

## تحلیل روند تعداد روزهای همراه با گرد و غبار در ایران

۱- زهره رفیعی مجومرد، دانشجوی دکتری بیابان‌زدایی، گروه بیابان‌زدایی، دانشگاه سمنان

z.rafiiee2014@semnan.ac.ir

۲- محمدرضایزدانی، استادیار اقلیم‌شناسی، گروه بیابان‌زدایی، دانشگاه سمنان

۳- محمد رحیمی، استادیار اقلیم‌شناسی، گروه بیابان‌زدایی، دانشگاه سمنان

دریافت: ۱۳۹۴/۰۵/۳۱

پذیرش: ۱۳۹۵/۰۲/۰۵

## چکیده

یکی از شیوه‌های مناسب برای بررسی روند بیابان‌زایی و فرسایش بادی در مناطق خشک و فراخشک بررسی روند غبارناکی هوا به کمک شاخص تعداد روزهای طوفان گردوخاک (DDI) است. در این مطالعه داده‌های ۴۱ ایستگاه سینوپتیک که دارای دوره آماری کامل و طولانی‌تر هستند برای تجزیه و تحلیل سالانه حداکثر روزهای گردوغبار در یک دوره آماری مشترک (۲۰۰۵ - ۱۹۶۵) استفاده شد. روش‌های آماری ناپارامتری من-کندال و ضریب همبستگی  $\rho$  اسپیرمن و خود همبستگی، برای تعیین کمیت معنی‌داری روند، مقدار روند و تغییر روند به کار گرفته شد. آزمون‌های آماری من-کندال و ضریب اسپیرمن نتایج مشابهی را نسبت به روش خود همبستگی نشان دادند. 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 معنی‌دار داشتند (۱۰ ایستگاه روند افزایشی و ۱۶ ایستگاه روند کاهش)، ۲۷ ایستگاه در آزمون ضریب اسپیرمن معنی‌دار بودند (۱۰ ایستگاه روند افزایشی و ۱۷ ایستگاه روند کاهش) و در آزمون خودهمبستگی ۳۳ ایستگاه از ۴۱ ایستگاه دارای روند معنی‌دار مثبت و منفی بودند. بیشترین شیب کاهش روند در ایستگاه آبادان (۱/۹۲-) و کمترین شیب مربوط به ایستگاه تبریز و ارومیه (۰/۱-) بود. بیشترین شیب افزایشی نیز مربوط به ایستگاه ایرانشهر با ۱/۹۷ و کمترین در ایستگاه گرگان با ۰/۰۸ شناسایی شد.

واژگان کلیدی: روزهای گردوغبار؛ آزمون من-کندال؛ ضریب همبستگی  $\rho$  اسپیرمن؛ آزمون خود همبستگی؛ سمنان.

## مقدمه

از جمله یزد، ۲۵ روز و بیشتر در سال پدیده گردوغبار اتفاق می‌افتد [۲۸]. به دلیل مجاورت مناطق غرب و جنوب غربی کشور با بیابان‌های بزرگ کشورهای هم‌جوار، روزهای غبارآلود در این مناطق قابل توجه بوده، و در سال‌های اخیر افزایش یافته است.

بیشتر طوفان‌های گردوغباری در این منطقه در تابستان و بهار رخ می‌دهد [۱۲]. آمارهای سازمان هواشناسی کشور نشان می‌دهد که میانگین روزهای غبارآلود در طی ۵۰ ساله گذشته در شهرهای اهواز، آبادان، بوشهر و کرمانشاه به‌طور میانگین به ترتیب ۶۸، ۷۶، ۷۵ و ۲۷ روز در طول سال بوده است [۲۴]. بر اساس نتایج پژوهشگران طوفان‌های گردوغبار علت بیماری‌های حاد تنفسی، آلرژی، آسم و سندرم همچنین آلودگی آب است [۱]. در سال‌های اخیر تغییراتی در فراوانی وقوع این پدیده مخاطره‌آمیز صورت گرفته است.

پدیده گردوغبار از بلایای اقلیمی - جوی است که جنبه‌های مختلف زندگی انسان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. فراوانی وقوع گردوغبار در مناطق خشک و نیمه‌خشک به مراتب بیشتر و شرایط زندگی را در بسیاری از مناطق خشک و نیمه‌خشک آسیا به‌طور چشمگیری تحت تأثیر قرار داده است. بیش از ۳۰٪ از مساحت ایران را مناطق خشک و نیمه‌خشک در برمی‌گیرد [۱۸]. این کشور از سالیان گذشته با پدیده طوفان‌های گردوغبار روبرو بوده است. در بسیاری از منابع، جنوب شرق ایران به‌عنوان یکی از مناطق اصلی گردوغبار در جهان شناخته شده است [۹، ۱۴، ۲۵، ۵ و ۲۹]. بررسی فراوانی روزهای گردوغباری در کشور، نشان می‌دهد که چاله‌های مرکزی ایران، بیشترین روزهای گردوغباری را دارند. به‌عنوان مثال، بادهای ۱۲۰ روزه در استان سیستان و بلوچستان به بیش از ۱۵۰ روز در سال افزایش یافته است [۸]. در مناطق مرکزی ایران

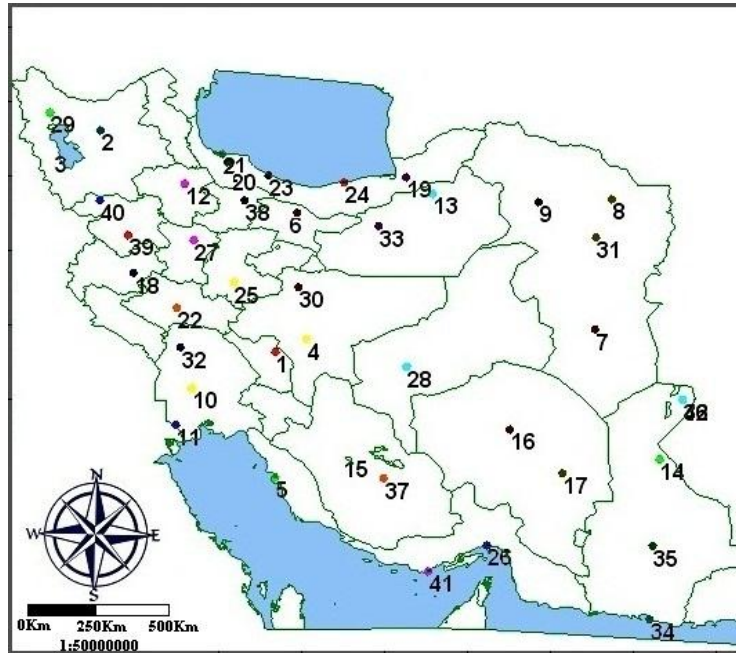
فراوانی وقوع گردوغبار در یک منطقه علاوه بر شدت، سرعت باد و خشکی ذرات خاک، به اندازه و قطر ذرات نیز بستگی دارد. پوشش گیاهی و نوع آن نیز در شدت وقوع گردوغبار نقش مؤثری بازی می‌کند. تجزیه و تحلیل روند وقوع گردوغبار در غرب ایران با بهره‌گیری از آزمون آماری نا پارامتری من- کندال، نشان داده است که این سیستم در سراسر منطقه از شمال به جنوب همگن نیست و فراوانی وقوع آن در حال افزایش است [۲۴]. طوفان گردوغبار در استان خراسان رضوی، به دلیل فشار کم در خراسان جنوبی و افغانستان و فشار بالا در دریای خزر ایجاد می‌شود [۱۳]. تحلیل سینوپتیکی سامانه‌های گردوغبار در استان خوزستان نشان داد در دوره سرد سال، سامانه‌های مهاجر باد غربی و رود باد مقابل قطبی و در دوره گرم سال، کم‌فشار حرارتی بر روی زمین مهم‌ترین عوامل در ایجاد و شکل دادن به این رویدادها در خوزستان است [۲۶]. علت اصلی انتشار گردوغبار در استان لرستان، از طریق سطح میانی جوی (۵۰۰ هکتو پاسکال)، مهم‌ترین سیستم‌های فشار زمین، کم‌فشار در خلیج فارس و جریان ناشی از اختلاف درجه حرارت از شرق ترکیه و شمال عراق به شمال غرب - جنوب شرق خلیج فارس می‌وزد [۱۱]. تجزیه و تحلیل پنج ساله (۱۹۸۷-۱۹۸۳) نشان می‌دهد که ایستگاه دزفول با میانگین ۱۳۷/۴ روز بیشترین روز با طوفان گردوغبار را داشته و خوی با ۲/۶ دارای کمترین روز با طوفان گردوغبار بوده است [۳۰]. همچنین یک روند افزایشی در تعداد روزهای با طوفانی گرد و غبار در شهرستان سبزوار دیده می‌شود که بیشترین احتمال رخ داد در ماه مه و ژوئن و اغلب در بعدازظهر رخ می‌دهد [۱۷]. بررسی سینوپتیکی و تجزیه و تحلیل شبیه‌سازی عددی انتشار و انتقال گردوغبار در شرق آسیا نشان می‌دهد که فعالیت‌های طوفان گردوغبار ممکن است هم‌زمان با سیستم‌های سینوپتیکی در مناطق بیابانی شمال شرق آسیا، با سرعت باد ۶ متر در ثانیه گسترش یابد [۲۷]. بررسی روند پدیده گردوغبار در غرب کشور در ۵۵ سال اخیر نشان داد که با توجه به نوع داده‌های ورودی (گسسته بودن)، روش‌های آماری من- کندال و سنس استیمیتور کارآیی بسیار مناسبی را برای تحلیل روند این پدیده دارا هستند [۲۴]. با استفاده از نقشه‌های

سینوپتیکی، بادهای شدید بیش از ۱۵ متر بر ثانیه (طوفان) در خراسان بررسی شد. بر اساس نتایج می‌توان عوامل مؤثر بر وقوع طوفان در استان خراسان را وجود سامانه‌های کم‌فشار در قسمت‌های مرکزی و جنوبی ایران، پرفشار جنب‌حاره‌ای در تابستان و جنب‌حاره‌ای بر روی مناطق شمالی ایران و جابجایی آن تا قسمت‌های مرکزی ایران را نام برد [۱۶]. تجزیه و تحلیل بادهای بیش از ۲۰ نات تهران با استفاده از نقشه‌های سینوپتیکی و شاخص‌های ناپایداری، ثابت می‌کند که وزش بادهای شدید ناشی از وجود دو مرکز کم‌فشار بسته شده ۱۰۰۴ هکتوپاسکال در منطقه مورد مطالعه، حاکمیت هوای سرد قبل از عبور جبهه سرد از ایستگاه، هم‌جوار بودن با منطقه کویر و وجود ناپایداری است [۷]. شاخص ناپایداری و نقشه‌های سینوپتیک رژیم بادهای شدید و طوفانی یزد نشان می‌دهد که بیش از ۷۷ درصد بادهای شدید منطقه از جهت ۲۵۰ تا ۳۳۰ درجه می‌وزد. همچنین بیش از ۵۰ درصد از بادهای شدید و طوفان‌های منطقه در ماه‌های اردیبهشت و فروردین رخ می‌دهد [۲۰]. عبور یک سامانه کم‌فشار با جبهه سرد و خشک از سمت غرب- شمال غرب همراه با وجود ناوه در ترازهای ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال و ناپایداری‌های محلی، مهم‌ترین علل پیدایش این بادهای شدید است. هدف از انجام این پژوهش بررسی تعداد روزهای گردوغبار و روند آن در دوره آماری ۱۳۶۵-۱۳۸۴ در ۴۱ ایستگاه سینوپتیکی کشور به سه روش آزمون ناپارامتری من- کندال، ضریب اسپیرمن و خودهمبستگی است.

### مواد و روش

شکل ۱ پراکنش ایستگاه‌های سینوپتیک مورد استفاده در این مطالعه را نشان می‌دهد. این ایستگاه‌ها دارای توزیع مناسب همراه با یک دوره مناسب از داده‌های جوی (۴۱ سال) هستند. برای اطمینان از نرمال بودن دسته داده‌های تشکیل شده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف استفاده شد. سپس بازسازی نواقص آماری به روش استفاده از ایستگاه‌های معرف محاسبه گردید.

جدول ۱ مشخصات ایستگاه‌های مورد استفاده را نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های سینوپتیک مورد مطالعه در ایران

الف) محاسبه اختلاف بین تک تک مشاهدات با یکدیگر و اعمال تابع علامت و استخراج پارامتر S به شرح زیر:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \operatorname{sgn}(x_j - x_k) \quad (1)$$

که در آن:

n: تعداد مشاهدات سری،

$x_j$  و  $x_k$ : به ترتیب داده‌های j ام و k ام سری می‌باشند.

تابع علامت نیز به شرح زیر مورد محاسبه می‌باشد:

$$\operatorname{sgn}(X) = \begin{cases} +1 & \text{if } (X_j - X_k) > 0 \\ 0 & \text{if } (X_j - X_k) = 0 \\ -1 & \text{if } (X_j - X_k) < 0 \end{cases} \quad (2)$$

برای تشخیص وجود روند در سری داده‌های آب و هوایی، اغلب از روش‌های پارامتری و ناپارامتری استفاده می‌شود. هرچند به دلیل رفتار غیرخطی متغیرهای آب و هوایی از روش‌های ناپارامتری برای تشخیص روند بیشتر استفاده می‌شود. با توجه به توانایی روش‌های ناپارامتر به استفاده از داده‌های پرت و این که روش به سری‌های زمانی با توزیع نرمال به عنوان ورودی نیاز ندارد، کارایی آن‌ها قابل توجه است. در انجام این تحقیق از سه روش ناپارامتری من-کندال<sup>۱</sup>، اسپیرمن<sup>۲</sup> و آزمون خود همبستگی<sup>۳</sup> استفاده شد.

### آزمون من کندال

آزمون ناپارامتری رتبه‌ای بر اساس من-کندال برای تشخیص روند تعداد روزهای همراه با طوفان گردوغبار و در مقیاس‌های زمانی مختلف در نظر گرفته شد [۱۵ و ۱۰]. مراحل محاسبه مقدار آماره این آزمون به شرح زیر است:

1- Mann-kendall test  
2 - Spearman's Rho test  
3- Autocorrelation test

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های سینوپتیک مورد استفاده

نام ایستگاه	طول جغرافیایی (°E)	عرض جغرافیایی (°N)	ارتفاع (m)	طبقه اقلیم (روش دومارتن)
شهرکرد	50° 51'	32° 17'	2048.9	نیمه خشک
تبریز	46° 17'	38° 5'	1361.0	نیمه خشک
ارومیه	45° 5'	37° 32'	1315.9	نیمه خشک
اصفهان	51° 40'	32° 37'	1550.4	فرا خشک
بوشهر	50° 50'	28° 59'	19.6	خشک
تهران مهرآباد	51° 19'	35° 41'	1190.8	خشک
بیرجند	59° 12'	32° 52'	1491.0	خشک
مشهد	59° 38'	36° 16'	999.2	نیمه خشک
سبزوار	57° 43'	36° 12'	977.6	خشک
اهواز	48° 40'	31° 20'	22.5	خشک
آبادان	48° 15'	30° 22'	6.6	فرا خشک
زنجان	48° 29'	36° 41'	1663.0	نیمه خشک
شاهرود	54° 57'	36° 25'	1345.3	خشک
زاهدان	60° 53'	29° 28'	1370.0	خشک
شیراز	52° 36'	29° 32'	1484.0	نیمه خشک
کرمان	56° 58'	30° 15'	1753.8	خشک
بم	58° 21'	29° 6'	1060.9	فرا خشک
کرمانشاه	47° 9'	34° 21'	1318.6	نیمه خشک
گرگان	54° 16'	36° 51'	13.3	مدیترانه ای
رشت	49° 36'	37° 15'	-6.9	خیلی مرطوب تیپ الف
بندر انزلی	49° 28'	37° 28'	-26.2	خیلی مرطوب تیپ ب
خرم آباد	48° 17'	33° 26'	1147.8	نیمه خشک
رامسر	50° 40'	36° 54'	-20.0	خیلی مرطوب تیپ الف
بابلسر	52° 39'	36° 43'	-21.0	خیلی مرطوب تیپ الف
اراک	49° 46'	34° 6'	1708.0	نیمه خشک
بندرعباس	56° 22'	27° 13'	9.8	فرا خشک
همدان نوژه	48° 43'	35° 12'	1679.7	نیمه خشک
یزد	54° 17'	31° 54'	1237.2	فرا خشک
خوی	44° 58'	38° 33'	1103.0	نیمه خشک
کاشان	51° 30'	33° 59'	982.3	فرا خشک
ترت حیدریه	59° 13'	35° 16'	1450.8	نیمه خشک
دزفول	48° 23'	32° 24'	143.0	نیمه خشک
سمنان	53° 33'	35° 35'	1130.8	فرا خشک
چابهار	60° 37'	25° 17'	8.0	فرا خشک
ایران شهر	60° 42'	27° 12'	591.1	فرا خشک
زابل	61° 29'	31° 2'	489.2	فرا خشک
فسا	53° 41'	28° 58'	1288.3	نیمه خشک
قزوین	50° 3'	36° 15'	1279.2	نیمه خشک
سنندج	47° 0'	35° 20'	1373.4	مدیترانه ای
سقز	46° 16'	36° 15'	1522.8	مدیترانه ای
بندرلنگه	54° 50'	26° 32'	22.7	فرا خشک

(ب) محاسبه واریانس به کمک یکی از روابط زیر:

$$\begin{aligned} \text{var}(S) &= \frac{n - (n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^m t(t-1)(2t-5)}{18} i \\ &> 10 \\ \text{var}(S) &= \frac{n - (n-1)(2n+5)}{18} \text{ if } n < 10 \end{aligned} \quad (۳)$$

که در آن:

$n$  تعداد داده‌های مشاهده‌ای و  $m$  معرف تعداد سری‌هایی است که در آن‌ها حداقل یک داده تکراری وجود دارد.  $T$  نیز بیان‌گر فراوانی داده‌های با ارزش یکسان است. (پ) استخراج آماره  $Z$  به کمک یکی از روابط زیر:

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{var}(S)}} \text{ if } S > 0 \\ 0 \text{ if } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{var}(S)}} \text{ if } S < 0 \end{cases} \quad (۴)$$

در یک آزمون دو دامنه‌ای برای روندیابی سری داده‌ها، فرض صفر در حالتی پذیرفته می‌شود که رابطه زیر برقرار باشد:

$$|Z| \leq Z_{\alpha/2} \quad (۵)$$

که در آن:

$\alpha$ : سطح معنی‌داری است که برای آزمون در نظر گرفته می‌شود و  $Z_{\alpha}$  آماره توزیع نرمال استاندارد در سطح معنی‌داری  $\alpha$  می‌باشد که با توجه به دو دامنه بودن آزمون، از  $\alpha/2$  استفاده شده است.

در این پژوهش، این آزمون برای سطوح اعتماد ۹۵٪ و ۹۹٪ استفاده شد. در صورتی که آماره  $Z$  مثبت باشد روند سری داده‌ها افزایشی و در صورت منفی بودن آن روند کاهشی در نظر گرفته می‌شود.

### ضریب همبستگی $\rho$ اسپیرمن

این ضریب در اوایل دهه ۱۹۰۰ توسط چارلز اسپیرمن ارائه گردید. این ضریب که با  $\rho$  نمایش داده می‌شود، همواره بین +۱ و -۱ در نوسان است و از نظر سطح سنجش نیز ترتیبی و از نوع متقارن است.

$$P = 1 - \frac{6(\sum d_i^2)}{n(n^2 - 1)} \quad (۶)$$

که در آن:

$P$  ضریب همبستگی اسپیرمن،  $n$  تعداد مشاهده‌ها و  $d_i^2$  مجموع مجذور تفاوت دو رتبه است.

برای آزمون ضریب همبستگی اسپیرمن از رابطه زیر آماره  $t$  برآورد می‌شود.

$$t = \frac{\rho\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-\rho^2}} \quad (۷)$$

### آزمون خودهمبستگی

خودهمبستگی یک فرآیند تصادفی است که همبستگی بین مقدارهای فرآیند در نقاط مختلف زمان را به عنوان تابع دو زمانه یا تفاضل زمانی توصیف می‌کند. اگر  $X$  فرایندی تکرارپذیر باشد و  $i$  نقطه‌ای از زمان بعد از آغاز فرایند  $i$  ممکن است عدد صحیح برای فرآیندی با گسستگی زمانی، و عدد حقیقی برای فرآیندی با پیوستگی زمان باشد. بنابراین  $X_i$  مقدار (یا تحقق) تولید شده به وسیله اجرای فرآیند داده شده در زمان  $i$  است. فرض کنید فرآیند برای میانگین  $\mu_i$  و واریانس  $\sigma_i^2$  برای همه زمان‌های  $i$  تعریف شده است. بنابراین تعریف خود همبستگی بین هر دو زمان  $s$  و  $t$  عبارت است از:

$$R(s, t) = \frac{E[(X_t - \mu_t)(X_s - \mu_s)]}{\sigma_t \sigma_s} \quad (۸)$$

که در آن:

$E$  عملگر مقدار مورد انتظار است. توجه کنید که این بیان برای همه فرآیندها یا سری‌های زمانی، خوش تعریف نیست، چون ممکن است واریانس برابر صفر (برای یک فرآیند ثابت) یا بی‌نهایت باشد. اگر تابع  $R$  خوش تعریف باشد، مقدار آن باید در محدوده ۱ تا -۱ قرار گیرد، که مقدار ۱ نشان‌دهنده همبستگی کامل و -۱ نشان‌دهنده عکس همبستگی کامل است. اگر  $X_t$  یک فرآیند ثابت مرتبه دوم باشد، بنابراین، میانگین  $\mu$  و واریانس  $\sigma^2$  مستقل از زمان هستند و خود همبستگی فقط به تفاضل  $t$  و  $s$  بستگی دارد. همبستگی فقط به فاصله زمانی بین دو مقدار بستگی دارد، ولی به موقعیت آن‌ها در زمان بستگی ندارد. این موضوع بیان می‌کند که این خود همبستگی می‌تواند

ایستگاه دارای روند کاهشی معنی دار هستند جدول (۳). ایستگاه‌های ارومیه، اصفهان، بابلسر، تهران (مهرآباد)، بیرجند، سبزووار، آبادان، شاهرود، کرمان، بندر انزلی، رامسر، یزد، کاشان، تربت حیدریه، دزفول، قزوین، و سمنان در هر دو آزمون، روند منفی یا کاهشی معنی دار در تعداد روزهای همراه با گردوغبار سالانه را نشان دادند. ایستگاه بابلسر در آزمون ضریب اسپیرمن دارای روند کاهشی معنی دار بود اما در آزمون من-کندال بدون روند تشخیص داده شد. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد بیشترین ایستگاه‌ها دارای روند کاهشی در تعداد روزهای گردوغبار بودند و نتایج در هر دو آزمون من-کندال و ضریب اسپیرمن در ۹۵٪ موارد مشابه بود.

### نتایج آزمون خودهمبستگی

در مقایسه با دو آزمون دیگر، تعداد ایستگاه‌های بیشتری توسط آزمون خودهمبستگی معنی دار شد. افزون بر ایستگاه‌هایی که در هر سه آزمون روند معنی دار داشتند، هشت ایستگاه دیگر (شامل تبریز، بوشهر، مشهد، اهواز، زنجان، شیراز، همدان، نوژه و بندرلنگه) در آزمون خودهمبستگی روند معنی دار را نشان داد. ایستگاه‌های ارومیه و خرم‌آباد در آزمون خودهمبستگی معنی دار نشدند، ولی در دو آزمون دیگر ایستگاه خرم‌آباد روند افزایشی معنی دار و ارومیه روند کاهشی معنی دار را نشان دادند. ایستگاه‌هایی که روند آن‌ها کاهشی و افزایشی معنی دار بود به تفکیک هر آزمون با دایره‌های سایه روشن مشخص شده‌اند (شکل‌های ۲ و ۳).

به عنوان تابع تأخیر زمانی بیان شود، و همچنین باید یک تابع زوج از  $\tau = S - t$  باشد.

$$R(\tau) = \frac{E[(X_t - \mu)(X_{t+\tau} - \mu)]}{\sigma^2} \quad (9)$$

و با توجه به زوج بودن این تابع، می‌بایست:

$$R(\tau) = R(-\tau) \quad (10)$$

این عمل مشترک در برخی رشته‌ها به غیر از آمار و تحلیل سری‌های زمانی، برای نرمال کردن به وسیله  $\sigma^2$  و استفاده از خودهمبستگی مترادف با اتو کوواریانس است.

### نتایج

برای تمام، ایستگاه‌های مورد مطالعه در سری‌های زمانی سالانه در ابتدا آماره‌های سه آزمون نا پارامتری (من-کندال، ضریب اسپیرمن و خودهمبستگی) محاسبه شد. سپس معنی داری نتایج این آماره‌ها در سطوح اطمینان ۹۵٪ و ۹۹٪ مورد آزمون قرار گرفت (جدول ۲). چنانچه در جدول مذکور مشخص است هر دو نوع روند افزایش و کاهش در منطقه مورد مطالعه دیده می‌شود. در جدول ۳ نوع آزمون، تعداد ایستگاه‌های دارای روند افزایشی و کاهشی و نوع سطح معنی داری به طور جداگانه ارائه شده است.

### نتایج آزمون‌های من - کندال و ضریب اسپیرمن

روند مقادیر سالانه تعداد روزهای همراه با گردوغبار<sup>۱</sup> در تعدادی از ایستگاه‌های ایران افزایشی است. ایستگاه‌های شهرکرد، زاهدان، بم، بندرعباس، گرگان، چابهار، ایرانشهر، زابل، خرم‌آباد و فسا در هر دو آزمون دارای روند افزایشی معنی دار هستند (جدول ۲). از بین ۲۶ ایستگاه معنی دار شده در آزمون من-کندال، ۱۰ ایستگاه دارای روند افزایشی معنی دار است. همچنین ۱۶ ایستگاه دارای روند کاهشی معنی دار بود. نتایج آزمون اسپیرمن مشابه با آزمون من-کندال است، به طوری که از بین ۲۷ ایستگاه معنی دار شده، ۱۰ ایستگاه دارای روند افزایشی و ۱۷

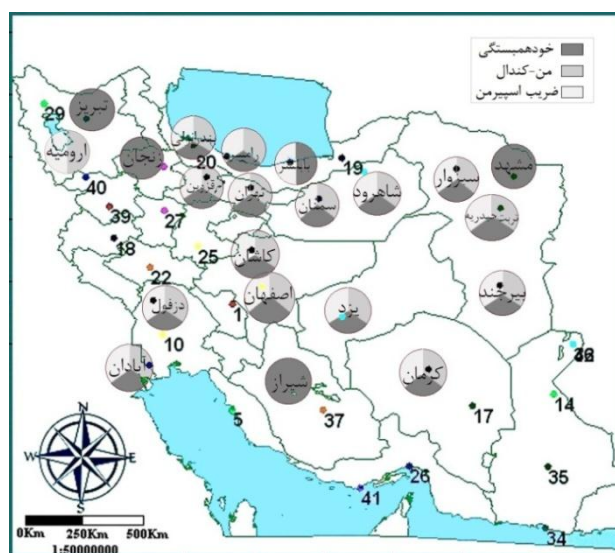
جدول ۲- روند معنی‌داری تعداد روزهای همراه با گرد و خاک در آزمون‌های مختلف

ایستگاه	روند	آزمون من- کندال	آزمون ضریب اسپیرمن	آزمون خودهمبستگی
شهرکرد	افزایشی	۳/۲۷**	۳/۳۵**	۲/۲۵*
تبریز	کاهشی	۰/۲۷	۰/۲۳	۲/۰۸*
ارومیه	کاهشی	۲/۳۳**	۲/۰*	۰/۶۹
اصفهان	کاهشی	۵/۲۵**	۴/۸۵**	۵/۸۱**
بوشهر	افزایشی	۰/۶۰	۰/۱۳	۵/۹۸**
تهران مهرآباد	کاهشی	۳/۰۶**	۳/۱۶**	۵/۳۷**
بیرجند	کاهشی	۴/۴۴**	۴/۲۵**	۲/۸۷**
مشهد	کاهشی	۰/۲۱	۰/۰۳	۲/۶۳**
سبزوار	کاهشی	۲/۳۸**	۲/۳۱**	۳/۸۰**
اهواز	افزایشی	۱/۴۶	۱/۳۳	۳/۹۲**
آبادان	کاهشی	۴/۶۲**	۴/۳۱**	**۴/۱۴
زنجان	کاهشی	۰/۷۰	۰/۵۹	۱/۹۷*
شاهرود	کاهشی	۴/۵۸**	۴/۳۲**	۲/۲۸*
زاهدان	افزایشی	۱/۹۴*	۱/۷۵*	۳/۰۴**
شیراز	کاهشی	۰/۵۳	۰/۵۹	۴/۳۸**
کرمان	کاهشی	۳/۴۷**	۳/۳۵**	۲/۹۵**
بم	افزایشی	۳/۱۸**	۳/۲۴**	۳/۹۵**
کرمانشاه	کاهشی	۱/۱۸	۱/۳۰	۱/۶۳
گرگان	افزایشی	۲/۹۰**	۲/۹۹**	۲/۰۹*
رشت	کاهشی	۰/۳۷	۰/۴۱	-۰/۰۹
بندر انزلی	کاهشی	۲/۱۰*	۲/۲۰*	۱/۸۴*
خرم‌آباد	افزایشی	۲/۱۲*	۲/۲۳*	۱/۶۰
رامسر	کاهشی	۴/۳۶**	۴/۳۶**	۲/۰۵*
بابلسر	کاهشی	۱/۵۴	۱/۷۲*	۳/۴۵**
اراک	افزایشی	۱/۵۷	۱/۵۲	۱/۴۱
بندرعباس	افزایشی	۲/۵۲**	۲/۷۶**	۵/۱۳**
همدان نوژه	افزایشی	۰/۹۲	۱/۰۸	۳/۷۱**
یزد	کاهشی	۲/۰۱*	۱/۶۷*	۵/۲۵**
خوی	کاهشی	۱/۱۰	۱/۴۹	-۰/۰۲
کاشان	کاهشی	۲/۱۲**	۲/۸۹**	۳/۳۲**
تربت‌حیدریه	کاهشی	۴/۳۰**	۳/۸۷**	۴/۵۵**
دزفول	کاهشی	۱/۹۳*	۲/۰۳*	۲/۷۲**
سمنان	کاهشی	۲/۲۵*	۲/۳۹**	۳/۰۹**
چابهار	افزایشی	۲/۵۲**	۲/۴۰**	۴/۳۱**
ایران‌شهر	افزایشی	۴/۲۵**	۴/۱۶**	۴/۴۵**
زابل	افزایشی	۲/۱۹*	۲/۴۶**	۳/۶۲**
فسا	افزایشی	۴/۱۴**	۳/۹۶**	۲/۴۴**
قزوین	کاهشی	۴/۸۰**	۴/۳۱**	۲/۲۵*
سنندج	افزایشی	۱/۱۵	۱/۰۸	۱/۰۶
سقز	افزایشی	۰/۵۸	۰/۵۹	۰/۴۰
بندرلنگه	افزایشی	۱/۰۲	۱/۳۹	۵/۳۲**

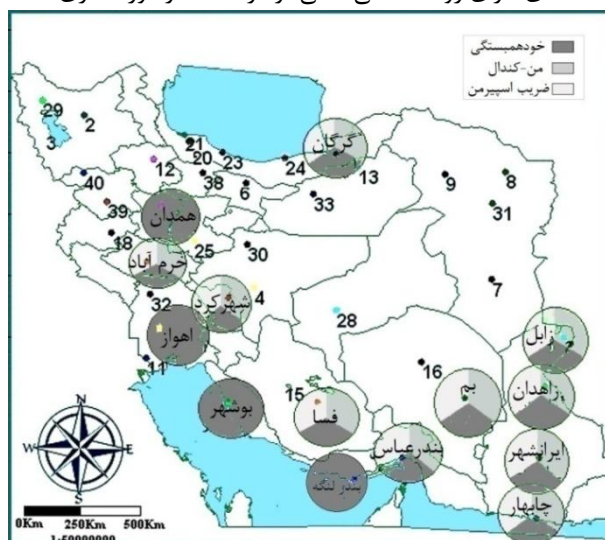
\*\* و \* به ترتیب وجود روند در سطح اطمینان ۹۹ و ۹۵ درصد

جدول ۳- ایستگاه‌های دارای روند معنی‌دار افزایشی و کاهشی به تفکیک آزمون‌ها

روش‌های آماری	روند افزایشی معنی‌دار		سطح معنی‌داری (%)		روند کاهشی معنی‌دار		سطح معنی‌داری (%)	
	۱	۵	۱	۵	۱	۵	۱	۵
آزمون من-کندال	۱۰	۷	۳	۱۲	۴	۱	۵	۱
آزمون ضریب اسپیرمن	۱۰	۸	۲	۱۷	۵	۱۲	۱	۵
آزمون خودهمبستگی	۱۳	۱۱	۲	۲۰	۶	۱۴	۱	۵



شکل ۲- ایستگاه‌های دارای روند کاهشی معنی‌دار در DDI در دوره آماری (۱۹۶۵-۲۰۰۵)



شکل ۳- ایستگاه‌های دارای روند افزایشی معنی‌دار در DDI در دوره آماری (۱۹۶۵-۲۰۰۵)

جدول ۴- نتایج مشترک بین سه آزمون آماری

نوع ایستگاه	تعداد	معنی‌دار	غیر معنی‌دار
افزایشی	۱۷	۹	۳
کاهشی	۲۴	۱۵	۳
مجموع	۴۱	۲۴	۶



## بحث و نتیجه‌گیری

## مقایسه نتایج هر سه آزمون

ایستگاه‌های شهرکرد، زاهدان، بم، گرگان، بندرعباس، چابهار، ایرانشهر، زابل، فسا و در هر سه آزمون روند افزایشی معنی‌داری را در تعداد روزهای همراه با گرد و غبار نشان می‌دهند. ایستگاه‌های بوشهر، اهواز، همدان، نوزه و بندرلنگه تنها در آزمون خودهمبستگی و ایستگاه خرم‌آباد تنها در دو آزمون من-کندال و ضریب اسپیرمن دارای روند افزایش معنی‌دار بودند. بیشترین شیب افزایش به ترتیب مربوط به ایستگاه ایرانشهر، بندرعباس، زابل و بم (با مقادیر ۱/۹۷، ۱/۵۴، ۱/۳۵ و ۱/۰۳) است که نشان می‌دهد شرق کشور روند افزایشی بیشتری در تعداد روزهای گردوغباری دارد. کمترین شیب افزایشی (۰/۰۸) مربوط به ایستگاه گرگان است (جدول ۲). همچنین روند کاهشی معنی‌داری در تعدادی از ایستگاه‌ها مشاهده شد. ایستگاه‌های اصفهان، تهران (مهرآباد)، بیرجند، سبزوار، آبادان، شاهرود، کرمان، بندر انزلی، رامسر، یزد، کاشان، تربت‌حیدریه، دزفول، قزوین و سمنان در هر سه آزمون، روند منفی یا کاهشی معنی‌دار در تعداد روزهای همراه با گردوغبار سالانه را داشته‌اند. همچنین این روند کاهش در ایستگاه‌های تبریز، مشهد، زنجان، و شیراز تنها در آزمون خودهمبستگی معنی‌دار است. هر چند ایستگاه ارومیه در آزمون‌های من-کندال و خودهمبستگی روند منفی آن معنی‌دار بود و ایستگاه بابل‌سر به جزء در آزمون من-کندال، در دو آزمون دیگر دارای روند معنی‌داری بود.

نتایج بررسی روند غبارناکی هوا به کمک شاخص‌های دید افقی<sup>۱</sup> در دوره آماری ۲۵ ساله در محدوده شهر اصفهان و مقایسه آن با دیگر شاخص‌های اقلیمی، از جمله شاخص بارندگی استاندارد (SPI) و نمودار تغییرات بارندگی نشان داد که در طی این دوره، تعداد روزهای طوفان گردوغبار با دید افقی کمتر از ۲ کیلومتر از ۲۰ روز به ۱۴ روز کاهش یافته است که بیانگر کاهش اثرات بیابان‌زایی و غبارناکی هوا در محدوده شهر اصفهان است. علت اصلی این پدیده را می‌توان به افزایش شاخص

بارندگی به مقدار ۲۷ میلی‌متر در طی ۲۵ سال گذشته، افزایش شاخص SPI، کاهش شاخص خشک‌سالی و همچنین توسعه اقدامات کنترل فرسایش بادی و بیابان‌زدایی از جمله گسترش فضای سبز و فضای فیزیکی شهر اصفهان در طی ۲۵ سال گذشته نسبت داد [۴]، که با نتایج این تحقیق، یعنی روند کاهشی معنی‌دار در تعداد روزهای همراه با گردوغبار سالانه در برخی استان‌ها مثل استان اصفهان همسو است (شکل ۲).

ایستگاه آبادان بیشترین شیب روند منفی را داشت و پس از آن، ایستگاه قزوین دارای بیشترین شیب روند کاهشی بود. ایستگاه‌های بندر انزلی و قزوین به دلیل دارا بودن پوشش گیاهی مناسب، شرایط توپوگرافی و نزدیکی به منابع آبی، گردوغبارهای محلی به‌ندرت شکل می‌گیرد. این ناحیه به دلیل داشتن عرض جغرافیایی بالاتر از گردوغبارهای فرا منطقه‌ای که در بستر سامانه‌های سینوپتیکی از مناطق بیابانی غرب کشور منتقل می‌شوند نیز به دور هستند. این تأثیرات باعث ایجاد روند کاهشی در ایستگاه‌های مذکور شده است. شرایط روند کاهشی در ایستگاه آبادان و دزفول تا حدودی مشابه بود. این ایستگاه‌ها در نواحی پست جلگه‌ای خوزستان واقع شده‌اند و از نظر پوشش گیاهی و میزان بارندگی محیط چندان مساعدی برای ایجاد گردوغبار نیستند. ایستگاه‌هایی مانند خوی، کرمانشاه، رشت، اراک، سنندج، سقز در هر سه آزمون بدون روند معنی‌دار یا ثابت شناسایی شدند. این ایستگاه‌ها در مناطق کوهستانی قرار گرفته و به علت ارتفاع زیاد و دریافت بارندگی‌های بیشتر دارای پوشش گیاهی مناسبی هستند. همه این عوامل باعث ایجاد ثبات نسبی در فراوانی روزهای گردوغباری در این مناطق شده است. اغلب گردوغبارهای مشاهده شده در این مناطق از سرزمین‌های دوردست توسط سامانه‌های جوی منتقل می‌شود.

نتایج به‌دست‌آمده در این بررسی با نتایج تحقیق بر روی تحلیل روند وقوع پدیده اقلیمی گردوغبار در غرب کشور با استفاده از روش‌های آماری ناپارامتری [۲۱] هم‌سو بود. وجود روند افزایشی در ایستگاه‌های همدان، خرم‌آباد، شهرکرد و اهواز ممکن است به دلایل یکسانی

1-Horizontal-Visibility

باشد. در این مناطق وقوع خشک‌سالی‌های پی‌درپی در سال‌ها اخیر، توسعه شهری به‌ویژه توسعه صنعتی و تغییر کاربری اراضی در اطراف شهرهای بزرگ از جمله تبریز و اهواز از عوامل موثر در افزایش روزهای گردوغباری است.

در مقایسه هر سه روش، در ۳۰ ایستگاه از ۴۱ ایستگاه مورد مطالعه (۷۱٪) نتایج هم‌پوشانی داشت و که از این تعداد، ۲۴ مورد دارای روند معنی‌دار (۸۰٪) و ۶ مورد (۲۰٪) روند غیر معنی‌دار نشان داد (جدول ۴). در بررسی روند متغیرهای آب و هوایی بهتر است از چند روش استفاده شود تا با قطعیت بیشتر بتوان در خصوص وجود روند اظهار نظر نمود. هر کدام از روش‌ها معایب و محاسن خاص خود را دارند. همچنین معیار محاسباتی برای ارزیابی کارایی بهتر آن‌ها و یا تعیین روش مناسب‌تر وجود ندارد. اما روش ناپارامتریک من‌کندال در تشخیص روند از قابلیت خوبی برخوردار است.

ایستگاه‌هایی که دارای روند افزایشی معنی‌دار بود در شکل ۳ مشخص شده‌اند. با توجه به نتایج، کانون اصلی این پدیده ابتدا در مناطق شرقی، جنوب شرقی و سپس در مناطق جنوبی و جنوب غربی کشور واقع شده است. دیگر ایستگاه‌ها، روند کاهشی و یا بدون روند معنی‌دار بودند (جدول ۲). ایستگاه ایرانشهر و زابل با بیشترین شیب افزایشی هسته اصلی این پدیده هستند. مناطق جنوبی و جنوب غربی که علت این موضوع انتقال ذرات گردوخاک از نواحی حاشیه‌ای این مناطق مانند کشور افغانستان با وزش بادهای ۱۲۰ روزه که عامل محرک این پدیده هستند می‌باشد در قسمت‌های جنوب غربی کشور برای حرکت گردوغبار ناشی از صحرای عربستان و کشور عراق به سمت نواحی جنوب غربی ایران می‌باشد که نبود پوشش گیاهی مناسب و فرسایش خاک در این مناطق دلیل بر آن شده است. در تحقیقی مشابه، بیشترین فراوانی طوفان‌ها و بادهای شدید در کشور در مناطق شرق و جنوب شرق کشور اعلام شد [۶]. بر اساس تحلیل تعداد روزهای همراه با گرد و غبار در غرب و جنوب غرب ایران شامل استان‌های خوزستان، لرستان، ایلام و کرمانشاه مربوط به دو دوره ۲۰۰۵-۲۰۰۱ و ۲۰۱۰-۲۰۰۶، نشان دهنده افزایش حداکثر روزهای گرد و غبار در دوره دوم نسبت به دوره اول است که تا حدودی با نتایج این تحقیق یعنی

روند افزایشی در ایستگاه‌های غرب کشور مطابقت دارد. در این مطالعه نشان داده شده است که چگونه عوامل گوناگونی شامل جریان طوفان از عربستان سعودی و عراق، تغییر و نوسانات اقلیمی، رسوبات سیلابی و آبرفتی، نبود پوشش گیاهی و بیابان‌زایی باعث گرد و غبار در استان‌های غرب و جنوب غرب ایران می‌شود [۱۹].

نتایج حاصل از بررسی نوسان‌های اقلیمی در شمال شرق ایران کاهش معنی‌دار تعداد روزهای همراه با گردوخاک بر اساس دو آزمون من-کندال و حداقل مربعات خطا در ایستگاه‌های سبزوار، تربت حیدریه و بیرجند را نشان می‌دهد. افزون بر این که می‌تواند نتیجه کاهش سرعت باد در این مناطق باشد. هرچند عملیات بیابان‌زدایی و احیای مراتع که توسط اداره منابع طبیعی در این مناطق انجام شده، موفقیت‌آمیز بوده است [۳]. همچنین غرب ایران از نظر تعداد روزهای همراه با گردوغبار منطقه همگنی نبوده و تعداد روزهای گردوغباری سالانه از شمال به سمت جنوب افزایش می‌یابد [۲۱].

کاهش بارش و خشکسالی و تغییرات اقلیمی ناشی از گرمایش زمین در طی این سال‌ها می‌تواند از دلایل افزایش روند در بسیاری از ایستگاه‌های دارای روند افزایشی، از جمله زاهدان، بم، بوشهر، گرگان، همدان، فسا، زابل، چابهار و ایرانشهر باشد. ایستگاه گرگان (در شمال) و بندرعباس (در جنوب) هر دو دارای روند افزایشی معنی‌دار در تعداد روزهای همراه با گردوغبار هستند که ممکن است به دلیل موقعیت مشابه آن‌ها کنار پهنه آبی باشد. در نوار ساحلی جنوب کشور، کمبود رطوبت و پوشش گیاهی و همچنین وزش نسیم دریا به خشکی و برعکس در ساعت‌های مختلف شبانه‌روزی می‌تواند از عوامل تشدیدکننده پدیده‌های گرد خاکی در این قسمت از کشور باشد.

یکی از پدیده‌های مناطق خشک و نیمه خشک و یا مناطق همجوار با این مناطق، پدیده گرد و خاک است [۲]. در سال‌های اخیر، وقوع پدیده طوفان گرد و غبار در منطقه خاورمیانه در حال افزایش است. کشور ایران به علت قرار گرفتن در کمربند خشک و نیمه خشک جهان، به طور مداوم در معرض جریان‌های گرد و غبار محلی و سینوپتیکی متعدد است [۲۲]. خاورمیانه یکی از پنج منطقه جهان است که بیشترین تولید گردوغبار را دارد

کاهش می معنی دار نشان دهنده عملیات موفقیت آمیز بیابان زدایی و تثبیت ماسه های روان است. روش های آماری مورد استفاده کارآیی مناسبی برای تحلیل روند روزهای همراه با گردوغبار دارند، هرچند که نتایج دو روش من-کندال و ضریب اسپیرمن یکسان بود و نسبت به روش خودهمبستگی هم پوشانی بیشتری داشتند. همچنین این دوره آماری از سال ۱۳۶۵ تا ۲۰۰۵ بوده و با اضافه شدن آمار سال های بعد نتایج حاصله تعدیل خواهد شد. به طور کلی، هرچند پدیده گرد و غبار یک پدیده فراملی بوده و غیر قابل کنترل است ولی می توان با شناساندن محدوده آن در قالب الگوی گردشی و بررسی ویژگی های آماری در بازه های زمانی مختلف، با آگاهی از زمان و محدوده این پدیده مخرب، برنامه های لازم را برای مقابله و سازگاری فراهم نمود. از طرف دیگر، با توجه به گستردگی زیاد منطقه تغذیه کننده گرد و غبار امکان تغییر موثر در کوتاه مدت منتفی خواهد بود.

## References

- [1]. Achudume, A.C., & Oladipo, B.O. (2009). Effects of dust storms on health in the Nigerian, *Environment Biology and Medicine*, 1(4), 21-27.
- [2]. Antoine, D., Nobileau, D., 2006. Recent increase of Saharan dust transport over the Mediterranean Sea, as revealed from ocean color satellite (SeaWiFS) observations. *J. Geophys. Res.* 111, D12214. doi:10. 1029/2005JD006795.
- [3]. Banaian, M., Mohammadian, A., & Alizadeh, A. (2010). Climate fluctuations in the North East of Iran, *Journal of Soil and Water (Agricultural Sciences and Technology)*, 24(1), 118-131, (in Farsi).
- [4]. Ekhtesasi, M.R., Moradi, N., & Rostami, F. (2011). Investigate changes in dust storm days using standardized precipitation index SPI and HV Horizontal Case Study: Isfahan Area. *National Conference on Science and Watershed Engineering*, 7, 1-5, (in Farsi).
- [5]. Engelstaedter, S., Tegen, I., & Washington, R. (2006). North African dust emissions and transport, *Earth-Science Reviews*, 79, 73-100.
- [6]. Farajzadeh, M., & Razi, M. (2011). Study the temporal and spatial distribution of storms

[۲۳]. نتایج تجزیه و تحلیل روند تعداد روزهای همراه با گردوغبار در دوره آماری ۲۰۰۵-۱۹۶۵ در ایران نشان داد که کانون اصلی پدیده گردوغبار ابتدا در مناطق شرقی، جنوب شرقی و سپس در مناطق جنوبی و جنوب غربی کشور واقع شده است. این مناطق دارای روند افزایشی معنی دار تا سال ۲۰۰۵ بوده و از نظر فراوانی وقوع پدیده گردوغبار و چگونگی روند آن وضعیت یکسان نیست، به طوری که در شرق و جنوب ایران این روند داری شیب بیشتر نسبت به غرب است. افزون بر شرایط سینوپتیکی، عوامل دیگری از جمله وقوع خشکسالی ها، قرار گرفتن در نزدیکی پهنه های آبی، شرایط توپوگرافی، پوشش گیاهی، تغییر کاربری اراضی و در آخر توسعه شهرها روی چگونگی روند تأثیر دارند، هرچند روند افزایش دمای سطح زمین و افزایش غلظت گازهای گلخانه ای و نیز تولید ذرات معلق و غبارها تقریباً قطعی است. در برخی از ایستگاه ها مانند یزد که مستعد برای وقوع طوفان گردوغبار هستند، روند

- and heavy winds, *Journal of Construction Research*, 91, 23-32, (in Farsi).
- [7]. Hoseini, S. B. (2000). Synoptic study of severe storms in Tehran, Master of Science Thesis, Department of Meteorology. University of Tarbiat Modarres, (in Farsi).
- [8]. Iranmanesh, F. (2005). Investigation of dust origins and characteristics of their spreading in Sistan's storms, Iran region, using image processing. *Pajouhesh & Sazandegi*, 67, 25-33, (in Farsi).
- [9]. Jacquelyn, C. (2009). Climate analysis and long range forecasting of dust storm in IRAQ, Naval postgraduate school Monterey, California, 88-92.
- [10]. Kendall, M.G. (1975). Rank Correlation Methods, Griffin, London.
- [11]. Khoshkish, A., Alijani, B., & Hejazizadeh, Z. (2011). Synoptic analyze of dusty systems in Lorestan, *Journal of applied geography researches*, 18, 91-110.
- [12]. Kutiel, H., & Furman, H. (2003). Dust Storms in the Middle East: Sources of Origin and their Temporal Characteristics. *Indoor Built Environ*, 12, 419-26.
- [13]. Lashkari, H., & Key khosravi, G. (2008). Synoptic statistical analysis dust storm in Khorasan Razavi province during (1993-

- 2005), *Journal of natural geography researches*, 65, 17-33.
- [14]. Leon, J.F., & Legrand, M. (2003). Mineral dust sources in the surroundings of the north Indian Ocean. *Geophysical Research Letters*, 30, 1309-1312.
- [15]. Mann, H.B. (1945). Non-parametric tests against trend. *Econometrica*, 13, 245-259.
- [16]. Marjani, S. (1993). Synoptic Survey fierce winds exceeding 15 meters per second in Khorasan, Master of Science Thesis, Department of Meteorology, University of Tehran, (in Farsi).
- [17]. Mirshahi, D., & Nekoum, Z. (2009). Statistical analysis of dust phenomena and dusty wind pattern in Sabzevar city, *Journal of Association of Iranian Geographers*, 22, 83-104.
- [18]. Modarres, R. (2008). Regional maximum wind speed frequency analysis for the arid and semi-arid regions of Iran, *Journal of Arid Environments*, 72, 1329-42.
- [19]. Movahedi, S., Afzali, S.M. (2013). Analysis of the Number of Dusty days in the West and South West of Iran, *Research Journal of Recent Sciences*, 2(10), 18-21.
- [20]. Omidvar, K. (2006). Synoptic analysis of sand storms in Yazd plain ardakan, *Journal of Geographical Research*, 81, 44-58, (in Farsi).
- [21]. Rasoli, A., Sarisara, B., & Mohammadi, G.H. (2011). Analysis trend of Dust Phenomenon in west of Iran during recent 55 years by using nonparametric methods, *Journal of natural geography*, 9, 1-16, (in Farsi).
- [22]. Rashki, A., Kaskaoutis, D.G., & Goudie, A.S. Kahn. (2013). Dryness of ephemeral lakes and consequences for dust activity: The case of the Hamoun drainage basin, southeastern Iran, *Science of the total environment*. 552.564.
- [23]. Rezazadeh, M., Irannejad, P., & Shao, Y. (2013). Climatology of the Middle East dust events. *Aeolian Research*, 103-109.
- [24]. Shamsavani, A. (2012). Chemical & physical characterization, size distribution of air particles in Khuzestan dust storm and identification of affection Petroleum mulching method in its control, School of Public Health, Environmental Health Engineering Tehran University of Medical Science, 21-45, (in Farsi).
- [25]. Tanaka, T.Y. (2005). Possible transcontinental dust transport from North Africa and the Middle East to East Asia, *Atmospheric Environment*, 39, 3901-10.
- [26]. Tavousi, T., Khosravi, M., & Raispoor, K. (2011). Synoptic analyze of dusty systems in Khozestan. *journal of geography and development*, 20, 97-118.
- [27]. Wang, W., & Fang, Z. (2006). Numerical simulation and synoptic analysis of dust emission and transport in East Asia, *Global and planetary change*, 52, 57-70.
- [28]. Washington, R., Todd, M., Middleton, N.G., & Goudie, A. (2003). Dust storm source areas determined by the total ozone monitoring spectrometer and surface observations, *Annals of the Association of American Geographers*, 93(2), 297-313.
- [29]. Yaping, S., Karl Heinz, W., Adrian, C., Huang, J., Lin, Z., & McTainsh, G. (2011). Dust cycle: An emerging core theme in Earth system science, *Aeolian Research*, 2, 181-204.
- [30]. Zolfaghari, H., & Abedzadeh, H. (2005). Synoptic analysis of dusty systems in West of Iran. *Journal of Geography and Development*, 3(6), 173-188.

## Trend analysis of number of dusty days in Iran

1-Z. Rafiei Majoomerd, PhD student of Combating Desertification, Semnan University  
z.rafiiee2014@semnan.ac.ir

2-M.R. Yazdani, Assistant Professor of Department of Combating Desertification, Faculty of Desert,  
SemnanUniversity

3-M. Rahimi, Assistant Professor of Department of Combating Desertification, Semnan University

Received: 22 Aug 2015

Accepted: 24 Apr 2016

### Abstract

In this study, annual changes in number of dusty days in Iran over the period of 1965–2005 (41 years) were investigated. Mann-kendall test, spearman's-Rho test and Autocorrelation test were applied to quantify the trend. Mann-kendall and spearman's test showed similarity in the results, in compared with Autocorrelation test. This study reveals that the all studied stations showed a trend, but among them, only 26 trends were significant statistically, at Mann-Kendall test (16 stations had decreased and 10 stations had increased trend). Spearman's Rho was significant for trends at 27 stations (17 stations with a decrease and 10 stations with an increase in trend). The autocorrelation test results shows, 33 stations had significant positive or negative trends. The most decreasing and lowest slope was in Abadan and Tabriz stations with values -1.92 and -0.1, respectively. The most increasing and lowest slope was in Iran shahr and Gorgan stations with values 1.97 and 0.8 respectively.

**Keywords:** Dusty days; Mann-kendall test; Spearman's Rho test; Autocorrelation test; Trend analysis.