

منشأیابی رسوبات بادی حاشیه پلائی گاوخونی با استفاده از روش ژئوشیمی

سادات فیض‌نیا^۱، فرانک پورطیب^{۲*}، حسن احمدی^۱ و کوروش شیرانی^۳

۱- استاد، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران

۲- نویسنده مسئول، دانشجوی کارشناسی ارشد بیابان‌زدایی، دانشگاه تهران، کرج، ایران، پست الکترونیک: faranakpurtayeb@ut.ac.ir

۳- عضو هیئت علمی، مرکز تحقیقات آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

تاریخ دریافت: ۹۲/۳/۱۷ تاریخ پذیرش: ۹۳/۲/۲۲

چکیده

در تعیین منشأ رسوب در حوضه‌ها، به دلیل وجود مشکلات زیاد در کاربرد روش‌های سنتی، روش انگشت‌نگاری، ردیابی یا به عبارتی منشأیابی به‌عنوان روشی جایگزین و مناسب مورد توجه محققان قرار گرفته است. در روش یادشده با استفاده از ترکیبی مناسب از خصوصیات جداکننده منشأ رسوب، سهم این مناطق منشأ در تولید رسوب تعیین می‌شود. منشأیاب‌های مورد استفاده در این تحقیق شامل فسفر، سدیم، کلسیم، منیزیم، سرب، مس، کادمیوم، کبالت، سلنیوم و منگنز بودند. بنابراین با بهره‌گیری از روش تحلیل تشخیص، ۲ ردیاب (کادمیوم، کبالت) از ردیاب‌های مورد استفاده به‌عنوان ترکیب مناسب انتخاب شدند. در پایان با استفاده از ترکیب یادشده و مدل‌های چند متغیره ترکیبی سهم ۶ واحد سنگ‌شناسی Mlgs, Qcf, Murmg, Trn, Omql, Klsol در تولید رسوب، به ترتیب برابر با ۴۳/۹۷، ۱۹/۶۲، ۱۵/۹۴، ۱۱/۲۴، ۳/۳۱ و ۲/۳۲ درصد بدست آمد.

واژه‌های کلیدی: منشأیابی، ردیاب، منابع تولید رسوب، مدل‌های چند متغیره ترکیبی.

مقدمه

شناخت دقیق منشأ برداشت یا منشأیابی رسوبات بادی مهمترین و اصولی‌ترین گام در مبارزه با این نوع فرسایش است. بررسی‌های انجام شده در مناطق بیابانی کشور نشان می‌دهد که میزان خسارت فرسایش بادی به منابع زیستی و اقتصادی (جاده‌ها، شهرها، روستاها، چاه‌های آب، تأسیسات صنعتی و ...) در کشور رقم قابل ملاحظه‌ای می‌باشد (دفتر تثبیت شن سازمان جنگل‌ها، ۱۳۸۱). منشأیابی به روش ژئوشیمیایی بر انتقال عناصر سنگین و خاکی متکی می‌باشد که همراه رسوب حمل می‌شوند. در این روش با بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی رسوبات، سنگ‌ها و منشأ تولید خاک‌های مختلف، سعی بر این است که منشأ برداشت

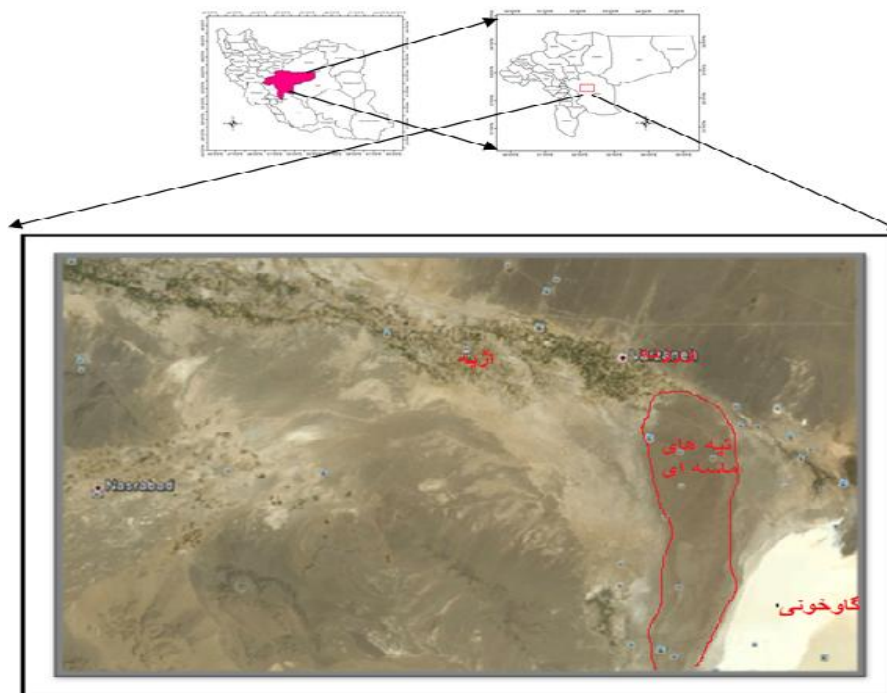
رسوبات مشخص شود. حکیم‌خانی (۱۳۸۵)، قدیمی و پورمتین (۱۳۸۱)، Bettrill و همکاران (۲۰۰۰)، Polyakov و Nearing (۲۰۰۴) از خصوصیات ژئوشیمیایی برای ردیابی منشأ رسوبات استفاده کرده‌اند. این روش فاقد بسیاری از مشکلات روش‌های سنتی می‌باشد. از مهمترین این مزایا می‌توان به سرعت زیاد و اقتصادی بودن آن اشاره کرد، یعنی این روش تنها نیاز به جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل نمونه‌های رسوب و خاک منابع مختلف به جای پایش درازمدت و گران‌قیمت فرسایش و حمل رسوب دارد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در جنوب‌شرق شهر ورزنه بین

بادهای مؤثر در منطقه و ترسیم گلباد و بررسی‌های محلی تعیین شد. ترسیم گلباد علاوه بر اینکه درصد فراوانی بادهای بیشتر از یک نات را در جهات مختلف جغرافیایی مشخص می‌کند، بلکه جهت وزش بادهای غالب منطقه را نیز نشان می‌دهد. به طوری که با استفاده از آن دید کلی از وضعیت وزش باد در منطقه مورد مطالعه بدست می‌آید. البته هم‌اکنون بسته‌های نرم‌افزاری مختلفی برای تعیین این شاخص وجود دارد که از مهمترین آن می‌توان به نرم‌افزار WRPLOT اشاره کرد که در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفت.

طول‌های 52° تا $52^{\circ}50'$ شرقی و عرض‌های $32^{\circ}10'$ تا $32^{\circ}25'$ شمالی واقع شده و در حاشیه غربی تالاب گاوخونی می‌باشد (شکل ۱). بر اساس مطالعات موجود وسعت تپه‌های ماسه‌ای مجاور تالاب گاوخونی در حدود 17395 هکتار است که از نزدیکی شهر ورزنه آغاز شده و تا چند کیلومتری جنوب شرق روستای خارا بطول 184 کیلومتر امتداد دارد. اقلیم منطقه براساس تقسیمات اقلیمی سیلیانف دارای اقلیم فراخشک بوده و میانگین بارندگی آن در طی یک دوره 24 ساله بین 50 تا 100 میلی‌متر گزارش شده است. محدوده منطقه مورد مطالعه با تجزیه و تحلیل



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

پلاسما استفاده شد. در اینجا منشأهای فعلی رسوب مورد توجه است. از این رو نمونه‌ها از رسوباتی که در چند سال اخیر رسوبگذاری کرده‌اند، برداشت شدند (شکل ۳) و عمق نمونه‌برداری 0 تا 5 سانتی‌متر بود. در آزمایشگاه پس از خشک کردن نمونه‌ها در هوای آزاد و دمای اتاق، نسبت به الک کردن نمونه‌ها و جدا کردن بخش زیر 62 میکرون اقدام

در روش منشأیابی مرکب و کمی، از ترکیبی از خصوصیات منشأیاب برای تفکیک منشأ رسوب استفاده می‌شود. منشأیاب‌های مورد استفاده در این تحقیق شامل فسفر، سدیم، کلسیم، منیزیوم، سرب، مس، کادمیوم، کبالت، سلنیوم و منگنز بودند. برای تعیین این عناصر از دستگاه Inductively Couple Plasma (ICP) یا دستگاه القای نشر

استفاده از تحلیل تشخیص)، برای تعیین سهم و اهمیت نسبی هریک از منشأهای رسوب از مدل‌های ترکیبی استفاده شد. در مدل‌های چند متغیره ترکیبی از برنامه‌نویسی خطی استفاده می‌شود، که در نهایت سهم هریک از منشأهای مختلف رسوب بدست می‌آید.

معادله ترکیبی برای هریک از خصوصیات منشأیاب به شرح زیر است:

$$\hat{X}_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} b_j$$

در این معادله \hat{X}_i ، برابر با مقدار برآوردی خصوصیت i ام (m و ... و ۲ و ۱)، مقدار میانگین خصوصیت i ام در منشأ رسوب j ام (n و ... و ۲ و ۱)، b_j ، سهم منشأ رسوب j ام، n ، تعداد منشأهای رسوب و m ، تعداد خصوصیات منشأیاب است. معادله بالا برای هریک از خصوصیات منشأیاب تکرار می‌شود. بنابراین به تعداد خصوصیات، معادله وجود خواهد داشت و مدل چند متغیره ترکیبی با تعدادی معادله مشخص خواهد شد. با حل این معادلات می‌توان سهم هریک از منشأهای مختلف رسوب را بدست آورد. در حل این معادلات باید دو شرط زیر را در نظر گرفت.

مقادیر ضریب سهم هریک از منشأهای رسوب باید بین صفر و یک باشند.

$$0 \leq b_j \leq 1$$

مجموع ضرایب سهم هریک از منشأهای رسوب باید برابر با یک باشد.

$$\sum_{j=1}^n b_j = 1$$

$$R = \sum_{i=1}^m \left[\frac{X_i - \left(\sum_{j=1}^n a_{ij} b_j \right)}{X_i} \right]^2$$

شد و از این بخش برای اندازه‌گیری ردیاب‌های انتخابی استفاده شد. آماده‌سازی نمونه‌ها به این صورت بود که ابتدا یک گرم رسوب یا خاک زیر ۶۲ میکرون وزن شده و بعد به آن ۱۰cc اسید نیتریک غلیظ اضافه شد و بعد به مدت یک ساعت روی اجاق در دمای ۹۵ درجه قرار داده شد و پس از آن چند قطره آب اکسیژنه به آن اضافه شد و بعد از سرد شدن، محلول از کاغذ صافی واتمن عبور داده شد و محلول در بالن را به حجم ۱۰۰cc رساندیم، سپس در دستگاه هولدر محلول را از کاغذ صافی استات سلولز ۰/۲۲ عبور دادیم، آنگاه در دستگاه ICP مقدار عناصر را قرائت کردیم.

پس از انتخاب ترکیب اولیه ردیاب‌ها و اندازه‌گیری آزمایشگاهی آنها، در مرحله دوم ترکیبی بهینه از خصوصیات اولیه که قابلیت تفکیک منشأهای رسوب را داشته باشند، انتخاب شد.

به‌طور کلی در روش منشأیابی مرکب و کمی از روش‌های آماری از جمله آزمونهای مقایسه میانگین‌ها و تحلیل تشخیص استفاده می‌شود (Lees & Foster, 2000). در واقع یک روش آماری دو مرحله‌ای برای انتخاب ترکیب بهینه از ردیاب‌های انتخاب شده به‌کار می‌رود. در این تحقیق در مرحله اول از آزمونهای مقایسه میانگین‌ها برای بررسی توان و قدرت هریک از ردیاب‌ها در تفکیک منشأ رسوب استفاده شد و در مرحله دوم با بکارگیری تحلیل تشخیص ترکیبی از ردیاب‌هایی که به‌طور جمعی قدرت تفکیک منشأ رسوب را دارند، انتخاب شد. در استفاده از آزمونهای مقایسه میانگین‌ها، ابتدا باید آزمون نرمال بودن مقادیر هریک از خصوصیات انتخابی انجام شود. سپس آزمون تجزیه واریانس به‌منظور بررسی اینکه کدام یک از خصوصیات منشأیاب اختلاف معنی‌داری بین انواع منابع را نشان می‌دهد استفاده می‌شود. در مرحله بعد آنالیز تابع تشخیص Stepwise برای کاهش خصوصیات انتخابی اولیه به‌طوری که دارای حداقل همبستگی و حداکثر توان تفکیک باشند بکار گرفته شده است.

پس از انتخاب ترکیب بهینه خصوصیات منشأیاب (با

$$R = \sum_{i=1}^m \left[\frac{X_i - \left(\sum_{j=1}^n a_{ij} b_j Z_j \right)}{X_i} \right]^2$$

در این مطالعه از روش حداقل کردن مجموع مربعات باقیمانده برای بدست آوردن سهم بهینه منشأهای رسوب برآوردشده توسط مدل‌های چندمتغیره ترکیبی استفاده شده است.

جواب‌های بهینه برای سهم منشأهای رسوب با حداقل کردن این معادله و با استفاده از عملیات تکرار و سعی و خطا و با در نظر گرفتن دو شرط $\sum b_j = 1$ و با استفاده از ابزار Solver در نرم‌افزار اکسل بدست آمد. بدین نحو که مقادیر مختلف برای سهم منشأ رسوب (b_j) انتخاب شده و مقدار تابع محاسبه می‌شود و این عملیات تا جایی ادامه می‌یابد که R به کمترین مقدار خود برسد. در این حالت مقادیر انتخابی برای سهم منشأ رسوب به‌عنوان جواب‌های بهینه مورد قبول واقع می‌شوند، این کار برای تمام نمونه‌های رسوب انجام شد. درنهایت از تقسیم سهم کل هر واحد سنگی به مساحت آن واحد اهمیت نسبی بدست آمد.

چون مجموعه معادلات یادشده دارای مجهولات زیادی بوده و راه‌حل‌های متنوعی می‌تواند داشته باشد، از این رو برای بدست آوردن نتایج بهینه در تعیین سهم منشأ رسوب و به جای حل مستقیم از روش‌های بهینه‌سازی استفاده شد (Rowan et al., 1999 و Yu et al., 1993). در مطالعات منشأیابی، روش‌هایی از جمله حداقل کردن مجموع خطاهای نسبی (Bettrill et al., 2000) و یا هر دو برای بدست آوردن سهم بهینه منشأ رسوب برآوردشده توسط مدل‌های چندمتغیره ترکیبی استفاده شده است.

مجموع مربعات باقیمانده را می‌توان به شرح زیر نوشت:

$$R = \sum_{i=1}^m (X_i - \bar{X}_i)^2 = \sum_{i=1}^m \left[X_i - \left(\sum_{j=1}^n a_{ij} b_j Z_j \right) \right]^2$$

R: مجموع مربعات باقیمانده و X_i مقدار اندازه‌گیری شده

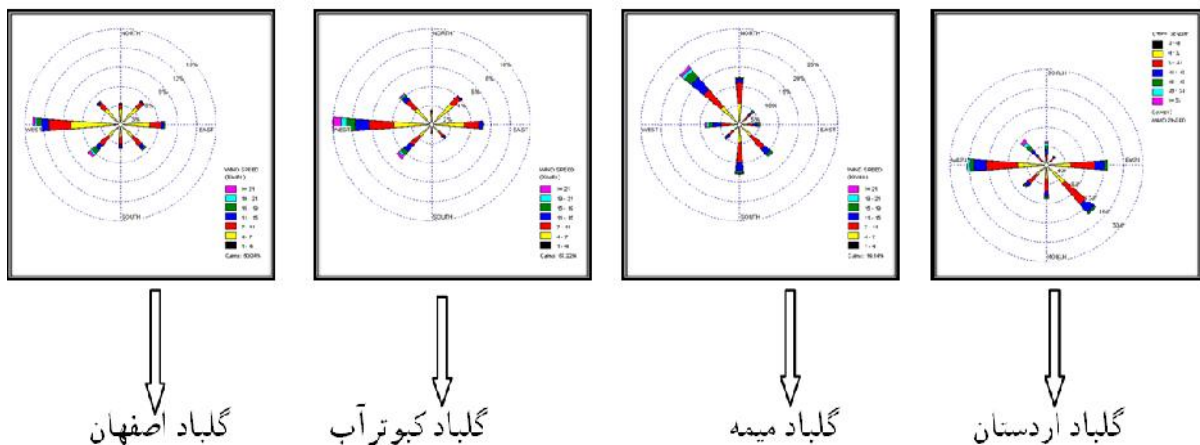
خصوصیت آن در نمونه رسوب.

Z_j : ضریب اصلاحی مواد آلی، m تعداد خصوصیات ردیاب و n تعداد متغیر گروه‌بندی (واحد‌های سنگ‌شناسی). b_j : ضریب سهم هر یک از منشأهای رسوب، a_{ij} مقدار میانگین ردیاب i ام در منشأ رسوب j ام.

معادله بالا را با حذف تأثیر واحدهای مختلف

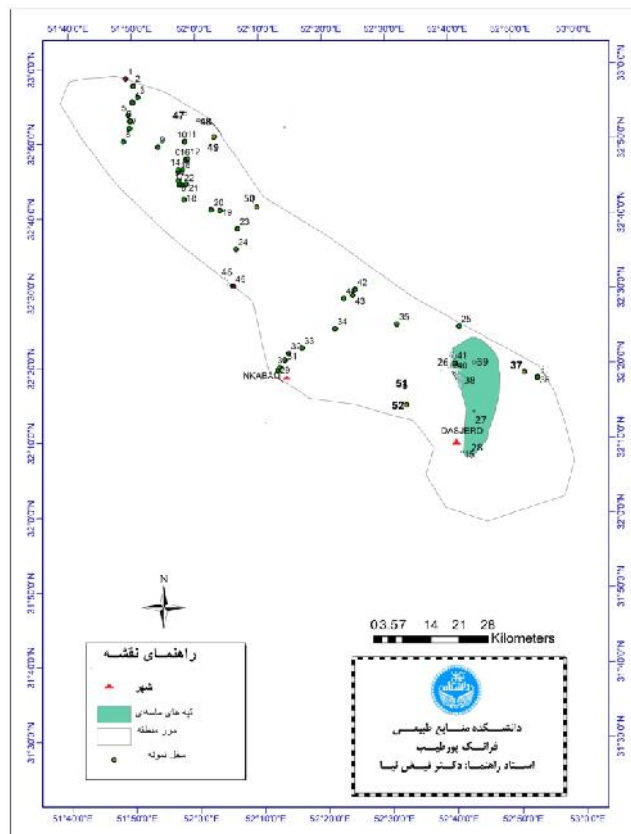
اندازه‌گیری می‌توان به شرح زیر نوشت:

نتایج



شکل ۲- گلبادهای مربوط به ایستگاه‌های سینوپتیک مجاور

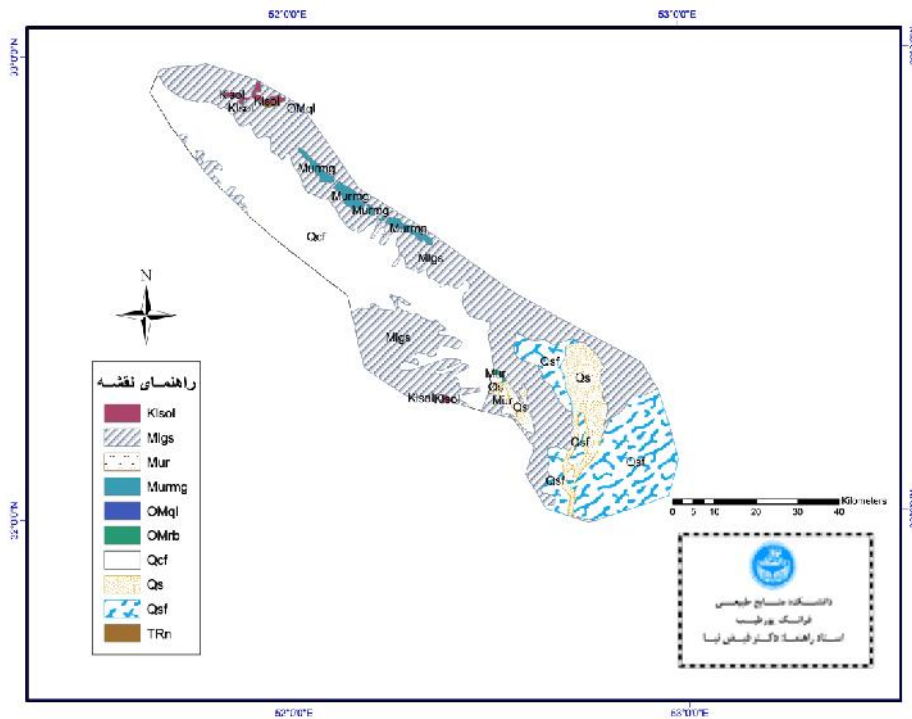
- در شکل ۳ محل نقاط نمونه برداری و در جدول ۱ مشخصات نقاط نمونه برداری مشخص شده است.
- جدول ۲ خصوصیات زمین شناسی و شکل ۴ نقشه زمین شناسی منطقه را نشان می دهد.
- جدول های ۳ و ۴ بیانگر آماره های توصیفی هر یک از خصوصیات منشأیاب در نمونه های منابع رسوب و رسوب می باشند.
- جدول ۵: نتایج آزمون تجزیه واریانس برای تعیین خصوصیت منشأیاب مناسب را نشان می دهد.
- جدول ۶: نتایج آزمون Kolmogorove- Smirnov یک نمونه ای در منابع رسوب را نشان می دهد.
- جدول ۷: آزمون معنی داری بین گروه ها را نشان می دهد.
- جدول ۸: مقادیر ویلکس لامبدا و کای اسکور را نشان می دهد.
- جدول ۹: مقدار ویژه و درصد واریانس برآوردی توسط توابع تشخیص را نشان می دهد.
- جدول ۱۰: ماتریس ساختاری و همبستگی های درون گروهی بین متغیرهای مستقل و توابع تشخیص را نشان می دهد.
- جدول ۱۱: حساسیت سازندها را به روش ژئوشیمیایی نشان می دهد.
- شکل ۵: سهم تولید رسوب واحدهای سنگ شناسی به روش ژئوشیمی را نشان می دهد.



شکل ۳- نقاط نمونه برداری

جدول ۱- مشخصات نقاط نمونه برداری

شماره	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع (متر)	سازند
۱	۵۱° ۴۸	۳۲° ۵۸	۱۶۰۹/۲۲	Mlgs
۲	۵۱° ۵۲	۳۲° ۵۷	۱۶۱۹/۱۹	Mlgs
۳	۵۱° ۵۴	۳۲° ۵۶	۱۶۰۴/۹۶	Mlgs
۴	۵۱° ۵۰	۳۲° ۵۴	۱۵۹۸/۹۸	Mlgs
۵	۵۱° ۴۹	۳۲° ۵۵	۱۵۸۱/۵۶	Mlgs
۶	۵۱° ۴۹	۳۲° ۵۴	۱۵۱۴/۵۹	Mlgs
۷	۵۱° ۴۸	۳۲° ۵۳	۱۵۶۲/۶۳	Mlgs
۸	۵۱° ۴۸	۳۲° ۵۰	۱۵۶۴/۲۵	Qcf
۹	۵۱° ۵۴	۳۱° ۴۸	۱۵۴۸/۹۵	Qcf
۱۰	۵۱° ۵۷	۳۲° ۵۰	۱۵۵۹/۲۷	Mlgs
۱۱	۵۱° ۵۸	۳۲° ۵۰	۱۵۶۶/۴	Mlgs
۱۲	۵۱° ۴۸	۳۲° ۴۶	۱۵۶۷/۳	Mlgs
۱۳	۵۱° ۴۹	۳۲° ۴۶	۱۵۴۴/۰۵	Mlgs
۱۴	۵۱° ۴۶	۳۱° ۴۵	۱۵۴۲/۷	Qcf
۱۵	۵۱° ۴۷	۳۱° ۴۵	۱۵۴۱/۷۵	Mlgs
۱۶	۵۱° ۴۸	۳۲° ۴۴	۱۵۴۲/۵۹	Qcf
۱۷	۵۱° ۴۶	۳۲° ۴۳	۱۵۴۰/۴۱	Qcf
۱۸	۵۱° ۴۶	۳۲° ۴۴	۱۵۳۶/۷	Mlgs
۱۹	۵۲° ۴	۳۲° ۳۸	۱۵۳۶/۱۸	Qcf
۲۰	۵۲° ۳	۳۲° ۴۱	۱۵۲۷/۴۴	Mlgs
۲۱	۵۱° ۴۹	۳۲° ۴۵	۱۵۳۶/۹۱	Qcf
۲۲	۵۱° ۴۹	۳۲° ۴۶	۱۵۳۷/۵۸	Qcf
۲۳	۵۲° ۸	۳۲° ۳۷	۱۵۰۳/۹۵	Qcf
۲۴	۵۲° ۷	۳۲° ۳۵	۱۵۱۰/۳	Qcf
۲۵	۵۲° ۴۳	۳۲° ۲۵	۱۴۷۶/۹۲	Mlgs
۲۶	۵۲° ۴۱	۳۲° ۱۸	۱۴۷۰/۲۶	Qsf
۲۷	۵۲° ۴۵	۳۲° ۱۳	۱۴۶۵/۴۷	رسوب
۲۸	۵۲° ۴۶	۳۲° ۹	۱۴۶۳/۴۳	رسوب
۲۹	۵۲° ۱۲	۳۲° ۱۴	۱۵۶۹	رسوب
۳۰	۵۲° ۱۳	۳۲° ۱۵	۱۵۶۵	رسوب
۳۱	۵۲° ۱۴	۳۲° ۱۶	۱۵۵۶	Mlgs
۳۲	۵۲° ۱۵	۳۲° ۱۷	۱۵۵۰	Mlgs
۳۳	۵۲° ۱۶	۳۲° ۱۹	۱۵۴۵	Mlgs
۳۴	۵۲° ۱۸	۳۲° ۲۲	۱۵۱۶	Mlgs
۳۵	۵۲° ۲۸	۳۲° ۲۵	۱۴۹۶	Mlgs
۳۶	۵۲° ۵۲	۳۲° ۱۸	۱۴۷۱	Mlgs
۳۷	۵۲° ۵۱	۳۲° ۲۰	۱۴۶۴	Mlgs
۳۸	۵۲° ۳۹	۳۲° ۱۷	۱۴۸۶	رسوب
۳۹	۵۲° ۴۴	۳۲° ۲۰	۱۴۸۴	رسوب
۴۰	۵۲° ۴۱	۳۲° ۲۱	۱۴۹۰	رسوب
۴۱	۵۲° ۴۲	۳۲° ۲۲	۱۴۹۰	رسوب
۴۲	۵۲° ۲۴	۳۲° ۲۷	۱۵۰۹	Mlgs
۴۳	۵۲° ۲۵	۳۲° ۲۸	۱۵۰۷	Qcf
۴۴	۵۲° ۲۵	۳۲° ۲۹	۱۵۱۰	Qcf
۴۵	۵۲° ۵	۳۲° ۲۷	۱۵۳۵	Qcf
۴۶	۵۲° ۵	۳۲° ۲۷	۱۵۳۸	Mlgs
۴۷	۵۱° ۵۷	۳۲° ۵۶	۱۵۷۹	Klsol
۴۸	۵۱° ۵۹	۳۲° ۵۴	۱۵۷۶	TRn
۴۹	۵۲° ۵۳	۳۲° ۵۳	۱۵۶۸/۳۵	Omql
۵۰	۵۲° ۹	۳۲° ۴۲	۱۵۳۹/۲	Murmg
۵۱	۵۲° ۳۱	۳۲° ۱۸	۱۵۶۷	Omrbr
۵۲	۵۲° ۳۱	۳۲° ۱۴	۱۵۵۹	Mur



شکل ۴- نقشه زمین‌شناسی

جدول ۲- خصوصیات زمین‌شناسی

درصد مساحت	مساحت (کیلومتر مربع)	مشخصات توصیفی واحدهای سنگ‌شناسی	علائم زمین‌شناسی	سن		
				دوره	دور	دوران
۱/۹۹	۷۳/۳۴	پهنه نمکی	Qsf	هولوسن	کواترن	سنوزوئیک
۳۶/۷۴	۱۳۵۸	پهنه رسی	Qcf	هولوسن	کواترن	سنوزوئیک
۰/۱۴	۵/۰۸	رسوبات ماسه‌ای سست دربردارنده تلماسه‌ها	Qs	هولوسن	کواترن	سنوزوئیک
۵۹/۸۸	۲۲۱۳/۴۷	انیدریت، نمک، مارن‌های دگرسان شده خاکستری	Mlgs	میوسن	ترشیاری	سنوزوئیک
۰/۵۲	۱۹/۲۹	مارن، مارن ژیبس‌دار، ماسه سنگ و کنگلومرا (سازند قرمز بالایی)	Mur	میوسن	ترشیاری	سنوزوئیک
۰/۵	۱۸/۵۵	مارن ژیبس‌دار	Murmg	میوسن	ترشیاری	سنوزوئیک
۰/۰۹	۳/۲	لایه‌های قرمز ترکیب شده با کنگلومرای قرمز، ماسه سنگ، مارن، مارن ژیبس‌دار و ژیبس	Omrb	الیگوسن	ترشیاری	سنوزوئیک
۰/۰۳	۰/۸۸	سنگ آهک ریفی توده‌ای تا ضخیم لایه	Omql	الیگوسن	ترشیاری	سنوزوئیک
۰/۰۱۴	۰/۵	آهک اربیتولین‌دار توده‌ای ضخیم لایه خاکستری	Klsol	-	کرتاسه	مزوزوئیک
۰/۱	۳/۵۴	شیل خاکستری مایل به سبز و آهک خاکستری	TRn	-	تریاس	مزوزوئیک

جدول ۳- آماره‌های توصیفی هریک از خصوصیات منشأیاب در نمونه‌های منابع رسوب

سازند (منطقه برداشت)	Mn	Se	Co	Cd	Cu	Pb	Mg	Ca	Na	P
میانگین	۶۴۶/۱۳	۵۳/۵۵	۲۲۶/۵۶	۱۶/۹۹	۲۴۸/۲۶	۲۱۷/۵۶	۲۴/۸۷	۷۶/۸۲	۲۱/۸۲	۷۷/۱۵
انحراف معیار	۶۳/۹۴	۶/۸۵	۵۲/۹۱	۴/۷۳	۱۸۷/۳۵	۳۵/۰۴	۴/۱۵	۹/۲۶	۵/۰۵	۳/۹۸
min	۷۴۵/۸۴	۶۴/۲۸	۳۱۱/۴	۲۵/۱۶	۷۰۹/۸	۲۸۸/۸	۳۳/۲	۸۹/۰۱	۲۸/۷۴	۲۱/۳
max	۵۲۶/۱۲	۴۲/۲۱	۱۱۷/۸	۵/۷۷	۱۲۰/۶	۱۵۵	۱۸/۹	۵۹/۱۸	۱۴/۳۶	۸/۲۳

جدول ۴- غلظت عناصر اندازه‌گیری شده و آماره‌های توصیفی هریک از خصوصیات منشأیاب در نمونه‌های رسوب

رسوبات تپه‌های ماسه‌ای	P	Na	Ca	Mg	Pb	Cu	Cd	Co	Se	Mn
میانگین	۱۶/۳۹	۲۷/۷۲	۷۴/۴	۲۵/۸۳	۲۰۲/۹	۱۴۷/۳۷	۱۸/۶	۲۰۷/۶۷	۵۴/۸۶	۶۴۸/۶۵
انحراف معیار	۳/۳۷	۶/۹۵	۷/۱۳	۱/۲۵	۱۷/۱۳	۱۳/۷۶	۳/۸	۸/۱	۵/۷۷	۸۶/۹۵
min	۱۹/۸۹	۳۳/۱۶	۸۲/۶۳	۲۷/۱	۲۱۹	۱۵۸/۸	۲۲/۱۴	۲۱۶/۵	۵۹/۱۹	۷۳۴/۱۶
max	۱۳/۱۶	۱۹/۸۹	۷۰/۱۲	۲۴/۶	۱۸۴/۹	۱۳۲/۱	۱۴/۵۸	۲۰۰/۶	۴۸/۳	۵۶۰/۳۴

جدول ۵- نتایج آزمون تجزیه واریانس برای تعیین خصوصیات منشأیاب مناسب برای تفکیک منابع رسوب

sig	عناصر (منابع رسوب)
۰/۴۶۶	P
۰/۹۱	Na
۰/۵۷۸	Ca
۰/۱۵۶	Mg
۰/۳۷۲	Pb
.	Cu
۰/۶۹	Cd
.	Co
۰/۱۴۷	Se
۰/۴۴۷	Mn

جدول ۶- نتایج آزمون Kolmogorove- Smirnov یک نمونه‌ای در منابع رسوب

توزیع	آزمون Kolmogorove- Smirnov یک نمونه‌ای / سطح معنی داری	عناصر (منابع رسوب)
نرمال	۰/۹۱۹	P
نرمال	۰/۹۵۷	Na
نرمال	۰/۹۱۶	Ca
نرمال	۰/۸۴۸	Mg
نرمال	۰/۹۷۷	Pb
نرمال	۰/۳۱	Cu
نرمال	۰/۸۷۳	Cd
نرمال	۰/۳۷۷	Co
نرمال	۰/۹۸۶	Se
نرمال	۰/۸۸۰	Mn

جدول ۷- آزمون معنی داری بین گروه‌ها

عناصر	F	df1	df2	sig
P	۱/۰۰۷	۵	۹	۰/۴۹۹
Na	۲/۷۲۴	۵	۹	۰/۹۱
Ca	۰/۷۹۸	۵	۹	۰/۵۷۸
Mg	۲/۱۱۲	۵	۹	۰/۱۵۶
Pb	۱/۲۲۵	۵	۹	۰/۳۷۲
Cu	۸۳/۹۱۴	۵	۹	۰/۰۰۰
Cd	۰/۶۱۸	۵	۹	۰/۶۹۰
Co	۲۱/۶۷۳	۵	۹	۰/۰۰۰
Se	۲/۱۷۱	۵	۹	۰/۱۴۷
Mn	۱/۰۴۶	۵	۹	۰/۴۴۷

جدول ۸- مقادیر ویلکس لامبدا و کای اسکور

آزمون تابع	ویلکس لامبدا	کای اسکور	درجه آزادی	معنی داری
۱	۰/۰۰۱	۶۸/۹۱۸	۱۰	۰/۰۰۰
۲	۰/۰۹۹	۲۳/۰۹۵	۴	۰/۰۰۰

جدول ۹- مقدار ویژه و درصد واریانس برآوردی توسط توابع تشخیص

تابع	مقدار ویژه	واریانس (%)	تجمعی (%)	همبستگی متعارف
۱	۹۶/۷۴ ^a	۹۱/۴	۹۱/۴	۰/۹۹
۲	۹/۰۷ ^a	۸/۶	۱۰۰	۰/۹۵

جدول ۱۰- ماتریس ساختاری و همبستگی‌های درون گروهی بین متغیرهای مستقل و توابع تشخیص

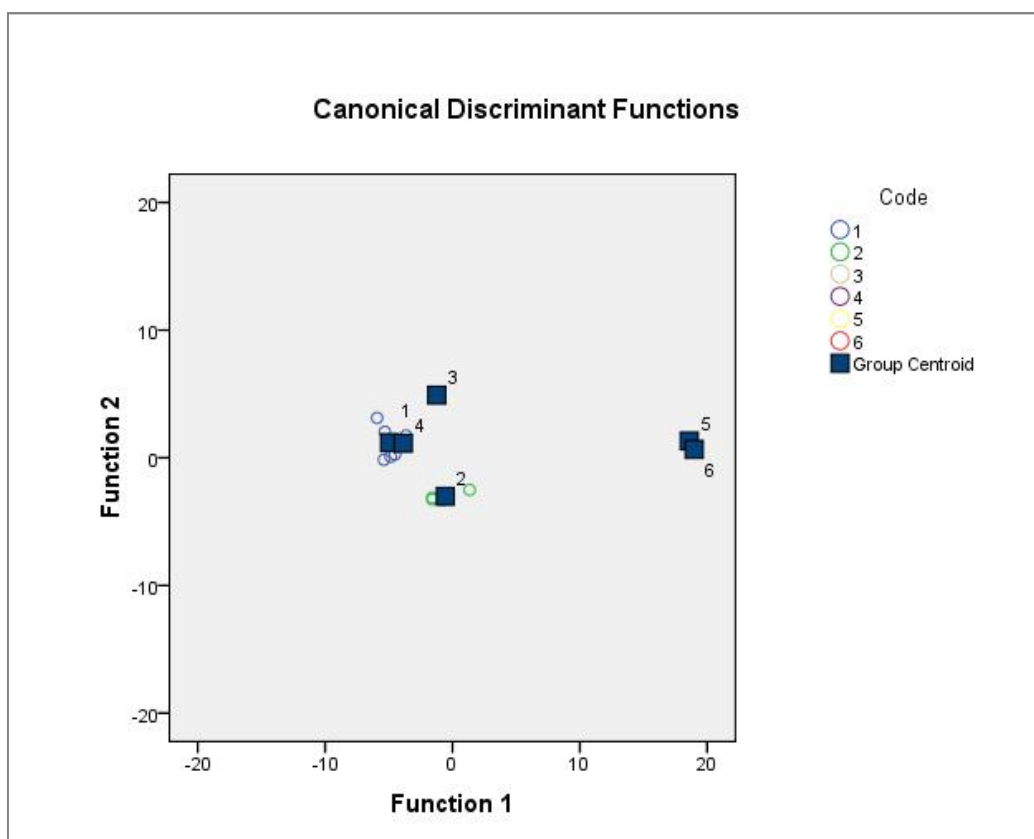
عناصر	توابع	
	۱	۲
Mg ^a	-۰/۵۰۴*	۰/۰۹۷
P ^a	-۰/۳۰۲*	۰/۰۶۵
Na ^a	-۰/۲۲۰*	-۰/۱۹۶
Ca ^a	-۰/۱۸۴	۰/۹۸۳*
Co	۰/۱۳۸	۰/۷۶۲*
Mn ^a	۰/۶۵۴	۰/۷۵۶*
Cu	۰/۳۳۸	-۰/۷۴۹*
Cd ^a	۰/۲۵۰	۰/۷۳۲*
Pb ^a	۰/۰۳۴	۰/۳۸۹*
Se ^a	-۰/۵۰۴*	۰/۰۹۷

جدول ۱۱- نتایج طبقه‌بندی و صحت پیش‌بینی

مجموع	اعضای گروه پیش‌بینی شده						واحد‌های سنگ‌شناسی	Count	Original
	۶	۵	۴	۳	۲	۱			
۶	۰	۰	۱	۰	۰	۵	MIgs		
۵	۰	۰	۰	۰	۵	۰	Qcf		
۱	۰	۰	۰	۱	۰	۰	Murmg		
۱	۰	۰	۱	۰	۰	۰	Omql		
۱	۰	۱	۰	۰	۰	۰	Klsol		
۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	Trn		
۱۰۰/۰	۰	۰	۱۶/۷	۰	۰	۸۳/۳	۱		
۱۰۰/۰	۰	۰	۰	۰	۱۰۰/۰	۰	۲		
۱۰۰/۰	۰	۰	۰	۱۰۰/۰	۰	۰	۳		
۱۰۰/۰	۰	۰	۱۰۰/۰	۰	۰	۰	۴	۳	
۱۰۰/۰	۰	۱۰۰/۰	۰	۰	۰	۰	۵		
۱۰۰/۰	۱۰۰/۰	۰	۰	۰	۰	۰	۶		
۶	۰	۰	۲	۰	۰	۴	۱	Count	
								Cross-validated ^a	

۵	.	.	.	.	۵	.	۲
۱	.	.	۱	.	.	.	۳
۱	.	.	.	.	.	۱	۴
۱	۱	.	.	.	.	.	۵
۱	.	۱	.	.	.	.	۶
۱۰۰/۰	.	.	۳۳/۳	.	.	۶۶/۷	۱
۱۰۰/۰	.	.	.	.	۱۰۰/۰	.	۲
۱۰۰/۰	.	.	۱۰۰/۰	.	.	.	۳
۱۰۰/۰	.	.	.	.	.	۱۰۰/۰	۴
۱۰۰/۰	۱۰۰/۰	.	.	.	.	.	۵
۱۰۰/۰	.	۱۰۰/۰	.	.	.	.	۶

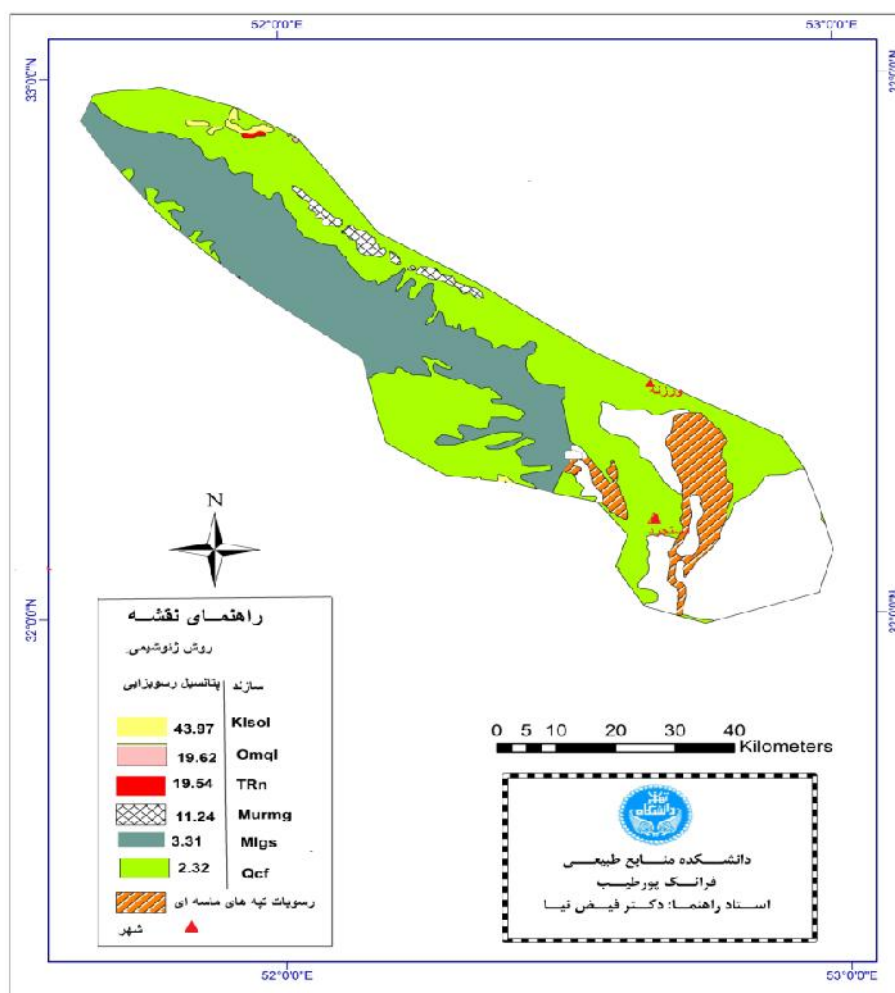
%



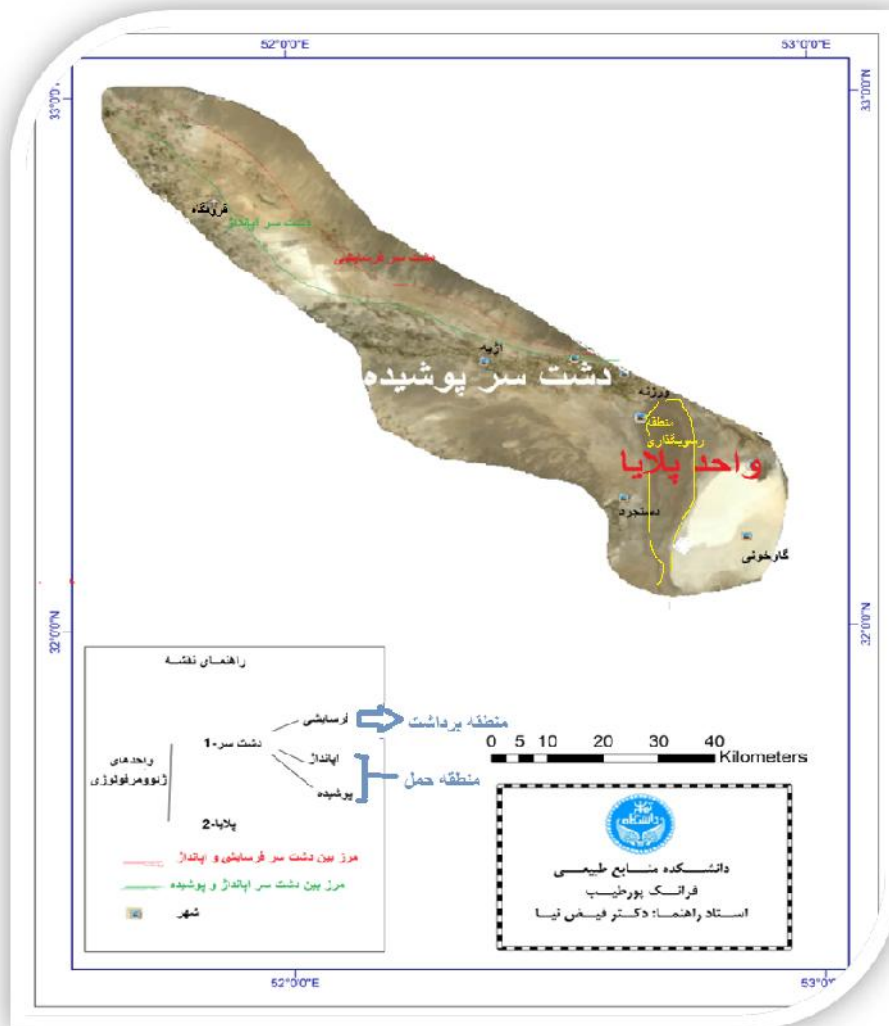
شکل ۳- نمودار نقطه‌ای توابع

جدول ۱۲- حساسیت سازندها به روش ژئوشیمی

منابع تولید رسوب	سهم کل (%)	مساحت km ²	درصد مساحت	اهمیت نسبی	درصد اهمیت نسبی
Klsol	۰/۲۳	۰/۵۴	۰/۰۱۴	۱۶/۴۳	۴۳/۹۷
Omql	۰/۲۲	۰/۸۸	۰/۰۳	۷/۳۳	۱۹/۶۲
TRn	۰/۷۳	۳/۵۴	۰/۱	۷/۳	۱۵/۹۴
Murmg	۲/۱	۱۸/۵۵	۰/۵	۴/۲	۱۱/۲۴
Qcf	۴۵/۸۷	۱۳۵۸	۳۶/۷۴	۱/۲۴	۳/۳۱
Mlgs	۵۰/۸۴	۲۲۱۳/۴۷	۵۹	۰/۸۷	۲/۳۲
Mur	۰	۱۹/۳	۰/۵۲	۰	۰
Omr	۰	۳/۲	۰/۰۸۷	۰	۰
Qsf	۰	۷۳/۷۴	۱/۹۹	۰	۰



شکل ۴- سهم تولید رسوب واحدهای سنگ شناسی به روش ژئوشیمی



شکل ۵ - نقشه ژئومرفولوژی

سدیم، کلسیم، منیزیوم، سرب، مس، کادمیوم، کبالت، سلنیوم و منگنز بوده است. میزان تغییرات هریک از خصوصیات منشأیاب در نمونه‌های رسوب کمتر از نمونه‌های منشأ رسوب می‌باشد (جدول‌های ۳ و ۴). این موضوع با نتایج معظمی (۱۳۸۵) و کوهیما (۱۳۸۷) مطابقت دارد. نمونه‌های برداشت شده از منابع رسوب از نقاط مختلف که دارای ویژگی‌های مختلفی می‌باشند برداشت شده، بنابراین مقادیر آنها دارای تغییرات زیادی می‌باشند، در حالی که در رسوبات تپه‌های ماسه‌ای، این رسوبات باهم تداخل و

بحث

با توجه به گلبادهای رسم شده مربوط به ایستگاه‌های سینوپتیک مجاور شامل اصفهان، کبوترآباد، میمه و اردستان، جهت اصلی باد، شمال غرب و غرب تشخیص داده شد. نتایج مطالعات کوهیما (۱۳۸۷) نشان می‌دهد که ردیاب‌های مهم در هر زیرحوزه بیشتر جزء پارامترهای مغناطیسی و یا کانی‌های رسی نبودند، از این رو در این تحقیق ۱۰ پارامتر به‌عنوان منشأیاب‌های اولیه انتخاب و مورد بررسی قرار گرفته است. این منشأیاب‌ها شامل فسفر،

کبالت و مس در توابع شرکت می‌کنند. جدول مذکور نشان می‌دهد که تابع ۱ بر اساس عناصر کبالت ($0/184$) با رابطه معکوس و مس ($0/654$) با رابطه مستقیم شکل گرفته است. با توجه به نتایج بدست آمده دو پارامتر مس و کبالت بصورت گام به گام برای تفکیک گروه‌ها معرفی شده‌اند که در گام اول مس و در گام دوم کبالت معرفی شده است. همچنین با توجه به نتایج طبقه‌بندی و صحت پیش‌بینی (جدول ۱۱) ۶ تابع برای هریک از واحدهای سنگ‌شناسی نوشته شده و صحت پیش‌بینی پارامترهای مس و کبالت در آنها مورد بررسی قرار گرفته که در تابع ستون اول واحد سنگ‌شناسی Migs با $83/3$ درصد کمترین صحت را در تقسیم‌بندی داشته است و بقیه واحدها 100 درصد به درستی تقسیم شده‌اند.

همچنین با توجه به نمودار نقطه‌ای (شکل ۳) واحدهای سنگ‌شناسی که با فاصله نسبتاً مناسبی از هم قرار دارند، می‌توان نتیجه گرفت که دو پارامتر مس و کبالت توانایی تفکیک منشأهای رسوب را دارند و بر اساس این دو پارامتر می‌توان اهمیت نسبی هریک از واحدهای سنگ‌شناسی را مشاهده کرد. بر اساس این نتایج Klsol با $43/97$ درصد بیشترین سهم را دارد و سازندهای Omql, Trn و Murmg به ترتیب با $19/62$ درصد، $15/94$ درصد و $11/24$ درصد، درجه دوم، سوم و چهارم اهمیت را دارند (جدول ۱۲).

منابع مورد استفاده

- حسامی، دانا، ۱۳۹۰، منشأیابی رسوبات وارده به دریاچه زریوار کردستان جهت تعیین فرسایش‌پذیری و رسوب‌زایی سازندها، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ۱۲۴ ص.
- حکیم‌خانی، شاهرخ، ۱۳۸۵، بررسی استفاده از ردیاب‌ها در منشأیابی رسوبات ریزدانه، پایان‌نامه دکتری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ۲۱۱ ص.
- فرجی، محمد، ۱۳۸۸، بررسی استفاده از ردیاب‌ها و کانی‌های شاخص در منشأیابی رسوبات تپه‌های ماسه‌ای، مطالعه موردی

هم‌پوشانی پیدا کرده و تغییرات آنها تعدیل شده است. از میان ۱۰ ویژگی انتخابی اولیه ۲ ویژگی شامل مس و کبالت توانسته‌اند منشأهای رسوب را به خوبی تفکیک کنند، بنابراین بهترین خصوصیات منشأیاب برای این مناطق می‌باشند که با نتایج Walling و Collins (۲۰۰۸)، کوهیما (۱۳۸۷) و حسامی (۱۳۹۰) مطابقت دارد.

جدول ۵ نشان می‌دهد که در آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه در سطح ۹۵ درصد، عناصر مس و کبالت انتخاب شده‌اند. نتایج آزمون کولموگراف - اسمیرنوف یک نمونه‌ای در جدول ۶ نشان می‌دهد که نمونه‌های منشأ رسوب همگی از توزیع نرمال تبعیت می‌کنند و علت این امر آن است که نمونه‌های رسوب ترکیبی از منشأ رسوب حوزه می‌باشند، از این رو تغییرات منشأ رسوب در آنها تعدیل شده است. ناگفته نماند که نمونه‌های رسوبی از سازندهای زمین‌شناسی هم، از جامعه نرمال برخوردارند. البته عدم تبعیت مجموعه متغیرها از فرض نرمال حیاتی نیست و آزمون معنی‌داری حاصل تا زمانی که غیرنرمال بودن ناشی از چولگی است و نه داده‌های پرت، معتبر است.

با بررسی نتایج آزمون معنی‌داری میانگین گروه‌ها می‌توان مشاهده کرد که مس دارای کمترین میزان ویلکس لامبدا ($0/001$) و بزرگترین مقدار F ($83/91$) است، از این رو توان تفکیکی بهتری نسبت به سایر متغیرها دارد. همچنین کبالت با مقدار ویلکس لامبدا ($0/099$) و F ($21/67$) رتبه بعدی را برای تفکیک نسبت به سایر متغیرها دارد.

جدول ۸ نشان می‌دهد که همبستگی کانونی در تابع اول $0/99$ است، با مجذور این عدد، مقدار $0/98$ به دست می‌آید و می‌توان این چنین نتیجه گرفت که 98 درصد از واریانس متغیر گروه‌بندی (سازندها) توسط این مدل که در آن ۱۰ متغیر مستقل (عناصر) وارد شده است تبیین شود. در تابع دوم همبستگی کانونی $0/95$ است، با مجذور این عدد، مقدار $0/90$ به دست می‌آید و می‌توان این چنین نتیجه گرفت که 90 درصد از واریانس سازندها توسط این مدل تفکیک می‌شود. جدول (۱۰) نشان می‌دهد در این آنالیز عناصر

- geomorphology.3-20. In: Foster, I. D. L. (Eds.), Tracers in geomorphology. Wiley, Chichester.
- Kelley, D. W., Brachfeld, S. A., Nater, E. A. and Wright, H. E., 2000. Source of sediment in Lake Pepin on the Upper Mississippi River in response to Holocene climate changes. *Journal of Paleolimnology*, 35: 327-348.
 - Polyakov, V. O., and Nearing, M. a., 2004, Rare earth element oxides for tracing sediment movement. *Catena*, 55: 255-276.
 - Rowan, J. S. , Goodwill, P. and Frank, S. w. , 1999. Uncertainty estimation in fingerprinting suspended sediment sources. Wiley, Chichester, 279-290.
 - Walling, D. E., Collins, A. L., 2008, The catchment sediment budget as a management tool. *Environmental Science and Policy*, 11:136-143.
 - Yu, L., Olffield, F., 1993. Quantitative sediment source ascription using magnetic measurements in a reservoir-catchment system near Nijar, S. E. Spain. *Earth Surface Processes and Landforms*, 18: 441-454.
- منطقه ملاتانی-مارون، استان خوزستان، پایان نامه دکتری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ۱۷۵ ص.
- قدیمی عروس محله، فریدون، پورمتین، افشین، ۱۳۸۰، تجزیه و تحلیل آماری منشأ رسوب در پایین دست حوزه آبخیز قره‌چای از استان مرکزی، همایش ملی مدیریت اراضی- فرسایش خاک و توسعه پایدار، ۱۴ ص.
- کوهیما، اصغر، ۱۳۸۷، بررسی رسوبات پشت سازه‌های آبخیزداری و رابطه آن با خصوصیات حوزه آبخیز، مطالعه موردی استان سمنان، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۱۴۶ ص.
- Bottrill, L. J., Walling, D. E., and Leeks, G. J. L., 2000, using recent over bank deposits to investigate contemporary sediment sources in large river basins. 369-387. In: Foster, I. D. L. (Eds.), Tracers in Geomorphology. Wiley, Chichester.
 - Foster, I. D. L., and Lees, J. A., 2000. Tracers in

Studying the source of sediments in the Gavkhuni playa margin using geochemical method

S. Feiznia¹, F. Pourtayeb^{2*}, H. Ahmadi¹ and K. Shirani³

1- Professor, Department of Reclamation of Arid and Mountainous Regions, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

2- Corresponding author, Former M.Sc. Student in Desertification, Department of Reclamation of Arid and Mountainous Regions, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran,

Email: faranakpurtayeb@ut.ac.ir

3- Academic member, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Isfahan, Iran

Received:6/7/2013

Accepted:5/12/2014

Abstract

In determining the source of sediments in the basins, fingerprinting technique has been taken into consideration by researchers mainly because of the many problems in applying traditional methods. In the above-mentioned method, the share of source areas in sediment production is determined using the right combination of separator properties of sedimentary source. The tracers used in this research included P, Na, Ca, Mg, Pb, Cu, Cd, Co, Se and Mn. Co and Cu were selected as suitable combination using discriminant analysis. Finally using this combination and combined multivariate models, the share of six lithological units including Klsol, Omql, TRn, Murmg, Qcf and Mlgs in the sediment production was calculated to be 43.97, 19.62, 15.94, 11.24, 3.31 and 2.32 %, respectively.

Keywords: Tracer, sediment sources, combined multivariate models.