

## تحلیل سیستم‌های سینوپتیک و بررسی روند تغییرات گرد و غبار (مطالعه موردی: اردستان)

غلامرضا زهتابیان<sup>۱\*</sup>، مهدی جعفری<sup>۲</sup>، حسن احمدی<sup>۳</sup>، طیبه مصباح زاده<sup>۴</sup>، علی اکبر نوروزی<sup>۵</sup>

- ۱ استاد گروه احیا مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران  
۲ دانش آموخته دکتری بیابان‌زدایی، گروه احیا مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران  
۳ استاد گروه آبخیزداری، واحد علوم تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران  
۴ استادیار گروه احیا مناطق خشک و کوهستانی، گروه احیا مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران  
۵ دانشیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۲/۱۲؛ تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۰۴/۱۰)

### چکیده

طوفان‌های گرد و غبار و بادهای شدید، فرآیندی طبیعی است که در سراسر مناطق خشک و نیمه خشک دنیا رخ می‌دهد. در این تحقیق تغییرات تعداد وقوع گردوغبار در ماه، فصل و سال‌های مورد مطالعه (۲۰۱۳-۲۰۰۰) برای ایستگاه سینوپتیک اردستان و ارتباط آن با خشکسالی (محاسبه خشکسالی با استفاده از شاخص SPI) مورد بررسی قرار گرفت. استخراج کدهای مربوط به پدیده گرد و غبار (۰۶ و ۰۷) و تحلیل آماری داده‌های مرتبط با این پدیده با استفاده از نرم‌افزار متلب انجام گرفت و به منظور بررسی روند در سری‌های زمانی ماهانه و سالانه آماره‌های آزمون ناپارامتری محاسبه و سپس معنی‌داری این آماره‌ها در سطوح ۹۵٪ و ۹۹٪ مورد آزمون قرار گرفت. نتایج نشان داد ماه می و فصل بهار بیشترین تعداد وقوع گردوغبار را نسبت به ماه‌ها و فصل‌های دیگر سال و همچنین سال‌های ۲۰۱۳ و ۲۰۰۱ به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد وقوع گرد و غبار در سطح ایستگاه را دارا بودند. همچنین نتایج نشان داد که وقوع گردوغبار با خشکسالی ارتباطی مستقیم وجود دارد و در سال‌هایی که شدت خشکسالی زیاد بوده بر تعداد وقوع گردوغبار نیز افزوده شده است. نتایج نشان داد که در روش من-کندال از مجموع ۱۳ سری داده، سری داده‌های سالانه، و در روش سن استیمیتوری سری داده ماه آگوست دارای روند افزایشی در سطح معنی‌داری ۱٪ بودند و در روش سن استیمیتور سری داده‌های آوریل و ژوئن دارای روند صعودی در سطح اطمینان ۵٪ می‌باشند نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل فضایی داده‌های بادسنجی به کمک نرم‌افزار WRplot نشان داد که جهت بادهای غالب، جنوبی است.

**کلید واژه‌ها:** اردستان، خشکسالی، گرد و غبار، من کندال، سن استیمیتور

## سراغاز

طوفان‌های گردوغبار نوعی از پدیده‌های جوی هستند که هر ساله مقادیر عظیمی از گردوغبار از سطوح بیابانی و خشک بلند کرده و وارد جو می‌کنند. حرکت ذرات گردوغبار و انتشار آن‌ها به مناطق دورتر در طول سال وابسته به شرایط هواشناختی است. ذرات گردوغبار در طی رویدادهای شدید گردوخاک می‌توانند بالغ بر چند هزار کیلومتر جابه‌جا شوند و سرانجام در مسیر باد به وسیله فرایندهای نشست خشک و تر، گاهی در مقادیر قابل توجهی به زمین بنشینند (O'Hara et al., 2006). این طوفان‌ها می‌توانند اثرات مهمی بر اقلیم و محیط‌زیست منطقه بر جای گذارند بدین ترتیب که تابش خورشید و زمینی را تحت تاثیر قرار داده و همچنین سبب تغییراتی در خواص فیزیکی و طیفی ابرها می‌شوند (Lau et al., 2009). در بیابان‌ها و مناطق خشک، تغییر سریع درجه حرارت هوا موجب ایجاد گرادیان فشار در نقاط مختلف آن و تشکیل بادهای قوی و دایمی می‌شود (Sedaghat, 2006). خاورمیانه یکی از پنج منطقه جهان است که بیشترین تولید گرد و غبار را دارد (Rezazadeh et al., 2013). ایران به علت قرار گرفتن در کمربند خشک و نیمه‌خشک جهان، در معرض سیستم‌های متعدد گرد و غبار محلی و فرا منطقه‌ای است (Wang, Rashki et al., 2013). در پژوهشی، انتشار و جابه‌جایی ذرات گردوغبار را از نظر آماری و سینوپتیکی در آسیای شرقی بررسی کرده و دریافتند سیستم‌های سینوپتیکی که به سمت مناطق بیابانی شمال آسیا می‌وزند، اگر در سطح زمین بادهایی با سرعت بیشتر از ۶ متر بر ثانیه ایجاد کنند، طوفان‌های گردوخاک شدیدی را ایجاد می‌کنند. (Tavousi & Zahraei, 2013)، سری زمانی پدیده گرد و خاک شهر اهواز را با استفاده از آزمون‌های ناپارامتریک مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیدند که غیر از ژانویه در تمامی ماه‌های سال، فصول و همچنین در مقیاس سالانه روند افزایشی معنی‌دار پدیده گرد و غبار در سطوح ۹۵ تا ۹۹ درصد مشاهده شد. (Rafiei, majoomerd et al., 2016) به تحلیل روند تعداد روزهای همراه با گرد و غبار در ایران پرداختند. نتایج آزمون‌های آماری نشان داد که همه ایستگاه‌های مورد مطالعه دارای روند هستند، ولی از میان آنها فقط ۲۶ مورد در آزمون من-کندال روند معنی‌داری داشتند، ۲۷ ایستگاه در آزمون اسپیرمن معنی‌دار بودند و در

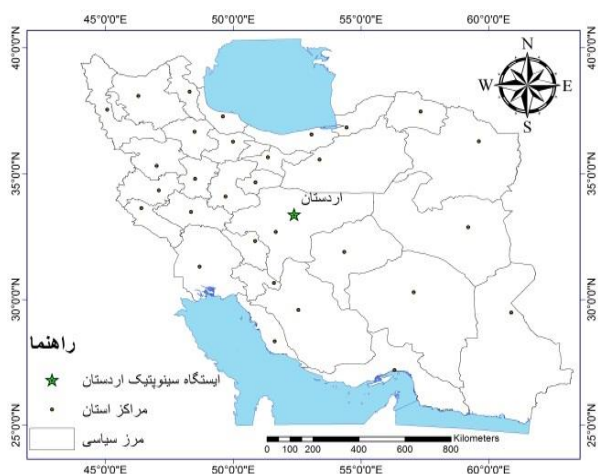
آزمون خود همبستگی ۳۳ ایستگاه از ۴۱ ایستگاه دارای روند معنی‌داری مثبت و منفی بودند. (Zeinali, 2016) به بررسی روند تغییرات فراوانی روزهای همراه با گرد و غبار پی نیمه غربی ایران پرداختند. نتایج نشان داد که در روش من-کندال از مجموع ۲۶ سری داده، ۹ سری، در روش سن استیمیتور ۶ سری و در روش رگرسیون خطی ساده ۱۳ سری داده دارای روند معنی‌داری مثبت در سطح ۱ و ۵ درصد بودند. (O'Loingsigh et al., 2014) به پایش فرسایش بادی با استفاده از داده‌های هواشناسی سال‌های ۱۹۶۵ تا ۲۰۱۱ در استرالیا پرداختند. نتایج نشان داد بارش تاثیر زیادی روی وقوع گردوغبار دارد به گونه‌ای که در سال‌هایی که میزان بارش کاهش پیدا کرده وقوع طوفان‌های گردوغبار افزایش داشته است. شاخص SPI برای هر منطقه بر اساس ثبت بارندگی‌های طولانی مدت آن محاسبه می‌شود. در ابتدا توزیع آماری مناسب، بر آمار بلند بارندگی‌ها برآزش داده سپس تابع تجمعی توزیع با استفاده از احتمالات مساوی به توزیع نرمال تبدیل می‌شود. به طوری که استاندارد شده و متوسط آن برای هر منطقه و دوره موردنظر صفر شود. مقادیر مثبت SPI نشان‌دهنده بارندگی بیشتر از بارش متوسط و مقادیر منفی آن معنای عکس را دارد. طبق این روش دوره خشکسالی هنگامی اتفاق می‌افتد که SPI به طور مستمر منفی و به مقدار ۱- یا کمتر برسد و هنگامی پایان می‌یابد که SPI مثبت شود (Beroghani et al., 2013). (Kumar et al., 2015) طی پژوهشی، سه رویداد گردوغبار مهم سال ۲۰۱۰ که در شمال هند، در طول فصل موسمی، رخ داده بود را از طریق اندازه‌گیری‌های زمینی، ماهواره‌ای و برآورد مدل تجزیه و تحلیل نمودند. نتایج نشان دادند که همه طوفان‌های گردوغبار نشات گرفته از بیابان تار یا حمل شده از آن و تحت تاثیر شرایط مطلوب ایجاد شده‌اند. (Asghari Poudeh et al., 2015) طی پژوهشی، تغییرات زمانی و مکانی طوفان‌های گردوغبار در استان خوزستان را در دوره آماری ۱۹۹۱ تا ۲۰۱۰ با استفاده از شاخص تجربی طوفان‌های گردوغبار (DSI) ارزیابی و پهنه‌بندی نمودند. نتایج نشان داد که مقدار شاخص برای استان خوزستان با گذشت زمان کاهش یافته و این مقدار به طور کلی برابر ۳۸ واحد شاخص DSI است. (Bohayrari et al., 2011) به تحلیل آماری سینوپتیکی پدیده گرد و غبار در استان ایلام پرداختند. نتایج بیانگر آن بود که در ایستگاه ایلام، ماه می با ۶۳ روز و دسامبر با

یک دوره آماری ۱۴ ساله (۲۰۱۳-۲۰۰۰) می‌باشد.

## مواد و روش

### منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در شمال استان اصفهان، در جنوب کویر نمک، در ۳۳ درجه و ۲۳ دقیقه پهناي شمالی و ۵۲ درجه و ۲۲ دقیقه طول شرقی نسبت به نیمروز گرینویچ قرار دارد. این منطقه از شمال به کویر نمک، از جنوب به شهرستان اصفهان، از شرق به شهرستان نائین و از غرب به کاشان و نطنز محدود می‌شود و به طور کلی منطقه‌ای کویری است که قسمت اعظم شمال آن را کویر احاطه کرده است، در قسمت جنوبی آن چند رشته کوه قرار گرفته است. این ناحیه به علت طبیعت خشک و تبخیر زیاد با محدودیت شدید منابع آبی روبه‌رو است. این ناحیه دارای آب و هوای گرم و خشک است. میانگین دمای سالانه هوا ۱۷/۵۴ درجه سانتی‌گراد است. متوسط بارندگی سالانه این منطقه ۱۲۲ میلی‌متر است. همچنین میانگین حداقل درجه حرارت سالانه برابر با ۱۴/۱۰ درجه سانتی‌گراد و میانگین حداکثر درجه حرارت سالانه برابر با ۲۵/۶ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. شکل (۱) منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل (۱): محدوده منطقه مورد مطالعه

برای بررسی آماری گردوغبار، از داده‌های گردوغبار به صورت روزانه طی ۸ ساعت دیده‌بانی ساعتی در قالب کدهای ویژه‌ای در دوره ۱۴ ساله (۲۰۱۳-۲۰۰۰)، از ایستگاه منتخب در منطقه مطالعاتی با دوره آماری مناسب، از سازمان هواشناسی اخذ شد که با استفاده از روش‌های آماری پردازش و تحلیل شدند. استخراج روزهای همراه با گردوغبار با استفاده از کدهای هواشناسی ۰۶ و

یک روز و در ایستگاه دهلران ماه جولای با ۲۲ روز و دسامبر با ۷ روز به ترتیب بیشترین و کمترین فراوانی گرد و غبار مشاهده شده است. (Hahnenberger & Nicoll, 2012) به بررسی ویژگی‌های رخداد در شرق حوزه یوتا در آمریکا پرداختند. نتایج نشان داد که بیشترین وقوع گرد و غبار در فصل بهار و در ساعات‌های بعد از ظهر که سرعت باد به بیشترین حد می‌رسد اتفاق می‌افتد. در یکی از تحقیق‌ها روند وقوع گرد و غبار روند وقوع پدیده گرد و غبار در غرب کشور در ۵۵ سال اخیر با استفاده از روش‌های آماری ناپارامتری مورد بررسی قرار گرفته است. در این تحقیق ۱۶ ایستگاه سینوپتیک در غرب کشور با دوره آماری ۵۵ سال استفاده شد. بر اساس نتایج غرب ایران از لحاظ تعداد روزهای همراه با گرد و غبار منطقه همگنی نبوده و تعداد روزهای گرد و غباری سالانه از شمال به جنوب کشور ایران افزایش می‌یابد. نتایج نشان داد که همه ایستگاه‌های مورد مطالعه به جز خوی، دارای روند هستند. از این میان در هشت مورد روند مشاهده شده معنی‌دار گزارش شده که در سه ایستگاه به صورت کاهشی و در پنج ایستگاه افزایشی بوده است (Ansari renani, 2011). (Rasouli et al., 2010) به تحلیل روند وقوع پدیده گرد و غبار در غرب کشور با استفاده از روش‌های آماری ناپارامتریک پرداختند. نتایج مطالعه نشان داد که با توجه به طبیعت داده‌های ورودی، روش آماری من-کنندال و سن استیمیتور کارایی مناسبی را برای تحلیل روند پدیده گرد و غبار دارند و همچنین مشخص شد که همه ایستگاه‌های مورد مطالعه دارای روند هستند. (Tan et al., 2014) به بررسی شده توفان گرد و غبار در چین از سال ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۷ پرداختند. نتایج حاکی از آن بود که بیشترین وقوع گرد و غبار در سال ۱۹۸۳ اتفاق افتاده است. همچنین از سال ۱۹۸۴ تا ۱۹۹۹ وقوع گرد و غبار روند کاهشی و از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۷ روند افزایشی داشته است. (kang et al., 2015) روند وقوع گرد و غبار را در فلات تبت در دوره آماری ۲۰۱۰-۱۹۶۱ بررسی کرده و به این نتیجه رسیدند که فراوانی رویداد گرد و غباری در ایستگاه‌های مورد مطالعه در این منطقه، از دهه ۱۹۷۰ روند کاهش معنی‌داری داشته است که این کاهش در ارتباط با کاهش سرعت باد و افزایش پوشش گیاهی در منطقه است. هدف از این مطالعه تجزیه و تحلیل سیستم‌های سینوپتیک و تحلیل ارتباط خشکسالی با تعداد وقوع گرد و غبار و همچنین بررسی روند تغییرات فراوانی روزهای همراه با طوفان‌های گرد و غباری طی

$$\text{sign}(x_j - x_i) = \begin{cases} +1 & \text{if } (x_j - x_i) > 0 \\ 0 & \text{if } (x_j - x_i) = 0 \\ -1 & \text{if } (x_j - x_i) < 0 \end{cases} \quad \text{معادله (۲)}$$

آماره استاندارد شده  $Z_M$  از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$Z_M = \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{\text{VAR}(S)}} & \text{if } s > 0 \\ 0 & \text{if } s = 0 \\ \frac{s+1}{\sqrt{\text{VAR}(S)}} & \text{if } s < 0 \end{cases} \quad \text{معادله (۳)}$$

مقدار مثبت روند  $Z_M$  افزایشی و مقدار منفی  $Z_M$  روند کاهشی سری زمانی را نشان می‌دهد. همچنین برای آزمودن، روند افزایش را نشان می‌دهد. با توجه به سطح معنی‌داری ۹۵ درصد اگر  $|Z_M| > 1.96$  باشد، فرض صفر رد شده و سری زمانی پارامتر مورد مطالعه دارای روند معنی‌دار و در غیر این صورت بدون روند ارزیابی می‌شود.

### آزمون سن استیمیتور

در روش سن استیمیتور نیز همانند روش من کندال از تحلیل تفاوت بین مشاهده‌های یک سری زمانی بهره گرفته می‌شود. اساس این روش بر محاسبه یک شیب میانه برای سری زمانی و قضاوت کردن در مورد معنی‌داری شیب به دست آمده در سطوح اعتماد مختلف استوار است. مراحل کلی این آزمون به شرح زیر است (Juraj et al., 2009):

الف: محاسبه شیب بین هر جفت داده مشاهده‌ای با استفاده از رابطه زیر:

$$Q = \frac{X_t - X_s}{t - s}$$

که در آن  $X_t$  و  $X_s$  به ترتیب داده‌های مشاهده‌ای در زمان‌های  $t$  و  $s$  که  $t$  یک واحد زمانی بعد از زمان  $S$  است. با اعمال رابطه بالا برای هر جفت داده مشاهده‌ای، یک سری زمانی از شیب‌های محاسبه شده حاصل می‌شود که از محاسبه میانه این سری زمانی شیب خط روند ( $Q_{med}$ ) به دست می‌آید. مقدار مثبت  $Q_{med}$  حاکی از روند صعودی و مقدار منفی آن دال بر نزولی بودن روند است.

ب: محاسبه پارامتر  $C_a$  در سطوح اعتماد مورد آزمون به کمک رابطه زیر:

$$C_a = Z1 - \partial / 2\sqrt{\text{var}(s)}$$

۰۷ و با استفاده از نرم افزار متلب<sup>(۱)</sup> صورت گرفت. منظور از کد ۰۶ گردوغبارهای معلق در هوا است که در اثر طوفان شن یا خاک از نقاط دور به ایستگاه آمده و منظور از کد ۰۷ گردوغبار یا شنی است که به وسیله باد در ایستگاه و یا در نزدیکی آن، در ساعت دیده‌بانی بلند شده است (Zangeneh, 2014). در این تحقیق فراوانی ماهانه، سالانه و فصلی روزهای همراه با گردوغبار با قدرت دید افقی کمتر از ۱۰ کیلومتر استخراج شدند. برای محاسبه شاخص SPI ابتدا داده‌های مربوط به بارش از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۳ به صورت سالانه گرفته شد. سپس این داده‌ها به صورت فایل نوت‌پد تهیه، سپس با استفاده از نرم‌افزار DIP شاخص SPI برای ایستگاه محاسبه و در نهایت به مقایسه ارتباط خشکسالی با تعداد وقوع گردوغبار در دوره مورد مطالعه پرداخته شد. بعد از بررسی‌های آماری در ایستگاه منتخب گل طوفان‌های سالانه و فصلی دوره آماری ترسیم و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. همچنین برای تبدیل فرمت داده‌های بادسنجی به فرمت‌های مورد استفاده (Lake) در نرم‌افزار WRPlot از نرم‌افزار WDconvert استفاده و سپس با استفاده از نرم‌افزار WRPlot (نسخه ۸) گل‌طوفان‌های سالانه، فصلی ترسیم و سپس بررسی و تحلیل شد. تاکنون روش‌های آماری متعددی برای تحلیل روند سری‌های زمانی ارائه شده‌اند که به طور کلی در دو دسته پارامتری و ناپارامتری قابل تقسیم‌بندی هستند. بررسی منابع متعدد نشان می‌دهد که روش‌های ناپارامتری از کاربرد به نسبت وسیع‌تر و چشم‌گیرتری نسبت به روش‌های پارامتری برخوردارند. در این پژوهش نیز به دلیل پیروی نکردن بیش‌تر سری‌های مشاهداتی انتخاب شده از توزیع نرمال، از دو روش ناپارامتری من-کندال و سن استیمیتور استفاده شد.

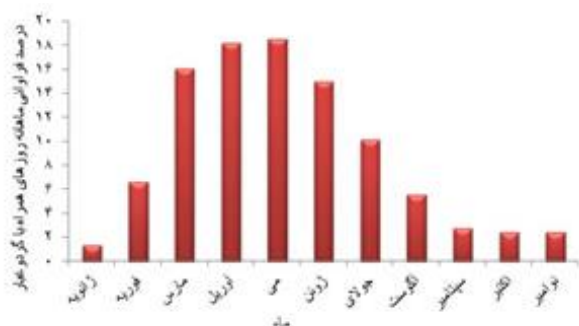
### آزمون من کندال

آزمون من کندال ابتدا توسط من (۱۹۴۵) ارائه و سپس توسط کندال (۱۹۷۵) بسط و توسعه یافت و براساس معادله‌های زیر محاسبه می‌شود.

$$S = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{i-1} (\text{sign}(x_i - x_j)) \quad \text{معادله (۱)}$$

که در آن مقادیر  $x_i$  و  $x_j$  داده‌های متوالی،  $n$  طول سری زمانی و تابع علامت نیز به ترتیب زیر قابل محاسبه است:

مطالعه نشان می‌دهد که بیشترین فراوانی گرد و غبار در ایستگاه اردستان در ماه می با میانگین فراوانی ۳/۷۸ روز در طی دوره آماری ۲۰۱۳-۲۰۰۰ همراه با گرد و غبار رخ داده است و کمترین فراوانی گرد و غبار نیز مربوط به ماه دسامبر با فراوانی ۲ روز همراه با گرد و غبار می‌باشد. همان‌طور که شکل (۱) نشان می‌دهد بیشترین وقوع گرد و غبار در ایستگاه مربوط به ماه می با فراوانی ۱۸/۵۳٪ است. همچنین کمترین فراوانی ماهانه گرد و غبار به ترتیب مربوط به ماه‌های دسامبر با فراوانی ۰/۶۷٪ و ماه ژانویه با فراوانی ۰/۱۳۹٪ می‌باشد. بررسی فراوانی ماهانه گرد و غبار نشان داد که ۶۸/۸۲٪ از کل رخداد گرد و غبار در ماه مارس، آوریل، می و ژوئن به وقوع پیوسته است. بررسی فصلی پدیده گرد و غبار در شکل (۲) آورده شده، بیشترین فراوانی گرد و غبار را برای فصل بهار با ۵۴/۵۵٪ و فصل تابستان با ۲۰/۹۸٪ نشان می‌دهد (دلایل افزایش گرد و غبار در فصل بهار می‌تواند ناشی از اختلاف شدید دمای بین عراق با نواحی صحرای عربستان و خلیج فارس باشد که این اختلاف در بهار بیشترین مقدار است و جریانی ایجاد می‌شود که به باد شمال معروف است. همچنین نتایج بررسی بادهای نشان داد که میزان بادهای با سرعت بالاتر در فصل بهار افزایش داشته‌اند (جدول ۴) در فصل بهار از میزان بارش‌ها کاسته شده و با افزایش دما شرایط مناسبی برای وقوع گرد و غبار ایجاد می‌کند). همچنین کمترین رخداد فصلی متعلق به فصل‌های زمستان و پاییز به ترتیب با فراوانی ۱۷/۴۸٪ و ۶/۹۹٪ می‌باشد.



شکل (۱): نمودار درصد فراوانی ماهانه روزهای همراه با گرد و غبار در طی دوره آماری

که در آن Z آماره توزیع نرمال استاندارد است و در یک آزمون دو دامنه بسته به سطوح اعتماد مورد آزمون می‌تواند مقادیر مختلفی را به خود گیرد. این آماره برای سطوح اطمینان ۹۵٪ و ۹۹٪ به ترتیب برابر با ۱/۹۶ و ۲/۵۸ در نظر گرفته می‌شود. ج: محاسبه حدود اطمینان بالا و پایین (M1 و M2) از طریق رابطه زیر:

$$\begin{cases} M_1 = \frac{N' - Ca}{2} \\ M_2 = \frac{N' - Ca}{2} \end{cases}$$

که N تعداد شیب‌های محاسبه شده در بند الف است. مرحله نهایی این روش، آزمون کردن حدود اطمینان محاسبه شده است. به این ترتیب که از بین شیب‌های محاسبه شده توسط رابطه بالا، M1 امین و M2+1 امین شیبها استخراج می‌شوند. در صورتی که عدد صفر در دامنه بین دو شیب استخراج شده قرار بگیرد فرض صفر پذیرفته می‌شود و بر سری زمانی نمی‌توان هیچ‌گونه روندی را در سطح اعتماد به کار گرفته شده نسبت داد. در غیر این صورت فرض صفر رد شده و می‌توان پذیرفت که سری زمانی دارای روند معنی‌داری در سطح مورد آزمون می‌باشد (Cannarozzo et al., 2006).

## نتایج

### تحلیل آماری گرد و غبار

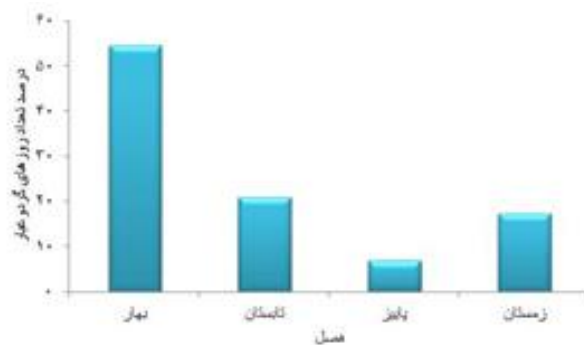
نتایج بررسی‌های آماری تعداد روزهای گرد و غبار و میانگین آن‌ها در ماه‌های مختلف سال در ایستگاه اردستان در دوره مورد مطالعه (۲۰۱۳-۲۰۰۰) در جدول (۱) آورده شده است. فراوانی سالیانه رخداد روزهای همراه با پدیده گرد و غبار در منطقه مورد مطالعه با استفاده از داده‌های ایستگاه منتخب مورد بررسی قرار گرفت. در این بررسی طی دوره آماری ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۳ در مجموع ۲۸۶ روز همراه با گرد و غبار ایستگاه گزارش شد. همان‌طور که در جدول (۱) مشاهده می‌شود بررسی سالانه فراوانی روزهای همراه با گرد و غبار نشان داد که فراوانی گرد و غبار در سال‌های ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۳ با روند رو به افزایشی همراه بوده است. همچنین نتایج نشان داد از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۷ با روند رو به کاهش همراه بوده است. نتایج تجزیه و تحلیل آماری سالانه نشان داد که بیشترین آمار مربوط به گرد و غبار با فراوانی ۴۸ روز همراه با گرد و غبار سال ۲۰۱۳ به خود اختصاص داده است. بررسی ماهانه پدیده گرد و غبار در دوره زمانی مورد

جدول (۱): فراوانی تعداد روزهای گرد و غبار و میانگین آنها در ماه‌های مختلف سال طی دوره آماری ۲۰۰۰-۲۰۱۳

سال	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	م	ژوئن	جولای	اگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	مجموع	میانگین
۲۰۰۰	۲	۱	۶	۸	۵	۴	۱	۰	۳	۱	۲	۰	۳۲	۲/۶۶
۲۰۰۱	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰/۰۸۳
۲۰۰۲	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۲	۰/۱۶
۲۰۰۳	۰	۰	۴	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۲	۰	۷	۰/۵۸
۲۰۰۴	۰	۲	۰	۰	۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۴	۰/۳۳
۲۰۰۵	۰	۱	۱	۲	۲	۱	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۸	۰/۶۶
۲۰۰۶	۰	۲	۱	۲	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۲	۰	۹	۰/۷۵
۲۰۰۷	۱	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳	۰/۲۵
۲۰۰۸	۰	۲	۹	۴	۸	۷	۶	۱	۱	۰	۰	۰	۳۹	۳/۲۵
۲۰۰۹	۰	۴	۴	۶	۴	۱	۵	۱	۲	۰	۱	۰	۲۸	۲/۳۳
۲۰۱۰	۰	۲	۲	۵	۷	۶	۷	۱	۱	۳	۰	۱	۳۲	۲/۶۶
۲۰۱۱	۰	۰	۴	۱۱	۳	۸	۱	۴	۰	۰	۰	۰	۳۴	۲/۸۳
۲۰۱۲	۱	۳	۱۰	۵	۱۱	۵	۴	۰	۰	۰	۰	۰	۳۹	۳/۲۵
۲۰۱۳	۰	۱	۴	۶	۱۰	۱۱	۳	۸	۱	۳	۰	۱	۴۸	۴
مجموع	۴	۱۹	۴۶	۵۲	۵۳	۴۳	۲۹	۱۶	۸	۷	۷	۲		
میانگین	۰/۲۸	۱/۳۵	۳/۲۸	۳/۷۱	۳/۷۸	۳/۰۷	۲/۰۷	۱/۱۴	۰/۵۷	۰/۵	۰/۵	۰/۱۴		

## خشکسالی و ارتباط آن با تعداد وقوع گردوغبار

نتایج تغییرات خشکسالی SPI در دوره مورد مطالعه (۲۰۰۰-۲۰۱۳) در شکل (۳) نشان داده شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود تغییرات از روند منظمی تبعیت نمی‌کنند و با تغییرات بارش شدت خشکسالی در سال‌های مختلف متفاوت است. نتایج همچنین بیان‌کننده آن است که سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۱۳ به ترتیب خشک‌ترین و پرباران‌ترین سال در دوره مورد مطالعه بوده است.



شکل (۲): نمودار توزیع فصلی گرد و غبار ایستگاه سینوپتیک اردستان طی دوره آماری ۱۴ ساله (۲۰۰۰-۲۰۱۳)



شکل (۳): تغییرات شاخص خشکسالی SPI در دوره مورد مطالعه

درست برخوردار نبود به دلیل این که در مقادیر آماره Z من- کندال داده‌های صفر در سری داده‌های ژانویه و دسامبر در این ماه از تکرار زیاد برخوردار بودند. بنابراین، به طوری که طبق این آزمون ماه‌های مذکور دارای روند صعودی می‌باشند که منطقی نیست. به همین دلیل برای تحلیل روند سری داده‌های مذکور از آزمون سن استیمیتور استفاده شد. در جدول (۳)، Q شیب خط روند، M1 و M2 ۹۵٪ حدبالایی و پایینی فاصله اطمینان در سطح ۹۵٪ و M1 و M2 ۹۹٪ می‌باشند. مثبت یا منفی بودن شیب خط روند صرفاً نزولی یا صعودی بودن روند را نشان خواهد داد و معنی‌داری آنها از طریق حدبالایی و پایینی فاصله اطمینان در سطح ۹۵ و ۹۹ درصد مشخص می‌شود. با توجه به جدول از ۱۳ سری داده‌های ماهانه و سالانه روزهای همراه با طوفان‌های گرد و غباری سری داده ماه آگوست دارای روند صعودی معنی‌دار در سطح ۱٪ و دو سری داده شامل ماه‌های آوریل و ژوئن دارای روند صعودی در سطح اطمینان ۵٪ می‌باشند. سری داده‌های ماه‌های مارس، می و جولای دارای روند صعودی هستند ولی در سطح اطمینان موردنظر معنی‌دار نمی‌باشند. بقیه سری داده‌ها مورد مطالعه فاقد روند بودند. در ماه‌های ژانویه و دسامبر که در آزمون من کندال به خاطر تکرار زیاد داده صفر از نتایج غیرمنطقی برخوردار بودند در آزمون سن استیمیتور بدون روند به دست آمدند.

### نتایج حاصل از گل‌طوفان

به منظور تحلیل گل‌طوفان، از کلاس‌های سرعت فرابریگر استفاده شد و براساس آن وضعیت بادهای فرساینده در منطقه بررسی شد. شکل (۴) نمودارهای گل‌طوفان‌های فصلی و سالانه ایستگاه سینوپتیک اردستان را نشان می‌دهد. همان‌گونه که گل‌طوفان‌های سالانه و فصلی ایستگاه سینوپتیک اردستان و جدول (۴) نشان می‌دهد جهت باد غالب از سمت جنوب است. در حدود ۷۰/۸ درصد از بادهای حاکم در منطقه باد آرام و در حدود ۰/۲ درصد از بادهای حاکم در منطقه دارای سرعتی بیش از ۱۶/۵ متر بر ثانیه (۳۳ نات) بوده است. با توجه به گل‌طوفان سالانه، مشخص شد که فراوانی بادهایی که دارای سرعتی کمتر از سرعت آستانه فرسایش بادی هستند برابر ۷۰/۸ است. این مساله، نشان‌دهنده این است که بادهای طوفان‌زا و تولیدکننده گردوغبار حدود ۳۰ درصد از کل بادهای منطقه را شامل می‌شوند. بیشترین درصد وزش باد مربوط به فصل بهار با ۰/۴

نتایج تغییرات تعداد وقوع گرد و غبار و شاخص خشکسالی SPI در جدول (۲) ارایه شده است. نتایج حاکی از آن است که در دوره مورد مطالعه در سال‌هایی که شرایط خشکسالی در سطح ایستگاه حاکم بوده، تعداد وقوع گرد و غبار افزایش داشته و در سال‌هایی که شرایط تر سالی در استان حاکم بوده از تعداد گرد و غبار کاسته شده است. همچنین نتایج نشان می‌دهد که سال ۲۰۱۳ که شدیدترین خشکسالی در سطح ایستگاه در دوره مورد مطالعه صورت گرفت بیشترین تعداد گرد و غبار به وقوع پیوسته است.

### جدول (۲): تغییرات تعداد وقوع گرد و غبار و شاخص

#### خشکسالی SPI طی دوره آماری ۲۰۱۳-۲۰۰۰

سال	بارندگی	شاخص SPI	تعداد گرد و غبار
۲۰۰۰	۱۳۷/۸	۰/۰۸	۳۲
۲۰۰۱	۱۷۲/۸	۰/۸۳	۱
۲۰۰۲	۲۰۵/۶	۱/۴۶	۲
۲۰۰۳	۱۷۷/۶	۰/۹۳	۷
۲۰۰۴	۱۳۴/۷	۰	۴
۲۰۰۵	۱۸۷/۸	۱/۱۳	۸
۲۰۰۶	۱۷۶/۷	۰/۹۱	۹
۲۰۰۷	۱۴۷/۲	۰/۲۹	۳
۲۰۰۸	۱۰۸/۸	-۰/۶۵	۳۹
۲۰۰۹	۱۱۵	-۰/۴۹	۲۸
۲۰۱۰	۸۵	-۱/۳۶	۳۲
۲۰۱۱	۱۲۹/۲	-۰/۱۳	۳۴
۲۰۱۲	۱۰۶/۴	-۰/۷۲	۳۹
۲۰۱۳	۶۰/۵	-۲/۲۵	۴۹

در جدول (۳) مقادیر آماره Z من کندال برای متغیر فراوانی روزهای همراه با طوفان‌های گرد و غباری در دوره آماری ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۳ برای ایستگاه اردستان نشان داده شده است. بررسی نتایج آزمون من-کندال برای داده‌های طوفان‌های گرد و غباری نشان می‌دهد که از مجموع ۱۳ سری داده‌های ماهانه و سالانه روزهای همراه با گرد و غباری، سری داده‌های سالانه دارای روند معنی‌داری مثبت در سطح معنی‌داری ۱٪ می‌باشد. بیشترین مقادیر آماره Z مربوط به داده‌های سالانه (۳/۰۷+) است. یک سری داده نیز شامل ماه اکتبر دارای روند صعودی است ولی در سطوح ۱ و ۵ درصد معنی‌دار نیست بقیه سری داده‌ها بدون روند می‌باشند. آزمون من-کندال از توانایی کافی برای ارایه نتایج

درصد و کمترین آن در فصل پاییز می‌باشد.

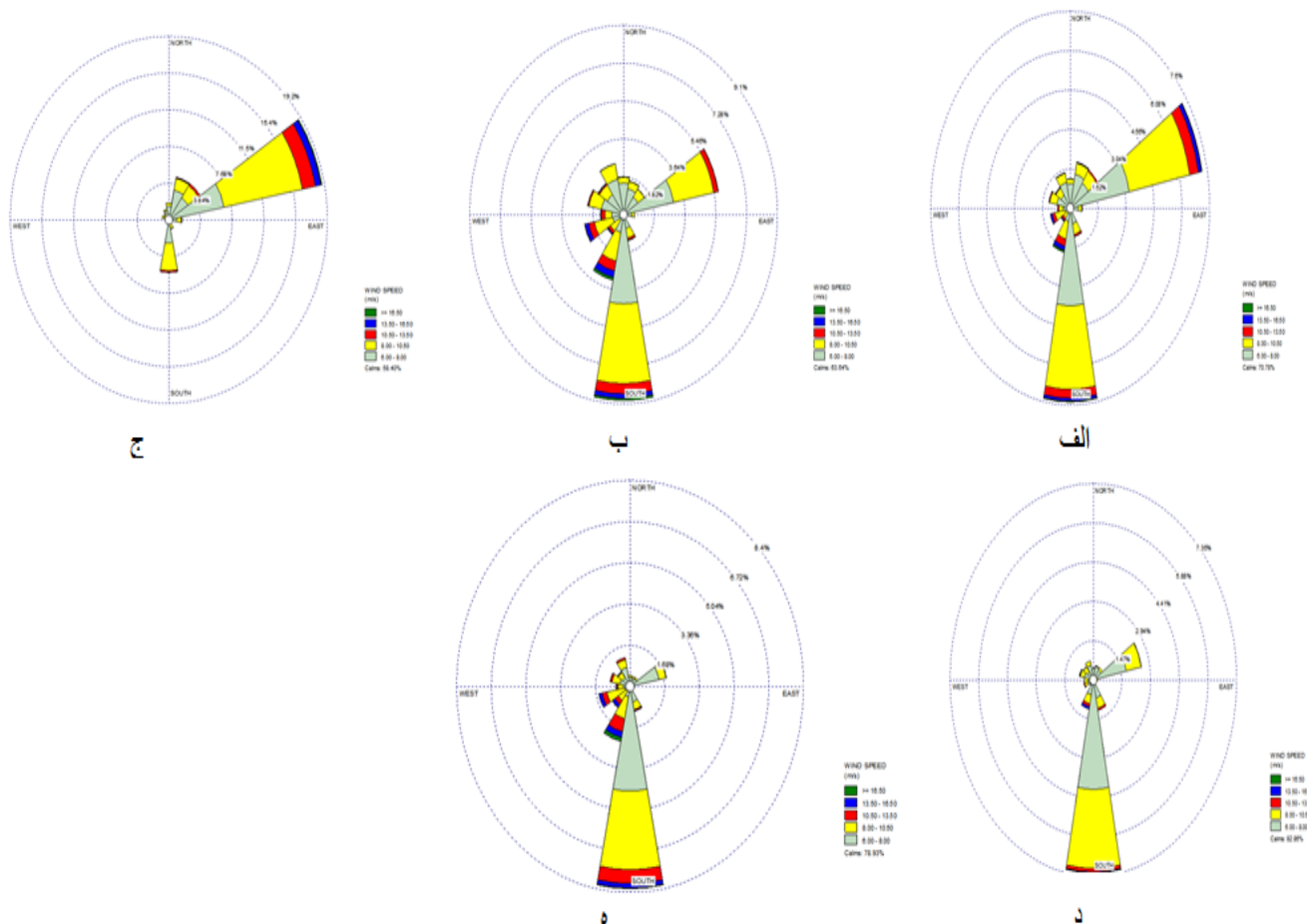
جدول (۳): نتایج مقادیر آماره Z من کندانال و سن استیمیتور برای متغیر فراوانی روزهای همراه با طوفان‌های گرد و غباری (۲۰۱۳-۲۰۰۰)

Sen,s Estimator				Q	Z	سری داده‌ها
%۹۹		%۹۵				
M2	M1	M2	M1			
۰	۰	۰	۰	۰	۰/۱۵	ژانویه
-۰/۱۱۵	۰/۵	۰	۰/۳۳۳	۰/۱۲۵	۰/۱۴۲	فوریه
-۰/۲۰۴	۰/۹۱۹	۰	۰/۶۶۷	۰/۳۳+	۰/۱۷۹	مارس
۰	۱	۰/۱۳۴	۰/۸۰۶	۰/۵*	۲/۳۸	آوریل
۰/۱۷۶	۱/۲۳۵	۰	۱	۰/۵+	۱/۸۹	می
۰	۱/۱۶۶	۰	۱	۰/۵*	۲/۵۲	ژوئن
۰	۰/۸۰۴	۰	۰/۵۹۲	۰/۲۵+	۱/۸۲	جولای
۰	۰/۵	۰	۰/۳۴۲	۰/۱۲۵**	۲/۶۱	آگوست
۰	۰/۱۲۵	۰	۰/۰۸۸	۰	۰/۵۸	سپتامبر
۰	۰/۱۷۳	۰	۰	۰	۱/۱۷+	اکتبر
-۰/۱۸۱	۰	-۰/۰۵۹	۰	۰	۱/۲۶	نوامبر
۰	۰	۰	۰	۰	۱/۷۳	دسامبر
۰/۵۰۴	۵	۱	۴/۸	۳/۵	۳/۰۷**	سالانه

جدول (۴): درصد توزیع طبقه های سرعت باد به صورت سالانه و در فصول مختلف سال در ایستگاه سینوپتیک اردستان (گل توفان)

>=۱۶/۵	۱۳/۵-۱۶/۵	۱۰/۵-۱۳/۵	۸-۱۰/۵	۶-۸	درصد باد آرام	طبقه های سرعت
۰/۲	۰/۷	۱/۷	۱۱/۲	۱۵/۴	۷۰/۸	سالانه (۲۰۰۰-۲۰۱۳)
۰/۴	۰/۹	۲/۳	۱۳/۶	۱۹/۲	۶۳/۶	بهار
۰/۱	۰/۸	۲/۲	۱۷/۷	۲۰/۸	۵۸/۴	تابستان
۰	۰/۱	۰/۴	۵/۸	۱۰/۸	۸۲/۹	پاییز
۰/۲	۰/۸	۱/۹	۷/۶	۱۰/۵	۷۸/۹	زمستان





شکل (۴): نمودارهای الف تا ه به ترتیب گل‌طوفان‌های سالانه، بهار، تابستان، پاییز و زمستان طی دوره آماری ۲۰۱۳-۲۰۰۰

### بحث و نتیجه‌گیری

نتایج بررسی شاخص خشکسالی SPI در دوره ۱۴ ساله (۲۰۱۳-۲۰۰۰) حاکی از آن است که تغییرات خشکسالی از روند منظمی تبعیت نمی‌کند و بر اساس تغییرات بارش، شدت خشکسالی تغییر می‌کند. دلیل این امر این است که این شاخص به بارندگی وابستگی دارد در دوره مورد مطالعه سال‌های ۲۰۱۳ و ۲۰۰۲ به ترتیب خشک‌ترین و پرباران‌ترین سال می‌باشند. این نتایج با نتایج (Salehvand et al., 2013; Rezaei et al., 2007) که نشان می‌دهند شدت خشکسالی در زمان‌ها و مکان‌های مختلف متغیر است همخوانی دارد. نتایج نشان داد که سال ۲۰۱۳، با ۴۸ روز و سال ۲۰۰۱ با یک روز به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد وقوع گرد و غبار را در سطح ایستگاه داشته است. نتایج آماری همچنین بیان‌کننده آن است که در طی دوره آماری ۱۴ ساله (۲۰۱۳-۲۰۰۰) ۲۸۶ روز همراه با گرد و غبار گزارش شده است.

بررسی آماری حاکی از آن است که ماه می و دسامبر به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد وقوع گرد و غبار را نسبت به ماه‌های دیگر سال داشته‌اند که با نتایج (Bohayrari et al., 2011) همخوانی دارد و همچنین بخش اول نتایج با نتایج (Zolfaghari & Abedzadeh, 2005) که ماه ژوئن بیشترین تعداد گرد و غبار را داشته مطابقت ندارد ولی با ماه دسامبر که کمترین تعداد گرد و غبار را دارد تطابق دارد. نتایج همچنین حاکی از آن است که فصل بهار بیشترین تعداد گرد و غبار را در سطح ایستگاه دارد که با نتایج (Hamidi et al., 2013) که بیشترین تعداد وقوع گرد و غبار را مربوط به فصول بهار می‌دانند همخوانی دارد. به طور کلی با شروع فصل بهار و دوره گرم و در پی آن فصل تابستان، فراوانی روزهای همراه با گردوغبار افزایش می‌یابد که علت آن می‌تواند افزایش ساعت‌های تابش روزانه خورشید، گرمایش سطحی و همچنین وجود برخی ناپایداری‌های محلی

بادهایی با سرعت زیاد به سمت منطقه می‌گردد. تحلیل زمانی وقوع طوفان‌های گرد و غباری منطقه مورد مطالعه با استفاده از روش‌های آماری ناپارامتری نشان داد که در روش من-کندال از مجموع ۱۳ سری داده، یک سری آن شامل سری داده‌های سالانه، و در روش سن‌استیمتری سری داده ماه‌های آوریل و ژوئن دارای روند معنی‌داری مثبت در سطح معنی‌داری ۱٪ بودند و در روش سن‌استیمتور سری داده‌های آوریل و ژوئن دارای روند صعودی در سطح اطمینان ۵٪ هستند. روش‌های آماری ناپارامتری مورد استفاده کارایی مناسبی برای تحلیل روند تغییرات روزهای همراه با گرد و غبار دارند. به طور کلی، هر چند پدیده گرد و غبار یک پدیده فراملی بوده و غیرقابل کنترل است ولی می‌توان با شناساندن محدوده آن در قالب الگوی گردشی و بررسی ویژگی‌های آماری در بازه زمانی مختلف، با آگاهی از زمان و محدوده این پدیده مخرب، برنامه‌های لازم را برای مقابله و سازگاری فراهم نمود. از طرف دیگر، با توجه به گستردگی زیاد منطقه تغذیه‌کننده گرد و غبار امکان تغییر موثر در کوتاه مدت منتفی خواهد بود.

## یادداشت‌ها

### 1. MATLAB

مرتبط باشد، همچنین در این فصل‌ها ناپایداری‌های محلی به حداکثر می‌رسند در صورتی که در فصل زمستان به علت ساکن شدن سیستم‌های فشار زیاد و ثابت بودن آنها در منطقه فراوانی طوفان‌های خاک در منطقه به حداقل می‌رسد. نتایج نشان داد که خشکسالی با تعداد وقوع گرد و غبار ارتباط دارد و با افزایش شدت خشکسالی در ایستگاه بر تعداد وقوع گرد و غبار افزوده شده است. به گونه‌ای که در سال ۲۰۱۳ که شدیدترین خشکسالی در دوره مورد مطالعه به وقوع پیوسته است، بیشترین تعداد وقوع گرد و غبار در ایستگاه رخ داده است. نتایج این تحقیق با نتایج (Herweijer et al., 2013) و (Lee & Sohn., 2011) که نشان دادند با افزایش شدت خشکسالی، تعداد وقوع گرد و غبار افزایش می‌یابد همخوانی دارد. گل طوفان‌های فصلی نشان دادند که بیشترین درصد وزش باد مربوط به بهار و کمترین آن در فصل پاییز است. در شهرستان اردستان در فصل بهار و تابستان، همزمان با تغییر فصل و دگرگونی شرایط اقلیمی، شرایط باد برای رخداد این پدیده مهیاتر است. به نظر می‌رسد که با شروع دوره گرم و ضعیف شدن اثر سیستم‌های غربی در منطقه، میزان تابش خورشید و گرمایش سطح زمین افزایش یافته و در نتیجه گرادیان حرارتی شدیدی بین این منطقه و ارتفاعات مجاور و یا عرض‌های بالاتر ایجاد می‌شود که این موضوع سبب وزش

## فهرست منابع

- Ansari Renani, M. 2011. Climatic-statistical analysis of dust in Zahedan province during 1986-2000. First congress in dust event and Dealing with its harmful effects. 2011. Khuzestan, Ahwaz, Iran. 363Pp. (In Persian)
- Asghari Poudeh, Z.; Shafei Zadeh, M.; Fakheran, S. & Ghilani, A. 2015. Assessment and zoning of spatial-temporal changes of dust storms using DSI index in Khuzestan province. Second national congress of climate change and engineering of sustainable development of agriculture and natural resources, Shahid Beheshti, Tehran, Iran. pp 1-11. (in Persian).
- Beroghani, M.; Taayi, M. & Mirnia, S. 2013. Analysis of the association of hydro-geological and climatic drought in Sabzevar plain using SWI and SPI indexes. *Journal of Rangelands and Desert*. 20(4): 733-744. (In Persian)
- Bohayraryi, H.; Rajaei, M.A. & Ahmadi, H. 2011. Synoptically-Statistical analysis of dust event in Ilam province, Iran. *Journal of Novel Views in Human Geography*. 4(1): 47-67. (In Persian)
- Cannarozzo, M.; Noto, L. V. & Viola, F. 2006. Spatial Distribution of Rainfall Trends in Sicily., *J. of Physics and Chemistry of the Earth*. 31: 1201-1211.
- Ekhtesasi, M.R.; Ahmadi, H.; Khalili, A.; Saremi Naeni, M. A. & Rajabi M.R. 2006. Application of wind rose, storm rose and sand rose in analyzing wind erosion and determination of moving direction of mobile sand dunes (case study: Yazd-Ardakan plain). *Journal of Natural Resources College*. 59 (3): 533-541. (In Persian)

- Hahnenberger, M. & Nicool, K. 2012. Meteorological characteristics of dust storm events in the eastern Great Basin of Utah, U.S.A. *Geomorphology*. 204(2): 657-672.
- Hamidi, M.; Kavianpour, M.R. & Shoa, Y. 2013. Synoptic analysis of dust storms in the middle east. *East Asia-Pacific Journal of atmospheric sciences*. 49(3): 279-286.
- Herweijer, C.; Seager, R.; Cook, K. & Geay, E. 2013. North American Droughts of the Last Millennium from a Gridded Network of Tree-Ring Dtes, Lamont-Doherty Earth Observatory, Columbia University, Palisades, New York, *Drying Technology; An International Journal*. 3, Issue 15.
- Juraj, M.; Cunderlik, Taha B. & Ouarada. M. J. 2009. Trends in The Timing and Magnitude of Floods in Canada, *Journal of Hydrology*. 375: 471-480.
- Kang, L.; Huang, J.; Chen, S. & Wang, X. 2015. Long-term trends of dust events over Tibetan Plateau during 1961-2010, *Atmospheric Environment*. 125(2016)188-198
- Kumar, S.; Kumar S.; Kaskaoutis, D. G.; Singh, R. P.; Singh, R. K.; Mishraf, A. K.; Srivastava, M. K. & Singh, A. K. 2015. Meteorological, atmospheric and climatic perturbations during major dust storms over Indo-Gangetic Basin, *Aeolian Research*. 17: 15-31.
- Lau, K. M.; Kim, M. K.; Sud, Y. C. & Walker, G. K. 2009. A GCM study of the response of the atmospheric water cycle of West Africa and the Atlantic to Saharan dust radiative forcing. *Annals of Geophysics*. 27: 4023-4037.
- Lee, E. H. & Sohn, B. J. 2011. Recent increasing trend in dust frequency over Mongolia and Inner Mongolia regions and its association with climate and surface condition change. *Atmospheric Environment*. 45(27): 4611-4616.
- O'Hara, S. L.; Clarke, M. L. & Elatrash, M. S. 2006. Field measurements of desert dust deposition in Libya. *Atmospheric Environment*. 40(21): 3881-3897.
- O'Loingsigh, T.; McTainsh, G.H.; Tews, E.k.; Strong, C.L.; Leys, J.F.; Shinkfield, P. & Tapper, N. J. 2014. The Dust Storm Index(DSI): A method for monitoring broad scale wind erosion using meteorological records. *Aeolian Research*. 12(1): 29-40.
- Rafiei Majoomerd, Z.; Yazdani, M.R. & Rahimi, M. 2016. Trend analysis of number of dusty days in Iran. *Arid Biome Scientific and Research Journal*. 6(2): 46-59. (In Persian)
- 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*. 434(3): 552-564
- Rasouli, A.A.; Sari Sarraf, B. & Mohammadi, G.H. 2010. Trend Analysis the Number of Dusty Days in the Past 55 years in the West of Iran, Using Non-Parametric Statistics. *J. Physic. Geograph*. 3(9): 15-28.
- Rezaei, T.; Danesh kar Arasteh, P.; Akhtari, R.A. & Saghafian B. 2007. Study the meteorological drought in Sistan and Balouchestan province using SPI index and Markov Chain model. *Journal of Investigations in Iranian Water Sources*. 3(1): 25-35. (In Persian)
- Rezazadeh, M.; Irannejad, P. & Shao, Y. 2013. Climatology of the Middle dust events. *Aeolian Reserch*: 103-109.
- Salehvand, A.; Montazeri, M. & Momeni, M. 2013. Drought zoning with indices (PNI, DI, CZI, ZSI, SPI) and the sequence in Khuzestan province in GIS environment, *Journal of Geography and Urban Planning Zagros Landscape*. 17(3): 35-52.
- Sedaghat, M. 2006. External process comprising the earth. Published by Islamic Azad University production center.
- Tan, M.; Li, X. & Xin L. 2014. Intensity of dust storms in China from 1980 to 2007: A new definition. *Atmospheric Environment*. 85(4): 215-222.

- Tavousi, T. & Zahraei, A. 2013. Modeling Time Series of dust phenomena in Ahvaz. *Geografical Researches Quarterly Journal*. 28(2): 159-170. (In Persian)
- Wang, W. & Fang, Z.Y. 2006. Numerical Simulation and Synoptic of Dust, Emission and Transport in East Asia Global and Planetary Change. 52: 57-70.
- Yang, B.; Brauning, A. & Esper, J. 2007. Characterisation of Bio-aerosols During Dust Storm Period in N-NW India. *Atmospheric Environmental*. 41: 6063-6073.
- Zangeneh, S. 2014. Applied meteorology of dust storms in Iran, two journals applied meteorology. 1(1): 1-12.
- Zeinali, B. 2016. Investigation of frequency changes trend of days with dust storms in western half of Iran. 5(7): 87-100. (In Persian)
- Zolfaghari, H. & Abedzadeh, H. 2005. Analyzing the synoptic systems of dust events in West of Iran. *Journal of Geography and Development*. 3: 173-187. (In Persian)