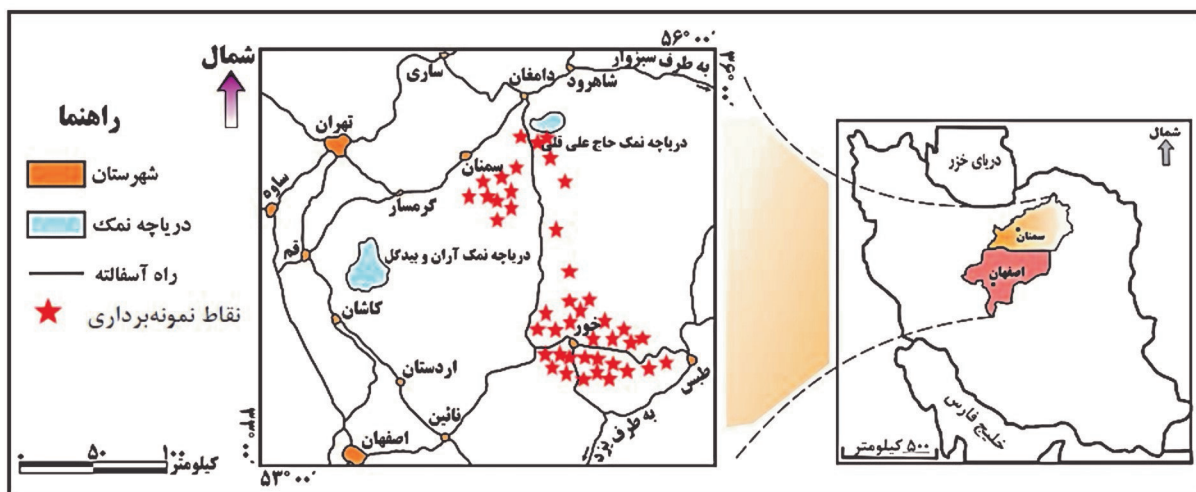
سپاسگراری

از حوزه معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه بوعلی سینا برای تأمین بخشی از هزینه‌های مالی و از معاونت پژوهشی سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور برای تأمین هزینه‌های مالی، نمونه‌برداری و تجزیه شیمیایی نمونه‌ها سپاسگراری می‌شود. بحث‌های انتقادی و نظرات داوران محترم سبب افزایش کیفیت مقاله شده است که از ایشان نیز سپاسگراری می‌شود.

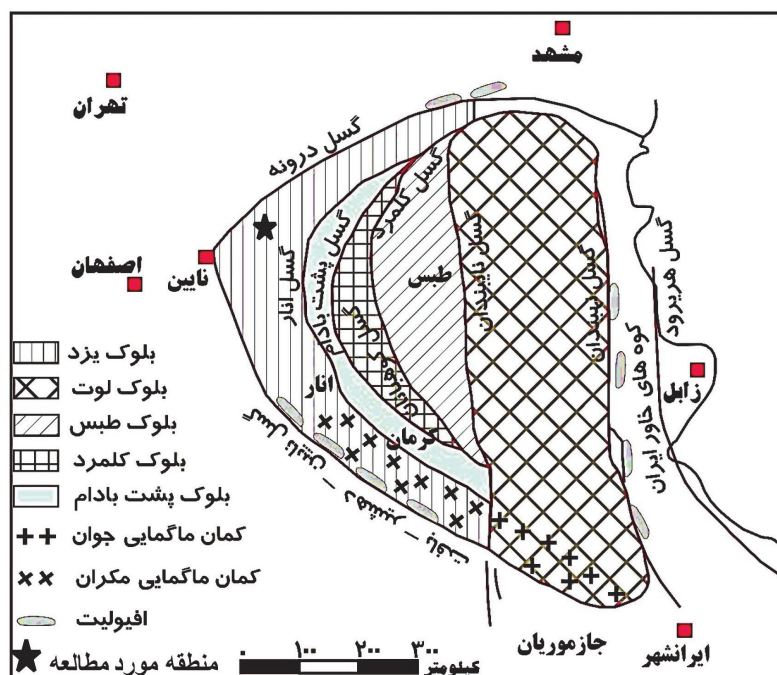
در منطقه خور و بیابانک فاکتور ۱ که ۴۰/۵۶٪ از واریانس کل را نشان می‌دهد شامل رابطه معنی‌دار و بالای عناصر V, Ti, Sn, Sc, Pb, P, Ni, Mn, Cu, Cr, Co, Cd و Zn و احتمالاً بیانگر خاستگاه آنها از اولترامافیک پروتروزیوئیک تا پالئوزوئیک پیشین انارک-خور است.

میانگین غلظت عنصر استرانسیم (۸۵۲/۸ پی‌پی‌ام) با میانگین غلظت این عنصر در بازالت جزایر کماتی (OIB) (۸۰۰ پی‌پی‌ام) تقریباً برابر است. وجود این عناصر می‌تواند بیانگر خاستگاه گرفتن از سنگ‌های بازیک موجود در منطقه (انارک) باشد.

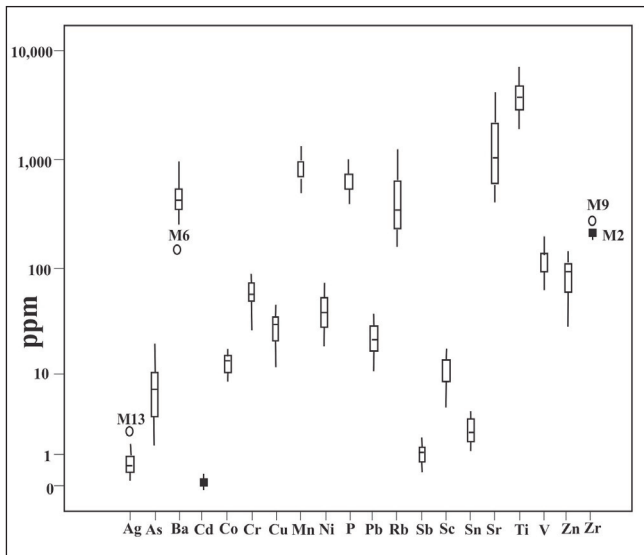
وجود عامل‌های مثبت در مناطق مورد مطالعه در گروه ۱، ۳ و ۴ رده‌بندی عناصر می‌تواند تحت تأثیر سازندهای زمین‌شناسی منطقه باشد که بیشتر نقش عامل زمین‌زاد



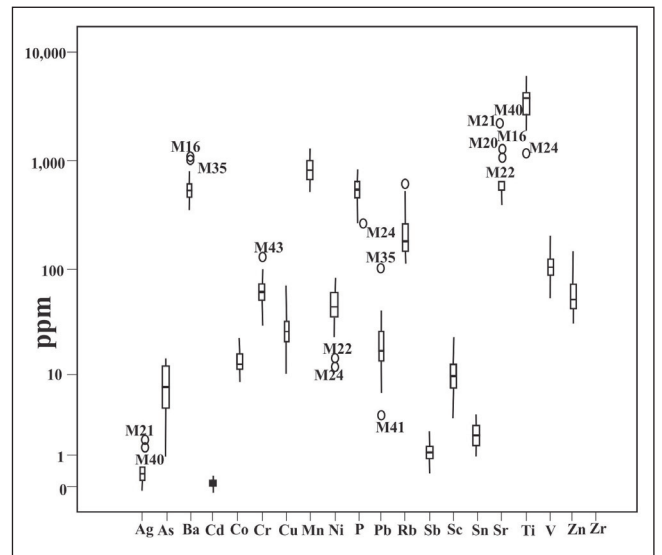
شکل ۱- نقاط نمونه‌برداری در منطقه مورد مطالعه.



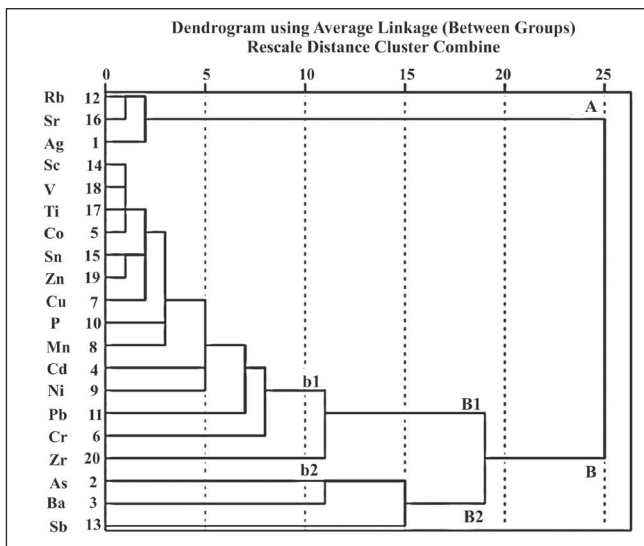
شکل ۲- خردقاره ایران مرکزی و زیر پهنه‌ی آن (آقائاتی، ۱۳۸۹).



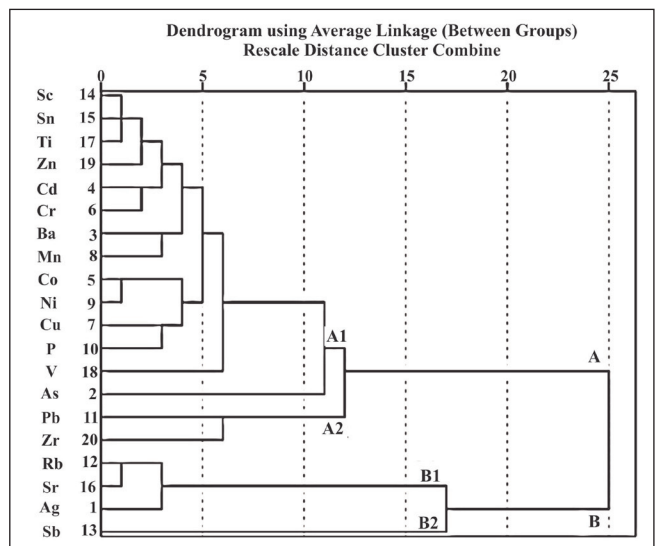
شکل ۴- نمودار جعبه‌ای برای اعتبارسنجی نقاط نمونه‌برداری در ناحیه خور و بیابانک.



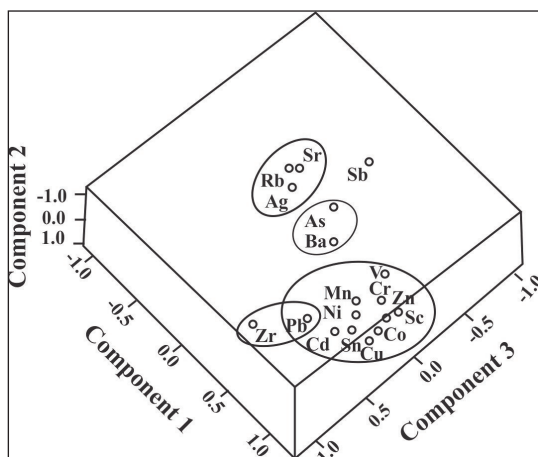
شکل ۳- نمودار جعبه‌ای برای اعتبارسنجی نقاط نمونه‌برداری در ناحیه استان سمنان.



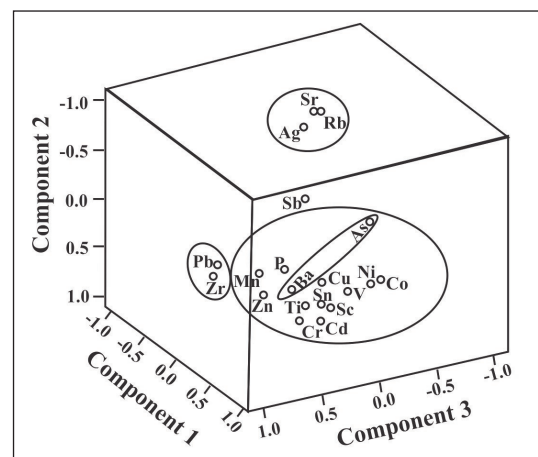
شکل ۶- نمودار تحلیل خوشه‌ای عناصر مورد مطالعه در رسوبات سطحی ناحیه خور و بیابانک.



شکل ۵- نمودار تحلیل خوشه‌ای عناصر مورد مطالعه در رسوبات سطحی ناحیه استان سمنان.



شکل ۸- نمایش متغیرهای مختلف رسوبات منطقه خور و بیابانک روی نمودار سه بعدی.



شکل ۷- نمایش متغیرهای مختلف رسوبات منطقه استان سمنان روی نمودار سه بعدی.

جدول ۱- غلظت فلزات سنگین (ppm) در رسوبات سطحی ناحیه استان سیستان.

Sample No.	Ag	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	P	Pb	Rb	Sb	Se	Sn	Sr	Ti	V	Zn	Zr
M-1	1.9	1.5	324.4	0.1	10.8	45.0	20.6	672.9	30.2	675.2	29.4	614.3	1.4	8.2	2.0	2022.3	3073.7	99.0	74.8	238.2
M-2	0.6	7.1	469.2	0.1	10.5	49.0	36.4	963.1	32.4	694.8	35.0	416.9	0.7	9.3	2.3	1376.1	3353.6	104.0	97.1	282.3
M-3	0.9	0.8	295.5	0.1	9.3	53.0	19.0	1099.3	25.2	550.0	17.9	678.5	1.6	7.4	1.9	2243.4	2849.8	82.9	63.7	237.8
M-4	0.5	1.0	273.3	0.1	9.7	58.2	21.6	796.1	29.6	475.6	14.4	346.0	1.4	7.7	1.8	1059.3	2846.5	142.2	51.2	237.4
M-5	1.0	0.8	383.7	0.1	10.5	45.0	22.2	799.2	22.5	575.2	15.3	725.5	1.5	6.8	1.6	2388.9	2408.7	92.1	66.4	232.0
M-6	0.9	7.6	151.5	0.1	9.4	28.6	12.6	687.1	20.5	409.1	11.5	831.4	0.8	5.1	1.3	2761.0	2200.6	68.9	30.4	207.5
M-7	0.9	4.1	356.5	0.1	11.8	34.6	17.8	670.9	28.3	463.1	15.7	667.3	1.3	7.4	1.8	2225.0	2694.9	99.3	58.9	211.6
M-8	0.7	0.8	557.4	0.2	14.6	83.6	26.1	824.1	34.6	608.6	16.0	365.5	0.9	11.9	2.9	1207.8	4341.9	140.4	101.3	256.9
M-9	0.4	4.3	944.0	0.2	14.0	82.0	34.5	1270.1	40.2	726.4	32.1	174.5	0.8	15.8	3.7	540.5	5997.6	140.4	143.6	314.5
M-10	0.4	8.4	510.3	0.2	14.9	84.1	30.0	921.5	50.5	633.2	27.5	188.8	0.9	13.1	3.2	551.8	4655.7	128.2	113.5	251.2
M-11	0.3	3.5	431.0	0.1	15.0	71.3	31.0	954.9	56.1	713.3	28.7	162.9	1.7	12.8	3.1	519.7	4405.7	138.3	104.4	227.9
M-12	0.3	0.8	655.5	0.1	14.6	69.9	34.2	1100.1	49.6	901.3	27.6	279.5	1.1	12.3	3.0	639.9	4325.8	122.4	100.0	236.3
M-13	2.6	13.4	397.0	0.1	13.6	53.0	30.5	937.8	40.8	644.2	17.8	1258.4	1.2	9.5	2.3	4221.8	3806.3	131.2	82.7	226.5
M-14	0.8	14.6	561.1	0.2	16.4	75.8	44.0	924.9	69.1	741.6	21.2	335.8	1.2	13.8	3.2	900.6	4604.6	138.1	127.0	226.3
M-15	0.4	17.6	624.2	0.2	17.1	70.3	38.4	1012.8	70.0	789.0	19.0	291.0	0.8	15.3	3.5	650.4	4871.4	140.7	112.7	239.4
M-16	0.5	12.1	976.5	0.2	17.0	64.6	41.7	1045.5	64.5	726.1	14.3	439.5	0.7	13.6	3.2	1487.4	4761.8	134.5	84.4	239.1
Max.	2.6	17.6	944.0	0.2	17.1	84.1	44.0	1270.1	70.0	901.3	35.0	1258.4	1.7	15.8	3.7	4221.8	5997.6	142.2	143.6	314.5
Min.	0.3	0.8	151.5	0.1	9.3	28.6	12.6	670.9	20.5	409.1	11.5	162.9	0.7	5.1	1.3	519.7	2200.6	68.9	30.4	207.5
Median	0.7	4.1	431.0	0.1	13.6	58.2	30.0	924.9	34.6	644.2	19.0	365.5	1.2	9.5	2.3	1207.8	3806.3	128.2	97.1	237.4
Mean	0.8	5.7	462.3	0.1	12.8	60.2	27.9	909.0	40.0	640.0	21.9	489.1	1.1	10.4	2.5	1553.9	3762.5	117.9	88.5	241.7
S.D	0.6	5.6	192.5	0.0	2.6	17.9	8.8	171.9	15.9	131.7	7.4	303.7	0.3	3.4	0.8	1068.8	1086.5	24.6	30.8	27.0

S.D.: Standard Deviation

جدول ۲- غلظت فلزات سنگین (در رسوبات سطحی ناحیه شمال خاوری اصفهان (خورد و بیابانک).

Sample No.	Ag	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	P	Pb	Rb	Sb	Sc	Sn	Sr	Ti	V	Zn	Zr
M-17	0.5	4.7	600.8	0.1	15.4	61.9	29.7	919.9	55.5	711.4	20.5	255.0	1.7	11.2	2.6	657.2	4294.6	121.1	70.7	208.5
M-18	0.4	8.5	624.5	0.1	15.6	63.6	30.8	964.9	62.5	651.0	22.5	167.1	1.1	11.8	2.7	527.5	4522.8	127.0	73.1	206.9
M-19	0.5	13.3	780.0	0.1	13.2	54.3	26.1	1013.2	39.7	585.3	9.5	251.5	0.6	9.7	2.5	652.5	4261.5	110.9	61.4	198.2
M-20	0.5	6.4	524.3	0.1	8.7	49.2	15.5	615.5	28.9	332.7	13.8	364.2	1.2	6.8	1.6	1251.2	2347.4	84.6	34.9	199.9
M-21	1.2	13.7	485.6	0.1	12.3	52.2	26.1	728.4	51.6	475.9	17.8	622.7	1.3	9.6	2.2	2143.8	2845.3	100.6	71.5	200.7
M-22	0.6	9.1	632.6	0.1	7.8	67.7	18.3	661.1	14.6	300.4	7.6	348.3	1.6	6.2	1.6	1037.8	2588.5	79.1	32.6	195.7
M-23	0.5	7.2	431.1	0.1	13.1	60.4	32.3	656.4	43.7	497.7	19.2	236.9	0.6	9.0	2.1	596.5	3062.4	98.0	57.6	195.3
M-24	0.5	3.1	585.0	0.1	8.2	31.5	10.5	638.1	13.3	264.6	28.6	179.9	0.9	3.7	1.0	538.1	1162.2	59.0	50.8	155.4
M-25	0.1	15.3	506.4	0.2	17.0	80.7	32.5	1156.9	75.4	614.0	28.9	141.4	0.7	12.2	2.7	482.1	4378.7	121.3	76.8	216.9
M-26	0.4	7.5	557.4	0.1	11.6	62.0	28.4	725.8	46.7	522.2	39.5	132.0	1.4	9.8	2.3	470.3	3460.4	104.5	72.0	198.3
M-27	0.2	12.4	717.0	0.2	21.9	101.4	59.7	1160.3	71.4	712.3	27.4	135.4	1.6	22.8	4.1	472.3	7321.8	173.7	138.3	204.1
M-28	0.3	7.0	566.5	0.2	16.1	78.3	36.1	1108.7	50.3	621.5	26.1	127.6	1.5	14.6	3.5	455.7	4839.5	126.9	110.4	180.9
M-29	0.2	5.7	536.9	0.1	12.5	64.9	35.4	939.4	37.5	551.6	16.0	194.6	0.8	10.1	2.4	566.2	3969.5	113.4	68.3	204.8
M-30	0.3	0.8	532.4	0.1	10.1	58.8	15.9	634.5	33.7	374.4	8.3	180.2	1.3	6.5	1.4	556.2	2857.3	83.8	30.0	177.2
M-31	0.2	1.0	477.3	0.1	9.8	51.3	17.8	522.8	40.8	424.0	16.9	167.5	1.1	6.5	1.4	548.2	2617.5	82.6	34.5	188.7
M-32	0.6	7.4	382.2	0.1	15.1	72.0	34.5	855.4	73.4	681.2	27.8	151.8	0.7	13.5	2.7	518.5	4543.6	131.8	69.4	229.4
M-33	0.6	2.4	277.1	0.1	9.0	36.8	13.6	482.7	28.5	247.2	1.7	445.7	1.6	5.1	1.1	1586.3	1945.1	72.0	27.3	179.0
M-34	0.3	12.1	466.7	0.1	10.9	48.6	19.1	581.7	35.9	402.1	19.0	214.5	1.3	6.9	1.4	581.8	2620.1	89.2	37.4	190.2
M-35	0.2	11.6	1077.1	0.1	11.1	72.4	23.1	799.1	23.6	568.1	103.5	151.3	1.1	7.2	1.6	524.6	3189.7	89.3	138.2	169.5
M-36	0.2	0.8	796.4	0.1	11.1	54.6	20.8	745.1	16.9	464.8	17.1	156.3	2.1	7.7	1.6	526.3	3346.5	92.4	44.5	171.3
M-37	0.5	1.8	753.7	0.1	12.5	43.2	20.8	924.8	25.8	501.2	13.3	171.4	1.3	7.8	1.7	554.8	3821.9	97.0	43.4	168.5
M-38	0.4	15.2	519.8	0.1	10.0	51.5	17.2	573.8	33.1	353.5	14.2	263.1	1.2	6.3	1.3	639.1	2518.4	87.6	39.5	179.7
M-39	1.4	0.8	365.7	0.1	9.7	47.2	16.3	484.9	37.7	310.3	5.3	680.4	1.5	6.0	1.2	2460.7	2107.6	79.7	34.1	171.2
M-40	1.3	9.1	423.9	0.1	12.0	56.9	24.5	682.3	43.8	529.6	15.2	571.2	1.5	8.2	1.6	2053.4	3188.5	96.0	59.1	169.9
M-41	0.4	4.3	328.9	0.1	16.1	67.7	33.0	875.8	81.7	664.3	3.7	125.2	1.1	11.2	2.1	457.8	4309.3	145.7	63.0	189.3
M-42	0.3	1.9	628.5	0.1	12.6	85.6	27.5	872.6	40.3	557.2	11.5	217.0	0.9	12.8	2.1	596.7	4314.4	119.8	30.7	149.8
M-43	0.2	1.0	496.6	0.1	14.4	123.6	26.5	899.9	48.0	506.0	12.5	153.4	1.2	12.8	2.1	531.3	4272.1	123.2	48.5	163.3
Max.	1.40	15.3	1077.1	0.20	21.90	123.60	59.70	1160.30	81.70	726.10	103.50	680.40	2.1	22.8	4.1	2460.7	7321.8	173.70	138.30	239.10
Min.	.10	0.00	277.10	.08	7.80	31.50	10.50	482.70	13.30	247.20	1.70	125.20	.60	3.70	1.00	455.70	1162.2	59.00	27.30	149.80
Median	0.4	7.1	534.6	0.1	12.4	61.2	26.1	772.1	40.5	514.1	16.5	187.4	1.2	9.3	2.1	561.2	3403.4	99.3	58.3	189.8
Mean	0.5	7.0	573.2	0.1	12.7	63.0	26.2	795.3	43.5	505.4	20.0	258.7	1.2	9.6	2.1	838.3	3552.4	105.1	60.8	189.3
S.D	0.3	4.9	181.4	0.0	3.3	19.0	10.2	200.8	18.5	142.4	18.5	156.9	0.4	3.9	0.8	537.4	1217.5	25.2	29.5	21.2

جدول ۳- نتایج تجزیه مقایسه معنی داری میان عناصر در منطقه مورد مطالعه.

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means			
		F	Sig.	T	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference
Ag	Equal variances assumed	3.209	0.081	2.38	41	0.022	0.34468
	Equal variances not assumed			2.06	20.207	0.052	0.34468
As	Equal variances assumed	0.871	0.356	-0.47	41	0.642	-0.77963
	Equal variances not assumed			-0.45	27.464	0.658	-0.77963
Ba	Equal variances assumed	1.697	0.2	-1.06	41	0.294	-63.86736
	Equal variances not assumed			-0.98	24.717	0.335	-63.86736
Cd	Equal variances assumed	9.68	0.003	2.21	41	0.032	0.03009
	Equal variances not assumed			2.07	25.566	0.049	0.03009
Co	Equal variances assumed	0	0.992	0.58	41	0.561	0.56389
	Equal variances not assumed			0.60	35.373	0.546	0.56389
Cr	Equal variances assumed	0.062	0.805	-0.41	41	0.685	-2.4
	Equal variances not assumed			-0.42	34.439	0.677	-2.4
Cu	Equal variances assumed	0.028	0.869	1.03	41	0.308	3.15787
	Equal variances not assumed			1.05	33.755	0.299	3.15787
Mn	Equal variances assumed	1.326	0.256	2.21	41	0.033	131.44468
	Equal variances not assumed			2.30	35.673	0.027	131.44468
Ni	Equal variances assumed	0.009	0.927	-0.22	41	0.825	-1.2456
	Equal variances not assumed			-0.23	34.306	0.82	-1.2456
P	Equal variances assumed	0.244	0.624	3.48	41	0.001	148.21505
	Equal variances not assumed			3.54	33.417	0.001	148.21505
Pb	Equal variances assumed	1.093	0.302	0.24	41	0.811	1.18843
	Equal variances not assumed			0.29	36.974	0.772	1.18843
Rb	Equal variances assumed	8.174	0.007	3.42	41	0.001	233.92824
	Equal variances not assumed			2.95	20.094	0.008	233.92824
Sb	Equal variances assumed	0.001	0.979	-0.84	41	0.408	-0.09352
	Equal variances not assumed			-0.86	34.026	0.398	-0.09352
Sc	Equal variances assumed	0.011	0.916	0.983	41	0.331	1.14352
	Equal variances not assumed			1.023	35.566	0.313	1.14352
Sn	Equal variances assumed	0.634	0.431	2.257	41	0.029	0.52778
	Equal variances not assumed			2.239	30.862	0.033	0.52778
Sr	Equal variances assumed	7.451	0.009	3.019	41	0.004	735.41412
	Equal variances not assumed			2.622	20.515	0.016	735.41412
Ti	Equal variances assumed	0.013	0.908	0.861	41	0.394	317.26065
	Equal variances not assumed			0.888	34.747	0.381	317.26065
V	Equal variances assumed	0.045	0.833	1.905	41	0.064	14.83102
	Equal variances not assumed			1.924	32.624	0.063	14.83102
Zn	Equal variances assumed	0.17	0.682	3.016	41	0.004	28.33032
	Equal variances not assumed			3.014	31.571	0.005	28.33032
Zr	Equal variances assumed	0.108	0.745	7.808	41	0	54.05255
	Equal variances not assumed			7.22	24.699	0	54.05255

جدول ۴- ماتریس ضرایب همبستگی میان عناصر در منطقه استان سمنان. (*تضایق قابل توجه با سطح معنی‌داری ۰/۰۵ و ** تضایق قابل توجه با سطح معنی‌داری ۰/۰۱).

Ag	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	P	Pb	Rb	Sb	Sc	Sn	Sr	Ti	V	Zn	Zr	
Ag	1																			
As	0.06	1																		
Ba	-0.48	0.17	1																	
Cd	-0.59*	0.27	0.78**	1																
Co	-0.42	0.54*	0.69**	0.77**	1															
Cr	-0.57*	0.13	0.75**	0.84**	0.77**	1														
Cu	-0.41	0.55*	0.73**	**0.72	0.77**	0.68**	1													
Mn	-0.49	0.11	0.74**	0.39	0.40	0.61*	0.61*	1												
Ni	-0.46	0.65**	0.55*	0.70**	0.91**	0.67**	0.84**	0.42	1											
P	-0.42	0.24	0.73**	0.56*	0.70**	0.61*	0.83**	0.63*	0.72**	1										
Pb	-0.34	-0.02	0.54*	0.44	0.25	0.38	0.54*	0.49	0.30	0.66**	1									
Rb	0.87**	0.10	-0.58*	-0.76**	-0.47	-0.70**	-0.48	-0.39	-0.51	-0.47	-0.51	1								
Sb	0.22	-0.43	-0.43	-0.34	-0.26	-0.21	-0.33	-0.19	-0.16	-0.18	0.18	0.18	1							
Sc	-0.58*	0.40	0.88**	0.87**	0.89**	0.88**	0.83**	0.66**	0.84**	0.76**	**0.68	-0.34	1							
Sn	-0.58*	0.37	0.87**	0.86**	0.89**	0.90**	0.68**	0.83**	0.77**	0.54*	-0.68**	-0.34	0.99**	1						
Sr	**0.88	0.05	-0.59*	-0.77**	-0.51	-0.71**	-0.52*	-0.41	-0.56*	-0.49	0.99**	0.19	**0.70-	-0.70**	1					
Ti	-0.51	0.35	0.90**	0.83**	0.84**	0.88**	0.78**	0.71**	0.74**	0.72**	-0.61*	-0.38	**0.98	0.98**	-0.62*	1				
V	-0.43	0.29	0.62*	0.83**	0.75**	0.82*	0.69**	0.40	0.70**	0.52*	0.24	-0.53*	-0.13	0.79**	0.78**	-0.54*	0.78**	1		
Zn	-0.45	0.34	0.90**	0.84**	0.81**	0.85**	0.87**	0.68**	0.74**	0.78**	0.64**	-0.62*	-0.33	0.95**	0.95**	-0.63*	0.94**	0.71**	1	
Zr	-0.33	-0.11	0.71**	0.52*	0.14	0.53*	0.44	0.63*	0.06	0.39	0.66**	-0.48	-0.45	0.51*	0.53*	-0.45	0.60*	0.37	0.64*	1

جدول ۵- ماتریس ضرایب همبستگی میان عناصر در منطقه شمال خاوری اصفهان (بخور و بیابانک). (*تضایق قابل توجه با سطح معنی‌داری ۰/۰۵ و ** تضایق قابل توجه با سطح معنی‌داری ۰/۰۱).

Ag	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	P	Pb	Rb	Sb	Sc	Sn	Sr	Ti	V	Zn	Zr	
Ag	1																			
As	0.19	1																		
Ba	-0.33	0.22	1																	
Cd	-0.36	0.33	0.20	1																
Co	-0.27	0.27	0.38	**0.90	1															
Cr	-0.39	-0.08	0.15	**0.56	**0.62	1														
Cu	-0.23	0.27	0.38	**0.85	**0.92	**0.60	1													
Mn	-0.39	0.22	**0.57	**0.73	**0.87	**0.79	1													
Ni	-0.07	0.33	0.03	**0.75	**0.83	**0.74	**0.63	1												
P	-0.25	0.17	*0.47	*0.70	*0.89	*0.49	**0.85	**0.78	1											
Pb	-0.29	0.26	0.07	**0.56	**0.56	0.31	*0.46	**0.61	*0.60	1										
Rb	**0.90	0.21	-0.25	-0.35	-0.35	-0.42	-0.30	-0.44	-0.37	-0.51	1									
Sb	0.15	-0.16	-0.02	-0.37	-0.21	-0.12	-0.28	-0.17	-0.32	0.14	0.14	1								
Sc	-0.29	0.17	0.36	**0.79	**0.93	**0.74	**0.82	**0.75	*0.82	**0.54	-0.37	-0.15	1							
Sn	-0.28	0.29	*0.45	**0.88	**0.92	*0.58	**0.88	**0.75	*0.87	*0.60	-0.35	-0.23	**0.93	1						
Sr	**0.91	0.17	-0.27	-0.34	-0.31	-0.38	-0.42	-0.12	-0.35	*0.46	*0.98	0.18	-0.32	0.32	1					
Ti	-0.38	0.14	*0.51	**0.74	**0.94	**0.68	**0.90	**0.68	*0.87	*0.51	-0.47	-0.15	**0.96	-0.32	0.96	1				
V	-0.31	0.19	*0.42	**0.79	**0.96	**0.71	**0.87	**0.79	*0.89	*0.55	-0.39	-0.23	**0.98	**0.93	-0.36	0.97	1			
Zn	-0.12	0.39	0.32	*0.79	*0.88	*0.46	**0.77	**0.72	*0.78	*0.66	-0.24	-0.04	**0.87	**0.9*	-0.19	*0.84	**0.85	1		
Zr	-0.08	*0.49	0.21	**0.63	*0.44	-0.01	0.38	**0.61	*0.51	*0.44	-0.06	-0.40	0.34	**0.54	-0.07	0.33	*0.42	*0.50	1	

جدول ۶- نتایج تجزیه و تحلیل عاملی و رده‌بندی عناصر در ۴ گروه مختلف در استان سمنان.

Rotated Component Matrix				
	Component			
	1	2	3	4
Ag	-0.099	-0.943	-0.018	-0.204
As	0.698	-0.225	-0.423	0.432
Ba	0.689	0.227	0.281	0.451
Cd	0.655	0.425	0.241	0.275
Co	0.944	0.197	-0.166	0.075
Cr	0.781	0.443	0.291	-0.050
Cu	0.870	0.110	0.157	0.236
Mn	0.693	0.195	0.254	0.368
Ni	0.928	0.223	-0.225	0.014
P	0.842	0.019	0.371	0.05
Pb	0.144	0.136	0.889	-0.120
Rb	-0.293	-0.903	-0.270	0.061
Sb	0.089	-0.059	-0.067	-0.973
Sc	0.887	0.345	0.238	0.138
Sn	0.882	0.334	0.268	0.139
Sr	-0.323	-0.897	-0.234	0.056
Ti	0.843	0.262	0.359	0.186
V	0.790	0.269	0.117	-0.214
Zn	0.777	0.230	0.435	0.065
Zr	0.181	0.247	0.856	0.371
Variance	47.42	18.98	15.18	9.43

جدول ۷- نتایج تجزیه و تحلیل عاملی و رده‌بندی عناصر در ۴ گروه مختلف در منطقه خور و بیابانک.

Rotated Component Matrix				
	Component			
	1	2	3	4
Ag	0.171	-0.955	0.049	0.059
As	0.050	0.116	-0.247	0.828
Ba	0.187	0.415	-0.149	0.692
Cd	0.747	0.310	0.379	0.216
Co	0.940	0.195	0.120	-0.008
Cr	0.711	0.335	0.272	-0.301
Cu	0.928	0.149	0.161	0.039
Mn	0.772	0.409	0.159	0.226
Ni	0.800	0.409	0.159	0.262
P	0.812	0.215	0.333	0.205
Pb	0.589	0.216	0.755	0.182
Rb	0.305	-0.917	-0.140	0.044
Sb	0.057	-0.120	-0.221	-0.252
Sc	0.971	0.186	0.022	0.019
Sn	0.916	0.219	0.217	0.134
Sr	-0.263	-0.930	-0.184	0.057
Ti	0.909	0.338	0.024	0.120
V	0.949	0.236	0.117	0.009
Zn	0.939	0.038	0.139	0.201
Zr	0.342	0.088	0.823	-0.120
Variance	40.56	19.50	18.42	8.48

کتابنگاری

- آفانباتی، ع.، ۱۳۸۹- زمین‌شناسی ایران، چاپ سوم. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۶۰۶ ص.
- توکلی، ن، نم‌نات، ا.، کیمیا نقره‌تین، م. و مکی‌زاده، م. ع.، ۱۳۹۳- تغییرات عناصر اصلی، فرعی و نادر خاکی در پهنه‌های دگرسانی گرمابی و لکانیک‌های غرب اقیولیت ناین (ایران مرکزی)، پترولوژی. سال پنجم، ۱۷: صص. ۱۳۷ تا ۱۵۰.
- حسینی پاک، ع. ا. و شرف‌الدین، م.، ۱۳۸۴- تحلیل داده‌های اکتشافی، چاپ دوم. انتشارات دانشگاه تهران، ۹۸۷ ص.
- درویش‌زاده، ع.، ۱۳۸۸- زمین‌شناسی ایران، مؤسسه انتشارات امیرکبیر، چاپ سوم، ۴۳۴ ص.
- سعیدی، م.، مدیری، س.، گورابجیری پور، آ. و بیاتی، ف.، ۱۳۹۱- کانی‌شناسی و ژئوشیمی رگه‌های مس‌دار اندیس مس چاه‌مورا، جنوب شاهرود با استفاده از آمار چند متغیره، سی و یکمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۹ ص.
- قشلاقی، ا.، ۱۳۸۹- ارزیابی اثرات زیست محیطی معدنکاری و استحصال کانسنگ در معدن سرب- روی انگوران، رساله دکتر، دانشگاه شیراز، بخش علوم زمین.
- محسنی، ح.، مرادی، ح.، معینی نجف‌آبادی، م. و بهبهانی، ر.، ۱۳۹۳- تحلیل خاستگاه ریزگردها در شمال خاوری اصفهان (خور و بیابانک) با استفاده از داده‌های اقلیم و رسوب‌شناسی، نخستین همایش ملی رسوب‌شناسی ایران و اولین نشست تخصصی چینه‌شناسی ایران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)، ۶ ص.
- مهرابی، ب.، قاسمی سیانی، م. و طالع فاضل، ا.، ۱۳۹۳- بررسی سامانه کانه‌زایی فلزات پایه و گرانها در محدوده‌های معدنی چشمه حافظ و چالو، کمان ماگمایی تروود - چاه‌شیرین، فصلنامه علوم زمین، سال بیست و چهارم، ۹۳: صص. ۱۰۵ تا ۱۱۸.
- مهربانی، ش.، ۱۳۹۰- ارزیابی آلودگی فلزات سنگین در منابع آب و خاک دشت ملایر (حوضه آبریز مرویل)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد ژئوشیمی، دانشگاه تربیت معلم، ۱۳۹ ص.
- هاتف، م. ر.، ۱۳۷۴- زمین‌شناسی و پترولوژی سنگ‌های آذرین و دگرگونی منطقه خور- جندق (ایران مرکزی)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد زمین‌شناسی دانشگاه اصفهان، ۱۴۸ ص.

References

- Aistov, L., Melnikov, B., Kriviyakin, B. and Morozov, L., 1984- Geology of the Khur area (Central Iran). Explanatory text of the Khur Quadrangle Map 1:250,000. Geol. Surv. Of Iran.
- Allenbach, P., 1966- Geology and Petrology dese Damavand seiner umgebung (Central Alburz). Iran. Mitt. Geol. Inst. E. T. H. Zurich, N. f., 63: p. 1-144.

- Chen, T., Liu, X. M., Zhu, M. Z., Zhao, K. L., Wu, J. J., Xu, J. M. and Huang, P., 2008- Identification of Trace Element Sources and Associated Risk Assessment in Vegetable Soils of the Urban-Rural Transitional Area of Hangzhou, China, *Environmental Pollution*, 151 (1): p. 67-78.
- Christodoulidou, M., Charalambous, C., Aletrari, M., Nicolaidou, K. P., Petronda, A., and Ward, N. I., 2012- Arsenic concentrations in groundwaters of Cyprus. *Journal of Hydrology* (468-469): 94 - 100.
- Davis, J. C., 1986- *Statistics and Data Analysis in Geology*. Wiley International, New York.
- De Temmerman, L., Vanongeval, L., Boon, W., and Hoenig, M., 2003- Heavy metal content of aerable soil in northern Belgium. *Water, Air, and Soil Pollution*, 148: p. 61–76.
- Devi Onim, J., Ramanathan, A. L., and Singh, G., 2012- Geochemical and Statistical evaluation of groundwater in Imphal and Thoubal district of Manipur, India. *Journal of Asian Earth Sciences* 48: 136-149.
- Diaz, R. V., Aldape, F. and Flores M. J., 2002- Identification of airborne particulate sources, of samples collected in Ticomán, Mexico, using PIXE and multivariate analysis, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, 189 (1–4): p. 249-253.
- Everitt, B. S. and Dunn, G., 2001- *Applied Multivariate Data Analysis*. Oxford University Press, New York, 2nd ed. 342.
- Garcia, J. H., Li, W. W., Arimoto, R., Okrasinski, R., Greenlee, J. and Walton, J., 2004- Characterization and implication of potential fugitive dust sources in the Pasodel Norte region. *Science of the Total Environment*, 325: p. 95-112.
- Haghipour, A., 1974- *Etude geologique de la region de Biabanak – Bafq (Iran - Central); Petrologie ET tectonique du slope Precamberien ET du sa couverture*. These, Universite Scientifique ET Medicale de Grenoble, France. 403.
- Kaufman, L., and Rousseeuw, P. J., 1990- *Finding Groups in Data*. John Wiley and Sons, Inc., New York. 342.
- Kaufman, L., and Rousseeuw, P. J., 2005- *Finding Groups in Data*. John Wiley and Sons, Inc., New York. 368.
- Kelly, J., Thornton, I. and Simpson, P. R., 1996- Urban geochemistry, a study of the influence of anthropogenic activity on the heavy metal content of soils in traditionally industrial and nonindustrial areas of Britain. *Applied Geochemistry* 11: p. 363 - 370.
- Lee, C. S., Li, X. D., Shi, W. Z., Cheung, C. S. and Thornton, I., 2006- Metal contamination in urban, suburban, and country park soils of Hong Kong: a study based on GIS and multivariate statistics, *Sci. Total Environ*, 356: p. 45–61.
- Lin, S., Hsieh, I. J., Huang, K. M. and Wang, C. H., 2002- Influence of the Yangtze River and grain size on the spatial variations of heavy metals and organic carbon in the East China Sea continental shelf sediments. *Chemical Geology*, 182: p. 377–394.
- Loska, K. and Wiechuya, D., 2003- Application of principle component analysis for the estimation of source of heavy metal contamination in surface sediments from the Rybnik Reservoir. *Chemo*. 51: p. 723-33.
- Miranda, J., Andrade, E., Lo'pez-sua'rez, A., Ledesma, T. R., Cahill, A. and Wakabayashi, P. H., 1996- A receptor model for atmospheric aerosols from a southwestern site in Mexico City. *Atmos Environ*, 30 (20): p. 3471-3479.
- Nowak, B., 1998- Contents and relationship of elements in human hair for a non-industrialized population in Poland. *Sci. Total Environ*, 209: p. 59-68.
- Qishlaqi, A. and Moore, F., 2007- Statistical analysis of Accumulation and Sources of Heavy Metals Occurrence in Agricultural Soils of Khoshk River Banks, Shiraz, Iran. *American-Eurasian Journal Agriculture and Environmental Science*, 2(5): p. 565-573.
- Reimann, C. and DeCaritat, P., 2000- Intrinsic flaws of element enrichment factor (EFs) in environmental geochemistry, *Environmental Science Technol.*, 34: p. 5084–5091.
- Rollinson, H. R., 1993- *Using Geochemical Data, Evaluation, Presentation, Interpretation*. Longman Scientific and Technical. New York. 352.
- Sanford, F., Pierson, T. and Crovelli, R. A., 1993- An Objective Replacement Method for Censored Geochemical Data, *Mathematical Geology*, and 25: p. 59 - 79.
- Shakeri, A., Moore, F. and Modaberi, S., 2009- Heavy metal contamination and distribution in the Shiraz industrial complex zone soil, South Shiraz, Iran. *World Applied Sciences Journal* 6(3): p. 413-425.
- Shelley, D., 1992- *Igneous and Metamorphic Rocks Under the Microscope. Classification, Textures, Microstructures and Mineral Preferred Orientations*. London (Chapman and Hall), 445.
- Swan, A. R. H., Sandilands, M. and McCabe, P., 1995- *Introduction to Geological Data Analysis*, Blackwell Science, 446.
- Tlili-Zrelli, B., Azaza, F. H., Gueddari, M. and Bouhlila, R., 2012- Geochemistry and quality assessment of groundwater using graphical and multivariate statistical methods. A case study: Grombalia phreatic aquifer (Northeastern Tunisia). *Arabian Journal of Geosciences* 6: p. 3545-3561.
- Torabi, G., 2011- Late Permian blueschist from Anarak ophiolite (Central Iran, Isfahan province), a mark of multi-suture closure of the Paleotethys ocean. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 28(3): 544-554.
- Wilmsen, M., Fürsich, F. T., Majidifard, M. R., 2015- An overview of the Cretaceous stratigraphy and facies development of the Yazd Block, western Central Iran/ *Journal of Asian Earth Sciences* 102, p. 73–91.
- Zhang, A. Y., 2012- Evidence on the tradeoff between real activities manipulation and accrualbased earnings management. *The Accounting Review* 87 (2): p. 675-703.

Multivariate statistical method for constrain on the origin of some elements in surface sediments in Semnan province and NE Isfahan province

H. Moradi¹, H. Mohseni^{2*}, M. Moeini³ and R. Behbahani³

¹M.Sc. student, Department of Geology, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

²Associate Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

³M.Sc. Department of Marine Geology, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran

Received: 2016 March 07

Accepted: 2017 January 14

Abstract

Sediment transport occurs through various processes, whereby their origin is of great importance. Surface sediments of the Semnan province and NE Isfahan province (Khour and Biabanak) were sampled to examine the possibility of transportation by wind. Hence, 43 samples collected from surficial sediments of the Semnan and Isfahan provinces were analyzed using ICP method in the geochemistry lab of the Geological Survey of Iran. After testing outlier data were excluded from any further processing. To ensure confidence of any possible relation between elements, multiple statistical approach including principal component analysis (Pearson correlation), correlation analysis, cluster analysis, factor analysis and varimax boxes were applied. The results show that the elements including Zn, V, Ti, Sn, Sc, P, Ni, Mn, Cu, Cr, Co, Cd, Ba, represent reasonable correlation for samples of the Semnan province. Coeval existing of Co, Mn and Ni may reflect their geogenic source, particularly from intermediate to basic volcanic rocks exposed around the area. In Khour and Biabanak area, V, Ti, Sn, Sc, Pb, P, Ni, Mn, Cu, Cr, Co, Cd, Zn are closely related, which probably points to their origin from altered ultramafic rocks of the Proterozoic-early Paleozoic exposed around the area. There are positive factors in levels 1, 3 and 4 may be affected by various geological formations exposed around the studied areas. However, combined role of human or agricultural activity are more plausible for level 3 in factor analysis.

Keywords: Elemental analysis, Semnan province, Geochemistry, NE Isfahan (Khour and Bianabak), Source.

For Persian Version see pages 297 to 308

*Corresponding author: H. Mohseni; E-mail: mohseni@basu.ac.ir