



## توزیع مکانی و زمانی برخی از عناصر سنگین در غبارات اتمسفری منطقه لنجانان

### اصفهان

نجمه نمازی<sup>۱</sup>، محمدحسن صالحی<sup>۲</sup>، جهانگرد محمدی<sup>۳</sup>، رضا مهاجر<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

۲،۳- دانشیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

۴- مربی گروه خاکشناسی، دانشگاه پیام نور شهرکرد

### مقدمه

با افزایش جمعیت و پیشرفت تکنولوژی، فشار بیش از حد به منابع طبیعی و پیامد آن، تخریب طبیعت، افزایش چشمگیری داشته است. آلاینده‌های کشاورزی و صنعتی از عوامل مختل کننده محیط زیست هستند که از بین آن‌ها فلزات سنگین به دلیل غیرقابل تجزیه بودن در غلظت‌های کم نیز خطرناک بوده و در سال‌های اخیر مورد توجه بیشتری قرار گرفته‌اند. این عناصر می‌توانند بوسیله‌ی فعالیت‌های صنعتی و فرونشست اتمسفری (فرایند افزایش به خاک) وارد خاک گردند (بوروکا و همکاران، ۲۰۰۵).

بقایبی و همکاران (۱۳۸۶) تغییرات مکانی سرب و نیکل قابل جذب در خاک‌های اطراف دو کارخانه‌ی مجتمع فولاد مبارکه و ذوب آهن اصفهان را مطالعه کردند. نتایج نشان داد غلظت سرب در نزدیکی ذوب آهن و نیکل در نزدیکی هر دو کارخانه بیشتر از سایر نقاط است. دنکوب (۱۳۸۹) پراکنش مکانی برخی از فلزات سنگین در خاک‌های شهر اصفهان و مناطق اطراف آن را بررسی کرد. وی بیان کرد که بیش‌ترین غلظت فلزات سرب، مس و روی در کاربری‌های شهری و صنعتی وجود دارد.

دی‌میگول و همکاران (۱۹۹۷) نشان دادند که ترکیب عناصر در گرد و غبار خیابان و الگوهای توزیع آن‌ها در تمام محیط‌های یک شهر یکسان نیست، بلکه با توجه به مختصات هر منطقه از شهر متفاوت از یکدیگر است. آنجیو و بانرجی (۲۰۰۳) با هدف اندازه‌گیری میزان عناصر (کادمیم، روی، سرب، نیکل، مس و کروم) نمونه‌هایی از گرد و غبار خیابان از سه مکان متفاوت (صنعتی، دارای ترافیک سنگین و روستایی) را در منطقه دهلی نو در هند جمع‌آوری نمودند. نتایج مقادیر قابل توجهی از کروم، نیکل و مس را در منطقه صنعتی نشان داد. محمودی و همکاران (۱۳۹۰) مطالعه‌ای با تعیین نرخ فرونشست اتمسفری گرد و غبار اتمسفری و غلظت فلزات سنگین در گرد و غبار تعدادی از شهرستان‌های استان اصفهان، طی پنج ماه انجام دادند. نتایج نشان داد که نرخ فرونشست در مهرماه، حداقل و در آبان و آذرماه حداکثر و در شهریور و مردادماه مابین این دو می‌باشد.

منطقه‌ی لنجانان واقع در جنوب غربی اصفهان، از مناطق حاصلخیز استان اصفهان است که کشاورزی یکی از فعالیت‌های اصلی ساکنین این منطقه می‌باشد. صنایع عظیمی چون کارخانه‌ی ذوب آهن، مجتمع فولاد مبارکه، کارخانه‌ی سیمان سپاهان و کارخانه سیمان اصفهان در این منطقه احداث شده است و معدن سرب و روی باما نیز در نزدیکی این منطقه قرار دارد. این مطالعه با هدف بررسی الگوی مکانی آلودگی گرد و غبار این منطقه به فلزات کادمیم، سرب، روی، مس و نیکل و تغییرات زمانی آن‌ها طی چهار فصل سال انجام پذیرفته است.



## مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه حدفاصل عرض‌های جغرافیایی  $37^{\circ} 43/62''$  تا  $32^{\circ} 21/19''$  شمالی و طول‌های جغرافیایی  $51^{\circ} 22/96''$  تا  $51^{\circ} 23/15''$  شرقی قرار دارد. نمونه‌برداری از غبارات اتمسفری، در چهار فصل پاییز، زمستان، بهار و تابستان از ۶۰ نقطه با مختصات تعیین شده توسط GPS و ارتفاع سه تا شش متری از سطح زمین در منطقه مورد مطالعه انجام شد. جهت نمونه‌گیری از غبارات اتمسفری، از تله‌ی شیشه‌ای با ابعاد یک متر در یک متر و قطر شش میلی‌متر که بر روی آن‌ها مش پلاستیکی با منافذ  $2 \times 2$  سانتی‌متر برای به دام انداختن گرد و غبار نصب شده بود استفاده شد. نمونه‌ها در انتهای هر فصل جمع‌آوری شدند و به آزمایشگاه منتقل گردیدند. با تعیین وزن غبارات در سطح و بازه زمانی مشخص، نرخ فرونشست از طریق رابطه زیر محاسبه شد:

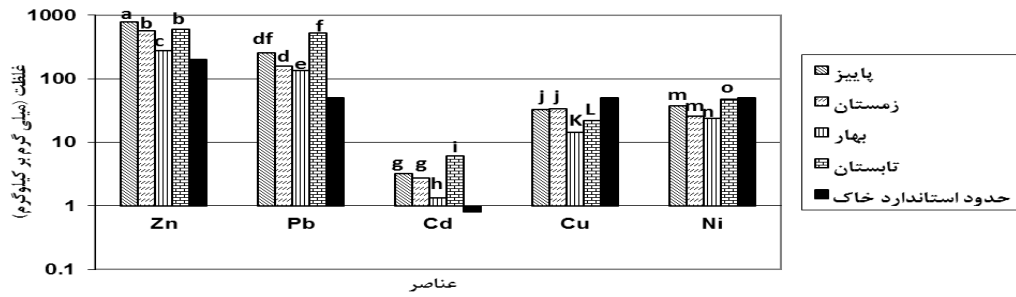
$$[1] \quad \text{جرم گرد و غبار} = \frac{\text{نرخ فرونشست گرد و غبار اتمسفری}}{\text{طول دوره نمونه‌برداری} \times \text{مساحت تله}}$$

برای عصاره‌گیری عناصر سنگین (نیکل، روی، سرب، کادمیم و مس) از اسید نیتریک غلیظ استفاده شد و غلظت کل عناصر در عصاره با استفاده از دستگاه جذب‌اتمی تعیین شد (مزا-فیگوروآ و همکاران، ۲۰۰۷). توصیف آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Statistica, 6.0 صورت گرفت. تجزیه و تحلیل ساختار مکانی داده‌ها از طریق محاسبه تغییرنما و با استفاده از بسته‌ی نرم‌افزاری Variowin, 2.2 انجام شد. بعد از تعیین و برازش بهترین مدل، نقشه‌های پیوسته غلظت کل عناصر سنگین توسط نرم‌افزار Surfer, 8 تهیه شد.

## نتایج و بحث

شکل ۱ نشان دهنده‌ی مقایسه‌ی میانگین غلظت عناصر در چهار فصل و نیز مقایسه مقادیر آن‌ها با استاندارد تعریف شده کشور سوئیس برای خاک می‌باشد. این شکل نشان می‌دهد که میانگین عناصر مورد مطالعه در اکثر فصول با یکدیگر تفاوت بسیار معنی‌داری دارد در حالی که برای میانگین غلظت عنصر روی در زمستان با تابستان، غلظت سرب در پاییز با زمستان و تابستان، غلظت کادمیم و مس در پاییز با زمستان، غلظت نیکل در زمستان با بهار تفاوت معنی‌داری مشاهده نشده است. اختلافات معنی‌دار در فصول مختلف نشان می‌دهد عوامل متفاوتی بر غلظت فلزات در فصول مختلف تأثیر داشته و شاید منابع منتشر کننده فلزات در فصول مختلف، متفاوت بوده است.

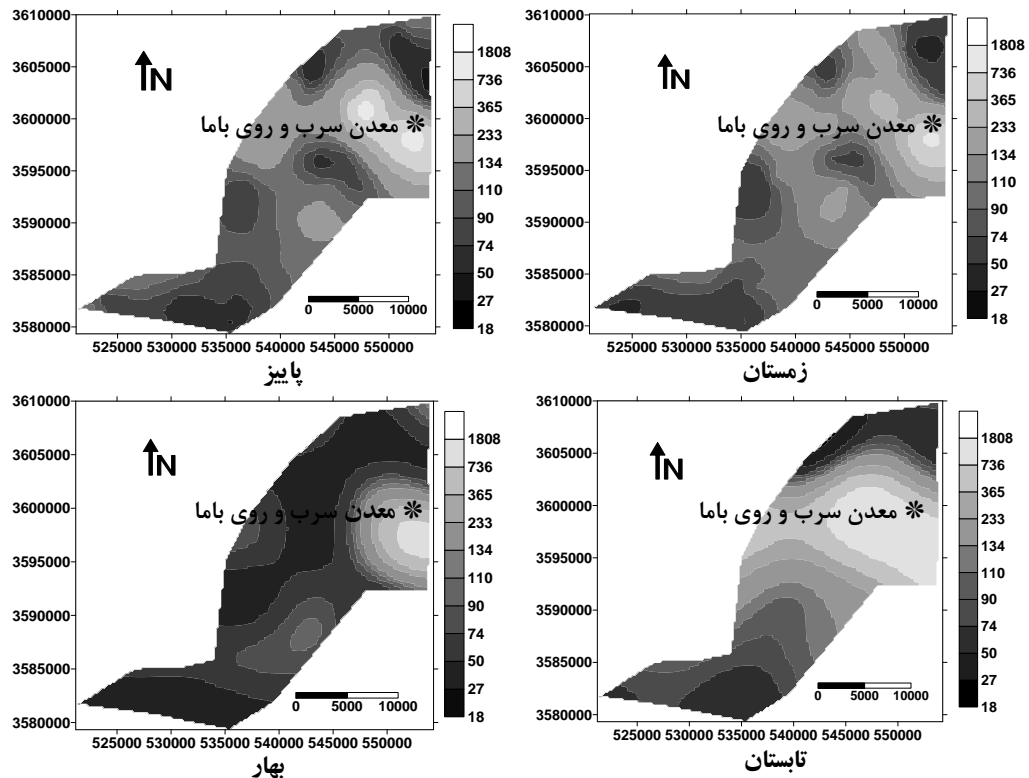
از جمله عوامل مؤثر می‌توان میزان فعالیت باد و تغییر جهت آن، میزان و نوع فعالیت معادن و صنایع در فصول مختلف را نام برد. مطالعه مقدار و غلظت عناصر در جهات مختلف باد می‌تواند در تعیین منشأ عناصر مفید واقع شود. این شکل به خوبی نشان می‌دهد که عنصر روی، سرب و کادمیم در تمام فصول غلظتی بالاتر از حد مجاز داشته‌اند در حالی که سایر عناصر در تمام فصول، غلظتی کم‌تر از حد مجاز نشان داده‌اند. بدون در نظر گرفتن فصول مختلف، میانگین کل غلظت روی، سرب و کادمیم موجود در غبار نسبت به استاندارد کشور سوئیس (فتوفل، ۱۹۸۷)، در حدود ۲/۵ تا ۵ برابر بالاتر بوده است.



شکل ۱: مقایسه میانگین عناصر سنگین در فصول مختلف سال (حروف متفاوت، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۹۹٪ است).

نتایج همبستگی (جدول‌ها نشان داده نشده است) بیانگر این است که در فصل پاییز بین عناصر روی و نیکل با تمام عناصر و کادمیم با سرب، در فصل زمستان بین عناصر روی، سرب، کادمیم و مس و نیز مس با نیکل، در فصل بهار بین سرب، کادمیم و روی و نیز مس با روی و سرب، در فصل تابستان بین نیکل و روی با سایر عناصر و نیز سرب و کادمیم همبستگی معنی‌داری در سطح ۹۹٪ وجود دارد که می‌تواند نشان‌دهنده منشأ مشترک این عناصر باشد.

بر اساس نقشه‌های کریجینگ غلظت عناصر در فصول مختلف (به دلیل حجم زیاد، فقط نقشه غلظت سرب به عنوان نمونه در شکل ۲ آورده شده است)، سه عنصر روی، سرب و کادمیم در تمام فصول دارای الگوی تقریباً مشابه هستند. همچنین، سه عنصر در بیشتر محدوده مورد مطالعه، غلظتی بالاتر از حد مجاز دارند.



شکل ۲: تغییرات مکانی عنصر سرب در فصول سال



به عنوان مثال، همان طوری که در شکل ۲ مشاهده می‌شود غلظت سرب در بخش اعظم منطقه از حد مجاز آن (۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بیشتر است. دو عنصر نیکل و مس در فصول مختلف، روند متفاوتی نشان می‌دهند و محدوده‌های دارای حداکثر آلودگی آن‌ها متفاوت می‌باشد ولی غلظت این عناصر تنها در بخش‌های کوچکی از منطقه بالاتر از حد مجاز بوده است. مقایسه نقشه‌ها نشان می‌دهد بیش‌ترین غلظت تمامی عناصر در فصل تابستان و کم‌ترین غلظت آن‌ها در فصل بهار وجود دارد. نرخ فرونشست غبارات اتمسفری در فصل تابستان بسیار بیشتر از سایر فصول سال می‌باشد و میانگین فرونشست غبارات به جز فصل بهار با پاییز در بین سایر فصول، اختلاف معنی‌داری در سطح ۹۹٪ نشان داده است.

### منابع

۱. بقایی، ا.ح.، خادمی، ح. و محمدی ج.، ۱۳۸۶. تجزیه و تحلیل زمین‌آماری تغییرات مکانی سرب و نیکل قابل جذب در اطراف دو قطب صنعتی اصفهان. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. جلد چهارم، شماره ۲.
۲. دنکوب، ز.، ۱۳۸۹. ارتباط مکانی پذیرفتاری مغناطیسی با غلظت کل برخی فلزات سنگین در خاک‌های سطحی منطقه‌ی اصفهان. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
۳. محمودی، ز.، ۱۳۹۰. بررسی خصوصیات ژئوشیمیایی و کانی‌شناسی گرد و غبار اتمسفری اصفهان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
4. Anju D. Banerjee K. 2003. Heavy metal levels and solid phase speciation in street dusts of Delhi, India. *Environmental Pollution* 123: 95–105.
5. Boruvka L, Vacak O and Jeilicka J, 2005. Principle Component Analysis as a tool to indicate the origin of potentially toxic elements in soil. *Geoderma* 28: 289-300.
6. De Miguel E, Juan F, Llamas Chacon E, Berg T, Larssen S, Royset O and Vadset M, 1997. Origin and patterns of distribution of trace element in street dust: Unleaded petrol and urban lead. *Atmospheric Environment* 31: 2733-2740.
7. FOEFL (Swiss Federal Office of Environment, Forest and Landscape), (1998), Commentary on the ordinance relating to pollutants in soils (VBB of July 1, 1998).
8. Meza-Figueroa D, De la O-Villanueva M and De la Parra ML, 2007. Heavy metal distribution in dust from elementary schools in Hermosillo, Sonora, Mexico. *Atmospheric Environment* 41: 276–288.



## بررسی اثرات نامطلوب گرد و غبار بر سلامت انسان و راهکارهای مقابله با آن

زهرا عیسوند زیبایی<sup>۱</sup>، بهمن خسروی پور<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، ترویج و آموزش کشاورزی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین ملاتانی

۲- عضو هیئت علمی گروه ترویج و آموزش کشاورزی رامین ملاتانی

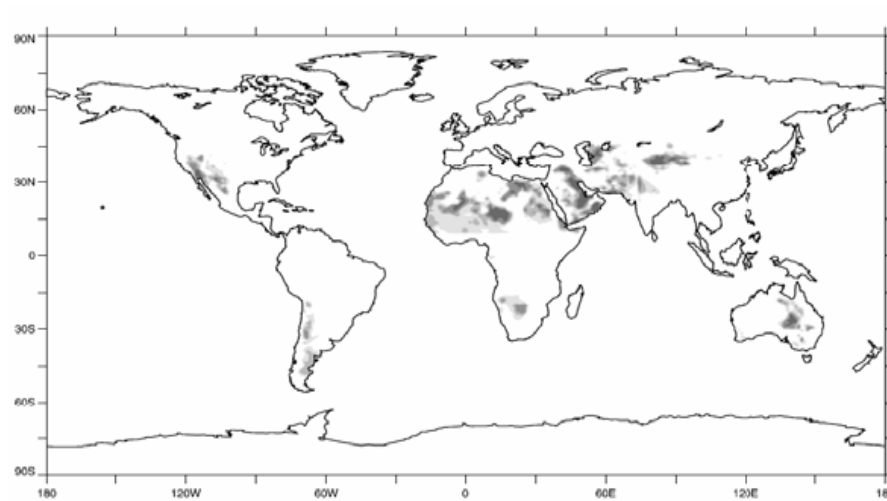
### مقدمه

دخالتهای بی اندازه انسان در اکوسیستم گیاهی و جانوری دارای اثرات نهان بیشماری است که عواقب آن بتدریج در حال آشکار شدن می باشد. از جمله این آثار طوفان های گرد و غباری است که در دهه اخیر کشور ما درگیر آن است. طوفان های گرد و غباری از مهمترین بلایای جوی - اقلیمی برای انسان بشمار می روند که موجب بروز و تشدید بیماری های تنفسی و قلبی شده و خسارت هایی را از نظر زیست محیطی، گردشگری و کشاورزی به جامعه تحمیل میکند (رسولی و همکاران، ۱۳۸۹). گرد و غبار ذرات بسیار ریزی از خاک هستند که اغلب قطری بین ۱/۸ - ۱/۶ میلی متر دارند و براحتی بوسیله باد به حالت معلق در هوا پراکنده شده و مسافت زیادی را طی می کند. باد های شدید و طوفان ها فرایندهای طبیعی بوده که در تمام مناطق خشک و نیمه خشک جهان رخ میدهد و زمانی شدت می یابد که فعالیت های انسان سبب تخریب و به هم خوردن وضعیت طبیعی اراضی می شود (استوت، ۲۰۰۱). گرد و غبار منجر به خسارت های زیادی از جمله ایجاد مشکلات در حفظ سلامت انسان و حیوانات، کاهش میدان دید، آلودگی آب آشامیدنی و در نتیجه بیماری های گوارشی و دیگر امراض پوستی می شود. این پدیده هر ساله خسارت های مالی زیادی را بر منابع انسانی وارد می سازد و برای جلوگیری خسارات ناشی از این پدیده پیش بینی زمان وقوع می تواند برای اتخاذ تدابیر پیش گیرانه در مقابل خسارت ها به کشاورزی، بهداشت، ترابری، نظامی و غیره موثر واقع شود (ناصری و همکاران، ۱۳۹۱). طوفان های گرد و غبار معمولاً در فصول بهار و تابستان و با توالی کمتری در پاییز و زمستان رخ می دهد همچنین زمان وقوع این پدیده بیشتر روز و در ساعات بعد از ظهر تا غروب می باشد. قبل از وقوع طوفان گرد و غباری دمای هوا خیلی بالا و فشار هوا بسیار پایین و هوا آفتابی و سرعت باد پایین است زمانی که طوفان گرد و غباری اتفاق می افتد باد شدید شروع به وزش و گرد و غبار وشن شروع به بالا رفتن و فشار هوا بسار بالا و دما بطور چشمگیری کاهش و رطوبت نسبی به میزان ۱۰ درصد کاهش می یابد (یوزوهی، ۱۹۹۴). گرد و غبار کیفیت هوا را کاهش داده و موجب بیماری های قلبی و عروقی و... می گردد منشأ اصلی این پدیده در ایران کویرها و باتلاق های در حال خشک شدن عراق می باشد (شهبازی و همکاران، ۱۳۹۱). هدف این مقاله بررسی اثرات گرد و غبار بر محیط زیست و سلامتی انسان و ارائه راهکارهایی برای مقابله و کاهش خسارات ناشی از این پدیده می باشد.

### منشأ گرد و غبار در جهان و ایران

بررسی محققان نشان می دهد که منشأ طوفان های گرد و غباری مناطق خشک و نیمه خشک به ویژه ساهارا، خاورمیانه، جنوب شرقی آسیا و مغولستان است. همچنین مناطق شمال غربی آمریکا و استرالیا به عنوان منابع دیگر گرد و غبار شناخته شده اند. این محققان شمال شرق کشور موریتانی،

غرب کشور مالی و جنوب الجزایر را مهمترین منشا گرد و غبار آفریقایی می‌دانند (هونگ وای، ۱۹۹۳) شکل ۱. همچنین تحقیقات نشان می‌دهند که عمده ریزگردها در غرب ایران منشا تالابی دارند. تغییرات بوجود آمده در الگوهای آب و هوایی مناطق مدیترانه و نیز حوزه‌های آبرگیری رودخانه‌های تامین کننده آب تالاب‌ها و آبرگیرها در عراق از جمله مهمترین دلایل شکل‌گیری امواج گرد و غبار امروزی می‌باشد، از طرف دیگر خشکسالی بی‌سابقه یک تا ۲ دهه اخیر از مهمترین عوامل سست شدن بسترهای خاکی و از بین رفتن پیوستگی لایه‌های خاک بوده است (نوری و همکاران، ۱۳۸۹).



شکل ۱: مناطق اصلی تولیدکننده گردوغبار در جهان (۱۵).

### مفاهیم گرد و غبار

تعاریف گسترده‌ای در پیرامون پدیده گرد و غبار وجود دارد که در زیر به برخی از آنها اشاره می‌شود. غبار عبارت است از افزایش ذرات جامد معلق در جو بطوری که موجب تیرگی نسبی هوا شده و میزان دید افقی و عمودی کاهش می‌یابد. جو زمین در تعامل دائم با خشکی‌ها و اقیانوسها بوده و عملاً جو پاک بدون محتوای ذرات جامد وجود ندارد (حیدری، ۱۳۸۴). همچنین لازمه تشکیل ابر وجود برخی از این ذرات در هواست اما غبار نیز مانند هر متغیر دیگری در جو زمین اگر از محدوده‌ای فراتر رود به مثابه یک حادثه غیر مترقبه جوی ظاهر شده و خسارت‌زا و خطرناک خواهد بود. انتشار گرد و غبار عبارت است از حرکت عمودی توده گرد و غبار از سطح زمین و انتشار گرد و غبار یکی از اجزا اصلی چرخه جهانی گرد و غبار معدنی و چرخه مواد مغذی می‌باشد (صفایی قهنویه، ۱۳۹۱). طوفان‌های گرد و غبار پدیده‌ای است که در مناطق خشک و نیمه خشک صورت می‌گیرد ناشی از زمانی است که نیروی باد بیش از حد آستانه ذرات خاک از سطح خاک خشک است (وحدتی، ۱۳۹۰). براساس تعریف سنتی شن به ذراتی از خاک گفته می‌شود که اندازه‌ای در حدود  $0/6$  تا  $1$  میلی متر داشته باشد و گرد و غبار به ذراتی اطلاق می‌شود که اندازه‌ای کمتر از  $0/6$  میلی متر داشته باشند. در عمل تنها ذراتی از گرد و غبار که اندازه آنها کمتر از  $0/1$  میلی متر باشد می‌توانند به شکل معلق درآمده و در طوفان‌های گرد و غبار بروز پیدا کنند بنابراین پدیده گرد و غبار حامل حرکت توده‌ای ذرات خاک توسط باد می‌باشد (کریمی، ۱۳۸۹).



## علل بروز پدیده گرد و غبار

از مهمترین شرایط ایجاد گرد و غبار در کنار هوای ناپایدار وجود رطوبت است بطوری که اگر هوای ناپایدار رطوبت کافی داشته باشد بارش و طوفان رعد و برق و اگر فاقد رطوبت باشد طوفان گرد و غبار ایجاد می‌نماید (عابدزاده و همکاران، ۱۳۸۴). همچنین از دیگر دلایل عمده بروز پدیده گرد و غبار می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. وقوع دوره های خشکسالی همراه با کاهش رطوبت نسبی محیط و کاهش قابل توجه بارندگی طی سالهای اخیر
۲. خشک شدن تالاب های جنوب عراق به دلیل از بین رفتن نيزارها و پوشش گیاهی تالاب
۳. کاهش محسوس سطح آب تالاب های استان خوزستان بدلیل فعالیت های سدسازی
۴. تخریب گسترده تالاب های شادگان و هورالعظیم
۵. کندی روند توسعه بیابان زدایی
۶. فعالیت میادین نفتی مستقر در تالاب
۷. عدم مالچ پاشی بیابان ها در سال های اخیر (حبیبیان، ۱۳۹۱).

## اثرات گرد و غبار بر محیط زیست

گرد و غبار اثرات سویی بر محیط زیست و موجودات دارد از جمله ای این اثرات می توان به موارد زیر اشاره: گرد و غبار می تواند منجر به تغییرات اقلیم در مقیاس جهانی و محل تغییر در چرخه بیولوژیکی، زمین شناسی، شیمیایی و یا محیط زیست انسان گردد. همچنین باعث مسدود کردن قنات ها و کانال های آبیاری، آلوده نمودن آب های سطحی، گسترش بیابان ها و نواحی خشک می شود. همچنین تاثیر گرد و غبار بر گیاهان و محصولات کشاورزی هم شکل مستقیم و غیرمستقیم است. در تاثیر مستقیم فعالیت های مختلف و حیاتی گیاه از قبیل فتوسنتز، تبخیر، تعرق و تنفس تحت تاثیر قرار می گیرید و به شکل غیرمستقیم، بازارپسندی، کیفیت و درآمد نهایی محصول تاثیر دارد (عبدی کرم وند، ۱۳۹۱).

ذرات گرد و غبار باعث انعکاس نور خورشید به سمت فضا و در نتیجه خنک شدن هوا می گردند که این پدیده به دو مستقیم و غیرمستقیم انجام می گیرند. ذرات گرد و غبار مستقیما و همچنین از طریق تشکیل ابر به صورت غیر مستقیم باعث انعکاس پرتوهای خورشیدی می گردند. در زمان ایجاد طوفان های گرد و غباری، مواد مغذی و مواد آلی خاک از بین رفته که باعث پایین آمدن بهره وری کشاورزی می گردد (ایکسن، ۲۰۰۴). تشدید خشکسالی در پی گرم شدن روزمره هوا، باعث خشک شدن و از بین رفتن تالاب و دریاچه ها و در نتیجه فرسایش بستر آنها به وسیله باد وقوع چنین پدیده هایی را باعث می شود.

از اثرات اقتصادی آن می توان اشاره کرد به: خسارت و یا کاهش درآمد دربخش کشاورزی از عمده زیان های اقتصادی پدیده گرد و غبار در ایران بوده است. قرارگرفتن گرد و خاک بر سطح گیاهان (محل تنفس و ساخت غذا) باعث مسدود شدن روزنه ها شده که احتمالا منجر به کاهش سوخت و ساز و تنفس گیاهان گردیده و حالتی شبیه مسمومیت ایجاد می نماید (رضویان و همکاران، ۱۳۹۱). طوفان های گرد و غباری منجر به تعطیلی مدارس، لغو پرواز هواپماها، اختلال در عملکرد نیروگاه های برق، کاهش منابع آب، اختلال در سیگنال های تلویزیونی، افزایش تعداد مراجعات به کیلینیک ها به دلیل مشکلات تنفسی و غیره می گردد (شهبازی، ۱۳۹۰).

## اثرات گرد و غبار بر سلامت انسان

طوفان های گرد و غباری از مهمترین بلایای جوی- اقلیمی برای سلامت انسان بشمار می روند که موجب بروز یا تشدید بیماری های تنفسی و قلبی شده و خسارت هایی را از نظر زیست محیطی، گردشگری و کشاورزی به جامعه تحمیل می کند. ذرات ریزگردها و غبار غالباً موجب تحریک بینی، گلو، راههای هوایی، پوست و چشم ها می شوند. غلظت بیش از اندازه ذرات در طوفان های گرد و غبار دارای اثرات جبران ناپذیری بر سلامت افراد بوده و موجب بروز آسم، آلرژی، سینوزیت و اختلال عملکردهای دفاعی ماکروفاژها می گردد(جمالی و همکاران، ۱۳۹۱). همچنین کاهش دید، آثار ناخوشایند بهداشتی، مشکلات تنفسی و ریوی برای انسان، آلوده کردن محیط زندگی انسان ها، اختلال در سیستم حمل و نقل زمینی و هوایی، مشکلات بینایی و بیماری های تنفسی مثل آسم و بیماری های عفونی از مهمترین عوارض طوفان های گرد و غبار بشمار می روند(حسین زاده و همکاران، ۱۳۷۶). ذرات گرد و غبار به دلیل ابعاد بسیار ریزی که در حدود ۱۰ میکرون دارند وارد بخش های انتهایی دستگاه تنفسی شده و سپس وارد جریان خون شده و به ارگان های مختلف آسیب می رساند و موجب بیماری های قلبی و بیماری های تنفسی مختلفی مانند فیبروزیس ریوی، سزطان ریه، بروز انواع حساسیت و برونشیت، آسم، التهاب ریوی، کاهش مکانیسم دفاعی بدن و... می گردد.

### نتیجه گیری و پیشنهادها

زندگی انسان همیشه دست خوش تغییرات محیطی بوده و هست. یکی از این تغییرات بروز پدیده های گرد و غبار در جهان بخصوص مناطق خشک و نیمه خشک که کشور ما نیز جز آن است، میباشد. پدیده گرد و خاک اثرات زیانبار زیادی برای انسان و محیط زیست بوجود آورده است. پدیده گرد و غبار باعث بروز بیماری های فراوانی در انسان مانند: بیماری های ریوی، پوستی، چشمی، حساسیت و غیره می شود. بدلیل بروز این پدیده در کشور ما بطور مداوم و همچنین بیماری هایی که برای انسان بوجود می آورد و اثرات سوئی که بر محیط زیست دارد باید راهکارهایی اندیشید تا بتوان با معطل کنار آمد و بتوان آن را کنترل کرد که در زیر چند راهکار ذکر شده است:

- ۱- استفاده از کنوانسیون های بین المللی و ایجاد همگرایی منطقه ای برای بیابان زدایی
- ۲- تسریع در برنامه های بیابان زایی و مهار فرسایش بادی
- ۳- توسعه فضای سبز، نهال کاری برای مهار خاک های نرم بیابان
- ۴- مالچ پاشی بر روی تپه های ماسه ای فعال
- ۵- احداث بادشکن با توجه به شرایط اقلیمی و مواد موجود در منطقه
- ۶- حفظ پوشش سنگفرش در سطح بیابان
- ۷- حفظ پوشش گیاهی و کشت گیاهان سازگار با شرایط منطقه
- ۸- آبیگری تالاب های خشک شده اخیر و همچنین جلوگیری از خشک شدن دریاچه ها
- ۹- استفاده از باران های مصنوعی
- ۱۰- استفاده از سنگریزه به عنوان عایق بجای مالچ های نفتی

### منابع

- ۱- حبیبیان، ا، جورابیان، م.، ۱۳۹۱. پدیده گرد و غبار و اثرات آن بر صنعت برق خوزستان. صفحه های ۵-۶. اولین کنگره بین المللی ریزگردها. دانشگاه کشاورزی رامین، ملاثانی.
- ۲- حسین زاده، س.، ۱۳۹۱. بادهای ۱۲۰ روزه سیستان، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۶۴



- ۳- حیدری، م. ۱۳۸۶. غبار و الگوی جوی مولد آن در غرب کشور، نشریه سازمان هواشناسی استان کرمانشاه، تابستان ۱۳۸۶. شماره ۱۱.
  - ۴- جمالی، ف.، بیات، ف.، ۱۳۹۱. پیمدهای منفی پدیده گرد و غبار بر سلامت انسان و راهکارهای عملی مقابله با آن. صفحه‌های ۳-۴. اولین کنگره بین المللی ریزگردها دانشگاه کشاورزی رامین، ملاثانی.
  - ۵- رسولی، ع.، و همکاران. ۱۳۸۹. تحلیل روند وقوع پدیده اقلیمی گرد و غبار در غرب کشور در ۵۵ سال اخیر.
  - ۶- رضویان، م.، کوشکی، ف.، ۱۳۹۱. منشا جغرافیایی و اثرات پدیده گرد و غبار. ص ۳. اولین کنگره بین المللی ریزگردها دانشگاه کشاورزی رامین، ملاثانی.
  - ۷- شهبازی، ع.، روحانی شهرکی، ف.، صفایی قهنویه، ا.، ۱۳۹۰. اثرات گرد و غبار بر سلامت انسان، اقتصاد و محیط زیست و روشهای منشا یابی گرد و غبار.
  - ۸- کریمی، آ.، وحید دستجردی، ح.، بشیری، ح.، ۱۳۹۱. آلودگی هوا و اثرات آن بر سلامت انسان. صفحه‌های ۷-۸. اولین کنگره بین المللی ریزگردها دانشگاه کشاورزی رامین، ملاثانی.
  - ۹- کریمی، م.، هاشمی، م.ن.، کریمی، م.، ۱۳۸۹. بررسی اثرات زیست محیطی ذرات معلق و گرد و غبار موجود در هواصفحه‌های ۲۲۱-۲۲۴. چهاردهمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران، فیزیک فضا.
  - ۱۰- صفایی قهنویه، ا.، خانامانی، ع.، روحانی شهرکی، ف.، محمودی، ف.، ۱۳۹۱. بررسی طرح های انتشار. ص ۳. اولین کنگره بین المللی ریزگردها دانشگاه کشاورزی رامین، ملاثانی.
  - ۱۱- وحدتی، ع. ۱۳۹۱. پدیده گرد و غبار و مقابله با آثار زیانبار آن. صفحه‌های ۲-۳. اولین کنگره بین المللی ریزگردها دانشگاه کشاورزی رامین، ملاثانی.
  - ۱۲- نوری، ح. ۱۳۸۹. یک بحران زیست محیطی، یک صورت مسئله جدی. نینسا: ۲: ۵-۶.
  - ۱۳- ناصری، س.، آسودار، م.ا.، فرخ نژاد، م.، دشتی آقجه، ا.، ۱۳۹۱. تاثیرپذیری سلامت جامعه از پدیده گرد و غبار. صفحه‌های ۴-۵. اولین کنگره بین المللی ریزگردها دانشگاه کشاورزی رامین، ملاثانی.
- 12-Xuan, J.Sokolik. In Elao,J.Guo,F.Mo, H.and.Yang,G.2004.Identification and characterization of sorces of atmospheri mineral dust in East Asia Atmospheric Environment, 38, 36: 6239-6252.
- 13-You- Zhi,F.And Kun-Xun, L.And Rong,D.1994.The Factors And Forecasting Of The Bluck Storm InHexi Corridor, Journal Of Meteorology. 20(12).Pp: 52-53.
14. Hong Y. A Nation wide Meeting Summary of Discussing Sand-dust Storm Weathers Occurred in China. Journal of Gansu Meteorology; 1993. 11(3): 6-11 .
15. Khorasani M. Cheraghi K. Nadafi M. Karami N. S´urvey and Comparison of Tehran and Isfahan AiQuality in 1378 and Representation of Improvement Methods, J Natural Resources 2002; 55 (4):55-r 568 (Persian).



## ارزیابی میزان آلودگی گرد و غبار اتمسفری شهر کرمان و پراکنش مکانی آن

فریبا جعفری<sup>۱</sup> و حسین خادمی<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی اصفهان

۲- استاد گروه خاکشناسی دانشگاه صنعتی اصفهان

### مقدمه

در چند دهه گذشته توجه زیادی به مشکل آلودگی رسوبات و خاک‌های آلوده به فلزات سنگین در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه شده است (Zhang et al., 2007). فلزات سنگین به‌طور طبیعی در غلظت‌های کم در خاک‌ها و سنگ‌ها وجود دارند، اما فعالیت‌های مختلف انسانی (صنعت، ترافیک و سوزاندن سوخت‌های فسیلی) سبب افزایش و انتشار آن‌ها در محیط زیست می‌شود (Romic et al., 2007). گرد و غبار و خاک سطحی در مناطق شهری، شاخص آلودگی فلزات سنگین ترسیب شده از اتمسفر می‌باشند. به‌طوریکه میزان آلودگی به فلزات سنگین مانند سرب، مس، روی و کادمیوم در گرد و غبار موقعیت‌های نزدیک به جاده چندین برابر بیشتر از نقاط دورتر است (Huang et al., 1996).

روش‌های متعددی جهت ارزیابی آلودگی فلزات سنگین در محیط‌های مختلف وجود دارد. از جمله این روش‌ها می‌توان به فاکتور آلودگی، شاخص زمین‌انباشتگی و شاخص جامع آلودگی اشاره کرد. نعیمی مرنندی و همکاران (۱۳۹۱) با استفاده از فاکتور آلودگی و نقشه‌های فاکتور آلودگی عناصر به بررسی آلودگی و توزیع فلزات سنگین در خاک‌های منطقه صنعتی ذوب آهن اصفهان پرداختند و بیان کردند که آهن در منطقه دارای آلودگی متوسط بوده و به وسیله فعالیت‌های صنعتی در منطقه کنترل می‌شود، درحالی‌که کبالت فاقد آلودگی بوده و به وسیله مواد مادری کنترل می‌شود. وی و همکاران (۲۰۰۹) نیز با بررسی آلودگی گرد و غبار به فلزات سنگین در شهر ارومچی در چین با استفاده از شاخص زمین‌انباشتگی و شاخص جامع آلودگی گزارش کردند که سطح آلودگی فلزات سنگین گرد و غبار در دسته متوسط آلودگی قرار می‌گیرد و همچنین توزیع مکانی شاخص جامع آلودگی نشان می‌دهد که حدود ۶۰٪ نمونه‌ها در سطح آلودگی زیاد در منطقه شهری با ترافیک بالا قرار دارد. شهر کرمان در چند سال اخیر شاهد گرد و غبارهای شدیدی بوده اما مطالعه‌ای در خصوص ارزیابی میزان آلودگی گرد و غبار این شهر به فلزات سنگین صورت نگرفته است. لذا این پژوهش با هدف ارزیابی آلودگی گرد و غبار شهر کرمان به فلزات سنگین با استفاده از شاخص آلودگی و شاخص جامع آلودگی انجام شد.

### مواد و روشها

ناحیه مورد مطالعه شامل منطقه شهری کرمان بوده است که در طول جغرافیایی  $۵۷^{\circ} ۰۱'$  تا  $۵۷^{\circ} ۱۷'$  شرقی و عرض جغرافیایی  $۳۰^{\circ} ۱۵'$  تا  $۳۰^{\circ} ۱۹'$  شمالی قرار گرفته و متوسط ارتفاع آن ۱۷۷۸ متر از سطح دریا می‌باشد. معادن و کارخانجات بسیار زیادی در محدوده شهر کرمان قرار دارند که از آن جمله می‌توان به معدن زغال سنگ کرمان در شمال، گروه صنعتی لاستیک بارز در جنوب، کارخانه سیمان کرمان، سیمان ممتازان و معدن مس شهید باهنر کرمان در جنوب غرب و نیسان بتن کرمان در غرب اشاره کرد. کرمان دارای آب و هوای خشک با بارندگی متوسط سالانه ۱۴۲ میلی‌لیتر می‌باشد. اطراف کرمان را کوه‌های مرتفع از جمله کوه بادامویه در



غرب، پلوار در شرق و جوپار در جنوب در بر گرفته است که نقش مهمی در ورود آلاینده‌ها به داخل شهر به عهده دارند.

نمونه‌برداری گرد و غبار مجموعاً در ۳۵ نقطه مختلف و توسط تله‌های شیشه‌ای (Hojati et al., 2012) در شهر کرمان صورت گرفت. توزیع نقاط نمونه‌برداری به گونه‌ای در نظر گرفته شد که موقعیت‌های متفاوت شهری (مرکز و حاشیه‌ها) را در برگیرد. نمونه‌های گرد و غبار در طی ۷ دوره از اردیبهشت تا آبان ماه ۱۳۹۱ به صورت ماهانه جمع‌آوری شد. با توجه به عدم تداخل بارندگی با نمونه‌گیری، کلیه نمونه‌های برداشت شده رسوب خشک تلقی می‌شوند. برای مقایسه نتایج آنالیزهای گرد و غبار اتمسفری با خاک منطقه، ۶۰ نمونه مختلف خاک سطحی (۰-۱۰cm) از ۳ ترانسکت (کرمان-رفسنجان، کرمان-زرنند و کرمان-ماهان و جوپار) و ۳۵ نمونه مختلف خاک از مناطق شهری کرمان برداشته شد. پس از جمع‌آوری نمونه‌ها (گرد و غبار و خاک) و آماده‌سازی نمونه‌های خاک، غلظت کل فلزات سنگین روی، منگنز، نیکل، مس و سرب بعد از هضم با اسید نیتریک ۶ نرمال توسط دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد (Meza-Figueroa et al., 2007).

برای ارزیابی آلودگی فلزات سنگین در گرد و غبار از شاخص آلودگی (PI) و همچنین شاخص جامع آلودگی (IPI) استفاده گردید و متوسط غلظت فلزات سنگین نمونه‌های خاک برون‌شهری به عنوان غلظت زمینه در نظر گرفته شد. شاخص‌های PI و IPI نیز به طور معمول برای ارزیابی کیفیت محیط زیست استفاده می‌شود. شاخص آلودگی به صورت نسبت غلظت عنصر در نمونه مورد مطالعه به غلظت زمینه تعریف می‌شود و برای هر عنصر محاسبه و در ۳ کلاس:  $PI \leq 1$  آلودگی کم،  $1 < PI \leq 3$  آلودگی متوسط و  $PI > 3$  آلودگی زیاد طبقه‌بندی می‌شود. شاخص جامع آلودگی به عنوان متوسط شاخص آلودگی تمام عناصر تعریف شده است و مزیتی که شاخص جامع آلودگی نسبت به شاخص‌های دیگر دارد این است که در این شاخص، ریسک آلودگی نسبت به همه‌ی فلزاتی که مورد مطالعه قرار می‌گیرند، مشخص می‌شود و در ۳ کلاس:  $IPI \leq 1$  آلودگی کم،  $1 < IPI \leq 3$  آلودگی متوسط و  $IPI > 3$  آلودگی زیاد تعریف می‌شود (Chen et al., 2005).

## نتایج و بحث

برای ارزیابی اثرات زیست محیطی عناصر سنگین در خاک یا گرد و غبار یک منطقه، بایستی میزان غلظت عناصر آن را با یک استاندارد شناخته شده مقایسه نمود. اما به دلیل عدم وجود استاندارد برای درجه آلودگی گرد و غبار از معیارهای دیگری برای بررسی آلودگی گرد و غبار به عناصر سنگین استفاده می‌شود. در این پژوهش از معیارهای مختلفی از قبیل شاخص آلودگی و شاخص جامع آلودگی جهت سنجش میزان آلودگی گرد و غبار به فلزات سنگین استفاده گردید. غلظت زمینه برای فلزات مس، سرب، روی، نیکل و منگنز به ترتیب ۱۵/۷، ۱۹/۲، ۳۶/۹، ۲۰/۳ و ۲۸۷/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم بدست آمد و برای غلظت فلزات سنگین در گرد و غبار از متوسط ۷ ماه نمونه‌برداری (جدول ۱) استفاده گردید.

در این پژوهش، شاخص آلودگی هر عنصر با توجه به متوسط غلظت فلزات سنگین خاک برون‌شهری به عنوان غلظت زمینه محاسبه گردید که در جدول ۲ آورده شده است. منگنز و نیکل دارای کمترین میزان آلودگی بوده و محدوده شاخص آلودگی این دو عنصر به ترتیب ۱/۰۴ تا ۱/۲۸ و ۱/۵۲ تا ۱/۹۶ می‌باشد. متوسط شاخص



آلودگی منگنز و نیکل به ترتیب ۱/۱۸ و ۱/۷۴ است که در کلاس متوسط آلودگی قرار می‌گیرند. این موضوع در مورد تمام نمونه‌های گرد و غبار نیز صدق می‌کند. محدوده شاخص آلودگی سرب بین ۱/۶۶ تا ۲/۹۷ و متوسط آن ۲/۳۴ می‌باشد که در کلاس متوسط آلودگی قرار می‌گیرد. شاخص آلودگی روی و مس نیز به ترتیب دارای محدوده ۳/۷۹ تا ۹/۸۴ و ۲/۶۷ تا ۴/۸۱ بوده و شاخص آلودگی روی در ۱۰۰٪ نمونه‌ها و شاخص آلودگی مس در ۹۴/۲۸٪ نمونه‌ها در کلاس آلودگی زیاد قرار می‌گیرند. بنابراین نتایج به دست آمده بیان‌گر این موضوع می‌باشد که نمونه‌های گرد و غبار نسبت به نمونه‌های خاک برون‌شهری دارای آلودگی بیشتری می‌باشند.

### جدول ۱- توصیف آماری غلظت کل فلزات سنگین در نمونه‌های گرد و غبار (میلی گرم بر کیلوگرم)

فلز سنگین	حداقل	حداکثر	میانگین	چولگی	کشیدگی
مس	۴۲/۰	۷۵/۵	۶۰/۴	-۰/۲	۰/۴
سرب	۳۱/۹	۵۷/۱	۴۵/۰	۰/۰	-۰/۰
روی	۱۴۰/۳	۳۶۳/۷	۲۱۴/۴	۰/۹	-۰/۰
نیکل	۳۱/۰	۴۰/۰	۳۵/۵	-۰/۳	۰/۳
منگنز	۳۰۰	۳۶۸/۳	۳۴۱/۸	-۰/۹	۱/۴

### جدول ۲- توصیف آماری شاخص آلودگی فلزات سنگین در گرد و غبار شهری کرمان

فلز سنگین	حداقل	حداکثر	میانگین	چولگی	کشیدگی
مس	۲/۶۷	۴/۸۱	۳/۸۴	-۰/۲۱	۰/۴۷
سرب	۱/۶۶	۲/۹۷	۲/۳۴	۰/۰۸	-۰/۰۶
روی	۳/۷۹	۹/۸۴	۵/۸۰	۰/۹۱	-۰/۰۶
نیکل	۱/۵۲	۱/۹۶	۱/۷۴	-۰/۳۷	۰/۳۷
منگنز	۱/۰۴	۱/۲۸	۱/۱۸	-۰/۹۶	۱/۴۶

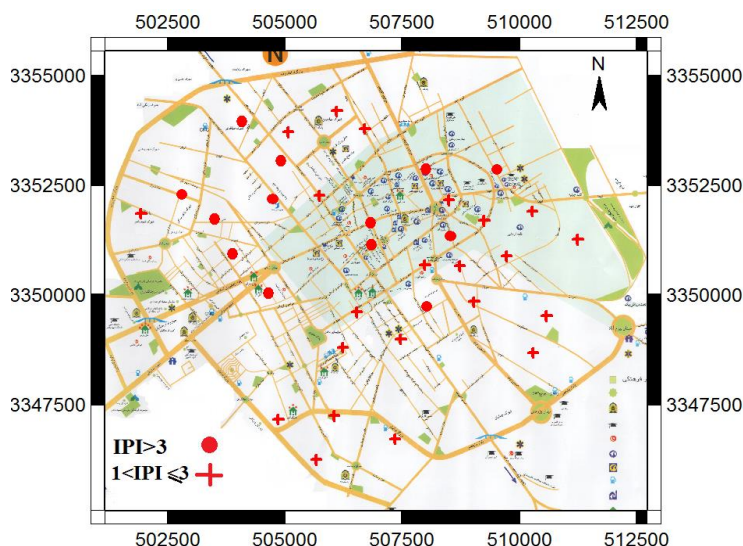
خصوصیات آماری شاخص جامع آلودگی در جدول ۳ آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد که محدوده شاخص جامع آلودگی نمونه‌های گرد و غبار بین ۲/۴۳ تا ۴/۰۶ و متوسط آن ۲/۹۸ می‌باشد که ۶۵/۷۱٪ آن در کلاس متوسط آلودگی و ۳۴/۲۸٪ آن در کلاس آلودگی شدید قرار می‌گیرد. میزان متوسط شاخص جامع آلودگی (۲/۹۸) در بالاترین سطح کلاس آلودگی متوسط ( $1 < IPI \leq 3$ ) می‌باشد و با حداقل افزایش آلودگی، شاخص آلودگی در کلاس آلودگی شدید ( $IPI > 3$ ) قرار خواهد گرفت.

### جدول ۳- توصیف آماری شاخص جامع آلودگی فلزات سنگین در گرد و غبار شهری کرمان

شاخص	حداقل	حداکثر	میانگین	چولگی	کشیدگی
IPI	۲/۴۳	۴/۰۶	۲/۹۸	۰/۹۰	۰/۱۱

بررسی توزیع مکانی شاخص جامع آلودگی (شکل ۱) نشان داد که حدود ۳۵٪ نمونه‌ها دارای آلودگی شدید بوده و این نمونه‌ها در قسمت مرکز و نیمه‌غربی شهر می‌باشند که با بررسی موقعیت کوه‌ها و کارخانه‌های صنعتی

اطراف کرمان نشان می‌دهد، کوه‌های واقع در جنوب و غرب کرمان سبب کانالیزه شدن باد شده و در نتیجه به راحتی آلاینده‌های ناشی از فعالیت کارخانجات توسط باد به داخل شهر منتقل می‌شوند.



شکل ۱- توزیع مکانی شاخص جامع آلودگی گرد و غبار (متوسط ۷ ماهه) در منطقه مورد مطالعه

#### منابع

نعیمی مرندی، س.، ایوبی، ش و خادمی ح، ۱۳۹۱. بررسی تغییرات مکانی فاکتور آلودگی آهن و کبالت در خاک‌های منطقه صنعتی ذوب آهن اصفهان. ششمین همایش ملی و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست. دانشگاه تهران، تهران.

Chen TB, Zheng YM, Lei M, Huang ZC, Wu HT, Chen H, Fan KK, Yu K, Wu X and Tian QZ, 2005. Assessment of heavy metal pollution in surface soils of urban parks in Beijing, China. *Chemosphere* 60: 542-551.

Hojati S, Khademi H, Cano AF and Landi A, 2012. Characteristics of dust deposited along a transect between Central Iran and the Zagros mountains. *Catena* 88: 27- 36.

Huang SL, Arimoto R and Rahn KA, 1996. Changes in atmospheric lead and other pollution elements at Bermuda. *Journal of Geophysical Research*. 101: 21033-21040.

Meza-Figueroa D, O-Villanueva MD and Parra MLD, 2007. Heavy metal distribution in dust from elementary schools in Hermosillo, Sonora, Mexico. *Atmospheric Environment*. 41: 276-288.

Romic M, Hengl T, Romic D and Husnjak S, 2007. Representing soil pollution by heavy metals using continuous limitation score. *Computers & Geosciences*. 33: 1316-1326.

Wei B, Jiang F, Li X and Mu S, 2009. Spatial distribution and contamination assessment of heavy metals in urban road dusts from Urumqi, NW China. *Microchemical Journal*. 93: 147-152.

Zhang L, Ye X, Feng H, Jing Y, Ouyang T, Yu X, Liang R, Gao C and Chen W, 2007. Heavy metal contamination in western Xiamen Bay sediments and its vicinity, China. *Marine Pollution Bulletin*. 54: 947- 982.



## بررسی اثر وضعیت پوشش گیاهی بر وقوع طوفان های گرد و غبار

نادر جلالی<sup>۱</sup>، فرشته حقیقی فشی<sup>۲</sup>

۱- عضو هیئت علمی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

۲- دانشجوی دکتری دانشگاه تهران

### مقدمه

بررسی ها نشان می دهد از سالها قبل، حداقل ۳ دهه گذشته، طوفان هایی در منطقه غرب، جنوب غرب ایران و کشورهای همسایه آن به وقوع پیوسته است و در مواردی هم، این طوفان ها گرد و غبار و ماسه های مناطق مستعد را به همراه خود جابجا کرده است. وقوع این طوفان ها در دو سال گذشته زندگی مردم را در منطقه به طور جدی مختل و عرصه را حتی برای تنفس، چه رسد به کار و هرگونه فعالیت مفید دیگر تنگ کرده و شدت این طوفان ها و تبعات آنها، نگرانی های مردم و مسئولین را برانگیخته است. بررسی ها نشان می دهند که منطقه جنوب غرب کشور و همچنین خلیج فارس، همواره توسط طوفان هایی که از جانب غرب و شمال غرب می وزند تهدید می شوند. به نظر می رسد منشأ اصلی این طوفان ها در کشورهای همسایه عراق و حتی ترکیه و در داخل خاک ایران، قابل تعقیب هستند. اگرچه در مواردی طوفان هایی از جانب کشور عربستان نیز، منطقه خلیج فارس را تهدید می کنند.

به نظر می رسد خشکسالی و همچنین استفاده نامطلوب از منابع طبیعی در داخل کشور و کشورهای مجاور سبب افزایش شدت گرد و غبارها شده است. بارش کم در مناطق جنوب و جنوب غربی، خشک و کم آب شدن تالاب ها و آبگیرها، سبز نشدن گیاهان صحاری و در نتیجه شدت یافتن وزش باد از بهمن و اسفند سال ۱۳۸۶، موجب افزایش گرد و غبارها در این مناطق شده است. خشکسالی از جمله پدیده های مؤثر بر طوفان های گرد و غبار می باشد. مهمترین اثر خشکسالی بر طوفان های غبار کاهش پوشش گیاهی و خشک شدن خاک است. زمین خشک و بایر نسبت به باد حساس تر است. پوشش گیاهی سرعت باد را کاهش می دهد و رطوبت نیز چسبندگی بین ذرات خاک را افزایش می دهد. در خشکسالی های طولانی بیشترین تخریب توسط استفاده کنندگان از اراضی ایجاد می شود که ناچار می شوند ریسک بیشتری پذیرفته و فشار بیشتری به طبیعت که خود تحت تنش خشکسالی است وارد آورند (Squires et al., 2002).

با خشک شدن دریای آرال، بستر دریا در معرض بادهای فرساینده قرار گرفته به طوری که طوفان های غبار عظیم از اواسط دهه ۱۹۷۰ قابل مشاهده است. از آن زمان طوفان های غبار زیادی تا ۵۰ بار در سال در برخی سال ها گزارش شده است. تنها در ۲۰ سال گذشته پوشش گیاهی مقاوم در برابر سیلاب این زیستگاه از ۴۰ به ۳۰ درصد کاهش یافته است و همچنین نمکزیایی و بیابانزایی در دشت سیلابی زیاد شده و دلتا از ۴۰ درصد به ۷۰ درصد رسیده است. ناحیه liquorice از ۱۲۰۰۰ هکتار به ۱۵۰۰ هکتار و دشت با پوشش یونجه از ۴۲۰ هزار هکتار در دهه ۶۰ به ۷۰-۷۵ هزار هکتار در اواخر دهه ۹۰ رسیده، یعنی ۲۲ برابر کمتر شده است (Mayagkov, 2006).

بر اساس مطالعات خسروشاهی (۱۳۸۷) بررسی انتزاعی عوامل مؤثر در ایجاد شرایط بیابانی که هر یک بصورت یک لایه رقومی تهیه شده است نشان می دهد که بیشترین مساحت مناطق بیابانی ایران با سطحی معادل ۷۰۰۹۹۱ و ۶۰۰۴۶۷ کیلومتر مربع به ترتیب متأثر از عامل اقلیم و پوشش گیاهی است و کمترین آن در مرحله



نخست متعلق به عامل زمین شناسی با سطحی معادل  $208041$  کیلومتر مربع و بعد از آن به عامل ژئومورفولوژی به مساحت  $287316$  کیلومتر مربع می باشد.

اگر وضعیت صحاری و آفریقا را تجسم کنیم متوجه می شویم که این مناطق به طور پیوسته و یکپارچه از ماسه پوشیده نشده اند. صحاری در واقع دریایی از ماسه در بعضی مناطق هستند، در حالیکه اغلب بیابانها خالی از حیات می باشند و فقط در برخی مناطق ممکن است گونه های گیاهی و جانوری که با محیط سازگار شده اند وجود داشته باشند. سطوح بیابانها معمولاً از گرد و غبار ریز تا قلوه سنگ و لکه هایی از پوشش گیاهی بومی پوشیده شده است. خاک و ماسه های بدون پوشش به راحتی هوازده می شوند و توسط باد فرسایش پیدا می کنند. در حالی که وجود پوشش گیاهی، مانع از ایجاد و توسعه فرسایش می گردد. پوشش گیاهی، یک کمپلکس ریشه فراهم می آورد که خاک را در جسم خود نگهداری می کند و بدین وسیله مقاومت خاک و زمین را در مقابل نیروی فرساینده باد افزایش می دهد.

پوشش گیاهی از سرعت باد می کاهد و مانع از برداشته شدن خاکدانه ها توسط باد می شود. در مناطق پوشیده از گیاه، طوفان های گرد و غبار فقط در اثر بادهای خیلی شدید و با دوره بازگشت بلند مدت اتفاق می افتند. باید توجه داشت که گرد و غبار وزان وقتی تولید می شود که یک لایه نازک از سطح خاک توسط حیوانات، رفت و آمد ماشین آلات و انسان، تخریب شده باشد و یا پوشش گیاهی بازدارنده به هر دلیلی از بین رفته باشد. بررسی تصاویر ماهواره ای معرف پوشش گیاهی در سال های  $1384$  و  $1385$  حاکی از کاهش شدید پوشش گیاهی در منطقه بین النهرین می باشد.

گنبد های نمکی معمولاً در مناطق غنی از نظر نفت دیده می شوند و رشد گیاهان در این مناطق تحت تأثیر حضور این گنبدها قرار گرفته و محدود می شوند. تمام این مناطق، منشأ های بالقوه و اولیه برای طوفان های شن و گرد و غبار محسوب می شوند. جلگه های بین النهرین که قبلاً مساحتی در حدود  $15$  تا  $20$  هزار کیلومتر مربع را پوشش می دادند به وسیله عملیات زهکشی در عراق در اواخر دهه  $80$  و اوایل دهه  $90$  میلادی و سد سازی در بالادست کاملاً رو به نابودی است. در جلگه های مرکزی و الحامر نیز به ترتیب  $97$  و  $94$  درصد جلگه به زمینهای خشک و بایر و نمکزار تبدیل شده است، از جلگه های هور الهویزه و العظیم نیز کمتر از یک سوم مانده است. همین مقدار باقیمانده نیز تحت تأثیر ساخت سد کرخه و پروژه انتقال آب به کویت از سوی ایران و سد ایسو از طرف ترکیه می باشد.

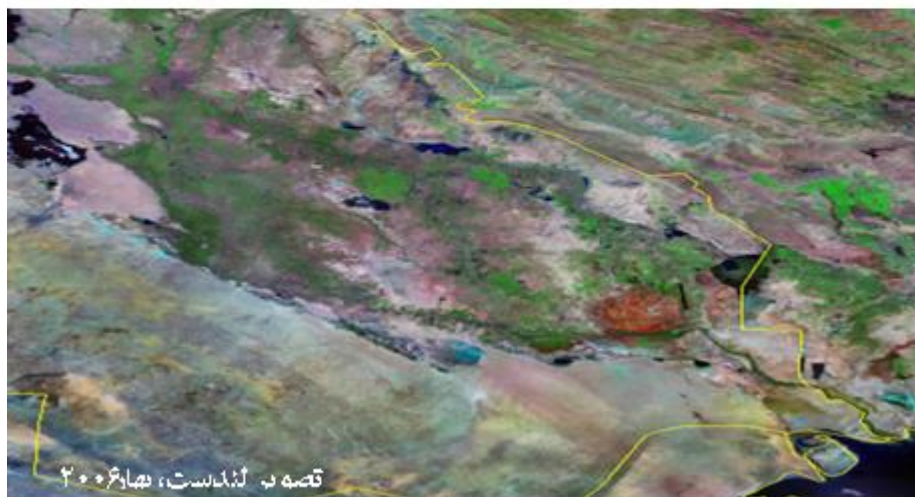
با توجه به اهمیت پوشش گیاهی در حفاظت از بیابانها و وقوع طوفان های گرد و غبار، در این مطالعه وضعیت پوشش گیاهی به طور مختصر در بین النهرین مورد بررسی قرار گرفته است.

## مواد و روشها

به منظور بررسی اثر وضعیت پوشش گیاهی بر وقوع طوفان های گرد و غبار، تصاویر ماهواره ای مادیس و لندست (شکل ۱) مورد تفسیر قرار گرفتند.

## نتایج و بحث

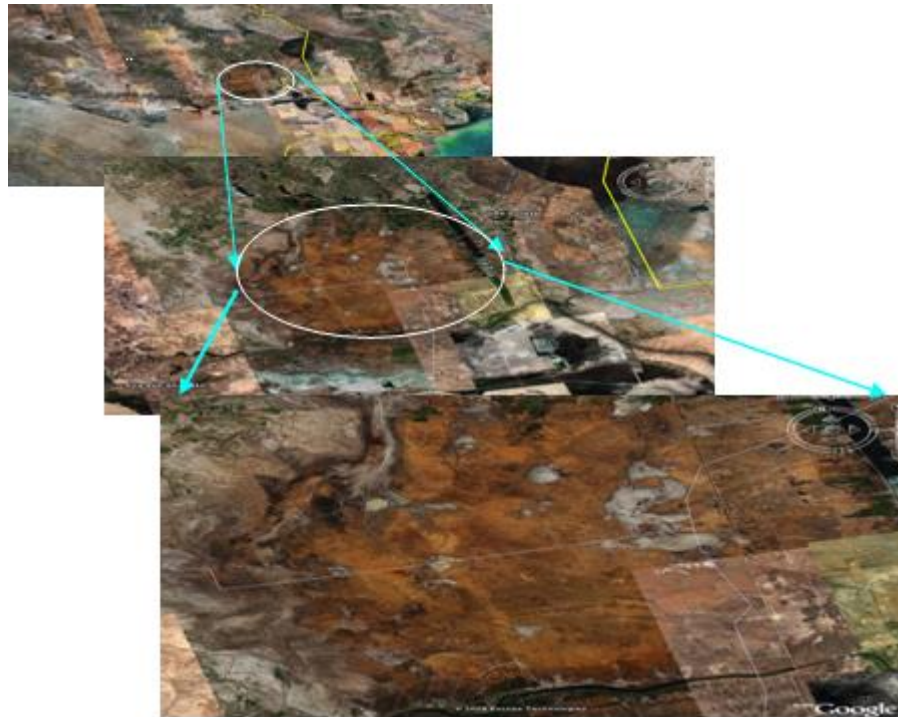
نتیجه تفسیر چشمی تصاویر ماهواره‌ای مادیس و لندست (شکل ۱)، حاکی از آن است که پوشش گیاهی در سال ۱۳۸۵، نسبت به سال ۱۳۸۴ در منطقه بین‌النهرین کاهش چشمگیری داشته است. این کاهش که نشان از بین رفتن پوشش گیاهی در شمال غرب محل به هم پیوستن رودخانه‌های دجله و فرات دارد، به خوبی بر روی تصاویر سال ۲۰۰۶ و بعد از آن (شکل ۲) مشهود است. البته لازم است با بازدید میدانی، این نتایج تصدیق شوند. پوشش گیاهی در تصاویر مادیس با تون تیره متمایل به قهوه‌ای و با الگوی مشخص ظاهر می‌شود و معمولاً مناطق باغی و جنگلی با تون‌های تیره‌تر و با بافت خاص توده‌ای مشخص می‌شوند.



شکل ۱- تغییر سطح پوشش گیاهی از سال ۲۰۰۵ به ۲۰۰۶ در عراق

در حالی که در تصویر لندست، با توجه به ترکیب باندی استفاده شده (۷،۴،۱)، پوشش گیاهی به رنگ سبز ظاهر شده است. اگرچه ممکن است این کاهش در برخی مناطق ناشی از برداشت محصول و تابع فصل باشد، لیکن کاهش سطح در این مقیاس و طی یک سال ابهام و سؤالات زیادی را مطرح می‌کند.

بطور کلی نتایج نشان می دهد که گسترش مناطق فاقد پوشش، آن هم در فصل بهار، زمینه لازم برای شروع و شدت یافتن حضور گرد و خاک در طوفان ها را فراهم کرده است. یادآوری می شود که زمان شروع این دوره از طوفان ها نیز به اواخر سال ۱۳۸۴ بر می گردد.



شکل ۲- از بین رفتن پوشش گیاهی در منطقه شمال غرب محل اتصال رودخانه های دجله و فرات (در تصاویر گوگل نیز مشاهده می شود)

#### منابع

خسروشاهی، م.، ۱۳۸۷. طرح تحقیقاتی "تعیین قلمرو جغرافیایی محدوده های بیابانی ایران"، موسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع.

Wilkerson WD, 1991. Dust and sand forecasting in Iraq and adjoining countries. Air weather service, Scot Air Force Base, Illinois 62225-5008.

Squires V, Youlin Y and Qi L, 2002. Global Alarm: Dust and Sandstorms from the World's Drylands (Bangkok: Secretariat of the U.N. Convention to Combat Desertification, 2002), pp. 15-28.

Mayagkov S, 2006. Desertification in the near Aral sea Region and population Migration, 2 international symposium desertification and migration, University of Almería.



## بررسی غلظت نیکل در گرد و غبار استان کرمانشاه طی فصل بهار ۱۳۹۲

شهاب احمدی دوآبی<sup>۱</sup>، مجید افیونی<sup>۲</sup>، مهین کرمی<sup>۳</sup>، حسین خادمی<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکاه صنعتی اصفهان

۲- استاد دانشگاه صنعتی اصفهان

۳- استادیار دانشگاه رازی کرمانشاه

۴- استاد دانشگاه صنعتی اصفهان

### مقدمه

ذرات جامد آئروسل که غالباً ریز بوده و بوسیله فرآیندهای مختلف و از منابع گوناگون وارد هوا می‌گردند گرد و غبار نامیده می‌شوند (Faiz et al., 2009 ; McPherson, 2006). فعالیت‌های انسانی و نیروی باد باعث می‌گردد تا گرد و غبار وارد اتمسفر شود (Zheng et al., 2010). افزایش مقدار گرد و غبار در هوا سلامت، اقتصاد و امنیت بشر را به مخاطره می‌اندازد (Dologopolova et al., 2006). پراکنش گرد و غبار سیستم تنفسی را تحت تأثیر قرار داده و توانایی بالایی در انتقال فلزات سمی دارد (Duong et al., 2011). رسوب گرد و غبار به‌عنوان یک فرآیند مهم زیست محیطی در سراسر جهان شناخته شده است (Sow et al., 2006 ; Goossens et al., 2007).

مطالعات بسیاری به فلزات سنگین موجود در گرد و غبار اختصاص داده شده است که به دلیل اهمیت آن‌ها و تأثیرشان بر محیط زیست و انسان می‌باشد. فلزات سنگین در مقادیر بسیار کم در آب، هوا، گرد و غبار، خاک و رسوبات نقش مهمی را در زندگی انسان بازی می‌کنند و می‌توانند از منابع مختلف به منطقه شهری وارد شوند (Juvanovic et al., 1995). به طور کلی وجود فلزات سنگین در هوا باعث افزایش غلظت این عناصر در بدن ساکنین مناطق آلوده از طریق بلع، تنفس و جذب پوستی می‌گردد. در بیان اهمیت مسأله لازم به ذکر است که در محیط‌های غبار آلود، مشاهده شده که با لغین بیشتر از ۱۰۰ میلی‌گرم در روز غبار را می‌بلعند (Hawley, 1985 ; Calabrese et al., 1987).

بررسی منابع ورود عناصر سنگین به خاک‌های کشاورزی منطقه‌ای در چین، نشان داد که ۴۳ تا ۸۵ درصد از ورود عناصر آرسنیک، کروم، جیوه، نیکل و سرب به خاک از طریق فرونشست جوی صورت می‌گیرد (Luo et al., 2009). طی بررسی یک نمونه رسوب به وزن ۱/۵۴ گرم از گرد و غبار فرونشسته در شهر کرمانشاه توسط دستگاه XRF، غلظت عناصر باریم، نیکل، کروم، روی، مس و سرب به ترتیب ۶۴۸، ۱۳۳، ۱۲۱، ۹۶، ۳۶ و ۲۱ پی‌پی‌ام گزارش شد (شمشیری، ۱۳۹۱). در بررسی گرد و غبار استان خوزستان، وجود فلزات سمی و سنگینی مثل نیکل، روی، وانادیوم، نقره، جیوه و آرسنیک با غلظت‌های به ترتیب ۳۷۳۸، ۶۷۳/۶، ۲۳۳/۸، ۲۴۸، ۵۴/۶ و ۴۶/۵ پی‌پی‌ام گزارش شد که در این بین عنصر نیکل می‌تواند سبب آلرژی‌زایی، التهابات پوستی، سرطان بینی و ریه شود (زلفی و گودرزی ۱۳۹۰). در نقاط مختلف دنیا مطالعات زیادی در ارتباط با اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین موجود در گرد و غبار انجام شده است. با وجود آنکه استان کرمانشاه در سال‌های اخیر به شدت متاثر از پدیده گرد و غبار بوده است، مطالعات کافی در مورد میزان فرونشست اتمسفری فلزات سنگین در این منطقه صورت نگرفته است. این مطالعه با هدف بررسی آلودگی گرد و غبار استان کرمانشاه از نظر میزان غلظت نیکل انجام شد.



## مواد و روش‌ها

استان کرمانشاه با مساحتی برابر با ۲۵۰۰۸ کیلومتر مربع بین ۳۳ درجه و ۴۰ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۱۸ دقیقه عرض شمالی و ۴۵ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۷ دقیقه طول شرقی قرار گرفته است. این استان از لحاظ تقسیمات کشوری به ۱۴ شهرستان تقسیم شده است (دفتر آمار اطلاعات ۱۳۸۷). در این مطالعه شهرستان‌های کرمانشاه، سنقر، گیلانغرب، قصرشیرین، صحنه، سرپل ذهاب، کنگاور، پاوه و جوانرود با مساحت ۱۷۱۱۷/۹ کیلومتر مربع به عنوان منطقه مطالعاتی بررسی شدند. علت انتخاب این شهرستان‌ها اهمیت از لحاظ کشاورزی و میزان ورودی گردوغبار بود.

نمونه برداری گرد و غبار مجموعاً در ۴۹ نقطه مختلف در استان کرمانشاه صورت گرفت. توزیع نقاط نمونه برداری به گونه‌ای در نظر گرفته شد که موقعیت‌های متفاوت شهری و روستایی را در بر گیرد. تله‌های گرد و غبار شامل یک ظرف پلاستیکی با عمق ۱۲ سانتیمتر، قطر ۳۲ سانتیمتر و ارتفاع ۳۳ سانتیمتر از سطح می‌باشد، که در هر شهرستان بجز شهرستان کرمانشاه (که ۹ تله در آن نصب گردید)، ۵ تله بر روی پشت بام خانه‌های یک طبقه‌ای (دارای ارتفاع حدود ۴ متر از سطح زمین) با توزیع مناسب نصب شد. رسوبگیری در فروردین ۱۳۹۲ آغاز و در خرداد ماه (با میانگین ۸۳/۲ روز) خاتمه یافت. پس از جمع آوری نمونه‌های گرد و غبار و انتقال آنها به آزمایشگاه، با ترازوی دقیق (دقت ۰/۰۰۱) توزین و غلظت کل نیکل با ترکیب اسید نیتریک و اسید کلریدریک غلیظ (با نسبت حجمی ۳:۱) (Karimi et al., 2009). توسط دستگاه جذب اتمی مدل پرکین المر ۳۰۳۰ اندازه‌گیری شد.

## نتایج و بحث

برخی از ویژگی‌های آماری غلظت نیکل در گرد و غبار شهرستان‌های مورد مطالعه در جدول (۱) آورده شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های آماری غلظت عنصر نیکل در گرد و غبار شهرستان‌های مورد مطالعه (mg kg<sup>-1</sup>)

کرمانشاه	سنقر	گیلانغرب	قصرشیرین	صحنه	سرپل ذهاب	کنگاور	پاوه	جوانرود	کل منطقه مطالعاتی
۱۱۴/۲	۷۲/۲	۸۴/۲	۹۷/۲	۸۴/۲	۸۲/۲	۸۳/۲	۶۹/۲	۸۷/۲	۶۹/۲
۱۹۰/۲	۸۸/۲	۱۵۲/۲	۱۰۹/۲	۲۳۸/۲	۱۰۲/۲	۹۷/۲	۹۸/۲	۱۴۴/۲	۲۳۸/۲
۱۶۰/۲	۸۷/۲	۱۰۱/۲	۱۰۲/۲	۱۴۳/۲	۹۶/۲	۹۰/۲	۹۶/۲	۱۱۵/۲	۱۰۰/۲
۱۶۱/۲ <sup>a*</sup>	۸۳/۸ <sup>c</sup>	۱۰۷/۸ <sup>c</sup>	۱۰۲/۷ <sup>c</sup>	۱۵۴/۴ <sup>ab</sup>	۹۴/۳ <sup>c</sup>	۹۰/۳ <sup>c</sup>	۹۱ <sup>c</sup>	۱۱۶ <sup>bc</sup>	۱۱۶/۶
-۰/۹۱	-۱/۷۸	۱/۷۶	۰/۳۲	۰/۵۸	-۱/۱۹	۰	-۲	-۰/۰۵	۱/۲
۲۲/۸	۶/۸	۲۵/۹	۵/۵	۵۵/۶	۸/۶	۵/۹	۱۲/۴	۲۱	۳۷

\* میانگین‌های دارای حروف مشترک، در سطح احتمال یک درصد آزمون دانکن اختلاف معنی داری ندارند.

بیشترین میانگین غلظت نیکل در گرد و غبار شهرستان کرمانشاه به میزان ۱۶۱/۲ و کمترین آن در شهرستان سنقر به میزان ۸۳/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم مشاهده شد (جدول ۱). مقایسه مقدار نیکل در گرد و غبار استان کرمانشاه و بعضی شهرهای مهم دنیا، نشان دهنده مقدار بالاتر این عنصر نسبت به این شهرها و شهر کرمان، و مقدار کمتر این عنصر نسبت به استان خوزستان می‌باشد (جدول ۲). بالا بودن غلظت نیکل در شهرستان کرمانشاه می‌تواند ناشی از ترافیک‌های شهری و فرسودگی وسایل حمل و نقل، فعالیت‌های صنعتی و احتمالاً غلظت بالای نیکل در خاک‌های این شهرستان باشد، به نوعی که شهرستان صحنه را نیز از نظر آلودگی صنعتی تحت تأثیر خود قرار داده به طوریکه (جدول ۱) بین این دو شهرستان در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی داری دیده نشد.



جدول ۲- مقایسه میزان میانگین نیکل با نتایج تحقیقات مشابه در بعضی نقاط جهان ( $\text{mg kg}^{-1}$ )

محل انجام مطالعه	Ni	توضیحات	رفرنس
کرمان	۳۱/۱	غبار خیابانی	دهبندی و همکاران ۱۳۷۴
خوزستان	۳۷۳۸		زلفی و گودرزی ۱۳۹۰
کرمانشاه	۸۳/۸ - ۱۶۱/۲	شهری و غیر شهری	مطالعه حاضر
لندن	۳۲ - ۷۴	غبار خیابانی	Taylor, 2007
مادرید	۴۴	غبار خیابانی	Taylor, 2007
امان	۲۷ - ۳۳	غبار خیابانی	Taylor, 2007
میانگین جهانی غبار خیابانی	۱۷/۱۹	غبار خیابانی	Taylor, 2007

نتایج حاصل (جدول ۱) نشان داد که میانگین غلظت نیکل در فرو نشست اتمسفری به ترتیب در کرمانشاه < صحنه < جوانرود < گیلانغرب < قصرشیرین < سرپل ذهاب < پاره < کنگاور < سنقر می‌باشد. بررسی این نتایج نشان می‌دهد که توزیع میزان غلظت نیکل در نقاط مختلف شهری و غیر شهری از لحاظ مکانی متفاوت است. این اختلاف ممکن است علاوه بر فعالیت‌های انسانی، صنعتی و ترافیک به سبب گرد و غبار ورودی از کشور عراق و همچنین میزان بالای غلظت نیکل در خاک‌های برخی از این شهرستان‌ها باشد که به صورت گرد و غبار داخلی این شهرستان‌ها را می‌تواند تحت تأثیر قرار بدهد. بیشترین و کمترین نرخ فرونشست اتمسفری به ترتیب در شهرستان‌های سرپل ذهاب و کنگاور با متوسط  $۲۷/۸$  و  $۱۰/۸$  ( $\text{ton km}^{-2} \text{ month}^{-1}$ ) مشاهده شد (جدول ۳).

جدول ۳- میانگین نرخ فرونشست اتمسفری در شهرستان‌های استان کرمانشاه ( $\text{ton km}^{-2} \text{ month}^{-1}$ )

کرمانشاه	سنقر	گیلانغرب	قصرشیرین	صحنه	سرپل ذهاب	کنگاور	پاره	جوانرود	کل منطقه مطالعاتی
۱۹/۲	۱۳/۴	۱۹/۷	۱۹/۳	۱۸	۲۷/۸	۱۰/۸	۲۲/۸	۲۲/۳	۱۹/۳

جدول ۴- میانگین مقدار ورود نیکل به خاکهای کشاورزی از طریق فرونشست اتمسفری ( $\text{kg km}^{-2} \text{ month}^{-1}$ )

کرمانشاه	سنقر	گیلانغرب	قصرشیرین	صحنه	سرپل ذهاب	کنگاور	پاره	جوانرود	کل منطقه مطالعاتی
۳/۲	۱/۱	۲/۱	۲	۲/۸	۲/۶	۱	۲	۲/۶	۲/۳

بیشترین و کمترین میزان فرونشست اتمسفری نیکل به ترتیب مربوط به شهرستان‌های کرمانشاه و کنگاور با میانگین  $۳/۲$  و  $۱$  ( $\text{kg km}^{-2} \text{ month}^{-1}$ ) می‌باشد و در کل منطقه مطالعاتی ( $\text{kg km}^{-2} \text{ month}^{-1}$ )  $۲/۳$  می‌باشد (جدول ۴). طبق استانداردهای آلاینده‌های خاک سازمان حفاظت محیط زیست ایران، برای خاک‌های با پی‌اچ بیشتر از ۷، ماده آلی (کمتر از ۱ و ۱-۸ درصد) و درصد‌های متفاوت رس (کمتر از ۳۰، ۳۰-۴۰ و بیشتر از ۴۰)، غلظت نیکل در خاک با کاربری کشاورزی برای انسان در سه محدوده: ۱- بدون خطر (کمتر از  $۱۱۰ \text{ mg kg}^{-1}$ ) ۲- امکان وجود خطر ( $۱۱۰-۷۱۰ \text{ mg kg}^{-1}$ ) ۳- خطر فوری (بیشتر از  $۷۱۰ \text{ mg kg}^{-1}$ ) قرار دارد (محیط زیست). غلظت نیکل در فرونشست اتمسفری شهرستان‌های کرمانشاه، صحنه و جوانرود در محدوده امکان وجود خطر و در بقیه شهرستان‌ها در محدوده بدون خطر و نزدیک به امکان وجود خطر قرار دارد. غلظت بالای نیکل در گرد و غبار استان کرمانشاه می‌تواند خاک‌های کشاورزی استان را طی سال‌های آینده با مشکل جدی آلودگی همراه کند و سبب برهم زدن توازن عناصر در خاک شود، بعلاوه با انتقال به چرخه غذایی سلامت افراد را نیز در معرض خطر قرار دهد.



## منابع

- استاندارد های کیفیت منابع خاک و راهنمای آن، معاونت محیط زیست انسانی، دفتر آب و خاک، صفحات ۶۹-۶۷. دفتر آمار و اطلاعات. ۱۳۸۷. سالنامه آماری استان کرمانشاه. استانداری کرمانشاه. صفحه ۵۴۷.
- دهبندی، ر.، ع. آفتابی، ع. دامنگیر، س. حسینی و ف. خالقی. ۱۳۷۴. ژئوشیمی و کانی شناسی زیست محیطی غبارها در ناحیه شهری کرمان. انجمن زمین شناسی ایران.
- زلفی، الف.، و غ. گودرزی. ۱۳۹۰. آنالیز ذرات گرد و غبار و اثرات بهداشتی آن بر ساکنین در استان خوزستان. اولین کنگره بین‌المللی پدیده گرد و غبار و مقابله با آثار زیانبار آن. دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان.
- شمشیری، س.، ۱۳۹۱. پهنه‌بندی گردوغبار با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای مودیس (مطالعه موردی: استان کرمانشاه). پایان نامه کارشناسی ارشد بیابان زدایی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- Calabrese. E. J, Kostecki P. T, Gilbert C. E. 1987. How much dirt do children eat? An emerging environmental health question. *Comment. Toxicol.* 1, 229-241.
- Dologopolova, A., D. J. Weiss, R. Seltmann and P. Dulski. 2006. Dust dispersal 18 and Pb enrichment at the rare-metal Orlovka-Spokoinoe mining and ore processing 19 site: Insights from REE patterns and elemental ratios. *J. Hazardous Materials.* 132: 20 90-97.
- Duong, T. T. T. and B. K. Lee. 2011. Determining contamination level of heavy 24 metals in road dust from busy traffic areas with different characteristics. *J. Environ. 25 Manag.* 92: 554-562.
- Faiz, Y., M. Tufail, M. T. Javad. M. M. Chaudhry and N. Siddique. 2009. Road 1 dust pollution of Cd, Cu, Ni, Pb and Zn along Islamabad Expressway, Pakistan. *2 Microchem. J.* 92: 186-192.
- Goossens. Dirk. 2007. Bias in grain size distribution of deposited atmospheric dust due to the collection of particles in sediment catchers. *Catena.* 70:16-24
- Hawley, J. K. 1985. Assessment of health risk from exposure to contaminated soil. *Risk Anal.* 5, 289-302.
- Juvanovic. S, Carrot. F, Deschamps. N, Vukotic. P, 1995. A study of the air pollution in the surroundings of an aluminum smelter using Epiphytic and Lithophytic Lichens. *Journal of Trace Microprobe Techniques:* 13,463-471.
- Karimi, N., S. M. Ghaderian., H. Maroofi and H. Schat. 2009. Analysis of Arsenic in Soil and Vegetation of a Contaminated Area in Zarshuran, Iran, *international journal of phytoremediation,* 12:2, 159-173.
- Luo, L., Y. Ma., S. Zhang., D. Wei., and Y. Zhu. 2009. An inventory of trace element inputs to agricultural soils in China. *J. Environ Manage.* 90: 2524-30.
- McPherson, M. J. 2006. The hazardous nature of dusts.
- Sow. Mamadou, Goossens. Dirk , Rajot. Jean Louis. 2006. Calibration of the MDCO dust collector and of four versions of the inverted frisbee dust deposition sampler *Geomorphology* 82: 360-375.
- Taylor, K., 2007. Urban environment, In: Perry, Ch. and Taylor, K. (Eds), *Environmental sedimentology*, Blackwell, pp. 190-222.
- Zheng, N., J. Liu, Q. Wang and Z. Liang. 2010. Health risk assessment of heavy 18 metal exposure to street dust in the zinc smelting district, Northeast of China. *Sci. 19 Total Environ.* 408: 726-733.



## ارزیابی آلودگی فلزات سنگین حاصل از ریز ذرات گرد و غبار در استان همدان

مریم همتی<sup>۱</sup> و دکتر قاسم رحیمی<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد شیمی و حاصلخیزی خاک دانشگاه بوعلی سینا

۲- استادیار گروه خاکشناسی دانشگاه بوعلی سینا

### مقدمه

تا زمان‌های نه چندان دور، طوفان شن و گرد و غبار به طور معمول به عنوان یک پدیده‌ی محلی و در برخی مواقع در یک مقیاس بزرگ‌تر در مناطق خشک و نیمه‌خشک مشاهده می‌شد. اما در سه دهه‌ی گذشته جهان با نگرانی در مورد پدیده‌ی گرد و غبار در یک مقیاس جهانی مواجه شده است. (ایندویتو ۲۰۱۲). گرد و غبار پدیده‌ی ای جوی\_ اقلیمی است که در مناطق خشک و نیمه‌خشک معمول است. این پدیده هنگام بروز یک باد ناگهانی و یا هنگامی که قدرت باد از حد آستانه تجاوز کند رخ می‌دهد و شن‌های سست و گرد و غبار را از سطح خشک خاک منتقل می‌کند (ایندویتو ۲۰۱۲). در واقع ایجاد گرد و غبار می‌تواند نوعی واکنش به تغییر پوشش گیاهی زمین باشد که در این رابطه نقش فعالیت‌های انسانی را در کنار شرایط طبیعی محیط‌های جغرافیایی باید در نظر گرفت (ذوالفقاری و عابدزاده ۱۳۸۴).

فلزات سنگین از اجزای طبیعی پوسته‌ی زمین هستند که تحت تأثیر عوامل طبیعی و آنتروپوژنیک قرار می‌گیرند و در صورتی که مقادیر آن‌ها از حد معینی تجاوز کند باعث آلودگی محیط زیست می‌شوند. فلزات سنگین ممکن است بر روی سلامتی انسان و محیط زیست تأثیر منفی بگذارند (دونگ و لی ۲۰۱۰). به عنوان مثال مقادیر کم سرب سیستم‌های آنزیمی را مختل می‌کند، خون‌رسانی به مغز و بدن را با مشکل مواجه می‌کند، روی هوشیاری اثر منفی می‌گذارد و رشد کودکان را به تأخیر می‌اندازد (وی و همکاران ۲۰۰۹). علاوه بر این فلزات سنگین می‌توانند در گرد و غبار نیز تجمع یابند (دونگ و لی ۲۰۱۰).

به دلیل مجاورت مناطق غرب و جنوب غربی کشور با بیابان‌های بزرگ کشورهای همجوار روزهای غبار آلود در این مناطق قابل توجه است (شاهسونی و همکاران ۱۳۸۹). منابع اصلی گرد و غبارهای ورودی به غرب ایران، نواحی بیابانی نسبتاً نزدیک به این منطقه مثل صحرای سوریه، عراق و صحرای موجود در شمال شبه جزیره‌ی عربستان است که نقش صحرای کبیر آفریقا در این میان ناچیز قلمداد می‌شود (شاهسونی و همکاران ۱۳۸۹).

مطالعات متعددی بر روی سطوح آلودگی فلزات سنگین در گرد و غبار استان‌ها و شهرهای مختلف ایران از جمله تهران انجام گرفته است. با این حال اطلاعاتی در مورد سطوح آلودگی فلزات سنگین حاصل از ریز ذرات گرد و غبار استان همدان در دسترس نمی‌باشد.

بنابراین هدف از این مطالعه ارزیابی سطوح آلودگی فلزات سنگین در گرد و غبار استان همدان با استفاده از شاخص آلودگی PI می‌باشد.

### مواد و روشها

نمونه‌برداری با کمک نقشه‌های موجود و به صورت تصادفی در مناطق مختلف استان همدان انجام گرفت. ۶۰ نمونه‌ی گرد و غبار از سطوح غیر قابل نفوذ به وسعت ۲ متر مربع به وسیله‌ی جارو و خاک‌انداز پلاستیکی تمیز



در خرداد ماه سال ۱۳۹۲ جمع‌آوری شده و به آزمایشگاه انتقال داده شدند. نمونه‌برداری از شش موقعیت مختلف در سطح شهر همدان انجام گرفت که عبارتند از: مناطق پر ترافیک، مناطق با ترافیک کم، پارک‌ها و فضای سبز، مناطق مسکونی، صنعتی و زمینه (background). نمونه‌های گرد و غبار پس از هوا خشک شدن از الک ۱ میلیمتر عبور داده شدند و در ظروف پلی اتیلنی نگهداری شدند.

۰/۶ گرم از هر نمونه در ظروف تفلون ریخته شد و به نسبت ۱ : ۵ : ۱ مخلوط پرکلریک اسید، نیتریک اسید و سولفوریک اسید به نمونه‌ها اضافه شد. نمونه‌ها روی هیتر قرار داده شدند تا زمانی که کرم رنگ شوند. سپس آنها را از روی هیتر برداشته و ۱۰ میلی لیتر آب مقطر به آنها اضافه شد و بار دیگر به مدت یک ساعت روی هیتر قرار داده شدند. نمونه‌ها پس از عبور از کاغذ صافی به حجم ۱۰۰ میلی لیتر رسانده شدند و سپس توسط دستگاه جذب اتمی سپکتروفوتومتر غلظت کل فلزات سنگین قرائت شد.

به منظور تعیین سطوح آلودگی فلزات سنگین در نمونه‌های گرد و غبار از شاخص آلودگی PI استفاده شد:

$$PI = C_n / C_{ref} \quad [1]$$

که در این معادله  $C_n$  غلظت فلز سنگین در نمونه و  $C_{ref}$  غلظت همان فلز سنگین در نمونه background می‌باشد. چهار کلاس درجه آلودگی برای این شاخص در جدول ۱ ذکر شده است:

جدول ۱- کلاس‌های درجه آلودگی شاخص PI

PI	کلاس	سطح آلودگی
$PI \leq 1$	۱	غیر آلوده
$1 < PI \leq 2$	۲	آلودگی کم
$2 < PI \leq 3$	۳	آلودگی متوسط
$3 < PI$	۴	آلودگی بالا

## نتایج و بحث

غلظت فلزات سنگین (میانگین، ماکزیمم و مینیمم) و درجه آلودگی بدست آمده توسط شاخص PI در جدول ۲ ذکر شده است. بیشترین مقادیر روی در مناطق با ترافیک بالا و سپس در مناطق صنعتی یافت شد. این امر نشان داد که منشأ اصلی روی در منطقه می‌تواند وسایل نقلیه و صنعت باشد. بیشترین مقادیر سرب در مناطق صنعتی یافت شد که نشان داد این عنصر به طور عمده از صنعت نشأت می‌گیرد. مس در تمامی نمونه‌ها مقادیر بسیار بالایی داشت و بیشترین مقادیر آن در مناطق صنعتی و با ترافیک بالا بود. همچنین کمترین مقادیر روی، سرب و مس در پارک‌ها و فضای سبز مشاهده شد که این امر نشان دهنده نقش پوشش گیاهی در کاهش آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از گرد و غبار می‌باشد. مقادیر نیکل بسیار نزدیک به مقدار آن در خاک شاهد و مقادیر منگنز کمتر از آن بود که نشان داد منشأ این دو عنصر در منطقه طبیعی می‌باشد. کادمیم نیز به واسطه حضورش در سوخت اتومبیل‌ها و خاک در نمونه‌های گرد و غبار یافت شد. مقادیر کادمیم در تمامی نمونه‌ها بیشتر از مقدار آن در خاک شاهد بود و همچنین مقادیر آن در مقایسه با سایر فلزات در نمونه‌های گرد و غبار کمتر بود.



جدول ۲- غلظت فلزات سنگین ( $\text{mgKg}^{-1}$ ) و درجه آلودگی بدست آمده توسط شاخص PI

Cd	Mn	Ni	Cu	Pb	Zn	منطقه
۹,۱	۴۰۰	۹۵,۶	۵۸,۹	۱۷۱,۵	۲۲۸	ترافیک بالا
۱۱,۷۵	۳۰۱	۱۳۱,۷	۸۲	۲۸۴,۲	۳۳۰,۶	ماکزیمم
۶	۶۸۱	۵۷,۲	۲۲,۵	۱۱۶,۷	۱۲۱,۴	مینیمم
۱,۵	۰,۷	۱,۱	۴,۲	۱,۷	۱,۴	PI
۹,۲	۴۰۴,۷	۹۷,۶	۴۴,۱	۱۷۸,۹	۱۸۴,۸	ترافیک کم
۱۱,۹	۳۲۰,۵	۱۱۰,۸	۹۶,۱	۲۹۷,۵	۳۳۶,۸	ماکزیمم
۶,۸	۴۸۵,۴	۸۴,۵	۲۲,۱	۱۰۳,۳۳	۸۳,۲	مینیمم
۱,۵	۰,۷	۱,۱	۳,۲	۱,۷	۱,۱	PI
۸,۹	۴۲۲,۴	۹۸,۳	۳۵,۴	۱۵۷,۶	۱۴۶,۲	پارک‌ها و فضای سبز
۱۰,۴	۲۹۵,۴	۱۱۵,۸	۴۶,۸	۲۰۲,۵	۱۸۷,۹	ماکزیمم
۱۱,۲۵	۵۷۶,۷	۸۷	۲۴,۳	۱۲۷,۵	۱۱۱,۶	مینیمم
۱,۴	۰,۸	۱,۱	۲,۶	۱,۵	۰,۹	PI
۱۰,۴	۴۰۷,۶	۱۰۱,۸	۴۰,۵	۱۶۲,۹	۱۶۹,۵	مسکونی
۱۱,۶	۳۴۸,۲	۱۲۲,۱	۵۴,۷	۲۰۳,۳	۳۲۵,۴	ماکزیمم
۸,۹	۵۱۴,۲۵	۸۹,۸	۲۹,۹	۱۲۰	۱۰۴,۴	مینیمم
۱,۷	۰,۷	۱,۲	۳	۱,۶	۱	PI
۸,۵	۴۲۲,۵	۹۸,۶	۱۱۳,۲	۱۹۶,۵	۲۲۰,۵	صنعتی
۱۱,۷۵	۲۷۳,۹	۱۰۹,۷	۲۲۷	۲۵۱,۷	۳۳۱,۲	ماکزیمم
۶,۹	۵۰۵,۲	۸۰,۸۳	۳۸,۱	۱۲۲,۵	۱۴۰,۳	مینیمم
۱,۴	۰,۷	۱,۲	۸,۳	۱,۹	۱,۴	PI
۶	۵۴۳,۱	۸۳,۱	۹,۷	۱۰۰	۱۵۹,۷	background
۷	۵۸۶,۸	۸۶,۷	۲۰,۲	۱۳۱,۶	۱۷۰,۵	ماکزیمم
۴,۸	۴۷۵,۳	۷۹,۵	۱۳,۵	۶۸,۳	۱۴۶,۶	مینیمم

شاخص‌های PI بدست آمده برای فلزات مختلف بسیار متفاوت بود. منگنز و نیکل (بترتیب ۰/۷ و ۱/۲) کمترین مقادیر PI را دارند. این مقادیر نشان دادند که این مناطق در سطوح غیر آلوده تا آلودگی متوسط قرار دارند. همچنین PI بدست آمده برای عناصر روی، سرب و کادمیم نشان دهنده آلودگی کم این عناصر در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. PI برای مس بین ۲/۶ تا ۱۳/۵ بدست آمد که بیشترین آن در مناطق صنعتی و سپس در مناطق با ترافیک بالا بود. این امر بیانگر آلودگی بسیار شدید مس در منطقه است که نشان می‌دهد تمهیدات لازم توسط مسئولان مربوطه جهت کاهش آلودگی این فلز و جلوگیری از آلوده‌تر شدن توسط سایر فلزات سنگین از جمله توسعه پارک‌ها و فضای سبز در مناطق آلوده‌تر باید صورت گیرد.



از نتایج بدست آمده می توان نتیجه گرفت که منابع مختلفی برای فلزات سنگین در مناطق مختلف وجود دارد. این منابع در تمامی مناطق برای فلزات سنگین مختلف یکسان نیست و رفتار ساکنین و برنامه ریزی های زیست-محیطی در هر منطقه می تواند بر کیفیت محیط زیست تأثیر بگذارد (فنگ و همکاران ۲۰۱۱).

از نتایج بدست آمده می توان نتیجه گرفت که منابع مختلفی برای فلزات سنگین در مناطق مختلف وجود دارد. این منابع در تمامی مناطق برای فلزات سنگین مختلف یکسان نیست و رفتار ساکنین و برنامه ریزی های زیست-محیطی در هر منطقه می تواند بر کیفیت محیط زیست تأثیر بگذارد (فنگ و همکاران ۲۰۱۱).

### منابع

ذوالفقاری، ح. و عابدزاده، ح.، ۱۳۸۴. تحلیل سینوپتیک سیستم های گرد و غبار در غرب ایران. مجله جغرافیا و توسعه، صفحه های ۱۷۳ تا ۱۸۷.

شاهسونی، ع. یار احمدی، م. جعفرزاده حقیقی فرد، ن. نعیم آبادی، ا. محمودیان، م. صاکی، ح. صولت، محمد حسین. سلیمانی، زهرا. ندافی، کاظم. ۱۳۸۹. اثرات طوفان های گرد و غباری بر سلامت و محیط زیست. مجله دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی، صفحه های ۴۵ تا ۵۶.

Christoforidis A and Lee B, 2011. Heavy metal contamination in street dust and roadside soil along the major national road in Kavala's region, Greece. *Geoderma* 151: 257-236.

Duong TT and Stamatis N, 2009. Determining contamination level of heavy metals in road dust from busy traffic areas with different characteristics. *Journal of Environmental Management* 92: 554-562.

Feng S, Liu H, Zhang N, Lin H, Du X and Liu Y, 2011. Contamination assessment of copper, lead, zinc and chromium in dust fall of Jinan, NE China. *Environ Earth Sci* 66:1881-1886.

Wei B, Jiang F, Li X and Mu Sh, 2009. Spatial distribution and contamination assessment of heavy metals in urban road dusts from Urumqi, NW China. *Microchemical Journal* 93: 147-152.

Wei B and Yang L, 2010. A review of heavy metal contaminations in urban soils, urban road dusts and agricultural soils from China. *Microchemical Journal* 94: 99-107.



## بررسی اثرات زیست محیطی پدیده گرد و غبار در استان کردستان

مسعود داوری

استادیار گروه علوم خاک دانشگاه کردستان

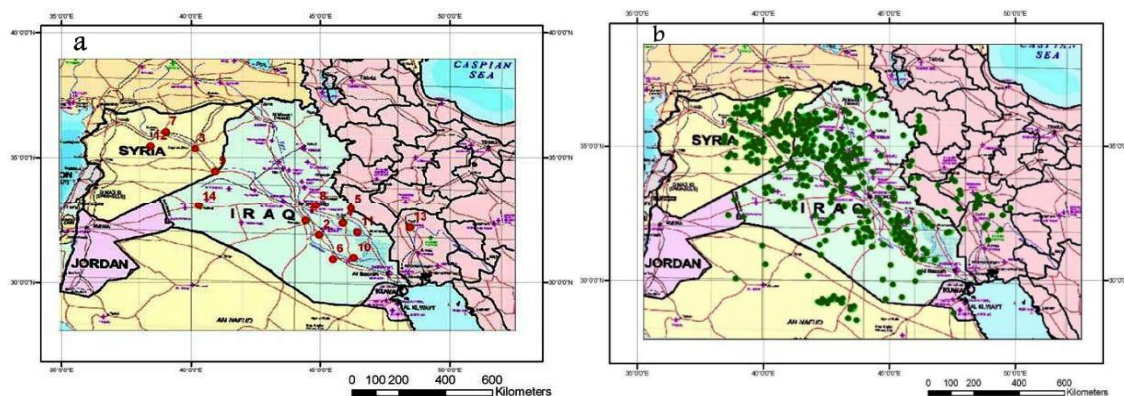
### مقدمه

طوفان‌های گرد و غبار، در بیشتر موارد، پیامد وزش بادهای متلاطمی است که مقادیر زیادی گرد و خاک را از سطح بیابان‌ها به بالا منتقل کرده و میدان دید را به کمتر از ۱ کیلومتر کاهش می‌دهند. طوفان‌های گرد و غبار با از بین بردن خاک، حذف مواد آلی و ذرات ریز غنی از مواد غذایی سبب کاهش حاصلخیزی و توان تولیدی خاک می‌شوند. همچنین اثرات سایشی ناشی از ذرات خاک این طوفان‌ها، به گیاهان زراعی به ویژه گیاهان جوان نیز آسیب می‌رساند. از دیگر پیامدهای آن می‌توان به کاهش قابلیت دید و تأثیرات مخرب آن بر سیستم حمل و نقل جاده‌ای و هوایی، کاهش نور دریافتی سطح زمین از خورشید و همچنین اثرات زیان‌بار آن بر سلامتی انسان اشاره کرد (Gerivani *et al.*, 2011). هنگامی که در نواحی بیابانی سرعت باد از ۸ m/s بیشتر شود بسته به بافت خاک، رطوبت خاک، چسبندگی ذرات خاک، زبری سطح خاک، پوشش گیاهی و پستی و بلندی‌های زمین، ذرات ریز خاک وارد جریان اتمسفر شده و با معلق ماندن آنها در فضای نزدیک سطح زمین سبب تولید طوفان‌های گرد و غبار می‌شود (شاهسونی و همکاران، ۱۳۸۹).

ایران به دلیل واقع شدن در کمربند خشک و نیمه خشک جهان، به کرات در معرض وقوع طوفان‌های گرد و غبار محلی و منطقه‌ای متعدد می‌باشد. در سال‌های اخیر، فراوانی و شدت طوفان‌های گرد و غبار در ایران به ویژه در نواحی غربی، جنوب و جنوب غربی افزایشی معنی‌دار داشته است. این پدیده اقتصاد، محیط زیست، سلامت و زندگی ساکنین استان‌هایی مرزی همچون اهواز، ایلام، کرمانشاه و کردستان را به مخاطره انداخته است. به نظر می‌رسد این افزایش فراوانی و شدت طوفان‌های گرد و غبار به دلیل خشکسالی و استفاده‌های بی‌رویه از منابع طبیعی در ایران و کشورهای همسایه باشد. بارش کم در بخش‌های جنوبی و جنوب غربی، خشک شدن و کاهش آب دریاچه‌ها و باتلاق‌ها، تنک شدن یا از بین رفتن پوشش‌های گیاهی و وزش بادهای شدید باعث افزایش طوفان‌های گرد و غبار در بخش‌های غربی، جنوب و جنوب غربی ایران شده است. افزون بر این، عراق یکی از چشمه‌های اصلی وقوع طوفان‌های گرد و غبار ایران است. پروژه‌های سد سازی در کشورهای همسایه شدت جریان رودخانه‌های دجله و فرات را بشدت کاهش داده و باعث می‌شود که دشت‌های سابقاً حاصلخیز این کشور به بیابان‌هایی خشک تبدیل شوند (Gerivani *et al.*, 2011). استان کردستان بعنوان یکی از استان‌های مرزی در غرب کشور به دلیل موقعیت جغرافیایی و نزدیکی به بیابان‌های کشورهای مجاور مانند عراق، سوریه و عربستان در معرض طوفان‌های گرد و خاک می‌باشد. به ویژه اینکه بیشتر سامانه‌های جوی از شمال غرب، غرب و جنوب غربی به کشور وارد می‌شوند. از این رو، در این پژوهش تلاش می‌شود ضمن بررسی منشأ گرد و غبار و شناخت ترکیبات فیزیکی و شیمیایی آنها، اثرات اجتماعی، اقتصادی، کشاورزی و زیست محیطی وارده از ناحیه ذرات معلق بر زندگی انسان‌ها نیز ارزیابی شود.

### منابع گرد و غبار در ایران و استان کردستان

ایران به‌عنوان یکی از کشورهای خاورمیانه در مرکز کمربند گرد و غبار واقع شده و توسط چندین منبع گرد و غبار نیرومند همچون بیابان‌های عراق و سوریه در غرب، منطقه بین دریاچه آرال و خزر در شمال و شبه جزیره عربستان در جنوب و جنوب شرقی احاطه شده است. حوزه آبخیز دجله - فرات در عراق سرچشمه گرد و غبار نیرومندی بوده که عمدتاً در بهار و تابستان فعال می‌باشد. در شرایط سخت و طاقت‌فرسا، این‌گونه فعالیت‌های گرد و خاک ممکن است به‌وسیله دیگر چشمه‌های گرد و غبار همچون چشمه‌های موجود در شبه جزیره عربستان تشدید شده و یک پهنه خیلی وسیع‌تری حتی دریای عرب، اقیانوس هند و شبه قاره هند را در بر گیرد. بیشترین فعالیت سالیانه چشمه‌های گرد و غبار موجود در شبه‌جزیره عربستان از آوریل تا سپتامبر می‌باشد. این منابع گرد و غبار عمدتاً بر دریای عرب و شبه‌قاره هند تأثیر می‌گذارند، لیکن بر فلات ایران تأثیری قابل توجه ندارند. این در حالی است که منطقه بین دریاچه‌های خزر و آرال کم و بیش بر فعالیت گرد و خاک‌های مشاهده شده در مرکز و بخش‌های شمالی ایران تأثیری اندک دارد (Abdi *et al.*, 2011). در ایران در طول چند دهه گذشته، شدت و فراوانی طوفان‌های گرد و غبار در دو فاصله زمانی، یکی از ۱۹۸۴ تا ۱۹۸۸ و بار دیگر از ۲۰۰۵ تاکنون، بطور معنی‌داری افزایش یافته است. بعد از طوفان‌های گرد و غبار ۱۹۸۴ تا ۱۹۸۸، پژوهشی توسط Wilkerson و Walter (۱۹۹۱) برای تعیین منابع گرد و غبار در خاورمیانه انجام شد. (شکل 1a). افزون بر این، پژوهش‌های دیگری در سالیان اخیر توسط Esmaili و همکاران (۲۰۰۶)، Jalali و Davoudi (۲۰۰۸) (شکل 2b) و Gerivani و همکاران (۲۰۱۱) برای تعیین منابع گرد و غبار ایران انجام گردید. مطابق این پژوهش‌ها منابع اصلی گرد و غبارهای ورودی به غرب ایران، بیابان‌های عراق و سوریه و صحراهای موجود در شمال شبه جزیره عربستان است. هر چند نقش صحرای عربستان در این میان کمتر قلمداد می‌شود. همان‌طور که در شکل ۱ دیده می‌شود تعداد این چشمه‌های گرد و غبار در طی بیست سال افزایشی چشم‌گیر داشته است.



شکل ۱- توزیع مکانی منابع و چشمه‌های گرد و خاک قبل از ۱۹۹۱ (a) و در سال ۲۰۰۸ (b)

با توجه به اینکه استان کردستان دارای ساختاری کوهستانی و کوهپایه‌ای و پوشش جنگلی مناسب بوده و میانگین بارش سالیانه آن بیش از میانگین بارش کشوری می‌باشد، لذا گرد و غبارهایی که این استان را در بر می‌گیرند بطور قطع دارای منشأی خارجی می‌باشند. آمارهای سازمان هواشناسی استان کردستان در طی سال-



های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۲ نشان می‌دهد که در ایستگاه سنندج، سال‌های ۲۰۰۵ و ۲۰۰۸ به ترتیب دارای کمترین و بیشترین روزهای همراه با گرد و غبار بوده است. نتایج نشان می‌دهد که میزان گرد و غبار با میزان بارش متناسب است به گونه‌ای که در سال ۲۰۰۸ میانگین سالیانه بارش در ایستگاه سنندج معادل ۲۳۹/۹ میلی‌متر بوده که کمتر از سال‌های دیگر می‌باشد. مطابق این آمارها فراوانی روزهای همراه با گرد و غبار در ماه‌های اردیبهشت، خرداد، تیر و مرداد بیش از دیگر ماه‌های سال بوده است، زیرا با نزدیک شدن به ماه‌های گرم سال، به دلیل کم شدن بارش و افزایش تبخیر و تعرق و نبودن پوشش گیاهی مناسب زمینه برای فرسایش بادی و وقوع پدیده گرد و خاک مساعدتر می‌شود.

### پیامدهای ناشی از پدیده گرد و غبار در استان کردستان

#### پیامدهای زیست محیطی

گرد و غبار می‌تواند سبب تغییر شرایط اقلیمی در مقیاس منطقه‌ای و جهانی، تغییر در چرخه بیولوژیکی، زمین‌شناسی، شیمیایی و زیست محیطی گردد. ذرات گرد و غبار تشعشع‌هایی گرمایی و خورشیدی را متفرق کرده و یا جذب می‌کنند و به طرق مختلفی ویژگی‌های ابرها را تغییر می‌دهند. این ذرات به صورت مستقیم و یا با تشکیل ابر بصورت غیر مستقیم باعث انعکاس نور خورشید به سوی فضا و به تبع آن خنک شدن هوا می‌گردند. افزون بر این، گرد و غبار باعث آلودگی آب‌های آشامیدنی و در نتیجه بیماری‌های گوارشی در انسان می‌گردد (شاهسونی و همکاران، ۱۳۸۹). گرد و غبارهای گسترده می‌تواند جنگل‌های بلوط منطقه را بشدت تحت تأثیر قرار داده و سبب تخریب درختان شوند (بوچانی و فاضلی، ۱۳۹۰).

#### پیامدهای آن بر سلامتی انسان

استنشاق هوای آلوده به ذرات گرد و غبار باعث نفوذ این هوا به کیسه‌های هوایی شده، مشکلات تنفسی، بی‌نظمی ضربان قلب (آریتمی)، حملات قلبی، سردردهای شدید و مزمن، حساسیت‌های شدید، ضعف در بینایی و بیماری‌های پوستی را ایجاد می‌کند. ارزیابی ترکیب فیزیکی و شیمیایی ذرات گرد و غبار نشان می‌دهد که این ذرات صرفاً متشکل از دانه‌های شن و ماسه، رس و ذرات نمک نیستند، بلکه ترکیباتی پیچیده از عناصری شیمیایی همچون سیلیس، آلومینیوم، آهن، کلسیم، منیزیم، پتاسیم، گوگرد، فسفر، فلزات سنگین و برخی دیگر از ترکیبات آلی نیز مشاهده می‌شود که تمامی این عناصر می‌توانند اثراتی سوء بر مجاری تنفسی، ریه‌ها، رگ‌های خونی، کلیه‌ها و کبد داشته باشند (شاهسونی و همکاران، ۱۳۸۹).

#### پیامدهای اقتصادی

طوفان‌های گرد و غبار می‌تواند منجر به تعطیلی ادارات، سازمان‌ها، دستگاه‌های اجرایی و مدارس، اختلال در سیستم‌های حمل و نقل هوایی، ریلی و زمینی، اختلال در عملکرد نیروگاه‌های تأمین برق، کاهش منابع آب (به دلیل آلودگی آب)، اختلال در دریافت سیگنال‌های تلویزیونی و افزایش تعداد مراجعات به کلینیک‌های پزشکی گردد. فرسایش بادی با وارد کردن خسارت به محصولات کشاورزی، باغی و دام و طیور می‌تواند سبب از بین رفتن اقتصاد مناطق روستایی شود. لذا در مقایسه با مناطق شهری، مناطق روستایی بیشتر در معرض خطرات ناشی از گرد و غبار قرار دارند (شاهسونی و همکاران، ۱۳۸۹). این موضوع سبب مهاجرت روستائیان به شهرها و به تبع آن به هم خوردن تعادل جمعیتی در منطقه و بروز مشکلاتی متعدد خواهد شد.



## پیامدهای آن بر کشاورزی

گرد و غبار بر تولیدات بخش کشاورزی تأثیر گذار است. گرد و غبار با کاهش ذخیره رطوبتی خاک و ایجاد آفات و بیماری‌ها در محصولات زراعی و باغی سبب بروز خسارت‌هایی به کشاورزان می‌شود. برآوردها نشان می‌دهد که گرد و غبار در سال ۸۸ موجب بروز خساراتی در حدود ۷ تا ۱۷ میلیون تن به محصولات زراعی و باغی گردیده است (سرابیان و نیک‌پور، ۱۳۸۹).

گرچه پیامدهای تأثیر مخرب گرد و غبار گاهی از سوی دولت‌ها نادیده گرفته شده و یا آماری دقیق از آن گزارش نمی‌شود، لیکن تأثیرات منفی آن بر سلامت انسان، اقتصاد، محیط زیست و کشاورزی مشهود است. این پدیده بر روحيات مردم اثر منفی گذاشته و باعث مهاجرت و جابه‌جایی اجباری مردم این مناطق بخصوص نخبگان به دیگر نواحی می‌شود و در نهایت نگاه مردم را به ساختار سیاسی و اداری کشور منفی می‌نماید. از آنجایی که منشأهای پدیده گرد و غبار در کشورهای همسایه قرار گرفته، جهت حل این معضل نیاز به همبستگی ملی و منطقه‌ای است تا ضمن شناسایی چشمه‌های دقیق برداشت این ذرات اقداماتی مؤثر و کارآمد به اجرا در آید.

## منابع

- ۱- بوچانی، م. ح. و فاضلی، د. ۱۳۹۰. چالش‌های زیست محیطی و پیامدهای ناشی از آن ریزگردها و پیامدهای آن در غرب کشور ایران. فصلنامه رهنامه سیاست‌گذاری، ۲ (۳): ۱۲۵-۱۴۵.
- ۲- سرابیان، ل. و نیک‌پور، ع. ۱۳۸۹. چالش‌ها و برآورد خسارات ناشی از پدیده گرد و غبار در بخش کشاورزی، دومین همایش ملی فرسایش بادی، یزد، انجمن مدیریت و کنترل مناطق بیابانی ایران.
- ۳- شاهسونی، ع.، یار احمدی، م.، جعفر زاده حقیقی فرد، ن. ا.، نعیم آبادی، ا.، محمودیان، م. ح.، صاکی، ح.، صولت، م. ح.، سلیمانی، ز.، ندافی، ک. ۱۳۸۹. اثرات طوفان‌های گرد و غبار بر سلامت و محیط زیست. مجله دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی، ۲ (۴): ۴۵-۵۶.

- 4- Abdi F., Flamant C, Cuesta J, Flamant P, and Khalesifard, HR, 2011. Multiplatform observations of dust vertical distribution during transport over northwest Iran in the summertime. J. Geophys. Res. 116, 1-13.
- 5- Esmaili O, Tajrishy M, and Daneshkar Arasteh P, 2006. Results of 50 year ground-based measurements in comparison with satellite remote sensing of two prominent dust emission sources located in Iran. Proceedings of SPIE Europe Conference on Remote Sensing of Clouds and the Atmosphere XI, Stockholm, Sweden. 6362, 1-12.
- 6- Gerivani H, Lashkaripour GH.R, Ghafoori M, and Jalali N, 2011. The Source of dust storm in Iran: a case study based on geological information and rainfall data. Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, 6 (1): 297-308.
- 7- Jalali N. and Davoudi MH, 2008. Inspecting the origins and causes of the dust storms in the Southwest and West parts of Iran and the regions affected. Internal reports of Soil Conservation and Watershed Management Research Institute (SCWMRI), Iran.
- 8- Walter M, and Wilkerson D, 1991. Dust and Sand Forecasting in Iraq and Adjoining Countries. Technical Report, Air Weather Service, Scott AFB (AWS/XTX), IL 62225-5008.



## برآورد روزهای گرد و غباری در استان کرمان با استفاده از مدل ANFIS

سیده حمیده حسینی<sup>۱</sup>، زهرا رضانی دولت آبادی<sup>۲</sup>، علی اصغر بسالت پور<sup>۳</sup>، حسین ریاحی<sup>۴</sup>

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد علوم خاک

۲-دانشجوی کارشناسی ارشد علوم خاک

۳-استادیار گروه خاکشناسی دانشگاه ولی عصر رفسنجان

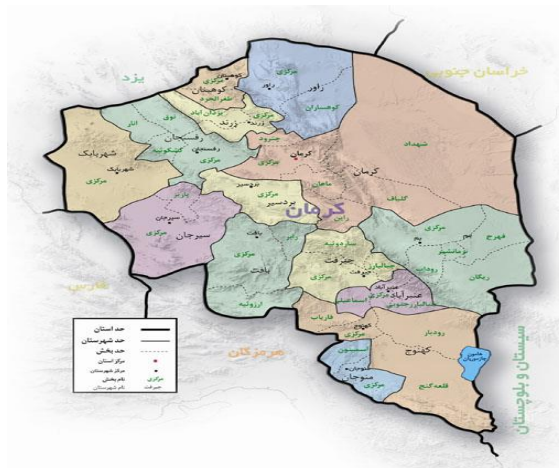
۴- استادیار گروه آب دانشگاه ولی عصر رفسنجان

مقدمه:

طوفان‌های گرد و خاک، پدیده‌های طبیعی هستند که در مناطق خشک و نیمه‌خشک و بیابانی دنیا به فراوانی رخ می‌دهند. این طوفان‌ها هر ساله خسارات زیادی را بر منابع انسانی وارد می‌سازند (جمالیزاده تاج آبادی، ۱۳۸۷). بر اساس توافق سازمان هواشناسی جهانی، هرگاه سرعت باد به بیش از ۱۵ متر بر ثانیه برسد و مقادیر زیادی از گرد و خاک را به هوا بلند کرده و باعث کاهش دید به کم‌تر از یک کیلومتر شود، پدیده گرد و غبار نامیده می‌شود. گرد و غبار می‌تواند منجر به تغییرات اقلیم در مقیاس جهانی و محلی، تغییر در چرخه زیستی، زمین‌شناسی، شیمیایی و یا زیست محیطی انسان گردد. غبار اتمسفری مانع از نفوذ نور خورشید شده و می‌تواند منجر به کاهش تولیدات کشاورزی به میزان ۵ تا ۳۰ درصد گردد (ندافی و همکاران، ۱۳۸۹). در زمان ایجاد طوفان-های گرد و غباری، مواد مغذی و مواد آلی خاک از بین رفته که باعث پایین آمدن بهره‌وری زمین‌های کشاورزی می‌گردد. در یک پژوهش انجام شده میزان خسارت گرد و غبار بر محصولات جالیزی، ذرت و گندم بین ۱۵ تا ۲۰ درصد پیش‌بینی گردیده است (ندافی و همکاران، ۱۳۸۹). گزارش‌ها همچنین نشان می‌دهد که حدود ۱۷ درصد از کاهش تولیدات کشاورزی در جهان به دلیل فرسایش خاک بوده است (واعظی، ۱۳۸۶). در این پژوهش قابلیت استفاده از سیستم استنتاج فازی عصبی تطبیقی (ANFIS) برای مدل‌سازی تعداد روزهای گرد و غباری در استان کرمان با استفاده از آمار و اطلاعات طولانی مدت ۱۲ ایستگاه سینوپتیک موجود در منطقه با رگرسیون خطی چند متغیره مقایسه شد. همچنین مناسب‌ترین ترکیب ورودی از عوامل تأثیرگذار بر پدیده طوفان گرد و خاک برای مدل‌سازی با استفاده از روش PCA تعیین شد. مقایسه دقت و قابلیت روش‌های نوین مدل‌سازی (نروفازی) با روش‌های آماری مرسوم (رگرسیون خطی چند متغیره) از دیگر اهداف این پژوهش بود.

### مواد و روش‌ها:

استان کرمان در جنوب شرقی ایران قرار گرفته و از شمال با استان‌های خراسان و یزد و از جنوب با استان هرمزگان و از شرق با استان سیستان و بلوچستان و از غرب با استان هرمزگان مزر مشترک دارد (شکل ۱). مساحت استان حدود ۱۸/۲ میلیون هکتار بوده که تقریباً ۱۱ درصد از خاک کشور را در بر گرفته است. این استان دارای ۶/۳ میلیون هکتار اراضی بیابانی می‌باشد که حدود ۳۴ درصد از سطح استان را به خود اختصاص داده است. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که سطحی معادل ۴/۲ میلیون هکتار از اراضی بیابانی استان تحت تأثیر شدید فرسایش بادی قرار داشته که دارای بالاترین درجه آسیب‌پذیری بوده و منشأ تولید طوفانی-های گرد و غبار می‌باشند. برای انجام این پژوهش از آمار و اطلاعات (داده‌های) هواشناسی ۱۲ ایستگاه سینوپتیک استان کرمان شامل ایستگاه‌های انار، بافت، بهم، سیرجان، شهر بابک، کرمان، کهنوج، میانه جیرفت، رفسنجان، زرنده، شهداد و لاله زار که بصورت ماهانه توسط سازمان هواشناسی کشور در دوره زمانی ۲۰ ساله از سال ۱۳۶۷ تا ۱۳۸۷ (۱۹۸۹ تا ۲۰۰۹ میلادی) ثبت شده‌اند، استفاده گردید (سازمان هواشناسی کشور).



شکل ۱. موقعیت استان کرمان و شهرستان‌های آن در کشور

پارامترهای مورد استفاده شامل دمای بیشینه، دمای کمینه، بارندگی، روزهای همراه با پدیده بارندگی (برف و باران)، تعداد روزهای با هوای آرام، جهت باد، توزیع سرعت باد، سمت و سرعت سریع‌ترین باد، میانگین فشار، میانگین فشار بخار اشباع و میانگین رطوبت نسبی در ساعت بود و تعداد روزهای همراه با پدیده گرد و غبار نیز به عنوان خروجی مدل‌ها شبیه‌سازی شد. داده‌ها (۴۳ پارامتر) پس از جمع‌آوری، ابتدا مورد بازنگری و رفع نقص قرار گرفت و برخی خصوصیات آماری داده‌ها نظیر کمینه، میانگین، بیشینه، انحراف معیار و چولگی داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS تعیین شد (جدول ۱). رگرسیون‌های خطی از جمله روش‌های ساده‌ی مدل‌سازی می‌باشند که از آن‌ها می‌توان برای پیش‌بینی یک یا چند متغیر پاسخ (وابسته) از مجموعه‌ای از مقادیر متغیرهای پیش‌بینی کننده (مستقل) استفاده نمود. تحلیل مؤلفه اصلی به منظور کاهش پیچیدگی تحلیل متغیرها و هم-چنین تفسیر بهتر اطلاعات با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره انجام شد. با اعمال این روش، متغیرهای اولیه به مؤلفه‌های جدید و مستقل (با ضرایب هم‌بستگی صفر برای هر دو مؤلفه) تبدیل می‌شوند و سپس از این مؤلفه‌ها به جای متغیرهای اولیه استفاده می‌گردد (نوری، ۱۳۸۶). در این پژوهش دو مجموعه داده به عنوان ورودی برای برآورد تعداد روزهای گرد و غباری طراحی شد. در مدل اول، کلیه پارامترهای جمع‌آوری شده (۱۲ پارامتر) به عنوان ورودی در مدل‌سازی استفاده شد. در مدل دوم ۵ پارامتر مؤثرتر بر برآورد تعداد روزهای گرد و غباری حاصل از مطالعات آزمون PCA به عنوان ورودی مدل‌ها استفاده گردید. در هر دو روش مدل‌سازی (ANFIS, MLR)، ۸۰ درصد داده‌ها (۱۶۳۹ داده) برای آموزش مدل و ۲۰ درصد باقیمانده (۴۰۹ داده) به عنوان داده‌های تست مدل استفاده شد.

جدول ۱. توصیف آماری پارامترهای مورد استفاده برای مدل‌سازی تعداد روزهای گرد و غباری

پارامتر	بیشینه	کمینه	متوسط	انحراف معیار	چولگی
میانگین درجه حرارت (درجه سانتی گراد)	۴۰/۸۵	-۱/۷۰	۱۹/۵۹	۹/۳۰	۰/۰۲
میانگین درجه حرارت سطح	۳۲/۳۰	-۱۱/۳۰	۹/۷۵	۹/۲۳	۰/۱۷



زمین (درجه سانتی گراد)				
۳/۴۹	۲۱/۲۲	۱۰/۷۱	۰	۲۲۲
بارندگی کل (میلی متر)				
۲/۵۶	۲/۰۸	۱/۰۸	۰	۱۶
تعداد روزهای همراه با پدیده برف و باران				
۰/۰۹	۴۸/۱۴	۹۷/۸۲	۰	۲۳۱
تعداد هوای آرام				
۰/۳۳	۵۱/۶۰	۱۲۱	۷	۳۰۰
تعداد بادها در جهات مختلف				
۰/۳۴	۱/۱۸	۴/۹۱	۲	۹/۱۸
میانگین وزنی توزیع سرعت باد (متر بر ثانیه)				
-۰/۷۹	۹۸/۲۲	۲۳۳/۲۶	۱۰	۵۶۰
سمت سریعترین باد				
۰/۹۳	۴/۵۳	۱۳/۹۰	۴	۴۰
سرعت سریعترین باد (متر بر ثانیه)				
-۰/۷۸	۹/۴۲	۱۰۰۶/۸۶	۹۴۰/۸۰	۱۰۲۴/۴۰
میانگین فشار (تبدیل شده به سطح دریا)				
۲/۰۲	۳/۹۱	۷/۵۳	۰/۷۱	۳۰/۴۶
میانگین فشار بخار اشباع				
۰/۶۵	۱۴/۰۳	۳۳/۰۳	۴	۸۰
میانگین رطوبت نسبی کل در ساعت (درصد)				
۲/۹۰	۲/۵۲	۱/۵۲	۰	۲۴
تعداد روزهای همراه با پدیده گرد و خاک				

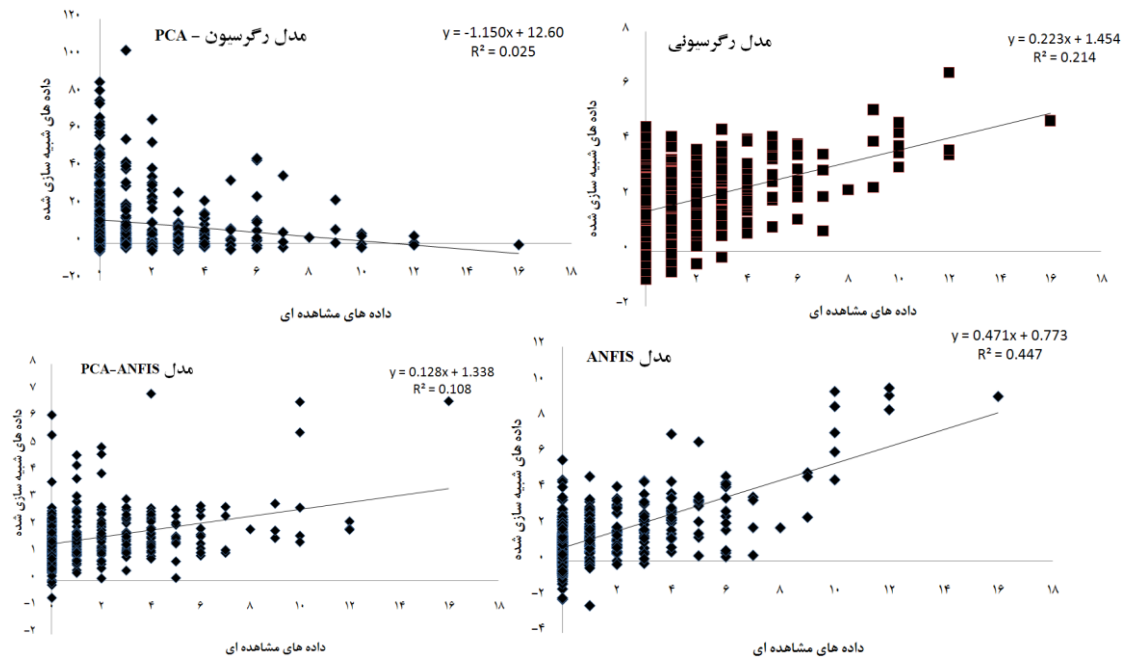
### نتایج و بحث:

مقدار ضریب همبستگی ( $r$ ) و مقدار ضریب تبیین یا توجیه به عبارتی ( $R^2$ ) و میانگین ریشه مربعات خطا (RMSE) دو مدل ANFIS و مدل رگرسیون چند متغیره به ترتیب ۰/۶۶، ۰/۴۶، ۰/۲۱، ۰/۲۱، ۱/۷۶ و ۲/۱۲ که نشان دهنده برتری مدل ANFIS نسبت به مدل رگرسیون چند متغیره می باشد (جدول ۲ و شکل ۲). همچنین مقدار ضریب همبستگی ( $r$ ) و مقدار ضریب تبیین یا توجیه ( $R^2$ ) و میانگین ریشه مربعات خطا (RMSE) دو مدل ANFIS و مدل رگرسیون چند متغیره برای پارامترهای PCA به ترتیب برابر ۰/۳۲، ۰/۲۵، ۰/۱۰۸، ۰/۰۲۵، ۲/۲۴، ۲/۳۰ می باشد که برتری مدل ANFIS بر مدل رگرسیون چند متغیره را نشان می دهد. مدل های رگرسیون خطی تنها قادر به تشخیص روابط خطی بین متغیرهای مستقل و وابسته هستند و چنانچه روابط غیرخطی بین این متغیرها وجود داشته باشد، کارایی این مدل ها به حد قابل ملاحظه ای کاهش می یابد. بنابراین به نظر می رسد که دلیل اصلی عملکرد ضعیف مدل رگرسیون خطی در برآورد ویژگی مورد مطالعه در این پژوهش، روابط غیرخطی بین این ویژگی و ورودی های مورد استفاده در مدل سازی باشد.

جدول ۲. نتایج شاخص های آماری برای مقایسه مدل های مورد بررسی

MEF	ERROR%	RMSE	r	
۰/۲۰	۱۰۴/۹۷	۲/۱۲	۰/۴۶	مدل رگرسیون
۰/۰۶	۱۰۷/۲۳	۲/۳۰	۰/۲۵	مدل رگرسیون - PCA

مدل ANFIS	۰/۶۶	۱/۷۶	۸۵/۸۸	۰/۴۴
مدل PCA - ANFIS	۰/۳۲	۲/۲۴	۱۰۵/۴۱	۰/۱۰۴



شکل ۲. همبستگی بین مقادیر مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده‌ی روزهای گرد و غباری برای داده‌های تست مدل‌های مختلف

### منابع

- جمالیزاده تاج آبادی، م. و مقدم نیا، ع. و پیری، ج. و اختصاصی، م.، ۱۳۸۹. پیش بینی وقوع طوفان گرد و غبار با استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی. فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، جلد ۱۷، شماره ۱۲، صفحه ۲۰۵ تا ۲۰.
- ندافی، ک.، ۱۳۸۹. اثرات طوفان‌های گرد و غبار بر سلامت و محیط زیست. مجله دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی. دوره ۲، شماره ۷۴، صفحات ۴۵ تا ۵۶.
- واعظی، ع. و بهرامی، ح. و صادقی، ح. مهدیان، م.، ۱۳۸۶. پیش بینی فرسایش خاک براساس رابطه جهانی فرسایش و کشتزارهای دیم، ناحیه نیمه خشک شمال غربی ایران. پژوهش کشاورزی: آب، خاک و گیاه کشاورزی، جلد هفتم، شماره دوم.
- نوری، ر. و اشرفی، خ. و ازدرپور، ا.، ۱۳۸۶. مقایسه کاربرد روش‌های شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون خطی چند متغیره براساس تحلیل مولفه‌های اصلی برای پیش بینی غلظت میانگین روزانه کربن مونوکسید. مجله فیزیک زمین و فضا، دوره ۳۴، شماره ۱، صفحه ۱۳۵ تا ۱۵۲.



## امکان‌سنجی استفاده از برگ چنار در پایش زیست‌محیطی آلودگی فلزات سنگین در

### گرد و غبار اتمسفری

سمیرا نوروزی<sup>۱</sup> و حسین خادمی<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی دکتری علوم خاک دانشگاه صنعتی اصفهان

۲- استاد گروه علوم خاک دانشگاه صنعتی اصفهان

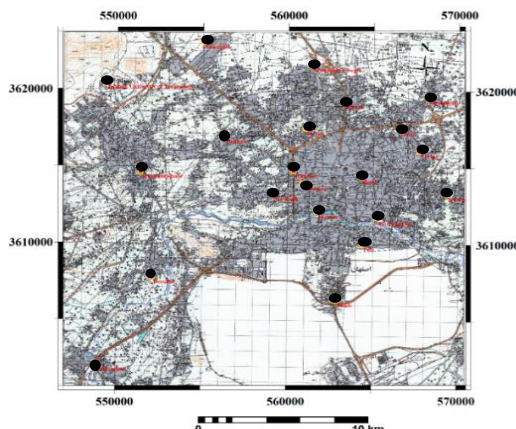
#### مقدمه

گیاهان به علت توزیع گسترده‌شان، به‌عنوان یک شاخص بیولوژیکی (بیواندیکاتور)، برای تعیین میزان آلودگی اتمسفری کاربرد دارند (Kardel et al., 2010). گرد و غبار روی برگ‌ها برای تعیین عناصر سمی هوا قابل استفاده است و آنالیز عنصری بافت برگ‌ها اطلاعاتی در مورد مقدار عناصر محیط ارائه می‌دهد. به‌دلیل گستردگی و توزیع مناسب درختان در سطح مناطق شهری امکان نمونه‌برداری گرد و غبار از آنها با سهولت بیشتری نسبت به نمونه‌برداری از سایر مکان‌ها وجود دارد. بنابراین برگ درختان می‌توانند برای مطالعه توزیع مکانی و زمانی گرد و غبار اتمسفری استفاده شوند. شهر اصفهان بعنوان سومین شهر بزرگ و پرجمعیت ایران محسوب می‌شود. حضور مناطق کویری در مناطق شمال و شرق شهر، می‌تواند دلیلی بر بروز پدیده گرد و غبار مکرر در طول سال در این منطقه باشد. همچنین حضور صنایع مختلف و ترافیک سنگین، منجر به آلودگی اتمسفری زیادی شده‌است. وجود درخت چنار در اکثر نقاط این شهر امکان بررسی آلودگی اتمسفری از طریق بیومانی‌تورینگ را فراهم می‌آورد و از آنجاییکه تاکنون مطالعه‌ای در سطح وسیع و زمان طولانی به این منظور در شهر اصفهان صورت نگرفته است، این مطالعه با هدف امکان‌سنجی استفاده از گیاه چنار و ذرات گرد و غبار فرونشسته روی برگ‌های آن برای ارزیابی آلودگی اتمسفری انجام گرفت.

#### مواد و روشها

نمونه‌برداری از برگ درختان در ۲۱ نقطه با توزیع مکانی مناسب (شکل ۱) در شهر اصفهان صورت گرفت. نمونه‌برداری از برگ درختان چنار (*Platanus orientalis L.* (Platanaceae) بصورت ماهانه در انتهای ماههای اردیبهشت (t<sub>1</sub>)، خرداد (t<sub>2</sub>)، تیر (t<sub>3</sub>)، مرداد (t<sub>4</sub>)، شهریور (t<sub>5</sub>)، مهر (t<sub>6</sub>) و آبان (t<sub>7</sub>) سال ۱۳۹۱ انجام شد. در انتهای ماههای خرداد (t<sub>2</sub>) و مهر (t<sub>6</sub>) پس از نمونه‌برداری برگ‌ها بارندگی در اکثر نقاط شهر صورت گرفت. ۱۵ تا ۲۰ عدد برگ از درختان همسن با استفاده از قیچی از ارتفاع ۲ تا ۲/۵ متری و از تمام زوایای درخت، بطور تصادفی چیده شد و در پاکت‌های کاغذی قرار داده شد. در آزمایشگاه، نمونه‌های برگ جمع‌آوری شده از هر ایستگاه به دو قسمت تقسیم شد و نیمی از آنها چند بار توسط آب مقطر شسته و نیمی دیگر بصورت دست نخورده نگهداری شدند. تمام نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون با حرارت ۶۰ درجه سانتی‌گراد، خشک و سپس آسیاب شدند. ۰/۴ گرم از نمونه‌های آسیاب شده، با ۵ میلی‌لیتر HNO<sub>3</sub> ۷۰٪ و ۲ میلی‌لیتر H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ۳۰٪ و ۳ میلی‌لیتر آب دیونیزه، به مدت ۱۵ دقیقه در مایکروویو هضم شدند. سپس نمونه‌های هضم‌شده توسط آب دیونیزه، به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شدند. غلظت عناصر Cu, Zn, Mn, Fe و Ni با دستگاه جذب اتمی Perkin Elmer 3030 و Pb با دستگاه RayLEIGH WF-1E مجهز به کوره گرافیتی در محلول نهایی قرائت شد. داده‌های بدست آمده از

آزمایشات با استفاده از نرم افزار SPSS.16 مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند و نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel 2013 رسم شدند.



شکل ۱- توزیع نقاط نمونه برداری در شهر اصفهان

### نتایج و بحث

#### غلظت تجمعی عناصر در برگ درختان چنار

میانگین غلظت عناصر Cu، Fe، Mn، Ni، Pb و Zn در برگهای شسته شده و شسته نشده درختان چنار در ماههای مختلف نمونه برداری در تمام ایستگاههای مورد مطالعه در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- غلظت عناصر (میانگین) در برگهای درخت چنار نمونه برداری شده در ماههای مختلف در

#### ایستگاههای مورد مطالعه شهر اصفهان

Pb ( $\mu\text{g/kg}$ )		Zn (mg/kg)		Ni (mg/kg)		Mn (mg/kg)		Fe (mg/kg)		Cu (mg/kg)		زمان نمونه برداری
W	UW	W	UW	W	UW	W	UW	W	UW	W**	UW*	
N.D	N.D***	۳۲/۵	۳۳/۱۲	۵/۶۲	۶/۲۵	۵۱/۲۵	۵۶/۸۷	۳۷۵	۳۸۳/۷۵	۱۴/۳۷	۱۵/۶۲	t <sub>1</sub>
N.D	۲۶۲/۵	۲۷/۵	۳۶/۲۵	۵/۶۲	۷/۵	۶۱/۲۵	۶۶/۲۵	۱۵۷	۴۷۵	۱۰/۶۲	۱۳/۱۲	t <sub>2</sub>
N.D	۳۰۸/۱۲	۲۹/۳۷	۳۷/۵	۵/۶	۷/۵	۷۰	۸۸/۱۲	۲۱۷/۵	۴۱۱/۸۸	۱۰	۱۲/۵	t <sub>3</sub>
.	۶۷۸/۱۲	۲۷/۵	۴۵	۵/۶	۹/۳۷	۸۱/۲۵	۱۱۵/۶۲	۲۰۲/۵	۷۴۳/۷۵	۱۱/۲۵	۱۵/۶۲	t <sub>4</sub>
.	۸۸۶/۲۵	۲۷/۵	۵۱/۲۵	۶/۲۵	۱۰/۶۲	۸۷/۵	۱۳۸/۷۵	۱۹۵/۶۲	۱۱۲۵	۱۰	۱۷/۵۰	t <sub>5</sub>
.	۱۳۲۶/۲۵	۲۶/۲۵	۵۹/۳۷	۶/۲۵	۱۱/۸۷	۸۷/۵	۱۶۸/۱۲	۲۱۱/۲۵	۱۴۵۶/۲۵	۱۰/۶۲	۲۴/۳۷	t <sub>6</sub>
.	۶۳۳/۷۵	۲۵/۶۲	۳۶/۸۷	۵/۶۲	۸/۷۵	۸۴/۳۷	۱۱۷/۵	۱۹۳/۷۵	۶۱۵/۶۲	۱۰	۱۷/۵	t <sub>7</sub>

W\*\*= برگهای شسته شده      \*ND= غیر قابل تشخیص توسط دستگاه      UW\*= برگهای شسته نشده

روند افزایشی در غلظت عناصر از ماه اردیبهشت تا آبان (t<sub>1</sub> تا t<sub>7</sub>) در برگهای شسته نشده مشاهده می شود. اما بدلیل بارندگی با شدت زیاد در انتهای ماه خرداد (t<sub>2</sub>) و مهر (t<sub>6</sub>)، غلظت عناصر برای ماههای تیر و آبان غلظت



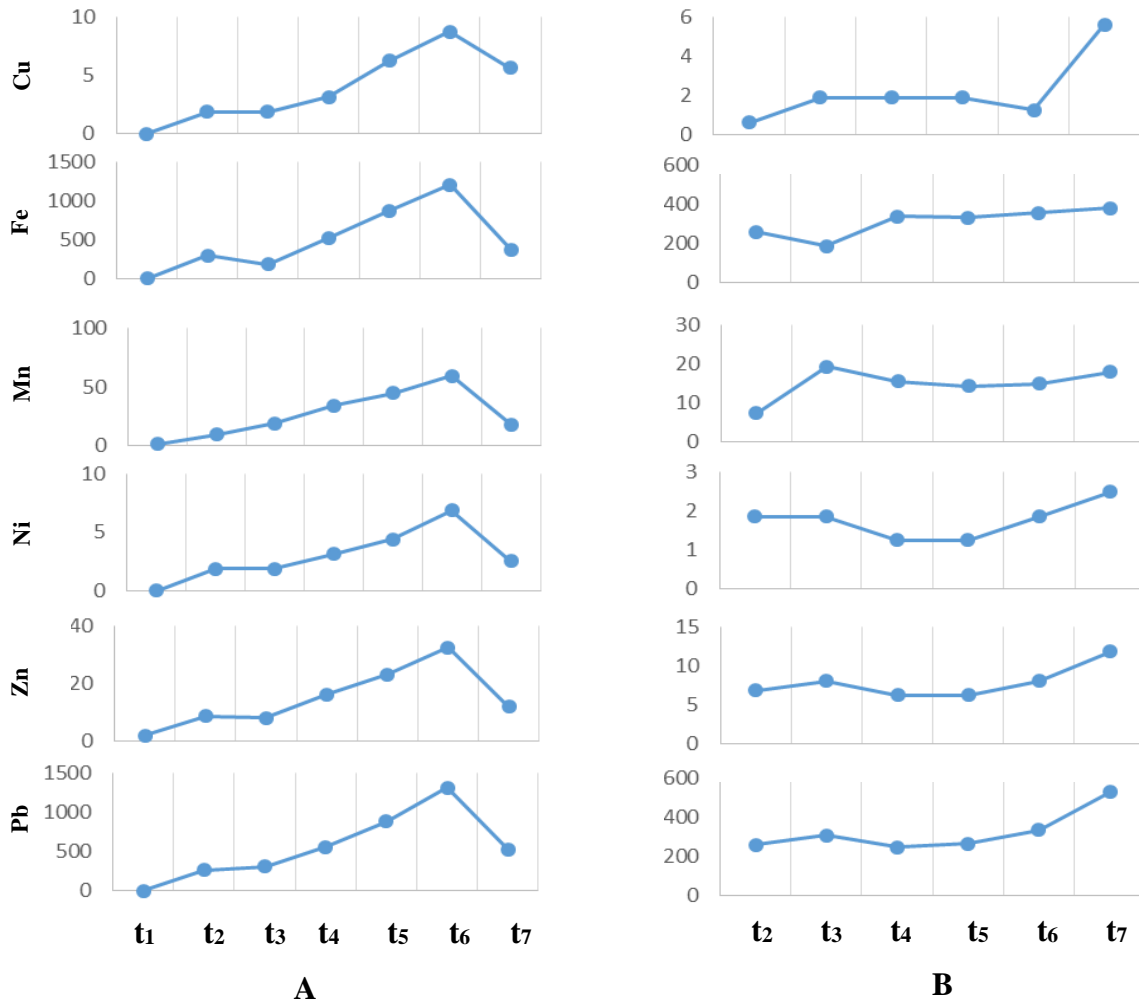
تجمعی نیست، بنابراین کمتر از ماههای قبل است. تجمع ماهانه برای عناصر Mn و Pb در نمونه‌های برگ شسته شده مشاهده می‌شود، در حالیکه روند موجود برای عناصر Cu، Fe و Zn از ابتدای دوره رشد تا به انتها، روند کاهشی است که در مطالعات دیگر نیز گزارش شده است (Anicic et al., 2011). این عناصر در برگ‌های جوان غلظت بالایی دارند و با افزایش سن برگ بعلت نقش فیزیولوژیکی آنها غلظتشان کاهش می‌یابد که می‌تواند دلیلی بر ریزش برگ‌ها باشد. غلظت Ni، در برگ‌ها در طول دوره تغییر چندانی نشان نمی‌دهد. بین غلظت عناصر در برگ‌های شسته شده و نشده، در زمانهای ابتدایی نمونه برداری تفاوت زیادی وجود ندارد، اما با گذشت زمان و رشد برگ‌ها، غلظت تجمعی عناصر در برگ‌های شسته نشده افزایش می‌یابد و تفاوت بین نمونه‌های شسته شده و نشده چشمگیر می‌شود (جدول ۱). روند تجمعی ماهانه در غلظت عناصر برگ‌های چنار، غالباً به نقش آنها بعنوان بیومانتور، اشاره می‌کند و بیانگر تجمع ذرات گرد و غبار و آئروسول‌ها روی برگ‌ها است و آلودگی برگ‌ها با عناصر سنگین از طریق تجمع ذرات گرد و غبار رخ می‌دهد (Al-Khashman et al., 2011).

### غلظت عناصر در گرد و غبار روی برگ‌ها

با تفاضل غلظت عناصر برگ‌های شسته نشده از شسته شده، غلظت گرد و غبار جذب شده روی برگ‌ها محاسبه شد. میانه این پارامتر برای همه ایستگاه‌ها، در طول زمان نمونه برداری، در شکل ۲A نشان داده شده است. روند تجمعی برای غلظت تمام عناصر با گذشت زمان از ابتدای فصل رشد تا انتها، مشاهده می‌شود. این بدین معنا است که هر ماه مقدار مشخصی از غبار اتمسفری از منابع گوناگون، روی سطح برگ‌ها افزوده می‌شود و این ذرات تا زمانی که توسط باد و باران از روی برگ بلند نشوند، باقی می‌مانند. با فرض اینکه باران سنگین در انتهای خردادماه و مهرماه، تمام گرد و غبار جمع شده روی برگ‌ها طی ماه‌های گذشته را شسته، می‌توان اینگونه نتیجه‌گیری کرد که گرد و غبار موجود روی برگ‌ها در ماه‌های تیر و آبان تجمعی نیستند و تنها مربوط به یک ماه می‌باشند. بنابراین کاهش ناگهانی روند تجمعی عناصر در ماه‌های تیر و آبان ماه توجیه‌پذیر می‌گردد. از طرف دیگر با تفاضل غلظت عناصر هر ماه از ماه دیگر می‌توان تخمینی از مقدار غلظت عناصر روی برگ‌ها در هر ماه (و نه میزان تجمعی) بدست آورد. مقدار میانه این پارامتر برای تمام ایستگاه‌ها و ماه‌های نمونه برداری در شکل ۲B آورده شده است. با توجه به این شکل مشاهده می‌شود که بیشترین غلظت عناصر در گرد و غبار جمع شده روی برگ‌ها در ماه آبان می‌باشد و کمترین میزان مربوط به خرداد (ابتدای رشد برگ) است. برای تمام ماه‌های نمونه برداری به جز ماه آبان و برای تمام عناصر روند تقریباً یکنواختی برای غلظت وجود دارد، که به این مسأله اشاره می‌کند که یک منبع مشخص و مشابه در هر ماه مقدار یکسانی از عناصر را به سطح برگ‌ها اضافه می‌کند. در ماه آبان احتمالاً منبع ورودی عناصر تغییر کرده و یا غنی شده است.

### نتیجه‌گیری

نتایج حاصله از این مطالعه بیان می‌کنند که تجزیه عنصری برگ درختان می‌تواند شاخصی برای تعیین میزان آلودگی ناشی از غبار اتمسفری باشد. آنالیز عناصر سنگین برگ درختان و گرد و غبار موجود روی آنها یک روش جایگزین و مناسب برای تخمین میزان و توزیع مکانی و زمانی آلاینده‌های غبار اتمسفری است. بنابراین استفاده از تکنیک بیومانتورینگ با استفاده از گیاه چنار بعنوان روشی راحت‌تر، سریع‌تر و قابل دسترس‌تر نسبت به سایر روش‌های تخمین آلودگی غبار اتمسفری، توصیه می‌گردد.



شکل ۲- میانه غلظت تجمعی (A) و ماهانه (B) عناصر Cu، Fe، Mn، Ni، Zn (mg/kg) و Pb (μg/kg) در ماههای مختلف نمونه برداری در گرد و غبار موجود روی برگها

#### منابع

- Al-Khashman OA, Al-Muhtaseb AH and Ibrahim KA. 2011. Date palm (*Phoenix dactylifera L.*) leaves as biomonitors of atmospheric metal pollution in arid and semi-arid environments. *Environ. Pollut.* 159: 1635-1640.
- Anicic M, Spasic T, Tomasevic M, Rajsic S and Tasic M. 2011. Trace elements accumulation and temporal trends in leaves of urban deciduous trees (*Aesculus hippocastanum* and *Tilia spp.*). *Ecol. Indic.* 11: 824-830.
- Kardel F, Wuyts K, Babanezhad M, Vitharana UWA, Wuytack T, Potters G and Samson R. 2010. Assessing urban habitat quality based on specific leaf area and stomatal characteristics of *Plantago lanceolata L.* *Environ. Pollut.* 158: 788-794.



## بررسی پراکنش جغرافیایی و فراوانی ریزگردها با استفاده از نگاره های ماهواره ای و سیستم اطلاعات جغرافیایی در استان خوزستان

نگین تقا<sup>۱</sup>، دکتر سید محمد جعفر ناظم السادات<sup>۲</sup>، دکتر سید علی ابطحی<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و تحقیقات فارس ۲

۲- استاد تمام دانشگاه شیراز بخش اقیانوسی

۳- مدیر گروه و استاد تمام دانشگاه علوم و تحقیقات فارس

### مقدمه

یکی از پدیده های جوی که پیامدهای زیست محیطی نا مطلوبی برجا می گذارد پدیده گرد و غبار است که اغلب در مناطق خشک و نیمه خشک رخ میدهد و بر سلامت انسان تاثیر دارد (Qian و همکاران، ۲۰۰۲). در کشور ما چند سالی است که پدیده ی گرد و غبار در مناطق وسیعی، به خصوص مناطق واقع در جنوب غرب، باعث ایجاد نگرانی هایی شده است. استان خوزستان به دلیل شرایط خاص ژئومورفولوژی و اقلیمی و همچنین همجواری با کشور عراق که یکی از کانونهای اصلی ایجاد گرد و غبار در کشور است، در معرض بیشترین میزان گرد و غبار قرار دارد. امروزه با پیشرفت تکنولوژی سنجش از دور فرصت های بسیار خوبی در زمینه جمع آوری و ارزیابی مخاطرات به وجود آمده است. مطالعات متعددی در ارتباط با بارزسازی توفان گردوغبار روی خشکی و آب با استفاده از اندازه گیریهای مرئی و فرسرخ ماهواره انجام شده است. به دلیل ویژگیهای اپتیکی خاص ذرات گردوغبار رادیانس های مشاهده شده ی ماهواره ای خواص طیفی این ذرات معلق را با خود به همراه دارند (Zhao و همکاران، ۲۰۱۰)، که امکان جداسازی و تشخیص آنها را با توجه به این خصوصیات فراهم می کند. با توجه به پوشش وسیع و یک پارچه تصاویر ماهواره ای، تکراری بودن آنها و باندهای طیفی مختلف با قدرت های مختلف انعکاس و جذب امواج تابشی سنجیده مادیس شناسایی پدیده های مختلف از جمله توفان گرد و غبار امکان پذیر می باشد.

درویشی و همکاران ۲۰۱۳، وقایع توفان های گرد و غبار و خصوصیات انواع خاکها را در روز و شب با استفاده از شاخص  $NDDI^1$  در سنجیده مادیس با استفاده از اختلاف دمایی درخشندگی طول موجهای ۸-۱۱ و ۱۲ میکرومتر برای تاثیر چهار نوع خاک ایران روی جداسازی گرد و غبار استفاده کرد. (Miller، ۲۰۰۳) برای بارزسازی گردوغبار از ویژگی های انعکاسی محدوده های طیفی ۰،۴۶ و ۰،۸۵ میکرومتر برای بارزسازی گردوغبار روی آب و از خصوصیات دمایی درخشندگی محدوده های طیفی ۱۱ و ۱۲ میکرومتر برای مناطق بیابانی بهره گرفت. برخی محققین جهت آشکارسازی گردوغبار، از شاخص های  $NDDI$  و  $IDDI^2$  استفاده کرده اند. شاخص  $NDDI$  بر مبنای اختلاف محدوده های طیفی با طول موج های ۲،۱۳ و ۰،۴۶۹ میکرومتر بنا نهاده شده است. شاخص  $IDDI$  نیز جهت آشکارسازی گرد و غبار از طریق محدوده ی طیفی مادون قرمز اعمال می گردد (Qu و همکاران، ۲۰۰۶). هدف مقاله حاضر با بهره گیری از پیشینه مطالعاتی ذکر شده، جداسازی ریزگردها با روش تفسیر بصری در تصاویر ماهواره ای و استفاده از شاخص  $NDDI$  و  $BTD^3$  می باشد. در این

1-Normalized Difference Dust Index

2- Infrared Difference Dust Index

3 Brightness Temperature Differences



مطالعه از خصوصیات تابشی و حرارتی پدیده ها و انعکاس آنها در تصاویر جهت برآورد پهنه پوشش و مسیریابی ریزگردها استفاده شده است. اندازه گیری داده های ماهوره ای از اقتصادی ترین و امکان پذیرترین روش برای اندازه گیری و مدیریت اقتصادی ریزگردها و آلودگی هواست.

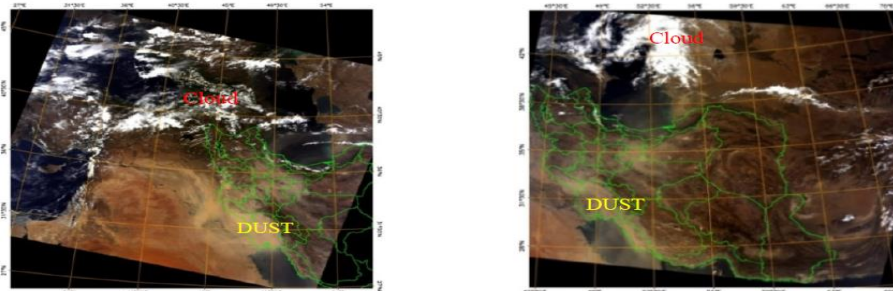
بنابراین این پژوهش به آن است تا از کم هزینه ترین و نوین ترین روش های مدیریتی ریزگردها برای شناخت این پدیده توفان های ریزگرد در پهنه استان خوزستان بهره گیری نماید. آگاهی و شناخت پتانسیل تاثیرات ناشی از ریزگردها می تواند کلیدی برای برنامه ریزی موفق و منطقی در برخورد با مسائل ناشی از آن باشد. چرا که در چنین شرایطی آمادگی لازم برای مقابله با بحران فراهم آمده و در زمان وقوع بحران ریزگردها برنامه های کاهش اثرات و بازسازی مناطق بحران زده با هماهنگی و در یک مدت زمان مناسب و به صورت موثر اجرا گردد.

### مواد و روشها

سنجیده مادیس توسط هر دو ماهواره Aqua و Terra مستقر می باشد. سنجنده در ۳۶ محدوده باند طیفی در طول موج های ۰,۴۰۵ تا ۱۴,۳۸۵ میکرومتر با توان این سنجنده در دوباند طیفی (۱-۲) تصاویر را با توان تفکیک مکانی ۲۵۰، در پنج باند طیفی (۳-۷) تصاویری با توان تفکیک مکانی ۵۵۰ و در ۲۹ باند دیگر (۸-۳۶) نیز تصاویری با توان تفکیک مکانی ۱۰۰۰ متر سنجش را انجام می دهد. با توجه به اینکه سنجنده مادیس مستقر بر این ماهواره ها روزانه از محدوده کشور ما تصویربرداری می نماید، استفاده از آنها در تعیین غلظت ذرات معلق هوا، امکان پذیر است. از آنجا که گرد و غبار در طول موجهای کوتاه طیف الکترومغناطیسی، باعث پراکندگی نور خورشید می شوند، در حالت توده ای و تجمعی، توانایی آنها برای پراکنش نور خورشید بالاتر بوده و بدین ترتیب در قدرت تفکیکهای سنجنده مودیس قابل تشخیص می باشند.

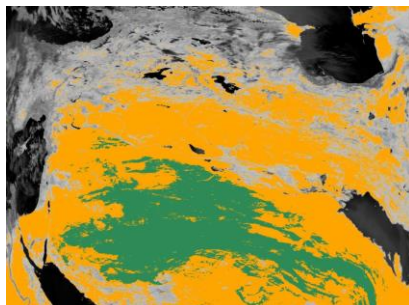
ضخامت لایه گرد و غبار بازتابش سطحی و بازتابش خورشیدی را جذب می کند و هم زمان انعکاس و گسیل میابد. در این ۳۶ باند مادیس، باندی که مرئی و نزدیک به طول موج مادون قرمز است برای اندازه گیری بازتابش است در عین حالی که باندهای حرارتی مادون قرمز برای اختلاف دمای درخشندگی استفاده می شود و ترکیب خصوصیات خاک و زمین و ابر و بعضی از علائم دیگر می تواند پدیدار شود. ابر بازتابش حداکثر و درخشندگی کمتر را دارد بر عکس زمین. برای خاک بازتابش و درخشندگی دما بین زمین و ابر است که تخمین گرد و غبار از این روش استفاده می شود. در شکل ۱ برای دیدن تصاویر به صورت واقعی از باندهای ۱ و ۴ و ۳ در ترکیب رنگی RGB استفاده شده است که تعدادی از روزهایی که گرد و غبار وجود داشته نشان داده شده است. این تصاویر توسط سنجنده مادیس بر روی ماهواره ترا با قدرت تفکیک مکانی یک کیلومتر، برفراز کشور ایران تهیه شده اند. تصویر شکل ۱-الف، که مربوط به تاریخ ۱۴ تیرماه ۱۳۸۸ مصادف با سال ۲۰۰۹ است، توده غبار تشکیل شده در سواحل و مرزهای جنوبی ایران، به وضوح مشاهده میشود. در شکل ۱-ب، تصویر روز بعد یعنی ۱۵ تیرماه سال ۱۳۸۸، نشان داده شده است که در این تصویر، گستردگی این پدیده و حرکت آن به سمت قسمتهای غربی کشور ملاحظه میشود.

برای جداسازی گرد و غبار از ابر و برف و زمین از باندهای ۲۹، ۳۱ و ۳۲ استفاده می شود ، باند ۳۱ و ۳۲ مادیس در باندهای حرارتی می باشند که گازهای اتمسفر جذب ناچیز و اختلاف درخشندگی دما بین ۳۱ و ۳۲ برای وضوح ریزگردها می باشد.



شکل ۱- تصاویر زمین مرجع شده با قدرت تفکیک مکانی یک کیلومتر (الف: راست) و (ب: چپ)

در روز به دلیل بازتابش روی عوامل مختلف از شاخص NDDI برای جداسازی استفاده می شود که بازتابش گرد و غبار شبیه زمین با طول موج بلند می باشد، شاخص قوی از اختلاف بین باندهای ۳ و ۷ گرد و غبار از آب و ابر متمایز می شود. باند ۳ از (۰,۴۵۹ تا ۰,۴۷۹ میکرومتر) بیشترین اما باند ۷ از (۲,۱۰۵ تا ۲,۱۵۵ میکرومتر) کمترین است. از آنجایی که شاخص NDDI برای ابر منفی است به دلیل بازتابش بالای باند ۷ و بازتابش کم باند ۳. همچنین آستانه آن برای سطح زمین کمتر از ۰,۲۸ و این آستانه بیشتر از ۰,۲۸ برای گرد و غبار می باشد (QU, ۲۰۰۶). و آستانه ۰,۲ تا ۰,۴ وسعت کم و ۰,۴ تا ۰,۶ وسعت با شدت زیاد را نشان می دهد (شکل ۲).



شکل ۲- تصویر ماهواره ای ۲۴-۰۵-۲۰۰۸ شدت ضعف (رنگ نارنجی) و قدرت (رنگ سبز) گرد و غبار

$$NDDI = (b7 - b3) / (b7 + b3) \quad [1]$$

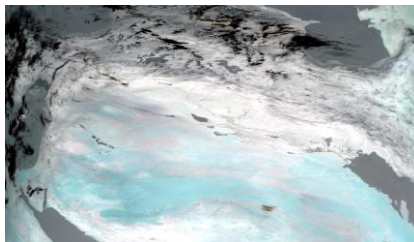
که پارامترهای  $b7$  و  $b3$  باندهای ۳ و ۷ مادیس می باشد.

با رخداد گرد و غبار دمای درخشندگی در طول موج ۱۲ میکرومتر بیشتر از دمای درخشندگی در محدوده ی طیفی ۱۱ میکرومتر و آن نیز بیشتر از دمای درخشندگی در طول موج ۸,۵ میکرومتر می گردد. بنابراین همان گونه که سان چائو و همکاران ۲۰۰۷، نیز اشاره کرده اند روابط زیر برای مناطق دارای گرد و غبار صادق است:

$$[2] \quad (BT11 - BT12) - (BT8.5 - BT11) \quad \text{و} \quad [3] \quad (BT11 - BT12) < 0$$

$$[4] \quad BTD = BT11 - BT12$$

که در رابطه ۲ و ۳ و  $BT8.5$  دمای درخشندگی محدوده ۸,۵ میکرومتر در باند ۲۹ و  $BT11$  دمای درخشندگی محدوده ۱۱ میکرومتر در باند ۳۱ و  $BT12$  دمای درخشندگی محدوده ۱۲ میکرومتر در باند ۳۲ می باشد. آستانه ی بزرگتر از 1- از طریق بررسی نمودار پراکندگی دمای درخشندگی دو باند مذکور، لحاظ گردید، همچنین جهت جلوگیری از بارزسازی مناطق ابری و سایه ی ابر به عنوان گرد و غبار از آستانه ی دمایی ۲۹۰ درجه کلوین در باند ۳۲ بهره گرفته شد. در خروجی نهایی گردوغبار به رنگ آبی ظاهر شده است (شکل ۳).



شکل ۳- تصویر ماهواره ای در تاریخ ۲۴-۰۵-۲۰۰۸ از باندهای ۲۹-۳۱-۳۲

### نتایج و بحث

در این تحقیق برای آشکار سازی توفان های گرد و غبار از ماهواره ترا و آکوا در سنجیده مادیس اطلاعات ماهواره ای بررسی شده که قابلیت تصاویر مریی و مادون قرمز گرد و غبار در خشکی و آب، روز و شب متفاوت است. چون در شب هیچ بازتابشی نداریم بنابراین از باند ۳۱ استفاده میکنیم. عدد پیکسلی که در شاخص NDDI بر آن اعمال می گردد، 1- تا 1+ خواهد بود. برای افزایش دامنه عدد پکسل های NDDI و بررسی بهتر آنها، عدد پیکسلی با یک جمع و در ۱۰۰ ضرب می شود که مساحت ریزگردها بدست می آید. گرد و خاک زمینه روشن و آب زمینه تیره در تصاویر مریی نمایان می شود. همچنین قابلیت تصاویر مادون قرمز در آشکار سازی گرد و غبار در هنگام روز بیشتر می باشد. همچنین این تصاویر در شب زمانی که تصاویر مریی غیر قابل دسترس هستند کاربرد دارند. در نتیجه ویژگی های ریزگردها از نظر مسیر یابی، وسعت و شدت از تصاویر ماهواره ای قابل استخراج می باشد. در فرایند آشکار سازی ریزگردها در غرب کشور به طور کل استفاده از طول موج های فرو سرخ گرمایی ۸،۵، ۱۱ و ۱۲ میکرومتر نتایج بهتری نسبت به طول موج های مریی به ما ارائه می دهد. به خصوص در حالت روی آب. پیشرفتهای اخیر در زمینه ی سنجش از دور، امکان به کارگیری تصاویر ماهواره ای برای اندازه گیری پدیده ریزگردها در شرایط طبیعی و در سطحی وسیع از مناطق شهری و حتی کشور رافراهم کرده است. همچنین استفاده از این علم باعث کاهش قابل توجهی در هزینه ها و نیروی انسانی در مقایسه با روشهای زمینی میشود.

### منابع

- تفان،. بررسی پراکنش جغرافیایی و فراوانی ریزگردها با استفاده از نگاره های ماهواره ای و سیستم اطلاعات جغرافیایی استان خوزستان. پایان نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشگاه علوم و تحقیقات فارس.
- Miller, S. D., 2003, A Consolidated technique for enhancing dust storms with MODIS: Geophysical Research Letters, **30**, (20), 2071-2075.
- Qian, Z.A., Song, M.H., Li, W.Y., 2002. Analyses on distributive variation and forecast of sand-dust storms in recent 50 years in north China. Journal of Desert Research 22 (2), 106-111.
- Qu, J. J., Hao, X., Kafatos, M., and Wang, L., 2006, Asian dust storm monitoring combining Terra and Aqua MODIS SRB measurements: Geosciences and Remote Sensing Letters, IEEE, **3**, (4), 484-486.
- Zhao, T. X.-P., Ackerman, S., and Guo, W., 2010, Dust and Smoke Detection for Multi-Channel. Imagers: International Journal of remote sensing, **2**, 2347-2367.



## غلظت کل برخی فلزات سنگین و توزیع اندازه ذرات گرد و غبارهای بخشی از استان بوشهر

زینب نادری زاده<sup>۱</sup>، حسین خادمی<sup>۲</sup>، شمس‌اله ایوبی<sup>۳</sup> و فاطمه چاهی‌بخش<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی دکترا گروه علوم خاک دانشگاه صنعتی اصفهان

۲- استاد گروه علوم خاک دانشگاه صنعتی اصفهان

۳- دانشیار گروه علوم خاک دانشگاه صنعتی اصفهان

۴- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشگاه صنعتی اصفهان

### مقدمه

افزایش صنعتی شدن و فعالیت‌های انسانی منجر به تشدید انتشار آلاینده‌های مختلف و مواد مضر به اتمسفر شده است. آلودگی هوا می‌تواند سلامت انسان، میکروارگانیسم‌ها و گیاهان را به خطر اندازد (Onder and Dursan, 2006). امروزه افزایش انتشار منابع انسانی فلزات سنگین در گرد و غبار، تهدیدی جدی برای سلامتی انسان به حساب می‌آید. در چند دهه گذشته استفاده از برگ‌های گیاه به عنوان شاخص بیولوژیکی آلودگی فلزات سنگین در محیط، افزایش یافته است. در مطالعه‌ای در شهر ریاض غلظت سرب و کادمیم در گرد و غبار روی میوه‌های نخل و همچنین بافت میوه‌ها بررسی گردید. نتایج، حضور مقادیر قابل توجه سرب و کادمیم را در این دو بخش نشان داد. مقادیر بالاتر از حد مجاز آلوده‌کننده‌هایی مثل سرب و کادمیم در میوه‌های خرما، ممکن است خطرات جدی برای مصرف کنندگان داشته باشد (Fayadh and Al-Showiman, 1990).

در سال‌های اخیر پدیده گرد و غبار به یک نگرانی زیست محیطی مهم در استان بوشهر تبدیل شده است. تجمع گرد و غبار بر روی درختان خرما باعث کاهش کیفیت و بازارپسندی خرما شده و خسارات زیادی را به نخل‌داران وارد کرده است. با توجه به اثرات زیانبار پدیده گرد و غبار طی سال‌های اخیر و عدم وجود اطلاعات در مورد ویژگی‌های ذرات معلق در اتمسفر ناشی از این پدیده، انجام چنین مطالعه‌ای در استان بوشهر ضروری است. از طرفی توسعه روزافزون صنعت در استان بوشهر به‌ویژه در منطقه عسلویه که در آن گسترش منطقه ویژه پارس باعث افزایش آلودگی‌های خاک، آب و هوا شده است و می‌تواند تهدید جدی برای سلامتی ساکنان و کارکنان شاغل در آن منطقه باشد. بنابراین در این مطالعه گرد و غبار شهرهای بوشهر و عسلویه به ترتیب به عنوان مناطق شهری و صنعتی جهت بررسی تأثیر ترافیک و صنعت در ایجاد آلودگی‌های موجود در گرد و غبار و همچنین ترانسکت بین این دو شهر به عنوان مناطق غیر شهری مورد بررسی قرار گرفت. تاکنون گزارشی در زمینه استفاده از گرد و غبار فرو نشسته بصورت خشک روی برگ نخل به عنوان یک شاخص بیولوژیکی جهت بررسی سطح فلزات سنگین و منشأ گرد و غبار منتشر نشده است. در این پژوهش با استفاده از ویژگی‌هایی مانند توزیع اندازه ذرات، غلظت برخی عناصر سنگین در گرد و غبارهای فرونشسته بر روی برگ‌های نخل و مقایسه با خاک‌های سطحی منطقه، میزان آلودگی گرد و غبار به فلزات سنگین و منشأ احتمالی آن بررسی گردید.

## مواد و روش‌ها

جهت بررسی پدیده گرد و غبار یک ترانسکت از شهر بوشهر با میانگین بارندگی ۱۴۴ میلی‌متر و ارتفاع ۵ متر از سطح دریا تا منطقه عسلویه با میانگین بارندگی ۱۷ میلی‌متر و ارتفاع ۱۸ متر از سطح دریا در نظر گرفته شد. شهر بوشهر در فاصله ۲۸ درجه و ۴۸ دقیقه تا ۲۹ درجه و ۱۸ دقیقه عرض جغرافیایی شمالی و ۵۰ درجه و ۳۱ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۱۸ دقیقه طول جغرافیایی شرقی قرار دارد. عسلویه شرقی‌ترین بخش استان بوشهر می‌باشد، که در فاصله ۲۷ درجه و ۱۸ دقیقه تا ۲۷ درجه و ۵۵ دقیقه عرض جغرافیایی شمالی و ۵۱ درجه و ۵۹ دقیقه تا ۵۲ درجه و ۵۷ دقیقه طول جغرافیایی شرقی واقع گردیده است. موقعیت این دو منطقه در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه

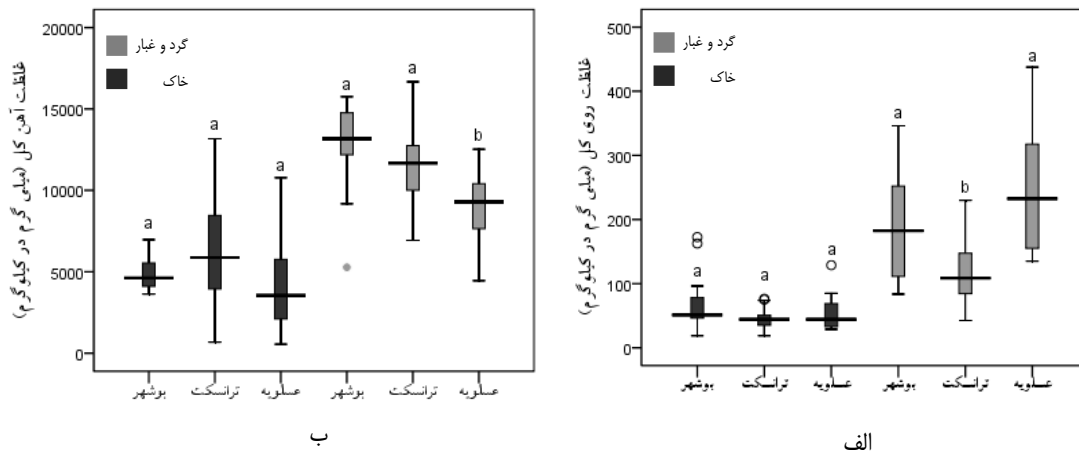
با توجه به گسترش کشت نخل در استان بوشهر، از نخل به عنوان یک شاخص بیولوژیکی و نمونه‌گیر طبیعی گرد و غبار در شهرهای بوشهر، عسلویه و مسیر بین این دو شهر استفاده شد. بدین منظور گرد و غبار فرو نشسته روی برگ‌هایی از درخت که در ارتفاع ۱/۵ تا ۲ متری قرار داشتند، بصورت خشک جمع‌آوری گردید. بطور کلی در شهرهای بوشهر، عسلویه و در طول ترانسکت ۵۰ نمونه برداشته شد. همچنین نزدیک محل نمونه‌های گرد و غبار از عمق ۰ تا ۱۰ سانتی‌متری نمونه خاک گرفته شد. پس از انتقال نمونه‌های هوا خشک به آزمایشگاه، توزیع اندازه ذرات نمونه‌های خاک با هیدرومتر (USDA-NRCS, 1996) تعیین گردید. جهت تعیین توزیع اندازه ذرات گرد و غبار از الک ۲۷۰ مش و سانتریفوژ استفاده شد. غلظت کل عناصر سنگین شامل روی و آهن نمونه‌های خاک و گرد و غبار از طریق هضم توسط اسید نیتریک ۶ نرمال و اندازه‌گیری توسط دستگاه جذب اتمی به دست آمد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS صورت گرفت.

## نتایج و بحث

غلظت کل روی در گرد و غبارهای سه منطقه به مقدار زیادی نسبت به خاک‌های آن مناطق افزایش یافته است. اختلاف معنی‌دار آماری بین خاک‌های منطقه صنعتی عسلویه، منطقه شهری بوشهر و ترانسکت بین دو منطقه وجود ندارد. مقدار کل روی در گرد و غبارهای منطقه صنعتی عسلویه و منطقه شهری بوشهر نسبت به ترانسکت بطور معنی‌داری افزایش یافته است. به نظر می‌رسد منبع ورود روی به گرد و غبارهای منطقه ترافیک و صنعت

باشد، زیرا اختلاف معنی‌داری بین غلظت روی کل دو منطقه شهری و صنعتی وجود ندارد (شکل ۲-الف). غلظت غیرعادی فلزاتی مانند مس، روی و سرب در گرد و غبار را می‌توان به فعالیت انسانی نسبت داد (Birmili et al., 2006).

از لحاظ غلظت آهن کل نیز تفاوت معنی‌دار آماری بین خاک‌های سه منطقه وجود ندارد. اما در بخش گرد و غبار مقدار آهن کل در منطقه شهری بوشهر و ترانسکت بصورت معنی‌داری نسبت به منطقه صنعتی عسلویه افزایش یافته است (شکل ۲-ب). احتمالاً غلظت این عنصر تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی نیست و منشأ ورود آن به گرد و غبارهای اتمسفری منطقه، منابع طبیعی می‌باشد.



شکل ۲- نمودار جعبه‌ای روی کل (الف) و آهن کل (ب) در خاک و گرد و غبار منطقه مورد

مطالعه (اختلاف آماری بین نمونه‌های خاک و گرد و غبار جداگانه بررسی شده است). (میانگین‌های

دارای حروف مشترک در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند).

توزیع اندازه ذرات گرد و غبار اطلاعاتی در مورد شیوه انتقال ذرات و اطلاعات مفیدی راجع به منشأ گرد و غبار (محلی یا منابع دوردست) در اختیار قرار می‌دهد (محمودی، ۱۳۹۰). گرد و غبار محلی ذرات درشت‌تری را تولید می‌کند (Hojati et al., 2012).

نتایج توزیع اندازه ذرات نشان می‌دهد که بیش از ۸۰ درصد گرد و غبار را اجزاء رس و سیلت تشکیل می‌دهند (جدول ۱)، که بر اساس طبقه‌بندی مکتئیش و همکاران (۱۹۹۷) می‌توان نتیجه گرفت که گرد و غبار استان بوشهر عمدتاً از منابع با فاصله زیاد و منطقه‌ای منشأ می‌گیرد. همچنین با توجه به نتایج به دست آمده، خاک هر سه منطقه بیشتر دارای جزء شن می‌باشد که بر عکس توزیع اندازه ذرات گرد و غبارهای منطقه می‌باشد.

ذرات آلاینده هوا با قطر آیرودینامیکی ۲/۵ میکرومتر یا کمتر خطرناک‌تر از همان ذرات با قطر آیرودینامیکی ۱۰ میکرومتر یا کمتر است، چون ریزتر بوده و راحت‌تر وارد سیستم تنفسی و جذب شده به طوری که در طولانی مدت ذرات با قطر ۲/۵ یا کمتر باعث افزایش ۶ درصدی مرگ و میر به ازای افزایش هر ۱۰ میکروگرم بر متر مکعب در غلظت آن شده و در نتیجه بیماری‌های قلبی و عروقی به میزان ۱۲ درصد و سرطان ریه به میزان ۱۴



درصد افزایش می‌یابد (Ghose et al., 2005). با توجه به اینکه حدود ۵۰ درصد از ذرات گرد و غبارهای استان بوشهر در محدوده زیر ۲/۵ میکرومتر هستند، بنابراین خطر آن‌ها برای سلامتی مردم منطقه جدی است و لزوم برنامه‌ریزی‌های کوتاه و بلند مدت جهت کاهش ورود این ذرات به اتمسفر استان بوشهر ضروری است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد از برگ‌های نخل می‌توان به عنوان یک نمونه‌گیر طبیعی و شاخص بیولوژیکی ارزان برای بررسی سطح آلودگی فلزات سنگین در مناطق صنعتی و شهری جنوب کشور استفاده کرد. گرد و غبارهای فرو نشسته روی برگ‌ها اطلاعات ارزشمندی از توزیع اندازه ذرات معلق در اتمسفر و غلظت کل عناصر سنگین در گرد و غبار منطقه شهری بوشهر، منطقه صنعتی عسلویه و ترانسکت بین آن‌ها را می‌دهد.

جدول ۱- توزیع اندازه ذرات (میلی‌متر) گرد و غبار و خاک منطقه مطالعاتی

بافت	سن				
	۰/۰۵-۲	۰/۰۰۲-۰/۰۵	رس ۰/۰۰۲>		
رسی سیلتی	۱۳/۶	۴۲/۸	۴۳/۶	بوشهر	
رسی سیلتی	۸/۷	۴۹	۴۲/۳	ترانسکت	گرد و غبار
رسی سیلتی	۶/۹	۴۷/۲	۴۵/۸	عسلویه	
لومی شنی	۶۷/۴	۲۰/۶	۱۲/۰	بوشهر	
لومی	۴۹/۸	۳۴/۰	۱۶/۲	ترانسکت	خاک
لومی	۴۲/۴	۴۰/۳	۱۷/۴	عسلویه	

## منابع

- ۱- محمودی، ز.، ۱۳۹۰. بررسی خصوصیات ژئوشیمیایی و کانی‌شناسی گرد و غبار اتمسفری اصفهان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان.
- 2- Birmili W, Allen A, Bary F and Harrison R, 2006. Trace metal concentrations and water solubility in size-fractionated atmospheric particles and influence of road traffic. *Environmental Science and Technology* 14: 1144–1153.
- 3- Fayadh JM, Al-Showiman SS, 1990. Chemical composition of date palm (*Phoenix dactylifera* L.). *journal of the chemical Society of Pakistan* 12 (1):84–103.
- 4- Ghose MK, Paul R and Banerjee RK, 2005. Assessment of the status of urban air pollution and its impact on human health in the city of Kolkata. *Environmental Monitoring and Assessment* 108: 151-167.
- 5- Hojati S, Khademi H, Faz Cano A and Landi A, 2012. Characteristics of dust deposited along a transect between central Iran and the Zagros Mountains. *Catena* 88: 27–36.
- 6- McTainsh GH, Nickling WG and Lynch AW, 1997. Dust deposition and particle size in Mali, West Africa. *Catena* 29: 307–322.
- 7- Onder S and Dursun S, 2006. Air borne heavy metal pollution of *Cedrus libani* (A. Rich.) in the city centre of Konya (Turkey). *Atmospheric Environment* 40:1122–1133.
- 8- USDA-NRCS, 1996. Soil Survey Laboratory Methods Manual. Nebraska.



## استفاده از پایش‌های مغناطیسی در مطالعات گردو غبار

اعظم طاهری انالوجه<sup>۱</sup>، حمیدرضا عظیم زاده<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد محیط زیست و دیر کل انجمن‌های علمی دانشجویی مجتمع منابع طبیعی، دانشگاه یزد

۲- دانشیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد

### مقدمه

در ۳۰ سال گذشته، انجام مطالعات درخصوص مسائل و مشکلات محیط زیست با استفاده از تکنیک‌های مغناطیسی رشد کرده است، بنابراین شاخه‌ی جدیدی از تحقیقات که عمدتاً مغناطیس محیط زیست نامیده میشود، ایجاد شده است. این روش بسیار سریع، اقتصادی است که میتواند در زمینه‌های تحقیقاتی مانند پایش محیط زیست، خاکشناسی، ایمنی شناسی، باستان شناسی و چینه شناسی بکار رود. مطالعات اخیر مزیت و پتانسیل روش مغناطیسی محیط زیست را به عنوان کمکی ارزشمند در تشخیص و تعیین مناطق تحت تاثیر آلودگی معرفی می‌کند (Lu et al, 2009). این روشها بر این فرض استوار هستند که فرآیند‌های صنعتی و ترافیک که در نتیجه سوزاندن سوخت‌های فسیلی، موجب رهاسازی ذرات (خاکسترها) به درون جو شده که حاوی بخش مهمی از مواد معدنی مغناطیسی هستند، ذرات معدنی مغناطیسی منتشره از وسایل نقلیه دارای اندازه‌ای حدود ۰/۷-۱/۰ میکرومتر است که این ذرات برای انسان خطرناک و قادرند به درون شش‌ها و ریه نفوذ کنند (Maher et al, 2009). ذرات مغناطیسی منتشره از منابع متعدد ممکن است آهن مغناطیس II، آنتی فری مگنتیت و آهن مغناطیس III باشند. ویژگی‌های مغناطیسی خاکها پارامترهای مناسبی را بدلیل دارا بودن درجه متنوعی از آلودگیهایی که ناشی از فعالیت‌های صنعتی است منعکس می‌کنند. شرایط اتمسفری خاکسترهای نهشت یافته روی سطح سرزمین‌ها و پوشش گیاهان منجر به افزایش سیگنال‌های مغناطیسی میشود که غلظت آنها به راحتی با اندازه‌گیری‌های حساسیت مغناطیسی سطوح قابل حصول است

### براساس موفولوژی مواد مغناطیسی به سه نوع دیده می‌شوند:

۱- Spherules (کروی): Kim و همکاران (۲۰۰۷)، در نمونه‌های مطالعاتی بیشتر ذرات به شکل کروی و با قطر ۲۵۰-۳۰۰ میکرومتر به عنوان اکسید آهن شناسایی میشوند. حدود ۷۰٪ آنها شامل ترکیبات کربن (عمدتاً نشات گرفته از سوزاندن سوخت‌های فسیلی بویژه در کوره‌های کارخانجات، سیستم‌های گرمایشی و نیروگاه‌های برق در مناطق صنعتی دیده میشود) و ۳۰٪ اکسید آهن که شامل آلومینیوم، کلسیم، سدیم و سیلیس می‌باشد، که معمولاً در مناطق صنعتی و مناطقی با حجم ترافیکی بالا دیده می‌شوند. بسته به نوع سوخت و درجه حرارت، ترکیب ذرات بسیار ریز مغناطیسی عمدتاً شامل دانه کروی شکل نامنظم از هماتیت و مگنتیت است.

۲- Aggregates (خاکدانه‌ای): دامنه‌های مغناطیسی چند شکلی با طول ۱۵-۲ میکرومتر به طور متداول در نمونه‌هایی از مناطق صنعتی و حجم ترافیک بالا مشاهده میشوند. خاکدانه‌ها در ۲ نوع گروه دسته بندی میشوند: گروه اول براساس ترکیبشان شامل خاکدانه‌های اکسید آهن و مواد مغناطیسی با ترکیب آهن، کربن و گوگرد. گروه دوم خاکدانه‌های با آهن خالص با مواد ترکیب شده از عناصر شیمیایی متنوع مانند آلومینیوم، کلسیم، آهن، پتاسیم، منیزیم و سیلیسیم است.



۳-Angular (زاویه دار): ذرات مغناطیسی زاویه دار عمدتاً دارای اندازه دانه ۴۰-۵ میکرومتر با ذراتی به شکل سوزنی (طول کمتر از ۱ میکرومتر) که به سطح چسبیده اند. اکسید آهن زاویه دار با سیلیکات، بدلیل شباهت به منشاء طبیعی فقط در نمونه هایی از مناطق پارکی دیده میشود. همچنین در خاکهای سطحی نسبت به خاکهای عمقی افقی مقادیر بالای حساسیت مغناطیسی بدلیل تشکیل ذرات فری مگنتیت خاکزی در سطح خاک دیده میشود (Muxwoothy 2001).

### مزیت های پایش زیستی و زیستی مغناطیسی ذرات:

خواص مغناطیسی ابزاری سریع و ارزان برای ارزیابی بلند مدت آلودگی شهری از منشاء انسانی بویژه برای ترافیکهای سنگین می باشد. مطالعات نشان میدهد که پراکنش مغناطیسی، ابزاری سریع برای شناسایی و ترمیم مناطق با آلودگی فلزات سنگین زیاد ناشی از فعالیتهای انسانی در مناطق شهری را دارد. روشهای شیمیایی وقت گیر و گران هستند ولی روشهای مغناطیسی، داده های مفیدی برای کسب اطلاعات بیشتر در اختیار میگذارد و انتخاب بهتری از سایتهای نمونه برداری و نقشه های کارآمدتری را ایجاد میکند. استفاده از روشهای مغناطیسی محیط زیستی برای بررسی درجه، منبع و ارزیابی آلودگیهای انسانی مناسب هستند زیرا آنها ابزارهای ساده و مقرون به صرفه ای می باشند (Qian, 2011). مطالعات متعددی نشان داده است که یک ارتباط بسته بین توزیع ذرات مغناطیسی و توزیع فلزات سنگین پیرامون سایتهای صنعتی وجود دارد. تاسیس یک شبکه متراکم از فیلترهای گرد و غبار جوی برای بررسی ذرات کاری پرهزینه و نسبتاً وقت گیر است. اما روشهای قابل قبول و اقتصادی تر برای پایش زیستی سطح فلزات سنگین استفاده از گیاهان میباشد. نتایج نشان داد که پایش مغناطیسی برگ درختان نسبتاً سریع، ارزان است که میتواند علاوه بر طبقه بندی سیستم پایش کیفیت هوا به شناسایی و مشخص کردن مناطق با آلودگی بالا در محیط زیست های شهری منجر شود. درختان برگریز فیلتر موثر طبیعی گرد و غبار در مقایسه با خاک هستند که قادرند فلزات سنگین را در طول قرنهای جمع آوری کنند. در میان درختان، گونه های همیشه سبز بدلیل سطح برگ بزرگتر و طول عمر زیاد، قادرند آلاینده ها را در تمام طول سال جمع آوری کنند. بنابراین پایشگرهای مناسبتری نسبت به گونه های برگ ریز هستند (Gratani and Varone, 2007). گونه های همیشه سبز مانند بلوط سبز شدت مغناطیسی بیشتری را نسبت به گونه های برگ ریز مانند Plantanus دارند. برگ ها بدلیل انباشت آلاینده های مغناطیسی در تمام طول عمر خود تفاوتی در چشمگیری در حساسیت مغناطیسی بین برگهای جمع آوری شده در مناطق سبز و جاده نشان می دهد، سطح بالای برگهای کنار جاده غلظت بالایی از ذرات مغناطیسی را نسبت به پایین برگ دارا هستند، ذرات زاویه ای به طور انحصاری در سمت بالای برگ وجود دارد در حالی که در سمت پایین، ذرات کروی و کوچکتر یافت میشود، اما ترکیب شیمیایی ذرات در هر دو طرف برگ مشابه است. ذراتی که فقط از آهن و روی و اکسیژن تشکیل شده اند منحصراً در مرکز سطح برگ هستند که احتمالاً در طی فرآیند کارخانه های فولادی ایجاد شده اند (Moreno, 2003). بنابراین گیاهان مخزن موثری از منشاء گردو غبارهای منتشره از منابع مختلف می باشند. ذرات گردو غبار عمدتاً به سطح بیرونی تاج پوش می چسبند. بویژه آلاینده های گازی شکل و ذرات با قطر کمتر از ۱/ میکرومتر که قادرند از طریق روزنه برگ به درون آن نفوذ کنند. پارامترهای مغناطیسی محیط زیست ابزارهای سریعی را جهت ارزیابی و تعیین درجه آلودگی فلزات سنگین صنعتی در هوا، خاک و رسوبات ارائه می کنند (Zhang et al, 2012).



### مطالب اصلی:

بررسی غلظت های عناصری همچون مس، روی و پارامترهای متنوع مغناطیسی در خاکهای آلوده جادههای شهری با استفاده از آنالیزهای شیمیایی و اندازه گیریهای مغناطیسی نشان داد، حساسیت بالای مغناطیسی به ذرات فری مغناطیس مصنوعی وابسته است، همچنین همبستگی خطی مستقیم بین پارامترهای مربوط به غلظت مواد معدنی مغناطیسی و غلظت عناصری مانند کادمیوم، روی، مس و سرب، ارتباط موثر بین فلزات سنگین و چندین ویژگی مغناطیسی از خاکهای سطحی (شهری و کشاورزی) در شانگهای نشان داد که تکنیکهای مغناطیسی میتوانند برای پایش آلودگی خاکها استفاده شوند (Hu et al, 2007).

Maher و همکاران (۲۰۰۹)، بالاترین میزان آلاینده ها مربوط به سطوح برگ درختان نزدیک به خطوط جاده سربالایی نسبت به سرپایینی بوده است. اندازه ذرات سرب موجود در سطح برگ ها بسیار ریز، که به صورت ذرات کروی احتراق یافته است. انتشار آگروز خودروها نسبت به مواد معلق خاک، تایر، ترمز یا سایش سایر وسایل نقلیه منبع اصلی سرب، آهن و مغناطیس بارگذاری شده روی برگ های درختان کنار جاده ای است. ذرات انسانی شهری دارای بیشترین تنوع ذرات مغناطیسی که مشتق شده از حضور آهن در سوختههای ناخالص که پس از احتراق مواد غیر فرار تشکیل میشوند. اغلب مخلوطی از یک مغناطیس قوی مانند مگنتیت و یک مغناطیس ضعیف مانند هماتیت اکسید آهن است. سرب به طور قابل توجهی سمی و دارای اثر روی سیستم اعصاب، به خطر انداختن سلامت انسانی حتی در زمانی که سطوح بی خطر در نظر گرفته می شوند. به خصوص در ارتباط با مغز و آسیب به کلیه، اختلال شنوایی و کاهش رشد شناختی در کودکان میشود. همبستگی نزدیک بین غلظت فلزات سنگین و حساسیت مغناطیسی موجب میشود تکنیکهای مغناطیسی به عنوان ابزار مقرون به صرفه و غیر مخرب برای پایش زیستی آلاینده های گرد و غبار اتمسفر استفاده شود. خواص مغناطیسی و وابستگی فلزی-مغناطیسی ممکن است در نسبت دادن آلودگی فلزات سنگین به منابع مجزا استفاده شود. مطالعات ژئوشیمیایی و همبستگی مثبت ویژه بین غلظت مغناطیسی و عناصر روی، مس، سرب، آرسنیک، آهن، نیکل و منگنز تایید میکند که میزان زیادی از غلظت فلزات سنگین در منطقه مطالعاتی به ترکیب مشتق شده ذرات منتشره متصل شده است. نتایج نشان میدهد که ترکیب رویکرد مغناطیسی و ژئوشیمیایی میتواند اطلاعات مفیدی را درباره ی نوع، سطح و منابع فلزات سنگین در گرد و غبارهای خیابان فراهم سازد (Wang, 2012).

### نتیجه گیری:

به علت افزایش هزینه های نگهداری و نصب ایستگاه های پایش ذرات معلق، استفاده از ابزارهای پایش زیستی مغناطیسی بدلیل ساده، سریع و مقرون به صرفه بودن، بسیار کار ارزشمندی است. با تجزیه و تحلیل گرد و غبارهای بارگذاری شده روی برگ درختان میتوان به تعیین غلظت فلزات سنگین، حساسیت مغناطیسی، تشخیص منبع اصلی آلودگی و تعیین اندازه ذرات، درجه و نوع سوخت مصرفی، همچنین به طبقه بندی سیستم های پایش کیفیت هوا، شناسایی و تشخیص مناطقی با آلودگی زیاد در محیط زیست های شهری دست یافت.



## منابع:

- Gratani, L. Varone, L. 2006. Carbon sequestration by *Quercus ilex* L. and *Quercus pubescens* Willd. and their contribution to decreasing air temperature in Rome. *Urban Ecosystems* 9, 27-37.
- Hu, X.F. Su, Y. Ye, R. Li, X.Q. Zhang, G.L. 2007. Magnetic properties of the urban soils in Shanghai and their environmental implications. *Catena* 70 (3), 428-436
- Kim, W. Doh, S. J. Park, Y. H. Yun, S. K. 2007. Two-year magnetic monitoring in conjunction with geochemical and electron microscopic data of roadside dust in Seoul, Korea. *Atmospheric environmental* 41, 7627-7641.
- Lu, S. G. Wang, H. Y. and Bai, S. Q. 2009. Heavy metal contents and magnetic susceptibility of soils along an urban-rural gradient in rapidly growing city of eastern- China. *Environ. Monit.*, 155, 91–101, doi:10.1007/s10661-008-0420-5.
- Maher, B.A. Mutch, T.J. Cunningham, D. 2009. Magnetic and geochemical characteristics of Gobi Desert surface sediments: implications for provenance of the Chinese Loess Plateau. *Geology* 37, 279e282.
- Moreno, E. Sagnotti, L. Dinares-Turell, J. Winkler, A. Cascella, A. 2003. Monitoring of traffic air pollution in Rome using magnetic properties of tree leaves. *Atmospheric Environment* 37. 2967–2977.
- Muxworthy, A.R. Matzka, J., Petersen, N., 2001. Comparison of magnetic parameters of urban atmospheric particulate matter with pollution and meteorological data. *Atmospheric Environment* 35, 4379–4386.
- Qian, P. Zheng, X. Zhou, L. Jiang, Q. Zhang, G. Yang, J. 2011. Magnetic Properties as Indicator of Heavy Metal Contaminations in Roadside Soil and Dust Along G312 Highways. *Procedia Environmental Sciences* 10. 1370 – 1375.
- Zhang, Ch. Qiao. Q. Appel, E. Huang, B. 2012. Discriminating sources of anthropogenic heavy metals in urban street dusts using magnetic and chemical methods. *Journal of Geochemical Exploration* 119–120. 60–75
- Wang, G. Oldfield, F. Xia, D. Chen, F. Liu, X. Zhang, W. 2012. Magnetic properties and correlation with heavy metals in urban street dust: A case study from the city of Lanzhou, China. *Atmospheric Environment* 46. 289-298.



## تأثیر کاربرد کود های زیستی و شیمیایی روی و فسفر بر غلظت عناصر غذایی و نسبت مولی اسید فیتیک به روی در دانه دو رقم لوبیا چیتی

محمود محمدی<sup>۱</sup>، محمد جعفر ملکوتی<sup>۲</sup>، کاظم خاوازی<sup>۳</sup>، فرهاد رجالی<sup>۴</sup>، محمد حسین داوودی<sup>۴</sup>  
۱- دانشجوی دکتری دانشگاه تربیت مدرس و عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، ۲- استاد دانشگاه تربیت مدرس، ۳ و ۴ به ترتیب دانشیار و استادیار مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور

### مقدمه

لوبیا حساسیت بالایی نسبت به کمبود روی و آهن دارد (Moragan & Grafton, 2003). شکل اصلی ذخیره فسفات در دانه غلات و حبوبات اسید فیتیک (میواینوزیتول هگزا فسفات) است که در مراحل توسعه و تشکیل دانه به صورت ترکیبی از نمک‌های فیتات آهن، روی، کلسیم، منیزیم و پتاسیم مشاهده می‌شود (ملکوتی، ۱۳۹۰؛ Kaya et al., 2009). در مطالعات انجام شده بر لوبیا، غلظت اسید فیتیک از ۰/۷۴ تا ۲/۱۰ درصد گزارش گردیده است (Kaya et al., 2009). با وجود بالا بودن غلظت عناصر معدنی آهن، روی، کلسیم و منیزیم در لوبیا، اما دانه این گیاه حاوی اسید فیتیک است که قابلیت جذب و استفاده از این عناصر را به واسطه ایجاد نمک فیتات به شدت کاهش داده و سبب بروز اختلال در جذب و هضم آنها در دستگاه گوارش انسان می‌گردد (ملکوتی، ۱۳۹۰؛ Cakmak et al., 2010). مقدار زیاد فیتات در مواد غذایی یکی از عوامل بروز کمبود روی عنوان شده است. نسبت مولی اسید فیتیک به روی (PA/Zn) که توسط سازمان بهداشت جهانی در سال ۱۹۹۶ مطرح گردید، معیار مناسبی برای تعیین زیست‌فراهمی روی در مواد غذایی می‌باشد. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که رابطه مستقیمی بین میزان فسفر قابل جذب و غلظت اسید فیتیک در دانه وجود دارد (ملکوتی، ۱۳۹۰). بررسی‌های Coelho & Benedito, 2008 در لوبیا چیتی نشان داد که بیشترین فراهمی فسفر به صورت فیتات بوده و تشکیل فیتات یا فیتین سبب ایجاد ترکیبات نامحلول با عناصر غذایی می‌شود. مطالعات Kaya et al., 2009 نشان داد، کوددهی روی باعث افزایش روی دانه و کاهش نسبت مولی اسید فیتیک به روی در ژنوتیپ‌های مختلف نخود شده است. متشرع زاده و ثوابی، ۱۳۹۱ گزارش نمودند مصرف بهینه کود در ارقام مختلف لوبیا قرمز موجب کاهش نسبت مولی اسید فیتیک به روی می‌گردد. همچنین کاربرد روی سبب کاهش غلظت فسفر به میزان ۳/۹ - ۳/۵ میلی‌گرم در گرم و ۱۰/۷ - ۹/۱ میلی‌گرم در گرم برای اسید فیتیک شد. امروزه از کودهای زیستی به‌عنوان ابزاری در جهت تأمین عناصر غذایی گیاه و کاهش مصرف کودهای شیمیایی استفاده می‌گردد. یکی از این سیستم‌های زیستی، همزیستی قارچ با گیاه می‌باشد. قارچ‌های میکوریزی و باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه مثل باکتری *Azotobacter* و *Pseudomonas* پتانسیل افزایش جذب عناصر غذایی، را دارا می‌باشند (Smith & Read, 2008). کودهای زیستی فسفوری، حاوی قارچ‌ها و باکتری‌های مفید حل‌کننده فسفات هستند که معمولاً با ترشح اسیدهای آلی، اسیدی کردن خاک و یا ترشح آنزیم‌های فسفاتاز، باعث رهاسازی یون فسفات و افزایش قابلیت جذب آن برای گیاهان می‌گردند (رجالی، ۱۳۸۴؛ Kaya et al., 2009). با توجه به این که در زراعت لوبیا سالیانه مقادیر زیادی کود شیمیایی فسفره مصرف می‌گردد، یافتن راهکاری مناسب جهت کاهش هزینه‌ها، حفظ سلامت محیط زیست و افزایش تولید کمی و کیفی این محصول ضروری به نظر می‌رسد. این تحقیق در این راستا و با هدف بررسی اثرات کاربرد کودهای زیستی فسفر و روی، در مقیاس مزرعه‌ای بر



تغییرات عناصر غذایی معدنی آهن و روی و نسبت مولی اسید فیتیک به روی در دانه دو رقم لوبیا چیتی برای اولین بار در منطقه کیار استان چهارمحال و بختیاری اجرا شد.

## مواد و روشها

این تحقیق به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در اراضی لوبیاکاری شهرستان کیار استان چهارمحال و بختیاری انجام شد. فاکتور های این آزمایش عبارت بودند از فاکتور اول ارقام لوبیا چیتی شامل  $C_1$ : تلاش و  $C_2$ : صدری، فاکتور دوم کاربرد فسفر در چهار سطح  $P_0$ : شاهد،  $P_1$ : استفاده از کود شیمیائی سوپر فسفات تریپل بر اساس آزمون خاک،  $P_2$ : استفاده از کود زیستی فسفری و مصرف ۵۰ درصد کود سوپر فسفات تریپل بر اساس آزمون خاک و  $P_3$ : استفاده از کود زیستی فسفری، فاکتور سوم کاربرد روی در سه سطح شامل  $Zn_0$ : شاهد،  $Zn_1$ : استفاده از کودشیمیایی سولفات روی مطابق آزمون خاک و  $Zn_2$ : استفاده از کود زیستی حاوی باکتری های حل کننده روی بود. تیمار کود زیستی فسفری مورد استفاده شامل مایه تلقیح حاوی باکتری حل کننده فسفات از جنس *Azotobacter chroococcum strain 5* و قارچ‌های میکوریزی از جنس *Golium etunicatum*، *Golium intraradices* و *Golium mosseae* بود که به ازاء هر بذر مقدار دو گرم از این کود استفاده شد. کود زیستی روی مورد استفاده، مایه تلقیح حاوی باکتریهای از جنس *Pseudomonas fluorescens strain 187* و *Pseudomonas aeurogenosa strain MPFM* بود. بدین ترتیب در هر بلوک آزمایشی ۲۴ کرت آزمایشی ایجاد شد که با احتساب سه تکرار تعداد کل واحدهای آزمایشی ۷۲ کرت (به ابعاد متر مربع  $۱۲=۳ \times ۴$ ) بود. پس از نمونه‌برداری و انجام آزمون خاک و آماده‌سازی قطعه زمین، انجام تلقیح و هوا خشک شدن سطوح بذور، بلافاصله کشت محصول به صورت خطی انجام گرفت. مایه‌های تلقیح و کود های زیستی مورد استفاده از بخش تحقیقات بیولوژی خاک مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور تهیه شد. در طول فصل رشد مراقبتهای زراعی لازم بطور یکنواخت برای همه تیمارها اعمال شد. در پایان فصل رشد برداشت محصول با رعایت حاشیه در سطح ۶ متر مربع انجام و عملکرد دانه و غلظت عناصر روی و آهن موجود در دانه اندازه‌گیری شدند (امامی، ۱۳۷۵). اندازه‌گیری اسید فیتیک به روش Haug & Lantzch, 1983 بود. در پایان داده‌ها توسط نرم افزار SAS 9.2 مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفته و مقایسه میانگین ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

## نتایج و بحث

نتایج تجزیه خاک محل آزمایش نشان داد خاک مزرعه دارای بافت سیلتی لوم و فاقد محدودیت شوری و با توجه به بالاتر بودن غلظت پتاسیم و منگنز قابل استفاده نسبت به حد بحرانی، نیازی به مصرف کود پتاسیمی و منگنزی نبود. این خاک از نظر فسفر و روی قابل جذب در زیر حد بحرانی قرار داشت.

**غلظت آهن و روی دانه:** بین دو رقم مورد استفاده در این آزمایش اختلاف معنی‌داری از لحاظ غلظت آهن و روی مشاهده شد (جدول ۱). بیشترین مقدار آهن و روی به ترتیب به میزان ۹۵/۱ و ۲۹/۷ میلی‌گرم در کیلوگرم از رقم صدری حاصل شد (جدول ۲). در رقم صدری افزایش بیشتر جذب آهن و روی می‌تواند ناشی از وضعیت رشدی مطلوب‌تر، درصد جوانه زنی و سبز شدن بیشتر و میزان کلروفیل بالاتر و میزان فتوسنتز بیشتر این رقم در مقایسه با رقم تلاش باشد (نتایج ارائه نشده است). تیمار مصرف فسفر اختلاف معنی‌داری در غلظت آهن دانه



ایجاد نکرد ولی باعث ایجاد اختلاف معنی‌دار در غلظت روی گردید (جدول ۱). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد علی‌رغم معنی‌دار نشدن تیمارهای مصرف فسفر بر روی آهن موجود در دانه، ولی حداکثر غلظت آهن از تیمار P<sub>2</sub> به میزان ۹۴ میلی‌گرم در کیلوگرم بدست آمد. حداکثر مقدار روی دانه نیز به میزان ۳۲/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم از تیمار P<sub>2</sub> حاصل شد که در مقایسه با تیمار شاهد ۳۵/۶ درصد افزایش را نشان داد. این نتایج نشان داد، همزیستی ایجاد شده در اثر تیمارهای زیستی فسفوری دارای پتانسیل افزایش غلظت آهن و روی دانه را دارد. افزایش جذب آهن و روی در دانه در اثر استفاده از کودهای زیستی فسفوری می‌تواند ناشی از انتقال توسط هیف قارچی، اسیدی شدن ریزوسفر، تولید سیدروفورهای آهن و روی و بهبود شرایط کیلت‌نمودن و افزایش فراهمی این دو عنصر باشد (Ryan et al., 2008; Kaya et al., 2009). تیمار مصرف روی بر میزان آهن و روی دانه اختلاف معنی‌دار نشان داد (جدول ۱). بیشترین میزان آهن از تیمار Zn<sub>0</sub> به میزان ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم و بیشترین میزان غنی سازی روی دانه از تیمار Zn<sub>1</sub> به میزان ۳۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم حاصل شد. در این آزمایش کاهش میزان آهن در تیمار Zn<sub>1</sub> در مقایسه با افزایش جذب روی در آن ناشی از اثر آنتاگونیسمی افزایش روی در جذب آهن بود. هیچ یک از اثرات متقابل بررسی شده بر روی غلظت آهن و روی دانه تأثیر معنی‌دار ایجاد نمود. با این وجود بیشترین میزان روی و آهن دانه از تیمار P<sub>2</sub>Zn<sub>1</sub> و P<sub>2</sub>Zn<sub>0</sub> به ترتیب به میزان ۳۵/۸ و ۱۱۲/۷۵ میلی‌گرم در کیلوگرم بدست آمد.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس تأثیر استفاده از کودهای زیستی فسفر و روی بر صفات مورد بررسی دو رقم لوبیا چیتی

منابع تغییرات	درجه آزادی	آهن	روی	PA/Zn
رقم	۱	۲۲۷۴/۶*	۵۲/۷۷*	۵۲/۵۳ <sup>ns</sup>
تکرار(رقم)	۴	۶۱۶/۷ <sup>ns</sup>	۱۱/۶۱ <sup>ns</sup>	۳۴/۰۹ <sup>ns</sup>
(B) فسفر	۳	۳۷۴/۴ <sup>ns</sup>	۲۳۰/۲**	۲۱۳/۴۵**
(B) روی	۲	۲۱۸۹/۵*	۱۶۷/۳**	۶۵/۹۸ <sup>ns</sup>
(A×B) اثر متقابل	۶	۲۹۱/۴ <sup>ns</sup>	۹/۹ <sup>ns</sup>	۳۰/۶۵ <sup>ns</sup>
(A) فسفر×رقم	۳	۲۵۲/۵ <sup>ns</sup>	۱۶/۴۷ <sup>ns</sup>	۱/۱۷ <sup>ns</sup>
(B) روی×رقم	۲	۷۳۸/۲ <sup>ns</sup>	۰/۲۴۸ <sup>ns</sup>	۱۹۰/۵۱**
A×B×رقم	۶	۷۳۸/۲ <sup>ns</sup>	۰/۹۶۴ <sup>ns</sup>	۳۸/۲۸ <sup>ns</sup>
خطا	۴	۵۳۰/۷	۸/۲۷۶	۲۳/۰۳
ضریب تغییرات		۲۵/۷	۹/۹	۱۸

نسبت مولی اسید فیتیک به روی (PA/Zn): نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد اثر استفاده از تیمار فسفر و اثر رقم در تیمار روی در سطح یک درصد معنی‌دار شدند، اما اثر رقم، روی، اثر متقابل فسفر در روی، رقم در فسفر و رقم در فسفر و روی بر روی این صفت معنی‌دار نگردید (جدول ۱). میانگین نسبت مولی اسید فیتیک به روی در دو رقم مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۲). تیمار مصرف فسفر باعث ایجاد تفاوت معنی‌دار در مقدار نسبت مولی اسید فیتیک به روی در هر دو رقم گردید، به طوری که کمترین مقدار این نسبت از تیمار P<sub>2</sub> به ترتیب به میزان ۱۳ بدست آمد، که در مقایسه با تیمار شاهد ۱۱ درصد کاهش را نشان داد. با وجود معنی‌دار نشدن تیمار مصرف روی کمترین مقدار نسبت مولی از تیمار Zn<sub>1</sub> به میزان ۱۶/۴ حاصل شد. (جدول



۲). این کاهش در نسبت مولی در تیمار  $Zn_1$  ناشی از افزایش جذب روی با تأمین روی مورد نیاز گیاه از طریق اضافه کردن کود سولفات روی به خاک و در تیمار  $Zn_2$  ناشی از آزادسازی روی به واسطه استفاده از باکتریهای آزاد کننده روی بود. اثر متقابل مصرف تیمارهای فسفر و روی بر این نسبت معنی دار نگردید. اما مقایسه میانگین-ها نشان داد، کمترین مقدار این نسبت از تیمار  $P_2Zn_1$  به میزان  $10/3$  حاصل شد. این اطلاعات با نتایج *et al.*, 2009 Kaya در نخود، Ryan *et al.*, 2008 در گندم مطابقت داشت. این محققین نشان دادند قارچهای میکوریزی باعث افزایش جذب روی در دانه شده و متعاقب آن نسبت مولی اسید فیتیک به روی کاهش پیدا می کند. تیمارهای زیستی فسفری و روی استفاده شده در این آزمایش، با آزاد کردن روی از منابع روی غیر قابل دسترس خاک و بهبود شرایط جذب روی باعث افزایش غلظت روی دانه شده و بطور غیر مستقیم باعث کاهش نسبت مولی شدند. در تحقیق حاضر نیز به دلیل کمبود روی در خاک، کوددهی روی سبب کاهش نسبت مولی اسید فیتیک به روی شد. این نتیجه با نتایج تحقیقات ملکوتی و همکاران، ۱۳۹۰، متشرع زاده و ثواقبی، ۱۳۹۱ مطابقت دارد. سازمان بهداشت جهانی اعلام نمود برای آنکه عناصر موجود در ماده غذایی بوسیله سیستم گوارشی بدن قابل جذب باشد باید شاخص  $PA/Zn$  کمتر از ۲۵ باشد. با توجه به این که اگر گستره نسبت مولی اسید فیتیک به روی دانه ارقام مختلف لوبیا بین ۱۵ - ۵ باشد، ۳۵ - ۳۰ درصد روی دانه توسط بدن انسان جذب می گردد (ملکوتی، ۱۳۹۰)، براین اساس استفاده از تیمار زیستی فسفری به همراه ۵۰ درصد فسفر مورد نیاز خاک از منبع کود شیمیائی به همراه تأمین روی مورد نیاز خاک از تیمارهای زیستی و یا مصرف کودهای شیمیائی حاوی روی (تیمار  $P_2Zn_1$  و  $P_2Zn_2$ ) در این دو رقم لوبیا چیتی باعث کاهش نسبت مولی اسید فیتیک به روی گردید. در ضمن این دو رقم را می توان به عنوان ارقام مناسب با نسبت مولی اسید فیتیک به روی پایین معرفی نمود.

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات تأثیر کودهای زیستی فسفر و روی بر عملکرد و اجزاء عملکرد در دو رقم لوبیا چیتی

تیمار	آهن	روی	PA/Zn
- تلاش C <sub>1</sub>	۸۳/۶ b	۲۸ b	۱۶/۵۷ a
- صدی C <sub>2</sub>	۹۵/۱ a	۲۹/۷ a	۱۸/۲۸ a
P <sub>0</sub>	۸۳/۲ a	۲۴/۱۹ c	۲۱/۱ a
P <sub>1</sub>	۹۱/۴ a	۲۸/۸ b	۱۹ a
P <sub>2</sub>	۹۴ a	۳۲/۸ a	۱۳ ab
P <sub>3</sub>	۸۸/۹ a	۲۹/۳ b	۱۶/۵ ab
Zn <sub>0</sub>	۱۰۰ a	۲۵/۸ b	۱۹/۳۵ a
Zn <sub>1</sub>	۸۱/۵ b	۳۰/۵ a	۱۶/۴ b
Zn <sub>2</sub>	۸۶/۵ b	۳۰/۲ a	۱۶/۴۸ b

در هر ستون میانگین هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند فاقد اختلاف معنی دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد می باشند.

#### منابع

- امامی، ع، ۱۳۷۵. روش های تجزیه گیاه. جلد اول. موسسه تحقیقات آب و خاک. نشریه شماره ۹۸۲.  
 رجالی، ف، ۱۳۸۴. مروری اجمالی بر همزیستی میکوریزی. سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، موسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه فنی شماره ۴۶۸. ۳۵ صفحه.  
 متشرع زاده، ب. و ثواقبی غ ر، ۱۳۹۰. تأثیر مصرف بهینه کود بر غلظت عناصر غذایی و نسبت مولی اسید فیتیک به روی در ارقام لوبیا قرمز در مرحله تکامل دانه. مجله علوم و فنون کشت گلخانه ای. ۹ : ۷۳ - ۸۳.



ملکوتی، م ج،، ۱۳۹۰. راهکار افزایش کیفیت نان‌های مصرفی در کشور. مجله علوم و صنایع غذایی. (۳۱) ۲۲ - ۱۱ .۸

- Cakmak I, Pfeiffer WH, and McClafferty B, 2010. Biofortification of durum wheat with zinc and iron. *Cereal Chemistry*. 87: 10-2.
- Coelho CMM, and Benedito VA, 2008. Seed development and reserve compound accumulation in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Seed Science Biotechnology*. 2: 42-52.
- Haug W, and Lantzsch HJ. 1983. Sensitive method for the rapid determination of phytate in cereal products. *Journal of Science Food Agriculture*. 34: 1423-1426.
- Kaya M, Küçükyumuk Z, and Erdal I, 2009. Phytase activity, phytic acid, zinc, phosphorus and protein contents in different chickpea genotypes in relation to nitrogen and zinc fertilization. *African Journal of Biotechnology*. 8: 4508-4513.
- Moragan JT, and Grafton K, 2003. Plant zinc and the zinc-efficiency trait in navy bean. *Journal of Plant Nutrition*. 26: 1649 – 1663.
- Smith SE, and Read DJ, 2008. *Mycorrhizal Symbiosis*, third ed. Academic Press, London. UK.