

تغییرات مکانی و زمانی نرخ فرونشست گرد و غبار شهر یزد و ارتباط آن با

برخی پارامترهای اقلیمی

سمیه سلطانی گردفرامرزی^{۱*}؛ محسن قاسمی^۲ و محمدجواد قانعی بافقی^۳

۱- استادیار گروه علوم و مهندسی آب دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه اردکان

۲- دکتری علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه اردکان

۳- استادیار گروه طبیعت دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه اردکان

(تاریخ دریافت ۹۹/۰۳/۱۳-تاریخ پذیرش ۹۹/۰۵/۰۲)

چکیده:

فرونشست گرد و غبار به طور گسترده در مناطق خشک و نیمه خشک جهان اتفاق می افتد. این مطالعه به منظور بررسی ویژگی های زمانی و مکانی گرد و غبار اتمسفری در شهر یزد و ارتباط آن با پارامترهای اقلیمی انجام شد. گرد و غبار به صورت فصلی در یک دوره یکساله از پائیز ۱۳۹۷ تا تابستان ۱۳۹۸ و از ۳۰ نقطه با استفاده از تله های رسوبگیر نصب شده در بام ساختمان های یک طبقه نمونه برداری شد و نرخ فرونشست گرد و غبار تعیین گردید. نتایج نشان داد که کمترین نرخ فرونشست گرد و غبار در فصل تابستان با میانگین ۱۳/۲۷ گرم بر متر مربع و بیشترین مقدار آن با میانگین ۲۳/۴۱ گرم بر مترمربع در بهار مشاهده گردید و متوسط نرخ فرونشست سالانه گرد و غبار در منطقه مورد مطالعه در طی یک سال داده برداری ۷/۷۲ تن بر کیلومتر مربع بدست آمد. نمودارهای همبستگی نشان داد که ضریب همبستگی منفی و پائین بین نرخ فرونشست گرد و غبار با دمای حداقل ($R^2=0/28$) و دمای حداکثر ($R^2=0/19$) وجود دارد. هر چند همبستگی مثبت و قوی در خصوص داده های متوسط باد ($R^2=0/941$) و حداکثر سرعت باد ($R^2=0/905$) و همبستگی مثبت ولی پائین با تعداد مشاهدات گرد و غبار ($R^2=0/09$) مشاهده گردید. به نظر می رسد از بین پارامترهای اقلیمی، سرعت باد در منطقه مورد مطالعه تاثیر بیشتری بر وقوع رخداد های گرد و غبار و هم چنین بر میزان نرخ فرونشست گرد و غبار داشته است. با توجه به نقشه های پهنه بندی، جهت باد غالب، بازدید از مناطق مختلف در حین نمونه برداری و هم چنین نقشه هوایی از منطقه در نواحی شمال و شمال غربی و شرق منطقه بیابان های بدون پوشش گیاهی و بدون ساختمان وجود دارد که باعث شده در این مناطق نرخ فرونشست بیشتر باشد و کمترین میزان نرخ فرونشست در ایستگاه های نمونه برداری مرکز شهر با ساختمان های بلند مسکونی و اداری در این مناطق، مشاهده گردید. تعامل بین خصوصیات مختلف نقاط نمونه برداری گرد و غبار از جمله ارتفاع، نزدیکی به مناطق پرترافیک و پرتردد، نزدیکی به مناطق انجام عملیات عمرانی، فاصله از مناطق تولید گرد و غبار، جهت باد غالب و میزان و پراکنش بارش و سرعت باد بر نرخ فرونشست گرد و غبار در نقاط مختلف منطقه مورد مطالعه تاثیر گذاشته و منجر به توزیع غیریکنواخت نرخ فرونشست گرد و غبار در منطقه شده است.

کلید واژگان: گرد و غبار، توزیع مکانی و زمانی، نرخ فرونشست، پارامترهای اقلیمی.

۱. مقدمه

یکی از بلاهای طبیعی که هر ساله موجب خسارت‌های زیادی در نواحی خشک و بیابانی جهان از جمله ایران به علت قرار گرفتن در کمربند خشک و نیمه خشک جهان می‌شود، بادهای شدید و شکل‌گیری طوفان گرد و خاک محلی و منطقه‌ای است که هر ساله چندین مرتبه به وقوع می‌پیوندد (Rashki et al., 2013). استان یزد ۱۹ درصد بیابان‌های ایران را به خود اختصاص داده و دومین استان بیابانی کشور ایران است. وقوع طوفان‌های گرد و خاک و هجوم ماسه‌های روان از پدیده‌های شایع و نامنظم طبیعی در این استان به شمار می‌رود (Ekhteseasi et al., 2015). پدیده گرد و غبار به عنوان یکی از پیامدهای فرسایش بادی تحت تأثیر چندین عامل اصلی فیزیکی از جمله آب و هوا، خاک، پوشش گیاهی و شکل زمین قرار می‌گیرد (Gholami et al., 2020). هرچند در برخی منابع بیش از ۵۰-۳۰ درصد از گرد و غبار اتمسفر به فعالیت‌های انسانی نسبت داده شده است. البته سهم هر یک از منابع به وضعیت اقلیمی منطقه و میزان فعالیت‌های انسانی بستگی دارد (Kandler et al., 2007). در سال‌های اخیر مطالعاتی در شهرهای مختلف ایران در زمینه نرخ فرودنشست گرد و غبار یا خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن انجام شده است. برای مثال Norouzi و Khademi در سال ۲۰۱۵، توزیع مکانی و زمانی نرخ فرودنشست گرد و غبار و فاکتورهای اقلیمی موثر بر آن در شهر اصفهان را مطالعه کردند. همبستگی معنی دار منفی بین نرخ فرودنشست گرد و غبار با میزان بارش و رطوبت نسبی و همبستگی مثبت با دمای حداقل و حداکثر در تمام ماه‌های مورد

بررسی و سرعت حداکثر و متوسط باد در ماه‌های خشک گزارش گردید. Karimian و همکاران (۲۰۱۶) خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و کانی شناسی گرد و غبار شهر اهواز را بررسی کردند. نتایج به دست آمده حاکی از افزایش قابل توجه نرخ ترسیب ذرات گرد و غبار در منطقه در زمان بروز طوفان‌های گرد و غبار، نسبت به شرایط بدون طوفان گرد و غبار می‌باشد؛ همچنین افزایش موضعی نرخ ترسیب برای بعضی از ایستگاه‌ها حاکی از دخالت عوامل محلی مانند وجود زمین‌های بایر و عاری از پوشش و پروژه‌های عمرانی رها شده در رسوب ذرات گرد و غبار بود. Ahmadi-Birgani و همکاران (۲۰۱۷) خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و کانی شناسی ذرات گرد و غبار در شهرهای آبادان و ارومیه را بررسی کردند و نشان دادند که شهرهای آبادان و نواحی حاشیه خلیج فارس در مقایسه با شهر ارومیه از نظر غلظت، کانی‌ها و عناصر میزان و تنوع بالاتری داشته که نشان دهنده چند منبعی بودن گرد و غبار می‌باشد. Ziyae و همکاران (۲۰۱۸) نیز در استان خراسان رضوی نشان دادند که بیشترین و کمترین نرخ فرودنشست گرد و غبار به ترتیب به ماه‌های خرداد و آذر اختصاص دارد. نتایج آنها نشان داد که بین متوسط فرودنشست گرد و غبار رابطه مثبت معنی داری با حداقل و حداکثر دما، سرعت باد و رابطه منفی بار رطوبت نسبی وجود داشت. Ghaemini و همکاران (۲۰۱۸) طی چهار فصل داده برداری گرد و غبار از شمال دشت یزد- اردکان (منطقه‌ای در شهرستان اردکان) دریافتند که بیشترین و کمترین میزان فرودنشست گرد و غبار به ترتیب مربوط به فصل بهار (۴۳/۰۹ گرم بر مترمربع) و فصل تابستان (۱۱/۹۰ گرم بر مترمربع) بوده است. هم چنین سرعت باد با ضریب

تعیین ۰/۳۴ بیشترین همبستگی را با میزان گرد و غبار فرورنشسته در منطقه داشته است و بین دما و میزان فرورنشست گرد و غبار ارتباط مشخصی مشاهده نگردید. امروزه گرد و غبار جز مسائل و مشکلات جدی زیست محیطی در مناطق خشک و نیمه خشک مطرح شده و از آنجایی که بر روی کیفیت و آلودگی هوا، سلامت بشر، حاصلخیزی خاک، قدرت دید، اقتصاد و بسیاری از جنبه های اجتماعی و زیست محیطی جامعه تاثیرگذار است، بررسی و ارزیابی توزیع مکانی و زمانی میزان آن در مناطق مختلف کشور از اهمیت ویژه ای برخوردار است. از طرفی شهر یزد یکی از شهرهای بیابانی و صنعتی ایران است که اتمسفر آن در بیشتر مواقع سال تحت تاثیر پدیده گرد و غبار قرار می گیرد. این پدیده به ویژه در فصل بهار و تابستان تشدید می شود. هدف از این تحقیق بررسی تغییرات زمانی و مکانی گرد و غبار اتمسفری شهر یزد و ارتباط آن با برخی پارامترهای اقلیمی از جمله بارندگی، دمای هوا و رطوبت نسبی و سرعت باد می باشد. برآورد دقیق مکانی و زمانی نرخ فرورنشست گرد و غبار می تواند کمک زیادی به بهبود زندگی در مناطق شهری باشد.

۲. مواد و روش ها

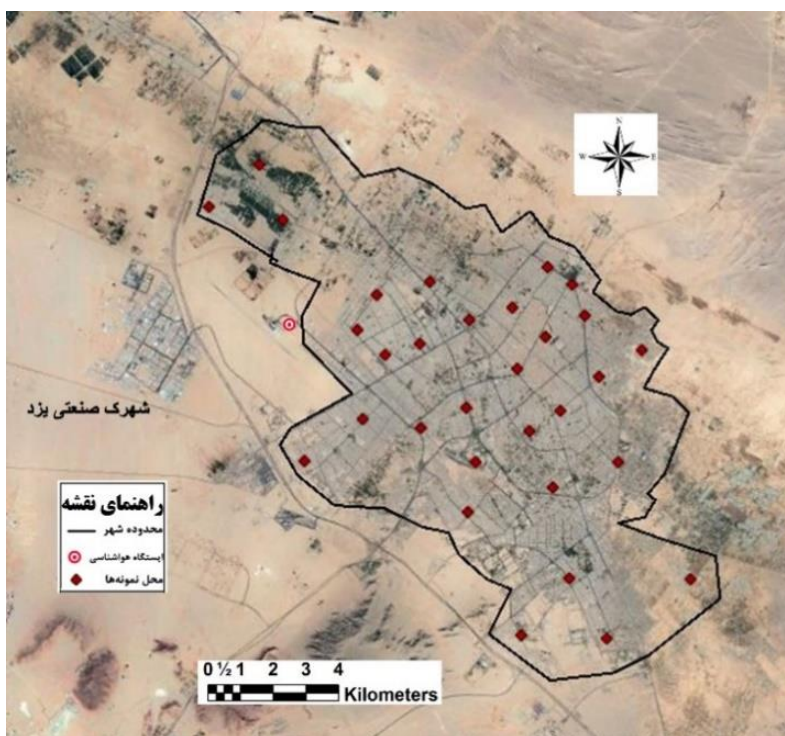
۲-۱. موقعیت منطقه و نمونه برداری گرد و غبار

مطالعه حاضر در شهر یزد، پر جمعیت ترین شهرستان و مرکز استان یزد با وسعتی بالغ بر ۱۳۶/۳۷ کیلومتر مربع با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۴۶ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۵۸ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۱۶ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۲۶ دقیقه شرقی انجام گرفت. جهت باد غالب در شش ماه از سال (بهار و تابستان) شمال غربی

و در چهار ماه (آبان تا بهمن) جنوب شرقی و در اسفند و مهر غربی است. طبق اطلاعات هواشناسی میانگین دمای سالیانه ۱۹/۱ درجه سانتیگراد، میانگین رطوبت نسبی ۳۱٪، مجموع بارندگی سالیانه ۶۰/۸ میلیمتر، تعداد روزهای با طوفان گرد و خاک ۶۲/۵، سرعت باد غالب ۸/۸ کیلومتر و درصد باد غالب ۱۵/۲ می باشد. بر اساس آخرین سرشماری در سال ۱۳۹۵ جمعیت این شهرستان ۶۵۶۴۷۴ نفر می باشد. با توجه به شرایط جغرافیایی و اقلیمی، رشد شهرنشینی و گرایش به صنعت این شهرستان از لحاظ بررسی وضعیت گرد و غبار حائز اهمیت می باشد. به منظور نمونه برداری گرد و غبار در منطقه مطالعاتی، ۳۰ محل نمونه برداری به نحوی که پوشش مناسبی در کل منطقه حاصل شود، به صورت تصادفی انتخاب شدند. مختصات جغرافیایی با استفاده از دستگاه GPS مشخص و با استفاده از نرم افزار GIS روی نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰۰ تعیین شد. شکل ۱ موقعیت نقاط و نحوه توزیع نقاط نمونه برداری گرد و غبار در منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد. جهت نمونه برداری از عبارات اتمسفری، از رسوبگیر غبار تیله ای (MDCO) که از یک سینی پلاستیکی با چند ردیف تیله (حداقل ۲ ردیف) با قطر سینی ۳۱/۵ سانتیمتری و ارتفاع ۵ سانتیمتر و قطر تیله های شیشه ای ۱/۶ سانتیمتر استفاده شد. این نمونه بردار جهت جمع آوری غبار ریزشی (عمودی) پیشنهاد شده است (Ekhtesasi and Jahanbakhshi, 2015). نمونه برداری از عبارات اتمسفری در چهار فصل پاییز و زمستان ۱۳۹۷، بهار و تابستان ۱۳۹۸ در شهر یزد در ارتفاع سه متری سطح زمین (پشت بام منازل یک طبقه) انجام گرفت. ارتفاع یک طبقه این امکان را فراهم می کند که غبار فرورنشسته تحت تاثیر سایر فرایندهای بادی

نزدیک به سطح زمین قرار نگرفته و در عین حال نسبت به ساختمان‌های مرتفع این امکان را مهیا می‌سازد که غلظت غبار جمع‌آوری شده تقریباً به مقدار قابل استنشاق توسط افراد نزدیک‌تر باشد. در هر پشت بام دو نوع تله رسوبگیر بکار رفت. نمونه‌های رسوب در انتهای هر فصل به دقت جمع‌آوری شده و به آزمایشگاه منتقل گردید. تله‌های رسوبگیر پس از هر بار نمونه برداری با آب شستشو و دوباره استفاده شد. تا حد امکان تلاش شد که در طول یک سال نمونه‌برداری رسوب، نمونه‌های گرد و غبار تحت تاثیر بارندگی‌های پیش‌بینی شده سازمان هواشناسی قرار نگیرند. با تعیین وزن غبار در سطح و بازه زمانی مشخص، نرخ فرونشست از تقسیم جرم گرد و غبار بر مساحت تله بر حسب مترمربع و طول دوره نمونه‌برداری محاسبه می‌شود (رابطه ۱)، رابطه ۱ مساحت تله

× طول دوره نمونه‌برداری / جرم گرد و غبار = نرخ فرونشست غبارات اتمسفری (گرم بر مترمربع در روز). به منظور تعیین ارتباط عوامل اقلیمی با خصوصیات و نرخ فرونشست گرد و غبار، اطلاعات اقلیمی از ایستگاه سینوپتیک یزد شامل، بارش، رطوبت، سمت و سرعت باد، تعداد رویدادهای گرد و غبار، دمای حداقل و حداکثر در طول دوره نمونه‌برداری تهیه گردید. گلبادهای فصلی نیز با استفاده از نرم افزار WRPLOT 8.0.2 ترسیم شدند. مقایسه میانگین پارامترهای مورد مطالعه بصورت یکطرفه و معنی‌داری اختلاف آنها با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد در نرم افزار SPSS انجام گردید. نقشه‌های توزیع مکانی پارامترهای مورد بررسی در مطالعه با استفاده از روش وزن‌دهی عکس فاصله (IDW) در نرم افزار Arc GIS 9.3 ترسیم شدند.



شکل ۱- موقعیت نقاط نمونه‌برداری گرد و غبار در منطقه مورد مطالعه

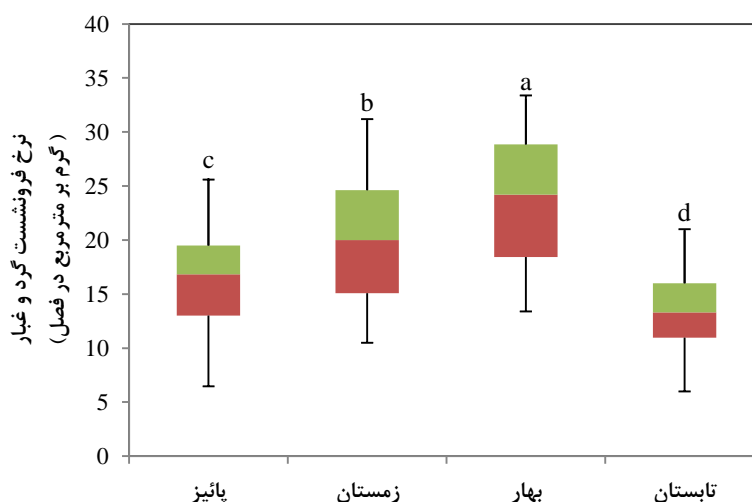
۳. نتایج

۳-۱. تغییرات زمانی خصوصیات گرد و غبار در

شهر یزد

نمودار جعبه ای نرخ فروروشست گرد و غبار طی ۴ فصل نمونه برداری در کل منطقه مطالعاتی بر حسب گرم بر مترمربع در هر فصل در شکل ۲ ارائه شده است. کمترین نرخ فروروشست گرد و غبار در فصل تابستان با میانگین ۱۳/۲۷ گرم بر مترمربع اختصاص دارد و بیشترین نرخ فروروشست گرد و غبار با میانگین ۲۳/۴۱ گرم بر مترمربع در بهار مشاهده گردید. همانطور که شکل نشان می دهد

از زمان نمونه برداری در پائیز ۱۳۹۷ تا بهار ۱۳۹۸ روند افزایشی معنی دار و در تابستان ۱۳۹۸ روند نزولی معنی دار در نرخ فروروشست گرد و غبار وجود دارد. متوسط نرخ فروروشست سالانه گرد و غبار در منطقه مورد مطالعه در طی یک سال داده برداری فصلی ۷/۷۲ تن بر کیلومتر مربع بدست آمد. جدول ۱ نرخ فروروشست گرد و غبار سالانه منطقه مورد مطالعه با سایر نقاط جهان را نشان می دهد. مقادیر متفاوت نرخ فروروشست گرد و غبار در مناطق یاد شده را می توان ناشی از تفاوت شرایط اقلیمی، منابع مختلف گرد و غبار، روش های نمونه برداری و اختلاف طول دوره نمونه برداری دانست.



شکل ۲- نمودار جعبه ای تغییرات زمانی میزان فروروشست گرد و غبار در طول فصول مختلف سال

(میانگین های دارای حروف مشترک در سطح ۵٪ آزمون دانکن اختلاف آماری معنی دار ندارند. هم چنین رنگ قرمز و سبز به ترتیب نشان دهنده چارک اول و سوم داده ها می باشد)

جدول ۱- متوسط نرخ فروروشست گرد و غبار در منطقه مطالعاتی در مقایسه با سایر مناطق جهان

منبع	طول دوره نمونه برداری (سال)	نرخ فروروشست گرد و غبار (تن بر کیلومتر مربع در سال)	منطقه مطالعاتی
Ta et al., (2004)	۱۵	۳۶۵/۵ - ۲۵۱/۸	گانسو (چین)
Ohara et al., (2006)	۱	۱۲۹	لیبی شمالی
Singer et al., (2003)	۳	۴۴/۵	بحریمیت (اسرائیل)

ادامه جدول ۱- متوسط نرخ فرونشست گرد و غبار در منطقه مطالعاتی در مقایسه با سایر مناطق جهان

منبع	طول دوره نمونه برداری (سال)	نرخ فرونشست گرد و غبار (تن بر کیلومتر مربع در سال)	منطقه مطالعاتی
Cattle <i>et al.</i> , (2002)	۶	۳۱/۴	استرالیا
Resch <i>et al.</i> , (2008)	۲	۲۲	غنا
Reheis (2006)	۱۶	۱۱	موهاوی (آمریکا)
Uematsu <i>et al.</i> , (2003)	۱	۵/۲	ژاپن
Lancaster (2002)	۵	۰/۴۹	قطب جنوب
Khademi and Norouzi (2015)	۱	۶۱/۲۴	اصفهان
Ziyae <i>et al.</i> , (2018)	۱	۷۴/۶۲-۳۱۳/۱۴	خراسان رضوی
Danesh Shahraki <i>et al.</i> , (2017)	۱	۳۳۸/۸۵	دشت سیستان
-	۱	۷۲/۷	مطالعه حاضر

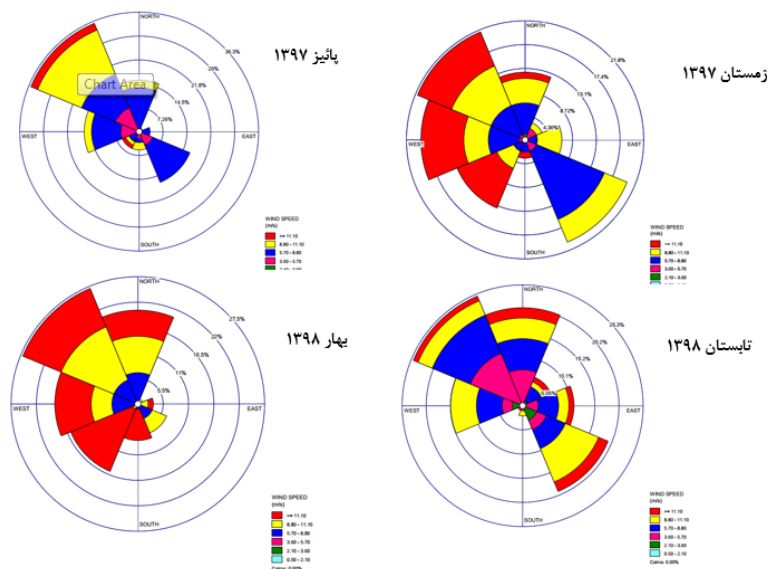
۳-۲. تاثیر پارامترهای اقلیمی

مقادیر میانگین برخی خصوصیات جوی در شهر یزد طی ماه‌های نمونه برداری در جدول ۲ ارائه شده است. با توجه به نتایج مشاهده می‌شود که بالاترین میزان دمای حداکثر و حداقل مربوط به ماه تیر ۱۳۹۸ و کمترین میزان این دو پارامتر مربوط به بهمن ماه ۱۳۹۷ می‌باشد. از طرف دیگر تابستان ۱۳۹۸ دارای حداقل میزان بارندگی ۲۴ ساعته می‌باشند و حداکثر میزان این پارامتر در بهمن ماه (۴۰/۱ میلی‌متر) مشاهده می‌شود. میانگین حداکثر سرعت باد در بهار ۱۳۹۸ دارای بالاترین مقادیر می‌باشند. میزان رطوبت نسبی روند نسبتاً مشابهی با میزان حداکثر سرعت باد دارد و بیشترین و کمترین مقادیر آن به ترتیب مربوط به ماه‌های آبان ۱۳۹۷ و مرداد ۱۳۹۸ می‌باشد. بیشترین رویدادهای گرد و غبار در تیرماه ۱۳۹۸ با ۲۸ رویداد مشاهده گردید و کمترین تعداد مشاهدات گرد و غبار در

شهریور و آذر با تعداد صفر رویداد مشاهده گردید. بررسی فصلی تعداد رویدادهای گرد و غبار نشان داد که بیشترین تعداد رویداد گرد و غبار در طی دوره نمونه برداری مربوط به فصل بهار با ۳۵ رویداد و کمترین آن مربوط به فصل پاییز با ۹ رویداد منجر به پدیده گرد و غبار بوده است. گلباد فصل پاییز و زمستان سال ۱۳۹۷ و بهار و تابستان ۱۳۹۸ در ایستگاه یزد در شکل ۳ نشان می‌دهد که جهت باد غالب در فصل پاییز از سمت شمال غرب به سمت جنوب شرق و بالعکس بوده است. ولی باد با سرعت ۶ تا ۹ متر بر ثانیه فقط از جهت شمال غرب وزیده است. در فصل زمستان باد غالب از سمت جنوب شرق وزیده است ولی بادهای با سرعت زیاد از سمت شمال غرب با تعداد کمتر اتفاق افتاده است. همانطور که شکل نشان می‌دهد بیشترین بادهای با سرعت بیش از ۱۱ متر بر ثانیه در فصل بهار از جهت شمال غرب در ایستگاه یزد مشاهده می‌شود. به طور کلی متوسط سرعت بادهای تولید کننده گرد و غبار (بیش از ۸ متر بر ثانیه) در فصل بهار و اسفند ماه

در منطقه نشان می‌دهد که با افزایش مقادیر این دو پارامتر میزان نرخ فرودنشست گرد و غبار برخلاف تصور افزایش یافته است هرچند این افزایش زیاد نمی‌باشد. به نظر می‌رسد تعداد کم داده‌ها بدلیل نمونه‌برداری فصلی و برقراری همبستگی با فقط ۴ داده در بدست آمدن این نتایج تاثیر داشته است. شایان ذکر است که در بهمن ماه سال ۱۳۹۷ در یک روز حدود ۴۰ میلی‌متر بارش در شهر یزد گزارش شد که نسبت به میانگین بلندمدت بارش شهر یزد (کمتر از ۵۰ میلی‌متر) بی سابقه بود. به نظر می‌رسد تغییر مقدار بارش در یک روز و به تبع آن اثر آن بر توزیع رطوبت نسبی بر نتایج این مطالعه بی‌تاثیر نبوده است.

مشاهده گردید. در شکل ۴ نمودارهای همبستگی بین متوسط نرخ فرودنشست گرد و غبار منطقه مطالعاتی هر فصل با پارامترهای جوی شامل دمای حداقل و حداکثر، بارندگی ۲۴ ساعته، رطوبت نسبی و حداکثر سرعت باد و متوسط سرعت باد و تعداد رخداد‌های گرد و غبار ترسیم شده است. نمودارهای همبستگی نشان می‌دهد که ضریب همبستگی منفی و پائین بین نرخ فرودنشست گرد و غبار با دمای حداقل ($R^2 = 0/28$) و دمای حداکثر در منطقه مورد مطالعه، وجود دارد. با افزایش حداقل و حداکثر دما در منطقه مورد مطالعه، نرخ فرودنشست گرد و غبار کاهش یافته است. افزایش دما در منطقه به طور طبیعی با کاهش بارندگی و رطوبت نسبی مرتبط است. همبستگی بین بارندگی و رطوبت نسبی با نرخ فرودنشست گرد و غبار



شکل ۳- الگوی توزیع باد در منطقه مورد مطالعه بر اساس داده‌های ایستگاه هواشناسی یزد در طول دوره نمونه برداری

غبار در فصل بهار با بیشترین دامنه تغییرات از ۱۳/۴ تا ۳۳/۴ گرم بر مترمربع می‌باشد. فصل تابستان در مقایسه با سایر فصول، کمترین دامنه تغییرات نرخ فرودنشست گرد و غبار در منطقه را به خود اختصاص داده است (۲۱-).

۳-۳. توزیع مکانی گرد و غبار

به منظور بررسی توزیع مکانی نرخ فرودنشست گرد و غبار در منطقه مطالعاتی نقشه پهنه‌بندی فصلی این پارامتر در شکل ۵ ارائه شده است. دامنه نرخ فرودنشست گرد و

۴. بحث و نتیجه گیری

بر اساس نتایج این تحقیق که در طول یک سال داده- برداری فصلی در شهر یزد از پائیز ۱۳۹۷ تا تابستان ۱۳۹۸ انجام گردید، بیشترین نرخ فرونشست گرد و غبار به فصل بهار و کمترین میزان آن به فصل تابستان تعلق دارد و نرخ فرونشست گرد و غبار در فصل زمستان کمتر از بهار و بیشتر از پائیز می باشد و میانگین نرخ فرونشست گرد و غبار سالانه در منطقه مورد مطالعه ۷۲/۷ تن بر کیلومتر مربع بدست آمد. نتایج بسیاری از محققین در ایران و خارج از ایران حاکی از افزایش نرخ فرونشست گرد و غبار در فصل بهار و کاهش آن در فصل پائیز و زمستان است (Ta et al., 2004; Norouzi and Khademi, 2015; Al-Harbi, 2015; Menéndez et al., 2007; Ziyae et al., 2018; Jafari and Khademi, 2017).

برخی پارامترهای اقلیمی منطقه، تاثیر قابل توجهی بر میزان و پراکنش مکانی نرخ فرونشست گرد و غبار داشته اند. جهت باد غالب شمال غربی در همه فصول سال به خصوص در فصل بهار به همراه میانگین و حداکثر سرعت باد از جمله مهم ترین عوامل تاثیر گذار بر پراکنش مکانی و زمانی نرخ فرونشست منطقه مورد مطالعه محسوب می شوند. در مطالعات زیادی که رابطه بین نرخ فرونشست گرد و غبار و پارامترهای اقلیمی را بررسی کرده اند، گزارش کرده اند که رابطه مثبت و منفی برای مناطق جغرافیایی مختلف بسیار متفاوت بوده است (Wang et al., 2004; Yu et al., 1992). Ziyae و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که داده های فرونشست گرد و غبار بصورت ماهانه یا فصلی بوسیله یک یا چند پارامتر کنترل نمی شود و یا بصورت مجزا یا ترکیبی از

۶ گرم بر مترمربع). فصول پائیز و زمستان نیز به ترتیب با نرخ فرونشست گرد و غبار ۶/۵ تا ۲۵/۶ گرم بر مترمربع و ۱۰/۴۸ تا ۳۱/۲ گرم بر متر مربع در حد وسط قرار دارند. مقدار متوسط فرونشست سالانه گرد و غبار در شهر یزد نیز از ۹/۸ تا ۲۷/۷ گرم بر مترمربع متغیر بود. همچنین کل فرونشست گرد و غبار در منطقه مورد مطالعه در دامنه ۳۹/۳۴ تا ۱۱۰/۸ گرم بر مترمربع قرار گرفت. همانطور که نقشه های پهنه بندی نشان می دهد با افزایش سرعت باد و تعداد رخداد های گرد و غبار در فصل زمستان تعداد رویدادهای گرد و غبار و میزان نرخ فرونشست گرد و غبار نسبت به فصل پائیز بیشتر شده است. هم چنین با توجه به جهت باد غالب و بازدید از مناطق مختلف در حین نمونه برداری و هم چنین نقشه هوایی منطقه در نواحی شمال و شمال غربی و شرق منطقه بیابان های بدون پوشش گیاهی و بدون ساختمان وجود دارد که باعث شده در این مناطق نرخ فرونشست بیشتر باشد. بیشترین مقادیر نرخ فرونشست در همه فصول در شمال غرب و شرق منطقه که اطراف آنها را بیابان احاطه کرده است مشاهده شد و کمترین میزان نرخ فرونشست در ایستگاه های نمونه برداری مرکز شهر دیده شد که ساختمان های بلند مسکونی و اداری در این مناطق بیشتر هستند. تعامل بین خصوصیات مختلف نقاط نمونه برداری گرد و غبار از جمله ارتفاع، نزدیکی به مناطق پرتراپیک و پرتردد، نزدیکی به مناطق انجام عملیات عمرانی، فاصله از مناطق تولید گرد و غبار، جهت باد غالب و میزان و پراکنش بارش و سرعت باد بر نرخ فرونشست گرد و غبار در نقاط مختلف منطقه مورد مطالعه تاثیر گذاشته و منجر به توزیع غیریکنواخت نرخ فرونشست گرد و غبار در منطقه شده است.

and Khademi (۲۰۱۷) نیز بیشترین میزان نرخ فرودنشست گرد و غبار در شهر کرمان را به بخش‌های مرکزی، شمالی و شمال غربی شهر نسبت داد و دلیل آن را عملیات عمرانی و ساختمانی در مرکز شهر دانست. در مطالعه دیگری در شهر ریاض محققان اختلاف در نرخ فرودنشست گرد و غبار را به موقعیت جغرافیائی منطقه و برخی فاکتورهای محلی از جمله نزدیکی به مناطق تولید گرد و غبار و هم چنین سرعت باد نسبت دادند (Modaihsh and Mahjoub, 2013).

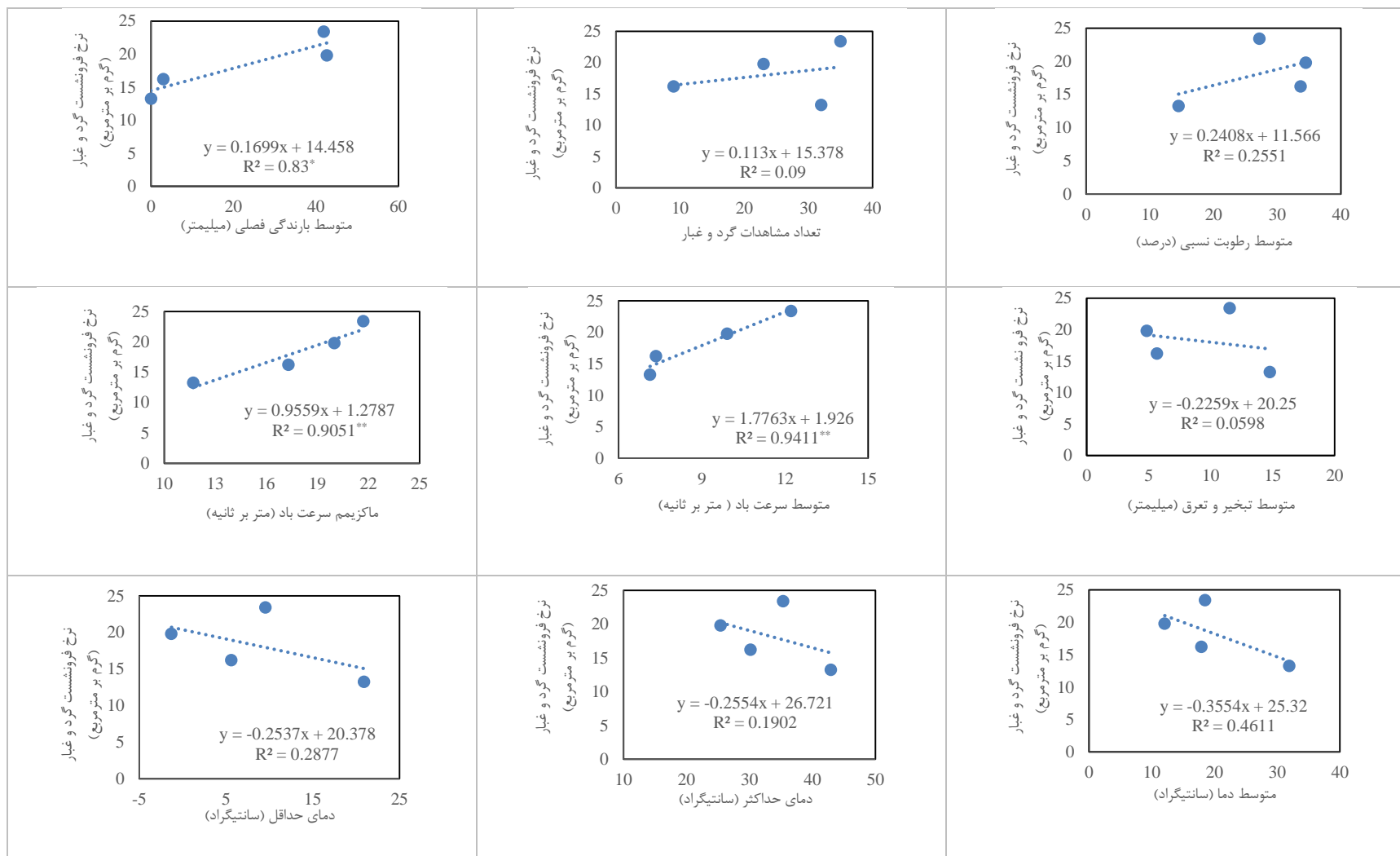
توسعه فضای سبز، نظارت بر عملیات عمرانی و توقف و یا کاهش ساخت و سازهای غیرضروری در فصولی که نرخ فرودنشست گرد و غبار بیشتری دارند، و جلوگیری از عملیات مخرب و کنترل نشده و بی رویه منجر به فرسایش خاک و تولید گرد و غبار از جمله جاده‌های خاکی، معدن کاری و برداشت آهک و گچ در کنترل میزان گرد و غبار تولیدی در منطقه موثر هستند. هم چنین محافظت از خاک‌های مستعد به فرسایش بادی مناطق بیابانی اطراف یزد، بیابان‌های میبد و اردکان به عنوان اصلی‌ترین منابع تولید گرد و غبار شهر یزد باید در اولویت قرار گیرد. یکی از اصلی‌ترین مشکلاتی که همواره در بحث گرد و غبار وجود دارد، عدم اطلاعات کافی، دقیق و وسیع در مورد میزان و خصوصیات گرد و غبار در مناطق مختلف ذکر می‌شود. در این جهت استفاده از داده‌های حاصل از این پژوهش در بحث‌های مدیریتی مرتبط با شناخت میزان فرودنشست گرد و غبار و عوامل موثر بر آن و سایر خصوصیات گرد و غبار در منطقه مورد مطالعه پیشنهاد می‌گردد.

چند پارامتر هواشناسی و اقلیمی تحت تاثیر قرار می‌گیرد. برای مثال در برخی از ماه‌ها نزدیک‌ترین فاصله به کانون-های گرد و غبار و در برخی ماه‌ها رطوبت نسبی، سرعت باد یا بارندگی بر میزان نرخ فرودنشست گرد و غبار در استان خراسان رضوی تاثیرگذار بوده است. البته Naddafi و همکاران (۲۰۰۶) نیز رابطه معنی‌داری بین دما و میزان نرخ فرودنشست گرد و غبار گزارش نکردند. هر چند همبستگی مثبت و زیاد در خصوص داده‌های متوسط ($R^2 = 0/941$) و حداکثر سرعت باد ($R^2 = 0/905$) و همبستگی مثبت ولی پائین با تعداد مشاهدات گرد و غبار ($R^2 = 0/09$) مشاهده گردید. به نظر می‌رسد از بین پارامترهای اقلیمی، سرعت باد در منطقه مورد مطالعه تاثیر بیشتری بر وقوع رخداد‌های گرد و غبار و هم چنین بر میزان نرخ فرودنشست گرد و غبار داشته است. همچنین در برخی مطالعات همبستگی آماری معنی‌دار میان نرخ فرودنشست گرد و غبار با سرعت باد گزارش شده است (Norouzi and Jafari and Khademi, 2017) (Khademi, 2015; Naddafi *et al.*, 2006; لازم به ذکر است که داده‌برداری فصلی و طول دوره آماری یکساله در بدست آمدن این نتایج بی‌تاثیر نبود. یکی از پیشنهاد‌های این تحقیق در مطالعات آتی افزایش طول دوره نمونه‌برداری و داده‌برداری ماهانه برای حصول نتایج دقیق‌تر می‌باشد.

مناطق بیابانی شمال غربی و شرق منطقه مورد مطالعه، بیش‌ترین نرخ فرودنشست گرد و غبار را دارا بودند. محققین مختلف نیز توزیع غیر یکنواخت نرخ فرودنشست گرد و غبار در مناطق مختلف را گزارش کرده‌اند. Jafari

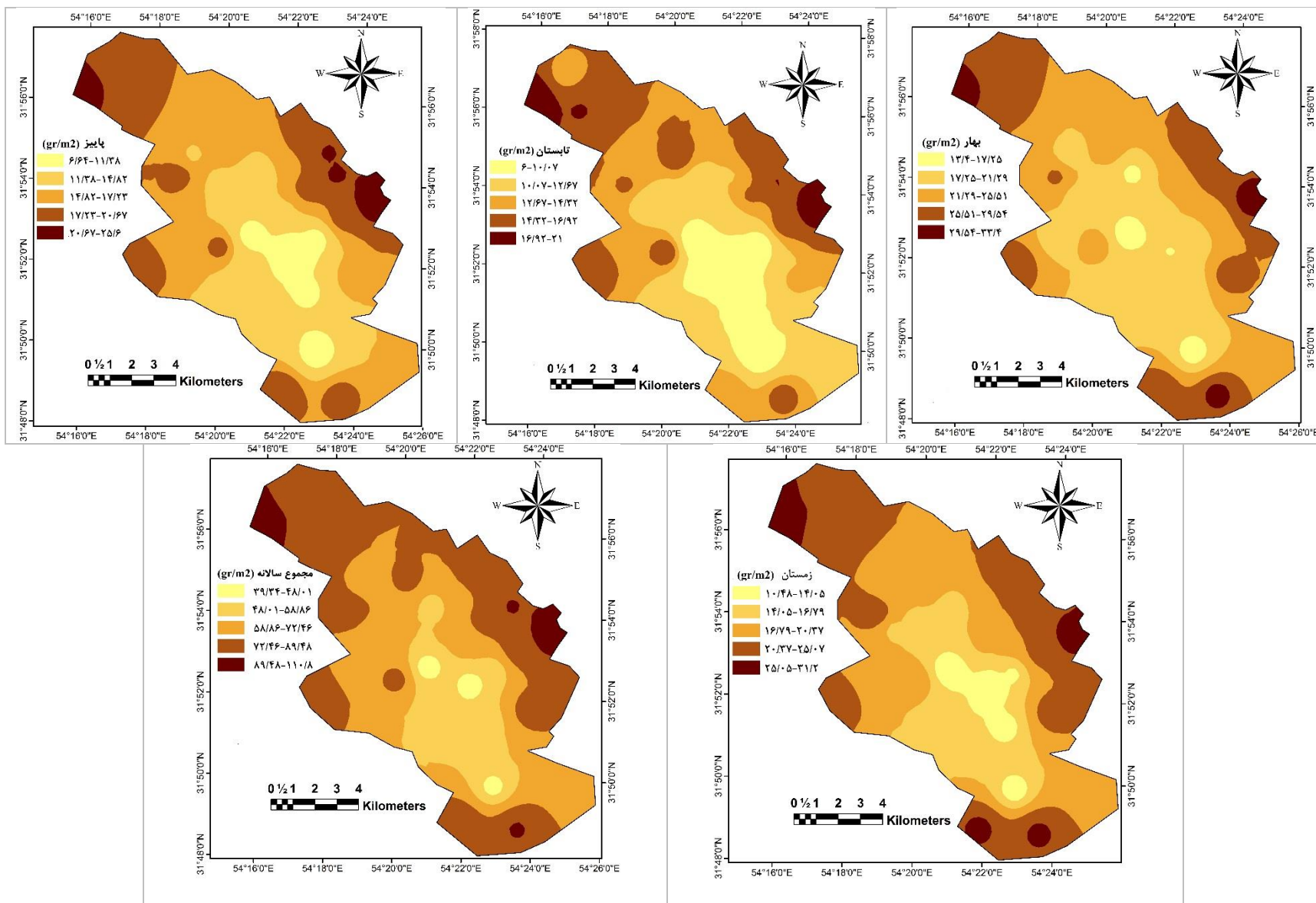
جدول ۲- برخی خصوصیات جوی ایستگاه یزد در طول داده برداری

سال	ماه نمونه برداری	دمای حداکثر (سانتیگراد)	دمای حداقل (سانتیگراد)	رطوبت نسبی (%)	حداکثر سرعت باد (متر بر ثانیه)	متوسط سرعت باد (متر بر ثانیه)	بارندگی (میلیمتر)	تبخیر (میلیمتر)	تعداد مشاهدات گرد و غبار	متوسط نرخ
										فرونشست (گرم بر مترمربع در فصل)
۱۳۹۷	مهر	۳۶/۵	۱۰/۸	۲۳/۷۵	۲۱	۸/۵۶	۰/۳۳	۸/۷۳	۸	۱۶/۲۱
	آبان	۳۰/۲	۴/۴	۴۲/۳۷	۱۳	۷/۱	۲/۴۵	۴/۵۴	۱	
	آذر	۲۳/۸	۱/۸	۳۴/۷۷	۱۸	۶/۳۶	۰/۲۲	۳/۶۸	۰	
۱۳۹۷	دی	۲۵/۶	-۳/۲	۳۳/۸۸	۲۱	۹/۷	۰/۲۳	۴/۴۹	۸	۱۹/۸۱
	بهمن	۲۴/۷	-۲/۹	۳۷/۴۴	۲۰	۸/۶	۴۰/۱	۳/۷	۶	
	اسفند	۲۶/۰۰	۲/۲	۳۱/۹۶	۱۹	۱۱/۴۸	۲/۳۳	۶/۳	۹	
۱۳۹۸	فروردین	۳۱/۴	۶/۷	۳۶/۳۷	۲۰	۱۲/۱	۲۸/۱۴	۸/۴۴	۵	۲۳/۴۱
	اردیبهشت	۳۴/۳	۷/۷	۲۳/۲۲	۲۱	۱۲/۰	۱۱/۰۲	۱۰/۸۷	۱۰	
	خرداد	۴۰/۴	۱۴/۲	۲۱/۹۸	۲۴	۱۲/۵	۲/۷	۱۵/۲۲	۲۰	
۱۳۹۸	تیر	۴۳/۷	۲۵/۸	۱۳/۴۶	۱۶	۹/۲۶	۰/۰۱	۱۷/۰	۲۸	۱۳/۲۷
	مرداد	۴۴/۸	۱۹/۱	۱۳/۰۲	۸	۵/۰۰	۰	۱۴/۹	۴	
	شهریور	۴۰/۳	۱۷/۹	۱۷/۱۸	۱۱	۷/۱۳	۰	۱۲/۳۹	۰	



شکل ۴- نمودارهای همبستگی بین متوسط نرخ فرونشست گرد و غبار منطقه مطالعاتی هر فصل با پارامترهای جوی

(* و **) به ترتیب معنی داری در سطح ۵ و ۱ درصد)



شکل ۵- نقشه توزیع مکانی نرخ فرونشست گرد و غبار در منطقه مورد مطالعه در فصول پاییز و زمستان ۱۳۹۷، بهار و تابستان ۱۳۹۸ و فرونشست کل سالانه

تقدیر و تشکر

و فناوران کشور انجام شد. نویسندگان بر خود لازم می دانند مراتب تشکر صمیمانه خود را از صندوق پژوهشگران و فناوران کشور که ما را در انجام و ارتقاء کیفی این پژوهش یاری دادند، اعلام نمایند.

این مطالعه در قالب بخشی از طرح تحقیقاتی مصوب با کد (۹۶۰۰۷۷۳۱) و با حمایت صندوق پژوهشگران

References

- Ahmady-Birgani, H., Feiznia, S., Mirnejad, H., Ahmadi, H., Mc Queen, K., Ghorban Pour, M., 2017. Physico-Chemical Properties and Mineralogical Assessment of Aerosols and Dust Particles throughout the Western Iran (Case Study: Abadan & Urmia Cities). *Journal of Range and Watershed Management* 70(3): 551-567. (In Persian).
- Ahmadi Doabi, Sh., Afyoni, M., Khademi, H., Karami, M., 2016. Statistical Analysis of Heavy Metal Pollution in Atmospheric Dust in Kermanshah Province. *Journal of Water and Soil Sciences (Agricultural Science and Technology and Natural Resources)* 20(76): 29-43. (In Persian).
- Al-Harbi, M., 2015. Characteristics and composition of the falling dust in urban environment. *International Journal of Environmental Science and Technology* 12: 641-652.
- Cattle, S. R., Mc Tainsh, G. H., Wagner, S., 2002. Aeolian dust contributions to soil of the Namoi Valley, northern NSW, Australia. *Catena* 47: 245-264.
- Danesh Shahraki, M., Shahriari, A., Gangali, M., Bameri Shahriari, A., 2017. Seasonal and Spatial Variability of Airborne Dust Loading Rate over the Sistan plain cities and its Relationship with some Climatic Parameters. *Journal of Water and Soil Conservation* 23(6): 199-215. (In Persian).
- Ekhtesasi, M., Jahanbakhshi, F., 2015. Models and tools for estimating and measuring wind erosion and particulate matter, Yazd University Press, p 264. (In Persian).
- Ekhtesasi, M., Yousefi, M., Tavakoli, M., 2015. Comparison of artificial neural networks and decision tree method to identify factors influencing dust storm (Case Study: Yazd province). *Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering* 9 (28):33-40. (In Persian).
- Ghaemina, A.M., Hakimzadeh Ardakani, M.A., Taghizadeh Mehrjardi, R., Dehghani, F., 2018. Seasonal variation in the amount of salt fallout from dust in the north of Yazd-Ardakan plain. *Desert Ecosystem Engineering Journal* 7(20): 33-44. (In Persian).
- Gholami, H., Mohamadifar, A., Collins, A.L., 2020. Spatial mapping of the provenance of storm dust: Application of data mining and ensemble modelling. *Atmospheric Research* 233, 104716.
- Jafari, F., Khademi, H., 2017. Important chemical and physical properties of atmospheric dust in Kerman city. *Journal of Water and Soil Sciences (Agricultural Science and Technology and Natural Resources)* 21(1): 13-22. (In Persian).
- Kandler, K., Benker, N., Bundke, U., Cuevas, E., Ebert, M., Knippertz, P., Rodriguez, S., Schutz, L., Weinbruch, S., 2007. Chemical composition and complex refractive index of Saharan mineral dust at Izana, Tenerife (Spain) derived by electron microscopy. *Atmospheric Environment* 41: 8058-8074.
- Karimian, B., Landi, A., Hojati, S., Ahadian, J., 2016. Physicochemical and mineralogical characteristics of dust particles deposited in Ahvaz city. *Iranian Journal of Soil and Water Research* 47(1), 159-173. (In Persian).
- Lancaster, N., 2002. Flux of eolian sediment in the McMurdo Dry Valleys, Antarctica: a preliminary assessment. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* 34: 318-323.
- Menendez, I., Diaz-Hernandez, J.L., Mangas, J., Alonso, I., Sanchez-Soto, P.J., 2007. Airborne dust accumulation and soil development in the North-

- Eastsector of Gran Canaria (Canary Islands, Spain). *Journal of Arid Environments* 71: 57-81.
- Modaihsh, A. S., Mahjoub, M. O., 2013. Falling dust characteristics in Riyadh city, Saudi Arabia during winter months. *APCBEE Procedia*. 5: 50-58.
- Naddafi, N., R. Nabizadeh, Z. Soltanianzadeh, Ehrampoosh, M. H., 2006. Evaluation of dust fall in the air of Yazd. *Journal of Environmental Health Science and Engineering* 3: 161-168.
- Norouzi, S., Khademi, H., 2015. Spatial and temporal changes in dust subsidence rate in Isfahan and its relationship with some climatic parameters. *Journal of Water and Soil Sciences (Agricultural Science and Technology and Natural Resources)* 19(72): 149-161. (In Persian).
- Ohara, S. L., Clarke, M. L., Elatrash, M. S., 2006. Field measurements of desert dust deposition in Libya. *Atmospheric Environment* 40: 3881-3897.
- Rashki, A., Kaskaoutis, D. G., Goudie, A. S., Kahn, R. A., 2013. Dryness of ephemeral lakes and consequences for dust activity: the case of the Hamoun drainage basin, southeastern Iran. *Science of the Total Environment* 463, 552-564.
- Reheis, M. C., 2006. A 16-year record of eolian dust in southern Nevada and California, USA: controls on dust generation and accumulation. *Journal of Arid Environments* 67: 487-520.
- Reheis, M.C., Urban, F.E., 2011. Regional and climatic controls on seasonal dust deposition in the southwestern U.S. *Aeolian Research* 3: 3-21.
- Resch, F., Sunnu, A., Afeti, G., 2008. Saharan dust flux and deposition rate near the Gulf of Guinea. *Tellus B: Chemical and Physical Meteorology* 60(1): 98-105.
- Singer, A., E. Ganor, S. Dultz, Fischer, W., 2003. Dust deposition over the Dead Sea. *Journal of Arid Environments* 53: 41-59.
- 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.
- Uematsu, M., Wang, Z. F., Uno, I., 2003. Atmospheric input of mineral dust to the Western North Pacific region based on direct measurements and a regional chemical transport model. *Geophysical Research Letters* 30 (6):1342.
- Wang, X., Dong, Z., Zhang, J., Liu, L., 2004. Modern dust storms in China: an overview. *Journal of Arid Environments* 58(4):559-574.
- Yu, B., Neil, D.T., Hesse, P.P., 1992. Correlation between rainfall and dust occurrence at Mildura, Australia: the difference between local and source area rainfalls. *Earth surface processes and landforms* 17(7):723-727.
- Ziyadee, A., Karimi, A., Lakzian, A., Khademi, H., 2018. Dust Deposition Rate and its Relationship to Some Climatic Parameters in Khorasan Razavi Province. *Geography and Environmental Hazards* 7(2): 114-95. (In Persian).