

شناسایی منشا ذرات معلق در اتمسفر با استفاده از ویژگی‌های ژئوشیمیایی عناصر ردیاب (مطالعه موردی: شهر کرمانشاه)

زینب نظری^{۱*}، نعمت الله خراسانی^۱، سادات فیض‌نیا^۲ و محمود کرمی^۱

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۱۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۲/۲۵)

چکیده

هدف از این مطالعه، شناسایی منشا ذرات معلق در اتمسفر شهر کرمانشاه با استفاده از ویژگی‌های ژئوشیمیایی است. غلظت ۲۰ عنصر اصلی و کم‌یاب (پتاسیم، سدیم، کلسیم، فسفر، مس، نیکل، سرب، کادمیم، سلنیوم، روی، آهن، منیزیم، بور، کروم، کبالت، آرسنیک، مولیبدن، وانادیم، آلومینیوم، منگنز) برای ۵۵ نمونه خاک (در نقاط مختلف ارتفاعی ۱۶۰۰ - ۶۰۰ متر) و ۴۱ نمونه ذرات معلق به وسیله دستگاه ICP آنالیز شد. منشایابی ذرات معلق با استفاده از ردیاب‌های ژئوشیمیایی طی دو مرحله صورت گرفت. در مرحله اول، با استفاده از آزمون مقایسه میانگین‌ها و تحلیل تشخیص ترکیبی مناسبی از عناصر ردیاب که توانایی بالایی برای تفکیک منابع ذرات معلق دارند، انتخاب شده است. در مرحله دوم، از مدل‌های چندمتغیره ترکیبی برای تعیین سهم منابع ذرات معلق (واحدهای زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی) در تولید ذرات معلق در منطقه مورد مطالعه استفاده شده است. نتایج حاصل از تعیین سهم واحدهای زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی نشان می‌دهد که به ترتیب، سازند UF (مارن قرمز و ماسه‌سنگ)، واحد دو (با ارتفاع ۱۴۰۰-۰، شیب ۵-۰ درصد، جهت flat و ویژگی سنگ‌شناسی UF (مارل قرمز و ماسه سنگ)) سهم اصلی در تولید ذرات معلق را دارا هستند که این سازند در شهرستان قصرشیرین واقع شده است.

واژه‌های کلیدی: ذرات معلق، سهم، مدل‌های چندمتغیره ترکیبی، منشا طبیعی

۱. گروه محیط زیست، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۲. گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: nazarizeinab4@gmail.com

مقدمه

یکی از پدیده‌های جوی مناطق خشک و نیمه‌خشک و یا مناطق همجوار با این گونه نواحی، پدیده گردوخاک و تولید ذرات معلق و رسوب است که مخاطرات زیست‌محیطی زیادی به‌همراه دارد که در سال‌های اخیر بسیاری از مناطق کشور از جمله غرب کشور (استان کرمانشاه...) را تحت تأثیر قرار داده است (۴). این ذرات بسته به ترکیب می‌توانند به‌صورت زیان‌آور سلامتی انسان را تحت تأثیر قرار دهند. براساس استاندارد ملی کیفیت هوا در یک محدوده زمانی ۲۴ ساعته، حد استاندارد برای PM_{10} (ذرات کوچکتر از ۱۰ میکرون)، ۱۵۰ میکروگرم بر مترمکعب می‌باشد. به‌طورکلی به‌ازای هر ۱۰ میکروگرم بر مترمکعب افزایش در غلظت ذرات معلق کمتر از ده میکرومتر، مرگ و میر کل روزانه تقریباً تا یک درصد افزایش می‌یابد (۲۱).

بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که بهترین مرحله مبارزه با فرسایش بادی در مرحله برداشت است. از طرف دیگر لازمه انجام عملیات مبارزه در این مرحله، کسب اطلاعات از منابع رسوب، تعیین سهم و اهمیت نسبی آنها در تولید رسوب است (۱۳). به‌دلیل وجود مشکلات نمونه‌گیری چه از بعد مکانی و چه از بعد زمانی و نیز تنگناهای اجرایی و داشتن نیاز به زمان و هزینه زیاد در کاربرد روش‌های سنتی همانند بررسی چشمی منابع رسوب از طریق عکس‌ها و مشاهدات صحرائی، استفاده از پلات‌های فرسایشی برای تعیین شدت تلفات خاک از منابع سطحی، پایش شیارها و آب‌کندها (۲۵، ۲۷ و ۲۸)، روش انگشت‌نگاری، ردیابی یا به‌عبارتی منشایابی به‌عنوان روشی جایگزین و مناسب، کاربرد روزافزونی در تعیین سهم و اهمیت نسبی منابع رسوب در تولید رسوب پیدا کرده است (۲۸). در این روش با بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی رسوبات، سنگ‌ها و خاک‌های منشاهای مختلف سعی بر این است که منشأ برداشت رسوبات مشخص شود. در این روش فرض بر این است که تغییرات مکانی و زمانی ویژگی‌های رسوب نشان‌دهنده تغییرات زمانی و مکانی اشتراک‌های نسبی از منابع است. توسط این روش سعی بر این است که سهم نسبی

زیرحوضه‌ها، واحدهای سنگ‌شناسی و یا خاک‌شناسی در بار رسوب مناطق پایین‌دست تعیین شود (۱۵).

مطالعات انجام شده در جهان و ایران نشان داد که روش منشایابی برای تعیین سهم منابع رسوب (آبرفتی) توسط کولینز و همکاران (۲۳)، والینگ و همکاران (۲۸)، پینگ و همکاران (۲۶)، شپل و وارن (۲۲)، اختصاصی و همکاران (۲)، حکیم‌خانی و احمدی (۷)، کوهپیما (۱۶) مورد استفاده قرار گرفته است. همچنین، از این روش عباسی و همکاران (۱۱)، فیض‌نیا و همکاران (۱۴) برای تعیین سهم منابع رسوبات بادی استفاده شده است.

محققان ایرانی در زمینه ذرات معلق مطالعاتی انجام داده‌اند که از جمله آنها، مطالعه جمشیدی و همکاران (۶)، ندافی و همکاران (۱۹)، لیلی و همکاران (۱۷) است که در این مطالعات به بررسی روند تغییرات غلظت ذرات معلق در فصول مختلف پرداخته شده است.

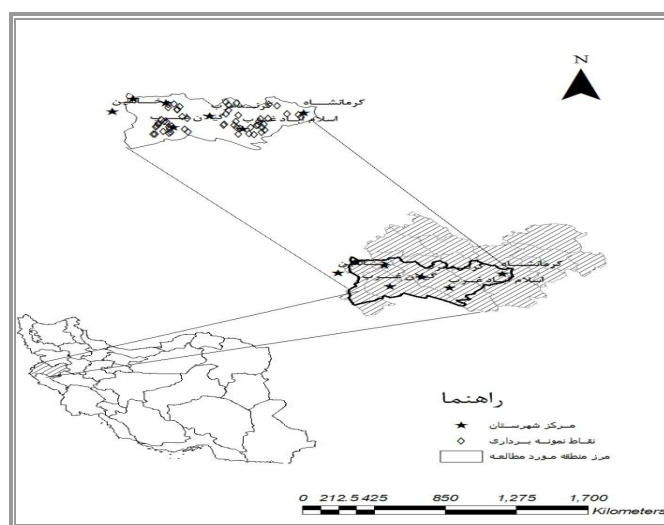
نتایج حاصل از تحقیق عطایی و احمدی (۱۲) نشان داد که در فصل سرد سال شکل‌گیری هسته کم ارتفاع و امواج غربی بر روی اروپا و دریای مدیترانه و در فصل گرم سال، کم‌فشارهای حرارتی عوامل ایجادکننده گرد و غبار در منطقه هستند.

طائی سمیرمی و همکاران (۱۰) نشان دادند که کاهش شدید رطوبت خاک بر اثر کاهش شدید بارش در دهه گذشته به‌ویژه در شمال خاورمیانه که منطقه تغذیه رودهای بزرگ بین‌النهرین است و نیز افزایش فرکانس عبور امواج کوتاه و سریع با مؤلفه بادمدراری قوی از دلایل اصلی وقوع توفان‌های منطقه غرب ایران است.

به‌دلیل توان ذرات معلق (PM_{10}) برای نفوذ عمیق به داخل سیستم تنفسی و ایجاد اثرات زیان‌آور بهداشتی، شناسایی منشأ این ذرات از اهمیت زیادی برخوردار است. با توجه به مطالب ذکر شده، هدف از این مطالعه تعیین سهم منابع ذرات معلق (واحدهای زمین‌شناسی و واحدهای ژئومورفولوژی) در اتمسفر شهر کرمانشاه با استفاده از روش منشایابی ژئوشیمیایی است. با تعیین واحد مؤثر در تولید ذرات معلق می‌توان به

جدول ۱. مساحت انواع کاربری‌ها در منطقه مورد مطالعه

کاربری شهرستان	اراضی زراعی (هکتار)	اراضی زراعی (درصد)	جنگل (هکتار)	جنگل (درصد)	مرتع (هکتار)	مرتع (درصد)
کرمانشاه	۳۰۹۳۲۱	۱۱/۶	۹۷۶۹۳	۳/۶	۲۰۸۸۷۵	۷/۸
اسلام‌آباد غرب	۹۴۳۳۹	۳/۵	۷۸۶۱۲	۲/۹	۳۴۵۷۷	۱/۳
سرپل ذهاب	۳۹۱۲۴	۱/۴	۱۳۳۹۶	۰/۰۵	۴۶۱۹۳	۰/۸۲
گیلان غرب	۴۵۸۹۱	۱/۷	۷۴۹۲۳	۲/۸	۹۹۵۲۹	۱/۷
قصرشیرین	۱۵۳۶۷	۰/۵۷	۴۲۳۸	۰/۱۵	۱۸۷۴۹۲	۷
مجموع	۵۰۴۰۴۲	۱۸/۹	۲۶۸۸۶۲	۹/۵	۵۷۶۶۶۶	۱۸/۶۲



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه، انواع کاربری‌ها از جمله مرتع، جنگل و اراضی زراعی وجود دارد که در جدول (۱) مساحت هریک از آنها در شهرستان‌های در منطقه مورد مطالعه بیان شده است.

بررسی روش‌های کنترلی مؤثر به منظور جلوگیری از تولید این ذرات پرداخت.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در محدوده غرب و جنوب‌غربی تا مرکز استان کرمانشاه با مساحت ۸۱۳۸۵۵ هکتار بین 35° تا 45° و $35'$ تا $47'$ و $10'$ طول شرقی و 33° و $50'$ تا 34° و $37'$ عرض شمالی از نصف‌النهار گرینویچ واقع شده است. این محدوده در برگیرنده شهرستان‌های گیلان غرب، اسلام‌آباد غرب، سرپل ذهاب، قصرشیرین و بخشی از شهرستان کرمانشاه است (شکل ۱). در

مطالعات هواشناسی و اقلیم

طبقه‌بندی آب‌وهوای استان کرمانشاه براساس روش دو مارتن به دلیل تطابق بیشتر آن با آب‌وهوای ایران صورت گرفته است. اساس تقسیم‌بندی در روش دو مارتن دما و بارش است. بنابراین با توجه به این روش، کرمانشاه دارای اقلیم نیمه‌خشک و سرد، اسلام‌آباد دارای اقلیم مدیترانه‌ای سرد، سرپل ذهاب دارای اقلیم نیمه‌خشک و گرم، قصرشیرین دارای اقلیم خشک و گرم و

گیلان غرب دارای اقلیم نیمه خشک و سرد است (۳).

رسم گل توفان

در این مطالعه، به منظور تحلیل گل توفان، کمترین حد سرعت آستانه فرسایش بادی در ارتفاع ۱۰ متری (۴/۵ متر بر ثانیه براساس خصوصیات زمین شناسی منطقه) به عنوان سرعت پایه آستانه فرسایش بادی در منطقه مورد مطالعه در نظر گرفته می شود و سپس با استفاده از نرم افزار ترسیم گلباد WRPLOT View و با در نظر گرفتن سرعت پایه معادل سرعت آستانه فرسایش بادی، گل توفان تهیه شد.

نمونه برداری از واحدهای ژئومورفولوژی

با استفاده از روی هم گذاری نقشه واحدهای ژئومورفولوژی با نقشه های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰۰ دو برگه قصر شیرین و کرمانشاه مشخص شد که هریک از واحدها در چه موقعیتی از منطقه واقع شده اند و با توجه به آن، نمونه برداری از خاک واحدهای مورد نظر (عمق صفر تا ده سانتی متر) به میزان حدود یک کیلوگرم به وسیله یک بیلچه استیل انجام شد. برای جلوگیری از مخلوط شدن نمونه ها بعد از هربار نمونه برداری، بیلچه استیل تمیز شده است. به طور کلی در مجموع ۵۵ نمونه برداشت شد. بعد از انتقال نمونه ها به انبار خاک، نمونه ها در هوای آزاد خشک شده، سپس بخش کوچک تر از ۶۴ میکرون آنها با استفاده از الک و آب جدا شد. پس از انتقال نمونه ها به آزمایشگاه خاک شناسی و تهیه عصاره از آنها توسط محلول دی اتلین تری آمین پنتااستیک اسید، عصاره به وسیله دستگاه ICP برای اندازه گیری غلظت ۱۸ عنصر اصلی و کم یاب (پتاسیم، سدیم، کلسیم، فسفر، مس، نیکل، سرب، کادمیم، سلنیوم، روی، آهن، منیزیم، بور، کروم، کبالت، آرسنیک، مولیبدن، وانادیم) آنالیز شد.

نمونه برداری از ذرات معلق کمتر از ده میکرومتر

در این تحقیق، به منظور نمونه برداری از ذرات معلق، دستگاه نمونه بردار ذرات معلق، مدل اوربیا ژاپنی واقع در ایستگاه ثابت

اداره کل حفاظت محیط زیست استان کرمانشاه با موقعیت جغرافیایی ۴۷ درجه و ۶ دقیقه و ۴۹ ثانیه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۲۱ دقیقه و ۲۳ ثانیه عرض شمالی استفاده شد. فیلتر حاوی ذرات معلق در بازه زمانی اسفندماه ۱۳۸۸ تا پایان شهریور ۱۳۸۹ طی دو دوره زمانی (یک اسفندماه ۱۳۸۸ تا ۱۴ اردیبهشت ۱۳۸۹ و ۱۴ اردیبهشت ۱۳۸۹ تا ۳۰ شهریور ۱۳۸۹) برداشت شد. در مرحله بعد، فیلتر به قطعات مساوی تقسیم شد، طوری که در هر قطعه حدود ۲۴ دایره حاوی ذرات معلق با قطر ۱۳ میلی متر وجود داشت، سپس حدود ۴۱ نمونه از طریق روش نمونه برداری تصادفی سیستماتیک انتخاب شد. سپس در آزمایشگاه خاک شناسی، با استفاده از روش هضم اسیدی توسط اسید نیتریک غلیظ (۶۵ درصد) از نمونه ها عصاره تهیه شد (۲۱). در مرحله بعد عصاره به وسیله دستگاه ICP برای ۲۰ عنصر اصلی و کم یاب (پتاسیم، سدیم، کلسیم، فسفر، مس، نیکل، سرب، کادمیم، سلنیوم، روی، آهن، منیزیم، بور، کروم، کبالت، آرسنیک، مولیبدن، وانادیم، آلومینیوم، منگنز) آنالیز شد.

روش های آماری در منشایابی ژئوشیمیایی

آزمون کولموگروف- اسمیرنوف یک نمونه ای

آزمون کولموگروف- اسمیرنوف یک نمونه ای آزمونی است که درجه موافقت یک مجموعه مقادیر نمونه ای و توزیع نظری را می سنجد. در این تحقیق از این آزمون برای بررسی نرمال بودن هریک از عناصر ردیاب در نرم افزار SPSS استفاده شده است (۹).

آزمون مقایسه میانگین ها

در مواردی که متغیرها در بیش از دو گروه اندازه گیری شده اند، در آمار پارامتری از آزمون تجزیه واریانس و در آمار غیر پارامتری از آزمون کروسکال- والیس در نرم افزار SPSS استفاده می شود. در این مطالعه، این آزمون ها فقط توان و قدرت هریک از عناصر ردیاب در تفکیک منابع ذرات معلق را نشان می دهند (۹).

۲- مجموع ضرایب سهم هریک از منابع رسوب بایستی برابر با یک باشد:

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

برای حل این معادلات یکی از روش‌ها حداقل کردن مجموع خطاهای نسبی است. مجموع خطاهای نسبی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$E = \sum_{i=1}^m \left(\begin{array}{c} X_i - \hat{X}_i \\ X_i \end{array} \right) = \sum_{i=1}^m \left(\begin{array}{c} X_i - \left(\sum_{j=1}^n a_{ij} b_j \right) \\ X_i \end{array} \right) \quad [2]$$

جواب‌های بهینه با استفاده از عملیات تکرار و سعی و خطا بدین نحو به دست آمده است که مقادیر مختلف برای سهم منابع رسوب (b_j) انتخاب شده و مقدار تابع هدف (E) محاسبه می‌شوند و این عملیات تا جایی ادامه می‌یابد که E به کمترین مقدار خود برسد. در این حالت مقادیر انتخابی برای سهم منابع رسوب، به عنوان جواب‌های بهینه مورد قبول واقع می‌شوند، این کار برای تمام نمونه‌های رسوب انجام شده و از مقادیر سهم هریک از منابع رسوب برای به دست آوردن سهم متوسط، میانگین‌گیری می‌شود (۷ و ۸).

نتایج

نتایج شناسایی و تفکیک بادهای شدید و طوفان‌زا از طریق

رسم گل طوفان

بر اساس این گل طوفان‌ها (شکل‌های ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶) عمدتاً بادهای حاکم در منطقه دارای سرعت کمتر از ۴/۵ متر بر ثانیه (تقریباً ۸۰ درصد) به جز گیلان غرب که دارای بیش از ۵۰ درصد باد فرساینده است که نشان‌دهنده این واقعیت است که در محدوده مورد مطالعه، عمدتاً بادهای ورودی قادر به فرسایش خاک و ایجاد ذرات معلق (گردوغبار) نیستند.

بررسی آماره‌های توصیفی ردیاب‌ها و شاخص عامل تورم واریانس (VIF) و آزمون کولموگروف-اسمیرنوف یک نمونه‌ای همان‌گونه که در جدول (۲) مشاهده می‌شود، ضریب تغییرات

بررسی رابطه هم‌خطی چندگانه

شاخص کمی برای بررسی هم‌خطی چندگانه در نرم‌افزار SPSS معرفی شده است. عامل تورم واریانس (Variance Inflation Factor) شاخصی است که برای تعیین هم‌خطی استفاده می‌شود. بین متغیرهایی که مقادیر VIF آنها بیشتر از ۱۰ باشد، هم‌خطی چندگانه وجود دارد (۹).

تحلیل تشخیص

در تحلیل تشخیص در نرم‌افزار SPSS برای رسیدن به کوچک‌ترین ترکیبی که بیشترین توان تفکیک را داشته باشد (ترکیب بهینه)، از الگوریتم انتخاب قدم‌به‌قدم استفاده می‌شود و از عملیات حداقل کردن آماره ویلکس لامدا بهره گرفته می‌شود (۱۱).

تعیین سهم و اهمیت نسبی منابع ذرات معلق با استفاده از

مدل ترکیبی

در مدل‌های چندمتغیره ترکیبی از برنامه‌نویسی خطی برای حل تعدادی از معادلات در نرم‌افزار EXCEL استفاده می‌شود و با حل این معادلات سهم هریک از منابع مختلف به دست می‌آید. در اینجا فرض بر این است که ترکیب و مخلوط شدن خصوصیات منشایاب از منشاهای مختلف به صورت خطی و بر اساس معادله زیر است:

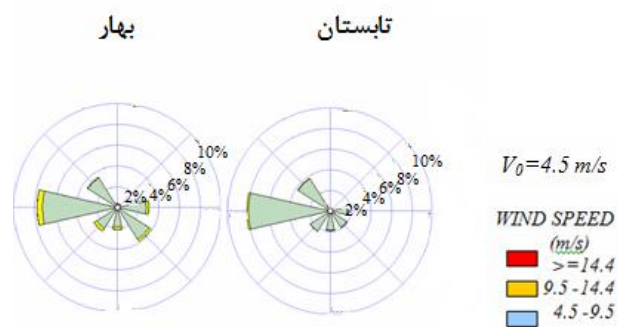
$$\hat{X}_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} b_j \quad [1]$$

در این معادله \hat{X}_i برابر با مقدار برآوردی خصوصیت i ام در منبع رسوب j ام ($i=1,2,\dots,n$) مقدار میانگین خصوصیات i ام در منبع رسوب j ام ($j=1,2,\dots,n$) سهم منابع رسوب j ام، n تعداد منابع رسوب و m تعداد خصوصیات منشایاب است.

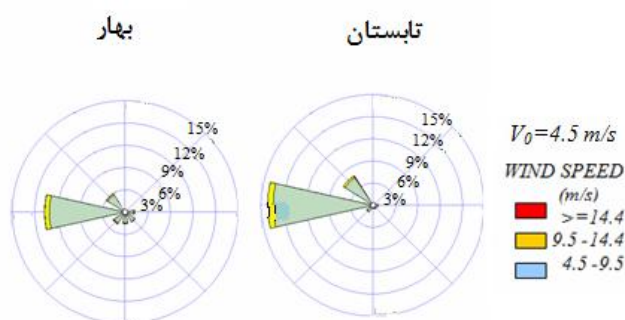
در حل این معادلات دو شرط زیر را باید در نظر گرفت:

۱- مقادیر ضریب سهم هریک از منابع رسوب بایستی بین صفر و یک باشد:

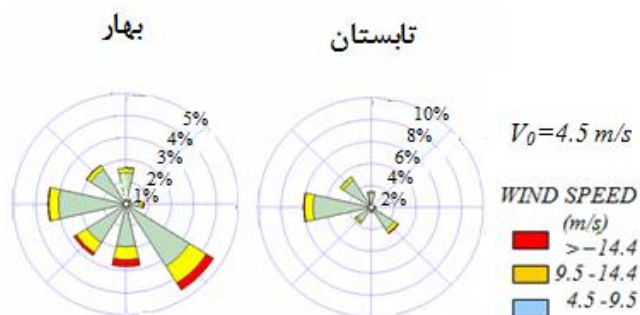
$$0 \leq b_j \leq 1$$



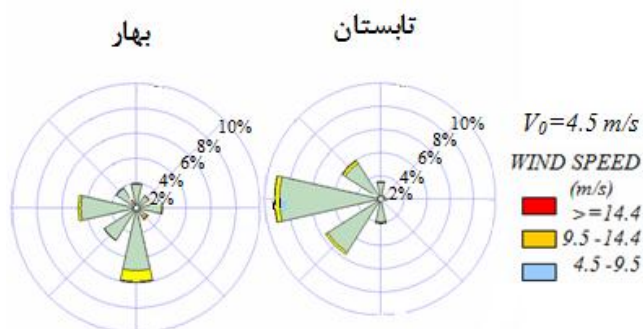
شکل ۲. گل طوفان‌های فصلی (تابستان و بهار) ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه (۱۹۸۶-۲۰۰۶)



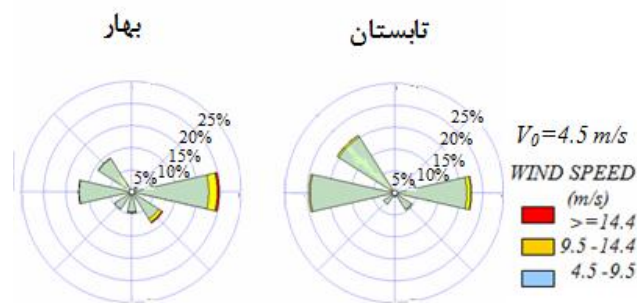
شکل ۳. گل طوفان‌های فصلی (تابستان و بهار) ایستگاه سینوپتیک اسلام آبادغرب (۱۹۸۶-۲۰۰۶)



شکل ۴. گل طوفان‌های فصلی (تابستان و بهار) ایستگاه سینوپتیک سرپل ذهاب (۱۹۸۶-۲۰۰۶)



شکل ۵. گل طوفان‌های فصلی (تابستان و بهار) ایستگاه سینوپتیک قصر شیرین (۲۰۰۵-۲۰۰۹)



شکل ۶. گل طوفان‌های فصلی (تابستان و بهار) ایستگاه سینوپتیک گیلان غرب (۲۰۰۵-۲۰۰۹)

جدول ۲. آماره‌های توصیفی عناصر ردیاب ژئوشیمیایی در نمونه‌های منابع ذرات معلق (خاک) (ppb) و شاخص عامل تورم واریانس (VIF) و آزمون کولموگروف-اسمیرنوف یک‌نمونه‌ای

عناصر ردیاب	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات (%)	حداکثر	حداقل	VIF	k-s	Sig
Cr	۴۱/۸۵	۱/۶	۳/۸	۴۶/۵	۳۸/۴	۱۰/۲	۰/۹	۰/۳۴
Zn	۸۹۶/۳۹	۲۴۴/۷	۲۹/۳	۱۳۸۶/۵	۶۰۵/۶	۳/۵	۲/۳	۰/۰۰
Cu	۱۶۹۹/۲۳	۲۱۹/۸	۱۲/۹	۲۰۰۹/۱	۱۰۹۹/۵	۸/۰۷	۱/۵	۰/۰۱
Pb	۱۱۲۱/۸	۲۲۹/۴	۲۰/۴	۱۵۹۸/۴	۷۹۶/۷	۳/۸	۱/۷	۰/۰۰
Cd	۲۹/۹۷	۵/۳	۱۷/۷	۴۵/۴	۲۳/۰۲	۲/۳	۱/۶	۰/۰۱
K	۲۶۱۶۱۵	۳۶۶۵۳	۱۴/۰۱	۳۵۷۴۰۰	۱۶۷۱۰۰	۲/۷	۰/۹	۰/۳۵
Ca	۱۸۸۹۱۱۴	۱۱۱۴۶۹	۵/۹	۲۰۷۴۸۰۰	۱۵۷۴۰۰۰	۳/۰۲	۱/۲	۰/۰۷
Fe	۱۳۱۱۹/۲۵	۱۸۲۹/۴۸	۱۳/۹	۱۷۲۰۰	۹۰۰۰	۳/۴۳	۰/۹	۰/۳۹
Ni	۲۹۹۸	۷۹۶/۴۸	۲۶/۵	۴۹۷۷/۳	۱۶۵۸/۶	۵/۲۷	۱/۷	۰/۰۰
B	۱۵۰	۱۵/۴۵	۱۰/۳	۱۸۰/۷	۱۲۰/۱۹	۲/۵۶	۰/۸	۰/۵۰
Se	۴۹۸۴/۷	۱۴۱۲/۵۸	۲۸/۳	۸۶۸۴/۰۷	۳۰۳۹/۰۸	۳/۲۲	۲/۰	۰/۰۰
As	۹۸۳۹/۴	۲۷۵۷/۹۷	۲۸/۰۲	۱۶۷۵۷/۲۷	۴۹۳۴/۳	۲/۹۳	۱/۸	۰/۰۰
Mo	۵/۰۶۸	۰/۳۹۸	۷/۸	۵/۸	۳/۸	۲/۲۸	۰/۹	۰/۳۳
V	۷۸۵/۸	۱۰۶/۹	۱۳/۶	۱۱۳۰/۴	۵۰۹/۲	۱/۹۹	۰/۶	۰/۷۳
Co	۱۶۷۳	۱۶۶/۲۷	۹/۹	۲۰۹۵/۶	۱۲۲۲/۲	۱/۴۵	۰/۶	۰/۸۳
P	۲۲۹۵۹/۲۵	۲۶۸۳/۳۴	۱۱/۳	۲۷۲۰۰	۱۵۴۰۰	۵/۹۲	۰/۹	۰/۳۱
Mg	۲۶۳۳۸۴	۵۷۵۲۷/۰۹	۲۱/۸	۳۹۱۱۰۰	۱۷۴۲۰۰	۴/۴۲	۲/۱	۰/۰۰
Na	۵۲۴۴۱۷	۶۵۷۵۶/۶۴	۱۲/۵	۷۱۹۵۰۰	۳۴۹۱۰۰	۱/۴۲	۰/۵	۰/۵۹

است. با توجه به نتایج آزمون کولموگروف-اسمیرنوف داده‌ها از توزیع نرمال برخوردار هستند.

بررسی آماره‌های توصیفی ردیاب‌ها و شاخص عامل تورم واریانس (VIF) و آزمون کولموگروف-اسمیرنوف یک نمونه‌ای از نظر آزمون تجزیه واریانس یک طرفه (جدول ۴) اختلاف میانگین‌های ۹ عنصر (آهن، فسفر، وانادیم، بور، سرب، مس،

عناصر در نمونه‌های منابع ذرات معلق از (کروم) ۳/۸ تا (سلنیوم) ۲۸/۳۳ درصد متغیر است. ضریب تغییرات عناصر در نمونه‌های ذرات معلق (جدول ۳) از ۰/۰۰ (سلنیوم و آرسنیک) تا ۸۹/۲۱ (فسفر) درصد متغیر است. همچنین، براساس نتایج این جدول، شاخص عامل تورم واریانس (VIF) هیچ‌یک از عناصر بیش از ۱۰ نیست. بنابراین، نتایج این شاخص تأیید می‌کند که هیچ‌گونه همبستگی بین عناصر ردیاب وجود نداشته

جدول ۳. آماره‌های توصیفی عناصر ردیاب ژئوشیمیایی در نمونه‌های ذرات معلق (ppb)

عناصر ردیاب	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات (%)	حداکثر	حداقل
Cr	۴۹/۵۸	۲/۶	۵/۲۴	۵۰/۰۰	۳۳/۰۶
Zn	۶۹۱۰/۰۲	۲۰۴۹/۶۸	۲۹/۶۶	۱۲۴۰۰/۰۰	۳۲۰۰/۰۰
Cu	۹۶/۹۹	۳۵/۴۳	۳۶/۵۲	۲۰۵/۶۳	۴۵/۱۹
Pb	۸۹/۷۸	۶۲/۵۹	۶۹/۷۱	۱۸۸/۱۰	۸/۹۵
Cd	۱۹/۷۹	۱/۳۳	۶/۷۲	۲۰/۱۰	۱۱/۴۳
K	۶۱۶۵/۰۰	۱۸۴۱/۸۹	۲۹/۸۷	۱۰۳۰۰/۰۰	۲۱۰۰/۰۰
Ca	۵۲۲۱۰/۰۰	۱۶۸۸۲/۵۱	۳۳/۳۲	۸۴۶۰۰/۰۰	۱۴۳۰۰/۰۰
Fe	۱۶۱۳/۹۵	۷۵۲/۶۵	۴۶/۶۳	۳۸۰۰/۰۰	۷۰۰/۰۰
Ni	۵۹/۵۴	۴۸/۹۶	۸۲/۲۳	۳۶۰/۰۰	۳۱/۲۹
B	۹۳۷/۰۰	۳۰۳۰/۷۱	۳۲/۳۴	۱۵۵۰۰/۰۰	۳۶۰۰/۰۰
Se	۵۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۵۰/۰۰	۵۰/۰۰
As	۵۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۵۰/۰۰	۵۰/۰۰
Mo	۱۹/۹۳	۰/۴۱	۲/۰۵	۲۰/۰	۱۷/۳۷
V	۵۴/۷۵	۱۰/۱۲	۱۸/۴۸	۹۰/۰۰	۵۰/۰۰
Co	۲۱/۹۰	۹/۲۵	۴۲/۲۳	۳۵/۷۹	۴/۸۶
P	۶۷۲/۵۰	۵۹۹/۹۹	۸۹/۲۱	۴۲۰۰/۰۰	۵۰۰/۰۰
Mg	۲۰۶۷/۸۰	۱۶۴۵/۴۷	۷۹/۵۷	۷۶۰۰/۰۰	۳۰۰/۰۰
Na	۱۶۵۰۲/۵۰	۴۳۶۳/۸۰	۲۶/۴۴	۲۵۹۰۰/۰۰	۶۵۰۰/۰۰
Mn	۴۶/۸۶	۲۸/۶۵	۶۱/۱۶	۱۵۰/۰۰	۲۰/۰۰
Al	۱۳۴۹۶/۷۹	۵۲۷۵/۸۷	۳۹/۰۸	۲۳۹۰۰/۰۰	۶۸/۴۷

آماره ویلکس لامدا، معیاری از نسبت اختلاف‌های درون گروهی به اختلاف‌های بین گروهی است. در هر مرحله، متغیری وارد تابع شده که در سطح پنج درصد یا کمتر معنی‌دار بوده و بیشترین فاصله ماهالانوبیس را داشته باشد. عنصر فسفر، اولین و کلسیم، آخرین متغیرهای ورودی هستند. در نتیجه، ترکیب بهینه‌ای که قادر به جداسازی واحدهای زمین‌شناسی باشد، متشکل از چهار عنصر (فسفر، وانادیم، بور و کلسیم) است. بقیه عناصر با داشتن آماره F بیشتر از پنج درصد (برای ورود) و به علت نداشتن توان جداسازی کافی حذف شده‌اند.

پتاسیم، کلسیم و مولیبدن) در سطح ۱۰ درصد معنی‌دار است که بیانگر این مطلب است که عناصر یاد شده، دارای قدرت تفکیک و جداسازی واحدهای زمین‌شناسی می‌باشند. همچنین، براساس این آزمون (جدول ۴) اختلاف میانگین‌های ۱۷ عنصر (پتاسیم، سدیم، کلسیم، فسفر، مس، نیکل، سرب، کادمیم، سلنیوم، روی، آهن، منیزیم، بور، کبالت، آرسنیک، مولیبدن و وانادیم) در سطح معنی‌داری یک درصد و یک عنصر (کروم) در سطح ۱۰ درصد معنی‌دار است که بیانگر این مطلب است که عناصر یاد شده، دارای قدرت تفکیک و جداسازی واحدهای ژئومورفولوژی هستند.

تحلیل تشخیص و انتخاب ترکیب بهینه

واحدهای زمین‌شناسی

جدول (۵) مراحل مختلف اضافه شدن عناصر ردیاب در توابع تشخیص به روش گام‌به‌گام و تأثیر آنها بر توان جداسازی تحلیل تشخیص برای واحدهای زمین‌شناسی را نشان می‌دهد.

واحدهای ژئومورفولوژی

جدول (۶) مراحل مختلف اضافه شدن عناصر ردیاب در توابع تشخیص به روش گام‌به‌گام و تأثیر آنها بر توان جداسازی تحلیل تشخیص برای واحدهای ژئومورفولوژی را نشان

جدول ۴. نتایج آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه برای بررسی توان عناصر در جداسازی واحدهای زمین‌شناسی

و واحدهای ژئومورفولوژی

واحدهای ژئومورفولوژی		واحدهای زمین‌شناسی		عناصر ردیاب
سطح معنی‌داری	آماره F	سطح معنی‌داری	آماره F	
۰/۰۷۸	۱/۴۲	۰/۸۷۱	۰/۴۳۹	Cr
۰/۰۰۰*	۷/۲۴	۰/۲۰۱	۱/۴۹	Zn
۰/۰۰۰*	۱۳/۳۷	۰/۰۰۲*	۴/۰۹	Cu
۰/۰۰۰*	۱۱/۱۳	۰/۰۹۵*	۱/۹۲	Pb
۰/۰۰۰*	۵/۰۷	۰/۷۱۷	۰/۶۴	Cd
۰/۰۰۰*	۴/۸۴	۰/۰۱۶*	۲/۹۲	K
۰/۰۰۰*	۶/۳۷	۰/۰۲۶*	۲/۶۴	Ca
۰/۰۰۰*	۶/۲۹	۰/۰۳۶*	۲/۴۵	Fe
۰/۰۰۰*	۱۱/۹۱	۰/۱۲۵	۱/۷۶	Ni
۰/۰۰۰*	۵/۰۸	۰/۰۰۱*	۴/۵۷	B
۰/۰۰۰*	۲/۸۷	۰/۷۳۶	۰/۶۲	Se
۰/۰۰۰*	۳/۹۵	۰/۲۰۴	۱/۴۸	As
۰/۰۰۰*	۳/۶۱	۰/۰۶۲*	۲/۱۶	Mo
۰/۰۰۰*	۳/۹۱	۰/۰۱۴*	۲/۹۹	V
۰/۰۰۰*	۲/۶۵	۰/۵۲۶	۰/۸۸	Co
۰/۰۰۰*	۱۰/۷۶	۰/۰۰۲*	۴/۱۳	P
۰/۰۰۰*	۹/۹۵	۰/۲۵۶	۱/۳۵	Mg
۰/۰۰۰*	۲/۳۸	۰/۱۷۵	۱/۵۷	Na

* در سطح مورد نظر معنی‌دار است

جدول ۵. گام‌های مختلف ورود عناصر به مدل و تأثیر آنها بر توان جداسازی تحلیل تشخیص واحدهای زمین‌شناسی

گام	اضافه شدن عنصر ردیاب	حداقل مربع فاصله ماهالانویس	ویلکس لامدا	سطح معنی‌داری F
۱	P	۰/۰۱۸	۰/۵۵۰	۰/۰۰۲
۲	V	۰/۰۴۸	۰/۳۴۴	۰/۰۰۰
۳	B	۰/۰۷۱	۰/۲۲۴	۰/۰۰۰
۴	Ca	۰/۰۷۵	۰/۱۲	۰/۰۰۰

گروه‌ها (واحدهای ژئومورفولوژی) شده است. مقادیر مربع فاصله ماهالانویس، ویلکس لامدا در گام اول به ترتیب برابر ۰/۰۰۰، ۰/۴۶۲ بوده و با ورود چهار متغیر به ۰/۶۷۳، ۰/۰۰۰ رسیده است. در نتیجه، ترکیب مناسبی از عناصر که قادر به جداسازی واحدهای ژئومورفولوژی است، متشکل از ۱۱ عنصر موجود در جدول (۶) می‌باشد. بقیه عناصر با داشتن

می‌دهد. با توجه به جدول یاد شده ملاحظه می‌شود، با اضافه شدن هر عنصر مقدار ویلکس لامدا کاهش و سطح معنی‌داری بهتر شده است و در نتیجه توان جداسازی تحلیل و میزان تفکیک بین گروه‌ها افزایش یافته است. عنصر سدیم، اولین و عنصر کلسیم، آخرین متغیرهای ورودی هستند. کاهش ویلکس لامدا و افزایش فاصله ماهالانویس باعث افزایش اختلاف

جدول ۶. گام‌های مختلف ورود عناصر به مدل و تأثیر آنها بر توان جداسازی تحلیل تشخیص واحدهای ژئومورفولوژی

گام	اضافه شدن عنصر ردباب	حداقل مربع فاصله ماهالانویس	ویلکس لامدا	سطح معنی داری F
۱	Na	۰/۰۰۰	۰/۴۶۲	۰/۰۰۰
۲	Cu	۰/۰۱۲	۰/۰۶۸	۰/۰۰۰
۳	Co	۰/۰۶۶	۰/۰۰۹	۰/۰۰۰
۴	Cd	۰/۱۵۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰
۵	As	۰/۲۰۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰
۶	Mo	۰/۵۲۸	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰
۷	Pb	۰/۸۹۶	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
۸	K	۰/۹۳۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
۹	Ni	۰/۹۶۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
۱۰	Mg	۰/۶۷۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
۱۱	Ca	۰/۶۷۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰

جدول ۷. سهم واحدهای زمین‌شناسی در تولید ذرات معلق

واحد زمین‌شناسی	درصد مساحت تحت پوشش	سهم کل (درصد)	موقعیت واحد
UF (مارن قرمز و ماسه‌سنگ)	۱۲/۶۹	۱۰۰	قصرشیرین و تا حدودی گیلان غرب

جدول ۸. سهم واحدهای ژئومورفولوژی در تولید ذرات معلق

واحد ژئومورفولوژی	درصد مساحت تحت پوشش	سهم کل (درصد)	موقعیت واحد
۲	۵/۳۶	۱۰۰	قصرشیرین

آماره F در سطح معنی داری بیشتر از پنج درصد برای ورود و نشان‌دهنده دقت پایین مدل است. به‌علت نداشتن توان جداسازی کافی حذف شده‌اند.

واحدهای ژئومورفولوژی

براساس جدول (۸)، واحد دو (با ارتفاع ۱۴۰۰-۰، شیب ۵-۰ درصد، جهت flat و سنگ‌شناسی UF (مارل قرمز و ماسه‌سنگ)) سهم اصلی را در تولید ذرات معلق به‌خود اختصاص داده است. این واحد در منطقه قصرشیرین واقع شده است. مجموع خطای نسبی برای مدل ۵۰۶/۸۵ به‌دست آمده است. این مقدار خطا نشان‌دهنده دقت پایین مدل است.

بحث

براساس نتایج حاصل از این مطالعه، ترکیب بهینه برای

تعیین سهم هریک از منابع در تولید ذرات معلق

واحدهای زمین‌شناسی

همان‌طورکه در ستون سوم جدول (۷) ملاحظه می‌شود، تنها سازند UF که ویژگی سنگ‌شناسی آن، مارن قرمز و ماسه سنگ است، در تولید ذرات معلق سهم دارد که در شهرستان قصرشیرین واقع شده است. بقیه واحدها یا سازندها، با توجه به اینکه سهم آنها برابر صفر شده است، بنابراین این واحدها یا سازندها نقشی در تولید ذرات معلق ندارند. مجموع خطای نسبی برای مدل ۷۳/۱۳ به‌دست آمده است. این مقدار خطا

کردند که تشابه در الگوی توزیع ذرات گردوغبار و الگوی توزیع ذرات در برخی خاک‌های محلی، حاکی از آن است که بخشی از ذرات ترسیب‌یافته دارای منشا محلی است. در مقابل در دوره‌های با وقوع گردوغبار سهم منابع خارجی مانند مناطق بیابانی در کشور عراق در تولید ذرات گردوغبار افزایش می‌یابد. از آنجا که پوشش گیاهی این منطقه پست و کم ارتفاع با آب و هوای خشک و گرم، مراتع قشلاقی کم‌تراکم می‌باشد که در فصول سرد از اول آذر تا اواسط فروردین منطقه را تحت پوشش خود قرار داده‌اند و در سایر فصول این منطقه خشک و بدون پوشش است، بنابراین به دلیل نداشتن پوشش سطحی در مواقع وزش بادهای فرسایش‌زا (در بهار و تابستان بیش از ۲۰ درصد بادهای فرساینده هستند) و عدم وجود بادشکن، این منطقه می‌تواند در تولید این ذرات با منشا محلی سهم داشته باشد. براساس مطالعه نظری و همکاران (۲۰) کمبود بارندگی و رطوبت هوا، الگوهای فصلی باد می‌توانند شرایط آلودگی PM_{10} به‌ویژه در فصول گرم سال را در کرمانشاه ایجاد کرده باشند.

در نهایت می‌توان بیان کرد که روش منشایی در تعیین تفکیک سهم واحدهای زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی قانع‌کننده بوده است، ولی خطای نسبی مدل بالا است، این امر را می‌توان به عدم در نظر گرفتن ضرایب اصلاحی، جداسازی ذرات کوچکتر از ۶۳ میکرون و تعداد کم ردیاب‌های استخراج شده نسبت به واحدها در آنالیز تشخیص نسبت داد.

نتیجه‌گیری

براساس روش منشایی، سازند UF (مارن قرمز و ماسه سنگ) با حساسیت بالا نسبت به فرسایش، سهم کمی را در تولید این ذرات داشته است. همچنین، با توجه به اینکه مناطق مارنی در سایر مناطق استان همانند کرمانشاه و اسلام‌آبادغرب با اقلیم نیمه‌خشک و مدیترانه‌ای و با پوششی از جنگل (۵/۵ درصد)، مرتع (۹/۱ درصد) و اراضی زراعی (۱۵/۱ درصد) یافت می‌شوند که در تولید این ذرات نقشی نداشته‌اند. بنابراین پیشنهاد می‌شود با ایجاد پوشش گیاهی مناسب و دیگر اقدامات

جداسازی واحدهای زمین‌شناسی، شامل چهار عنصر (بور، کلسیم، فسفر و وانادیم) است. بنابراین می‌توان از ترکیب یاد شده، برای تعیین سهم انواع واحدهای زمین‌شناسی موجود در منطقه مورد مطالعه استفاده نمود. در مطالعه تیموریان و همکاران (۵) عنصر فسفر به‌منظور تفکیک منابع رسوب مناسب شناخته شده است. عباسی و همکاران (۱۱) براساس تحلیل تشخیص عناصری همانند فسفر و کلسیم را به‌عنوان ترکیب بهینه انتخاب کردند. همچنین، مناسب‌ترین ترکیب برای واحدهای ژئومورفولوژی متشکل از ۱۱ عنصر (سرب، آرسنیک، کادمیم، مس، سدیم، کبالت، مولیبدن، کلسیم، منیزیم، نیکل، پتاسیم) است. بنابراین، می‌توان از این ترکیب برای تعیین سهم انواع واحدهای ژئومورفولوژی در منطقه مورد مطالعه استفاده کرد. در مطالعه نجفی و صادقی (۱۸) عناصری همانند آرسنیک، مس و کبالت به‌عنوان ترکیب بهینه شناخته شده‌اند. فیض‌نیا و همکاران (۱۴) با بهره‌گیری از روش تحلیل تشخیص دو ردیاب کادمیم و کبالت را به‌عنوان ترکیب مناسب انتخاب کردند. با توجه به جدول (۶)، از نظر سهم واحدهای زمین‌شناسی، سازند UF (مارن قرمز و ماسه‌سنگ) سهم اصلی در تولید ذرات معلق را دارد که این سازند در شهرستان قصرشیرین واقع شده است. از نظر سهم واحدهای ژئومورفولوژی، واحد دو (با ارتفاع ۱۴۰۰-۵، شیب ۵- درصد، جهت flat و سنگ‌شناسی UF (مارل قرمز و ماسه‌سنگ) سهم اصلی در تولید ذرات معلق را به‌خود اختصاص داده است که این واحد در شهرستان قصرشیرین واقع شده است. این واحد فقط پنج درصد از مساحت منطقه مورد مطالعه را به‌خود اختصاص داده است. بنابراین، با در نظر گرفتن حجم بالای ورودی ذرات معلق به غرب کشور و مساحت کم واحد مؤثر در تولید ذرات معلق در استان کرمانشاه، می‌توان بیان کرد که علاوه‌بر این واحد، کشورهای همسایه در تولید این ذرات نقش مهمی را ایفا می‌کنند. با توجه به نقشه تکتونیک خاورمیانه، این واحد از نظر ویژگی زمین‌شناسی با زمین‌شناسی کشورهای همسایه عراق، سوریه و اردن مشابهت دارد. بیت‌لفته و همکاران (۴) بیان

عملی از فرسایش خاک در مناطق مستعد به فرسایش و صعود این ذرات به جو جلوگیری شود. همچنین، پیشنهاد می‌شود به دلیل مشابهت این واحد با واحدهای مؤثر در تولید این ذرات در کشورهای همسایه و عدم امکان مطالعه در زمینه روش‌های کنترلی مناسب در این مناطق، به منظور جلوگیری از فرسایش خاک، از این واحد برای مطالعه بیشتر جهت رفع مشکل ریزگردها و ارائه اقدامات عملی مناسب در این کشورها استفاده شود.

منابع مورد استفاده

۱. اختصاصی، م. ۱۳۸۳. بررسی مورفومتری و مورفودینامیک رخساره‌های فرسایش بادی دشت یزد- اردکان و تعیین شاخص‌های این فرآیند جهت کاربرد در مدل‌های ارزیابی بیابان‌زایی. پایان نامه‌دکتری آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
۲. اختصاصی، م. ر.، ح. احمدی، ن. داغستانی، ع. خلیلی و س. فیض‌نیا. ۱۳۷۵. شناسایی منشأ تپه‌های ماسه‌ای دشت اردکان یزد. مؤسسه تحقیقاتی سازمان جنگل‌ها و مراتع. ایران.
۳. اداره کل تحقیقات کاربردی هواشناسی استان کرمانشاه. ۱۳۸۹. گزارش نهایی طبقه‌بندی اقلیم کرمانشاه.
۴. بیت لفته، ر.، ا. لندی، س. حاجتی و غ. صیاد. ۱۳۹۲. نرخ ترسیب، کانی‌شناسی و الگوی توزیع اندازه ذرات گردوغبار در اطراف تالاب هورالعظیم در استان خوزستان. نشریه آب و خاک ۲۹(۳): ۷۰۷-۶۹۵.
۵. تیموریان، ت. س. فیض‌نیا، د. سیدعلی‌خانی و ح. صمدی ارقینی. ۱۳۹۴. ارزیابی حساسیت به فرسایش حوزه آبخیز فشنند با استفاده از روش‌های کانی‌شناسی و ژئوشیمیایی. فصلنامه پژوهش‌های فرسایش محیطی ۳(۱۱): ۲۷-۳۸.
۶. جمشیدی، ا.، ک. کریم‌زاده و ع. رایگان شیرازی. ۱۳۸۵. بررسی میزان آلودگی ذرات معلق در هوای شهر گچساران در سال ۱۳۸۴. مجله ارمغان دانش دوره ۱۲(۲): ۹۷-۸۹.
۷. حکیم‌خانی، ش. و ح. احمدی. ۱۳۸۶. تعیین زیرحوزه‌ها در تولید رسوب با استفاده از روش ردیابی رسوب (حوزه مارگان، پل دشت ماکو). علوم کشاورزی و منابع طبیعی ۱۵: ۲۰۵-۱۸۱.
۸. حکیم‌خانی، ش.، ح. احمدی و ج. غیومیان. ۱۳۸۷. تعیین سهم فرسایش‌های سطحی و زیرسطحی در تولید رسوب با استفاده از روش منشایی در حوزه آبخیز مرگن - ماکو. مجله علوم آب و خاک ۱۹(۱): ۹۶-۸۳.
۹. زارع‌چاهوکی، م. ع. ۱۳۹۳. تجزیه و تحلیل داده‌ها در پژوهش‌های منابع طبیعی با نرم‌افزار SPSS، چاپ اول، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد تهران، تهران.
۱۰. طائی سمیرمی، س.، ح. ر. مرادی، م. خداقلی و م. احمدی آخوومه. ۱۳۹۲. شناخت و بررسی عوامل مؤثر بر پدیده گردوغبار در غرب ایران. فصلنامه انسان و محیط زیست ۲۷: ۱۰-۲.
۱۱. عباسی، م.، س. فیض‌نیا، ح. احمدی و ی. کاظمی. ۱۳۸۹. منشایی رسوبات بادی نیاتک با استفاده از ردیابی ژئوشیمی. خشک بوم ۱(۱): ۴۳-۳۴.
۱۲. عطایی، ه. و ف. احمدی. ۱۳۸۹. بررسی گردوغبار به‌عنوان یکی از معضلات زیست‌محیطی جهان اسلام (مطالعه موردی: استان خوزستان). مجموعه مقالات چهارمین کنگره بین‌المللی جغرافیدانان جهان اسلام. زاهدان. ایران. ۱۹-۱.
۱۳. فرجی، م.، ح. احمدی، م. ر. اختصاصی، م. جعفری و س. فیض‌نیا. ۱۳۹۰. تعیین سهم و اهمیت نسبی رخساره‌های ژئومورفولوژی در تولید رسوبات تپه‌های ماسه‌ای منطقه مارون- ملاثانی استان خوزستان. مرتع و آبخیزداری ۶۸(۲): ۲۱۷-۱۹۹.
۱۴. فیض‌نیا، س.، ف. پورطیب، ح. احمدی و ک. شیرانی. ۱۳۹۴. منشایی رسوبات بادی حاشیه پلایای گاوخانی با استفاده از روش

ژئوشیمی. نشریه مرتع و بیابان ایران ۲۲(۳): ۶۹۵-۷۱۰.

۱۵. فیض‌نیا، س. ۱۳۸۷. رسوب‌شناسی کاربردی با تاکید بر فرسایش خاک و تولید رسوب. انتشارات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۵۸-۱۵۹.

۱۶. کوهپایما، ا. ۱۳۸۷. بررسی رسوبات پشت سازه های آبخیزداری و رابطه آن با خصوصیات حوزه آبخیز (مطالعه موردی: استان سمنان). پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی آبخیزداری. دانشکده منابع طبیعی و کشاورزی. دانشگاه تهران.

۱۷. لیلی، م.، ک. ندافی، م.، یونسیان، ع. مصداقی‌نیا و ش. نظم‌آرا. ۱۳۸۸. غلظت ذرات معلق و شاخص کیفیت هوا (AQI) در محدوده مرکزی شهر تهران. مجله دانشکده بهداشت و انستیتو تحقیقات بهداشتی ۷(۱): ۶۷-۵۷.

۱۸. نجفی، س. و ح. ر. صادقی. ۱۳۹۲. تعیین سهم منابع رسوب از طریق مقایسه نتایج روش‌های تهیه نقشه سیمای فرسایش. انگشت‌نگاری و اندازه‌گیری میدانی. نشریه مهندسی و مدیریت آبخیز ۵(۳): ۱۶۵-۱۷۸.

۱۹. ندافی، ک.، م. احرامپوش، و. جعفری، ک. ندافی و م. یونسیان. ۱۳۸۷. بررسی کل ذرات معلق و ترکیب مواد تشکیل دهنده آن در منطقه مرکزی شهر یزد. مجله دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد ۱۶(۴): ۲۱-۲۵.

۲۰. نظری، ز.، ن. خراسانی، س. فیض‌نیا و م. کرمی. ۱۳۹۲. بررسی تغییرات زمانی غلظت PM₁₀ و تأثیر پارامترهای هواشناسی بر آن طی سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۸۴. نشریه محیط زیست طبیعی ۶۶(۱): ۱۱۱-۱۰۱.

21. Cao, J., Zh. Shen, C. J. Chow, G. Qi and G. J. Watson. 2009. Seasonal variations and sources of mass and chemical composition for PM₁₀ aerosol in Hangzhou, China. *Particuology* 7: 161-168.
22. Chappel, A. and A. Warren. 2003. Spatial scales of ¹³⁷Cs- derived soil flux by winina 25 km² arable area of eastern England. *Elsevier* 52: 209-234.
23. Collins, A. L., D. E. Walling and G. J. L. Leeks. 1997. Source type ascription for fluvial suspended sediment based on a quantitative composite fingerprinting technique. *Catena* 29: 1-27.
24. Collins, A. L., D. E. Walling. 2004. Documenting catchment suspended sediment sources: problems, approaches and prospects. *Phys. Geogr.* 28: 159-196.
25. Loughran, R. J., B. L. Campbell. 1995. The identification of catchment sediment sources. PP: 189-205. *In*: I. D. L. Foster, A. M. Gumell and B. W. Webb (Eds.), *Sediment and Water Quality in River Catchments*. Wiley, Chichester.
26. Ping, Y., D. Zhibao, D. Guangrong, Y. Xinbaos and Z. Yun. 2001. Preliminary results of using ¹³⁷Cs testily wind erosion in the Qing hai-Tibext plateau. *Arid Environ.* 47: 443-452.
27. Walling, D. E. 2005. Tracing suspended sediment sources in catchments and river systems. *Sci. of the Total Environ.* 344: 159-184.
28. Walling, D. E., P. N. Owens and G. J. L. Leeks. 1999. Fingerprinting suspended sediment sources in the catchment of the River Ouse, Yorkshire, UK. *Hydrol. Process.* 13: 955-975.

Source Identification of Aerosols in Atmosphere Using Geochemical Properties of Tracer Elements (The Case Study Area: City of Kermanshah)

Z. Nazari^{1*}, N. Khorasani¹, S. Feiznia² and M. Karami¹

(Received: March 6-2017; Accepted: May 15-2017)

Abstract

The purpose of this research was source identification of aerosols in atmosphere using geochemical properties in the city of Kermanshah. The concentrations of twenty elements consisting of K, Na, Ca, P, Cu, Ni, Pb, Cd, Se, Zn, Fe, Mg, B, Cr, Co, As, Mo, V were analyzed by ICP for 55 soil samples (in the height range of 600-1600m) and 41 aerosols samples. Source identification of aerosols using geochemical tracers was performed in two steps. In the first step, appropriate combination of tracer elements with high ability in the resolution of aerosol sources was chosen using the means comparison test and discriminate analysis. In the second step, the multivariate mixing model was used to determine the contribution of aerosol sources (geological and geomorphology types) to the production of aerosols in the study area. The results obtained from determination of the contributions of sources of aerosols (geological and geomorphological types) showed the UF formation (consisting of red marl and sandstone), with the height of 0-1400 mand the slope of 0-5%, could be regarded as the main contributor to the production of aerosols located in the city of Qasreshirin.

Keywords: Climate; PM₁₀; Contribution; Multivariate mixing model; Natural sources.

1. Dept. of Environ. Sci., College of Agric. and Natural Resour., Univ. of Tehran, Tehran, Iran.

2. Dept. of Reclamat. of Arid and Mountain. Regions, College of Agric. and Natural Resour., Univ. of Tehran, Tehran, Iran.

*: Corresponding Author, nazarizeinab4@gmail.com