

تعیین سهم عرصه‌های بیابانی در تولید غبار ریزشی با استفاده از روش منشأیابی (مطالعه موردی: یزد)

میتراالسادات اسمعیل‌زاده حسینی^{۱*}، حمیدرضا عظیم‌زاده^۲، محمدرضا اختصاصی^۳، حمید سودایی‌زاده^۴

۱. کارشناسی ارشد محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد

hazimzadeh@yazd.ac.ir

۲. دانشیار گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد

mr_ekhtesasi@yazd.ac.ir

۳. استاد گروه آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد

hsodaei@yazd.ac.ir

۴. استادیار گروه مدیریت بیابان، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۴/۱/۲۵

تاریخ وصول مقاله: ۹۲/۱۲/۱۷

چکیده

در دهه‌های اخیر پدیده گرد و غبار به یکی از نگرانی‌های بزرگ در محیط‌زیست تبدیل شده است. نخستین گام برای مقابله با غبار ریزشی در محیط شهری شناسایی منشأ آن است. در این تحقیق سعی شده است که سهم رخصاره‌های دشت یزد- اردکان شامل عرصه‌های شوره‌زار، کلوتهک و یاردانگ، تپه‌ماهورهای نئوژن، دشت‌سر اپانداز و رسوبات آبی آن به‌منزله منابع برون‌شهری غبار ریزشی با استفاده از روش منشأیابی تعیین شود. نمونه‌برداری در دو مرحله صورت گرفت: ۱. نمونه‌برداری از خاک سطحی عرصه‌های مذکور در دشت یزد- اردکان و ۲. نمونه‌برداری از غبار ریزشی بر سطح یزد در ۳۳ ایستگاه با نصب تله رسوب‌گیر تیله‌ای. به منظور تعیین عناصر ردیاب، غلظت عناصر سنگین با استفاده از دستگاه جذب اتمی شعله‌ای قرائت شد. برای مشخص کردن ترکیب بهینه از عناصر ردیاب در آنالیز تشخیص از روش گام به گام استفاده شد. نتایج مدل چندمتغیره ترکیبی و روش بهینه‌سازی نشان داد که سهم رخصاره‌های شوره‌زار- کلوتهک و یاردانگ و تپه‌ماهورهای نئوژن- دشت‌سر اپانداز به ترتیب برابر با ۹۹/۹ و ۰/۱ درصد است. ارزیابی مدل مذکور نشان‌دهنده ضریب کارایی بالای مدل و خطای نسبی پایین است. نتایج این مدل با مشاهدات صحرائی در منطقه مورد مطالعه کاملاً هم‌خوانی دارد.

کلیدواژه

انگشت‌نگاری، گرد و غبار، عناصر ردیاب.

۱. سرآغاز

یک نگرانی تبدیل شده است (Gossens and Buck, 2009). این آثار ممکن است تا فاصله ۴۰۰۰ کیلومتری از منبع اصلی تداوم داشته باشد و سبب بروز آثار نامطلوب زیستی و بروز خسارات فراوان در زمینه‌های کشاورزی، صنعتی، حمل و نقل و سیستم‌های مخابراتی شود (Ebadat, 2010). علاوه بر آن ته‌نشینی بسیاری از عناصر گرد و غبارها ممکن است به نهشت‌نمک‌های قابل حل در خاک منجر شود و نمک‌زایی گسترده‌ای ایجاد کند (Wang, et al, 2009; Schroeder, 1985). گرد و غبار نقش مهمی

پدیده ریزگردها، گرد و غباری است که مسافت وسیعی را می‌پوشاند و از مناطق خشک و نیمه‌خشک سرچشمه می‌گیرد (Zhao and Zhao, 2006; Sun, et al, 2011). در واقع ایجاد گرد و غبار می‌تواند نوعی واکنش به تغییر پوشش گیاهی زمین باشد که در این زمینه نقش فعالیت‌های انسانی را در کنار شرایط طبیعی محیط‌های جغرافیایی نباید از نظر دور داشت. آثار زیست‌محیطی انتشار، انتقال و رسوب گرد و غبار از اوایل دهه ۱۹۹۰ به

(نگارش و فلاحیان، ۱۳۸۹). از کانون‌های بحرانی فرسایش بادی دشت یزد- اردکان می‌توان به عرصه‌های شورزار، دشت سر اپانداژ و رسوبات آبی آن، کلوتک و یاردانگ، تپه‌ماهورهای نئوژن اشاره کرد (اختصاصی و همکاران، ۱۳۷۵). شناخت مراحل به‌وقوع‌پیوستن فرسایش بادی در منطقه و بررسی بهترین زمان و محل مبارزه و چگونگی مقابله با فرسایش بادی از اهمیت شایان توجهی برخوردار است. در این راستا شناخت منشأهای مختلفی که ذرات خام از آنجا حرکت می‌کنند گامی اصولی خواهد بود و به جای انجام عملیات گسترده و با هزینه بالا می‌توان با شناخت منشأ غبار ریزشی و اولویت‌بندی آن‌ها مبارزه را در یک سطح محدود و با هزینه کمتر و تأثیر بیشتر انجام داد (فرجی و همکاران، ۱۳۸۶).

در تعیین منابع رسوب به دلیل وجود مشکلات زیاد در کاربرد روش‌های سنتی، روش انگشت‌نگاری، ردیابی یا به عبارتی منشأیابی که بر استفاده از خصوصیات رسوب متکی است به‌منزله روشی جایگزین و مناسب مورد توجه محققان مختلف قرار گرفته است. طی بیش از دو دهه گذشته و از زمان کارهای اولیه نظیر تحقیقات Wilding و Wall در سال ۱۹۷۹، Oldfield و همکاران (۱۹۷۹) و Walling و همکاران (۱۹۷۹) کارایی روش منشأیابی یا انگشت‌نگاری به‌منزله روشی موفق و مؤثر برای تعیین منابع رسوب به اثبات رسیده است. مهم‌ترین اصل این روش آن است که منابع مختلف رسوب با استفاده از تعدادی خصوصیات شیمیایی، فیزیکی و آلی قابل شناسایی و تشخیص است و با مقایسه این خصوصیات با همان خصوصیات در نمونه‌های رسوب می‌توان سهم و اهمیت نسبی منابع رسوب را در تولید رسوب به دست آورد. این روش فاقد بسیاری از مشکلات روش‌های سنتی (از جمله بررسی‌های چشمی منابع رسوب از طریق عکس‌ها و تصاویر ماهواره‌ای و مشاهدات صحرائی و بررسی مورفوسکوپی و دانه‌بندی رسوبات) است. از مهم‌ترین

در انتقال آلاینده‌های زیست‌محیطی بر عهده دارد به ویژه آن‌هایی که نوسانات اندک و حلالیت آبی پایینی دارند و چسبیده به ذرات خاک باقی می‌مانند (اکبری، ۱۳۹۰). مطالعاتی که در خصوص فراوانی روزهای گرد و غباری کشور شکل گرفته است نشان می‌دهد که چاله‌های مرکزی ایران بیشترین تعداد روزهای گرد و غباری را دارند (علیچانی، ۱۳۷۶). فراوانی ذرات گرد و غبار در جو علاوه بر شدت، سرعت باد و خشکی ذرات خاک به اندازه و قطر ذرات نیز بستگی دارد (ذوالفقاری و عابدزاده، ۱۳۸۴).

غبار ریزشی نوعی از آلاینده‌های اولیه هواست که ترکیب آن پیچیده و در اکثر موارد ثابت نیست و غلظت فلزات سنگین در آن بسیار متغیر است. غبارها به ترکیبات ذره‌ای معلق در هوا گفته می‌شوند که از منابع مختلف زمینی و انسان‌ساز به وجود می‌آیند و پس از گذشت زمان با توجه به اندازه و چگالی‌شان مجدداً روی سطح زمین فرو می‌نشینند (سلمان‌زاده و همکاران، ۱۳۹۰). عمده مناطق منشأ گرد و غبار در خاورمیانه و جنوب‌غربی آسیا، شبه‌جزیره عربستان و بیابان‌های اطراف آن است که بیشتر فعالیت آن‌ها طی دوره آوریل تا جولای است (Gossens and Rajort, 2008). به طور کلی خاک‌های مناطق خشک در مقابل عوامل فرساینده به دلیل کمبود مواد آلی و کلونیدی آسیب‌پذیرند، از این رو در اکثر شهرهای مستقر در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران مهم‌ترین منبع طبیعی آلودگی هوا گرد و غبار است (عظیم‌زاده و همکاران، ۱۳۸۹). تأثیر اصلی در سایت‌های منشأ گرد و غبار از طریق فرسایش بادی به وجود می‌آید، جایی که سطح خاک و رسوبات (آبرفتی و پلایا) به وسیله باد جابه‌جا و در نهایت سبب نمونه‌ای از تخریب در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌شود (Tanish, 2009).

استان یزد با بیش از ۵۰ درصد مساحت بیابانی و ماسه‌زار در دشت سرپوشیده یزد- اردکان واقع است، بنابراین همواره در معرض فرسایش بادی و مشکلات ناشی از آن به ویژه توفان‌های گرد و غبار قرار دارد

از طریق مقایسه ترکیب عناصر سنگین در غبار ریزشی یزد با خاک سطحی دشت یزد- اردکان و تعیین عناصر ردیاب منابع غبار ریزشی است.

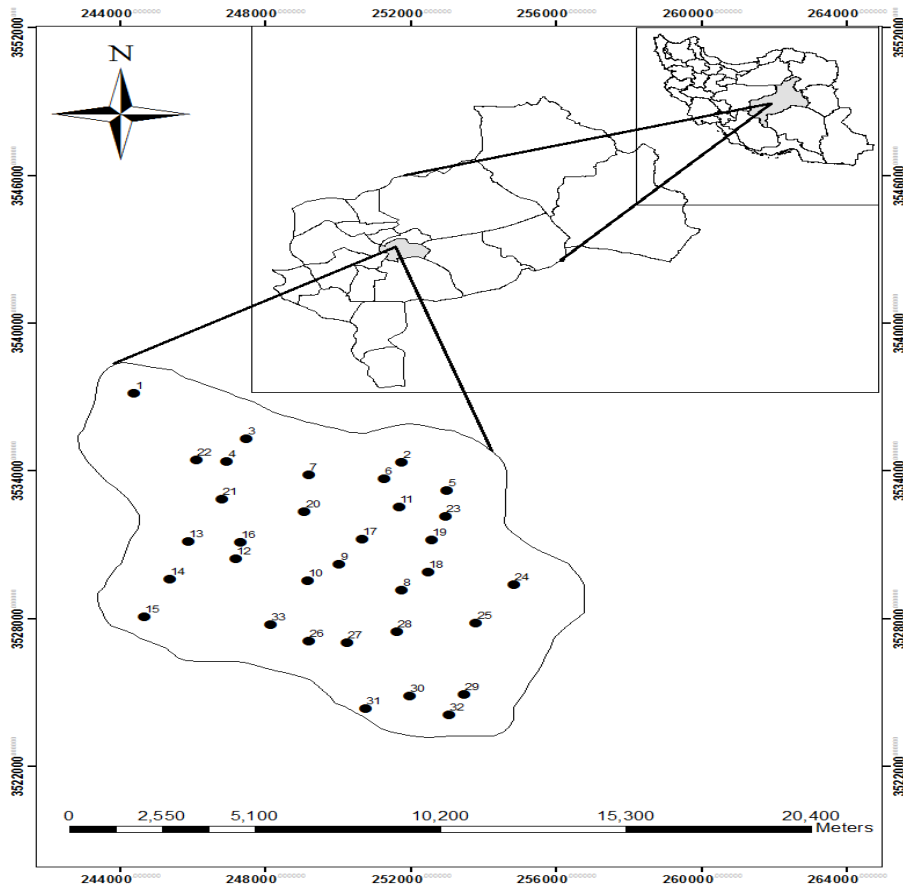
۲. مواد و روش‌ها

۱.۲. معرفی منطقه مورد مطالعه

در مطالعه حاضر یزد، پرجمعیت‌ترین شهرستان و مرکز استان یزد با وسعتی بالغ بر ۱۳۶/۳۷ کیلومتر مربع به منظور نمونه برداری غبار ریزشی و با توجه به اینکه دشت یزد- اردکان کانون بحرانی فرسایش بادی یزد (اختصاصی و همکاران، ۱۳۷۵) است. این دشت به منزله منشأ برون‌شهری غبار انتخاب شد (شکل ۱). استان یزد با اقلیم خشک فرا سرد در مختصات "۳' ۲۲' ۵۴° شرقی و " ۵۰' ۵۳' ۳۱° شمالی در دشت سرپوشیده دشت یزد اردکان واقع شده است. حوزه دشت یزد- اردکان با مساحتی بالغ بر ۱۵۹۵۰/۷ کیلومتر مربع، در بخش شمالی استان یزد قرار دارد و در حدود ۲۴/۹ درصد از مساحت کل استان را شامل می‌شود. جهت باد غالب در شش ماه از سال (بهار و تابستان) شمال‌غربی و در چهار ماه (آبان تا بهمن) جنوب‌شرقی و در اسفند و مهر غربی است. طبق اطلاعات هواشناسی میانگین دمای سالیانه ۱۹/۱ درجه سانتی‌گراد، میانگین رطوبت نسبی ۳۱ درصد، مجموع بارندگی سالیانه ۶۰/۸ میلی‌متر، تعداد روزهای با طوفان تندی ۳/۷، تعداد روزهای با طوفان گرد و خاک ۶۲/۵، تعداد روزهای با دید کمتر از دو کیلومتر ۱۵، میانگین سرعت باد ۵/۱ نات، سرعت باد غالب ۸/۸ کیلومتر و درصد باد غالب ۱۵/۲ است. بر اساس آخرین سرشماری در سال ۱۳۹۰ جمعیت این شهرستان ۵۸۲۶۸۲ نفر است. با توجه به شرایط جغرافیایی و اقلیمی، رشد شهرنشینی و گرایش به صنعت این شهرستان از لحاظ بررسی وضعیت گرد و غبار حائز اهمیت است.

مزایای این روش می‌تواند به سرعت زیاد، اقتصادی بودن و توانایی لازم در به دست آوردن اطلاعات درباره نوع منابع رسوب و موقعیت مکانی منابع رسوب 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 (حکیم‌خانی و همکاران، ۱۳۸۶؛ فرجی و همکاران، ۱۳۸۶). بررسی منابع موجود نشان داد که مطالعات فراوانی به منظور شناسایی منابع تولید گرد و غبار با استفاده از روش انگشت‌نگاری انجام شده است (Feng, et al, 2014؛ Techer, et al, 2014؛ Hahnenberger, Yan, et al, 2014؛ Zaizen, et al, 2014؛ Lyngsie, et al, 2011؛ Cheng and Hu, 2009؛ et al, 2014؛ Epko and Lamount, 2005؛ Wang, et al, 2009؛ Ujvari, et al, Ferrat, et al, 2011؛ Nakano, et al, 2005). (2010)

به طور کلی بررسی منابع موجود نشان داد اگرچه در مطالعات انجام‌شده در خارج از کشور استفاده از روش انگشت‌نگاری در شناسایی منشأ رسوبات و گرد و غبار متداول است، تحقیقی با عنوان پژوهش حاضر در داخل کشور انجام نشده است. تنها در یک مورد مشابه منشأیابی گرد و غبار خوزستان با استفاده از ترکیب ایزوتوپی سرب بررسی شده است. اکثر مطالعات داخلی در زمینه گرد و غبار به مواردی از جمله آلودگی فلزات سنگین، بررسی توفان‌های گرد و غبار، نقش پارامترهای هواشناسی روی این پدیده و منشأیابی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای پرداخته است. استفاده از روش ردیابی در داخل کشور فقط محدود به مطالعات رسوبات آبی و بادی است. بنابراین، تعیین منشأ غبار ریزشی یزد به روش آنالیز تشخیص در این مطالعه گامی مؤثر به منظور معرفی و تأیید کارایی روش انگشت‌نگاری برای شناسایی منابع تولیدکننده گرد و غبار در سطح کشور است. هدف از انجام این مطالعه شناسایی منشأ برون‌شهری غبار یزد به روش انگشت‌نگاری



شکل ۱. منطقه مورد مطالعه و محل قرارگیری محل‌های نمونه‌برداری غبار ریزشی

۲.۲. نمونه‌برداری

در مرحله اول به منظور انتخاب ایستگاه‌های نمونه‌برداری در سطح شهر شبکه‌ای روی نقشه یزد ایجاد، سپس از داخل هر سلول شبکه یک ایستگاه به صورت تصادفی انتخاب شد. در مجموع ۳۳ ایستگاه در نظر گرفته شد، به گونه‌ای که کل سطح شهر در پوشش این نمونه‌برداری قرار گرفت. برای جمع‌آوری غبار در هر ایستگاه روی پشت‌بام ساختمان‌های یک طبقه با ارتفاع تقریبی چهار متر تله رسوب‌گیر تیله‌ای (MDCO)^۱ نصب شد. تله‌های استفاده‌شده در این پژوهش شامل یک ظرف پلاستیکی با قطر ۲۶ سانتی‌متر و عمق یک سانتی‌متر است که درون ظرف یک فیلتر شیشه‌ای شامل سه ردیف گوی شیشه‌ای با قطر استاندارد ۱/۶ سانتی‌متر قرار گرفته است. در مرحله بعد نمونه‌بردار مذکور روی پشت‌بام ساختمان‌های یک طبقه با ارتفاع تقریبی چهار متر قرار گرفت که به منظور جمع‌آوری دقیق غبار ریزشی و ممانعت

از ورود خاک کف بام محل نمونه‌برداری به داخل ظرف نمونه‌بردار، MDCO در یک ارتفاع مشخص ۱/۵ متری روی پشت‌بام قرار داده شد.

نمونه‌برداری به مدت شش ماه از ابتدای دی‌ماه ۱۳۹۱ تا پایان خرداد ۱۳۹۲ صورت گرفت. در پایان هر ماه غبار به‌دام‌افتاده در تله‌ها به دقت جمع‌آوری و توزین شد. برای منشأیابی غبار ریزشی بر سطح یزد با بررسی منابع موجود شناسایی عرصه‌های احتمالی منشأ غبار در دشت یزد- اردکان صورت گرفت. این عرصه‌ها شامل شوره‌زار، دشت‌سر اپانداز، رسوبات آبی دشت‌سر اپانداز، تپه‌ماهورهای نوژن، کلوتک و یاردانگ است. سپس، از هر عرصه با ۳-۸ تکرار نمونه‌برداری از خاک سطحی تا عمق ۵ سانتی‌متری با ایجاد پلات ۲۰ در ۲۰ سانتی‌متر انجام شد. مشخصات عرصه‌های نمونه‌برداری دشت یزد- اردکان در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. ویژگی واحدهای ژئومورفولوژی نمونه برداری شده در حوزه دشت یزد- اردکان

واحد رخساره	مساحت به هکتار	درصد مساحت به کل حوزه	ارتفاع از سطح دریا	شیب درصد
تپه ماهور	۱۱۶۲۵	۰/۷	۱۳۰۰-۱۰۵۰	۲۰-۴۰
دشت سرپانداژ	۷۹۶۷۱۰	۴۹/۹	۱۵۰۰-۱۰۰۰	۱-۵
کلوتک و یاردانگ	۳۴۰۵	۰/۲	۱۲۰۰-۹۵۰	۱-۲
شوره زار	۲۷۵۰	۰/۱۷	۱۱۰۰-۱۰۰۰	۱-۰/۵

منبع (اختصاصی و همکاران، ۱۳۷۵)

۳.۲. تجزیه آزمایشگاهی

به منظور تعیین غلظت فلزات سنگین آماده سازی نمونه های غبار ریزشی یزد و خاک سطحی دشت یزد- اردکان صورت گرفت. ابتدا تمامی وسایل و لوازم آزمایشگاهی مورد نیاز به مدت ۲۴ ساعت در اسید نیتریک ۱۰ درصد (حجمی/حجمی) نگه داری، سپس با آب دیونیزه شست و شو داده و خشک شدند. برای هضم شیمیایی نمونه ها از محلول EDTPA استفاده شد. این محلول با استفاده از ۱/۴۷ گرم کلرید کلسیم، ۱۳/۳ میلی لیتر تری اتانول آمین و ۱/۹۷ گرم DTPA تهیه و با آب دیونیزه به حجم یک لیتر رسانده شد. سه گرم از نمونه های غبار ریزشی شهر و خاک جمع آوری شده از دشت یزد- اردکان از الک ۶۴ میکرون عبور داده شد. سپس، به هر نمونه ۱۰ میلی لیتر محلول EDTPA اضافه شد و به مدت دو ساعت نمونه ها روی شیکر قرار گرفت. در مرحله بعد نمونه ها با استفاده از کاغذ صافی واتمن صاف شدند. برای تمام نمونه ها، عناصر سنگین سرب، کادمیوم، کروم، نیکل، مس، روی، آهن، بیسموت، نقره و سلنیوم از طریق دستگاه جذب اتمی شعله ای مدل Analytic jene-350 اندازه گیری شد.

۴.۲. منشأیابی به روش آنالیز تشخیص

تعیین ترکیب بهینه از ردیاب ها که قادر به تفکیک منابع غبار ریزشی است:

این کار در دو مرحله به شرح زیر انجام شد:

مرحله اول: به منظور بررسی توانایی هر یک از عناصر

در تفکیک منابع غبار ریزشی، ابتدا نرمالیتة داده ها بررسی شد. عناصری که دارای توزیع داده های نرمال بودند یا از طریق تبدیل داده نرمال شدند، با استفاده از آزمون های تجزیه واریانس و سایر عناصر (با توزیع غیرنرمال) با آزمون کروس کالوالیس به طور جداگانه بررسی شدند. یکی از پیش فرض های روش تحلیل تشخیص نبود هم خطی چندگانه قوی بین متغیرها است. برای تشخیص هم خطی چندگانه از عدد تحمل و عکس آن (عامل تورم واریانس) استفاده شد. عدد تحمل برابر یا کوچک تر از ۰/۱ و عامل تورم واریانس برابر یا بزرگ تر از ۱۰ بیانگر هم خطی قوی بین متغیرهاست (فرجی، ۱۳۸۶؛ حکیم خانی و همکاران، ۱۳۸۶). برای مقابله با مشکلات ناشی از هم خطی چندگانه قوی، ترکیب هایی از عناصر طوری انتخاب شدند که کمترین هم خطی در بین آنها (عامل تورم واریانس و عدد تحمل به ترتیب حداکثر ۱۰ و ۰/۱) وجود داشته باشد. عناصری که تفاوت معنی دار و هم خطی قوی داشتند، به منزله ردیاب انتخاب شدند. آنالیز تشخیص در محیط نرم افزار SPSS 16 انجام شد.

مرحله دوم: در این مرحله با استفاده از تحلیل تابع تشخیص ۲ و با به کارگیری ردیاب هایی که در مرحله اول انتخاب شدند ترکیبی بهینه از ردیاب ها که به طور جمعی قادر به تفکیک منابع غبار باشند، انتخاب شد (فرجی، ۱۳۸۶؛ حکیم خانی و همکاران، ۱۳۸۶).

۵.۲. تعیین سهم منابع غبار ریزشی

در روش منشأیابی نوین فرض بر این است که ترکیب و

جواب‌های بهینه برای سهم منابع رسوب با حداقل کردن معادله بالا با استفاده از عملیات تکرار و سعی و خطا و با در نظر گرفتن دو شرط زیر به دست می‌آید. بدین نحو که مقادیر مختلف برای سهم منابع رسوب (bs) انتخاب و مقدار تابع هدف (R) محاسبه می‌شود و این عملیات تا جایی ادامه می‌یابد و تکرار می‌شود که R به کمترین مقدار خود برسد. در این حالت مقادیر انتخابی برای سهم منابع رسوب به منزله جواب‌های بهینه مورد قبول واقع می‌شود. در واقع با به حداقل رسیدن R معادلات حل شده و سهم هر یک از منابع رسوب مورد نظر به دست می‌آید. این کار برای تمام نمونه‌ها انجام داده و از مقادیر سهم هر یک از منابع رسوب برای به دست آوردن سهم متوسط میانگین‌گیری می‌شود (Walling, 2005؛ فرجی، ۱۳۸۶؛ حکیم‌خانی و علیجان‌پور، ۱۳۸۹).

الف) مقادیر ضریب سهم هر یک از منابع رسوب باید بین صفر و یک باشد:

$$0 \leq bs \leq 1 \quad (3)$$

ب) مجموع ضرایب سهم هر یک از منابع رسوب باید برابر با یک باشد:

$$\sum_{i=1}^n bs = 1 \quad (4)$$

علاوه بر آن نتایج آنالیز تشخیص نیز مؤید این نکته است که بخش عمده غبار تعلق به کدام رخساره دارد.

۶.۲. ارزیابی نتایج مدل چندمتغیره ترکیبی

به منظور بررسی صحت مدل چندمتغیره از معیارهای خطای نسبی، ضریب کارایی مدل (Nash and Sutcliffe, 1970) طبق معادله ۵ و مشاهدات صحرائی استفاده شد.

$$\frac{\sum_{i=1}^m (X_1 - X_i)^2}{\sum_{i=1}^m (X_1 - M)^2} ME = 1 - \quad (5)$$

هر چه مقدار ME به یک نزدیک‌تر باشد، مدل دارای کارایی بالاتری است.

در مجموع پنج سناریو از گروه‌بندی‌های مختلف از منابع غبار ریزشی (تلفیق عرصه‌های مختلف با توجه به خصوصیات فیزیکی مشابه) برای تعیین عناصر ردیاب و تعیین سهم هر منبع تعریف شد.

مخلوط‌شدن خصوصیات ردیاب از منابع (منشأ) مختلف به صورت خطی است. از این رو می‌توان مدل یا معادله ترکیبی را برای هر یک از خصوصیات منشأیاب به صورت معادله ۱ نوشت:

$$X_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} b_j \quad (1)$$

در این معادله X_i : برابر مقدار برآوردی ردیاب i ام (m) و و ۲ و ۱؛

a_{ij} : مقدار میانگین ردیاب i ام در منبع j ام (n) و و ۲ و ۱؛

b_j : سهم منبع j ام؛

n : تعداد منابع؛

m : تعداد خصوصیات ردیاب است.

برای هر یک از ردیاب‌ها معادله دو تکرار می‌شود و بنابراین به تعداد خصوصیات، معادله وجود خواهد داشت و مدل چندمتغیره ترکیبی با تعدادی معادله مشخص خواهد شد. با حل این معادلات می‌توان سهم هر یک از منابع مختلف رسوب را به دست آورد.

چون مجموع معادلات یادشده دارای مجهولات زیادی است و راه‌حل‌های متنوعی می‌تواند داشته باشد از این رو برای به دست آوردن نتایج بهینه در تعیین سهم منابع رسوب و به جای حل مستقیم، استفاده از روش‌های بهینه‌سازی نیز امکان‌پذیر است. در مطالعات منشأیابی روش‌هایی از حداقل کردن مجموع مربعات باقیمانده و حداقل کردن مجموع خطاهای نسبی برای به دست آوردن نتایج سهم بهینه منابع رسوب استفاده می‌شود (Walling, 2005؛ فرجی، ۱۳۸۶؛ حکیم‌خانی و همکاران، ۱۳۸۶). در این تحقیق از روش حداقل کردن مجموع مربعات باقیمانده به صورت معادله ۲ استفاده شد:

$$R = \sum_{i=1}^n \left(\frac{C_{ssi} - (\sum_{s=1}^m C_{ssi} bs)}{C_{ssi}} \right) \quad (2)$$

R : مجموع مربعات باقیمانده و C_{ssi} : مقدار اندازه‌گیری شده ردیاب i ام در نمونه غبار، C_{si} : مقدار اندازه‌گیری شده ردیاب i ام در منابع رسوب و bs سهم هر منبع رسوب است.

است، بقیه عناصر واجد شرایط استفاده در تحلیل تشخیص‌اند. به منظور انتخاب مهم‌ترین متغیرها در تابع از روش گام به گام استفاده شد. روش استفاده‌شده لامبدای ویلکس است که بر اساس حداقل کردن آماره لامبدای ویلکس عمل می‌کند. تفسیر نتایج آنالیز تشخیص به شرح زیر است:

گام اول: مقایسه اختلاف میانگین هر عنصر در گروه‌های مختلف بررسی شد که نتایج نشان داد که اختلاف میانگین روی و نقره در گروه‌های مختلف معنی‌دار است (جدول ۳).

۳. نتایج

۱.۳. منشأیابی به روش آنالیز تشخیص

۲.۳. بررسی خصوصیات شیمیایی به منظور تعیین ترکیب ردیاب‌ها

اولین مرحله به منظور تعیین منشأ غبار ریزشی شهر یافتن خصوصیات شیمیایی متفاوت در عرصه‌های احتمالی منشأ است. لذا از عناصر سنگین اندازه‌گیری‌شده به منظور ردیابی منابع غبار ریزشی استفاده شد. نتایج انتخاب عناصر ردیاب در جدول ۲ ارائه شده است.

همان‌گونه که از نتایج جدول ۲ مشخص است به جز آهن به دلیل اینکه دارای عامل تورم واریانس بالاتر از ۱۰

جدول ۲. آزمون‌های آماری توان جداسازی ردیاب‌ها، معیارهای تشخیص هم‌خطی

ردیاب	تجزیه واریانس		معیارهای تشخیص هم‌خطی چندگانه
	یک‌طرفه	کروس کالوالیس	
	سطح معنی‌داری	سطح معنی‌داری	عدد تحمل
کادمیوم	*۰/۰۴۳		۰/۲۹
روی	**۰/۰۰۰		۰/۸۳
مس		*۰/۰۳	۰/۱۱
نیکل		**۰/۰۰۳	۰/۵
کروم	**۰/۰۰۰		۰/۲۵
سرب	**۰/۰۰۰		۰/۷۵
نقره	**۰/۰۰۰		۰/۲۷
بیس‌موت	**۰/۰۰۰		۰/۱۷
آهن	**۰/۰۰۰		۰/۰۷
سلنیوم		*۰/۰۴۷	۰/۷۶

* معنی‌داری در سطح ۵ درصد، ** معنی‌داری در سطح ۱ درصد

جدول ۳. تجزیه واریانس

معنی داری	درجه آزادی سایت‌ها	درجه آزادی گروه‌ها	آماره F	لامبدای ویلکس	عناصر سنگین
۰/۹۹۸	۲۰	۱	۰/۰۰۰	۱/۰۰۰	کادمیوم
**۰/۰۰۴	۲۰	۱	۱۰/۶۲	۰/۶۵۳	روی
۰/۲۵۱	۲۰	۱	۱/۴	۰/۹۳۵	مس
۰/۷۱۵	۲۰	۱	۰/۱۴	۰/۹۹۳	نیکل
۰/۴۱۶	۲۰	۱	۰/۶۹	۰/۹۶۷	کروم
۰/۳۴۷	۲۰	۱	۰/۹۳	۰/۹۵۶	سرب
۰/۱۱۲	۲۰	۱	۲/۷۶	۰/۸۷۹	بیس‌موت
*۰/۰۱۲	۲۰	۱	۷/۵۹	۰/۷۲۵	نقره
۰/۱۲۹	۲۰	۱	۲/۵۱	۰/۸۸۹	سلنیوم

** معنی داری در سطح ۱ درصد

جدول ۴. گام‌های مختلف ورود عناصر به مدل و تأثیر آن‌ها در توان جداسازی تحلیل تشخیص برای منابع غبار ریزشی

گام	اضافه شدن عنصر ردیاب	ویلکس لامبدای	سطح معنی داری F	درصد تجمعی طبقه‌بندی درست نمونه‌ها
۱	روی	۰/۲۰۸	**۰/۰۰۴	۱۰۰/۰۰
۲	نقره	۰/۰۹۱	**۰/۰۰۰	۱۰۰/۰۰

** معنی داری در سطح ۱ درصد

جدول ۵. نتایج تابع ممیزی کانونیک

تابع	مقدار ویژه	درصد واریانس	درصد تجمعی واریانس	ضریب همبستگی کانونی
۱	۱/۴۲	۱۰۰/۰۰	۱۰۰/۰۰	۰/۷۷

تابع تشخیص است. هرچه این مقدار بالاتر باشد تابع قدرت تفکیک بالاتری دارد. درصد واریانس نشان می‌دهد که تابع چند درصد از واریانس کل مشاهدات را تبیین می‌کند. در اینجا تابع ۱۰۰ درصد از کل واریانس داده‌ها را تبیین می‌کند. ضریب همبستگی کانونی نشان‌دهنده میزان همبستگی تابع با نمره‌های تشخیص است. مقدار این ضریب بین صفر و یک متغیر است. هرچه این مقدار به یک نزدیک‌تر باشد نشان‌دهنده همبستگی قوی‌تر بین نمره‌های تشخیص و گروه‌هاست و اینکه تابع مورد نظر قادر است به خوبی گروه‌ها را از یکدیگر تفکیک کند. بنابراین، از نتایج جدول ۵ مشخص است که تابع تعریف شده دارای قدرت بالایی در جداسازی گروه‌هاست.

همان‌طور که در جدول ۴ مشخص است با اضافه شدن هر عنصر اگرچه درصد تجمعی نمونه‌ها تغییری نکرده، اما ویلکس لامبدای کاهش و سطح معنی‌داری بهتر شده و در نتیجه توان جداسازی تحلیل و میزان تفکیک بین گروه‌ها افزایش یافته است. بنابراین، ترکیب مناسب برای منابع غبار ریزشی دو عنصر است.

گام دوم: به منظور بررسی قدرت تابع تشخیص نتایج تابع ممیزی کانونیک بررسی شد (جدول ۵)

در جدول ۵ مقدار ویژه عبارت است از مجموع مجذورات بین گروهی به مجموع مجذورات درون گروهی. مقدار ویژه نشان‌دهنده نسبت واریانس تبیین شده از کل واریانس است که یک شاخص نسبی برای تعیین قدرت

بهترین نتایج از سناریویی به دست آمد که مهم‌ترین کانون‌های فرسایش بادی در دشت یزد- اردکان در دو گروه شامل شوره‌زار و کلوتک و یاردانگ در گروه یک و تپه‌ماهورهای نئوژن و دشت سر اپانداژ و رسوبات آبی آن در گروه دو در نظر گرفت. بنابراین، تابع تشخیص بر اساس آن تعریف شد. نتایج تحلیل تشخیص در خصوص احتمال تعلق هر نمونه به گروه برای تمامی نمونه‌ها یک به دست آمد که این نشان‌دهنده گروه‌بندی صحیح نمونه‌های برداشتی است.

۳,۳. سهم منابع در تولید رسوب

نتایج سهم‌بندی منابع غبار ریزشی در دشت یزد- اردکان به شرح زیر است:

مطابق نتایج مدل چندمتغیره ترکیبی سهم گروه ۱ و ۲ به ترتیب برابر با ۹۹/۹ و ۰/۱ درصد به دست آمد. بنابراین، سهم عمده منابع برون‌شهری غبار ریزشی مربوط به شوره‌زار و کلوتک و یاردانگ است. خلاصه نتایج حاصل از معادله ۲ در جدول ۷ ارائه شده است.

گام سوم: در جدول ۶ ضرایب تابع‌ها معادل b در رگرسیون خطی ارائه شده است. با مقادیر ضرایب این جدول تابع تشخیص نوشته شد.

جدول ۶. ضرایب توابع ممیزی کانونیک

عناصر ردیاب	تابع
روی	۰/۹۱۹
نقره	-۰/۸۴۹

با توجه به نتایج جدول ۶ تابع تشخیص به صورت معادله ۶ است:

$$F1 = 0/919 \text{ Zn} - 0/849 \text{ Ag} \quad (6)$$

به منظور بررسی نقش هر یک از منابع غبار ریزشی با استفاده از نتایج تابع تشخیص غلظت متوسط عناصر سنگین در هر ماه در تابع قرار گرفت. نتایج نشان داد که در هر شش ماه نمونه‌برداری بیشترین احتمال تعلق غبار به عرصه‌های شوره‌زار است. بنابراین، سهم عمده غبار ریزشی شهر با منشأ برون‌شهری از مناطق شوره‌زار واقع در دشت یزد- اردکان سرچشمه می‌گیرد.

جدول ۷. نتایج تعیین سهم منابع با استفاده از معادله ۲

سهم منبع ۱	سهم منبع ۲	Ress	سهم منبع ۱	سهم منبع ۲	Ress
۰	۱۰۰	۰/۳۵۹۳	۵۵	۴۵	۰/۱۳۶۰
۵	۹۵	۰/۳۳۱۱	۶۰	۴۰	۰/۱۱۷۲
۱۰	۹۰	۰/۳۰۴۲	۶۵	۳۵	۰/۰۸۷
۱۵	۸۵	۰/۲۷۸۴	۷۰	۳۰	۰/۰۷۴۳
۲۰	۸۰	۰/۲۵۳۹	۷۵	۲۵	۰/۰۶۲۹
۲۵	۷۵	۰/۲۳۰۶	۸۰	۲۰	۰/۰۵۲۸
۳۰	۷۰	۰/۲۰۸۴	۸۵	۱۵	۰/۰۴۳۸
۳۵	۶۵	۰/۱۸۷۵	۹۰	۱۰	۰/۰۳۶۱
۴۰	۶۰	۰/۱۶۲۹	۹۵	۵	۰/۰۲۹۴
۴۵	۵۵	۰/۱۷۸۲	۱۰۰	۰	*۰/۰۲۴۰
۵۰	۵۰	۰/۱۵۶۳			

نسبت به دیگر رخساره‌های فرسایش بادی در حوزه، بیشترین سهم را در فرسایش بادی و تولید گرد و غبار ایفا می‌کنند. در عرصه‌های شورزار یا سبخا سله از نوع رسی- نمکی است که به واسطه شوری و سدیمی بالا حساسیت زیادی در برابر فرسایش دارد و خاک این اراضی حساس و بسیار حساس به فرسایش است (عظیم‌زاده و همکاران، ۱۳۸۱). تپه‌ماهورهای نئوژن به دلیل دارابودن پوشش سنگریزه و قلوه‌سنگ در برابر فرسایش بادی از مقاومت بالاتری برخوردارند (اختصاصی و همکاران، ۱۳۷۵). ساختار زمین‌شناسی این تپه‌ها کنگلومرا با میان‌لایه‌های شیل است. در بخشی از این اراضی خاک سطحی به واسطه کانالیزه‌شدن باد از دست رفته و لایه زیرین به‌جامانده نسبتاً پایدار و تثبیت‌شده است (عظیم‌زاده و همکاران، ۱۳۸۱). دشت‌سر اپانداژ ۴۹/۹ درصد از مساحت حوزه دشت یزد- اردکان را به خود اختصاص داده، اما فقط در بعضی بخش‌های این عرصه از جمله جنوب مهریز و صدرآباد ندوشن به دلیل بهره‌برداری بی‌رویه از پوشش گیاهی در معرض فرسایش بادی قرار گرفته است (اختصاصی و همکاران، ۱۳۷۵). مقدار سنگفرش در این دشت بین ۴۵-۷۰ درصد است. پوشش سنگفرش این اراضی متوسط و ضخامت سله در آن تقریباً ۰/۵-۱ سانتی‌متر است (عظیم‌زاده و اختصاصی، ۱۳۸۳؛ عظیم‌زاده و همکاران، ۱۳۸۱). پوشش سنگفرش و سله موجود در سطح این رخساره می‌تواند مانعی در برابر فرسایش بادی ایجاد کند. رخساره‌های بحرانی فرسایش بادی در دشت یزد- اردکان شامل عرصه‌های شورزار (سبخا)، کلو تک و یاردانگ، تپه‌ماهورهای نئوژن، دشت‌سر اپانداژ و رسوبات آبی آن است (اختصاصی و همکاران، ۱۳۷۵). سبخا نیز حاصل تجمع نهشته‌های رسی نمکی و فاقد پوشش گیاهی طبیعی است. نمونه‌های بارز این شورزارها در دشت یزد- اردکان چاله‌های حاجی‌آباد و شهیدیه می‌بند است. تپه‌ماهورهای مشخص دشت یزد- اردکان را تپه‌های نئوژن شمال یزد تشکیل می‌دهند که به صورت لایه‌های

کمترین مجموع مربعات باقیمانده نشان‌دهنده بهترین سهم‌بندی برای هر گروه است. بنابراین، طبق نتایج جدول ۶ سهم گروه ۱ (شورزار- کلو تک و یاردانگ) ۱۰۰ درصد و سهم گروه ۲ (تپه‌ماهورهای نئوژن- دشت‌سر اپانداژ) صفر در تولید غبار ریزشی یزد است. این نتیجه تقریباً با نتیجه به‌دست‌آمده از مدل چندمتغیره ترکیبی مطابقت دارد. ارزیابی مدل مذکور نشان داد که درصد خطای نسبی بین ۰/۰۰۰۱ تا ۳/۴۱ برای هر یک از نمونه‌هاست. ضریب کارایی مدل نیز برای نمونه‌ها بین ۰/۷۱ تا ۰/۹۹ متغیر است.

۴. نتیجه‌گیری و بحث

بیشترین وقوع توفان‌های سهمگین ماسه و بادهای شدید در یزد با سرعت بیش از ۱۰۰ کیلومتر در ساعت عمدتاً در ماه‌های اسفند، فروردین، اردیبهشت و خرداد به شکل حادثه‌تری درآمده و گاهی به صورت توفان‌های سیاه و ابرهای غلیظ از گرد و غبار در منطقه یزد رخ می‌دهد (امیدوار، ۱۳۸۷). نتایج پژوهش اختصاصی و همکاران (۱۳۷۵) در خصوص فرسایش بادی در دشت یزد- اردکان نشان داد که جداشدن ذرات از خاک سطحی و انتقال آن عمدتاً از اسفند آغاز می‌شود و تا پایان بهار ادامه می‌یابد. بنابراین، فصول زمستان و بهار به منظور دوره نمونه‌برداری از غبار ریزشی بر سطح یزد انتخاب شدند.

بررسی خطای نسبی پایین و ضریب کارایی بالای مدل چندمتغیره ترکیبی نشان‌دهنده صحت و کارایی مدل است. نتایج این مدل با مشاهدات صحرائی در منطقه مورد مطالعه کاملاً هم‌خوانی دارد. حساسیت بالای عرصه‌های شورزار و کلو تک در مقابل بادبردگی و ریزدانه‌بودن خاک این مناطق می‌تواند مؤید نقش عمده این عرصه‌ها در تولید گرد و غبار یزد باشد. نتایج تحقیق اختصاصی و همکاران (۱۳۸۲) در خصوص فرسایش بادی در رخساره‌های دشت یزد- اردکان نشان داد که رخساره‌های سبخا و کلو تک و یاردانگ از جمله عرصه‌هایی‌اند که به‌رغم مساحت محدود

فعال بودن باد و حساسیت اراضی اطراف نسبت به فرسایش بادی است که اغلب در پای بوته‌های این رخساره دیده می‌شود (اختصاصی و همکاران، ۱۳۷۵). نتایج آنالیز تشخیص نشان داد که سهم عمده منابع برون‌شهری غبار ریزشی بر سطح یزد شوره‌زار و کلوتک و یاردانگ است. اختصاصی و همکاران (۱۳۷۵) در منشأیابی تپه‌های ماسه‌ای دشت یزد- اردکان این نواحی را به‌منزله حساس‌ترین کانون‌های بحرانی فرسایش بادی معرفی کرده‌اند. این نتیجه با نتایج پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد.

یادداشت‌ها

1. Marble Dust Collector (MDCO)
2. Discriminate Function Analysis

چین خورده و دگرشیب به طول بیش از ۸۰ کیلومتر در امتداد شمال‌غرب- جنوب‌شرق از حوالی شهرستان میبد تا فهرج ادامه دارد. سطح غالب این تپه‌ماهورها را پوشش قلوه‌سنگی تا سنگریزه‌ای به صورت رگ فرا گرفته و همین پدیده موجب شده است تا به رغم فقدان هر نوع پوشش گیاهی روی این اراضی در غالب نقاط پایداری خوبی در مقابل فرسایش بادی از خود نشان دهند. فقط در بخش محدودی از تپه‌ماهورهای شمال یزد خاک این رخساره برای فرسایش بادی مستعد است. به سطوح به نسبت همواره با شیب ملایم (۱-۵ درصد) که حد واسط سردشت لخت و پوشیده (دشت) گسترده شده دشت‌سر آپانداژ گفته می‌شود. تشکیل شورمرده (نبکا) که در اثر تجمع ماسه‌های روان در پای بوته‌های موجود در مسیر بادهای فرساینده به وجود می‌آید، یکی از علائم مشخصه

منابع

- اختصاصی، م. ر.، احمدی، ح.، فیض‌نیا، س.، بوشه، د. ت. ۱۳۸۲. فرسایش بادی رخساره‌ها و خسارات آن در حوزه دشت یزد- اردکان، مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۷، شماره ۴، ص ۶۹-۷۵.
- اختصاصی، م. ر.، احمدی، ح.، باغستانی، ن.، خلیلی، ع.، فیض‌نیا، س. ۱۳۷۵. منشأیابی تپه‌های ماسه‌ای در حوزه دشت یزد- اردکان، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع چاپ اول، ص ۷۷-۷۹.
- امیدوار، ک. ۱۳۸۷. بررسی و تحلیل سینوپتیکی طوفان‌های ماسه در دشت یزد- اردکان، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۸۱، ص ۸۹-۹۴.
- اکبری، ع. ۱۳۹۰. اندازه‌گیری توزیع مکانی غبار ریزشی بر شهر بهبهان و بررسی توزیع فصلی آن با استفاده از فناوری زمین‌آمار، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، ص ۵۱-۵۳.
- حکیم‌خانی، ش.، احمدی، ح.، غیومیان، ج.، نظرنژاد، ح. ۱۳۸۶. تعیین سهم کاربری مختلف اراضی در تولید رسوب با استفاده از روش منشأیابی مطالعه موردی حوضه پلدشت ماکو، مجله علوم آب و خاک، جلد ۲۱، شماره ۲، ص ۸۵-۹۱.
- حکیم‌خانی، ش.، علیجان‌پور، ا. ۱۳۸۹. تشخیص داده‌های پرت در روش منشأیابی رسوب، مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، جلد هفدهم، شماره اول، ص ۶۳-۷۱.
- ذوالفقاری، ح.، عابدزاده، ح. ۱۳۸۴. تحلیل سیستم‌های سینوپتیک گرد و غبار در غرب ایران، مجله جغرافیا و توسعه، پاییز و زمستان ۱۳۸۴، ص ۱۷۳-۱۸۷.
- سلمان‌زاده، م.، سعیدی، م.، نبی بیدهندی، غ. ر. ۱۳۹۰. آلودگی فلزات سنگین در غبارهای ته‌نشین‌شده خیابانی تهران و ارزیابی ریسک اکولوژیکی آن‌ها، محیط‌شناسی، سال سی و هشتم، شماره ۶۱، ص ۹-۱۸.

- عظیم‌زاده، ح. ر.، منتظر قائم، م.، ترابی، ف.، تجملیان، م. ۱۳۸۹. اندازه‌گیری غبار ریزشی سطح شهر یزد با استفاده از تله رسوبگیر MDCO در دوره سه ماهه تابستان ۱۳۸۹، دومین همایش ملی فرسایش بادی و طوفان‌های گرد و غبار، بهمن‌ماه ۱۳۸۹، دانشگاه یزد، ص ۱۱۰-۱۱۳.
- عظیم‌زاده، ح. ر.، اختصاصی، م. ر. ۱۳۸۳. فرسایش بادی بررسی تأثیر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در سرعت آستانه فرسایش بادی (مطالعه موردی: دشت یزد- اردکان)، مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۷، شماره ۲، ص ۵۹-۶۵.
- عظیم‌زاده، ح. ر.، اختصاصی، م. ر.، خاتمی، م.، اخوان قالیباف، م. ۱۳۸۱. مطالعه تأثیر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خام در شاخص فرسایش پذیری بادی خاک و ارائه مدل جهت پیشگویی آن در دشت یزد- اردکان، مجله علوم کشاورزی منابع طبیعی، سال نهم، شماره اول، ص ۷۱-۷۹.
- علیجانی، ب. ۱۳۷۶. آب و هوای ایران، انتشارات دانشگاه پیام‌نور تهران، تهران، ص ۸۵-۸۹.
- فرجی، م.، احمدی، ح.، اختصاصی، م. ر.، جعفری، م.، فیض‌نیا، س. ۱۳۸۶. بررسی استفاده از ردیاب‌ها و کانی‌های شاخص در منشأیابی رسوبات تپه‌های ماسه‌ای (مطالعه موردی: منطقه ملاتانی- مارون استان خوزستان)، پایان‌نامه دکتری، ص ۱۲۵-۱۳۱.
- نگارش، ح.، فلاحیان فیروزآباد، ح. ۱۳۸۹. آلودگی هوا با تأکید بر ریزگردها و اثرات بهداشتی و زیست‌محیطی آن‌ها، دوازدهمین همایش ملی بهداشت محیط ایران، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، دانشکده بهداشت، ص ۱۱۰-۱۱۴.
- Cheng, H., Hu, Y. 2009. Lead (Pb) isotopic fingerprinting and its lead pollution studies in China A review. Environmental Pollution, pp: 1134-1146.
- Ebadat, V. 2010. Dust explosion hazard assessment, J. Loss Prevent. Proc., 23(6):907-912.
- Epko, G. Lamount, P. E. 2005. Tracing dust source and transport pattern using Sr, Nd and Pb isotopes, Chemical Geology paper 149-167.
- Ferrat, M. Weiss, D. J. Strekopytov, S. Dong, S. Chen, H. najorka, J. Sun, Y. Gupta, S. Tada, R. sinha, R. 2011. Improved provenance tracing of Asian dust sources using rare earth elements and selected trace elements for palaeomonsoon studies on the eastern Tibetan Plateau, Geochemicalet Cosmochimica Acta 75 6374-6399.
- Feng, J. L. Hu, Z. Ju, J. T., Lin, Y. C. 2014. The dust provenance and transport mechanism for the Chengdu Clay in the Sichuan Basin, China, CATENA, Volume 121, October 2014, Pages 68-80.
- Gossens, D. Rajort, J. L. 2008. Techniques to measure the dry Aeolian deposition of dust in arid and semi-arid landscapes: a comparstudy in West Niger, Erath Surface Processes and Landforms 33: 178-195.
- Gossense, D. Buck, B. 2009. Dust emission by off-road driving: Experimental on 17 arid soil types, Nevada, USA. Geomorphology 118-138.
- Hahnenberger, M. Nicoll, K. 2014. Geomorphic and land cover identification of dust sources in the eastern Great Basin of Utah, U.S.A. Geomorphology, Volume 204, 1 January 2014, Pages 657-672.
- Lyngsie, G. awadzi, T. Breuning Madsen, H. 2011. Origin of Harmattan dust settled in Northern chana – long transported or local dust, Geoderma paper 167-168.
- Nash, J. E and Sutcliffe, J. E. 1970. River flow forecasting through conceptual models, Part 1: A Adiscussion of principles. Journal of Hydrology 10: 282-290.
- Nakano, T. Yokoo, Y. Nishikawa, M. Koyanagi, H. 2005. Regional Sr-Nd isotopic ratios of soil minerals in northern china as Asian dust fingerprinting Atmospheric environment, 3061-3067.
- Sun, J. Zhang, M. and Liu, T. 2011. Spatial and temporal characteristics of dust storm in china and surrounding regions, 1960-1999: relations to source area and climate geophysical, Res-Atmos. 106 (D10) 10325-10333.
- Schroeder, J.H. 1985. Eolian dust in the coastal desert of the Sudan: aggregate escemented by evaporates, J. Afr. Earth Sci. 3 370-380.

- Tanish, G. M. Strong, C.2009. The role of Aeolian dust in ecosystems *Geomorphology*, 89:39-54.
- Techer, I. Clauer, N. Vogt, T.2014.Origin of calcareous dust in Argentinean Pleistocene periglacial deposits traced by Sr, C and O isotopic compositions, and REE distribution, *Chemical Geology*, Volume 380, 25 July 2014, Pages 119-132.
- Oldfield, F. T.A. Rummery, R. Thompson, and D.E. Walling. 1979. Identification of suspended sediment sources by means of mineral magnetic measurements: some preliminary results, *Water Resources Research* 15:211-219.
- Ujvari, G. Varga, A. Ramos, F. C. Kovacs, J. Nemeth, T. Stevens, T.2010. Evaluating the use of clay mineralogy. Sr-Nd isotopes and zircon U-Pb ages in tracking dust provenance: an example from loess of the carpathian Basin, *Chemical Geology* 304-305 304-305, 83-96.
- Wang, X. Dong, Z. Zhang, C. Qian, G. Luo, W .2009. Characterization of the composition of dust fallout and identification of dust sources in arid and semiarid North China, *Geomorphology* paper 144-157.
- Wall, G.J. L.P. Wilding. 1979. Mineralogy and related parameters of fluvial suspended sediments in Northwestern Ohio, *Journal of Environmental Quality* 5: 168-173.
- Walling, D.E. M.R. Peart, F. Oldfield, and R. Thompson. 1979. Suspended sediment sources identified by magnetic measurements, *Nature* 281:110-113.
- Walling, D. E.2005. Tracing suspended sediment sources in catchments and river systems, *Science of the Total Environment* 344: 159-184.
- Yan, Y. Sun, Y. Chen, H. Ma, L.2014.Oxygen isotope signatures of quartz from major Asian dust sources: Implications for changes in the provenance of Chinese loess, *Geochemical et Cosmochimica Acta*, Volume 139, 15 August 2014, Pages 399-410.
- Zhao, L. and Zhao, S.2006. Diagnosis and simulation of rapidly developing cyclone related to a severe dust storm in East Asia, *Global Planet Change*, 52 105-120.
- Zaizen, Y. Naoe, H. Takahashi, H. Okada, K.2014.Modification of Asian-dust particles transported by different routes – A case study,*Atmospheric Environment*, Volume 97, November 2014, Pages 435-446.