

جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره چهاردهم، تابستان ۱۳۹۴

صص ۱-۲۰

## بررسی ترکیب خصوصیات شیمیایی ریزگردهای شهداد توسط آنالیز XRF

مهران همدم جو- دانش آموخته کارشناسی ارشد رشته بیابانزدایی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان  
علیرضا راشکی<sup>۱</sup> - استادیار دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد  
رضا جعفری - استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۶/۲۵ تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۱۰/۱۰

### چکیده

پدیده گرد و غبار یکی از مخاطرات طبیعی در مناطق خشک و بیابانی ایران و جهان به حساب می آید. این پدیده از نظر زیست محیطی و تاثیر بر سلامتی اهمیت داشته و نقش مهمی در تشکیل لس ها و فرآیندهای ژئومورفیک در مناطق خشک و نیمه خشک ایفا می کند. منطقه شهداد به علت موقعیت جغرافیایی و نزدیکی با بیابان لوت در معرض پدیده گرد و غبار بیابانی قرار دارد. از این رو شناخت خصوصیات گرد و غبار این منطقه می تواند جهت مقابله با کاهش اثرات زیانبار پدیده گرد و غبار مفید واقع شود. این مقاله برای اولین بار خصوصیات شیمیایی گرد و غبار شهداد را توسط نمونه گرد و غبار جمع آوری شده در پنج ایستگاه واقع در منطقه شهداد در بهار و تابستان ۱۳۹۲ مورد آزمایش قرار داده است. به علاوه سه نمونه خاک سطحی از عمق ۰-۵ سانتی متری سطح زمین از نقاط مختلف منطقه نیز جمع آوری و مورد آزمایش قرار گرفت. آنالیز XRF نمونه های گرد و غبار و خاک منطقه،  $Al_2O_3$ ،  $CaO$ ،  $LOI$ ،  $SiO_2$ ،  $MgO$  و  $Na_2O$ ،  $Fe_2O_3$  را به عنوان ترکیب اکسیدهای مهم منطقه معرفی کرد. ایستگاه D واقع در بخش مرکزی شهداد، به علت فاصله داشتن از منطقه غبار خیز شرق شهداد، نسبت به دیگر ایستگاه ها کمتر تحت تاثیر طوفان های گرد و غبار قرار می گیرد؛ از این رو ترکیب عنصری متفاوتی با دیگر ایستگاه ها دارد.  $Ba$  و  $Sr$  مقدار قابل توجهی از عناصر کمیاب را در بین نمونه ها به خود اختصاص داده اند. همچنین بررسی فاکتور غنی سازی نشان می دهد که گرد و غبار رسوب کرده در تمامی ایستگاه ها به غیر ایستگاه D منشأ طبیعی دارد.

**کلیدواژه ها:** گرد و غبار بیابان، آنالیز XRF، فاکتور غنی سازی، شهداد.

## ۱. مقدمه

گرچه مدت‌هاست بشر متوجه اهمیت محیط زیست در زندگی خود شده است اما دهه آخر قرن بیستم را باید زمان اوج طرح مسائل زیست‌محیطی دانست. مشکل آلودگی زیست‌محیطی امروز جهان، مشکل تنها یک کشور و یا یک قلمرو خاص نیست بلکه مشکل کل جهان است که مسائل مختلفی از جمله آلودگی آب، آلودگی هوا، گرم شدن کره زمین، بالا آمدن سطح آب دریاها، رخنه لایه اوزون و بسیاری از مسائل دیگر را در بر می‌گیرد. طوفان گرد و غبار تنها یکی از منابع آلودگی هوا است که بر جوامع مختلف انسانی، جانوری و گیاهی تاثیر می‌گذارد و بالاترین بازخوردها را در زمان اوج خود ایجاد می‌کند.

پدیده گرد و غبار رخدادی طبیعی است که به طور گسترده در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان، به‌ویژه در عرض‌های جنب حاره‌ای رخ می‌دهد. مناطقی در جهان که دستخوش بیابان‌زایی شدید قرار گرفته‌اند طوفان‌هایی با مقیاس بزرگ را ایجاد می‌کنند. اکثر دانشمندان علت تشکیل گرد و غبار را ناشی از ناپایداری هوا می‌دانند و بیان می‌کنند که جو بالای سطح مناطق خشک و بیابانی از نظر همرفتی بسیار ناپایدار بوده و شرایط تکوین پدیده‌های ناپایداری مثل پیچانه‌های کوچک گرد و غباری را دارند. لیکن مهم‌ترین شرایط ایجاد گرد و غبار در کنار هوای ناپایدار، وجود یا عدم وجود رطوبت است به طوری که اگر هوای ناپایدار رطوبت کافی داشته باشد بارش و طوفان رعد و برق؛ و اگر رطوبت نداشته باشد طوفان گرد و غبار ایجاد می‌کند (علیجانی؛ ۱۳۷۶:۷۳).

اکولوژیست‌ها معتقدند که گرد و غبار می‌تواند با تاثیر بر خاک مبداء و مقصد، جنگل‌ها، رودخانه‌ها و اکوسیستم‌های دریایی و دریاچه‌ای بر روی جهان اطرافشان اثر بگذارد (مک تاینش<sup>۱</sup> و همکاران؛ ۲۰۰۷، ۳۹). در این راستا پروسه‌های فرسایش بادی باعث افت سطح خاک شده و خاک منشاء را از مواد آلی و معدنی تهی می‌سازد. فقدان ماده آلی خاک باعث کاهش ظرفیت نگهداری آب و در نتیجه کاهش حاصلخیزی خاک می‌شود. این بازخورد اکولوژیکی باعث تقویت گروه خاصی از گیاهان می‌شود و در دراز مدت پوشش گیاهی آن منطقه را تغییر خواهد داد. در مقابل گرد و غبار می‌تواند خاک مقصد را با محدوده وسیعی از مواد غذایی غنی کند. برخی از عناصر موجود در گرد و غبار بر روی جذب عناصر دیگر تاثیر غیر مستقیم دارند. برای مثال کربنات‌ها، در قابل دسترس بودن Na، K، P و Mg موثرند و Mo در افزایش تثبیت نیتروژن موثر است (رینولدس<sup>۲</sup> و همکاران؛ ۲۰۰۱، ۲۰۱).

تخمین زده می‌شود سالانه حجمی برابر با 2000 Mt گرد و غبار وارد اتمسفر می‌شود که ۷۵٪ آن بر روی قاره‌ها و ۲۵٪ آن در اقیانوس‌ها رسوب می‌کند (شائو<sup>۳</sup> و همکاران؛ ۲۰۱۱، ۱۸۱). این تخمین نشان می‌دهد که حجم زیادی از گرد و غبار در اتمسفر انتقال می‌یابد و بواسطه‌ی تاثیر آن بر اکوسیستم‌های مختلف توجه جدی را طلب می‌کند (مک

1 McTainsh

2 Reynolds

3 Shao

تایش و همکاران، ۲۰۰۷، ۳۹). ترکیب و مورفولوژی ذرات گرد و غبار می‌تواند بواسطه‌ی جذب عناصر گازی و واکنش‌های ترکیبی با ذرات دیگر در طول مسیر حمل در اتمسفر تغییر یابد (وانگ و همکاران، ۲۰۰۷). ذرات ریز گرد و غبار می‌توانند آلاینده‌ها، خصوصاً ترکیبات شیمیایی با مورفولوژی و کانی‌شناسی خاص را حمل کنند (زراسوندی<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۱، ۱۳۸). برخی از این آلاینده‌ها (نمک‌های فلزی محلول، آفت‌کش‌ها و غیره) زمانی که از روی مناطق شهری و پرجمعیت عبور می‌کنند، بر روی سلامتی انسان‌ها اثر منفی می‌گذارند (راشکی و همکاران، ۲۰۱۳). برای تعیین منشأ، فرآیندهای ترکیبی و مسیر حمل گرد و غبار، شناسایی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی گرد و غبار اولویت دارد (راشکی<sup>۲</sup> و همکاران؛ ۲۰۱۳، ۵۱)، همچنین شناسایی ترکیب شیمیایی گرد و غبار برای درک اثرات احتمالی بر روی سلامتی، خاک، بارندگی، بیوژئوشیمی اقیانوس‌ها و پدیده هوازدگی مهم است (گودی<sup>۳</sup> و همکاران؛ ۲۰۰۶، ۲۹).

کشور ایران با قرار گیری بر روی کمربند خشک و بیابانی جهان از دیر و باز درگیر فرآیندهای فرسایش بادی بوده است. اما امروزه به دلایل مختلف از جمله خشک‌سالی و تغییر اقلیم، برداشت بی‌رویه از آب زیرزمینی، کاربری ناصحیح اراضی، افزایش جمعیت و سدسازی‌های غیراصولی فرآیندهای بیابان‌زایی شدت یافته و هدررفت خاک در اثر فرسایش بادی به یکی از معضلات روزافزون کشور ایران تبدیل شده است (بهرامی، ۱۳۹۰، ۴). لیکن بیابان‌های طبیعی و زمین‌ساخت واقع در فلات مرکزی ایران بدون در نظر گرفتن موارد تخریبی ذکر شده در بالا، همیشه برای ساکنین موجود در حاشیه خود درد سرساز بوده‌اند. شهداد منطقه‌ای است که در غرب بیابان لوت واقع شده و تحت تاثیر شرایط سخت این بیابان قرار گرفته است. کم‌آبی، پوشش کم، دمای زیاد و شوری خاک (علوی پناه؛ ۱۳۸۱، ۷۴) در تقابل با بادهای فرساینده شمالی، ژئومورفولوژی خاصی برای شهداد رقم زده که وجود بزرگ‌ترین کلوت‌ها و یاردانگ‌های دنیا موید آن است. از این‌رو با نزدیک شدن به فصل گرم سال و افزایش سرعت باد در منطقه، شاهد وقوع پدیده گرد و غبار در شهداد هستیم که بعضاً کل بیابان لوت را در بر می‌گیرد و با تاثیر بر روی سلامتی، کشاورزی و دامداری، زندگی را برای ساکنین این مناطق سخت می‌کند.

هدف این مقاله تعیین بخش شهداد به عنوان یکی از مولدهای بیابانی گرد و غبار در ایران است. در حال حاضر مطالعات انجام شده از این منطقه کم است و کار این مقاله برای اولین بار بررسی ترکیب شیمیایی گرد و غبار بیابانی در بخش شهداد است.

## ۲. منطقه مورد مطالعه

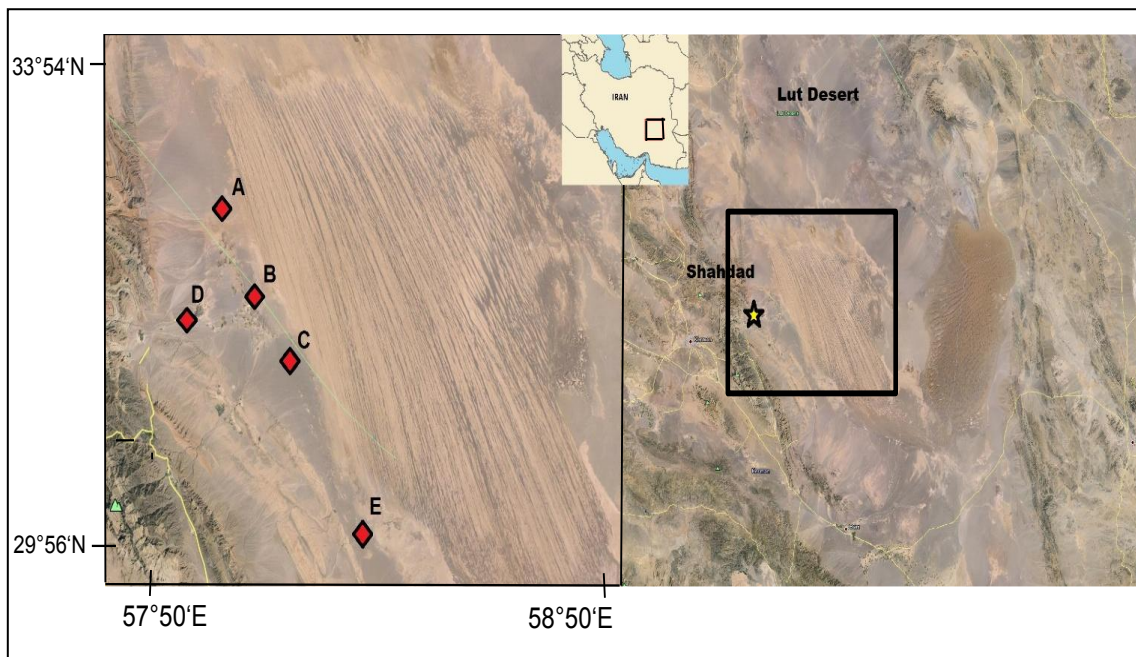
بخش شهداد ( $26^{\circ}18'N-29^{\circ}96'N$  و  $56^{\circ}19'E-59^{\circ}12'E$ ) با ارتفاع حدود ۴۵۰ متر از سطح دریا و مساحت ۲۹۴۵۲٫۸۳ کیلومتر مربع در شمال شرق استان کرمان و در مجاورت بیابان لوت واقع شده است (شکل ۱).

1 Zarasvandi

2 Rashki

3 Goudie

این منطقه شامل بخش شهداد و روستاهای اطراف آن است که جمعیتی بالغ بر ۱۵۰۰۰ نفر را در بر می‌گیرد. این بخش در تلاقی با رشته کوه‌های مرتفع ایران مرکزی و مناطق پست کویری واقع شده و این تلاقی استثنایی بین ناحیه کوهستانی و بیابانی، ویژگی‌های محیطی کم‌نظیری را به وجود آورده است که در کمتر نقطه‌ای از فلات ایران می‌توان مشاهده کرد (آرابی<sup>۱</sup>; ۲۰۰۵، ۴۵). از این رو با روستای سیرچ (بیلاق کرمان) در ۴۲ کیلومتری غرب خود، اختلاف ارتفاعی حدود ۱۳۰۰ متر دارد (سلوتی و همکاران؛ ۲۱، ۱۳۹۰).



شکل ۱ موقعیت منطقه شهداد و ایستگاه‌های نمونه‌برداری

اقلیم و زندگی ساکنان شهداد کاملاً تحت تاثیر بیابان لوت است. بیابان لوت به عنوان یکی از گرم‌ترین، خشک‌ترین و پست‌ترین بیابان‌های جهان همواره مورد توجه همگان بوده و به سبب وسعت زیاد ناشناخته باقی مانده است. این بیابان به دلیل موقعیت خاص جغرافیایی و اقلیمی، دریافت کننده میزان بالایی از تابش‌های خورشیدی است و همین امر سبب شده که در سال‌های ۲۰۰۴ و ۲۰۰۵ با داشتن به ترتیب دمایی در حدود ۶۸ درجه سانتی‌گراد و ۷۰ درجه سانتی‌گراد به عنوان یکی از گرم‌ترین نقاط و به روایتی گرم‌ترین نقطه کره زمین باشد (علوی پناه؛ ۱۳۸۱، میلدرکسلر<sup>۲</sup> و همکاران؛ ۲۰۰۶؛ احسانی<sup>۳</sup> و همکاران؛ ۲۰۰۸). لوت با ویژگی‌های خاص ژئومورفولوژیکی و متمایز از سایر بیابان‌ها وسعتی حدود ۸۰۰۰۰ کیلومتر مربع را به خود اختصاص داده است و با دارا بودن اشکال متنوع

1 A'rabi

2 Mildrexler

3 Ehsani

فرسایش بادی و آبی و پدیده‌های ژئومورفولوژیکی سیمایی خاص به شرق شهداد بخشیده است. یکی از این اشکال ژئومورفولوژیکی نکا است. نکاها (گلدان‌های کویری) که یکی از شگفتی‌های همزیستی خاک و آب و گیاه (وانگ و همکاران؛ ۲۰۰۶، ۶۶)، به شمار می‌روند در شرق شهداد قرار دارند. این نکاها با ارتفاع بیش از ۱۰ متر بلندترین نکاهای دنیا به حساب می‌آیند و در فرآیند فرسایش بادی بیانگر منطقه حمل رسوبات می‌باشند. کلوتهای واقع در شرق شهداد نیز یکی از جذاب‌ترین عوارض بیابانی محسوب می‌شوند (شکل ۱). این کلوتهای با مساحت ۱۱۰۰۰ کیلومتر مربع و با طول ۱۵۰ کیلومتر و عرض ۷۰ کیلومتر با امتداد شمالی-جنوبی در شرق منطقه شهداد قرار گرفته‌اند. کلوتهای در سازندهای مارنی بیابان لوت واقع شده‌اند و امروزه به عنوان اشکال منطقه برداشت رسوبات بادی به حساب می‌آیند. با توجه به موارد ذکر شده و همچنین هم‌جواری شهداد با بیابان لوت می‌توان نتیجه گرفت که این منطقه تحت تاثیر فرسایش بادی و طوفان‌های گرد و غبار بوده که هنوز هم یکی از ویژگی‌های آن به شمار می‌رود و سالانه حجم عظیمی از رسوبات را وارد مناطق مسکونی و کشاورزی بخش شهداد می‌کند.

### ۳. مواد و روش‌ها

#### ۳.۱. جمع‌آوری نمونه‌های گرد و غبار

در بهار و تابستان ۱۳۹۲ زمانی که طوفان‌های شدید گرد و غبار در منطقه رخ می‌دهد، تعداد ۵ نمونه گرد و غبار از ایستگاه‌های مستقر در منطقه شهداد جمع‌آوری شد (شکل ۱). ایستگاه‌های A، B، C و E موازی با کلوتهای و در روستاهای شهداد قرار دارند و ایستگاه D در اداره منابع طبیعی شهداد مستقر شد. برای تعیین خصوصیات شیمیایی گرد و غبار رسوب کرده، بهتر است از دستگاه‌های نمونه‌بردار خشک استفاده شود (گوسنز<sup>۲</sup> و همکاران، ۱۹۹۴). به همین منظور نمونه‌بردارهای قیفی شکل ساخته شده از ورق گالوانیزه (عابد<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۹) مسئول جمع‌آوری نمونه‌های گرد و غبار منطقه شهداد شدند. بعلاوه در همین زمان تعدادی نمونه خاک سطحی (عمق ۰-۵ سانتی‌متر) از نقاط مختلف منطقه جمع‌آوری شد. آنالیز این نمونه‌ها شاخص خوبی برای ارزیابی عناصر موجود در گرد و غبار منطقه می‌باشد راشکی و همکاران؛ ۲۰۱۳).

#### ۳.۲. آنالیز شیمیایی ذرات گرد و غبار

آنالیز شیمیایی ذرات گرد و غبار به مراتب معمول‌تر از آنالیز کانی‌شناسی می‌باشد، زیرا آنالیز شیمیایی با مقدار کمتری از نمونه گرد و غبار راحت‌تر انجام می‌شود (لین<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۱، ۱۹۹۴). تعیین ترکیب شیمیایی گرد و غبار موجود در هوا برای تشخیص منشاء احتمالی، کمی‌سازی مدل‌های اقلیمی و همچنین درک اثرات احتمالی گرد و

1 Wang  
2 Goossens  
3 Abed  
4 Leinen

غبار بر روی سلامتی، خاک، بارش، زیست-زمین-شیمی اقیانوس‌ها و پدیده‌های هواشناسی از اهمیت خاصی برخوردار است (گودی و همکاران؛ ۲۰۰۶). در بهار و تابستان ۱۳۹۲ و در طی مدت زمان غالب بودن طوفان‌های گرد و غبار در منطقه، نمونه‌برداری از گرد و غبار ریزشی از ۵ ایستگاه نمونه‌برداری واقع در بخش شهداد انجام شد. پس از جمع‌آوری نمونه‌های گرد و غبار و خاک سطحی، این نمونه‌ها به آزمایشگاه دانشگاه پروتوریا واقع در کشور آفریقای جنوبی، انتقال داده شدند. به منظور تعیین خصوصیات شیمیایی گرد و غبار از جمله عناصر اصلی و کمیاب از روش فولورانس اشعه ایکس (XRF)<sup>۱</sup> استفاده شد.

### ۳.۳. فاکتور غنی‌سازی

انتشار ذرات گرد و غبار در مناطق خشک عمدتاً از ترکیبات پوسته‌ای می‌باشد اما در مناطق شهری و پرجمعیت منشأ انسانی ترکیب اصلی ذرات می‌باشد. از این رو ترکیبات شیمیایی مختلف در شهرها مربوط به خصوصیات شهرها از قبل صنعتی بودن، پرجمعیت بودن، معدنی بودن و موارد دیگر می‌باشد. برای فرق گذاشتن بین منشأ پوسته‌ای و غیر پوسته‌ای گرد و غبار، محاسبه فاکتور غنی‌سازی (EF)<sup>۲</sup> مربوط به ترکیبات پوسته فوقانی زمین الزامی می‌باشد (ژانگ<sup>۳</sup> و همکاران؛ ۲۰۰۳).

برای محاسبه فاکتور غنی‌سازی از مقایسه غلظت هر عنصر در مقابل غلظت عنصر مشابه (عنصر پوسته)، استفاده می‌شود. این کار برای فرق گذاشتن بین منشأ پوسته‌ای یا انسانی و ارزیابی منشأ احتمالی گرد و غبار کاربرد دارد. معمولاً عناصر Si، AL و Fe را به عنوان عنصر مرجع انتخاب می‌کنند اما دانشمندان ترجیح می‌دهند از Si به عنوان عنصر مرجع در محاسبه فاکتور غنی‌سازی استفاده کنند (راشکی و همکاران؛ ۲۰۱۳، ۲۲۷). محاسبه فاکتور غنی‌سازی برای ترکیبات پوسته‌ای (EFCrust) به روش زیر انجام می‌شود (وانگ و همکاران؛ ۲۰۰۳، ۲۹۳۵):

$$EF_{\text{crust}} = [E/R]_{\text{Air}} / [E/R]_{\text{Crust}}$$

که در آن E غلظت عنصری است، R یک عنصر مرجع از مواد پوسته‌ای می‌باشد و  $[E/R]_{\text{Air}}$  نسبت غلظت E به R در نمونه گرد و غبار رسوب کرده و  $[E/R]_{\text{Crust}}$  نسبت E به R در پوسته زمین می‌باشد. عناصر با  $EF_s=10$  یا کمتر از آن بیشتر از خاک یا منشأ پوسته‌ای حاصل می‌شوند در حالی که عناصری با  $EF_s=10-104$  منشأ غیرپوسته‌ای یا انسان‌ساز دارند و در اثر فعالیت‌های انسانی بوجود می‌آیند لوی<sup>۴</sup> و همکاران؛ (۲۰۱۰).

1 X-ray Fluorescence

2 Enrichment Factors

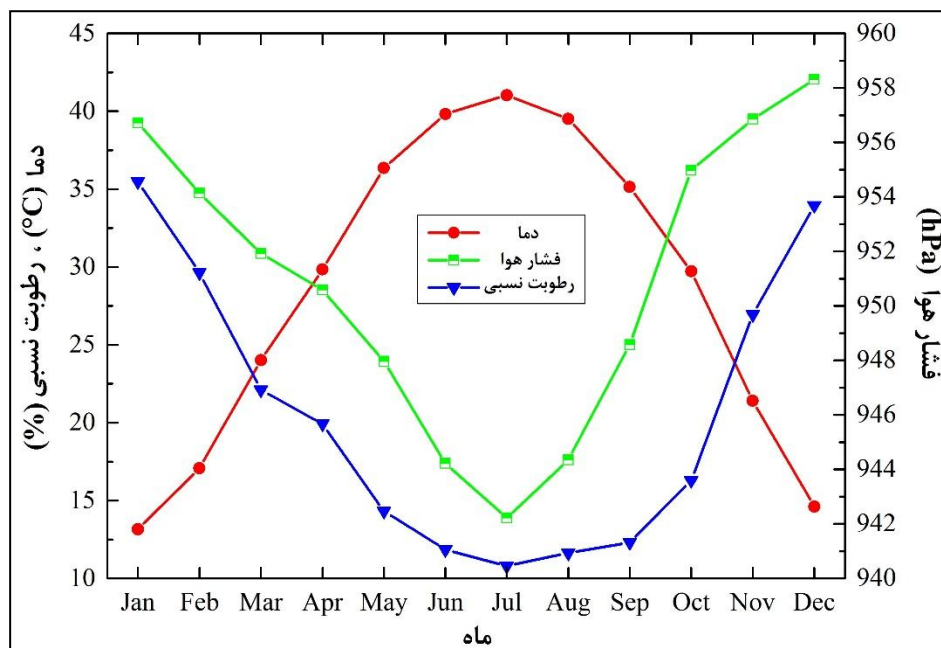
3 Zhang

4 Lue

## ۴. بحث و نتایج

## a. هواشناسی و اقلیم شهداد

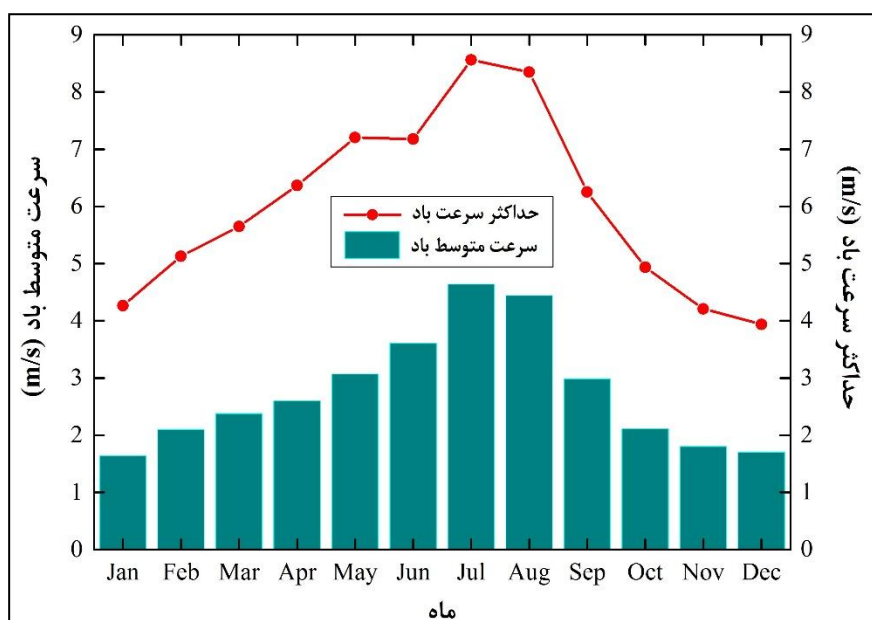
عوامل و عناصر اقلیمی و هواشناسی از جمله مولفه‌های تاثیر گذار در وقوع پدیده گرد و غبار می‌باشند (براتی و همکاران؛ ۳۱، ۱۳۹۰)، از این رو بررسی این عوامل می‌تواند در چگونگی شکل‌گیری گرد و غبار و زمان وقوع آن به ما کمک کند. شکل ۲ تغییرات سالانه میانگین درجه حرارت، رطوبت نسبی و فشار هوای شهداد را در دوره آماری ۲۰۱۲-۲۰۰۴ نشان می‌دهد. بر طبق داده‌های ایستگاه هواشناسی شهداد و همچنین میانگین ماهانه درجه حرارت، کمترین دما در ژانویه (۱۳ درجه سانتی‌گراد) و بیشترین دما در جولای (۴۱ درجه سانتی‌گراد) ثبت شده است. در فصل تابستان دمای بالای ۵۰ درجه سانتی‌گراد نیز در منطقه شهداد ثبت شده، حتی در ایستگاه A دمای بالای ۶۰ درجه نیز مشاهده شده است. مجاورت شهداد با بیابان لوت و همچنین ارتفاع کم منطقه باعث شکل‌گیری نظریه گرم‌ترین نقطه زمین در منطقه شهداد شده است که ثبت دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در ۱۰۰ کیلومتری شمال شرق شهداد موید آن است. وضعیت رطوبت نسبی عکس دما می‌باشد؛ به این صورت که بیشترین رطوبت نسبی در ماه ژانویه (۳۶٪) و کمترین مقدار آن در ژولای (۱۱٪) می‌باشد. روند افزایش و کاهش فشار هوا نیز مانند روند رطوبت نسبی است. فشار هوا در فصل سرد سال بیشترین مقدار (۹۵۸ hPa) و در فصل گرم سال کمترین مقدار (۹۴۲ hPa) را دارد.



شکل ۲ میانگین تغییرات ماهانه دما، رطوبت نسبی و فشار هوا در دوره ۲۰۱۲-۲۰۰۴ در شهداد

شرایط ذکر شده و همچنین اختلاف توپوگرافی شهداد با مناطق اطراف باعث بوجود آمدن شرایط جوی ناپایداری در فصل تابستان می‌شود که بعضاً بادهایی با سرعت بیش از ۱۰ متر بر ثانیه را در منطقه به دنبال دارد

(شکل ۳)، حتی تندبادهایی با سرعت ۲۰ متر بر ثانیه نیز در شهداد به ثبت رسیده است. این بادهای شدید بیشتر به علت تفاوت درجه حرارت و بوجود آمدن اختلاف فشار بین منطقه شهداد و ارتفاعات اطراف آن است. شکل ۳ میانگین تغییرات سرعت متوسط باد و میانگین تغییرات حداکثر سرعت باد را به صورت ماهانه برای شهداد نشان می‌دهد. با توجه به نمودار شکل ۳ بیشترین سرعت متوسط باد (۲٫۸-۴٫۶ متر بر ثانیه) و همچنین بیشترین مقدار حداکثر سرعت باد (۶-۸٫۶ متر بر ثانیه) در فصل تابستان رخ می‌دهد. از این رو سرعت متوسط باد در جولای به ۴٫۶ متر بر ثانیه می‌رسد و متناظرا حداکثر سرعت باد در این ماه ۸٫۶ متر بر ثانیه است. کمترین سرعت باد در فصل پاییز می‌باشد و دسامبر با دارا بودن سرعت متوسط ۱٫۷ متر بر ثانیه و حداکثر سرعت ۳٫۹ متر بر ثانیه، پایین‌ترین سرعت باد ماهانه را در سال تجربه می‌کند.

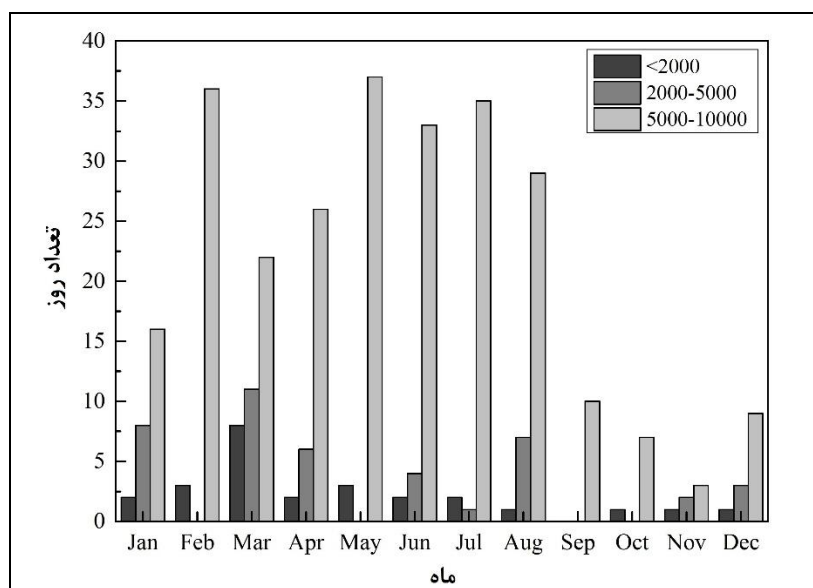


شکل ۳ میانگین تغییرات سرعت متوسط و سرعت حداکثر باد در دوره ۲۰۱۲-۲۰۰۴ در شهداد

اما قابلیت دید روندی متفاوت با سرعت باد دارد. قابلیت دید در زمستان کاهش قابل توجهی دارد، به طوری که روزهای همراه با گرد و غبار روند افزایشی در فصل زمستان دارند. شکل ۴ تعداد روزهای با حداقل دید کمتر از ۲۰۰۰ متر، ۲۰۰۰-۵۰۰۰ متر و ۵۰۰۰-۱۰۰۰۰ متر را در دوره آماری ۲۰۱۲-۲۰۰۴ برای شهداد نشان داده است. در فصل زمستان تعداد روزهای با حداقل دید کمتر از ۲۰۰۰ متر ۱۳ روز، حداقل دید ۲۰۰۰-۵۰۰۰ متر ۱۹ روز و برای حداقل دید ۵۰۰۰-۱۰۰۰۰ متر ۷۴ روز مشاهده شده است. در مقابل فصل پاییز کمترین روزهای گرد و غباری دارد. در پاییز روزهای با حداقل دید کمتر از ۲۰۰۰ متر ۳ روز، ۲۰۰۰-۵۰۰۰ متر ۵ روز و ۵۰۰۰-۱۰۰۰۰ متر ۱۹ روز می‌باشند. سپتامبر دارای کمترین روزهای گرد و غباری (۱۰ روز) و مارس دارای بیشترین روزهای گرد و غباری (۴۱ روز) می‌باشد. با توجه به این که حداکثر سرعت باد در تابستان اتفاق می‌افتد انتظار می‌رود که روزهای با حداقل دید

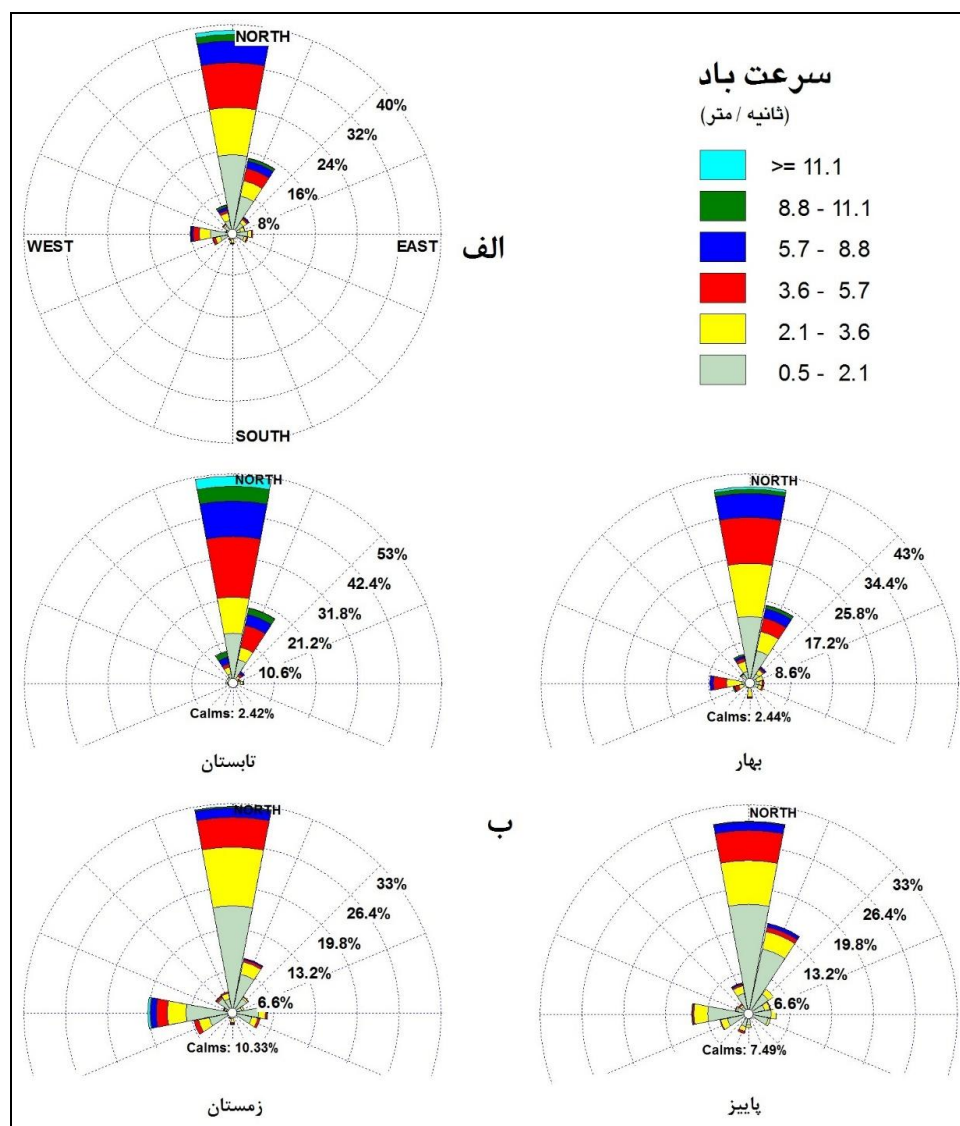


پایین بیشترین تعداد را در تابستان داشته باشند، ولی بیشترین روزهای گرد و غباری در فصل زمستان ثبت شده است. دلیل امر می‌تواند دوری ایستگاه هواشناسی شهداد با منطقه غبار خیز شرق شهداد باشد. به طوری که چهار ایستگاه A, B, C و E که در شرق شهداد و موازی با کلوته‌ها قرار گرفته‌اند بیشتر تحت تاثیر طوفان‌های گرد و غبار قرار می‌گیرند. به عبارتی دیگر باد غالب شمالی رسوبات ریز بستر رودخانه شور واقع در بالادست کلوته‌ها را در امتداد کلوته‌ها حمل می‌کند و دوری ایستگاه هواشناسی شهداد از این منطقه باعث می‌شود که روزهای گرد و غباری در این ایستگاه ثبت نشوند و در نتیجه شهداد کمتر تحت تاثیر طوفان‌های گرد و غبار بخصوص در فصل تابستان قرار بگیرد.



شکل ۴ تعداد روزهای با حداقل دید <2000 متر، 2000-5000 متر و 5000-10000 متر در دوره 2004-2012 در شهداد

بررسی گلباد منطقه نیز موید باد غالب شمالی است. شکل ۵ گلباد فصلی شهداد را در دوره 2004-2012 نشان می‌دهد که در 16 جهت و در 6 کلاس سرعت طبقه‌بندی شده است. در تمامی فصل‌ها باد شمالی غالب است مخصوصاً در تابستان که بیشترین درصد بادهای شدید ( $>11.1 \text{ m/s}$ ) را دارا می‌باشد. در این فصل بادهای آرام 2/42 درصد کل بادهای را به خود اختصاص داده که پایین‌ترین درصد بادهای آرام در بین فصول است. بادهای شدید در این فصل در وقوع طوفان‌های گرد و غبار منطقه شهداد نقش بسزایی دارند. زمستان با 10/33 درصد بیشترین بادهای آرام را دارد. در زمستان بیش از 13 درصد از مجموع کل بادهای از سمت غرب می‌وزد و احتمالاً یکی از دلایل افزایش روزهای گرد و غباری در زمستان همین باد غربی است که ایستگاه شهداد بهتر می‌تواند این روزها را ثبت کند. 7/49 و 2/44 به ترتیب درصد بادهای آرام در پاییز و بهار می‌باشند. غالب بودن باد شمالی در بخش شهداد دلیل ایجاد طوفان‌های گرد و غبار در این منطقه می‌باشد که این طوفان‌ها در جهت باد، منطقه شهداد را تحت تاثیر خود قرار می‌دهند. کلوته‌ها و یاردانگ‌های شهداد نیز موید قدمت باد غالب شمالی در این منطقه می‌باشند (شکل ۱).

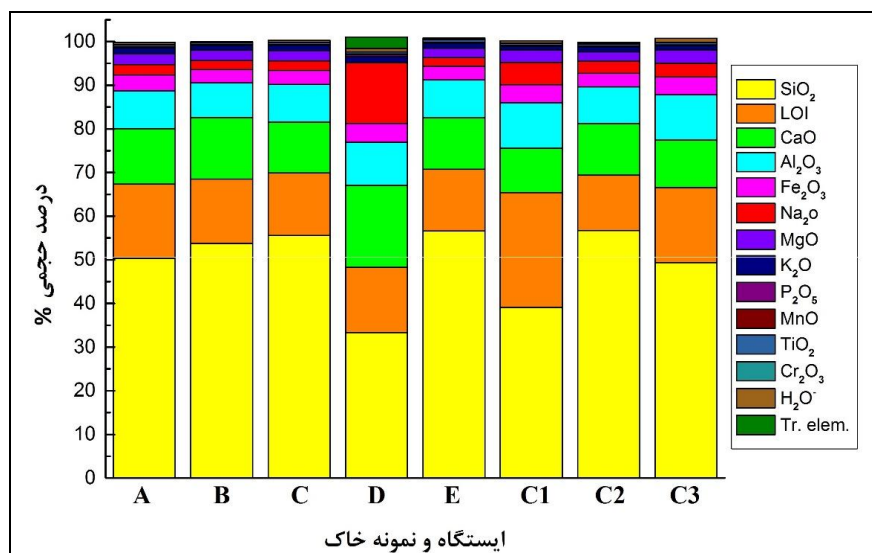


شکل ۵ گلباد الف- سالانه و ب- فصلی شهداد در دوره ۲۰۱۲-۲۰۰۴

### b. ترکیب عناصر اصلی گرد و غبار

آنالیز شیمیایی ذرات گرد و غبار می‌تواند فلزات سنگین و همچنین عناصر کمیاب که معمولاً برای سلامتی انسان‌ها مضر هستند را شناسایی کند. مطالعات دانشمندان نشان داده است که ترکیب اصلی عناصر اصلی گرد و غبار جهانی  $\text{SiO}_2$  (۵۹/۹۹٪)،  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (۱۴/۱۳٪)،  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (۶/۸۵٪)،  $\text{CaO}$  (۳/۹۴٪)،  $\text{MgO}$  (۲/۶۰٪) و  $\text{K}_2\text{O}$  (۲/۳۵٪) می‌باشد (گودی و همکاران؛ ۲۰۰۶). طی آنالیز شیمیایی نمونه گرد و غبار جمع‌آوری شده در بهار و تابستان ۱۳۹۲ و همچنین نمونه خاک سطحی در منطقه شهداد، ۱۳ عنصر اصلی شناسایی شد (شکل ۶). با توجه به نمودار شکل ۶ در تمام نمونه‌های گرد و غبار جمع‌آوری شده و همچنین ۳ نمونه خاک منشاء،  $\text{SiO}_2$  مشابه با

میانگین درصد عناصر عمده جهانی، عنصر عمده و اصلی می‌باشد. این اکسید ترکیب اصلی کوارتز است و دلیل افزایش آن فراوانی کانی کوارتز در منطقه است. میانگین  $\text{SiO}_2$  در منطقه شهداد ۴۹/۳۵٪ می‌باشد که از میانگین این عنصر در جنوب شرقی (۴۷٪) و جنوب غربی (۳۸٪) ایران بیشتر است (زراسوندی و همکاران، ۲۰۱۱؛ راشکی و همکاران؛ ۲۰۱۳). غالب بودن عناصر اصلی در ۵ ایستگاه نمونه‌برداری و ۳ نمونه خاک سطحی به این ترتیب می‌باشند:  $\text{SiO}_2$  (۳۳/۳۳-۵۵/۵۹٪)، LOI (۱۲/۶۸-۲۶/۳۱٪)، CaO (۱۰/۱۲-۱۸/۷۶٪)،  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (۷/۹۷-۱۰/۴۵٪)، مقدار کمی آهن  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (۳/۰۴-۴/۳۴٪)،  $\text{Na}_2\text{O}$  (۲/۰۴-۱۳/۹۱٪)، MgO (۰-۳/۰۳٪) و  $\text{K}_2\text{O}$  (۰/۸۵-۱/۳۷٪)، همچنین مقادیر اندکی (<۱٪) از عناصر  $\text{H}_2\text{O}$ ،  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ،  $\text{TiO}_2$ ،  $\text{MnO}$ ،  $\text{P}_2\text{O}_5$  در نمونه گرد و غبار منطقه توسط آنالیز XRF مشخص شد.



شکل ۶ عناصر اصلی (اکسیدها) گرد و غبار در ۵ ایستگاه و سه نمونه خاک منشاء در منطقه شهداد

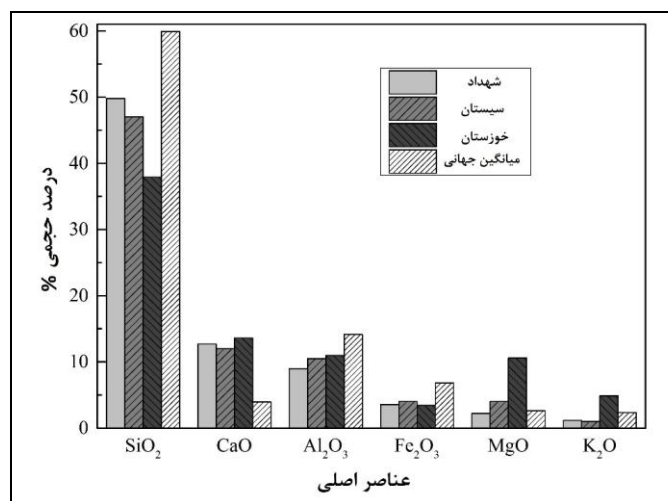
ایستگاه D واقع در اداره منابع طبیعی شهداد به علت فاصله داشتن از ایستگاه‌های دیگر، کمتر تحت تاثیر طوفان-های گرد و غبار قرار می‌گیرد. بعلاوه در مدت زمان نمونه‌برداری گرد و غبار چندین دفعه بارندگی در بخش مرکزی شهداد رخ داد که نمونه‌های ایستگاه D را خراب کرد ولی در ایستگاه‌های دیگر بارندگی صورت نگرفت. به همین علت نمونه بسیار ناچیزی از ایستگاه D برداشت شد که عناصر کمیاب به علت کم بودن نمونه شناسایی نشدند و مجموع عناصر کمیاب این ایستگاه در نمودار D آورده شده (شکل ۶) که مقدار آنها ۲/۶۴ درصد حجم کل نمونه ایستگاه D می‌باشد. تفاوت در عناصر عمده ایستگاه D با بقیه ایستگاه‌های نمونه‌برداری نیز حاکی از متفاوت بودن منشاء گرد و غبار است. به طوری که ملاحظه می‌شود مقدار  $\text{SiO}_2$  در ایستگاه D کم و ۳۳/۳۳ درصد است ولی در

ایستگاه‌های دیگر مقدار آن بین ۵۰/۳۴-۵۶/۵۷ درصد می‌باشد. همچنین در این ایستگاه مقدار  $\text{CaO}$  (۱۸/۷۶٪) و  $\text{Na}_2\text{O}$  (۱۳/۹۱٪) بیشتر از ایستگاه‌های دیگر است، بنابراین ایستگاه D در بین بقیه ایستگاه‌ها یک استثنا به حساب می‌آید. از ایستگاه A در شمال منطقه تا ایستگاه E در جنوب منطقه و در جهت باد مقدار  $\text{SiO}_2$  افزایش یافته است. افزایش  $\text{SiO}_2$  در پی افزایش کانی کوارتز صورت می‌گیرد و از آنجا که کوارتز جزء کانی‌های سنگین می‌باشد و بیشتر در نزدیکی منشاء رسوب می‌کند (حجتی<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۲)، انتظار می‌رود که از ایستگاه A واقع در شمال منطقه تا ایستگاه E در جنوب منطقه مقدار عنصر  $\text{SiO}_2$  کاهش یابد، اما این مقدار افزایش یافته است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که گرد و غبار رسوب کرده بیشتر از نزدیکی ایستگاه‌های نمونه‌برداری منشاء گرفته و مناطق پایین‌دست شهادت نسبت به مناطق بالادست دارای مقدار بیشتری کانی کوارتز می‌باشند. مقدار LOI (۱۷/۰۱-۱۴/۱۶٪) از شمال به جنوب کاهش یافته است. مقدار  $\text{CaO}$  در ایستگاه B ۱۴٪ و در ایستگاه‌های A، C و E تقریباً ۱۲٪ است. درصد وزنی  $\text{Al}_2\text{O}_3$  و  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  در ایستگاه‌های A، B، C و E تقریباً ثابت و به ترتیب ۸/۴۸٪ و ۳/۲۶٪ می‌باشد.

نتیجه جالبی از مقایسه میانگین عناصر اصلی موجود در گرد و غبار و خاک منشاء به‌دست آمد. میانگین مقدار  $\text{SiO}_2$  موجود در گرد و غبار ۵۴/۰۶ درصد و میانگین مقدار همین عنصر در خاک منشاء ۴۸/۴۰ درصد می‌باشد. همان‌طور که مشاهده می‌شود مقدار  $\text{SiO}_2$  موجود در گرد و غبار بیشتر از مقدار آن در خاک منشاء می‌باشد. همچنین مقدار  $\text{CaO}$  در گرد و غبار ۱۲/۵۶ درصد و مقدار آن در خاک منشاء ۱۰/۹۲ درصد می‌باشد. در نتیجه خاک منطقه شهادت در حال غنی شدن از عنصر  $\text{SiO}_2$  و  $\text{CaO}$  می‌باشد. بعلاوه مقدار عناصر LOI،  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ،  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ،  $\text{Na}_2\text{O}$  و  $\text{MgO}$  موجود در خاک منشاء بیشتر از گرد و غبار است؛ در نتیجه خاک منطقه شهادت در حال تهی شدن از این عناصر می‌باشد.

شکل ۷ مقایسه شش عنصر اصلی  $\text{SiO}_2$ ،  $\text{CaO}$ ،  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ،  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ،  $\text{MgO}$  و  $\text{K}_2\text{O}$  منطقه شهادت را با سیستان واقع در جنوب شرقی ایران و منطقه خوزستان در جنوب غربی ایران و همچنین با میانگین جهانی نشان می‌دهد (زرأسوندی و همکاران؛ ۲۰۱۱، ۱۳۸؛ راشکی و همکاران؛ ۲۰۱۳، ۲۲۷). مقدار  $\text{SiO}_2$  در شهادت نزدیک به ۵۰٪ می‌باشد که از سیستان در جنوب شرق ایران (۴۷٪) و خوزستان در جنوب غرب ایران (۳۸٪) بیشتر است. اما از میانگین جهانی  $\text{SiO}_2$  که ۵۹/۹٪ می‌باشد کمتر است. غالب بودن  $\text{SiO}_2$  منعکس کننده اهمیت کوارتز در گرد و غبار هوا برد می‌باشد (گودی و همکاران؛ ۲۰۰۶)، بنابراین مقدار کانی کوارتز در گرد و غبار ایران کمتر میانگین جهانی است و همچنین مقدار کوارتز موجود در گرد و غبار شهادت بیشتر از مناطق سیستان و خوزستان می‌باشد. مقدار  $\text{CaO}$  در شهادت ۱۲/۷٪ می‌باشد که نزدیک به مقدار  $\text{CaO}$  در سیستان (۱۲٪) است و اندکی کمتر از خوزستان (۱۳/۶٪) می‌باشد. اما میانگین جهانی  $\text{CaO}$  پایین و ۳/۹۴٪ می‌باشد که تقریباً یک چهارم مناطق ذکر شده در ایران می‌باشد. دلیل این امر می‌تواند منشاء بیابانی اکثر ذرات گرد و غبار در ایران باشد. بارندگی در بیابان و در فصل تابستان جداسازی ترکیبات کلسیم‌دار را تسهیل می‌کند و باعث افزایش  $\text{Ca}$  در گرد و غبار منشاء گرفته از بیابان می‌-

شود (وو<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۹).  $Al_2O_3$  در شهداد کمترین مقدار را دارد (۹٪) و میانگین جهانی آن ۱۴/۱۳٪ است که بیشتر از نقاط مورد مطالعه در ایران می‌باشد. میانگین جهانی  $Fe_2O_3$  (۶/۸٪) بیشتر از مقدار آن در شهداد، سیستان و خوزستان می‌باشد (۳/۷٪). همچنین مقدار  $MgO$  و  $K_2O$  خوزستان بیشتر از سیستان، شهداد و میانگین جهانی می‌باشد و این عناصر در این مناطق (به غیر خوزستان) کمتر از ۵٪ را به خود اختصاص داده‌اند.



شکل ۷ مقایسه برخی از عناصر اصلی شهداد با منطقه سیستان، خوزستان و میانگین جهانی

### c. عناصر کمیاب

درصد زیادی از عناصر کمیاب بواسطه هوازدگی و فرسایش سنگ‌های آذرین و دگرگونی بوجود می‌آیند (کاسپر-زویلاگا<sup>۲</sup> و همکاران؛ ۲۰۰۸) آنالیز عناصر کمیاب خاک می‌تواند در ارزیابی منشاء رسوبات گرد و غبار به ما کمک کند (زرأسوندی و همکاران؛ ۲۰۱۱). جدول ۱ غلظت عناصر کمیاب (ppm) را در نمونه گرد و غبار جمع‌آوری شده در چهار ایستگاه A, B, C و E و همچنین سه نمونه خاک منشاء در منطقه شهداد نشان می‌دهد. این غلظت‌ها توسط آنالیز XRF مشخص شده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که مقدار قابل توجهی از عناصر کمیاب Sr و Ba نسبت به دیگر عناصر در بین ایستگاه‌های نمونه‌برداری در منطقه شهداد وجود دارند؛ که ایستگاه A نسبت به دیگر ایستگاه‌ها مقدار بیشتری از این عناصر دارا می‌باشد. در بین نمونه‌های خاک نیز Sr و Ba غالب هستند. به طور کلی مقدار Sr در نمونه‌های گرد و غبار بیشتر از خاک منشاء است ولی مقدار Ba در خاک منشاء بیشتر است. افزایش Sr در پی افزایش عنصر اصلی LOI در منطقه است و هر جا LOI افزایش یافته Sr نیز افزایش یافته است. همان‌طور که در شکل ۶ نشان داده شده است ایستگاه A در شمال منطقه بیشترین مقدار LOI، و ایستگاه E در جنوب منطقه کمترین مقدار LOI را دارند. غبار استرانسیم موجود در هوا در

1 Wu

2 Kasper-Zubillaga

اثر فعالیت‌های انسانی مانند سوختن زغال و نفت حاصل می‌شود؛ به همین علت همیشه میزان مشخصی از آن در هوا وجود دارد. بعلاوه این عنصر در اثر هوازگی سنگ‌ها نیز بوجود می‌آید. عنصر استرانسیم معمولاً در محیط زیست اندک است و برای سلامتی مضر نیست ولی جذب بیش از ۱۰۰۰ ppm از این عنصر باعث اختلال در رشد استخوان‌ها می‌شود و در کودکان نیز باعث اختلالات رشد می‌شود (کولاروسو<sup>۱</sup> و همکاران؛ ۲۰۰۶). عنصر Zr نیز از ایستگاه A تا ایستگاه E محدوده ۱۶۷-۱۴۶ را در بر می‌گیرد که از شمال به جنوب کاهش یافته است. زیرکونیم در طبیعت به صورت آزاد یافت نمی‌شود و منبع مهم آن کانی‌های سیلیکاتی می‌باشد (موچان<sup>۲</sup> و همکاران؛ ۱۹۶۹)، و افزایش عنصر SiO<sub>2</sub> علت حضور آن در منطقه است. بقیه عناصر در ۴ ایستگاه نمونه برداری حالتی مشابه دارند و معمولاً مقدار آن‌ها در ایستگاه A ماکسیمم است و در حرکت به سمت جنوب منطقه از مقدار آن‌ها کاسته می‌شود.

جدول ۱ مقدار عناصر کمیاب گرد و غبار ایستگاه‌های A، B، C و E و سه نمونه خاک منشاء در شه‌اد

Parts per million (ppm)	St. A	St. B	St. C	St. E	C1	C2	C4
Sr	491	415	378	353	338	391	435
Ba	297	249	267	275	322	293	307
Zr	167	157	148	146	121	125	151
Zn	143	236	157	94	75	43	60
Cr	76	58	67	65	75	61	80
V	70	62	66	62	89	60	84
Rb	51	41	46	46	75	45	65
Ce	47	35	40	32	60	45	51
Ni	29	20	27	27	39	25	40
Nd	24	20	20	17	28	23	24
Cu	23	16	28	19	24	19	21
La	21	18	24	24	23	22	22
Y	16	14	14	14	17	14	17
Pb	15	12	14	12	18	13	15
Sc	13	12	12	11	16	12	13
Sm	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Ga	10	8.8	9.4	9.2	13	9.1	12
Co	9.1	6.7	7	8.5	12	7.7	12
Nb	8.6	7.3	8.3	8.6	10	7.8	10
As	7.6	8.8	8.8	6.5	13	11	13
Hf	6.7	7	7.7	6.5	3.1	5.3	5.3
Th	6.3	5.4	5.1	6.1	7.8	5.4	8.7
Cs	<5	<5	<5	<5	6.2	<5	6.1
Yb	4.6	<3	<3	4.2	5.9	<3	<3
Br	4	<2	3.1	2.3	4.4	<2	2.5
U	3.1	3.8	2.5	2.7	3.8	3.7	4.3
Bi	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Tl	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
W	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Ta	<2	<2	<2	2.1	<2	<2	<2
Mo	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Ge	1.6	1.2	1.7	1.4	<1	1.8	1.5
Se	<1	<1	<1	<1	1.2	<1	1.4

1 Colarusso

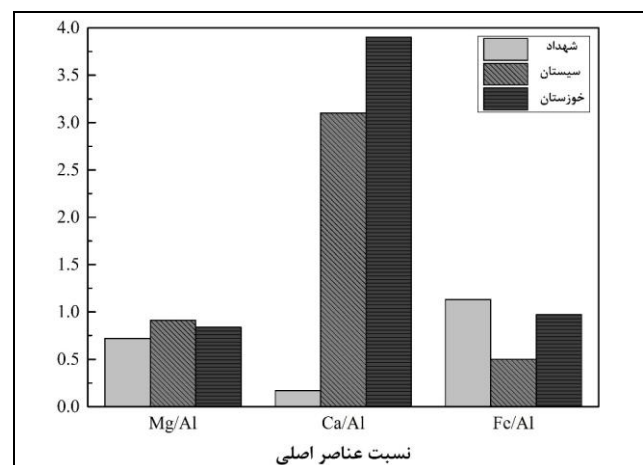
2 Movchan

بررسی نسبت عناصر اصلی گرد و غبار اطلاعات مفیدی راجع به ترکیب شیمیایی ذرات گرد و غبار و منشاء آنها فراهم می‌کند (راشکی و همکاران؛ ۲۰۱۳). طبق جدول ۲، نسبت Si/Al در تمامی ایستگاه‌ها به غیر از ایستگاه D، نزدیک به هم است و در محدوده‌ای ۰/۹۳-۱/۲۵ قرار دارد. مقدار عناصر Si و Al نزدیک به هم است و دلیل حضور آنها فراوانی کانی‌های سیلیکاتی و آلومینوسیلیکات در منطقه می‌باشد. علت ناچیز بودن مقدار Si/Al در ایستگاه D (۰/۰۷)، کاهش کانی‌های سیلیکاتی در بخش مرکزی شهداد است. فعالیت‌های انسانی در منطقه مسکونی شهداد باعث افزایش عنصر Al ( $EF_{Al}=12.3$ ) در ایستگاه D شده است (جدول ۳). همچنین نسبت‌های Mg/Al، Ca/Al و Fe/Al در محدوده نزدیک به هم می‌باشند و کانی‌های رسی و کلسیت در حضور آنها در منطقه شهداد دخالت دارد.

جدول ۱ نسبت عناصر اصلی در نمونه گرد و غبار ایستگاه‌های A، B، C، D و E در منطقه شهداد

Site	St. A	St. B	St. C	St. D	St. E
Si/Al	0.93	1.08	1.2	0.07	1.25
Mg/Al	0.69	0.68	0.69	0.84	0.7
Ca/Al	0.17	0.09	0.22	0.14	0.21
Fe/Al	1.13	1.12	1.14	1.14	1.14

شکل ۷ مقایسه نسبت عناصر اصلی Mg/Al، Ca/Al و Fe/Al را در شهداد با منطقه سیستان در جنوب شرقی ایران و منطقه خوزستان در جنوب غربی ایران نشان می‌دهد (زرأسوندی و همکاران، ۲۰۱۱؛ ۱۳۸، راشکی و همکاران؛ ۲۰۱۳، ۲۲۷). نسبت Mg/Al در هر سه منطقه نزدیک به هم (۰/۷۲-۰/۹۱) می‌باشد، که کمترین مقدار آن در شهداد (۰/۷۲) و بیشترین مقدار آن در سیستان (۰/۹۱) است. مقدار Mg/Al در خوزستان ۰/۸۴ می‌باشد. نسبت Ca/Al در شهداد بسیار پایین و ۰/۱۷ می‌باشد. این نسبت در خوزستان بالا و ۳/۹ است. نسبت Ca/Al در سیستان نیز ۳/۱ می‌باشد. همچنین نسبت Fe/Al محدوده ۰/۵-۱/۱۳ را در اختیار دارد که اولویت این نسبت به ترتیب در شهداد، خوزستان و سیستان است.



شکل ۸ مقایسه نسبت عناصر اصلی شهداد با سیستان و خوزستان

**d. بررسی فاکتور غنی سازی**

فاکتور غنی سازی برای عناصر اصلی و کمیاب گرد و غبار شهاداد در ۵ ایستگاه نمونه برداری محاسبه شده است (جدول ۳). نتایج نشان دهنده طبیعی بودن منشاء گرد و غبار برای ایستگاه‌های A, B, C و E و انسانی بودن منشاء گرد و غبار برای ایستگاه D می‌باشد. به علت ناچیز بودن نمونه گرد و غبار ایستگاه D، عناصر کمیاب آن شناسایی نشدند و فقط عناصر اصلی آن شناسایی شد. در مورد عناصر اصلی ایستگاه D فقط دو عنصر Na و Ca دارای EF کمتر از ۱۰ هستند و منشاء طبیعی دارند و مابقی عناصر دارای EF بالای ۱۰ می‌باشند که عوامل انسان‌ساز در پیدایش این عناصر دخیل می‌باشد. ایستگاه D در اداره منابع طبیعی شهاداد مستقر شده است و به علت مسکونی بودن منطقه، عوامل انسان‌ساز در ترکیب گرد و غبار این ایستگاه اثر می‌گذارند. همچنین ایستگاه D با ایستگاه‌های دیگر در یک راستا نمی‌باشد و در نتیجه جریان باد و گرد و غباری که بقیه ایستگاه‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهد ایستگاه D را متاثر نمی‌کند (شکل ۱). به همین علت ترکیب عناصر عمده و EF ایستگاه D با بقیه ایستگاه‌ها متفاوت است. اما ۴ ایستگاه A, B, C و E با قرار گرفتن در یک امتداد، متاثر از منشایی واحد هستند؛ به همین علت EF این ۴ ایستگاه در عناصر اصلی و کمیاب نزدیک به هم می‌باشد. مقدار EF برای Zn, Hf, Sr و Zr بیش از ۱ است (۳-۱)، و برای بقیه عناصر کمتر از ۱ می‌باشد. همچنین مقدار EF در بیشتر عناصر در ایستگاه A حداکثر مقدار را دراد و در حرکت به سمت جنوب، مقدار آن کم می‌شود و در ایستگاه E به حداقل مقدار خود می‌رسد. در نتیجه شدت طبیعی یا پوسته‌ای بودن گرد و غبار در جنوب منطقه شهاداد بیشتر از شمال آن است. مقدار EF برای کلیه عناصر اصلی کمتر از ۱ می‌باشد، که این موضوع نشان دهنده طبیعی بودن این عناصر است و عوامل انسانی در افزایش آن‌ها تاثیری نداشته است.

جدول ۳ فاکتور غنی سازی عناصر اصلی و کمیاب ایستگاه‌های A, B, C, D و E

EFs	St. A	St. B	St. C	St. D	St. E
Zn	2.16	3	1.84	-	1.06
Hf	1.31	1.16	1.17	-	0.95
Sr	1.13	0.81	0.68	-	0.61
Zr	1.13	0.89	0.78	-	0.74
Cu	0.96	0.57	0.91	-	0.59
Cr	0.94	0.61	0.65	-	0.6
Na	0.93	0.8	0.73	7.88	0.71
Al	0.92	0.79	0.72	12.3	0.69
Mg	0.9	0.77	0.71	14.8	0.69
Fe	0.9	0.77	0.7	12.2	0.68
Mn	0.89	0.75	0.7	12.3	0.67
Cr	0.89	0.75	0.7	12.3	0.67



P	0.89	0.75	0.69	12.3	0.67
Ti	0.89	0.76	0.7	12.3	0.66
Y	0.89	0.66	0.61	-	0.58
K	0.88	0.75	0.69	12	0.66
Pb	0.87	0.59	0.63	-	0.52
Ge	0.87	0.55	0.72	-	0.57
Ba	0.86	0.61	0.6	-	0.6
Nd	0.86	0.6	0.56	-	0.45
La	0.84	0.61	0.75	-	0.72
Sc	0.85	0.66	0.61	-	0.54
Nb	0.83	0.59	0.62	-	0.62
Ce	0.81	0.51	0.53	-	0.41
V	0.81	0.6	0.59	-	0.53
Ga	0.79	0.58	0.57	-	0.54
Th	0.77	0.56	0.49	-	0.56
Co	0.77	0.48	0.46	-	0.54
Ni	0.75	0.44	0.54	-	0.52
Rb	0.74	0.5	0.52	-	0.5
U	0.7	0.73	0.44	-	0.46
ca	0.59	0.28	0.6	6.7	0.55
As	0.55	0.54	0.5	-	0.35

### ۵. نتیجه گیری

یکی از مهم ترین مشکلات مناطق خشک و بیابانی جهان، پدیده گرد و غبار می باشد. افزایش ذرات گرد و غبار در پی افزایش جمعیت و تغییر اقلیم، با تاثیر بر روی سلامتی انسان ها، به عنوان یکی از معضلات زیست محیطی قرن حاضر به حساب می آید. کشور ایران به دلیل قرار گرفتن در کمربند خشک و بیابانی جهان و حضور بیابان های طبیعی در آن، شرایط نامناسبی در زمینه پدیده گرد و غبار تجربه می کند. تاثیر بیابان لوت بر ژئومورفولوژی و ساکنین شهداد قابل انکار نیست. باد غالب شمالی باعث شکل گیری بزرگ ترین کلوتهای و یاردانگها و همچنین بزرگ ترین نیکاهای دنیا در مجاورت شهداد شده است. سرعت و فراوانی باد شمالی در فصل تابستان باعث وقوع پدیده گرد و غبار در منطقه شهداد می شود، اما فاصله ایستگاه هواشناسی شهداد با منطقه بحرانی شرق خود باعث نادیده گرفتن روزهای گرد و غباری شده است. از این رو با وجود شکل گیری پدیده گرد و غبار در مجاورت کلوتهای در شرق شهداد، ایستگاه هواشناسی واقع در بخش مرکزی شهداد قادر به ثبت این پدیده نمی باشد.

برای شناسایی خصوصیات شیمیایی گرد و غبار منطقه شهداد، تعداد ۵ نمونه گرد و غبار جمع‌آوری شده از ایستگاه‌های نمونه‌برداری، مورد مطالعه قرار گرفت. خصوصیات شیمیایی از قبیل عناصر اصلی و عناصر کمیاب گرد و غبار توسط آنالیز XRF مشخص شدند. عناصر اصلی  $\text{SiO}_2$  و LOI به تنهایی بیش از ۶۰٪ حجم نمونه‌ها را به خود اختصاص دادند. همچنین  $\text{CaO}$ ،  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ،  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ،  $\text{Na}_2\text{O}$  و  $\text{MgO}$  درصد قابل توجهی در نمونه‌های گرد و غبار شهداد دارند و عناصر  $\text{K}_2\text{O}$ ،  $\text{P}_2\text{O}_5$ ،  $\text{MnO}$ ،  $\text{TiO}_2$  و  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  -H<sub>2</sub>O درصد بسیار ناچیزی (<۲٪) را به خود اختصاص داده‌اند. عناصر کمیاب Sr و Ba در مقایسه با دیگر عناصر بیشترین مقدار را در نمونه‌های گرد و غبار دارند. برای تعیین منشأ طبیعی یا انسانی گرد و غبار، ۳ نمونه خاک سطحی از منطقه شهداد مورد آزمایش قرار گرفت. با محاسبه فاکتور غنی‌سازی مشخص شد که گرد و غبار رسوب کرده در تمامی ایستگاه‌ها به غیر از ایستگاه D، منشأ طبیعی دارد و گرد و غبار ایستگاه D با دارا بودن EFs بیش از ۱۰ منشأ انسان‌ساز دارد. ترکیب شیمیایی گرد و غبار در ۴ ایستگاه A، B، C و E شبیه به هم می‌باشد و با نمونه‌های خاک جمع‌آوری شده نیز شباهت زیادی دارد. بنابراین گرد و غبار رسوب کرده در این ۴ ایستگاه از مناطق محلی سرچشمه می‌گیرد. همچنین با حرکت از ایستگاه A در شمال منطقه به سمت ایستگاه E در جنوب منطقه و در جهت باد، مقدار عناصر کمیاب و EF کاهش یافته است. بنابراین به نظر می‌رسد که منشأ اصلی گرد و غبار در منطقه شهداد، مناطق شمالی و بالادست کلوته‌ها باشد که در حرکت به سمت جنوب از مقدار عناصر اصلی و کمیاب کاسته می‌شود.

### کتابنامه

- براتی، غ.، ح. لشکری و ف. کرمی (۱۳۹۰). "نقش همگرایی سامانه‌های فشار بر رخداد طوفان‌های غباری استان خوزستان". جغرافیا و توسعه ۲۲: ۳۹-۵۶.
- بهرامی، ح. (۱۳۹۰). "ریزگردها از نگاهی متفاوت". اولین کنگره بین‌المللی پدیده گرد و غبار و مبارزه با آثار زیانبار آن، رامین خوزستان.
- سلوتی، س. م. بابانیانوری (۱۳۹۰). "بیابان گردی در ایران". انتشارات ایرانشناسی: ۲۳۲.
- علویپناه، س. ک. (۱۳۸۱). "مطالعه دمای پدیده‌های سطحی حاشیه یاردانگ‌های بیابان لوت با استفاده از مطالعات میدانی و داده‌های حرارت ماهواره". بیابان ۷: ۷۹-۶۷.
- علیجانی، ب. (۱۳۷۶). "آب و هوای ایران". انتشارات پیام نور.
- A'rabi, M. (2005). *Handbook of strategic planning*. Publication of Office of Cultural research.
- Abed, A. M., Al Kuisi, M. M., & H. A. Khair, H. A. (2009). Characterization of the Khamaseen (spring) dust in Jordan. *Atmospheric Environment*, 43(18), 2868-2876.
- Barati, Gh., Lashkari, K., & Karami, F. (2011). The role of convergence pressure system on dust storms in Khuzestan province. *Geography and Development*, 22, 39-56.

- Colarusso, P., Guo, B., Zhang, KQ & Bernath, PF (1996). High-resolution infrared emission spectrum of strontium monofluoride. *Journal of Molecular Spectroscopy*, 175(1), 158-171.
- Ehsani, A. H., & Quiel, F. (2008). Application of self organizing map and SRTM data to characterize yardangs in the Lut desert, Iran. *Remote Sensing of Environment*, 112(7), 3284-3294.
- Goossens, D., & Offer, Z. Y. (1994). An evaluation of the efficiency of some eolian dust collectors. *Soil Technology*, 7(1), 25-35.
- Goudie, A. S., & Middleton. N. (2006). *Desert dust in the global system*. Springer.
- Hojati, S., Khademi, H., Faz Cano. A., & Landi, A. (2012). Characteristics of dust deposited along a transect between central Iran and the Zagros Mountains. *CATENA*, 88(1), 27-36.
- Kasper-Zubillaga, J. J., Acevedo-Vargas, B., Bermea, O. M., & G. O. Zamora, G. O. (2008). Rare earth elements of the Altar Desert dune and coastal sands, Northwestern Mexico. *Chemie der Erde-Geochemistry*, 68 (1), 45-59.
- Leinen, M., Prospero, J. M., Arnold, E., & Blank, M. (1994). Mineralogy of aeolian dust reaching the North Pacific Ocean: Sampling and analysis. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 99(D10), 21017-21023.
- Lue, Y., Liu, L., Hu, H., Wang, L., Guo, L., Gao, S., Zhang, X., Tang, Y., Qu, Z., & Cao, H. (2010). Characteristics and provenance of dustfall during an unusual floating dust event. *Atmospheric Environment*, 44(29), 3477-3484.
- McTainsh, G., & Strong. C. (2007). The role of aeolian dust in ecosystems. *Geomorphology*, 89(1-2), 39-54.
- Mildrexler, D., Zhao. M., & Running. S. (2006). Where are the hottest spots on Earth? *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 87, 461-467.
- Movchan, B., & Demchishin, A. (1969). Structure and properties of thick condensates of nickel, titanium, tungsten, aluminum oxides, and zirconium dioxide in vacuum. *Fiz. Metal. Metalloved*, 28, 653-60.
- Rashki, A., Eriksson, P. G., Rautenbach, C. J. d. W. Kaskaoutis, D. G., Grote, W., & Dykstra, J. (2013). Assessment of chemical and mineralogical characteristics of airborne dust in the Sistan region, Iran. *Chemosphere*, 90(2), 227-236.
- Reynolds, R., Belnap, J., Reheis, M., Lamothe, P., & Luiszer, F. (2001). Aeolian dust in Colorado Plateau soils: Nutrient inputs and recent change in source. *PNAS*, 98(13), 7123- 7127.
- Selooti, S. M., & D. Babanianuri, D. (2011). Desert tourism in Iran. Iran shenasi Publications: 232. [in Persian]
- Shao, Y., Wyrwoll, K. H., Chappell, A., Huang, J., Lin, Z., McTainsh, G. H., Mikami, M., Tanaka, T. Y., Wang. X., & Yoon, S. (2011). Dust cycle: An emerging core theme in Earth system science. *Aeolian Research*, 2(4), 181-204.
- Wang, X., Wang, T., Dong, Z., Liu, X., & Qian, G. (2006). Nebkha development and its significance to wind erosion and land degradation in semi-arid northern China. *Journal of Arid Environments*, 65(1), 129-141.

- Wang, Y., Zhuang, G., Tang, A., Zhang, W., Sun, Y., Wang, Z., & An, Z. (2007) The evolution of chemical components of aerosols at five monitoring sites of China during dust storms. *Atmospheric Environment*, 41(5), 1091-1106.
- Wang, Y., Zhuang, G., Zhang, X., Huang, K., Xu, C., Tang, A., Chen, J., & An, Z. (2006). The ion chemistry, seasonal cycle, and sources of PM<sub>2.5</sub> and TSP aerosol in Shanghai." *Atmospheric Environment*, 40(16), 2935-2952.
- Wu, G., Xu, B., Zhang, C., Gao, S., & Yao, T. (2009). Geochemistry of dust aerosol over the Eastern Pamirs. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 73(4):977-989
- Zarasvandi, A., Carranza, E. J. M., Moore, F., & Rastmanesh, F. (2011). Spatio-temporal occurrences and mineralogical-geochemical characteristics of airborne dusts in Khuzestan Province (Southwestern Iran). *Journal of Geochemical Exploration*, 111(3), 138-151.
- Zhang, D. D., Peart, M., Jim, C., He, Y., Li, B., & Chen, J. (2003). Precipitation chemistry of Lhasa and other remote towns, Tibet. *Atmospheric Environment*, 37(2), 231-240.