

ارزیابی نرخ فرونشست گرد و غبار اتمسفری در نقاط مختلف شهر کرمان

فریبا جعفری و حسین خادمی^{*۱}

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۸/۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۵/۱۳)

چکیده

گرد و غبار به طور گسترده در مناطق خشک و نیمه خشک جهان اتفاق می افتد. از آنجائی که ذرات گرد و غبار دارای اندازه ریز هستند، جذب سطحی بالا و همچنین امکان انتقال آلودگی بالائی دارند. هدف از این مطالعه بررسی تغییرات زمانی و مکانی میزان فرونشست اتمسفری در نقاط مختلف شهر کرمان می باشد. نمونه های گرد و غبار به وسیله ی تله های شیشه ای نصب شده بر روی پشت بام ساختمان های یک طبقه در ۳۵ نقطه شهر کرمان طی ۷ ماه از اردیبهشت تا پایان آبان ماه ۱۳۹۱ (مجموعاً ۲۴۵ نمونه) جمع آوری شد. پس از هر بار نمونه برداری ماهانه، تله ها شسته شده و نمونه های انتقال یافته به آزمایشگاه توزین و نرخ فرونشست ذرات محاسبه گردید. پهنه بندی میزان فرونشست متوسط ۷ ماهه از روش درونیابی وزن دهی عکس فاصله (IDW) انجام شد. به منظور مطالعه ی رژیم بادی، گلباد کرمان به وسیله نرم افزار WRPLOT 7.0.0 ترسیم گشت. نتایج نشان داد که متوسط نرخ فرونشست بین ماه های اردیبهشت تا آبان از ۱۷/۴ به ۵ گرم بر مترمربع در ماه کاهش یافته است که می توان به کاهش سرعت باد نسبت داد. پراکنش مکانی نمونه ها نیز نشان می دهد که میزان فرونشست از ۴/۸۴ در قسمت های جنوبی تا ۱۴/۸۴ گرم بر مترمربع در ماه (غالباً در قسمت های شمالی) متغیر می باشد. بر اساس گلباد حاصل از ۷ ماه نمونه برداری، باد غالب از شمال، شمال شرق و شمال غرب می وزد و تغییرات مکانی فرونشست متناسب با آن می باشد. باتوجه به بالا بودن مقدار گرد و غبار فرونشسته منشأیابی و کنترل گرد و غبار جهت مدیریت و برنامه ریزی مناسب امری ضروری می باشد.

کلمات کلیدی: فرونشست اتمسفری، تغییرات مکانی، شهر کرمان، گرد و غبار

۱. گروه خاک شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: hkhademi@cc.iut.ac.ir

مقدمه

انسانی حدود ۵ تا ۷٪ تخمین زده شده (۱۵) که در سال ۲۰۰۷ به ۲۰٪ افزایش یافته است (۱۶). برآورد میزان گرد و غبار سطح زمین، به منظور انجام بسیاری از مطالعات هم چون محاسبه تعادل گرد و غبار در مناطق خشک و نیمه خشک (۲۶)، بررسی میزان ورودی عناصر به آب اقیانوس‌ها (۲۰) و مطالعه آلودگی خاک و آب ناشی از رسوبات آلوده و یا ذرات سمی مورد نیاز می باشد (۱۴).

در رابطه با مقدار فرونشست گرد و غبار در سایر نقاط دنیا مطالعاتی انجام شده است. آهارا و همکاران در لیبی (۲۵) طی یکسال بررسی، میزان فرونشست گرد و غبار را ۲۷۶ گرم بر مترمربع در سال گزارش نمودند. هم چنین تا و همکاران در گانسوای چین (۲۸) طی ۱۵ سال بررسی، میزان متوسط فرونشست گرد و غبار را ۳۰۸/۶۱ گرم بر مترمربع در سال گزارش کردند. طبق تحقیقات صورت گرفته نرخ انتشار جهانی گرد و غبار بین ۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰ میلیون تن در سال است که از این مقدار حدود ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ میلیون تن در سال مربوط به آفریقا و حدود ۸۰۰ میلیون تن در سال مربوط به کشور چین است (۳۳). هم چنین در ایران، ندافی و همکاران، در یزد (۲۴) و حجتی و همکاران، در اصفهان (۱۹) مقدار فرونشست گرد و غبار را اندازه گیری کردند. مطالعات صورت گرفته حاکی از آن است که شرق کشور (نواحی اطراف دریاچه هامون)، جنوب غربی کشور، سواحل خلیج فارس و بخش مرکزی (دشت کویر) به عنوان کانون های پر گرد و غبار در ایران به شمار می آیند. خطر گرد و غبار در استان های سیستان و بلوچستان، کرمان، خوزستان، بوشهر و هرمزگان نسبت به سایر استان ها بیشتر می باشد (۱۳).

استان کرمان با وسعت ۱۸۱۷۱۴ کیلومتر مربع در ناحیه جنوب شرقی کشور واقع شده و حدود ۱۱ درصد از مساحت کشور را به خود اختصاص داده است. به دلیل این که این استان در محل تلاقی رشته کوه های مرتفع زاگرس، مرکزی و مناطق پست کویری در جنوب شرقی کویر مرکزی بزرگ واقع شده است و هم چنین به دلیل گسترش عرض جغرافیایی و اختلاف ارتفاع زیاد، دارای آب و هوای متنوعی می باشد. این استان بر خلاف

طوفان گرد و غبار پدیده ای است که به طور گسترده در مناطق خشک و نیمه خشک جهان و به ویژه در عرض های جغرافیایی کم رخ می دهد (۳۲). کشور ایران به دلایل مختلف از جمله موقعیت جغرافیایی و دوری از پهنه های وسیع آبی در شرایط اقلیمی خشک و نیمه خشک قرار دارد و زمینه برای توسعه فرسایش بادی و وقوع طوفان های گرد و غبار در این منطقه فراهم گشته است (۱). تا سال ۲۰۰۱ این پدیده به عنوان مشکل جدی محسوب نمی شد اما به تدریج شدت این طوفان ها افزایش یافت، به طوری که در سال ۲۰۰۸، ۱۸ استان کشور را با مشکل جدی مواجه ساخت (۲۹).

ذرات گرد و غبار دارای اندازه ریز (رس و سیلت) می باشند و امکان انتقال آنها به فواصل بسیار دور وجود دارد. بنابراین، تأثیر آنها تنها محدود به محل وقوع آنها نیست و می توانند در مناطق دورتر نیز تأثیرات سوء خود را به جا گذارند. ذرات رس موجود در گرد و غبار به دلیل داشتن جذب سطحی بالاتر برای جذب مواد آلی، معدنی و شیمیایی خطرناک تر از ذرات سیلت عمل می کنند و احتمال آلودگی ذرات گرد و غبار با مواد شیمیایی، بیولوژیکی و رادیواکتیو بسیار بالاست، به طوری که مقدار عناصر سنگین مانند اورانیوم، توریم، آرسنیک، سرب، روی، نیکل و کبالت در این نمونه ها بالاتر از حد طبیعی می باشد (۲۱). این عناصر معمولاً غیر قابل تجزیه اند و سطوح بالای آنها محیط زیست را آلوده و زندگی موجودات زنده را تهدید می کند (۳۰). مطالعه اثر ریزگردها بر سلامت انسان نشان می دهد که ذرات با قطر ۲/۵ تا ۱۰ میکرومتر بیماری زایی بالایی دارند. ذرات کوچک تر در هوای تنفسی معلق مانده و بدون ته نشین شدن در سیستم تنفسی از آن خارج می شوند، در حالی که ذرات بزرگ تر از این محدوده معمولاً در ابتدای مجاری تنفسی یعنی بینی رسوب کرده و قابلیت ورود به مجاری دیگر تنفسی و نهایتاً ریه ها را ندارند (۱۷).

گرد و غبار هوا دارای دو منشأ طبیعی و انسانی می باشد (۲۲). بیش از ۸۰٪ از ذرات گرد و غبار به وسیله منابع طبیعی تولید می گردند (۲۸) و میزان ورود گرد و غبار از طریق منابع

استفاده متشکل از صفحات شیشه‌ای مربعی شکل با ابعاد 1×1 متر و یک مش پلاستیکی با منافذ 2×2 میلی‌متر بوده و جهت به دام انداختن گرد و غبار موجود در هوا، مش پلاستیکی به وسیله ۸ پیچ به آن متصل (۱۹) (شکل ۲) و سپس تعداد ۲ عدد در هر نقطه بر روی پشت بام ساختمان‌های یک طبقه (دارای ارتفاع حدود ۳ متر از سطح زمین) قرار گرفت. جمع‌آوری نمونه‌ها در ماه اردیبهشت به دلیل احتمال بارندگی در دو نوبت (اواسط و پایان ماه) صورت گرفت و در دیگر ماه‌ها (خرداد تا آبان ۱۳۹۱) فقط یک مرحله در پایان ماه انجام شد. براساس پیش‌بینی بارندگی در ماه‌های مهر و آبان، نمونه‌ها به گونه‌ای جمع‌آوری شدند که در مقدار فرودنشست اختلال ایجاد نکند. پس از هر بار نمونه‌برداری، تله‌ها شسته و نمونه‌ها پس از انتقال به آزمایشگاه توزین شدند. نرخ فرودنشست اتمسفری (Dust Deposition Rate) طبق فرمول زیر و براساس واحد جرم بر واحد سطح در واحد زمان محاسبه و گزارش شد.

(ماه) زمان \times (متر مربع) مساحت تله / (گرم) جرم گرد

و غبار = نرخ فرودنشست اتمسفری

اکثر روش‌های آماری مستلزم داشتن جامعه‌ای با توزیع نرمال هستند، در غیر این صورت فرضیات پایایی برقرار نخواهد بود و در فرآیند تخمین میزان خطا افزایش یافته و از اعتبار لازم ساقط خواهد شد (۷). با استفاده از اصول آمار و ریاضی می‌توان توزیع داده‌ها را به وسیله تبدیل لگاریتمی یا تبدیل کاکس و باکس نرمال کرد (۶). در این مطالعه از تبدیل لگاریتمی جهت نرمال کردن داده‌ها استفاده شد. جهت توصیف نتایج و به دست آوردن خلاصه‌ای از اطلاعات آماری از نرم‌افزار SPSS 16 و برای تعیین همبستگی بین ویژگی‌های دارای توزیع طبیعی از ضریب پیرسون استفاده شد.

جهت پهنه‌بندی میزان فرودنشست جوی از روش درون‌یابی وزن‌دهی عکس فاصله استفاده شد. درون‌یابی عبارت است از برآورد میزان متغیر پیوسته در مناطق نمونه‌گیری نشده در داخل ناحیه‌ای که مشاهدات نقطه‌ای پراکنده شده‌اند (۱۰)، که به دو شیوه کلی می‌باشد روش اول مطلق بوده که در این شیوه

تنوع اقلیمی که دارد از نظر میزان بارندگی جزء مناطق فقیر کشور (میانگین بارش سالانه 30° تا 150° میلی‌متر)، محسوب می‌شود. در واقع به دلیل وزش بادهای از سوی کویر و کمی وزش بادهای مرطوب دریایی، مقدار ریزش باران کم و زمانش کوتاه می‌باشد (۸). به دلیل کمبود بارندگی و عدم پوشش گیاهی کافی احتمال وقوع طوفان‌های گرد و غبار در این منطقه بسیار بالا می‌باشد. شهر کرمان در چند سال اخیر درگیر این پدیده بوده‌است اما مطالعه جامعی جهت بررسی میزان فرودنشست اتمسفری و خصوصیات آن صورت نگرفته است. لذا هدف از این مطالعه ارزیابی میزان کمی و تعیین توزیع زمانی و مکانی فرودنشست گرد و غبار در منطقه شهری کرمان طی ۷ ماه از اردیبهشت تا آبان ۱۳۹۱ می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعاتی

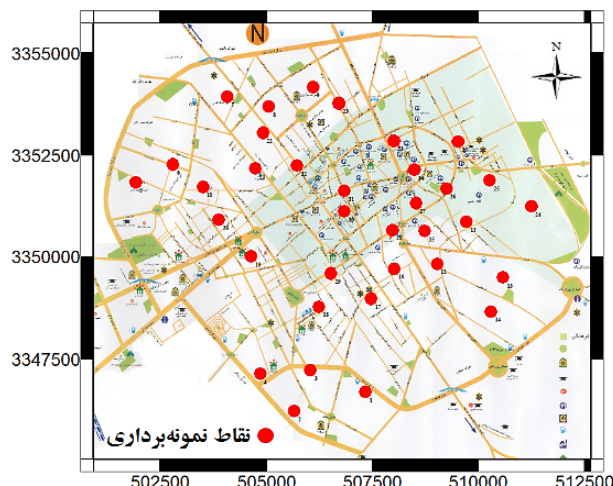
ناحیه مورد مطالعه شامل منطقه شهری کرمان بوده‌است که در طول جغرافیایی $01^\circ 57'$ تا $17^\circ 57'$ شرقی و عرض جغرافیایی $15^\circ 30'$ تا $19^\circ 30'$ شمالی قرار گرفته و متوسط ارتفاع آن ۱۷۷۸ متر از سطح دریا می‌باشد. این شهرستان از شمال و شرق به کویر لوت، از جنوب به شهرستان بم و جیرفت و از غرب به شهرستان‌های راور، زرنند، رفسنجان و بردسیر محدود است. آب و هوای این منطقه، خشک و میزان بارندگی سالانه به‌طور متوسط ۱۴۲ میلی‌لیتر است. سیمای اراضی اصلی این منطقه شامل مخروط افکنه، باهادا، پلایا و کوه می‌باشد و از جمله کوه‌های مرتفع می‌توان به کوه پلوار در شرق و جوپار در جنوب اشاره کرد.

نمونه‌برداری گرد و غبار

نمونه‌برداری گرد و غبار مجموعاً در ۳۵ نقطه مختلف در شهر کرمان صورت گرفت. توزیع نقاط نمونه‌برداری به گونه‌ای در نظر گرفته شد که موقعیت‌های متفاوت شهری (مرکز و حاشیه‌ها) را در برگیرد (شکل ۱). تله‌های نمونه‌گیر گرد و غبار مورد



شکل ۲- تله مورد استفاده



شکل ۱. نحوه توزیع نقاط نمونه برداری در شهر کرمان (اعداد X و Y براساس UTM و بر حسب متر می باشد)

جدول ۱. خصوصیات آماری فرونشست اتمسفری (گرم در مترمربعدر ماه) طی ماه های نمونه برداری شده در شهر کرمان

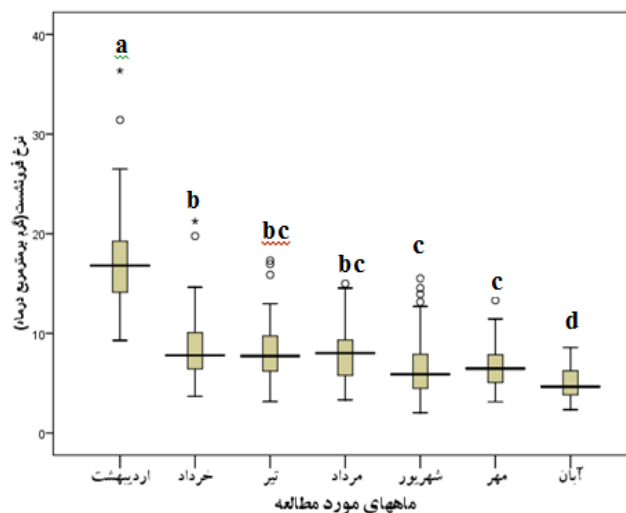
ماه	حداقل	حداکثر	میانگین	چولگی	کشیدگی	واریانس
اردیبهشت	۹/۲	۳۶/۳	۱۷/۴	۱/۴	۳/۴	۳۱/۴
خرداد	۳/۶	۲۱/۲	۸/۷	۱/۶	۳/۴	۱۴/۹
تیر	۳/۱	۱۷/۳	۸/۲	۱/۱	۱/۲	۱۱/۸
مرداد	۳/۳	۱۵/۰	۷/۹	۰/۵	-۰/۱	۹/۹
شهریور	۲/۰	۱۵/۵	۶/۸	۱/۲	۰/۸	۱۱/۷
مهر	۳/۱	۱۳/۳	۶/۷	۰/۹	۱/۲	۴/۸
آبان	۲/۳	۸/۵	۵/۰	۰/۶	-۰/۳	۲/۶
متوسط ۷ ماه	۴/۸	۱۴/۸	۸/۷	۰/۷	۰/۱	۶/۴

ارتباط آن با نرخ فرونشست، داده های هواشناسی در انتهای هر ماه از اداره هواشناسی استان کرمان دریافت گردید. سپس فرمت داده های هواشناسی با استفاده از نرم افزار Saba Wind به فرمت مناسب برای نرم افزار WRPLOT 7.0.0 تبدیل شدند و در نهایت گلباد سالانه کرمان ترسیم گردید.

نتایج و بحث

برخی از خصوصیات آماری فرونشست اتمسفری در ماه های مختلف در جدول (۱) آورده شده است. باتوجه به جدول (۱) نتیجه گرفته می شود، از مجموع ۲۴۵ نمونه گرد و غبار

درون یابی براساس تعیین سطح از نقاط نمونه گیری شده بر پایه شباهت ها (مانند روش وزن دهی عکس فاصله Inverse Distance Weighting) یا درجه هموارسازی (توابع پایه شعاعی) صورت می گیرد. روش دوم درون یابی زمین آماری است که کریجینگ نامیده می شود و براساس ویژگی های آماری نقاط نمونه گیری شده می باشد. در روش وزن دهی عکس فاصله از فواصل بین نقاط به عنوان وزن مدل به کار رفته و معمولاً از توان دوم معکوس فواصل استفاده می شود (۵). درون یابی در این پژوهش با نرم افزار ArcGIS صورت گرفت. به منظور بررسی خصوصیات جوی منطقه ی شهری کرمان و



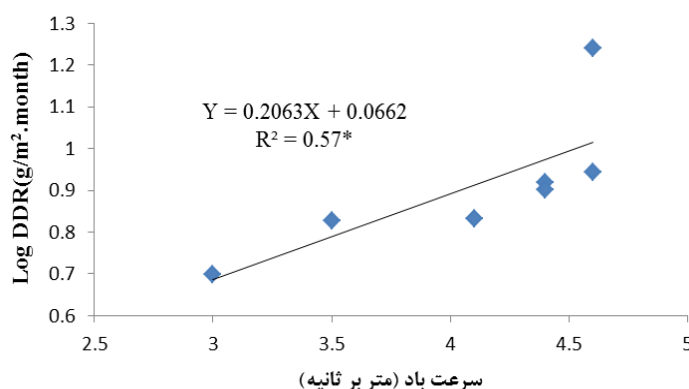
شکل ۳. نمودار جعبه‌ای تغییرات نرخ فرونشست در طول دوره نمونه‌برداری (ماه‌های دارای حروف مشترک در سطح ۵٪ آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند)

محمودی، با استفاده از تله‌های شیشه‌ای در ۳۶ ایستگاه مختلف شهر اصفهان حداقل نرخ فرونشست گرد و غبار را در مهر ماه، ۶/۳ گرم بر مترمربع و حداکثر آنرا ۹/۵۷ گرم بر مترمربع در دوره آبان-آذر گزارش کرد (۱۲). اکبری و همکاران، طی تحقیقی در شهر بهبهان میزان غبار ریزشی طی دو ماه شهریور و مهر ۱۳۹۰ توسط تله‌های رسوبگیر تیل‌ای به ترتیب ۱۰/۳۵ گرم بر مترمربع در ماه و ۲۰/۹۶ گرم بر مترمربع در ماه بیان کردند (۲). دیازهرناندز و همکاران، مواد معدنی گرد و غبار فرونشسته در جنوب‌شرقی شبه جزیره ایری را ۲۳/۰۳ گرم بر مترمربع در سال (معادل ۱/۹۲ گرم بر مترمربع در ماه) با حداکثر میزان در بهار و تابستان گزارش نمودند (۱۶). راشکی و همکاران، طی مطالعه و تجزیه و تحلیل ویژگی‌های گرد و غبار منطقه سیستان با استفاده از تله گرد و غبار در دو مکان در نزدیکی دریاچه هامون در طول دوره آگوست ۲۰۰۹ تا جولای ۲۰۱۲ گزارش نمودند که مقدار گرد و غبار منتقل شده وابستگی زیاد به زمان وقوع گرد و غبار و ثانیاً به سرعت باد و فاصله از منطقه منبع دارد (۲۷). به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت میزان فرونشست گرد و غبار شهر کرمان در مقایسه با اصفهان و اهواز (بهبهان) به ترتیب بیشتر و کم‌تر می‌باشد و در بهار حداکثر و در پاییز حداقل میزان فرونشست داشته‌ایم.

جمع‌آوری شده از ۳۵ ایستگاه بین ماه‌های اردیبهشت تا آبان ۱۳۹۱، متوسط ماهانه فرونشست، ۸/۷ گرم در مترمربع در ماه می‌باشد و بیشترین مقدار متوسط فرونشست اتمسفری (۱۷/۴ گرم بر مترمربع در ماه) مربوط به ماه اردیبهشت و کم‌ترین میزان (۵ گرم بر مترمربع در ماه) مربوط به آبان‌ماه است. مطالعات صورت گرفته در زمینه گرد و غبار نشان می‌دهد که حتی غلظت 10^{-6} گرم بر مترمربع گرد و غبار نیز می‌تواند بر روی بیماری‌های قلبی، عروقی و تنفسی مؤثر باشد. حداقل غلظت گرد و غبار جوی که برای سلامت انسان مضر می‌باشد، در منابع تحت عنوان آستانه ذکر شده است. آستانه‌های مختلفی برای در معرض قرارگرفتن گرد و غبار در سراسر جهان گزارش شده است. این آستانه در کوئزلند (استرالیا) ۴/۲ گرم در مترمربع در ماه می‌باشد و البته هنوز آستانه‌ای برای آسیا وجود ندارد (۱۸). که بر این اساس میزان گرد و غبار در منطقه شهری کرمان بیش از ۲ برابر این آستانه می‌باشد. با توجه به شکل (۳)، نتیجه گرفته می‌شود که بین مقدار فرونشست گرد و غبار ماه‌های تیر، مرداد، شهریور و مهر تفاوت معنی‌داری وجود ندارند و بیشترین اختلاف معنی‌دار در میزان فرونشست گرد و غبار، بین ماه‌های اردیبهشت و آبان است.

جدول ۲. میانگین برخی خصوصیات جوی در منطقه مورد مطالعه در طول دوره نمونه برداری در سال ۱۳۹۱

ماه	دما (°C)	رطوبت نسبی (%)	سرعت باد (m/s)
اردیبهشت	۲۰/۲	۳۳/۱	۴/۶
خرداد	۲۳/۹	۲۱	۴/۶
تیر	۲۷/۱	۲۴/۶	۴/۴
مرداد	۲۴/۴	۲۴/۵	۴/۴
شهریور	۲۲/۶	۲۶/۷	۴/۱
مهر	۱۸	۳۷/۲	۳/۵
آبان	۱۳/۶	۴۵/۴	۳



شکل ۴. همبستگی بین میزان متوسط فرونشست اتمسفری (DDR) ماه‌های مورد مطالعه با سرعت باد

۲، نیز این نتیجه را تأیید می‌نماید.

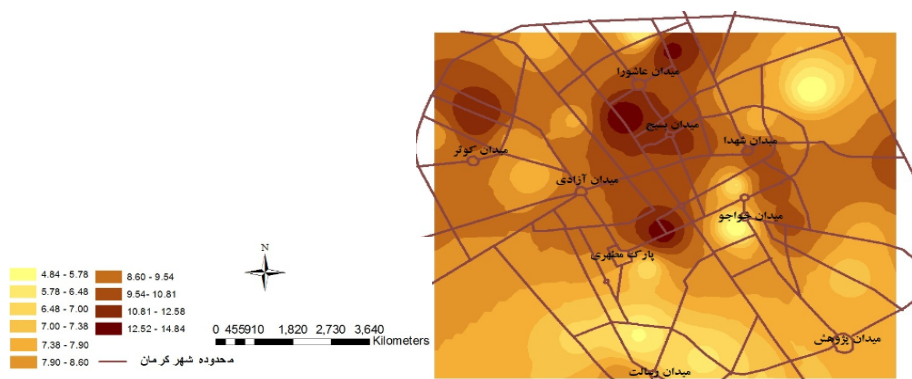
انصاری (۴) طی تحقیقی بر روی گرد و غبار استان زاهدان با استفاده از داده‌های ۶ ایستگاه سینوپتیک در طی دوره‌ی آماری ۲۰ ساله گزارش کرد که بیشترین تعداد روز توأم با گرد و غبار در تابستان و کمترین در پاییز رخ داده است. هم‌چنین در بررسی میزان همبستگی پارامترهای جوی با گرد و غبار بیان داشت که سرعت باد بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار را داشته و رطوبت نسبی دارای کمترین همبستگی معکوس می‌باشد. تا و همکاران (۲۸) طی پژوهشی نرخ فرونشست گرد و غبار را به مدت ۱۵ سال به صورت ماهیانه از ۵۰ نقطه‌ی شهری در گوانسوی چین اندازه‌گیری نمودند و بیشترین و کمترین مقدار فرونشست را به ترتیب در فصل‌های بهار و پاییز گزارش کردند. هم‌چنین آنها دریافتند که نرخ فرونشست با رخدادهای

تفاوت در نرخ فرونشست گرد و غبار بستگی به میزان تأمین گرد و غبار از منبع، میزان بارندگی، اغتشاشات جوی و شرایط اقلیمی در منطقه منبع و مقصد دارد (۱۹). خصوصیات جغرافیایی به‌عنوان اصلی‌ترین مشخصه منبع گرد و غبار محسوب می‌شوند (۳۱). در جدول (۲) برخی از خصوصیات جوی منطقه شهر کرمان و در شکل (۴)، نمودار همبستگی بین میزان متوسط فرونشست اتمسفری ماه‌های مورد مطالعه با متوسط سرعت باد نشان داده شده است. نتایج شکل ۴، نشان می‌دهد که بین متوسط فرونشست اتمسفری ۷ دوره نمونه‌برداری با متوسط سرعت باد رابطه مثبت و معنی‌داری در سطح ۵٪ وجود دارد. بنابراین نتیجه گرفته که هر چه میانگین سرعت باد ماهانه بیشتر باشد، میزان گرد و غبار اتمسفری نیز بیشتر است. هم‌خوانی نتایج به‌دست آمده از شکل ۴ و جدول

جدول ۳. ضریب همبستگی پیرسون بین لگاریتم میزان فرونشست اتمسفری (DDR) در نقاط مختلف نمونه برداری در طی ۷ دوره نمونه برداری

آبان	مهر	شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت
						۱
					۱	۰/۳۸*
				۱	۰/۷۴***	۰/۴۳**
			۱	۰/۷۸***	۰/۷۵***	۰/۳۷*
		۱	۰/۸۰***	۰/۸۱***	۰/۸۲***	۰/۳۲ ^{ns}
	۱	۰/۴۶**	۰/۴۶**	۰/۵۴**	۰/۳۹*	۰/۳۲ ^{ns}
۱	۰/۵۰**	۰/۴۲*	۰/۴۱*	۰/۳۴*	۰/۳۵*	۰/۴۱*

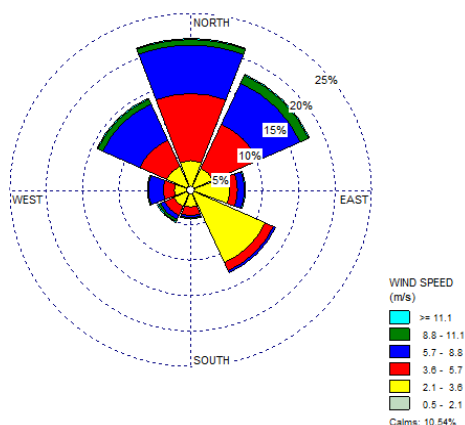
ns، *، **، *** به ترتیب همبستگی غیر معنی دار و معنی دار در سطح ۰/۵، ۰/۱ و ۰/۰۱ را نشان می دهد.



شکل ۵. نقشه‌ی پراکنش میزان متوسط فرونشست اتمسفری (برحسب گرم بر مترمربع در ماه) در طی ۷ دوره نمونه برداری در سطح شهر کرمان براساس وزن دهی عکس فاصله

با در نظر گرفتن همبستگی بالایی که بین نقاط دریافت کننده گرد و غبار در طی ماه‌های مختلف وجود دارد پهنه بندی میزان متوسط فرونشست اتمسفری در طی ۷ دوره نمونه برداری برای سطح شهر کرمان، به روش وزن دهی عکس فاصله انجام شد که نتایج آن در شکل (۵) نشان داده شده است. باتوجه به شکل (۵)، نتیجه گرفته می شود که بیشترین میزان متوسط فرونشست اتمسفری در بخش های شمال و شمال غربی شهر کرمان می باشد به طوری که متوسط فرونشست اتمسفری در این مناطق بین ۸ - ۱۵ گرم بر مترمربع در ماه و در بخش های جنوبی شهر کرمان بین ۴ - ۸ گرم بر مترمربع در ماه می باشد. هم چنین در مرکز

گرد و غبار رابطه مثبت و معنی دار و با میزان بارندگی رابطه‌ی عکس دارد. مارکس و مک گوان (۲۳) بالاترین نرخ فرونشست را در تابستان به سبب حضور بادهای مناسب انتقال گرد و غبار و اثر کمبود بارندگی در این فصل گزارش نمودند. جدول (۳) ضریب همبستگی بین لگاریتم میزان فرونشست اتمسفری در نقاط مختلف نمونه برداری در طی ماه های مختلف را نشان می دهد. همبستگی بالایی بین لگاریتم میزان فرونشست اتمسفری دریافت شده در نقاط مختلف شهر در ماه های متفاوت مشاهده شد و ماه های نزدیک به هم همبستگی بیشتری با هم دارند که احتمالاً به دلیل وجود شرایط جوی مشابه می باشد.



شکل ۶. الگوی جریان باد براساس دوره ۷ ماه نمونه برداری (اردیبهشت تا آبان ماه ۱۳۹۱)

اتمسفری از رژیم بادی منطقه از لحاظ شدت و جهت وزش باد پیروی می کند.

امیدوار و نکونام (۳) طی پژوهشی در شهر سبزوار با استفاده از داده های بادنمایی ایستگاه سینوپتیک سبزوار طی دوره آماری ۲۰ ساله (۱۳۶۷-۱۳۸۷) گزارش نمودند که جهت باد غالب توسط گلباد و گل غبار سالانه مسیر شرقی- غربی بوده که در ایجاد گرد و خاک های محلی و گرد و خاک های فرا منطقه ای نقش مهمی دارند. در استان خراسان رضوی کارکن سیستمی (۱۱) با استفاده از داده های سینوپتیک طی سال های آماری ۱۹۸۷-۲۰۰۵ به روش میان یابی نشان داد که دو ایستگاه سرخس و گناباد بیشترین و مناطق شمالی استان کمترین روزهای گرد و غباری را داشته اند. وی آن را به دلیل وجود همبستگی بین دما و گرد و غبار دانست و بیان کرد که احتمالاً به دلیل نزدیکی این دو ایستگاه (سرخس و گناباد) به کویر می باشد و شمال استان باتوجه به وجود ارتفاعات و ریزش های بیشتر، گرد و غبار کمتری دریافت کرده است. عظیم زاده و همکاران (۹) طی تحقیقی دو منشأ برای گرد و غبار سطح شهر یزد گزارش کردند: ۱. برون شهری که حاصل از مناطق برداشت در اطراف شهر مانند ارگ یزد و ۲. درون شهری که ناشی از فعالیت های انسانی، عمرانی و اراضی بایر و بدون پوشش می باشد.

نقشه مشاهده می شود که مقدار فرونشست بالا بوده که از دلایل احتمالی آن می توان به منابع انسانی (فعالیت های عمرانی و ساختمان سازی) که در منطقه صورت می پذیرد اشاره کرد. به طور کلی می توان نتیجه گرفت میزان متوسط فرونشست اتمسفری از شمال به جنوب منطقه مورد مطالعه کاسته می شود و میزان دریافت گرد و غبار در تمام نقاط مختلف شهر بیشتر از حد آستانه استرالیا می باشد (۱۸).

به منظور بررسی رژیم بادی منطقه مورد مطالعه، الگوی جریان باد در طی ۷ دوره نمونه برداری ترسیم گردید که در شکل (۶) نشان داده شده است. باتوجه به شکل ۶، نتیجه گرفته می شود که جهت بادهای غالب در شهر کرمان شمالی بوده و بادهای شمال شرقی و شمال غربی در درجه بعدی اهمیت قرار دارند.

با مقایسه ی نتایج شکل های ۵ و ۶ مشاهده می شود که میزان فرونشست در شمال غرب منطقه نسبت به شمال شرق بیشتر می باشد در حالی که فراوانی وزش بادهای شمال شرق بیشتر از بادهای شمال غرب می باشد. در واقع به دلیل وجود ارتفاعات در شرق شهر می باشد که مانع انتقال ریز توسط باد شده اند و در نتیجه میزان فرونشست اتمسفری در شمال غرب شهر کرمان بیشتر می باشد. بنابراین از مقایسه نتایج به دست آمده از شکل های ۵ و ۶ نتیجه گرفته می شود که این نتایج کاملاً با یکدیگر همخوانی دارند. در واقع میزان متوسط فرونشست

نتیجه گیری

بررسی بهتر نرخ فرونشست گرد و غبار در کرمان، پیشنهاد می‌شود که این تحقیق به صورت ماهانه در چندین سال متوالی صورت گیرد تا بتوان با مقایسه نتایج به دست آمده، به شکل دقیق‌تری از توزیع زمانی و مکانی فرونشست کرمان و نیز عوامل مؤثر بر آن پی برد.

حد بحرانی در معرض قرار گرفتن گرد و غبار در استرالیا ۴/۲ گرم بر مترمربع در ماه گزارش شده است (۱۸)، که باتوجه به این عدد میزان متوسط ماهانه فرونشست در شهر کرمان بیش از ۲ برابر این محدوده است و هم‌چنین در مقایسه با دیگر مطالعات صورت گرفته در این زمینه این مقدار بسیار زیاد است و همواره به این نکته باید توجه داشت که؛ گرد و غبار در بروز و تشدید بیماری‌های تنفسی و... مؤثر است بنابراین بایستی مطالعات و اقداماتی جهت به دست آوردن خصوصیات گرد و غبار و کاهش آن صورت گیرد که سلامت جامعه را تضمین نماید.

نتایج متوسط نرخ فرونشست گرد و غبار در شهر کرمان طی یک دوره ۷ ماهه، حاکی از وجود روند کاهشی بین ماه‌های نمونه‌برداری از اردیبهشت تا آبان‌ماه می‌باشد، که می‌توان به همبستگی مثبت و معنی‌دار بین سرعت باد و میزان فرونشست نسبت داد. پراکنش مکانی نمونه‌ها نیز نشان داد که میزان متوسط فرونشست اتمسفری از شمال به جنوب منطقه مورد مطالعه کاسته می‌شود. براساس گلباد حاصل از ۷ ماه نمونه‌برداری، جهت باد غالب در منطقه مورد مطالعه از مناطق شمالی می‌باشد که تغییرات مکانی متناسب با آن بوده است. زمین‌شناسی شمال شهر کرمان غالباً رسوبات رسی-سیلتی بوده که ذرات حساس به فرسایش بادی می‌باشند. بنابراین به نظر می‌رسد که گرد و غبار منطقه از این ناحیه سرچشمه می‌گیرد که مدیریت صحیح برای اراضی اطراف این منطقه ضروری است. در این رابطه باید تحقیقاتی جهت منشأیابی دقیق‌تر نیز صورت گیرد. البته به‌منظور

منابع مورد استفاده

۱. اختصاصی، م.، ح. احمدی، ن. باغستانی، ع. خلیلی و س. فیض نیا. ۱۳۷۵. منشأیابی تپه‌های ماسه‌ای در حوزه دشت یزد- اردکان. انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع. تهران.
۲. اکبری، ع.، ح. ر. عظیم‌زاده، م. ر. اختصاصی و م. سلمان‌زاده. ۱۳۹۱. بررسی کمی غبار ریزشی (مطالعه موردی: شهر بهبهان- شهر یور و مهر ۱۳۹۰). چکیده مقالات اولین همایش ملی بیابان، کرج.
۳. امیدوار، ک و ز. نکونام. ۱۳۹۰. کاربرد گلباد و گل‌غبار در تحلیل پدیده گرد و خاک و تعیین رژیم فصلی بادهای همراه با این پدیده (مطالعه موردی: شهر سبزوار). پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. شماره ۷۶: ۸۵-۱۰۴.
۴. انصاری‌رنانی، م. ۱۳۹۰. تحلیل آماری- اقلیمی گرد و غبار استان زاهدان در فاصله زمانی (۱۹۸۶-۲۰۰۵). چکیده مقالات اولین کنگره بین‌المللی پدیده گرد و غبار و مقابله با آثار زیان بار آن. دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین، خوزستان.
۵. حبشی، ه.، م. حسینی، ش. شتابی و ج. محمدی. ۱۳۸۵. ارزیابی دقت و صحت روش‌های درون‌یابی در تخمین ازت کل خاک با استفاده از GIS. چکیده مقالات سومین همایش سیستم‌های اطلاعات مکانی. سازمان نقشه‌برداری کشور، منطقه آزاد قشم.
۶. حسینی پاک، ع. ا. ۱۳۷۷. زمین‌آمار (ژئواستاتستیک). انتشارات دانشگاه تهران. ۳۰۶ ص.
۷. حسینی پاک، ع. ا و م. شرف‌الدین. ۱۳۸۰. تحلیل داده‌های اکتشافی. انتشارات دانشگاه تهران. ۹۸۷ ص.
۸. مرکز آمار ایران. ۱۳۸۷. سالنامه آماری استان کرمان. پایگاه اینترنتی <http://www.amar.org.ir/>
۹. عظیم‌زاده، ح.، م. منتظر قائم، ف. ترابی میرزایی و م. تجملیان. ۱۳۸۹. اندازه‌گیری غبار ریزشی سطح شهر یزد با استفاده از تله رسوب‌گیر MDCO در دوره سه ماهه تابستان ۱۳۸۹. چکیده مقالات دومین همایش ملی فرسایش بادی و طوفان‌های گرد و غبار.

دانشگاه یزد.

۱۰. قهرودی تالی، م. ۱۳۸۴. سیستم اطلاعات جغرافیایی در محیط سه بعدی. انتشارات جهاد دانشگاهی واحد تربیت معلم. ۲۷۳ ص.
۱۱. کارکن سیستانی، م. ۱۳۹۱. بررسی آماری و پهنه‌بندی طوفان گرد و غبار در استان خراسان رضوی. چکیده مقالات اولین همایش ملی بیابان، کرج.
۱۲. محمودی، ز. ۱۳۹۰. بررسی خصوصیات ژئوشیمیایی و کانی‌شناسی گرد و غبار اتمسفری اصفهان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد علوم خاک، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۲۳ ص.
۱۳. محمودی، ف.، ح. کریم‌زاده و ر. روغنی. ۱۳۸۹. بررسی و تحلیل سینوپتیکی پدیده گرد و غبار در ایران از سال ۲۰۰۶-۱۹۹۷. چکیده مقالات دومین همایش ملی فرسایش بادی و طوفان‌های گرد و غبار، دانشگاه یزد.
14. Arinoto, R., J. L. Webb and M. Conley. 2005. Radioactive contamination of atmospheric dust over Southeastern New Mexico. *Atmos. Environ.* 39: 4745-4754.
15. Coz, E., F. J. Gomez-Moreno, M. Pujads, G. S. Casuccio, T. L. Lersch and B. Artinano. 2009. Individual particle characteristics of North African dust under different long-range transport scenario. *Atmos. Environ.* 43: 1850-1863.
16. Diaz-Hernandez, J. L., J. D. Martina-Ramos and A. Lopez-Galindo. 2011. Quantitative analysis of mineral phases in atmospheric dust deposited in the south-eastern Iberian Peninsula. *Atmos. Environ.* 45: 3015-3024.
17. Franklin Adkinson, N., S. B. Bochner, W. B. William, S. T. Holgate, R. F. Lemanske and F. Stel. 2009. *Middleton's Allergy: Principles and Practice*. Seventh Edition. Elsevier. 1811 pages.
18. Groll, M., C. Opp and I. Aslanov. 2013. Spatial and temporal distribution of the dust deposition in Central Asia – results from a long term monitoring program. *Aeol. Res.* 9:49-62.
19. Hojati, S., H. Khademi, A. F. Cano and A. Landi. 2012. Characteristics of dust deposited along a transect between Central Iran and the Zagros Mountains. *Catena* 88: 27-36.
20. Jickells, T. D., Z. S. An, K. K. Andersen, A. R. Baker, G. Bergametti, N. Brooks, I. J. Cao, P. Boyd, R. A. Duce, K. A. Hunter, H. Kawahata, N. Kubilay, J. Laroche, P. S. Liss, N. Mahowald, J. M. Prospero, A. J. Ridgwell, I. Tegen and R. Torres. 2005. Global iron connection between desert dust, ocean biogeochemistry and climate. *Sci.* 303: 67-71.
21. Keramat, A., B. Marivani and M. Samsam. 2011. Climatic change, drought and dust crisis in Iran. *World Academy of Science, Engineering and Technology* 57:10-13.
22. Longuville, F. D., Y. Hountondji, S. Henry and P. Ozer. 2010. What do we know about effects of desert on air quality and human health in West Africa compared to other regions. *Sci. Total. Environ.* 409:1-8.
23. Marx, S. K. and H. A. McGowan. 2005. Dust transportation and deposition in a super humid environment, west coast, south Island, New Zealand. *Catena* 59:147-171.
24. Naddafi, N., R. Nabizadeh, Z. Soltanianzadeh and M. H. Ehrampoosh. 2006. Evaluation of dustfall in the air of Yazd. *Iran J. Environ. Health. Sci. Eng.* 3:161-168.
25. O'Hara, S. L., M. L. Clarke and M. S. Elatrash. 2000. Field measurements of desert dust deposition in Libya. *Atmos. Environ.* 40: 3881-3897.
26. Rajot, J. L. 2001. Windblown in sediment mass budget of Sahelian Village Land units in Niger. *Bulletin de la Societies Geologique de France.* 172: 523-531.
27. Rashki, A., D.G. Kaskaoutis, C. J. deW. Rautenbach, P. G. Eriksson, M. Qiang and P. Gupta. 2012. Dust storms and their horizontal dust loading in the Sistan region, Iran. *Aeol. Res.* 5:51-62.
28. Ta, W., H. Xiao, J. Qu, Z. Xiao, G. Yang, T. Wang and X. Zhang. 2004. Measurements of dust deposition in Gansu Province, China, 1986-2000. *Geomorphology* 57: 41-51.
29. Taherzadeh Mosavian, S. M. and K. Taheri Abkenar. 2011. A summary of information obtained from the phenomenon of dust and introducing ways to deal with it in Iran and the world. *J. Ecol. Environ. Sci.* 2: 20-26.
30. Tong, S. T. and K.C. Lam. 2000. Home Sweet home? A case study of household dust contamination in Hong Kong. *Sci. Total. Environ.* 256:115-230.
31. Xuan, J., I. N. Sokolik, J. Hao, F. Guo, H. Mao and G. Yang. 2004. Identification and characterization of sources of atmospheric mineral dust in East Asia. *Atmos. Environ.* 38: 6239-6252.
32. Youlin, Y., V. R. Squires and L. Qi. 2002. *Global Alarm: Dust and Sandstorms from the World's Drylands*. UN, Beijing. 265 pages.
33. Zhang, B., A. Tsunekawa and M. Tsube. 2008. Contributions of sandy lands and stony deserts to long-distance dust emission in China and Mongolia during 2000-2006. *Global Planet. Change* 60: 487-504.