نشریه علمی کاوشهای جغرافیایی مناطق بیابانی. سال دهم، شماره اول، صفحات ۱۸۷-۱۶۹

مقاله پژوهشی

مدل‌سازی سهم اهمیت شاخص‌های اقلیمی و نمایه‌های تغییر اقلیم مؤثر بر گرد و غبار یزد

فاطمه درگاهیان[1*]، سمانه رضوی زاده[2]

۱- عضو هیئت علمی بخش تحقیقات بیابان موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور ،سازمان تحقیقات ،آموزش و ترویج کشاورزی ، تهران، ایران.

۲- عضو هیئت علمی بخش تحقیقات بیابان موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور ،سازمان تحقیقات ،آموزش و ترویج کشاورزی ، تهران، ایران.

(دریافت:۱۳۹۹/۰۹/۰۵، پذیرش:۱۴۰۰/۰۷/۰۳)

چکیده

شهر یزد در منطقه‌ای خشک در داخل یک کریدور واقع شده که شرایط را برای کانالیزه شدن باد فراهم می‌نماید. این منطقه دارای بستر رسوبات ریزدانه با قطر کم و حجم وسیع است. وجود این شرایط و همراهی آن با عوامل اقلیمی به‌عنوان عامل محرک جهت انتقال ذرات، شرایط را برای رخداد گرد و غبار فراهم نموده است. در این مقاله به منظور تعیین سهم عوامل اقلیمی موثر بر رخداد گرد و غبار از داده‌های مربوط به پارامترهای هواشناسی و شاخص‌های اقلیمی و برخی از نمایه‌های تغییر اقلیم استفاده شده است. نمایه‌های تغییر اقلیم با استفاده از نرم‌افزار***ClimPACT*** در محیط برنامه‌نویسی ***R 2.10*** محاسبه شدند. گرد و غبارهای داخلی و خارجی از هم تفکیک و سپس به منظورتعیین سهم اهمیت هریک از عوامل در رخداد آنها از اجراهای مختلف شبکه عصبی پرسپترون چند لایه استفاده گردید. در این بررسی ۷۰ درصد داده‌ها به عنوان داده‌ی آموزشی و۳۰ درصد به عنوان تست وارد شبکه گردید. ارزیابی دقت بر روی توابع مختلف، بین مقادیر اندازه‌گیری شده و تخمین‌زده شده مقایسه گردید و در نهایت مدلی که کمترین میزان خطا و بیشترین ضریب همبستگی را نشان داد، به عنوان مدل بهینه انتخاب شد. نتایج نشان داد؛ در ایستگاه یزد ۷۷ درصد گرد و غبارها با منشاء خارج از ایستگاه و ۳۳ درصد با منشاء اطراف ایستگاه ثبت شده است. عامل متوسط حداقل رطوبت، بارش موثر و فراوانی رخداد باد و دو روز مرطوب متوالی به ترتیب بیشترین سهم اهمیت را در رخداد گرد و غبارهای خارجی داشته‌اند.در رخداد گرد و غبارهای داخلی و یا با منشاء اطراف ایستگاه، متوسط رطوبت وسرعت باد ٦ متربرثانیه، خشکسالی SPEIو باد با سرعت ۱۵ متر بر ثانیه به ترتیب اهمیت قرار دارد.آگاهی از میزان اهمیت عوامل اقلیمی در رخداد گرد و غبار می‌تواند تصمیم‌گران و برنامه‌ریزان را برای ارائه راهکارهای مقابله مناسب‌تر با این پدیده یاری کند.

کلمات کلیدی: گردغبار داخلی و خارجی، کریدور باد، رسوبات ریزدانه، مدل‌های شبکه عصبی

Email: dargahian@rifr-ac.ir

مقدمه

درک عوامل محرکه تغییر در پویایی طوفان گرد و غبار در مقیاس محلی به طور فزاینده‌ای برای تلاش برای کاهش خطرات طوفان گرد و غبار مهم است زیرا پیش‌بینی‌های تغییرات آب و هوایی نشان می‌دهد که منطقه کشت دیم جهانی به احتمال زیاد در قرن بیست و یکم با افزایش خطر خشکسالی و انتشار گرد و غبار مواجه شود (میدلتون[1]، ۲۰۱۹). تنوع گرد و غبار گذشته، که در بایگانی‌های پوسته دیرینه زمین به طور طبیعی حک شده، فرصتی بی‌نظیر را برای بازسازی چرخه گرد و غبار جهانی فراهم می‌کند (آلبانی[2] و ماهووآلد[3] ۲۰۱۹). گرد و غبار بودجه جهانی انرژی را مستقیماً از طریق برهم‌کنش با اشعه و به طور غیرمستقیم از طریق تأثیر آن بر فرآیندهای تشکیل ابر و بارش تغییر می‌دهد(شپانسکی[4] ۲۰۱۸). تغییرات فعالیت گرد و غبار در ایالات متحده در دهه اخیر تا حد زیادی با تغییرات میزان بارش و سرعت وزش بادهای سطحی همراه بوده است (پو[5] و گینوکس[6]، ۲۰۱۷). مطالعه منابع انتشار فعلی گرد و غبار و پیش‌بینی آینده آنها در جنوب غربی ایران با استفاده از داده لایه‌های در نرم‌افزار مکسنت برای پیش‌بینی گرد و غبار فعلی و آینده با استفاده از سناریوهای ۲.٦ و ٤.٥، نشان داد؛ مناطق مستعد انتشار گرد و غبار در آینده افزایش می‌یابد (لباب پور[7]، ۲۰۲۰). حوادث شدید گرد و غبار غالباً در مناطق خشک رخ داده است. خاورمیانه یکی از مناطق جهان است که تحت تأثیر طوفان‌های شدید گرد و غبار قرار دارد (لی ۲۰۲۰[8]). فعالیت گرد و غبار در خاورمیانه به دلیل عوامل زیادی از جمله تغییرات آب‌وهوایی، خشکسالی و راهبردهای مدیریت آب ضعیف در سال‌های اخیر شدت یافته است (حمیدی ۲۰۲۰). ارتباط گرد و غبار با شرایط خشکسالی در جنوب غربی ایالات متحده نشان داد که گرد و غبار با شدت خشکسالی ارتباط دارد (آچاکولویسوت[9] ۲۰۱۸). بررسی ویژگی‌های اقلیم‌شناختی طوفان‌های گرد و غبار با میدان دید ۱ کیلومتری (۱۹۸۸–۲۰۱۸) در اردن نشان داد که بین گرد وغبار و سرعت باد رابطه مثبت و با رطوبت نسبی، فشار و بارندگی رابطه منفی وجود دارد (قانم[10] ۲۰۲۰).

با توجه به وجود پتانسیل رسوبات ریزدانه در منطقه میبد– یزد بیشتر گرد و غبارهای این منطقه منشاء محلی دارد. اثر هدایتی دره توپوگرافی اردکان ـ یزد تأثیر بسیار زیادی در کانالیزه شدن بادهای شـدید و افـزایش سـرعت آن بـه سـمت غـرب در محدوده شهر یزد دارد. علاوه برآن عبور یک سامانه کم فشار با جبهه سرد و خشک از سمت غرب – شمال غرب همراه با وجود ناوه در ترازهای ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال و ناپایداری‌های

[1] Midelton
[2] Albani
[3] Mahowald
Schepanski[4]
[5] Pu
[6] Ginoux
Lababpour[7]
[8] li
[9] Achakulwisut
[10] Ghanem

محلی، مهمترین علل بروز این بادهای شدید در منطقه است(امیدوار، ۱۳۸۹). مدل‌سازی ٤٠ طوفان شدید گرد و غبار(۱۹۸۲ –۲۰۱۷) در استان یزد نشان داد که حداکثر سرعت باد و ارتفاع ژئوپتانسیل شرایط طوفان‌های شدید گرد و غبار را به خوبی مدل می‌کنند(مصباح‌زاده و همکاران، ۲۰۲۰). تعداد روزهای غباری ایران رابطه معکوس با روزهای بارانی دارد. بنابراین پدیده گرد و غبار خاص مناطق گرم و کم‌بارش ایران است (حیدرنژاد، ۱۳۹۲). بررسی ارتباط بارندگی با تعداد روزهای گرد و غباری یزد، نشان داد که طوفان‌های گرد و غبار وقتی به وجود می‌آیند که مجموع بارش سالانه به‌طور قابل‌توجهی از بارش میانگین بلندمدت کمتر شود (عربی‌علی‌آباد و همکاران، ۱۳۹٦). سرعت باد در مقیاس ماهانه ارتباط مستقیمی با فراوانی گرد و غبار دارد که این نشان دهنده اهمیت فاکتور باد در ایجاد این رخداد است (مصباح زاده و همکاران، ۱۳۹٦). ارتباط بین متغیرهای اقلیمی با تعداد روزهای همراه با گرد و غبار در ایستگاه‌های هواشناسی یزد، با بهره‌گیری از ضریب همبستگی و رگرسیون خطی چند متغیره نشان داد که تعداد روزهای گرد و غبار بیشترین همبستگی را با میانگین و بیشینه سرعت باد در همه ایستگاه‌ها دارد (قربانی و همکاران ۱۳۹٦). گو[11] و همکاران (۲۰۱۰) ارتباط بین شدت وقوع طوفان‌های گرد و غبار با دما و بارندگی را در شمال چین تایید نمودند. ساوینا[12]و همکاران (۲۰۱٤) در بررسی اثر سرعت باد و رطوبت نسبی در غلظت گرد و غبار اتمسفری در نواحی نیمه خشک نشان دادند که غلظت گرد و غبار اتمسفری بطور مستقیم با رطوبت نسبی ارتباط ندارد. باگل[13] و همکاران (۲۰۱۵) از بین پارامترهای اقلیمی مختلف در خشکسالی‌های طولانی، قدرت باد را بعنوان مهمترین پارامتر موثر بر تحرک‌پذیری تپه‌های ماسه‌ای معرفی کردند. بررسی ارتباط بین شاخص اپتیکی آئروسل‌ها و دما و بارندگی در فصل بهار نشان داد، افزایش دما و کاهش بارندگی از علل اصلی تشدید رویدادهای گرد و غبار در خاورمیانه بوده است (نامداری و همکاران، ۲۰۱۸). بررسی ارتباط بین پارامترهای اقلیمی و شدت شاخص گرد و غبار در غرب استان خراسان رضوی نشان داد با مساعد شدن شرایط اقلیمی برای افزایش گرد و غبار، روزهای با دید افقی کمتر از ۲۰۰ متر افزایشی بوده است (نعیمی و همکاران،۲۰۲۰). طبق مطالعات خلیقی سیگارودی و همکاران (۱۳۸۹) با میانگین متحرک ۳، ۵ و۷ ساله، رابطه بین خشکسالی و تعداد روزهای گردو خاک معنی‌دار است.

رخداد گرد و غبار در بسیاری از مناطق دنیا هم منشاء انسانی دارد و هم منشاء طبیعی؛ در شرق چین حداقل از ۲۰۰۰ سال پیش، فعالیت‌های انسانی به‌عنوان کنترل غالب فعالیت طوفان گرد و غبار، از تنوع طبیعی آب و هوایی پیشی گرفته است (چن[14] و همکاران ۲۰۲۰) . بخش اعظمی از ریزگردهای ثبت شده در محدوده شهر یزد، عامل توسعه معدنی، در مجاورت شهر قرار دارند و همزمان با تشدید شرایط بادناکی بر غلظت گردوغبار در شهر افزوده می‌شود (جبالی و همکاران، ۱۳۹٦). شناسایی مهم‌ترین عوامل اقلیمی مؤثر بر تغییر غلظت PM10 در نزدیکی دشت یزد–اردکان و ارتباط آن با رخداد فرسایش بادی نشان داد که هیچ رابطه‌ی خطی

[11] Gu
[12]Csavina
[13] Bogle
[14] Chen

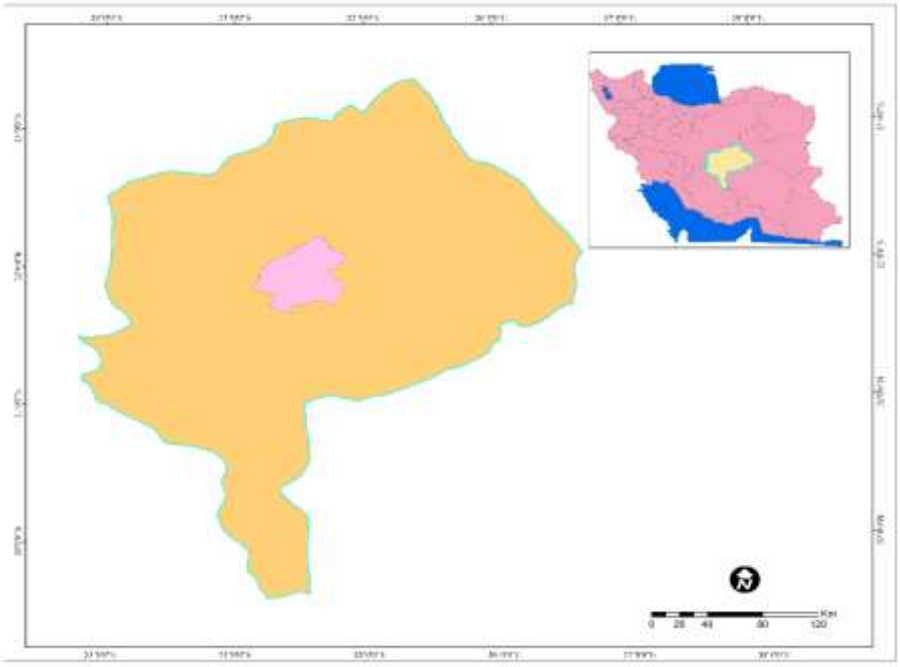
معنی‌داری بین پارامترهای هواشناسی و غلظت ذرات معلق وجود نداشته است (ابراهیمی خوسفی و درگاهیان، ۱۳۹۷).

هر چند که بیشتر طوفان‌های گرد و غبار، بویژه طوفان‌های گرد و غبار حاکم بر ایران، اغلب ماهیت منطقه‌ای دارند، اما کانون‌های محلی، در کمربند گرد و غبار و به طور خاص در ایران، نقش به سزایی ایفا می‌کنند. یکی از خاستگاه‌های گرد و غبار محلی در این کمربند شهر یزد و گنبدهای نمکی شمال شرق اردکان است (شریفی پیچون و همکاران ۱۳۹۶). شناخت ویژگی‌های طوفان گرد و غبار، از نظر نوع، فراوانی، مکان و زمان رخداد دارای اهمیت است. شهر یزد با توجه به شرایط خشک اقلیمی و وزش بادهای شدید و فرساینده بر روی آن، هرساله با رخدادهای متنوعی از گرد و غبار مواجه است (جبالی و همکاران ۱۳۹۶). دو شرط اصلی رخداد طوفان گرد و غبار وجود رسوبات ریزدانه با قطر کم و حجم زیاد دریک منطقه و وجود شرایط همدیدی دینامیکی لازم برای نقل و انتقال این ذرات در جهت افقی و عمودی می باشد. در این مطالعه بیشتر جنبه شرایط دوم در غالب پارامترها و شاخص‌های اقلیمی موثر بر انتقال ذرات گرد و غبار موثر بر شهر یزد با منشاء خارج از ایستگاه و اطراف ایستگاه با استفاده از مدل‌های شبکه عصبی بررسی شده است. تحلیل تغییرات زمانی رویدادهای گردوغبار و تعیین سهم عوامل اقلیمی مؤثر بر آن در مناطق خشک بر اساس تحلیل رگرسیون ریج از پنج شاخص اقلیمی استفاده شده است و مهمترین عامل سرعت وزش باد در رخداد طوفان گردوغبار است معرفی شده است (ابراهیمی خوسفی۱۳۹۹). در این تحقیق به منظورتعیین میزان اهمیت پارامترهای اقلیمی و شاخص‌های اقلیمی منتج از آن ضمن شناسایی و استخراج رخداد گرد و غبارهای داخلی و خارجی از مدل‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی استفاده شده است چراکه برتری مدل‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی نسبت به مدل‌های رگرسیونی جهت پیش‌بینی بار رسوب در حوضه آبخیز سمندگان، ولی و همکاران (۲۰۱۱) و جهت برآورد حجم تنه درختان بیاتی و نجفی (۲۰۱۱) به اثبات رسیده است. ارول و ترز (۲۰۰۵) نیز برای محاسبه تبخیر روزانه از تشتک از شبکه‌های عصبی مصنوعی استفاده کردند. قابلیت بالای استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی در تعیین پیک تخلیه و زمان اوج تخلیه در فرایندهای بارندگی–رواناب توسط سرکارو کومار (۲۰۱۲) نیز به اثبات رسیده است. تعیین میزان اهمیت تاثیر پارامترهای متعدد هیدرواقلیمی بر خشکیدگی تالاب گاوخونی با بکارگیری شبکه عصبی مصنوعی و داده‌های سنجش از دور توسط ولی و همکاران (۲۰۱۶) نشان داد که مهمترین عامل تاثیرگذار بر تغییرات سطح مرطوب تالاب دبی جریان‌های ورودی به تالاب است.

معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه دراین پژوهش، شهرستان یزد است که با وسعتی معادل ۲۳۹۷ کیلومتر مربع در مرکز ایران واقع شده است. اقلیم منطقه براساس روش دومارتن، گرم و خشک می باشد. متوسط بارندگی و متوسط دمای شهر یزد برای بازه ی زمانی مورد بررسی (۲۰۱۷–۱۹۶۰) به ترتیب ۵٤.۷ میلی‌متر و ۱۹.۳ درجه سلسیوس می‌باشد. میانگین سرعت باد غالب در یزد، ۲۱ متر بر ثانیه و جهت وزش بادهای فرساینده در این منطقه از

سمت شمال غرب می باشد (ابراهیمی خوسفی و درگاهیان، ۱۳۹۷). موقعیت منطقه مطالعاتی در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

روش تحقیق

استان یزد یکی از کانون‌های گرد و غبار داخلی کشور محسوب می‌شود. شهر یزد هم از کانون‌های گرد و غبار داخلی و هم گرد و غبار خارجی متاثر است. ازآن‌جایی که یزد در کریدور میبد یزد قرار دارد گرد و غباری که با کد خارج از ایستگاه برای یزد کد می‌شود ممکن است گرد و غبار با منشاء اطراف ایستگاه، در ایستگاه‌های بالاتر مانند میبد و عقدا باشد. در این مطالعه کل گرد و غبارهای شهر یزد با منشاء اطراف ایستگاه و خارج از ایستگاه جهت بررسی انتخاب شد. به منظور تعیین سهم گرد و غبار با منشاء داخلی و خارجی از کدهای گرد و غبار که در جدول ۱ آمده است استفاده شد. رخدادهای گرد و غبار در این پژوهش براساس گزارشات سینوپ هر سه ساعت یکبار است و دقت بیشتری نسبت به داده‌های روزانه دارد چرا که در مقیاس روزانه گزارش یک رخداد یک روز محسوب می‌شود و ۸ رخداد هم یک روز محسوب می‌شود بنابراین تداوم‌های مختلف وزن یکسانی دارند اما در این پژوهش برای تمام رخدادها وزن یکسان است.

جدول۱- کدهای پدیده گردو غبار

	کد	شرح پدیده گردو غبار
۱	۰٦	کاهش دید در اثر انتشار گردغبار معلق در هوا که به وسیله باد بلند شده است
۲	۰۷	گردغبار یا شن زمان دیدبانی در اطراف ایستگاه به وسیله باد بلند شده است.
۳	۰۸	گسترش گردبادهای گردو غبار و ماسه در ایستگاه یا اطراف آن
٤	۰۹	طوفان گردغبار و ماسه در اطراف ایستگاه در زمان دیدبانی و یا ساعت پیش.

۵	۳۰	طوفان گرد و غبار که در طول ساعت قبل کاهش یافته است.
٦	۳۱	طوفان گرد و غبار که در طول ساعت قبل تغییر قابل ملاحظه ای پیدا نکرده است.
۷	۳۲	طوفان گرد و غبار که در طول ساعت قبل شروع شده یا افزایش پیدا کرده است.
۸	۳٤	طوفان گرد و غبار در طول ساعات گذشته تغییر قابل ملاحظه‌ای نکرده است.
۹	۳۵	طوفان گرد و غبار در طول ساعات گذشته شروع و یا افزایش یافته است.

به منظور شناسایی جهش و روند تغییرات رخداد گرد و غبار و معنی‌داری آن از روش تست همگنی داده‌ها استفاده شده است. آزمون‌های همگنی در سری داده‌ها شامل تعداد زیادی آزمون است که در این آزمون‌ها فرضیه صفر این است که یک سری زمانی بین دو زمان معین یکسان است. در این تحقیق از روش آزمون Pettitt's test با استفاده از نرم افزار آماری XLSTAT در اکسل استفاده شده است. آزمون پتیت، یک تست ناپارامتری است که نیازی به فرضی در مورد توزیع داده‌ها نیست. آزمایش پتیت اقتباسی از آزمون من‌ویتنی است که امکان شناسایی زمان جهش در سری داده‌ها را فراهم می‌کند. این روش این امکان را می‌دهد تا تعیین شود آیا یک سری زمانی ممکن است با گذشت زمان یکدست در نظر گرفته شود یا اینکه زمانی وجود دارد که تغییر ایجاد و در سری زمانی داده‌ها جهش ایجاد شود. در این آزمون مقدار $p< 0.05$ معنی‌دار است. این آزمون بر روی سری داده‌های کل گرد و غبارها و گرد و غبارهای با منشاء داخل و اطراف ایستگاه و گرد و غبارهای خارجی یا خارج از ایستگاه و همچنین بر روی سری زمانی داده‌های مربوط به باد بیشتراز ٦ متر بر ثانیه انجام و نمودار مربوط به آن ترسیم و تحلیل شد.

آمار مربوط به سایر پارامترها اقلیمی مؤثر بر رخداد گرد و غبار داخلی و خارجی از قبیل: متوسط دما، متوسط دمای حداکثر، متوسط دمای حداقل، بارندگی، تبخیر، متوسط رطوبت نسبی، حداقل و حداکثر رطوبت نسبی، فراوانی رخداد کل بادها، فراوانی باد بیشتر از ٦ متر بر ثانیه و شاخص‌های اقلیمی مانند بارش مؤثر، شاخص خشکسالی SPEI[15] (شاخص بارش و تبخیروتعرق استاندارد) و شاخص خشکسالی SPI[16] (شاخص بارش استاندارد) در طول ٦١ سال در نظر گرفته شد. علاوه بر پارامترها و شاخص‌های اقلیمی برخی از نمایه‌های آشکار کنند تغییر اقلیم هم می‌تواند بر روند تغییرات رخداد گرد و غبار موثر باشند به منظور شناسایی این نمایه‌ها از نرم‌افزار ClimPACT مبتنی بر نرم‌افزار RClimDEX است که توسط سازمان‌های WMO[17]/ CCl[18] / CLIVAR[19] / JCOMM و تیم متخصص در زمینه شناسایی شاخص‌های[20] تغییر آب و هوا (ETCCDI[21]) تهیه شده و در محیط نرم‌افزار R 2.10 اجرا شده، استفاده شده است. از بین شاخص‌های خروجی شاخص‌های زیر استخراج شد؛ شاخص DTR (اختلاف دمای بین شب و روز)، روند تغییرات فراوانی دو روز متوالی

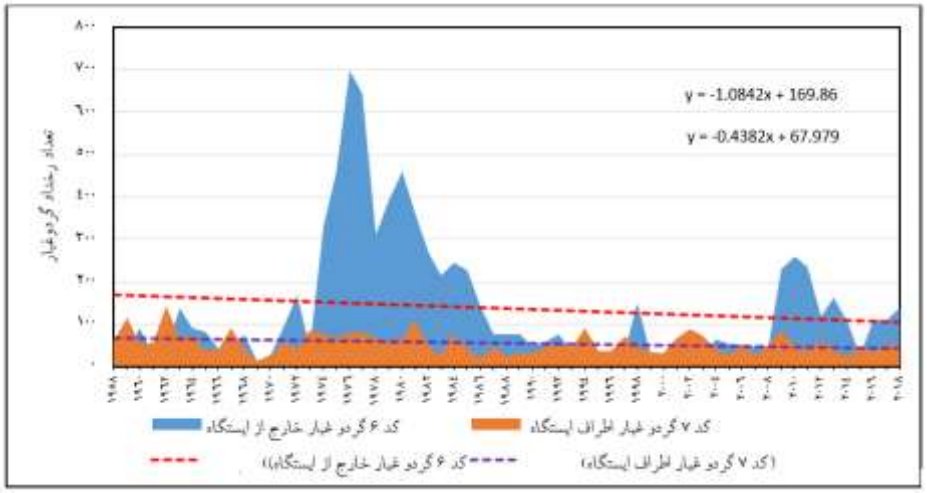
15 Standardized Precipitation Evapotranspiration Index
Standardized Precipitation Index16
17 World Meteorological Organization
18 Climate Change Levy
19 Climate Variability and Predictability
20 Joint Technical Commission for Oceanography and Marine Meteorology
21 Expert Team on Climate Change Detection, Monitoring and Indices

خشک، روند تغییرات دو روز متوالی مرطوب، روند تغییرات روزهای داغ، و فراوانی تعداد رخداد امواج گرما و فراوانی روزهای همراه با موج گرم.

علاوه بر شناسایی روند تغییرات گرد و غبارها، هدف از این تحقیق تعیین میزان اهمیت هر یک از عوامل مؤثر بر رخداد گرد و غبارهای شهر یزد می باشد، برای این منظور از تحلیل و مقایسه توابع مختلف شبکه عصبی، پرسپترون چند لایه استفاده شد. در این بررسی ۷۰ درصد داده‌ها به عنوان داده‌ی آموزشی و ۳۰ درصد داده‌ها به عنوان داده‌ی تست وارد شبکه گردیدند. جهت ارزیابی دقت توابع مختلف، مجموع مربعات خطای داده‌های آموزشی، مجموع مربعات خطای داده‌های تست، خطای نسبی داده‌های آموزشی، خطای نسبی داده‌های تست و همچنین ضریب همبستگی بین مقادیر اندازه‌گیری شده و تخمین زده شده رخداد گرد و غبار و عوامل اقلیمی با یکدیگر مقایسه گردید و در نهایت مدلی که کمترین میزان خطا و بیشترین ضریب همبستگی را نشان داد، به عنوان مدل بهینه جهت بررسی سهم عوامل اقلیمی تاثیرگذار بر رخداد گرد و غبارهای با منشاء اطراف و خارج ایستگاه براساس مدل بهینه برآورد گردید سپس با توجه به واقعیات محلی و منطقه نقش عوامل اقلیمی (متغیرهای مستقل) بر رخداد گرد و غبار داخلی و خارجی (متغیر وابسته) مدل‌سازی، تجزیه و تحلیل گردید و مهمترین عوامل تعیین کننده در رخداد گرد و غبار داخلی و خارجی شناسایی شد..

نتایج و بحث

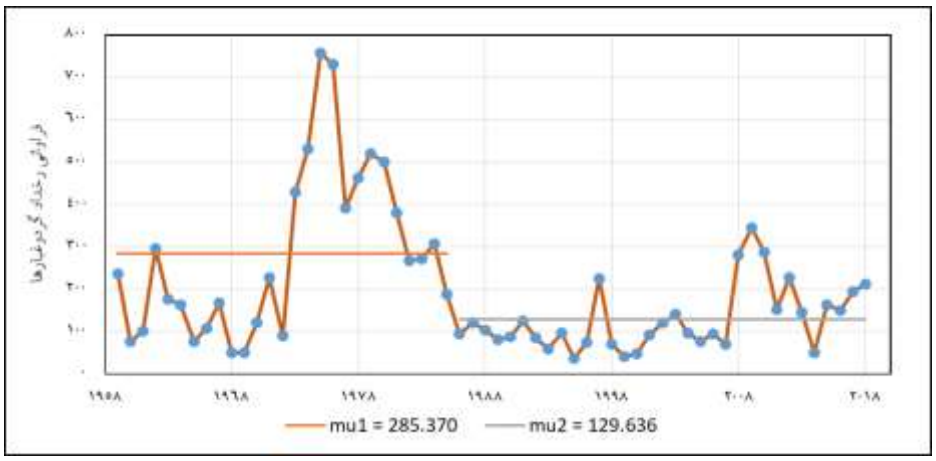
سهم گرد و غبار داخلی و خارجی در ایستگاه سینوپتیک یزد: بررسی فراوانی رخدادهای گرد و غبار سه ساعته ایستگاه سینوپتیک یزد در طول دوره آماری ۱۹۵۸–۲۰۱۸ نشان داد بیشترین فراوانی رخداد گرد و غبار با منشاء خارج از ایستگاه می‌باشد. میانگین بلندمدت تعداد رخدادهای گرد و غبار با منشاء خارج از ایستگاه ۱۹۸ و رخدادهای اطراف ایستگاه ۵۸ رخداد در سال است. ۷۷ درصد گرد و غبارها در ایستگاه سینوپتیک منشاء خارج از ایستگاه و ۳۳ درصد با منشاء اطراف ایستگاه رخ داده است(شکل ۲).



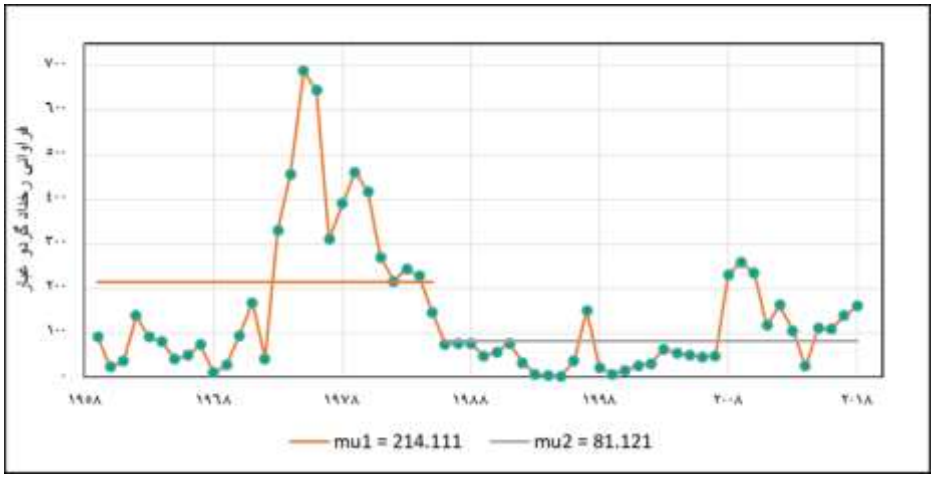
شکل۲-سهم رخداد گرد و غبار با منشاء اطراف و خارج از ایستگاه ۱۹۵۸-۲۰۱۸

جهش ومعنی‌داری تغییرات در سری زمانی رخدادهای گرد و غبار: بررسی روند تغییرات رخداد گرد و غبار در ایستگاه سینوپتیک یزد نشان داد که بیشترین فراوانی در دهه دوم در سال ۱۳۷۵با بیش از ۷۰۰ رخداد رخداد بوده است. در سه دهه اخیر نیز بیشترین رخداد گرد و غبار در سال ۲۰۱۵ رخ داده است. با اطمینان ۹۵ درصد شیب روند تغییرات کاهشی بوده و در سال ۱۳۸۵ جهش معنی‌داری پیدا کرده است میانگین رخدادها در سال قبل از جهش داده‌ها ۲۸۵ و در سال بعد از جهش ۱۲۹ رخداد بوده است (شکل ۳).

شکل۳- جهش و معنی‌داری تغییرات فراوانی کل رخداد گرد و غبار

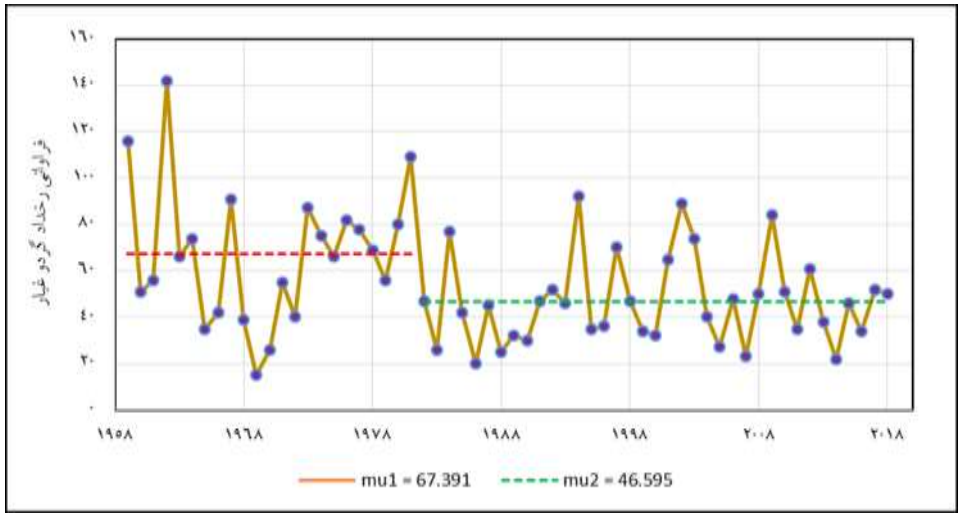


بررسی جهش رخدادهای گرد و غبار با منشاء خارج از ایستگاه نشان داد که رخداد گرد و غبار با روند کاهشی در سال ۱۳۸۵جهش معنی‌داری پیدا کرده است میانگین رخدادهای گرد و غبار در سال قبل از جهش داده‌ها ۲۱٤ رخداد بوده است در حالی که میانگین رخدادها در سال بعد از جهش داده‌ها به ۸۱ رخداد کاهش یافته است (شکل٤).



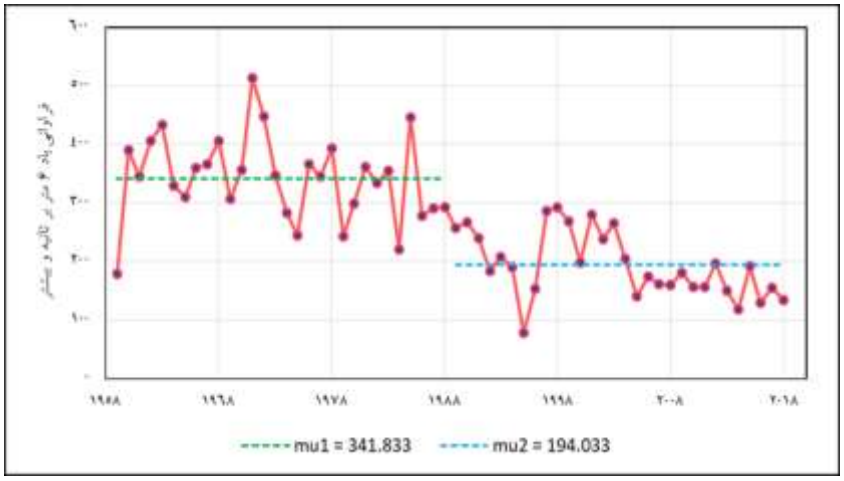
شکل٤- جهش و معنی‌داری تغییرات فراوانی رخداد گرد و غبار با منشاء خارج از ایستگاه

بررسی جهش رخدادهای گرد و غبار با منشاء اطراف ایستگاه نشان داد که رخداد گرد و غبار با روند کاهشی در سال ۱۳۸۲ جهش معنی‌داری پیدا کرده است میانگین رخدادهای گرد و غبار در سال قبل از جهش داده‌ها ٦٧ رخداد بوده است در حالی که میانگین رخدادها در سال بعد از جهش داده‌ها به ٤٦رخداد کاهش یافته است (شکل۵).



شکل۵-جهش و معنی‌داری تغییرات فراوانی رخداد گرد و غبار با منشاء اطراف ایستگاه

بررسی جهش رخدادهای باد با سرعت بیش از ٦ متر بر ثانیه (آستانه فرسایش) نشان داد که رخداد باد با روند کاهشی در سال ۱۳۸۷ جهش معنی‌داری پیدا کرده است میانگین رخدادهای قبل از جهش ۳٤۱ رخداد و بعد از آن به ۱۹٤ رخداد رسیده است (شکل ٦).



شکل ٦-جهش و معنی‌داری تغییرات فراوانی رخداد باد با سرعت بیش از ٦ متر بر ثانیه

تعیین میزان اهمیت عوامل اقلیمی و نمایه‌های تغییر اقلیم : با توجه به اینکه تعیین میزان سهم هر یک ازعوامل اقلیمی و نمایه‌های معرف تغییر اقلیم بر روند رخداد گرد و غبار در ایستگاه سینوپتیک یزد، (۱۹۵۸-۲۰۱۸)، هدف اصلی تحقیق حاضر می‌باشد، لذا در این راستا از توابع چندلایه پرسپترون شبکه‌های عصبی استفاده گردید و پس از مقایسه کارایی مدل‌ها براساس مجموع مربعات خطا (SSE) وخطای نسبی (RE) داده‌های آموزشی و تست و همچنین ضریب همبستگی(R) بین مقادیر اندازه‌گیری شده و تخمین زده شده‌ی تعداد رخدادهای گرد و غبار، بهترین مدل انتخاب و براساس آن، میزان تأثیر هر یک از عوامل بر رخداد گرد و غبار مشخص گردید. ازآن‌جایی‌که MLP[22] با ساختار اتوماتیک و تابع انتقال پنهان هایپربولیک تانژانت بیشترین ضریب همبستگی و کمترین خطا را دارد، به عنوان مدل بهینه انتخاب شد (جدول ۱).

جدول ۱. ارزیابی ساختارهای متفاوت شبکه پرسپترون چندلایه در برآورد گرد و غبار

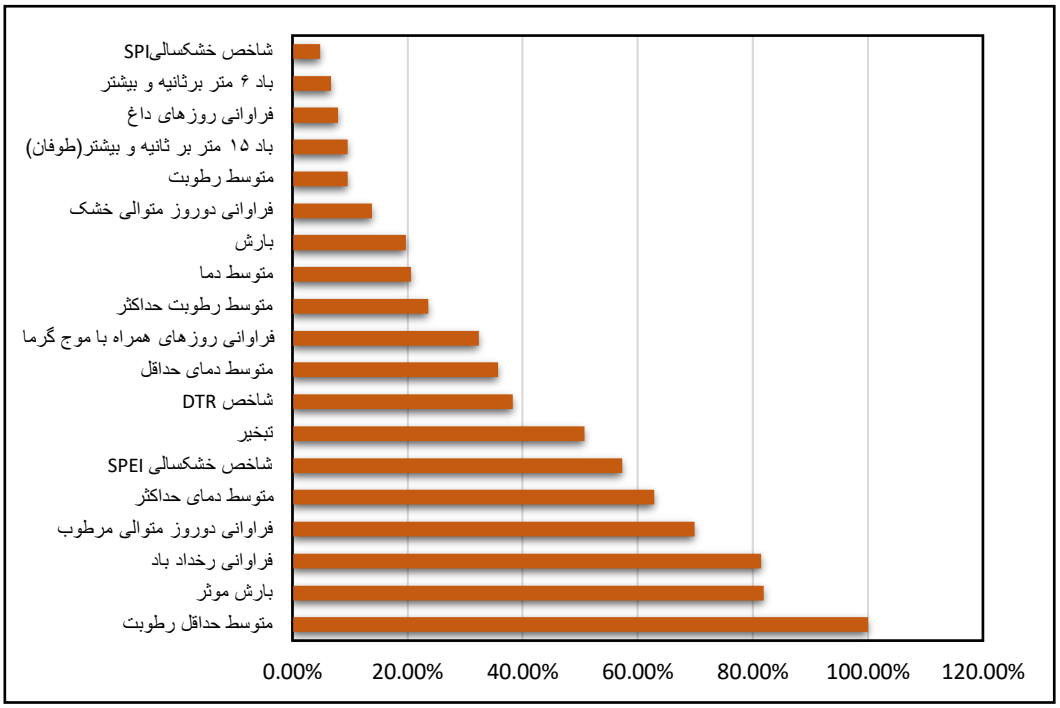
MLP	ساختار	تابع انتقال لایه پنهان	آموزشی		تست		ضریب همبستگی
		تابع انتقال لایه خروجی	SSE	RE	SSE	RE	
MLP1	Automatic compute	Hyperbolic tangent	۰/۵۱	۰.۰٦	۰/۳۱	۰/۳۳	۰/۷۹
		Identity					
MLP3	Custom	Hyperbolic tangent	۲.۱۲	۰.۳	۱/۲٦	۰/٦٥	۰/۷۸
		Hyperbolic tangent					
MLP3	Custom	Hyperbolic tangent	٥.٤	۰/۷٥	۱۰	۱.۷	۰/٥۲
		Sigmoid					

[22] multilayer perceptron

تعیین میزان اهمیت عوامل در رخداد گرد و غبار با منشاء خارج از ایستگاه: در جدول۲ میزان اهمیت هریک از عوامل اقلیمی و نمایه‌های تغییر اقلیم بر رخداد گرد و غبار با منشاء خارج از ایستگاه در ردیف سوم آمده است. به منظور درک بهتر میزان اهمیت هریک از عوامل مقدار اهمیت هر عامل نرمال شده و به صورت درصد بیان شده است در بین ۲۰ عامل، مهمترین و بااهمیت‌ترین عامل موثر بر رخدادهای گرد و غبار با منشاء خارج از ایستگاه متوسط حداقل رطوبت است زیرا هرچه رطوبت کمتر باشد ذرات ریزگرد پتانسیل بیشتری با توجه به سایر شرایط لازم برای حرکت و صعود دارند. عامل بعدی بارش موثراست. هرچه بارش کمتر باشد رطوبت خاک نیز کمتر است. عامل سوم فراوانی رخداد باد به‌عنوان عامل محرک و منتقل کننده ذرات گرد و غبار است و عامل چهارم روند کاهش رخدادهای دو روز مرطوب متوالی است (شکل ۸).

جدول ۲- میزان اهمیت عوامل در رخداد گرد و غبار با منشاء خارج از ایستگاه

	عوامل اقلیمی و نمایه‌های تغییر اقلیم	میزان اهمیت	میزان اهمیت نرمال شده
۱	متوسط حداقل رطوبت	0.137	100.00%
۲	بارش موثر	0.112	81.90%
۳	فراوانی رخداد باد	0.112	81.50%
٤	فراوانی دو روز متوالی مرطوب	0.096	69.90%
٥	متوسط دمای پیشینه	0.086	62.90%
٦	شاخص خشکسالی	0.079	57.30%
۷	تبخیر	0.069	50.70%
۸	شاخص	0.052	38.30%
۹	متوسط دمای کمینه	0.049	35.70%
۱۰	فراوانی روزهای همراه با موج گرما	0.044	32.40%
۱۱	متوسط رطوبت حداکثر	0.032	23.60%
۱۲	متوسط دما	0.028	20.60%
۱۳	بارش	0.027	19.70%
١٤	فراوانی دوروز متوالی خشک	0.019	13.80%
۱٥	متوسط رطوبت	0.013	9.60%
١٦	باد ۱٥ متر بر ثانیه و بیشتر(طوفان)	0.013	9.60%
۱۷	فراوانی روزهای داغ	0.011	7.90%
۱۸	باد ٦ متر برثانیه و بیشتر	0.009	6.70%
۱۹	شاخص خشکسالی	0.007	4.80%
۲۰	فراوانی روزهای همراه با موج گرما	0.004	3.20%



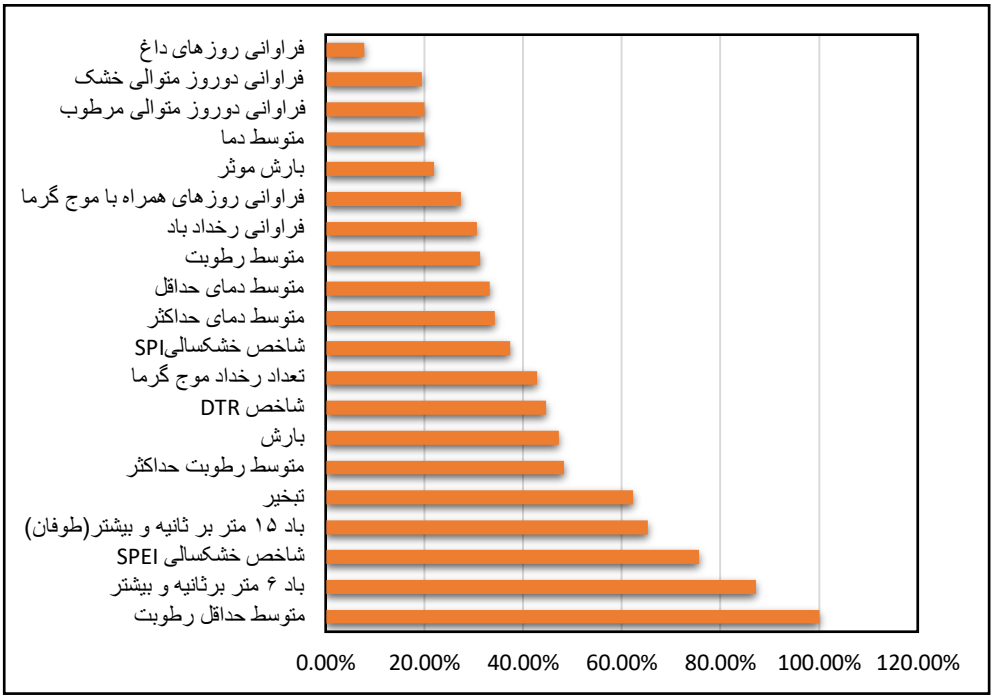
شکل-۷ میزان اهمیت نرمال شده عوامل و نمایه‌های اقلیمی موثر بر رخداد گرد و غبار با منشاء خارج از ایستگاه سینوپتیک یزد ۱۹۵۸-۲۰۱۸

تعیین میزان اهمیت عوامل اقلیمی و نمایه‌های تغییر اقلیم در رخداد گرد و غبار با منشاء اطراف ایستگاه:

در جدول ۳ میزان اهمیت هریک از عوامل اقلیمی و نمایه‌های تغییر اقلیم بر رخداد گرد و غبار با منشاء اطراف ایستگاه در ردیف سوم آمده است. به منظور درک بهتر میزان اهمیت هریک از عوامل مقدار اهمیت هر عامل نرمال شده و به صورت درصد بیان شده است در بین ۲۰ عامل، اقلیمی و نمایه‌های تغییر اقلیم مهمترین و بااهمیت‌ترین عامل موثر بر رخدادهای گرد و غبار با منشاء اطراف ایستگاه مانند رخدادهای خارج از ایستگاه متوسط حداقل رطوبت است کمبود رطوبت منجر به خشک شدن خاک و فراهم شدن بستر مساعد ذرات گرد و غباری می‌شود. دومین عامل موثر فراوانی وقوع باد با سرعت بیش از ٦ متر بر ثانیه است زیرا سرعت باد باید به آستانه فرسایش برسد تا بتواند ذرات گرد و غبار را از زمین بلند کند و وارد جریانات جوی نماید عامل سوم رخداد خشکسالی براساس شاخص استاندارد بارش_ تبخیر و تعرق است و عامل چهارم فراوانی وقوع با سرعت ۱۵ متر بر ثانیه و بیشتر است که منجر به طوفان گرد و غبار می‌شود سایر عوامل به ترتیب اهمیت در شکل۸ نشان داده شده‌است.

جدول ۳- میزان اهمیت عوامل در رخداد گرد و غبار با منشاء داخلی و اطراف ایستگاه

ردیف	عوامل اقلیمی و نمایه های تغییر اقلیم	میزان اهمیت	میزان اهمیت نرمال شده
۱	متوسط حداقل رطوبت	0.117	100.00%
۲	باد ٦ متر برثانیه و بیشتر	0.102	87.20%
۳	شاخص خشکسالی SPEI	0.088	75.60%
٤	باد ۱۵ متر بر ثانیه و بیشتر(طوفان)	0.076	65.30%
٥	تبخیر	0.073	62.30%
٦	متوسط رطوبت حداکثر	0.056	48.30%
۷	بارش	0.055	47.20%
۸	شاخص DTR	0.052	44.60%
۹	تعداد رخداد موج گرما	0.05	42.90%
۱۰	شاخص خشکسالیSPI	0.044	37.40%
۱۱	متوسط دمای حداکثر	0.04	34.30%
۱۲	متوسط دمای حداقل	0.039	33.30%
۱۳	متوسط رطوبت	0.036	31.30%
۱٤	فراوانی رخداد باد	0.036	30.70%
۱٥	فراوانی روزهای همراه با موج گرما	0.032	27.40%
۱٦	بارش موثر	0.026	22.00%
۱۷	متوسط دما	0.023	20.00%
۱۸	فراوانی دوروز متوالی مرطوب	0.023	20.00%
۱۹	فراوانی دوروز متوالی خشک	0.023	19.50%
۲۰	فراوانی روزهای داغ	0.009	7.80%



شکل۸- میزان اهمیت نرمال شده عوامل و نمایه‌های اقلیمی موثر بر رخداد گرد و غبار با منشاء اطراف ایستگاه سینوپتیک یزد ۱۹۵۸-۲۰۱۸

نتیجه‌گیری:

با وجودیکه استان یزد در منطقه خشک واقع شده است و دارای توپوگرافی ویژه و بستر رسوبات ریزدانه مناسب برای تولید گرد و غبار و طوفان ماسه است و انرژی سیستم‌های جوی به دلیل کمبود رطوبت عمدتاً بصورت وزش باد و گرد و خاک در آن پدیدارمی‌شود، اما تعداد روزهای گرد و غبار طوفانی آن هم نسبت به شرق کشور یعنی دشت سیستان و منطقه زابل کمتر است و هم تعداد روزهای گرد و غباری آن از جنوب غرب کشور کمتر است. چرا که رسوبات این منطقه تحت تاثیر سیستم‌های جوی منطقه‌ای قابل‌توجه و بزرگ مقیاس و دائمی نمی‌باشد و پتانسیل سرعت باد به عنوان مهمترین عامل جابجایی رسوبات در آن به پای دشت سیستان که دارای باد با سرعت بالای حد آستانه فرسایش در ٤ ماه از سال است، نمی‌باشد. از طرفی مانند مناطقی از کشورکه دارای روزهای همرا با گرد و غبار زیادی هستند، تعداد روزهای گرد و غبار آن زیاد نیست چرا که این منطقه از مناطق منشاء گرد و غبار و چشمه‌های اصلی تولید گرد و غبار در مناطق غربی و مرکزی عراق، نواحی شرقی سوریه و شمال غربی عراق و کویت و عربستان فاصله زیادی دارد و کمتر از گرد و غبارهای خارجی تاثیر می‌پذیرد.

بررسی جهش و روندتغییرات فراوانی کل رخدادهای گرد و غبار با منشاء داخلی و خارجی در یزد نشان

داد که رخداد گرد و غبار با روند کاهشی جهش معنی‌داری پیدا کرده است و با توجه به روند کاهشی در سری داده‌های مربوط به سرعت باد ٦ متر بر ثانیه به‌عنوان باد آستانه فرسایشی می‌توان نتیجه گرفت که یکی از مهمترین عوامل موثر در روند کاهش رخداد گرد و غبار در یزد کاهش سرعت باد بوده است اما به علت آنکه باد تنها پارامتر اقلیمی موثر بر رخداد گرد و غبار نیست؛ برخلاف سایر مطالعات که به بررسی چند پارامتر اقلیمی و ارتباط آن با رخداد گردو غبار اکتفا نموده‌اند در این مطالعه علاوه بر پارامترهای اقلیمی از شاخص‌های اقلیمی که برآیند چند پارامتر اقلیمی هستند و همچنین نمایه‌هایی که معرف تغییر اقلیم هستند و براساس همین پارامترها تعریف شده‌اند، مجموعه کاملی از عوامل موثر بر رخداد گرد و غبار در نظر گرفته شد و با استفاده از مدل‌های مختلف شبکه عصبی سهم هریک از این عوامل در رخداد گرد و غبار با منشاء خارجی و با منشاء اطراف ایستگاه مشخص شد در رخداد گرد و غبار چه با منشاء خارج از ایستگاه و چه اطراف ایستگاه عامل رطوبت مهمترین عامل بود که با نتایج مطالعات ولی و همکاران ۲۰۱۹ که تاثیرپذیری عناصر اقلیمی بر رخداد گرد و غبار در یزد را در یک دوره ۵ ساله مطالعه و بیشترین رابطه معنی‌دار را بین فراوانی گرد و غبار با تبخیر و تعرق و رطوبت نسبی نشان داده است مطابقت دارد. بارش موثر دومین عامل مهم است چرا که در مناطق خشک به دلیل خشکی ذاتی و گرمی هوا بارش باید به حدی برسد که خاک را مرطوب و بر پوشش بومی منطقه موثر باشد در غیر این صورت بسیاری از رخدادهای بارش قبل از رسیدن به زمین تبخیر می‌شوند و اثری بر روی کنترل گرد و غبار نخواهند داشت. عامل سوم فراوانی رخداد باد است به طوری که در منشاء خارج از ایستگاه سرعت باد برای بلند کردن ذرات بیشتر شده و تا رسیدن به منطقه مقصد سرعت آن کم شده و عامل رسیدن گرد و غبار به مقصد بوده است. در رخداد گرد و غبار با منشاء اطراف ایستگاه فراوانی رخداد باد با سرعت بیش از ٦ متر برثانیه دومین عامل مهم بوده است که با نتایج مطالعات قربانی و همکاران ۱۳۹٦ و صارمی نایینی ۱۳۹۵ مطابقت دارد. سومین عامل مهم شاخص خشکسالی SPEI است که به دلیل آشکارسازی تغییرات دما و تبخیر و تعرق از اهمیت شایانی برخوردار است ودر بین عوامل متعدد سهم زیادی را در کنترل رخداد گرد و غبار با منشاء اطراف ایستگاه به خود اختصاص داده است. همانطوری که در مطالعات آچاکولویسوت ۲۰۱۸ ارتباط گرد و غبار با شرایط خشکسالی در جنوب غربی ایالات متحده نشان داد که گرد و غبار با شدت شاخص استاندارد بارندگی–تبخیر و تعرق ارتباط دارد. بنابراین درک و شناخت سهم عوامل محرکه اقلیمی دررخداد طوفان گرد و غبار در مقیاس محلی به طور فزاینده‌ای برای تلاش در جهت کاهش خطرات طوفان گرد و غبار مهم است و می‌تواند به عنوان ابزاری تصمیم‌ساز در دست برنامه‌ریزان محلی در مبارزه و کنترل گرد و غبار و اثرات آن بر جوامع انسانی باشد.

References:

- Achakulwisut, P., Mickley L.J., & Anenberg S.C. (2018). Drought-sensitivity of fine dust in the US Southwest. Implications for air quality and public health under future climate change. Environmental Research Letters, 13(5), 1-25.
- Albani, S., & Mahowald, N.M. (2019). Paleodust insights into dust impacts on climate. Journal of Climate, 32(22), 7897-7913.

- Arabic Aliabad, F., Mobin, M. H., & Zare, A. (1396). Assessing the role of drought on the occurrence of dust in Yazd, 4th National Conference on Wind Erosion and Dust Storms, Yazd.
- Bayati, H., &Najafi A. (2011). Application of Artificial Neural Network for Assessing of the Stem Volume Trees. Journal of Renewable Natural Resources, 2(2), 52-57 [In Persian].
- Bogle, R., Redsteer, M.H, &Vogel, J. (2015). Field measurement and analysis of climatic factors affecting dune mobility near Grand Falls on the Navajo Nation, southwestern United States. Geomorphology, 228,41-51.
- Chen, F., Chen, S., Zhang, X., Chen, J., Wang, X., Gowan, E. J., & Xu, Q. (2020). Asian dust-storm activity dominated by Chinese dynasty changes since 2000 BP. Nature communications, 11(1), 1-7.
- Csavina, J., Field, J., Félix, O., Corral-Avitia, A.Y., Sáez, A.E., & Betterton, E.A. (2014). Effect of wind speed and relative humidity on atmospheric dust concentrations in semi-arid climates. Science of the Total Environment, 487,82-90.
- Ebrahimi Khosafi, Z., &Dargahian, F. (1397). Investigation of the effect of climatic parameters on the change of concentration of suspended particles less than 10 micrometers and its relationship with the occurrence of wind erosion in arid regions. Quarterly Journal of Geographical Studies of arid regions, 34: 76-92. (In Farsi).
-Ebrahimi khusfi Z. (2020) Analysis of Temporal Changes of Dust Events and Determination of the Contribution of Climate Factors affecting it in Arid Regions Based on the Ridge Regression Analysis (A Case Study: Yazd City). 24 (1):145-158(In Farsi).
-Gu, Y., Liou, K. N., Chen, W., & Liao, H. (2010). Direct climate effect of black carbon in China and its impact on dust storms. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 115(D7).
-Ghanem A.A. (2020). Climatic Characteristics of Dust Storms in Jordan. American Journal of Climate Change, 9(2), 136-146.
-Goudie A.S. (2020). Dust storms and human health. In Extreme Weather Events and Human Health. 13-24.
- Ghorbani, S., &Modarres, R. (2017). Modeling the relationship between the frequency of dust storms and climatic variables in desert areas of Iran, the 4th National Conference on Wind Erosion and Dust Storms, Yazd (in Farsi).
- Guan Q. Sun X. Yang J. Pan B. Zhao S. &Wang L. (2017). Dust Storms in Northern China: Long-Term Spatiotemporal Characteristics and Climate Controls. Journal of Climate. 30(17): 6683-6700.
- Hamidi M. (2020). The key role of water resources management in the Middle East dust events. CATENA, 187, 104337.
15. Heidarnejad, M., Lotfi Mohammadabad, F., &Zare Arnani, M, 2013, Study of the Relationship between Drought and Dust Storms, Third National Conference on Wind Erosion and Dust Storms, Yazd. (In Farsi).
16. Jabali, A., Zare, M., Eghtesadi, M.R., & Jafari, R. (2017). A study of changes in dust-related phenomena in Yazd, 4th National Conference on Wind Erosion and Dust Storms, Yazd. (In Farsi).
17. Khaliqi Sigaroudi, S., Shah Bandari Ghouchani, R., Dadfar, S., &Kamrani Nogh, F. (2010). Investigating the Relationship between Drought and Dust Storms Case Study: Yazd Province, the Second National Conference on Wind Erosion and Dust Storms, Yazd (In Farsi).
18. Lababpour A. (2020). The response of dust emission sources to climate change: Current and future simulation for southwest of Iran. Science of the Total Environment, 714: 136821
- Li, J., Garshick, E., Al-Hemoud, A., Huang S. & Koutrakis P. (2020). Impacts of meteorology and vegetation on surface dust concentrations in Middle Eastern countries. Science of the Total Environment, 712: 136597.

-Namdari, S., Karimi, N., Sorooshian, A., Mohammadi, GH, &, Sehatkashani, S. (2018). Impacts of climate and synoptic fluctuations on dust storm activity over the Middle East. Atmospheric environment, 173, 265-276 (In Farsi).
- Naemi, M., Yousefi, M.J., Khosroshahi, M., Zandifar, S., & Ebrahimi Khosfi, Z. (2020), Investigation of the effects of climatic factors on dust, a case study: West of Khorasan Razavi province, Geographical explorations of desert areas, 7 (2), 25-45 (In Farsi).
22. Mesbahzadeh, T., Mirakbari, M., Mohseni Saravi, M., Soleimani Sardoo, F., & Krakauer, N. Y. (2020). Joint Modeling of Severe Dust Storm Events in Arid and Hyper Arid Regions Based on Copula Theory: A Case Study in the Yazd Province, Iran. Climate, 8(5), 64 (in Farsi).
23. Mesbahzadeh, T., Mirakbari, M., Mohseni Saravi, M., & Khosravi, H. (2017). Investigation of the relationship between climatic parameters affecting the occurrence of dust, 4th National Conference on Wind Erosion and Dust Storms, Yazd (In Farsi).
-Middleton, N. (2019). Variability and trends in dust storm frequency on decadal timescales: Climatic drivers and human impacts. Geosciences, 9(6), 261.
- Omidvar, K. (2010). an Analysis of the Storm and Stormy Wind Regime in Yazd, Journal of Space Planning and Planning, 14 (1), 83-105 (In Farsi).
26. Pu, B., & Ginoux P. (2017). Projection of American dustiness in the late 21 st century due to climate change. Scientific Reports, 7(1), 1-10.
-Schepanski, K. (2018). Transport of mineral dust and its impact on climate. Geosciences, 8(5), 151.
-Sarkar, A., & Kumar, R. (2012). Artificial Neural Networks for Event Based Rainfall-Runoff Modeling. Journal of Water Resource and Protection, 4, 891-897.
- Saremi Naeini, M.A. (2016). Estimation of frequency, speed and direction of erosive winds and generators of dust and fine dust storms in Yazd province using Golbad, Goltofan and Golmaseh analysis, Journal of Desert Management, 4 (8), 96-106
- Sharifi Pichun, M., & Miri, Z. (2017). Evaluation of the role of local winds in wind erosion (Case study: Golden Sand), Fourth National Conference on Wind Erosion and Dust Storms, Yazd (In Farsi).
- Terz, O., & Erol K., M. (2005). Modeling of Daily Pan Evaporation. Journal of Applied Sciences, 5 (2), 368-372.
- Vali, A. A., Mousavi, S. H., & Zamani, E. (2019). Statistical analysis of occurrence frequency of dust storms in Yazd province and its modeling based on climatic elements and vegetation cover. Journal of Spatial Analysis Environmental hazarts, 6(3), 121-142(In Farsi).
-Vali, A.A. Ramesht, M.H. Seyf, A. & Ghazavi R. (2011). Compare the performance of artificial neural networks and regression models to predict Environmental Planning, 22(4), 19-34 (In Farsi).
34. Vali, A. Ebrahimi Khosafi, Z. Khosroshahi, M. & Ghazavi R. (2016). Determining the importance of the effect of various hydro-climatic parameters on the drying of Gavkhoni wetland using artificial neural network and remote sensing data .Journal of Desert Ecosystem Engineering, 5(12), 94-79 (In Farsi).

The Journal of Geographical Research on Desert Areas
10th Year – No. 1- Spring and Summer 2022

Original Research Article

Modeling the climate indicators and climate change indices affecting dust in Yazd

Fatemeh Dargahian[1*], Samaneh Razavizadeh[2]

1- Assistant Prof., Desert Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

2- Assistant Prof., Desert Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization.

Recieved: 2020 November 25 Accepted: 2021 September 25

Introduction

Although most dust storms, especially those prevailing in Iran, are regional, local dust, specifically in Iran, plays a significant role the dust belt. One of the origins of local dust in this belt is Yazd City and the salt domes in the northeast of Ardakan. Understanding the characteristics of dust storms is important in terms of type, frequency, location, and time of occurrence. Due to the dry climatic conditions and strong and erosive winds, the city of Yazd is faced with various dust occurrences every year, which causes significant damage to the economic and biological resources of the city. The two main conditions for the occurrence of a dust storm are the presence of fine-grained sediments with small diameters and large volumes and the existence of dynamic synoptic conditions necessary for the transfer of these particles in horizontal and vertical directions. In this study, most aspects of the second condition in the form of climatic parameters and indicators affecting neural network models are used to investigate the transfer of dust particles with their origin outside and around Yazd station. Also, artificial neural network models have been used to determine the importance of climatic parameters and the resulting climatic indicators and to identify and extract the occurrence of internal and external dust.

Methodology

In this study, all the dust occurrences in Yazd City with origins around the station and outside it was selected for investigation. To determine the share of the dust with internal and external origins, dust codes were used. To identify the slope of the trend of dust occurrence change and its significance, the data homogeneity test method was used. In this study, Pettitt's test method was used with the XLSTAT statistical software in Excel. This test was performed on the total data series of the internal and external dusts. Also, the time series of data related to winds more than six meters per second and the corresponding diagram were analyzed. In addition to climatic parameters and indicators, some indicators reveal that climate change can also affect the course of changes in the dust occurrence. In order to identify these indicators, the ClimPACT software was employed based on the RClimDEX software and the R 2.10 software. In addition to identifying the trend of dust changes, the purpose of this study is to determine the importance of each factor affecting the occurrence of dust in Yazd. For this purpose,

Email: dargahian@rifr-ac.ir

analysis, and comparisons were performed of different functions of the neural network and the multilayer perceptron. Finally, a model was developed with the least error rate and the highest correlation coefficient. This optimal model served to investigate the share of climatic factors affecting the occurrence of dust. The occurrence of internal and external dusts (dependent variable) was modeled and analyzed, and the most important determining factors involved in the occurrence of those dusts were determined.

Results and discussion

The statistical examination of Yazd Synoptic Station data showed that the highest frequency of dust is outside the station. Indeed, 77% of the dust in the synoptic station originates outside the station, and 23% with origin around the station. The trend of changes in dust occurrence in Yazd synoptic station has been significant. Among the 20 factors, the most important factor affecting the dust originating outside the station is the minimum humidity, because the lower the humidity, the more potential dust particles have due to other conditions necessary to move and climb. The next factor is rainfall. The less the rainfall, the lower the soil moisture is. The third factor is the frequency of wind occurrences as a stimulus and transporter of dust particles. Among the 20 climate factors and climate change indices, the most important factor influencing dust events originating around the station, such as events outside the station, is the average minimum humidity. Lack of moisture leads to soil drying and providing favorable conditions for dust particles. The second effective factor is the frequency of winds with a speed of more than six meters per second because the wind speed must reach the erosion threshold to be able to lift dust particles from the ground and enter the air currents.

Conclusion

Yazd Province is located in a dry region and has a special topography. There is the bed of fine-grained sediments suitable for the formation of dust and sandstorms. The energy of atmospheric systems due to lack of moisture is mainly released in the form of wind, dust, and soil, but the number of stormy and dusty days is lower than that in the east of the country. The number of dusty days is also lower than that in the southwest of the country. This is because the sediments of this region are not affected by the atmospheric systems in large-scale and permanent regions on the other hand, like the areas of the country that have a lot of dusty days, the number of dust days is not high because this region is far from dust sources such as Iraq and Saudi Arabia. In the occurrence of dusts with an external origin or with the origin around the station, humidity was the most important factor. In the dust originating outside the station, rainfall is the second important factor. The third factor is the frequency of wind occurrences. The wind speed increases to lift the particles, and its speed decreases until it reaches the destination area, and the dust has reached the destination. The fourth important factor is the decrease of consecutive wet days. In the occurrence of dust originating around the station, the frequency of winds with a speed of more than six meters per second is the second important factor. The third important factor is the SPEI drought index, which is important due to the detection of temperature changes and evapotranspiration. Among many factors, it has a large share in controlling the occurrence of dust originating around the station. Therefore, understanding the contribution of climatic factors in the occurrence of dust storms on a local scale is increasingly important to reduce the risks of dust storms. It can be a decision-making tool for local planners to combat and control dust and its effects.

Keywords: Internal and external dust, Wind corridor, Fine sediments, Neural network models