تغییرات مکانی و زمانی نرخ فرونشست گرد و غبار در شهر اصفهان و ارتباط آن با برخی پارامترهای اقلیمی

سمیرا نوروزی و حسین خادمی[1*]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۲/۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۱۸)

چکیده

در این پژوهش توزیع مکانی و زمانی نرخ فرونشست گرد و غبار و فاکتورهای اقلیمی مؤثر بر آن در شهر اصفهان مطالعه شد. گرد و غبار توسط تله‌های شیشه‌ای مستقر در بام ساختمان‌های یک طبقه در ۲۰ نقطه شهر اصفهان، طی ۱۲ ماه نمونه‌برداری و داده‌های اقلیمی مربوطه نیز از سازمان هواشناسی اصفهان تهیه و آنالیز گردیدند. بیشترین و کمترین نرخ فرونشست گرد و غبار متناسب با روند باد غالب منطقه به‌ترتیب به ماه‌های خشک سال با جهت باد شرقی و شمال‌شرقی و مرطوب با جهت باد غربی و جنوب‌غربی اختصاص دارد که می‌تواند دلیلی بر منشأ احتمالی گرد و غبار از مناطق بیابانی شرق اصفهان باشد. همبستگی‌های معنی‌دار منفی میان نرخ فرونشست گرد و غبار با میزان بارش و رطوبت نسبی و مثبت با دمای حداقل و حداکثر در تمام ماه‌ها و سرعت حداکثر و متوسط باد در ماه‌های خشک توجیه‌کنندهٔ توزیع زمانی نرخ فرونشست گرد و غبار می‌باشد. در ماه‌های خشک ذرات ریزتر گرد و غبار از منشأ احتمالی شرق اصفهان مسافت بیشتری را پیموده و در مناطق غربی شهر فرو می‌نشینند و در ماه‌های مرطوب به‌دلیل چسبندگی ذرات خاک و کاهش قدرت حمل باد به‌علت درشت‌تر شدن ذرات، بیشترین نرخ فرونشست گرد و غبار در مناطق شرقی شهر مشاهده می‌شود.

کلمات کلیدی: فرونشست ذرات معلق اتمسفری، تغییرپذیری زمانی، پراکنش مکانی، عوامل آب و هوایی

۱. گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

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

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-15]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1394.19.72.14.4]
[DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.19.72.14]

مقدمه

امروزه گرد و غبار جز مسائل و مشکلات جدی زیست محیطی در مناطق خشک و نیمه‌خشک مطرح می‌گردد و از آنجایی‌که برروی کیفیت و آلودگی هوا، سلامت بشر، حاصلخیزی خاک، قدرت دید، اقتصاد و بسیاری از جنبه‌های اجتماعی و زیست محیطی جامعه تأثیرگذار است، بررسی و ارزیابی توزیع مکانی و زمانی میزان آن در مناطق مختلف کشور از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. مجموعه مهمی از فرآیندهای ژئومورفیک، اتمسفری و اکولوژیکی، منجر به ایجاد مکانیسم‌های تولید، انتقال و فرونشست گرد و غبار می‌شوند (۱۸). تولید گرد و غبار توسط دامنه وسیعی از فاکتورهای طبیعی و انسانی تحت تأثیر قرار می‌گیرد. زمانی‌که سرعت باد در بیابان‌ها از ۸ متر بر ثانیه بیشترمی‌شود، بسته به عواملی چون زبری سطوح، رطوبت خاک، اندازه ذرات، پوشش گیاهی، چسبندگی ذرات خاک و پستی و بلندی زمین، ذرات ریز وارد جریان اتمسفری شده و تولید گرد و غبار اتمسفری می‌نمایند (۷ و ۲۳). از طرف دیگر، به‌علت فقدان پوشش گیاهی در مناطق مستعد گرد و غبار با بارندگی کمتر از ۵۰ میلی‌متر در سال، با گرم شدن هوای این مناطق و حرکت آن به سمت بالا و برخورد آن با بادهای با سرعت زیاد تروپوسفری، جریان چرخشی متمایل به پایین ایجاد می‌شود که در برخورد این بادهای شدید با سطح زمین، طوفان‌های گرد و غبار تولید می‌شوند (۲۳). از مهم‌ترین شرایط ایجاد گرد و غبار در کنار هوای ناپایدار، می‌توان به وجود یا عدم وجود رطوبت اشاره کرد. به‌طوری‌که اگر هوای ناپایدار رطوبت کافی داشته باشد، بارندگی، طوفان و رعد و برق و اگر فاقد رطوبت باشد، طوفان گرد و غبار ایجاد می‌نماید (۲).

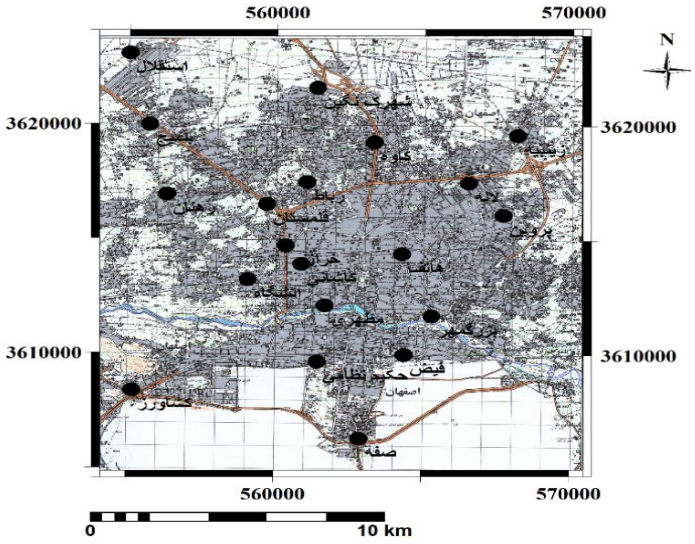
گرد و غبار می‌تواند در مسافتی بیش از هزاران کیلومتر منتقل شود و در طول انتقال، این ذرات به‌طور مداوم طی فرآیندهای فرونشست خشک و مرطوب از اتمسفر جدا شده و بر سطح فرومی‌نشینند. اهمیت نسبی هر یک از مکانیسم‌های فرونشست گرد و غبار بسته به زمان و مکان تغییر می‌کند و فاکتورهایی از قبیل فصل وقوع طوفان‌های گرد و غبار، توزیع اندازه ذرات منتقل‌شده و شرایط اقلیمی منطقه روی غالبیت هر یک از این مکانیسم‌ها تأثیر می‌گذارند. فرونشست خشک از طریق خروج گرانشی ذرات از اتمسفر حاصل می‌شود و فرونشست مرطوب نتیجه مهار ذرات توسط باران و برف است و به میزان کل بارندگی و توزیع عمودی باران و برف در اتمسفر بستگی دارد (۱۱).

پیچیدگی‌های زمانی و مکانی پدیده‌های انتقال و فرونشست گرد و غبار در مدل مفهومی پیشنهادی توسط مک تاینش (۱۳)، به‌خوبی بررسی شده است. طبق این مدل، در ابتدا گرد و غبار با تغییر الگوی فصلی در منبع تولید اولیه گرد و غبار تولید شده و سپس در جهت باد منتقل و با کاهش سرعت باد فرو می‌نشیند. با افزایش سرعت باد و فعالیت‌های انسانی، این رسوب اولیه ممکن است دوباره تحت تأثیر تغییرات ثانویه قرار گیرد و در جهت باد منتقل گردد و ذرات ریزتر گرد و غبار به‌عنوان رسوب ثانویه رسوب کنند. این فرآیند تولید و رسوب تا زمانی‌که در نهایت گرد و غبار به شرایط پایدار محیطی برای رسوب برسند ممکن است چندین بار تکرار شود. خشکی و افزایش بیابان‌زایی توسط فعالیت‌های بشر می‌توانند قابلیت فرونشست و نرخ ترسیب گرد و غبار را افزایش دهند.

نرخ فرونشست گرد و غبار به‌طورکلی به سرعت تأمین گرد و غبار از منبع، بارندگی و تلاطمات جوی و در یک منطقه مشخص عمدتاً به شرایط اقلیمی در منطقه منبع و منطقه فرونشست بستگی دارد (۱۷). حجتی و همکاران (۹)، شرایط اقلیمی در منطقه فرونشست، فاصله از منبع تولید گرد و غبار و اختلاف بین منابع محلی و برون مرزی تولید گرد و غبار را به‌عنوان عوامل اثرگذار برروی نرخ فرونشست و سایر خصوصیات گرد و غبار معرفی نمودند. به‌طورکلی می‌توان گفت که نرخ فرونشست گرد و غبار عکس‌العمل پیچیده‌ای به تعامل میان پارامترهای جوی از جمله بارندگی و نزولات فصلی، باد، دما و رطوبت نسبی می‌باشد (۱۸).

فراوانی وقوع گرد و غبار در یک منطقه علاوه بر سرعت باد و خشکی ذرات خاک، به اندازه و قطر ذرات نیز بستگی دارد.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-15]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1394.19.72.14.4]
[DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.19.72.14]



شکل ۱. توزیع نقاط نمونه‌برداری گرد و غبار در شهر اصفهان

تراکم و ساختار گیاهان نیز دو عامل کنترل‌کنندهٔ اساسی در وقوع و فراوانی گرد و غبار می‌باشند (۷) طوفان‌های گرد و غباری عمدتاً در فصول بهار و تابستان و با فراوانی کمتری در پاییز و زمستان رخ می‌دهند (۲۲). محققان در بررسی پدیده گرد و غبار در خاورمیانه به این نتیجه رسیدند که بیشترین میزان وقوع این پدیده در محدوده ایران و پاکستان در طول تابستان رخ می‌دهد. زمان آغاز گرد و غبار ماه‌های آوریل و مِی ذکر شده است و حداکثر میزان وقوع آنها ماه‌های ژوئن و جولای می‌باشد. این محققان مهم‌ترین منبع ورود گرد و غبار به ایران را صحرای سوریه، صحرای شمال شبه جزیره عربستان و شمال صحرای بزرگ آفریقا معرفی نمودند (۸). تثبیت ضعیف ذرات خاک، بارندگی ناکافی، درصد پایین پوشش گیاهی و سرعت زیاد باد فاکتورهایی هستند که شرایط را جهت ایجاد گرد و غبار در تابستان مهیا می‌سازند (۱۵).

آثار زیانبار پدیده گرد و غبار در شهر اصفهان نیز همچون برخی استان‌های غربی کشور، طی چند سال اخیر مشاهده شده است. در حالی‌که تاکنون مطالعه جامعی روی خصوصیات این پدیده در مقیاس زمانی طولانی‌مدت و از طریق اندازه‌گیری مستقیم این ذرات صورت نگرفته است. از آنجایی‌که فهم شرایطی که روی انتشار گرد و غبار تأثیر می‌گذارند، به‌منظور پیش‌بینی وضعیت گرد و غبار اتمسفری و اتخاذ تصمیمات مدیریتی اهمیت ویژه‌ای دارد، این مطالعه با هدف بررسی توزیع مکانی و زمانی نرخ فرونشست گرد و غبار و ارتباط میان این پارامتر با بارش‌های فصلی، رطوبت نسبی، باد و دما در شهر اصفهان انجام شد.

مواد و روش‌ها

مشخصات و موقعیت منطقه مطالعاتی

شهر اصفهان (″۴۰ ′۳۹ °۵۱ شرقی و ″۳۰ ′۳۸ °۳۲ شمالی)، سومین شهر بزرگ ایران است که ارتفاع آن از سطح دریاهای آزاد حدود ۱۵۸۰ متر می‌باشد. این شهر در قسمت شمالی و شرقی به کویر محدود می‌گردد و قسمت غربی و جنوبی آن به ارتفاعات زاگرس منتهی می‌شود. متوسط بارش سالانه آن حدود ۱۲۰ میلی‌متر است و تنوع رژیم حرارتی آن تحت تأثیر مناطق کوهستانی، کویری و وزش بادهای غربی است. به‌منظور بررسی نرخ فرونشست گرد و غبار در شهر اصفهان، ۲۰ نقطه به‌نحوی‌که پوشش خوبی در کل منطقه حاصل شود، به‌صورت تصادفی انتخاب شد. مختصات جغرافیایی و ارتفاع نقاط با استفاده از دستگاه GPS مشخص و موقعیت نقاط با استفاده از نرم‌افزار ILWIS 3.0 روی نقشه ۱:۵۰۰۰۰ تعیین شد. در

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-15]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1394.19.72.14.4]
[DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.19.72.14]

شکل ۱ موقعیت و نحوه توزیع نقـاط نمونـه‌بـرداری در منطقـه مورد مطالعه نشان داده شده است.

نمونه‌برداری گرد و غبار

در این مطالعه تله شیشه‌ای پیشنهادی توسط منـدز و همکـاران (۱۴) که قبلاً توسط حجتی و همکاران (۹) و محمودی (۴) نیـز استفاده شده بود، برای جمع‌آوری گرد و غبار به‌کار گرفته شـد. این تله متشکل از یک صفحه شیشه‌ای مسطح به ابعاد ۱×۱ متـر است که روی آن یک مش پلاستیکی به ابعـاد ۲ میلـی‌مترمربـع توسط ۸ پیچ بـه شیشـه متصـل مـی‌شـود. جهـت جلـوگیری از شستشوی ذرات فرونشسته روی شیشه در فصـول بـا بارنـدگی زیاد، لبه شیشه‌ای به ارتفاع ۱۰ میلی‌متر دور شیشه چسبانده شد. در مواقع بارندگی، آب باران موجـود روی سـطح شیشـه از راه یک منفذ خروجی کوچک که توسط اسفنج پوشانده شـده بـود، خارج شده ولی اسفنج مانع خروج ذرات فرونشسته می‌گردیـد. به‌منظور جمع‌آوری گرد و غبار در هر سایت ساختمان‌هـایی بـا ارتفاع ۱ طبقه انتخاب شدند و ۲ تله شیشه‌ای روی پشت بام هر ساختمان و کمی بالاتر از سطح، به‌نحوی‌که توسط دیوار یا مانع دیگری تحت تأثیر قرار نگیرد، قرار گرفت. ارتفاع ۱ طبقـه ایـن امکان را می‌دهد که غبار فرونشسته تحت تأثیر سایر فرآینـدهای بادی نزدیک به سطح زمین قرار نگیرد و در عین حال نسبت بـه ساختمان‌های مرتفع این امکان را فراهم می‌سازد که غلظت غبار جمع‌آوری شده تقریباً بـه مقـدار قابـل استنشـاق توسـط افـراد نزدیک‌تر باشد. نمونه‌برداری از گرد و غبار طی ۱۲ ماه (خـرداد ماه ۱۳۹۱ تا اردیبهشت ماه ۱۳۹۲) انجام شد. در انتهای هـر مـاه نمونه‌های گرد و غبار روی هر صفحه با اسـتفاده از کـاردک بـه دقت جمع‌آوری و پس از انتقال به ظروف در بسته پلاستیکی به آزمایشگاه منتقل شدند و پس از هـر بـار نمونـه‌بـرداری سـطح صفحات با آب شسته شدند. تعداد کل نمونه‌های گرد و غبار در این مطالعه ۲۴۰ نمونه بود.

مطالعات آزمایشگاهی و تجزیه و تحلیل داده‌ها

پس از جمع‌آوری نمونه‌ها و عبور دادن آنها از الک ۲ میلی‌متری به‌منظور جداسازی ذرات خار و خاشاک، نمونه‌ها به‌دقت توزین شده و نرخ فرونشست گرد و غبـار بـر اسـاس واحـد جـرم در واحد سطح در واحد زمان گزارش شد. داده‌های به‌دسـت آمـده با استفاده از نرم‌افزار SPSS 16 مـورد تجزیـه و تحلیـل آمـاری قرار گرفتند و نمودارها نیز با استفاده از نـرم‌افزارهای SPSS 16 و Excel 2013 رسم شدند. مقایسـه میـانگین‌هـا بـا اسـتفاده از آزمون دانکن و سطح معنی‌داری ۵٪ انجام شد. نقشه‌های توزیع مکانی نرخ فرونشست گرد و غبار با اسـتفاده از نـرم‌افـزار Arc GIS و بـا روش وزن‌دهـی عکـس فاصـله (Inverse Distance Weighting) ترسیم شدند. اطلاعات اقلیمی منطقه مورد مطالعـه شامل دما، بارش، رطوبت، سمت و سـرعت بـاد در طـول دوره نمونه‌برداری از سازمان هواشناسی استان اصـفهان تهیـه و بـرای رسـم نمودارهـای گلبـاد از نـرم‌افزارهـای WRPLOT 7.0.0 و Saba Wind استفاده شد.

نتایج

توزیع زمانی نرخ فرونشست گرد و غبار

در جدول ۱ برخی از خصوصیات آماری نرخ فرونشست گرد و غبار شهر اصفهان در طول ماه‌های نمونه‌برداری ارائه شده است. مطابق این جدول، توزیع نرخ فرونشست گـرد و غبـار در تمـام ماه‌ها از توزیع نرمال پیروی می‌کند. با مقایسه نـرخ فرونشسـت گرد و غبار طی ماه‌هـای مـورد مطالعـه مشـاهده مـی‌شـود کـه کمترین میزان این پارامتر مربوط به ماه آذر با میانگین ۲/۱۳ گرم بر مترمربع در ماه می‌باشد، در حـالی‌کـه بیشـترین میـزان آن بـا میانگین ۸/۰۵ گرم بر مترمربع در ماه به تیرمـاه اختصـاص دارد. از نظر آماری بالاترین نرخ فرونشست گرد و غبـار در مـاه‌هـای خرداد و تیر وجود دارد و روند کاهشی در میزان این پارامتر بـه سمت فصول پاییز و زمستان مشاهده می‌گردد. بـه‌طـوری‌کـه در تابستان اختلاف نـرخ فرونشسـت گـرد و غبـار در مـاه تیـر بـا ماه‌های مرداد و شهریور در سـطح احتمـال ۵ درصـد معنـی‌دار است.

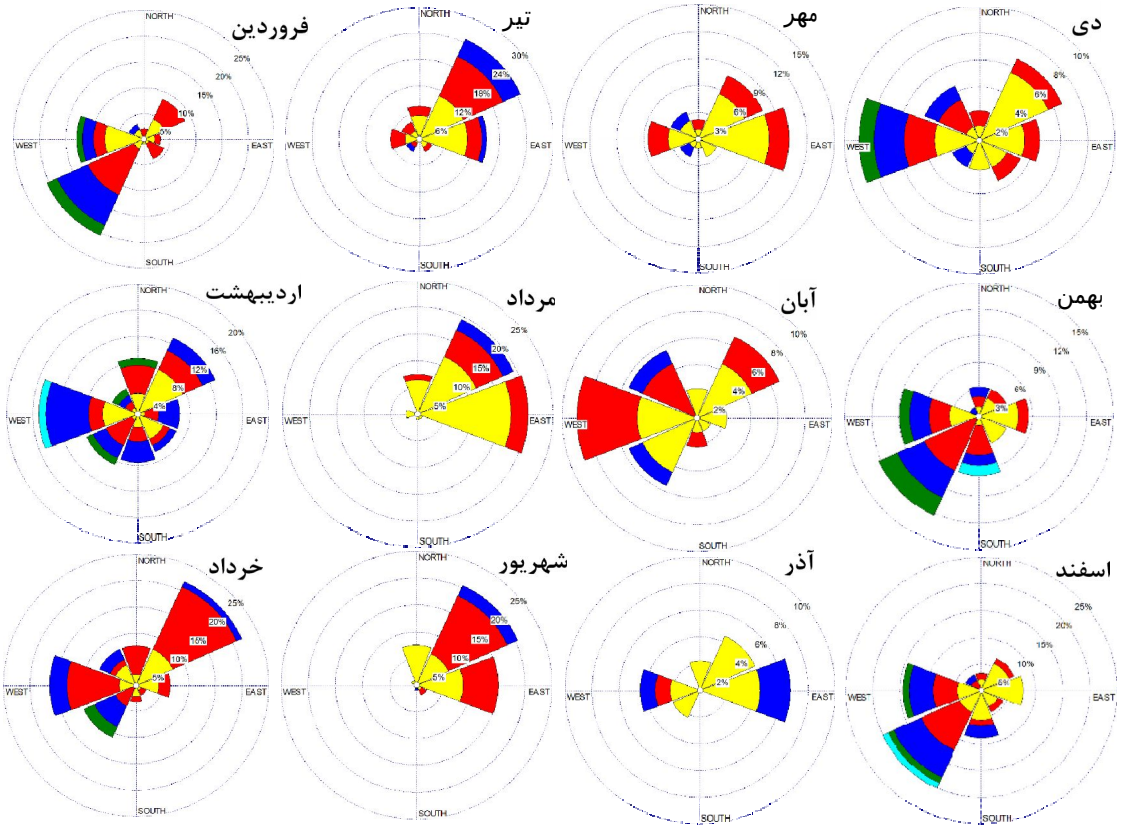
در فصل پاییز روند کاهشی نرخ فرونشست گـرد و غبـار از

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-15]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1394.19.72.14.4]
[DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.19.72.14]

جدول ۱. خصوصیات آماری نرخ فرونشست گرد و غبار (گرم بر مترمربع در ماه) طی ماه‌های نمونه‌برداری در شهر اصفهان

سال	ماه نمونه‌برداری	میانگین	حداقل	حداکثر	چولگی	کشیدگی	واریانس
۱۳۹۱	خرداد	۷/۸۶ a	۲/۰۶	۱۴/۰۶	−۰/۰۶	۰/۴۱	۸/۰۵
	تیر	۸/۰۵ a	۱/۹۴	۱۳/۱۱	−۰/۶۵	۱/۲۴	۶/۰۰
	مرداد	۵/۶۳ bc	۱/۵۶	۱۰/۲۰	۰/۴۲	۲/۹۸	۲/۹۰
	شهریور	۶/۶۰ b	۲/۰۹	۱۰/۰۰	۰/۵۹	۱/۹۶	۲/۸۷
	مهر	۶/۳۰ b	۲/۰۸	۹/۷۳	−۰/۵۴	۰/۲۱	۳/۶۴
	آبان	۴/۶۰ cd	۱/۹۳	۷/۴۳	۰/۲۳	−۱/۰۹	۲/۷۰
	آذر	۲/۱۳ e	۰/۳۳	۴/۶۱	۰/۳۳	−۰/۶۰	۱/۳۰
	دی	۴/۴۰ cd	۱/۱۲	۸/۸۴	۰/۶۹	۱/۱۰	۳/۶۳
	بهمن	۴/۷۶ cd	۰/۷۸	۹/۴۳	۰/۵۶	−۰/۱۱	۵/۶۳
	اسفند	۳/۹۰ d	۱/۲۸	۷/۶۶	۰/۶۷	−۰/۲۱	۲/۷۵
۱۳۹۲	فروردین	۳/۹۵ d	۲/۰۰	۷/۴۴	۰/۶۵	۰/۰۹	۲/۱۲
	اردیبهشت	۴/۳۴ cd	۱/۰۴	۹/۶۶	۰/۶۱	−۰/۶۲	۶/۴۶

میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح ۵٪ آزمون دانکن اختلاف معنی‌دار ندارند



[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-15]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1394.19.72.14.4]
[DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.19.72.14]

جدول ۲. میانگین برخی خصوصیات جوی طی ماه‌های مورد مطالعه در شهر اصفهان

سال	ماه نمونه‌برداری	دمای حداکثر (°C)	دمای حداقل (°C)	بارندگی ۲۴ ساعته (mm)	حداکثر سرعت باد (m/s)	سرعت متوسط باد (m/s)	رطوبت نسبی (%)
۱۳۹۱	خرداد	۳۳/۲۳	۱۸/۳۴	۰/۰۸	۷/۲۶	۳/۳۰	۱۸/۵۰
	تیر	۳۶/۷۲	۲۱/۰۷	۰	۵/۹۷	۲/۳۴	۱۸/۴۵
	مرداد	۳۵/۹۰	۱۹/۱۳	۰	۵/۲۹	۱/۵۲	۱۷/۵۶
	شهریور	۳۳/۴۳	۱۶/۵۰	۰	۵/۶۱	۱/۶۶	۲۱/۴۶
	مهر	۲۷/۷۷	۱۱/۷۰	۰/۳۳	۵/۰۳	۱/۰۵	۲۸/۳۰
	آبان	۲۰/۵۴	۷/۲۳	۰/۷۲	۴/۶۷	۱/۱۲	۴۷/۲۴
	آذر	۱۱/۰۴	۱/۱۷	۲/۲۰	۲/۸۷	۰/۶۶	۷۱/۱۲
	دی	۹/۶۹	-۲/۲۱	۰/۶۸	۴/۳۷	۱/۲۹	۵۸/۴۰
	بهمن	۱۵/۹۱	۰/۶۵	۰/۱۴	۶/۷۷	۲/۱۳	۳۹/۵۵
	اسفند	۱۸/۲۸	۴/۸۵	۰/۹۴	۷/۸۳	۲/۹۰	۳۶/۳۰
۱۳۹۲	فروردین	۲۲/۵۷	۸/۶۶	۰/۵۷	۷/۶۸	۲/۶۱	۳۶/۹۶
	اردیبهشت	۲۵/۱۲	۱۱/۲۸	۰/۵۷	۸/۱۰	۳/۴۴	۳۲/۱۳

ابتدا تا انتهای فصل کاملاً مشهود و معنی‌دار است. در فصل زمستان اختلاف معنی‌دار آماری در مقدار این پارامتر بین ماه‌ها مشاهده نمی‌شود، در حالی‌که اختلاف نرخ فرونشست گرد و غبار در این فصل با سایر فصول معنی‌دار است. در دو ماه ابتدایی فصل بهار نیز اختلاف معنی‌داری با فصل زمستان در میزان این پارامتر وجود ندارد، در حالی‌که در خرداد ماه نرخ فرونشست گرد و غبار افزایش چشمگیر و معنی‌داری می‌یابد.

ارتباط نرخ فرونشست گرد و غبار با برخی پارامترهای جوی

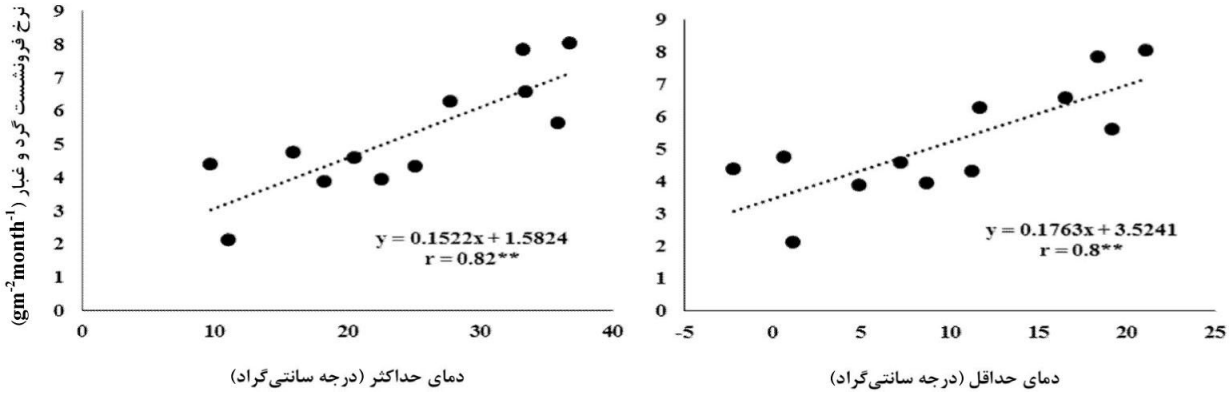
در شکل ۲ الگوی جهت وزش باد در شهر اصفهان طی ۱۲ ماه مورد مطالعه نشان داده شده است. مطابق این شکل در ماه‌های خرداد، تیر، مرداد، شهریور و مهر، باد غالب منطقه در جهت شرقی و شمال‌شرقی می‌وزد و در ماه‌های آبان تا اردیبهشت، شاهد تغییر جهت باد غالب منطقه به سمت غرب و جنوب غرب هستیم.

مقادیر میانگین برخی خصوصیات جوی در شهر اصفهان طی ماه‌های نمونه‌برداری در جدول ۲ آورده شده است. با توجه به این جدول مشاهده می‌شود که بالاترین میزان دمای حداکثر و حداقل مربوط به ماه‌های تیر و مرداد و کمترین میزان این دو پارامتر مربوط به دی‌ماه می‌باشد. از طرف دیگر ماه‌های خرداد تا شهریور دارای حداقل میزان بارندگی ۲۴ ساعته می‌باشند و حداکثر میزان این پارامتر در آذر ماه مشاهده می‌شود. میانگین حداکثر سرعت باد و سرعت متوسط باد در ماه‌های خرداد تا مهر دارای بالاترین مقادیر می‌باشند و سپس روند کاهشی در میزان این دو پارامتر از آبان تا دی و دوباره روند افزایشی آنها رو به ماه‌های دوم و سوم زمستان و اوایل فصل بهار مشاهده می‌شود. میزان رطوبت نسبی روند نسبتاً مشابهی با میزان بارندگی ۲۴ ساعته دارد و بیشترین و کمترین مقادیر آن به‌ترتیب مربوط به ماه‌های آذر و مرداد می‌باشد.

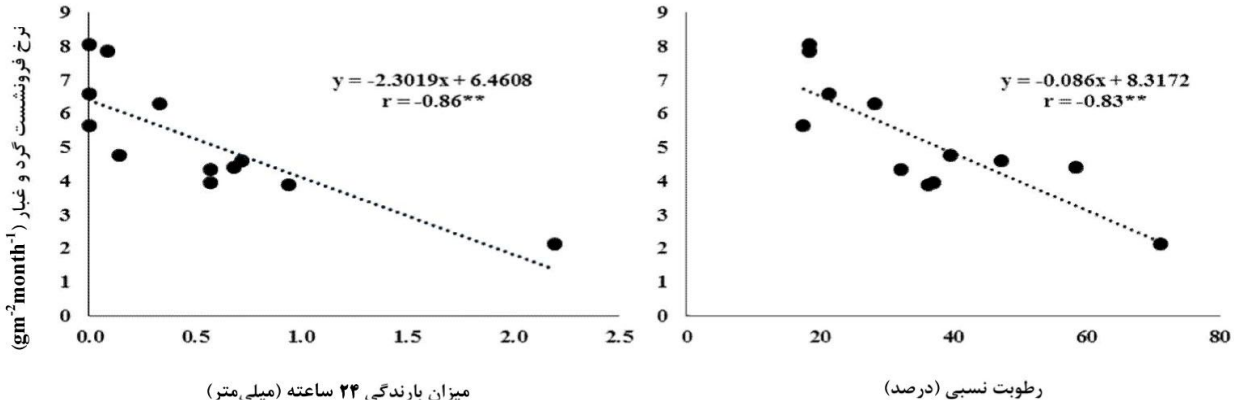
در اشکال ۳ تا ۵ نمودارهای همبستگی بین نرخ فرونشست گرد و غبار در هر ماه با میانگین دمای حداقل و حداکثر، میزان بارندگی ۲۴ ساعته و رطوبت نسبی و میانگین سرعت حداکثر و متوسط باد طی ماه‌های نمونه‌برداری رسم شده است.

در شکل ۳ نمودارهای همبستگی دمای حداقل و دمای

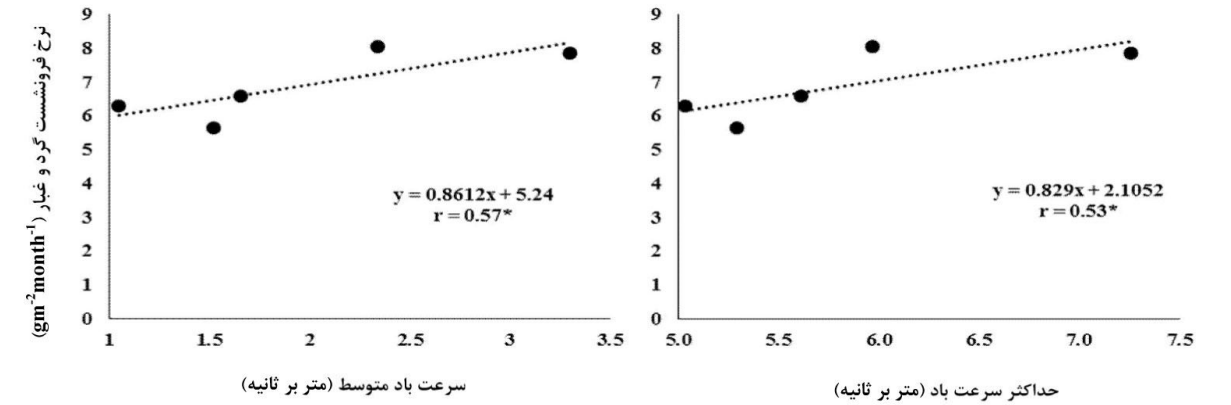
[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-15]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1394.19.72.14.4]
[DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.19.72.14]



شکل ۳. همبستگی میانگین نرخ فرونشست گرد و غبار با میانگین دمای حداقل و حداکثر در طول دوره نمونه‌برداری

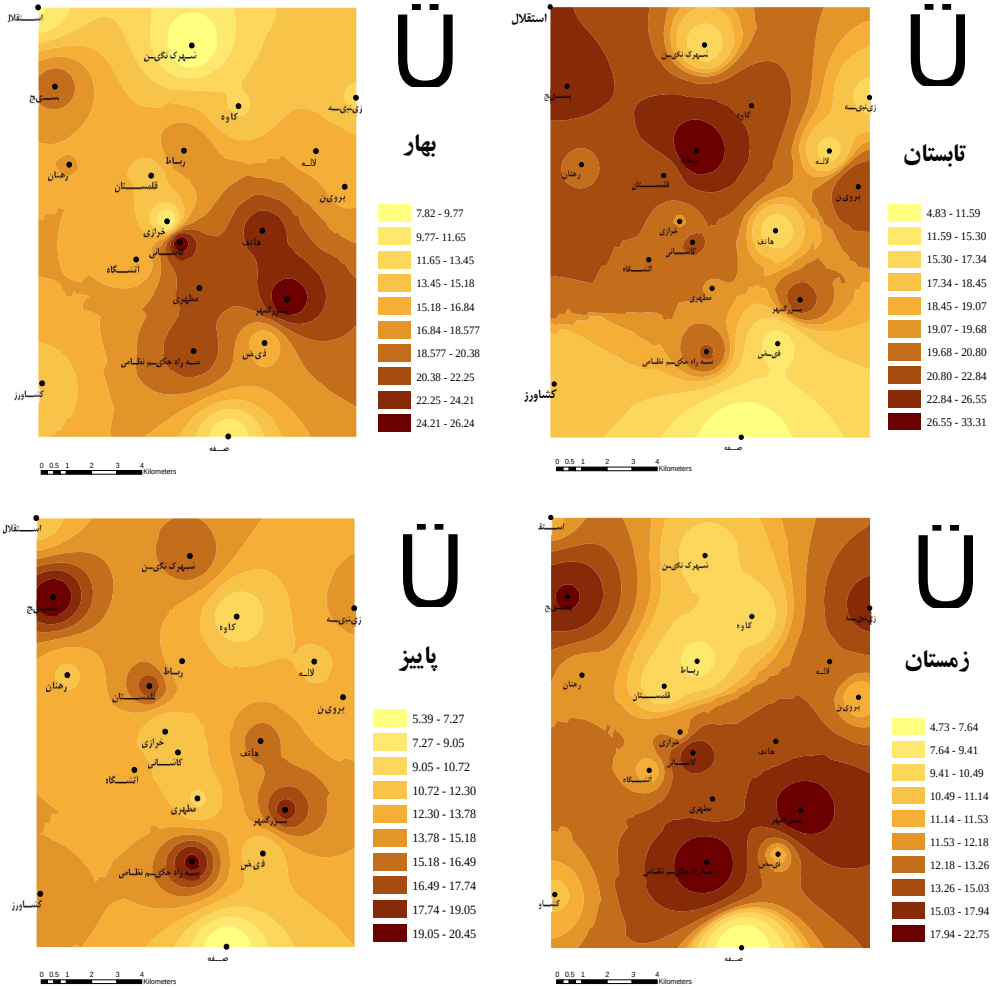


شکل ۴. همبستگی میانگین نرخ فرونشست گرد و غبار با میانگین میزان بارندگی و رطوبت نسبی در طول دوره



شکل ۵. همبستگی میانگین نرخ فرونشست گرد و غبار با میانگین سرعت متوسط و حداکثر باد طی ماه‌های خرداد، تیر، مرداد، شهریور و مهر

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-15]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1394.19.72.14.4]
[DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.19.72.14]



شکل ۶. نقشه توزیع مکانی نرخ فرونشست گرد و غبار (گرم بر مترمربع در فصل) طی چهار فصل در شهر اصفهان

حداکثر با نرخ فرونشست گرد و غبار نشان می‌دهند که همبستگی بالا و معنی‌دار در سطح ۱ درصد (۰/۸ و ۰/۸۲) بین پارامترهای مذکور وجود دارد. به این معنی که با افزایش حداقل و حداکثر درجه حرارت در منطقه مورد مطالعه نرخ فرونشست گرد و غبار نیز افزایش می‌یابد. افزایش دما در منطقه به‌طور طبیعی با کاهش میزان بارندگی و رطوبت نسبی در ماه‌های گرم سال مرتبط است. در ماه‌های خرداد تا شهریور که بالاترین دمای حداقل و حداکثر و نرخ فرونشست گرد و غبار وجود دارد، الگوی وزش باد نیز جهت باد غالب شرقی را نشان می‌دهد (شکل ۲). این در حالی‌است که با کاهش میزان حداقل و حداکثر دما طی فصول پاییز و زمستان، جهت باد غالب منطقه نیز تغییر جهت می‌دهد.

در شکل ۴، همبستگی بین میزان بارندگی ۲۴ ساعته و رطوبت نسبی با نرخ فرونشست گرد و غبار نشان می‌دهند که با افزایش مقادیراین دو پارامتر در منطقه میزان فرونشست گرد و غبار کاهش چشمگیری پیدا می‌کند. ضرایب همبستگی بالا و منفی این پارامترها با نرخ فرونشست گرد و غبار (۰/۸۶- و ۰/۸۳-)، مؤید این مطلب است که تأثیر بارندگی و رطوبت نسبی بر کاهش میزان گرد و غبار فرونشسته بر سطح اجتناب ناپذیر است.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-15]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1394.19.72.14.4]
[DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.19.72.14]

از دیگر عوامل جوی تأثیرگذار بر نرخ فرونشست گرد و غبار، سرعت باد منطقه می‌باشد. در مطالعه حاضر همبستگی معنی‌داری میان نرخ فرونشست گرد و غبار با میزان میانگین حداکثر سرعت و سرعت متوسط باد طی ۱۲ ماه نمونه‌برداری گرد و غبار مشاهده نشد (شکل نشان داده نشده است). در حالی‌که با بررسی همبستگی این دو پارامتر در ماه‌های خشک سال (خرداد تا مهر ماه)، نتایج نشان دادند که همبستگی معنی‌داری میان نرخ فرونشست گرد و غبار با حداکثر سرعت و سرعت متوسط باد (۰/۵۳ و ۰/۵۷) وجود دارد (شکل۵) و با افزایش سرعت باد نرخ فرونشست گرد و غبار افزایش می‌یابد.

توزیع مکانی نرخ فرونشست گرد و غبار

به‌منظور بررسی توزیع مکانی نرخ فرونشست گرد و غبار در شهر اصفهان، نقشه پهنه‌بندی فصلی این پارامتر (مجموع میانگین‌های سه ماهه هر فصل) در شکل ۶ ارائه شده است. در فصول بهار و زمستان بیشترین میزان فرونشست گرد و غبار در مناطق مرکزی و شرقی شهر مشاهده می‌شود که به سمت غرب از شدت آن کاسته می‌شود. با این‌حال مناطق غربی میزان گرد و غبار بیشتری نسبت به مناطق شمالی و جنوبی شهر دریافت نموده‌اند. در فصل تابستان بالاترین میزان فرونشست در بخش‌های شمال‌غربی و مرکزی شهر مشاهده می‌شود، در حالی‌که در فصل پاییز با بیشترین میزان بارندگی، از میزان گرد و غبار در مرکز شهر تا حدود زیادی کاسته شده ولی همچنان بخش‌هایی از شمال‌غرب، غرب و شرق دارای گرد و غبار می‌باشند.

بحث

در مطالعه حاضر کمترین و بیشترین نرخ فرونشست گرد و غبار به‌ترتیب در ماه‌های آذر (۲/۱۳ گرم بر متر مربع در ماه) و تیر (۸/۰۵ گرم بر مترمربع در ماه) مشاهده شد و به‌طورکلی می‌توان روند کاهشی در نرخ فرونشست گرد و غبار از ماه‌های خشک (خرداد تا مهر) به سمت ماه‌های مرطوب (آبان تا اردیبهشت) را مشاهده کرد (جدول ۱)، که این نتیجه تا حدود زیادی منطبق بر نتایج حاصل از سایر مطالعات می‌باشد.

در مطالعه‌ای روی نرخ فرونشست گرد و غبار در شهر شوویخ کویت، گزارش شد که اختلاف نرخ فرونشست گرد و غبار در میان ماه‌های مختلف نمونه‌برداری در سال ۲۰۰۹ معنی‌دار می‌باشد و بالاترین نرخ فرونشست در ماه‌های ژوئن و آگوست با دامنه ۷۶/۴ تا ۲/۵±۹۷/۶ گرم بر مترمربع در ماه گزارش شد. در حالی‌که کمترین نرخ فرونشست گرد و غبار با دامنه ۱/۲±۱۴ تا ۱/۴±۱۹ گرم بر مترمربع در ماه در ماه‌های اکتبر و نوامبر مشاهده شد و ماه‌های دسامبر، ژانویه و فوریه با دامنه نرخ فرونشست گرد و غبار به میزان ۱/۳± ۲۵/۵ تا ۱/۵± ۳۰/۵ گرم بر مترمربع در ماه نیز به‌عنوان ماه‌های دارای حد متوسط میزان فرونشست گرد و غبار در این منطقه گزارش شدند (۵). نرخ فرونشست گرد و غبار در نیوزیلند بین ۰/۰۲۱ تا ۱۱/۸۹ گرم بر مترمربع در ماه و بالاترین نرخ فرونشست گرد و غبار در فصل تابستان و به سبب فراوانی بادهای مناسب انتقال گرد و غبار و کاهش بارش گزارش شده است (۱۲).

بررسی روند نرخ فرونشست گرد و غبار در شهر کرمان طی ۷ ماه نمونه‌برداری از اردیبهشت تا آبان سال ۱۳۹۱ نشان داد که بیشترین و کمترین میزان متوسط نرخ فرونشست گرد و غبار به‌ترتیب مربوط به ماه‌های اردیبهشت و آبان با مقادیر ۱۷/۴ و ۵ گرم بر مترمربع در ماه می‌باشند و روند کاهشی در نرخ فرونشست گرد و غبار از ابتدا تا انتهای دوره نمونه‌برداری وجود دارد (۱). ندافی و همکاران (۱۶) بالاترین نرخ فرونشست گرد و غبار در یزد را در دوره نمونه‌برداری آگوست تا سپتامبر و کمترین میزان آن را در دوره اکتبر تا نوامبر و به‌ترتیب ۹/۷۴ و ۳/۱۳ گرم بر مترمربع در ماه گزارش نمودند. نتایج مطالعه روی نرخ فرونشست گرد و غبار در فصل بهار سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ در ۱۸ نقطه شهر بیجینگ چین نشان داد که نرخ فرونشست گرد و غبار در این دو سال به‌ترتیب بین ۳۳/۶۲ و ۲۸/۷۱ گرم بر مترمربع تغییر می‌کند (۲۱). منندز و همکاران (۱۴) نیز در جزایر قناری نرخ فرونشست گرد و غبار

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-15]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1394.19.72.14.4]
[DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.19.72.14]

را ۱/۴۲ تا ۶/۶ گرم بر مترمربع در ماه گزارش نمودند.

در حالی‌که محمودی (۴)، با مطالعه نرخ فرونشست گرد و غبار در شهرهای اصفهان، خمینی‌شهر، زرین شهر و مبارکه طی دوره ۴ ماهه (مرداد تا آذر ۱۳۸۹)، حداقل نرخ فرونشست گرد و غبار را در مهرماه با نرخ ۶/۳ و حداکثر آن را در دوره آبان-آذر با نرخ ۹/۵۷ گرم بر مترمربع در ماه گزارش نمود و پایین‌ترین نرخ فرونشست گرد و غبار را برای شهرهای زرین‌شهر و مبارکه گزارش کرد. کائو و همکاران (۶) نیز با بررسی برخی ویژگی‌های فیزیکی، نحوه توزیع و میزان فرونشست ذرات اتمسفری در شهر زیان در مرکز چین به این نتیجه رسیدند که نرخ فرونشست ذرات اتمسفری در این شهر دارای دامنه ۱/۲۲ تا ۲۹/۲ گرم بر مترمربع در ماه است که با میانگین ۶/۴ گرم بر مترمربع در ماه و معادل ۷۶/۷ گرم بر مترمربع در سال رتبه یازدهم نرخ فرونشست گرد و غبار را در میان ۵۶ نرخ فرونشست گرد و غبار مطالعه‌شده در جهان به‌خود اختصاص می‌دهد. بررسی‌های این محققان نشان داد که بالاترین نرخ فرونشست گرد و غبار در این منطقه در فصول زمستان و بهار رخ می‌دهد، در حالی‌که در سایر مطالعات انجام‌شده در شهرهای لانژو و کینگدائو چین بالاترین میزان فرونشست گرد و غبار طی ماه‌های می و دسامبر گزارش شده است. محققان این تغییر الگو در نرخ فرونشست گرد و غبار در شهر زیان را به افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی به‌منظور گرمایش ساختمان‌های مسکونی و تجاری و همچنین به انتقال گرد و غبارهای آسیایی از مناطق منگولیا و پلاتوهای لسی طی فصول بهار و زمستان نسبت دادند

تا و همکاران (۲۰) با مطالعه گرد و غبار فرونشسته در استان گانسو چین گزارش نمودند که بالاترین نرخ فرونشست گرد و غبار در ماه‌های فصل بهار و کمترین میزان آن در ماه‌های فصل پاییز اتفاق می‌افتد و فصول تابستان و زمستان در میانه قرار دارند و نرخ فرونشست گرد و غبار در بحر میت در زمستان و تابستان کمترین و در پاییز و بهار دارای بیشترین میزان گزارش شد (۱۹).

نتایج حاصل از بررسی خصوصیات اقلیمی منطقه و ارتباط آنها با نرخ فرونشست گرد و غبار طی ۱۲ ماه نمونه‌برداری نشان داد که نرخ فرونشست گرد و غبار با دمای حداقل و حداکثر رابطه مثبت و معنی‌دار (شکل ۳) و با مقدار بارندگی و رطوبت نسبی همبستگی منفی و معنی‌دار (شکل ۴) نشان می‌دهد. ندافی و همکاران (۱۶)، با مطالعه نرخ فرونشست گردو غبار در یزد طی دوره ۴ ماهه به این نتیجه رسیدند که بین نرخ فرونشست گرد و غبار و میزان بارندگی همبستگی معنی‌داری وجود دارد و با کاهش بارندگی، نرخ فرونشست افزایش می‌یابد. اگرچه در مطالعه آنها رابطه معنی‌داری بین دما و میزان فرونشست گرد و غبار گزارش نشد. تا و همکاران (۲۰)، نیز نتیجه گرفتند که رابطه معکوسی میان بارندگی و نرخ فرونشست گرد و غبار وجود دارد و در یک سرعت مشخص باد، با افزایش بارندگی میزان گرد و غبار کاهش چشمگیری پیدا می‌کند.

برخلاف نتایج حاصل از این مطالعه در خصوص عدم وجود رابطه معنی‌دار میان نرخ فرونشست گرد و غبار با سرعت باد در تمام ماه‌های مورد مطالعه و مطابقت آن با نتایج حاصل از پژوهش تا و همکاران (۲۰)، برخی محققان طی مطالعات خود همبستگی معنی‌داری میان این دو پارامتر گزارش نموده‌اند (۱ و۱۶). اگرچه نتایج مطالعه حاضر نشان دادند که در ماه‌های خشک سال با افزایش سرعت باد نرخ فرونشست گرد و غبار افزایش می‌یابد (شکل ۵).

در مطالعه‌ای در جنوب غرب آمریکا برروی تأثیر پارامترهای جوی و پوشش گیاهی بر نرخ فرونشست گرد و غبار، محققان نتیجه‌گیری کردند که نرخ فرونشست گرد و غبار با شدت گرفتن طوفان‌های تابستانی افزایش و با ازدیاد میزان رطوبت در زمستان کاهش می‌یابد و در مناطق مرتفع، خشکی موجب افزایش شدت انتشار گرد و غبار خواهد شد و بیان نمودند که تغییر پوشش گیاهی از گیاهان چند ساله به گیاهان یکساله به‌علت حساسیت این گیاهان به خشکی در طول دوره جوانه‌زنی، موجب افزایش نرخ فرونشست گرد و غبار خواهد

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-15]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1394.19.72.14.4]
[DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.19.72.14]

شد (۱۸). در مطالعه الهربی (۵) در کویت نیز گزارش شد که ماه‌های دارای بیشترین بادهای حاوی گرد و غبار و کمترین میزان رطوبت نسبی دارای بالاترین نرخ فرونشست گرد و غبار و ماه‌های دارای بیشترین میزان بارندگی دارای کمترین نرخ فرونشست گرد و غبار در منطقه می‌باشند. همچنین، علاوه بر عوامل مذکور، تغییر جهت و سرعت باد طی ماه‌های مختلف نمونه‌برداری نیز به‌عنوان دو عامل مؤثر روی نرخ فرونشست گرد و غبار گزارش شدند.

در مطالعه حاضر خصوصیات اقلیمی منطقه و روابط و همبستگی‌های موجود بین آنها با نرخ فرونشست گرد و غبار تا حد زیادی توجیه‌کنندهٔ توزیع زمانی نرخ فرونشست گرد و غبار طی ماه‌های مختلف سال می‌باشد. مطابقت الگوی جهت شرقی و شمال‌شرقی وزش باد غالب منطقه در ماه‌های خرداد، تیر، مرداد، شهریور و مهر با بیشترین نرخ فرونشست گرد و غبار در این ماه‌ها نسبت به سایر ماه‌های مورد مطالعه می‌تواند این فرضیه را که مهم‌ترین منبع تولید گرد و غبار شهر اصفهان در شرق و در دشت سگزی واقع شده است (۳) را قوی‌تر نماید. از این‌رو می‌توان با احتمال زیاد منبع اصلی تولید گرد و غبار در شهر اصفهان را مناطق بیابانی شرق و شمال‌شرق اصفهان و دشت سگزی نام برد و بادهای غالب شمال‌شرق و شرق را اصلی‌ترین عامل انتقال ذرات از این مناطق به‌حساب آورد که با افزایش سرعت این بادها نرخ فرونشست گرد و غبار نیز افزایش می‌یابد. همچنین به‌نظر می‌رسد که خشکی و عدم رطوبت و بارندگی در این ماه‌ها نیز دلیلی بر افزایش نرخ فرونشست گرد و غبار باشد.

با افزایش بارندگی و رطوبت نسبی، احتمالاً چسبندگی ذرات در مناطق تولید گرد و غبار افزایش یافته و منجر به کاهش تولید گرد و غبار در منطقه منبع و در نهایت کاهش آن در منطقه فرونشست می‌گردد. از طرف دیگر، بارندگی روی مقدار رطوبت خاک و پوشش گیاهی به‌عنوان دو فاکتور مهم کنترل‌کنندهٔ گرد و غبار تأثیر می‌گذارد و میزان تولید گرد و غبار را کاهش می‌دهد (۲۰). کوتیل و فورمن (۱۰) گزارش نمودند که بارندگی و حضور پوشش گیاهی به خاطر تأثیری که بر سرعت باد و اندازه ذرات خواهند داشت، مقدار گرد و غبار هوا را به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهند.

در سایر ماه‌ها علیرغم ادامه فعالیت‌های انسانی تولیدکنندهٔ گرد و غبار، با تغییر جهت باد غالب منطقه به سمت غرب و جنوب غرب شاهد کاهش معنی‌دار نرخ فرونشست گرد و غبار در شهر اصفهان هستیم که می‌تواند بیانگر تغییر منبع ورودی احتمالی گرد و غبار و یا تأثیر سایر پارامترهای اقلیمی بر میزان فرونشست گرد و غبار در این ماه‌ها باشد. بادهای غالب غربی اگرچه سرعت بالایی دارند ولی به‌دلیل منبع تولیدشان حامل ذرات گرد و غبار نیستند و از آنجایی‌که در فصول سرد سال می‌وزند، عمدتاً منجر به بارش و افزایش رطوبت نسبی شده و در نهایت کاهش نرخ فرونشست گرد و غبار در شهر را موجب می‌گردند. لازم به ذکر است که تعیین منشأ و منبع دقیق تولید گرد و غبار در شهر اصفهان نیازمند مطالعه بیشتر و انجام آنالیزهای آزمایشگاهی جامع‌تر در منطقه می‌باشد.

در خصوص پراکنش مکانی نرخ فرونشست گرد و غبار طی فصول مختلف در شهر اصفهان، این‌گونه به‌نظر می‌رسد که در فصول بهار و زمستان با جهت باد غالب غربی و جنوب‌غربی، با افزایش بارندگی و چسبندگی ذرات خاک به هم، اندازه ذرات گرد و غبار منشأ یافته از شرق، درشت‌تر شده و در فاصله نزدیک‌تری به منبع فرونشسته‌اند و از این رو بالاترین میزان نرخ فرونشست گرد و غبار در مناطق شرقی و مرکزی شهر مشاهده می‌گردد. در حالی‌که، بادهای غالب شرقی و شمال‌شرقی در طول سه ماه فصل تابستان، ذرات خشک و ریزتر خاک را از شرق اصفهان برداشت نموده و با کاهش سرعت و فاصله گرفتن از منبع برداشت، گرد و غبار را در قسمت‌های غربی شهر فرونشانده‌اند. از آنجایی‌که در ماه‌های فصل پاییز بادهای غالب در جهات مختلف می‌وزند، در این فصل، بسته به میزان و سرعت باد، جهت باد غالب و پراکنش بارندگی در نقاط مختلف شهر، توزیع پراکنده گرد و غبار در سطح شهر وجود دارد.

به‌طورکلی کمترین میزان غبار دریافتی طی چهار فصل

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-15]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1394.19.72.14.4]
[DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.19.72.14]

مربوط به قسمت جنوبی شهر می‌باشد که حضور کوه‌های مناطق جنوبی (کوه صفه و شاهکوه) می‌توانند در این امر اثرگذار باشند. تعامل میان پارامترهایی چون ارتفاع نقاط نمونه‌برداری، نزدیکی نقاط نمونه‌برداری به مناطق مرتفع و کوهستانی، قرارگیری نقاط نمونه‌برداری در مناطق پرترافیک و پرتردد، نزدیکی نقاط نمونه‌برداری به مناطق دارای عملیات عمرانی و قرارگیری آنها در مجاورت مناطق تولید گرد و غبار، فاصله مناطق تولید گرد و غبار از مناطق فرونشست گرد و غبار، جهت باد غالب منتقل‌کننده ذرات گرد و غبار و تفاوت در میزان و پراکنش بارش و سرعت باد در نقاط مختلف نمونه‌برداری در شهر منجر به تغییراتی در نحوه توزیع مکانی نرخ فرونشست گرد و غبار در منطقه مطالعاتی شده‌است.

وانگ و همکاران (۲۱) بیشترین نرخ فرونشست گرد و غبار در شهر بیجینگ چین در فصل بهار را در قسمت‌های جنوب‌غربی و شمال‌شرقی مرکز شهر گزارش نمودند و بیان کردند که کوه‌های بخش شمال‌غرب شهر دارای کمترین میزان گرد و غبار فرونشسته بر سطح هستند. این محققان گرد و غبار حاصل از خاک، گرد و غبار ساختمانی، گرد و غبار حاصل از زغال‌سنگ و گرد و غبار حاصل از وسایل نقلیه را به‌عنوان چهار منبع اصلی توزیع فرونشست گرد و غبار در سطح شهر معرفی کردند. جعفری (۱) بیشترین میزان فرونشست اتمسفری در شهر کرمان را به بخش‌های مرکزی، شمالی و شمال‌غربی شهر نسبت داد و از دلایل احتمالی آن به عملیات عمرانی و ساختمان‌سازی در مرکز شهر اشاره نمود.

نتیجه‌گیری

بررسی روند نرخ فرونشست گرد و غبار اتمسفری طی ۱۲ ماه نمونه‌برداری در شهر اصفهان، نشان داد که بیشترین و کمترین نرخ فرونشست گرد و غبار به‌ترتیب به ماه‌های تیر و آذر اختصاص دارند و میزان فرونشست گرد و غبار در بهار و تابستان دارای بالاترین میزان است که رو به فصول پاییز و زمستان این مقدار کاهش می‌یابد واین جریان همسو با تغییر جهت باد غالب منطقه طی فصول مختلف می‌باشد. به‌طوری‌که با تغییر جهت باد غالب از شرق و شمال‌شرق در ماه‌های خشک سال، به سمت غرب و جنوب‌غرب در ماه‌های با بارش بیشتر، نرخ فرونشست گرد و غبار کاهش می‌یابد. که این مسأله دلیلی بر منشأ احتمالی ذرات گرد و غبار از منطقه بیابانی شرق اصفهان می‌باشد.

از طرفی همبستگی‌های مثبت و معنی‌دار بین نرخ فرونشست گرد و غبار با میزان دمای حداقل و حداکثر در تمام ماه‌های سال و با سرعت حداکثر و متوسط باد در ماه‌های خشک سال و همبستگی منفی و معنی‌دار این پارامتر با میزان بارش و رطوبت نسبی توجیه‌کنندهٔ زیاد بودن نرخ فرونشست گرد و غبار در ماه‌های خشک سال و کاهش مقدار آن در ماه‌های مرطوب می‌باشند. ذرات خاک مناطق بیابانی واقع در شرق اصفهان در ماه‌های خشک سال از سمت شرق وارد شهر اصفهان شده و به‌علت خشکی و ریزتر بودن ذرات و قدرت حمل بیشتر باد، در مناطق غربی شهر فرونشسته‌اند و در ماه‌های مرطوب با چسبندگی ذرات و بزرگ شدن اندازه آنها و کاهش یافتن قدرت حمل باد شاهد بالاترین نرخ فرونشست گرد و غبار در مناطق شرقی شهر هستیم.

شایان ذکر است که عوامل متعددی از جمله تردد، ترافیک و عملیات عمرانی نیز در توزیع مکانی نرخ فرونشست گرد و غبار در سطح شهر اثرگذار هستند. تعامل پیچیده میان عوامل جوی حاکم بر منطقه در طول سال تعیین‌کنندهٔ نرخ فرونشست گرد و غبار می‌باشند و فعالیت‌های انسانی در نقاط مختلف شهری نیز تأثیری دوچندان بر مقدار این پارامتر می‌گذارند.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-15]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1394.19.72.14.4]
[DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.19.72.14]

منابع مورد استفاده

۱. جعفری، ف. ۱۳۹۲. نرخ فرونشست و برخی خصوصیات شیمیایی و کانی‌شناسی گرد و غبار اتمسفری در شهر کرمان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۲. رسولی، ع. ا.، ب. ساری صراف و غ. ح. محمدی. ۱۳۸۹. تحلیل روند وقوع پدیده اقلیمی گرد و غبار در غرب کشور در ۵۵ سال اخیر با استفاده از روش‌های آمارهای ناپارامتری. فصلنامه جغرافیای طبیعی. سال سوم ۹: ۲۸-۱۵.

۳. صالحی، م. ح. ۱۳۷۶. بررسی منشأ، عوامل و فرآیندهای تجمع نمک در خاک‌های دشت سگزی و تأثیر آنها بر فرسایش بادی. پایان نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۴. محمودی، ز. ۱۳۹۰. بررسی خصوصیات ژئوشیمیایی و کانی شناسی گرد و غبار اتمسفری اصفهان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

5. AL-Harbi, M. 2015. Characteristics and composition of the falling dust in urban environment. Int. J. Environ. Sci. Technol. 12: 641-652.
6. Cao, Z., Y. Yang, J. Lu and C. Zhang. 2011. Atmospheric particle characterization, distribution, and deposition in Xian, Shaanxi Province, Central China. Environ. Pollut. 159: 577-584.
7. Engelstaedler, S., I. Tegen and R. Washington. 2006. North African dust emissions and transport. Earth Sci. Rev. 79: 73-100.
8. Goudie, A. S. and N. J. Middleton. 2001. Saharan dust storms: nature and consequences. Earth Sci. Rev. 56: 179-204.
9. Hojati, S., H. Khademi, A. Faz Cano and A. Landi. 2012. Characteristics of dust deposited along a Transect between central Iran and the Zagros Mountains. Catena. 88: 27-36.
10. Kutiel, H. and H. Furman. 2003. Dust storms in the Middle East: sources of origin and their temporal characteristics. Indoor Built Environ. 12: 419-426.
11. Lawrence, C. R. and J. C. Neff. 2009. The contemporary physical and chemical flux of aeolian dust: A synthesis of direct measurements of dust deposition. Chem. Geol. 267: 46-63.
12. Marx, S. A., H. A. McGowan. 2005. Dust transportation and deposition in a superhumid environment, West Coast, South Island, New Zealand. Catena. 59: 147-171.
13. McTainsh, G. H. 1999. Dust transport and deposition. PP. 181-211. *In*: Goudie, A., S. Livingstone and I. Stokes (Eds.), Aeolian Environments, Sediments and Landforms. John Wiley and Sons, Ltd, Chichester.
14. Menendez, I., J. L. Diaz-Hernandez, J. Mangas, I. Alonso and P. J. Sanchez-Soto. 2007. Airborne dust accumulation and soil development in the North-East sector of Gran Canaria (Canary Islands, Spain). J. Arid. Environ. 71: 57-81.
15. Miri, A., H. Ahmadi, M. R. Ekhtesasi, N. Panjehkeh and A. Ghanbari. 2009. Environmental and socio-economic impacts of dust storms in Sistan Region, Iran. Int. J. Environ. Studies 66: 343-355.
16. Naddafi, N., R. Nabizadeh, Z. Soltanianzadeh and M. H. Ehrampoosh. 2006. Evaluation of dustfall in the air of Yazd. J. Environ. Health. Sci. Eng. 3: 161-168.
17. Reheis, M. C. and R. Kihl. 1995. Dust deposition in southern Nevada and California, 1984-1989: relations to climate, source area, and source lithology. J. Geophys. Res. 100 (D5): 8893-8918.
18. Reheis, M. C. and F. E. Urban. 2011. Regional and climatic controls on seasonal dust deposition in the southwestern U.S. Aeolian Res. 3: 3-21.
19. Singer, A., E. Ganor, S. Dultz and W. Fischer. 2003. Dust deposition over the Dead Sea. J. Arid Environ. 53: 41-59.
20. 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.
21. Wang, R., X. Zou, H. Cheng, X. Wu, C. Zhang, and L. Kang. 2015. Spatial distribution and source apportionment of atmospheric dust fall at Beijing during spring of 2008-2009. Environ Sci Pollut Res. 22 (5): 3547-3557.
22. Wang, S., W. Yuan and K. Shang. 2006. The impacts of different kinds of dust events on PM_{10} pollution in northern China. Atmos. Environ. 40: 7975-7982.
23. 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.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-15]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1394.19.72.14.4]
[DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.19.72.14]