

## Trend Analysis of Dusty Days Frequency and its Correlation with Climatic Variables (Case Study: Lorestan Province)

MOHAMMAD ANSARI GHOJGHAR<sup>1\*</sup>, SHAHAB ARAGHINEJAD<sup>1</sup>, JAVAD BAZRAFESHAN<sup>1</sup>, ABDOLHOSEIN HOORFAR<sup>1</sup>

1. Department of Irrigation and Reclamation Engineering, University of Tehran, Karaj, Iran  
(Received: June. 16, 2018- Revised: Nov. 11, 2019- Accepted: Aug. 29, 2018)

### ABSTRACT

In this research in order to find and investigate the trend of dusty day events and their relation to climatic variables (maximum temperature and maximum wind speed), hourly and daily dust data and also weather data of 10 synoptic stations with common period (2000-2014) in Lorestan province were studied. For this purpose, data normalization was examined by Kolmogorov-Smirnov test. The non-parametric Mann-Kendall and Spearman's tests at 95 percent confidence level were used to investigate the trend of dusty events. Inverse distance weighting (IDW) method in Arc GIS software was employed for zoning Mann-Kendall indices of dust and climatic variables. In order to find a correlation between climatic variables and dust events, the weather data (as independent variables) and the frequency of dusty days (as a dependent variable) were analyzed by Pearson correlation method. Among ten series of seasonal data, Azna, Aligudarz and Kuhdasht stations had a high significant correlation between climatic variables and the frequency of dusty days. As in Azna station, the maximum wind speed variable (with 0.55 correlation coefficient), in Aligudarz station, the maximum temperature variable (with 0.78 correlation coefficient), and in Kuhdasht station, the maximum wind speed variable (with 0.82 correlation coefficient) had the highest correlation with dust events.

**Keywords:** Dust Storm, Non-parametric Test, Kolmogorov-Smirnov Test, Pearson Correlation

## بررسی روند فراوانی روزهای همراه با توفان‌های گرد و غبار و ارتباط آن با عناصر اقلیمی (مطالعه موردی: استان لرستان)

محمد انصاری قوجقار<sup>۱\*</sup>، شهاب عراقی نژاد<sup>۱</sup>، جواد بذرافشان<sup>۱</sup>، عبدالحسین هورفر<sup>۱</sup>

۱. گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه

تهران، کرج، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۳/۲۶ - تاریخ بازنگری: ۱۳۹۸/۸/۲۰ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۷/۶/۷)

### چکیده

در این پژوهش جهت شناسایی و بررسی روند تغییرات فراوانی روزهای همراه با توفان‌های گرد و غبار و میزان ارتباط آن با متغیرهای اقلیمی (دمای بیشینه و سرعت بیشینه باد)، داده‌های ساعتی و روزانه گرد و غبار و همچنین داده‌های هواشناسی ۱۰ ایستگاه سینوپتیک استان لرستان با طول دوره آماری مشترک (۲۰۰۰-۲۰۱۴) در مقیاس فصلی مورد مطالعه قرار گرفت. بدین منظور پس از بررسی تمامی سری داده‌ها از نظر نرمال بودن به وسیله آزمون کلموگروف-اسمیرنوف، برای بررسی روند داده‌ها از آزمون‌های ناپارامتریک من-کندال و اسپیرمن در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده شد. همچنین پهنه‌بندی آماره‌های من-کندال متغیرهای اقلیمی و گرد و غبار از روش IDW در نرم‌افزار Arc GIS انجام شد. سپس برای بررسی ارتباط اقلیمی با توفان‌های گرد و غبار، داده‌های اقلیمی ایستگاه‌ها (به‌عنوان متغیر مستقل) و همچنین متغیر فراوانی روزهای همراه با توفان‌های گرد و غبار آن‌ها (به‌عنوان متغیر وابسته) با تکنیک همبستگی پیرسون مورد تحلیل واقع شدند. از مجموع ۱۰ سری داده‌های فصلی، ایستگاه‌های ازنا، الیگودرز و کوه‌دشت دارای همبستگی زیادی بین عناصر اقلیمی و فراوانی روزهای همراه با توفان‌های گرد و غبار بودند؛ به طوری که در ایستگاه ازنا متغیر سرعت بیشینه باد با ضریب همبستگی ۰/۵۵، در ایستگاه الیگودرز متغیر دمای بیشینه باد با ضریب همبستگی ۰/۷۸ و همچنین در ایستگاه کوه‌دشت، متغیر سرعت بیشینه باد با ضریب همبستگی ۰/۸۲، بیشترین همبستگی را با پدیده گرد و غبار داشتند.

**واژه‌های کلیدی:** توفان‌های گرد و غبار، آزمون‌های ناپارامتری، آزمون کلموگروف-اسمیرنوف، همبستگی پیرسون، استان لرستان.

### مقدمه

در سال‌های اخیر فراوانی روزهای همراه با توفان‌های گرد و غبار افزایش چشمگیری یافته است که این سبب بروز اثرات نامطلوب زیستی و خسارات فراوان در زمینه‌های کشاورزی، صنعتی و اجتماعی می‌گردد. تکامل توأم این رخداد با روند شتابان توسعه، صنعتی شدن و افزایش جمعیت در مناطق شهری، تنش‌های زیست‌محیطی را دو چندان کرده است. ریزگردها به‌طور غالب از ذرات بسیار ریز خاک یعنی سیلت و رس و کمی شن ریز تشکیل شده‌اند. ریزگردها یکی از پیامدهای فرسایش خاک یعنی فرسایش بادی محسوب می‌شود و یکی از دلایل عمده ایجاد و تشدید آن، بی‌توجهی انسان به توسعه پایدار است. این ذرات به دلیل وزن بسیار کم توانایی آن را دارند تا در صورت مهیا بودن سایر شرایط، کیلومترها در هوا معلق مانده و بتوانند مسافت زیادی را بپیمایند. این ذرات از نظر شیمیایی از فعال‌ترین بخش‌های شیمیایی خاک محسوب می‌شوند که به همین دلیل می‌توانند در منطقه برداشت

(برای مثال اراضی کشور عراق)، انواع کاتیون‌ها با مواد شیمیایی و آلی را به خود جذب و پس از کیلومترها در منطقه رسوب (برای مثال ایران)، برجای بگذارند. همین امر حساسیت موضوع را دو چندان نموده است یعنی خطراتی که به لحاظ آلودگی در محل برداشت وجود دارد به منطقه رسوب منتقل می‌شود که علاوه بر مشکلات تنفسی، مشکلات آلودگی را نیز بوجود می‌آورد. گرد و غبار یا ریزگرد، توده‌ای از ذرات جامد ریز غبار و گاه دود است که در جو پخش شده و دید افقی را محدود می‌کند و یا آن را به حداقل می‌رساند (Miller et al., 2008). پدیده‌های گرد و غبار رخدادهای طبیعی هستند که در مناطق خشک و نیمه‌خشک و به‌ویژه در عرض‌های جنب حاره‌ای رخ می‌دهند (Goudie, 2009). سازمان جهانی هواشناسی (WMO)، گردوغبار ناشی از توفان‌ها را حاصل آشفتگی جریان جوی معرفی می‌کند که مقدار زیادی ریزگرد را به اتمسفر تزریق نموده و دید افقی را به کمتر از ۱۰۰۰ متر می‌رساند (McTainsh and Pitblado, 1987).

که از مجموع ۲۶ سری داده، ۹ سری در روش من-کنندال، ۶ سری در روش سنس استیمتور و ۱۳ سری در رگرسیون خطی ساده دارای روند معنی‌دار مثبت در سطح ۱ و ۵ درصد بودند.

Rafiei Mojumord (2016) در پژوهشی به تحلیل روند تعداد روزهای همراه با گرد و غبار در ۴۱ ایستگاه سینوپتیک در دوره آماری ۲۰۰۵-۱۹۶۵ با استفاده از آزمون‌های ناپارامتریک من-کنندال و اسپیرمن پرداختند و به این نتیجه رسیدند که همه ایستگاه‌های مورد مطالعه دارای روند هستند. ولی از میان آن‌ها فقط ۲۶ مورد در آزمون من-کنندال و ۲۷ مورد در آزمون اسپیرمن دارای روند معنی‌داری بودند.

شناخت و بررسی روند پدیده‌های اقلیمی و ارتباط آن با توفان‌های گرد و غبار می‌تواند یکی از مهمترین راهکارهای کاهش خسارت‌های ناشی از مخاطرات طبیعی باشد. یکی از مهمترین معضلاتی که در سال‌های اخیر گریبان‌گیر اکثر استان‌های غربی و جنوب غربی کشور از جمله لرستان شده است، پدیده‌ی ریزگرد می‌باشد. شناخت ماهیت، منشأ و روند ریزگردها در تعیین روش‌های کنترل آن، نقش به‌سزایی دارد.

در مطالعات و پژوهش‌های داخلی، تحقیقات محدودی در ارتباط با تحلیل روند و فراوانی روزهای همراه با توفان‌های گرد و غبار (دید افقی کمتر از ۱۰۰۰ متر و دارای کدهای هواشناسی مرتبط با ریزگرد) و ارتباط آن با متغیرهای اقلیمی صورت گرفته است. بیشتر مطالعات داخلی در رابطه با روند پدیده گرد و غبار در محدوده‌های کوچک، مطالعات سینوپتیکی و ماهواره‌ای آن می‌باشد. از طرف دیگر با توجه به افزایش چشمگیر فراوانی روزهای همراه با توفان‌های گرد و غبار در سال‌های اخیر که سبب بروز اثرات نامطلوب زیستی و خسارات فراوان در زمینه‌های کشاورزی، صنعتی و اجتماعی شده است، مطالعه آن ضروری است.

### مواد و روش‌ها

در این پژوهش از داده‌های ساعتی و روزانه گرد و غبار (قدرت دید افقی و کدهای هواشناسی) و همچنین داده‌های اقلیمی دمای بیشینه و سرعت بیشینه باد در دوره آماری مشترک (۲۰۱۴-۲۰۰۰) در مقیاس زمانی فصلی برای ۱۰ ایستگاه سینوپتیک استان لرستان مورد بررسی قرار گرفت. شکل (۱) موقعیت ایستگاه‌های سینوپتیک منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

### مشخصات منطقه مورد مطالعه

استان لرستان با مساحتی حدود ۲۸۳۰۸ کیلومتر مربع در ناحیه جنوب غربی ایران بین ۴۶ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۱ دقیقه طول شرقی و ۳۲ درجه و ۴۰ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۲۳ دقیقه عرض شمالی از نصف‌النهار گرینویچ واقع شده است.

Wang *et al.* (2009) ارتباط بین گرمایش جهانی و تغییرات توفان‌های گرد و غباری در چین را مورد بررسی قرار دادند. در این پژوهش ارتباط بین سری زمانی دمای جهانی و تغییرات گرد و غبار چین تحلیل شد. نتایج همبستگی منفی و معنی‌دار بین این دو پدیده را نشان داد که می‌توان به این صورت توجیه شود؛ گرمایش جهانی باعث کاهش شیب عرضی دما شده است که این امر باعث کاهش شدت باد گردیده و یک دلیل ممکن برای کاهش فراوانی توفان‌های گرد و غبار در طی دوره ۲۰۰۰-۱۹۵۴ محسوب می‌شود. Gao *et al.* (2012) تأثیر ناهنجاری‌های آب و هوایی را روی افزایش چشمگیر توفان‌های گرد و غبار زمین‌های ماسه‌ای هان‌شداک در چین شمالی در دوره ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۸ مورد مطالعه قرار داده و اشاره کردند که به‌طور کلی در سال‌های ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۸، فراوانی توفان‌های گرد و غبار در چین شمالی روند کاهشی داشته است. اگرچه زمین‌های ماسه‌ای هان‌شداک چین شمالی یک فراوانی افزایشی در توفان‌های گرد و غبار مخصوصاً در طول دوره ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۸ را نشان می‌دهد که یافته‌های تحقیق حاکی از این بود که خشکی فاکتور تأثیرگذار در فراوانی توفان‌های گرد و غبار هان‌شداک می‌باشد.

Boheirai *et al.* (2011) در پژوهشی به تحلیل آماری سینوپتیکی پدیده‌ی گرد و غبار و ارتباط آن با عناصر اقلیمی ایستگاه‌های ایلام و دهلران در طول دوره‌ی آماری ۲۰ ساله پرداختند و به این نتیجه رسیدند که در ایستگاه ایلام بالاترین همبستگی مربوط به متغیر سرعت باد با ۸۹ درصد و در ایستگاه دهلران متوسط دما با ۹۲ درصد، بیشترین همبستگی را با پدیده توفان‌های گرد و غبار دارند.

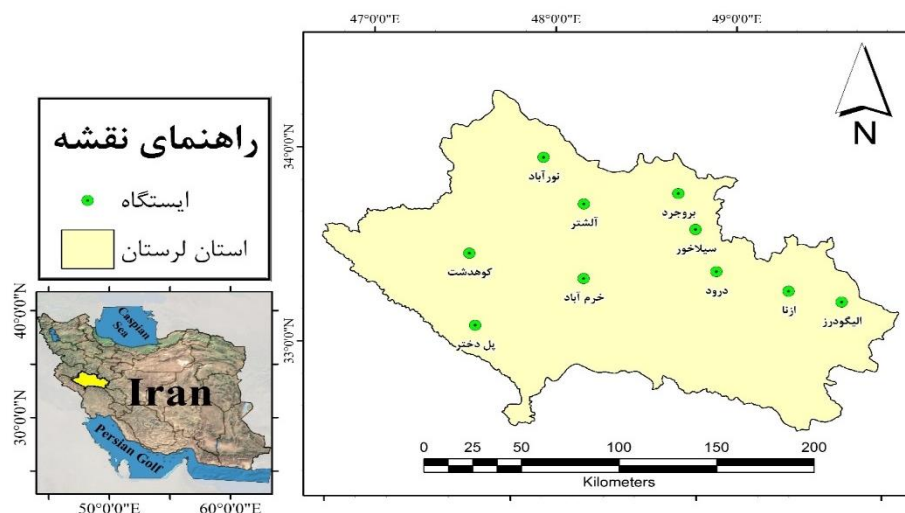
Tavousi and Zahraei (2013) سری زمانی پدیده گرد و غبار شهر اهواز را با استفاده از آزمون‌های ناپارامتریک مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیدند که غیر از ژانویه در تمامی ماه‌های سال، فصول و همچنین در مقیاس سالانه روند افزایشی معنی‌دار پدیده گرد و غبار در سطوح ۹۵ تا ۹۹ درصد مشاهده گردید.

Azizi *et al.*, (2012) به تحلیل آماری - همدیدی پدیده گرد و غبار در نیمه غربی ایران پرداخته و به این نتیجه رسیدند که بیشینه‌ی روزهای همراه با گرد و غبار در ماه‌های می، ژوئن و ژوئیه و در ساعات بعد از ظهر به وقت محلی و کمینه آن در ماه‌های دسامبر و ژانویه و در ساعت ۳/۵ به وقت محلی است.

Zeinali (2016) در پژوهشی به بررسی روند تغییرات فراوانی روزهای همراه با توفان‌های گرد و غبار با استفاده از آزمون‌های ناپارامتریک من-کنندال و سنس استیمتور و آزمون رگرسیون خطی ساده پرداخت و به این نتیجه رسید

کشوری و استانی در سال ۱۳۹۴، این استان شامل ۱۱ شهرستان، ۲۵ شهر، ۳۱ بخش و ۸۷ دهستان بوده و مرکز آن شهر خرم‌آباد می‌باشد.

میانگین ارتفاع آن بیش از ۲۲۰۰ متر از سطح دریا است، پست-ترین نقطه استان با ارتفاع ۲۳۹ متر در دشت‌های استان و بلندترین قله آن اشترانکوه با ارتفاع ۴۰۸۰ متر از سطح دریا در میان رشته‌کوه زاگرس قرار دارد. بر اساس آخرین تقسیمات



شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های سینوپتیک منطقه مورد مطالعه

اینکه داده‌های گرد و غبار به صورت تفکیک نشده از سایر پدیده‌های هواشناسی از سازمان هواشناسی در اختیار قرار می‌گیرد؛ بنابراین در وهله اول کدهای مربوط به گرد و غبار از سایر پدیده‌های اقلیمی در ساعات مختلف سینوپتیکی جدا گردید. ولی در این مطالعه برای تشخیص توفان‌های گرد و غباری (محلی و فرامحلی) از فاکتور قدرت دید افقی  $\leq 1000$  متر برای همه کدهای هواشناسی گرد و غبار استفاده شده است. (Goudie and Middleton, 2006; McTainsh and Pitblado, 1978; Gao et al., 2012; Zolfaghari et al., 2011)

مشاهدات پدیده‌های هواشناسی به فاصله ۳ ساعت یک‌بار در طول روز به دست آمده که در مجموع ۸ بار در شبانه‌روز ثبت می‌گردد. در این مشاهدات پدیده‌های بصری آب و هوا براساس دستورالعمل سازمان جهانی هواشناسی در ۱۰۰ کد (۰۹۹-۰)، تعریف شده که از این ۱۰۰ کد به‌طور کلی به‌منظور ثبت و گزارش پدیده گرد و غبار در ایستگاه‌های مختلف هواشناسی از ۱۱ کد استفاده شده است (O'Loingsigh et al., 2014). این کدها بسته به شدت و ماهیت پدیده، ثبت و گزارش می‌شود. کدهای مربوط به توفان‌های گرد و غبار در جدول (۱) ارائه شده است. با توجه به

جدول ۱- کدهای سازمان جهانی هواشناسی مرتبط با فرسایش بادی و پدیده‌های گرد و غبار (O'Loingsigh et al., 2014)

کد	توضیحات
۶	مه ناشی از گرد و غبار
۷	غبار یا شن برخاسته از زمین
۸	طوفان گرد و غبار
۹	طوفان گرد و غبار اتفاق افتاده در گذشته (اتفاق افتاده در یک ساعت قبل از مشاهده ایستگاه)
۳۰	گرد و غبار خفیف یا متوسط شن و ماسه همراه با کاهش دید کمتر از ۱۰۰۰ متر و بیشتر از ۲۰۰ متر
۳۱	گرد و غبار پایدار یا متوسط شن و ماسه همراه با کاهش دید کمتر از ۱۰۰۰ متر و بیشتر از ۲۰۰ متر
۳۲	شروع یا افزایش گرد و غبار خفیف یا متوسط شن و ماسه همراه با کاهش دید کمتر از ۱۰۰۰ متر و بیشتر از ۲۰۰ متر
۳۳	توفان گرد و غبار شدید همراه با کاهش دید کمتر از ۲۰۰ متر
۳۴	توفان گرد و غبار پایدار شدید همراه با کاهش دید کمتر از ۲۰۰ متر
۳۵	شروع یا افزایش توفان گرد و غبار شدید همراه با کاهش دید کمتر از ۲۰۰ متر
	رعد و برق با گرد و غبار و یا توفان شن و ماسه

را برای هر دسته محاسبه کرده و بیشترین میزان  $D_n$  به دست آمده مربوط به هر کدام از دسته‌ها، جواب مورد انتظار می‌باشد. اگر  $D_n$  به دست آمده از مقدار استخراج شده از جدول در سطح اشتباه معین کمتر بود، داده‌ها از توزیع نرمال تبعیت خواهند کرد. به عبارت دیگر اگر در این آزمون معیار تصمیم (p-value) کم‌تر از ۵ درصد باشد، فرضیه صفر (تبعیت داده‌ها از توزیع نرمال) رد می‌شود (Wilks, 2011).

### آزمون من-کندال

این آزمون ابتدا توسط (Mann, 1945) ارایه و سپس توسط (Kendall, 1975) بسط و توسعه یافت. این روش به طور متداول و گسترده‌ای در تحلیل روند سری‌های هیدرولوژیکی و هواشناسی به کار گرفته می‌شود و یکی از روش‌های مهم برای آزمون روند سری‌های زمانی محسوب می‌شود. از نقاط قوت این روش می‌توان به مناسب بودن کاربرد آن برای سری‌های زمانی که از توزیع آماری خاصی پیروی نمی‌کنند، اشاره نمود. اثرپذیری ناچیز این روش از مقادیر حدی که در برخی از سری‌های زمانی مشاهده می‌گردند نیز از دیگر مزایای این روش است. فرضیه صفر این آزمون، تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده‌ها را نشان می‌دهد. مراحل محاسبه مقدار آماره این آزمون به شرح زیر است: الف) محاسبه اختلاف بین تک تک مشاهدات با یکدیگر و

اعمال تابع علامت و استخراج پارامتر  $S$  به شرح زیر:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_i - x_k) \quad (\text{رابطه ۲})$$

که  $n$  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 است:

$$\text{sgn} = \begin{cases} +1 & \text{اگر } (X_j - X_k) < 0 \\ 0 & \text{اگر } (X_j - X_k) = 0 \\ -1 & \text{اگر } (X_j - X_k) > 0 \end{cases} \quad (\text{رابطه ۳})$$

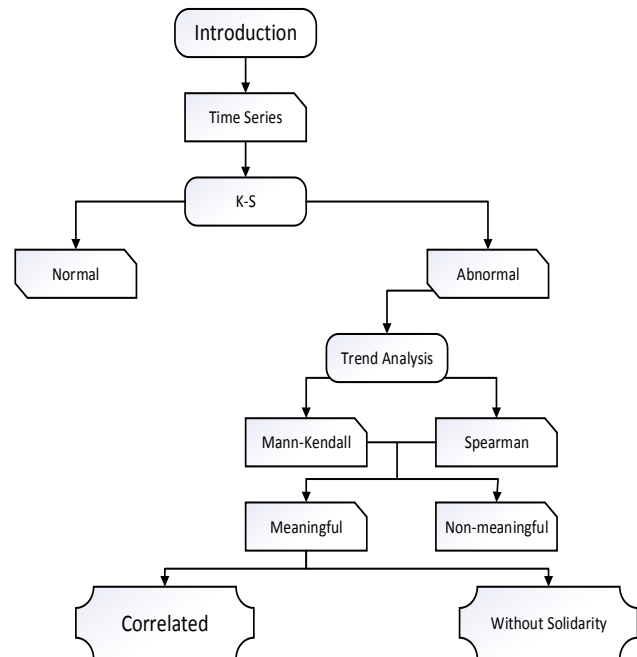
ب) محاسبه واریانس توسط یکی از روابط زیر: (رابطه ۴)

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^m t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18}, \text{ if } n > 10$$

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18}, \text{ if } n < 10 \quad (\text{رابطه ۵})$$

که  $n$  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:

الگوریتم زیر شماتیکی از مسیر انجام پژوهش حاضر است. با توجه به الگوریتم، ابتدا داده‌ها از لحاظ نرمال بودن توسط آزمون کلموگروف-اسمیرنوف مورد بررسی قرار گرفتند. در ادامه برای بررسی روند داده‌ها، از آزمون من-کندال و اسپیرمن استفاده شد. سپس تمامی داده‌های گرد و غبار از نظر همبستگی با داده‌های دیگر مورد بررسی قرار گرفتند. در نهایت داده‌هایی که با یکدیگر دارای همبستگی بودند در جدولی در قسمت نتایج ارائه شد.



شکل ۲- الگوریتم شماتیکی از مسیر انجام پژوهش حاضر

### آزمون کلموگروف-اسمیرنوف (K-S)

با استفاده از این آزمون می‌توان تبعیت یک سری زمانی را نسبت به توزیع نرمال بررسی کرد. آزمون کلموگروف-اسمیرنوف روش پارامتری ساده‌ای برای تعیین همگنی داده‌های تجربی با توزیع نرمال می‌باشد. فرضیه صفر آزمون مبنی بر عدم اختلاف بین فراوانی مورد انتظار و مشاهده‌شده در تبعیت داده‌ها از توزیع نرمال بیان می‌شود. آماره آزمون برابر است با حداکثر قدر مطلق تفاضل فراوانی نسبی تجمعی مشاهده‌شده از فراوانی نسبی تجمعی مورد انتظار:

$$D_n = \max |F_e - F_0| \quad (\text{رابطه ۱})$$

که در آن  $F_0$  فراوانی نسبی مشاهده‌شده و  $F_e$  فراوانی نسبی تجمعی مورد انتظار است. برای استفاده از این آزمون، داده‌ها در دسته‌های مشخصی قرار دارند. هر تعداد دسته‌بندی که وجود داشت برای هر دسته میزان فراوانی تجمعی مورد انتظار بر اساس توزیع آماری مورد نظر به دست خواهد آمد. سپس تفاضل فراوانی نسبی تجمعی مشاهده‌شده و فراوانی نسبی تجمعی مورد انتظار

### نتایج و بحث

#### بررسی نرمال بودن متغیرها

نتایج آزمون کلموگروف-اسمیرنوف برای متغیرهای فراوانی روزهای همراه با توفان گرد و غبار، دمای بیشینه، دمای کمینه و سرعت بیشینه باد در دوره آماری مشترک (۲۰۰۰-۲۰۱۴) در مقیاس زمانی فصلی برای ۱۰ ایستگاه سینوپتیک استان لرستان مورد بررسی قرار گرفت. همانطور که در جدول (۲) مشاهده می‌شود تمامی متغیرهای مذکور از توزیع غیر نرمال تبعیت می‌کنند، در نتیجه برای بررسی و تحلیل روند از آزمون‌های ناپارامتریک استفاده شد. آزمون‌های مذکور در محیط نرم افزاری R صورت پذیرفت. بدین منظور آزمون‌های ناپارامتریک من-کندال و اسپیرمن در سطح معنی‌داری ۵ درصد برای تمامی سه متغیر در مقیاس زمانی فصلی برای ایستگاه‌های مورد مطالعه به کار گرفته شد که نتایج این آزمون‌ها در بخش بعدی برای متغیرهای اقلیمی ارائه می‌شود.

#### فراوانی روزهای همراه با توفان‌های گرد و غبار

در جدول (۳) مقادیر آماره Z من-کندال و t اسپیرمن برای متغیر فراوانی روزهای همراه با توفان‌های گرد و غبار در دوره‌ی آماری (۲۰۰۰-۲۰۱۴) برای ۱۰ ایستگاه سینوپتیک استان لرستان نشان داده شده است. بررسی نتایج آزمون من-کندال برای داده‌های توفان‌های گرد و غباری نشان می‌دهد که از مجموع ۱۰ سری داده‌های فصلی روزهای همراه با توفان‌های گرد و غبار، ۴ سری داده دارای روند معنی‌دار مثبت در سطح معنی‌داری ۵ درصد شامل ایستگاه‌های ازنا، آلشتر، الیگودرز، کوهدشت و ۵ سری داده نیز شامل ایستگاه‌های پل‌دختر، خرم‌آباد، درود، سیلاخور و نورآباد دارای روند افزایشی می‌باشند ولی در سطح ۵ درصد معنی‌دار نیستند. همچنین ایستگاه بروجرد دارای روند کاهشی می‌باشد اما به دلیل اینکه داده‌های صفر این ایستگاه نسبتاً زیاد می‌باشد بنابراین آزمون من-کندال از توانایی کافی برای ارائه نتایج صحیح برخوردار نیست. به همین دلیل برای تحلیل روند ایستگاه مذکور از آزمون اسپیرمن استفاده شد که در بخش بعدی ارائه می‌شود. به‌طور کلی نتایج آزمون من-کندال بیانگر افزایش روند توفان‌های گرد و غباری در استان لرستان می‌باشد. با توجه به جدول (۳)، بررسی نتایج اسپیرمن برای داده‌های توفان‌های گرد و غبار نشان می‌دهد که از مجموع ۱۰ سری داده‌های فصلی روزهای همراه با توفان‌های گرد و غبار، ۴ سری داده شامل ایستگاه ازنا، آلشتر، الیگودرز و کوهدشت دارای روند معنی‌دار صعودی در سطح

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{if } S > 0 \\ 0 & \text{if } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{if } S < 0 \end{cases} \quad (\text{رابطه ۶})$$

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

$$|Z| \leq Z_{\alpha/2} \quad (\text{رابطه ۷})$$

که  $\alpha$  سطح معنی‌داری است که برای آزمون در نظر گرفته می‌شود و  $Z_{\alpha}$  آماره توزیع نرمال استاندارد در سطح معنی‌داری  $\alpha$  می‌باشد که باتوجه به دو دامنه بودن آزمون، از  $\alpha/2$  استفاده شده است. در مطالعه حاضر، این آزمون برای سطح اعتماد ۰.۹۵ استفاده شد. در صورتی که آماره Z مثبت باشد، روند سری داده‌ها صعودی و در صورت منفی بودن آن روند نزولی در نظر گرفته می‌شود.

#### آزمون ضریب همبستگی $\rho$ اسپیرمن<sup>۱</sup>

این ضریب در اوایل دهه ۱۹۰۰ توسط Charles Spearman ابداع گردید. ضریب همبستگی اسپیرمن ( $\rho$ ) همواره بین +۱ و -۱ در نوسان است و از لحاظ سطح سنجش نیز ترتیبی و از نوع متقارن می‌باشد.

$$\rho = 1 - \frac{6(\sum d_i^2)}{n(n^2 - 1)} \quad (\text{رابطه ۸})$$

که در آن n تعداد مشاهده‌ها و  $\sum d_i^2$  مجموع مجذور تفاوت در رتبه است.

برای آزمون ضریب همبستگی اسپیرمن از رابطه زیر، آماره t محاسبه می‌شود که بعد از مقایسه آن با t جدول با درجه آزادی n-2 تصمیم‌گیری انجام می‌شود.

$$t = \frac{\rho \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-\rho^2}} \quad (\text{رابطه ۹})$$

#### ضریب همبستگی پیرسون

کارل پیرسون یکی از افرادی بود که نحوه محاسبه همبستگی را به‌صورت فرمول بیان کرد و این روش زمانی کاربرد دارد که مقیاس اندازه‌گیری داده‌ها، فاصله‌ای و یا نسبی باشند و می‌توان طبق فرمول زیر ضریب همبستگی را محاسبه نمود.

$$r_{xy} = \frac{n \sum xy - \sum x \cdot \sum y}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum y^2 - (\sum y)^2]}} \quad (\text{رابطه ۱۰})$$

صورت فرمول کوواریانس x و y می‌باشد که با صورت شیب خط رگرسیون برابر است و در مخرج آن دو انحراف معیار x و y در هم ضرب شده است. ضریب همبستگی در فاصله -۱ تا ۰ و از ۰ تا +۱ ( $-1 \leq r_{xy} \leq +1$ ) تغییر می‌کند. بنابراین علامت ضریب همبستگی جهت و مقدار آن، شدت همبستگی را نشان می‌دهد.

توفان‌های گرد و غباری در استان لرستان است. همانطور که در شکل (۳) مشاهده می‌شود، نقشه آماره‌های آزمون من-کندال و اسپیرمن برای متغیر فراوانی روزهای همراه با توفان گرد و غبار نمایش داده شده است.

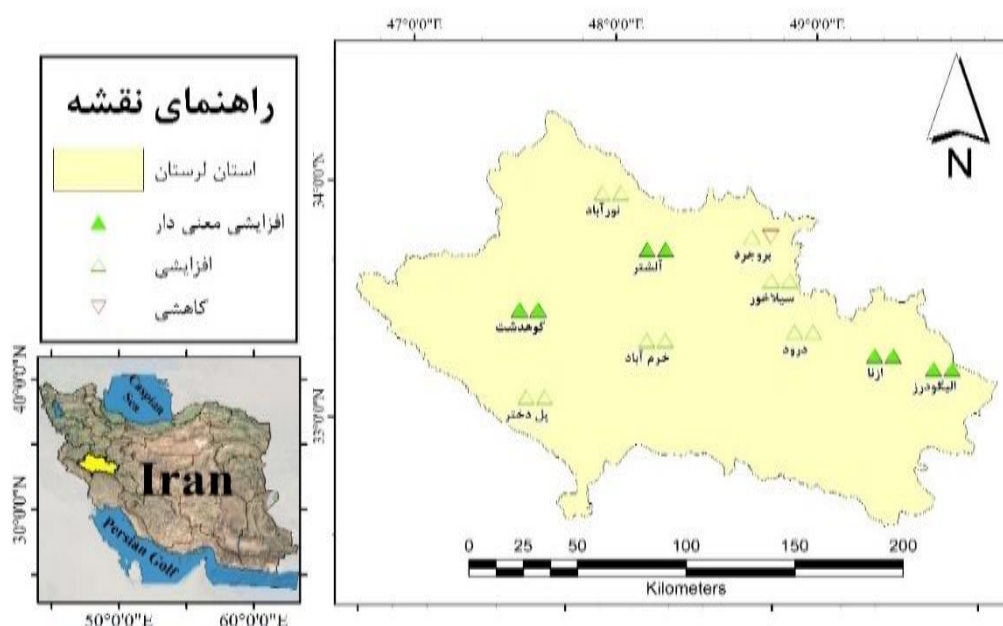
اطمینان ۵ درصد می‌باشند. ایستگاه‌های بروجرد، پل دختر، خرم‌آباد، درود، سیلاخور و نورآباد دارای روند صعودی هستند؛ ولی در سطح اطمینان موردنظر معنی‌دار نمی‌باشند. روش اسپیرمن هم همانند روش من-کندال حاکی از افزایش روند

جدول ۲- نتایج آزمون K-S برای توفان‌های گردوغبار، سرعت بیشینه باد و دمای بیشینه

وضعیت	K-S p-value	ایستگاه	متغیر
غیر نرمال	۰/۰۰۵	ازنا	سرعت بیشینه باد
غیر نرمال	۰/۰۰۰	آلشتر	
غیر نرمال	۰/۱۰۶	الیگودرز	
غیر نرمال	۰/۰۱۱	بروجرد	
غیر نرمال	۰/۰۰۱	پل دختر	
غیر نرمال	۰/۰۰۰	خرم آباد	
غیر نرمال	۰/۰۸۱	درود	
غیر نرمال	۰/۰۲۲	سیلاخور	
غیر نرمال	۰/۰۰۲	کوه‌دشت	
غیر نرمال	۰/۰۰۹	نورآباد	
غیر نرمال	۰/۰۰۱<	ازنا	گرد و غبار
غیر نرمال	۰/۰۰۱<	آلشتر	
غیر نرمال	۰/۰۰۱<	الیگودرز	
غیر نرمال	۰/۰۰۱<	بروجرد	
غیر نرمال	۰/۰۰۱<	پل دختر	
غیر نرمال	۰/۰۰۱<	خرم آباد	
غیر نرمال	۰/۰۰۱<	درود	
غیر نرمال	۰/۰۰۱<	سیلاخور	
غیر نرمال	۰/۰۰۱<	کوه‌دشت	
غیر نرمال	۰/۰۰۱	نورآباد	
غیر نرمال	۰/۰۰۱<	ازنا	بیشینه دما
غیر نرمال	۰/۰۰۱<	آلشتر	
غیر نرمال	۰/۰۰۱<	الیگودرز	
غیر نرمال	۰/۰۰۱<	بروجرد	
غیر نرمال	۰/۰۰۱<	پل دختر	
غیر نرمال	۰/۰۰۱<	خرم آباد	
غیر نرمال	۰/۰۰۱<	درود	
غیر نرمال	۰/۰۰۱<	سیلاخور	
غیر نرمال	۰/۰۰۱<	کوه‌دشت	
غیر نرمال	۰/۰۰۱<	نورآباد	

جدول ۳- نتایج آماری من-کندال و اسپیرمن برای متغیر فراوانی روزهای توفان‌های گردوغبار در مقیاس فصلی (۲۰۰۰-۲۰۱۴)

ردیف	ایستگاه	من-کندال		اسپیرمن	
		آماره	p-value	آماره	p-value
۱	ازنا	*۱/۹۸۸	۰/۰۴۶	*۲/۲۹۹	۰/۰۳۷
۲	آلشتر	*۱/۹۶۰	۰/۰۴۹	*۲/۰۹۳	۰/۰۴۹
۳	الیگودرز	*۱/۹۶۸	۰/۰۴۷	*۲/۱۳۵	۰/۰۳۹
۴	بروجرد	-۰/۰۸۶	۰/۹۳۲	۱/۳۲۱	۰/۱۷۷
۶	پل دختر	۱/۱۳۷	۰/۲۵۶	۰/۴۷۳	۰/۶۲۵
۶	خرم آباد	۰/۹۶۱	۰/۳۳۷	۱/۴۰۱	۰/۱۵۲
۷	دورود	۰/۶۹۷	۰/۴۸۶	۱/۶۱۹	۰/۰۹۸
۸	سیلاخور	۰/۳۲۶	۰/۷۴۵	۰/۶۷۲	۰/۴۷۸
۹	کوهدشت	*۲/۰۱۰	۰/۰۳۲	*۲/۲۹۹	۰/۰۳۸
۱۰	نورآباد	۱/۶۱۵	۰/۱۰۶	۱/۶۰۳	۰/۱۰۲



شکل ۳- آماره من-کندال و اسپیرمن فراوانی روزهای همراه با توفان‌های گردوغبار در مقیاس فصلی (۲۰۰۰-۲۰۱۴)

### سرعت بیشینه باد

در جدول (۴) مقادیر آماره Z من-کندال و اسپیرمن برای متغیر سرعت بیشینه باد در دوره آماری مشترک (۲۰۰۰-۲۰۱۴) برای ۱۰ ایستگاه سینوپتیک استان لرستان نشان داده شده است. بررسی نتایج آزمون من-کندال برای داده‌های سرعت بیشینه باد نشان می‌دهد که از مجموع ۱۰ سری داده‌های فصلی سرعت بیشینه باد، ۶ سری از داده‌ها دارای روند معنی‌دار مثبت در سطح معنی‌داری ۵ درصد شامل ایستگاه‌های ازنا، الیگودرز، بروجرد، درود، سیلاخور، کوهدشت هستند و داده‌های ایستگاه پل دختر نیز دارای روند صعودی می‌باشد ولی در سطح ۵ درصد معنی‌دار

نیست. همچنین دو سری داده شامل ایستگاه‌های خرم‌آباد و نورآباد دارای روند منفی در سطح معنی‌داری ۵ درصد و ایستگاه آلشتر هم دارای روند نزولی می‌باشد. ضمن اینکه بیشترین آماره در ایستگاه‌های مورد مطالعه مربوط به ایستگاه سیلاخور (۳/۷۵۳+) است. باتوجه به جدول (۴)، بررسی نتایج آزمون اسپیرمن برای داده‌های سرعت بیشینه باد نشان می‌دهد که از مجموع ۱۰ سری داده‌های فصلی سرعت بیشینه باد، ۳ سری داده شامل ایستگاه‌های ازنا، الیگودرز و کوهدشت دارای روند معنی‌دار مثبت و داده‌های ایستگاه‌های بروجرد، پل دختر، درود و سیلاخور دارای روند افزایشی می‌باشند. داده‌های ایستگاه‌های خرم‌آباد و

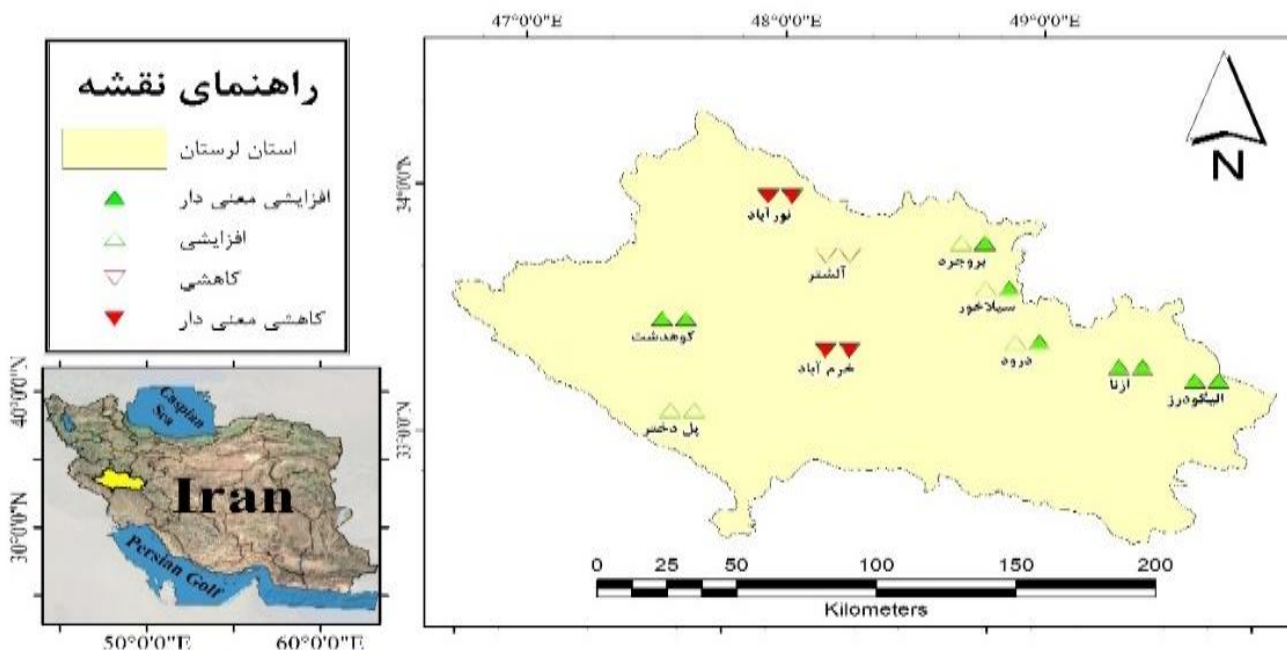


کوهدشت و نورآباد دارای روند صعودی معنی دار و تنها ۳ ایستگاه آلشتر، خرم آباد و نورآباد دارای روند نزولی معنی دار هستند که این بیانگر افزایش روند سرعت بیشینه باد به عنوان اهرم قدرتمند در فرسایش بادی و شکل گیری توفان های گرد و غبار در استان لرستان می باشد. (شکل ۴)

نورآباد دارای روند منفی معنی دار و همچنین ایستگاه آلشتر از روند نزولی برخوردار می باشد. به طور کلی تحلیل زمانی متغیر سرعت بیشینه باد در استان لرستان در طول دوره آماری مشترک نشان داد که از مجموع ۱۰ سری داده، ۷ سری داده شامل ایستگاه های ازنا، الیگودرز، بروجرد، پل دختر، درود، سیلاخور،

جدول ۴- نتایج آماره من-کندال و اسپیرمن برای متغیر سرعت بیشینه باد در مقیاس فصلی (۲۰۱۴ - ۲۰۰۰)

ردیف	ایستگاه	من-کندال		اسپیرمن		روند
		آماره تست	p-value	آماره تست	p-value	
۱	ازنا	*۳/۳۴۱	۰/۰۰۱	*۲/۷۶۲	۰/۰۰۸	افزایشی
۲	آلشتر	-۰/۶۵۴	۰/۵۱۳	-۱/۲۱۸	۰/۲۰۰	کاهشی
۳	الیگودرز	*۳/۲۸۸	۰/۰۰۱	*۳/۲۱۵	۰/۰۰۲	افزایشی
۴	بروجرد	*۲/۰۱۳	۰/۰۴۴	۱/۱۷۱	۰/۲۰۰	افزایشی
۵	پل دختر	۰/۲۵۱	۰/۸۰۲	۱/۳۳۷	۰/۱۸۶	افزایشی
۶	خرم آباد	*-۲/۶۱۲	۰/۰۰۹	*-۲/۳۵۱	۰/۰۲۲	کاهشی
۷	درود	*۲/۴۵۳	۰/۰۰۱	۱/۴۰۱	۰/۱۶۷	افزایشی
۸	سیلاخور	*۳/۷۵۳	۰/۰۰۰	۱/۰۲۹	۰/۳۰۸	افزایشی
۹	کوهدشت	*۳/۵۶۸	۰/۰۰۰	*۲/۰۱۶	۰/۰۴۹	افزایشی
۱۰	نورآباد	*-۲/۲۵۹	۰/۰۲۴	*-۲/۰۰۸	۰/۰۴۹	کاهشی



شکل ۴- آماره من-کندال و اسپیرمن سرعت بیشینه باد در مقیاس فصلی (۲۰۱۴-۲۰۰۰)

می دهد که از مجموع ۱۰ سری داده های فصلی دمای بیشینه، ۵ سری داده شامل ایستگاه های الیگودرز، خرم آباد، درود، سیلاخور و نورآباد دارای روند صعودی معنی دار در سطح ۵ درصد می باشد و همچنین ایستگاه های ازنا، آلشتر، بروجرد، پل دختر و کوهدشت از روند صعودی برخوردار هستند. بیشترین مقدار آماره Z مربوط

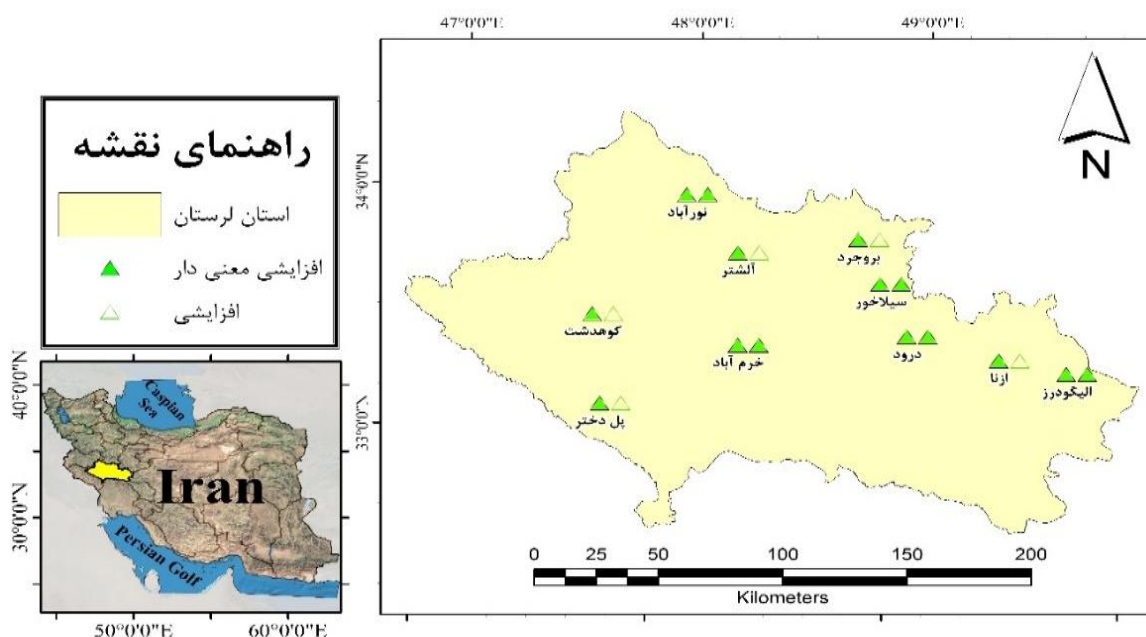
دمای بیشینه در جدول (۵) نیز مقادیر آماره Z من-کندال و t اسپیرمن برای متغیر دمای بیشینه در طول دوره آماری مشترک (۲۰۱۴-۲۰۰۰) برای ۱۰ ایستگاه سینوپتیک استان لرستان نشان داده شده است. بر روی نتایج آزمون من-کندال برای داده های دمای بیشینه نشان

روند افزایشی معنی‌دار می‌باشد. به‌طور کلی تحلیل زمانی متغیر دمای بیشینه به روش من-کندال و اسپیرمن در طول دوره آماری مشترک در استان لرستان نشان داد که همه ایستگاه‌های سینوپتیک استان دارای روند صعودی معنی‌دار می‌باشند (شکل ۵).

به متغیر دمای بیشینه در ایستگاه‌های مورد مطالعه به ایستگاه نورآباد (+۳/۳۸۴) در شمال این استان اختصاص دارد. با توجه به جدول (۵)، بررسی نتایج آزمون اسپیرمن برای داده‌های دمای بیشینه نشان می‌دهد که تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه دارای

جدول ۵- نتایج آماره من-کندال و اسپیرمن برای متغیر دمای بیشینه در مقیاس فصلی (۲۰۱۴ - ۲۰۰۰)

ردیف	ایستگاه	من-کندال		اسپیرمن	
		آماره	p-value	آماره	p-value
۱	ازنا	۰/۹۰۳	۰/۳۶۷	*۲/۷۹۹	۰/۰۰۷
۲	آلشتر	۱/۳۴۳	۰/۱۷۹	*۳/۱۳۸	۰/۰۰۳
۳	الیگودرز	*۲/۶۸۰	۰/۰۰۷	*۳/۱۴۷	۰/۰۰۳
۴	بروجرد	۱/۱۱۹	۰/۲۶۳	*۳/۱۳۸	۰/۰۰۳
۵	پل دختر	۱/۳۹۳	۰/۱۶۴	*۳/۰۵۲	۰/۰۰۳
۶	خرم آباد	*۱/۹۹۹	۰/۰۴۶	*۳/۱۴۷	۰/۰۰۳
۷	دورود	*۲/۳۱۵	۰/۰۲۱	*۳/۰۹۹	۰/۰۰۳
۸	سیلاخور	*۱/۹۷۳	۰/۰۴۵	*۳/۳۰۴	۰/۰۰۲
۹	کوهدشت	۱/۶۶۳	۰/۰۹۶	*۳/۰۲۳	۰/۰۰۴
۱۰	نورآباد	*۳/۳۸۴	۰/۰۰۱	*۳/۱۲۸	۰/۰۰۳



شکل ۵- آماره من-کندال و اسپیرمن دمای بیشینه در مقیاس فصلی (۲۰۱۴-۲۰۰۰)

دمای بیشینه و سرعت بیشینه باد) با فراوانی روزهای همراه با توفان گرد و غبار در مقیاس زمانی فصلی می‌باشد زیرا مستعدترین شرایط برای بلندشدن ذرات گرد و غبار هنگامی است که خاک خشک می‌شود (کاهش بارندگی و افزایش دما) و سرعت بیشینه باد به حد آستانه برسد. لذا بدین منظور ایستگاه‌هایی که متغیر-های اقلیمی و همچنین متغیر فراوانی روزهای همراه با توفان گرد

بررسی ارتباط عناصر اقلیمی با فراوانی روزهای همراه با گرد و غبار

یکی از مهمترین موارد مطالعات اقلیمی شناخت روابط موجود بین متغیرهای مورد مطالعه است. مهم‌ترین شاخص تبیین روابط بین متغیرها ضریب همبستگی است (Farajzadeh Asl, 2011).

ارتباط بین متغیرهای اقلیمی در این بررسی، ارتباط بین متغیرهای اقلیمی

گرد و غبار به ترتیب با ضرایب همبستگی ۰/۸۲، ۰/۵۹ و ۰/۵۵. ارتباط مستقیم و زیادی را بین این دو متغیر نشان می‌دهد. همچنین نتایج ایستگاه الیگودرز نشان داد که بیشترین همبستگی، بین متغیر حدی دمای بیشینه و فراوانی روزهای همراه با توفان‌های گرد و غبار وجود دارد. در شکل و نقشه‌های پهنه‌بندی شده، ضرایب همبستگی بین فراوانی روزهای همراه با توفان‌های گرد و غبار و متغیرهای اقلیمی سرعت بیشینه باد و دمای بیشینه نشان داده شده است.

جدول ۶- رابطه بین مقدار همبستگی و شدت همبستگی

شدت همبستگی	ارزش همبستگی (قدر مطلق)
خیلی زیاد	۰/۱-۷۵
زیاد	۰/۰-۵/۷۴
متوسط	۰/۰-۴۹/۲۵
کم	۰/۰-۲۴

و غبار آن‌ها در هر دو روش من-کندال و اسپیرمن در سطح معنی‌داری ۵ درصد دارای روند بودند، مورد بررسی قرار گرفته است. در این مطالعه متغیرهای اقلیمی به‌عنوان متغیر مستقل و فراوانی روزهای همراه با توفان گرد و غبار به‌عنوان متغیر وابسته در محیط نرم‌افزار SPSS با تکنیک همبستگی پیرسون مورد تحلیل واقع شدند. در اندازه همبستگی عوامل مختلفی وجود دارد از جمله حجم نمونه که می‌تواند در افزایش و یا کاهش ضریب همبستگی تاثیرگذار باشد. اما ضرایب همبستگی محاسبه شده را می‌توان به‌طور ضمنی با جدول زیر مقایسه و شدت آن‌ها را تعیین نمود. در جدول زیر تفسیر براساس قدر مطلق بیان شده است که مقادیر مثبت و منفی را در بر می‌گیرد.

در جدول (۷) نتایج ضریب همبستگی بین متغیرهای اقلیمی و فراوانی روزهای همراه با گرد و غبار نشان داده شده است. در ایستگاه‌های کوه‌دشت، الیگودرز و ازنا متغیر اقلیمی سرعت بیشینه باد به‌عنوان یک اهرم قدرتمند برای درخواستن

جدول ۷- نتایج ضریب همبستگی بین متغیرهای اقلیمی و فراوانی روزهای همراه با گرد و غبار

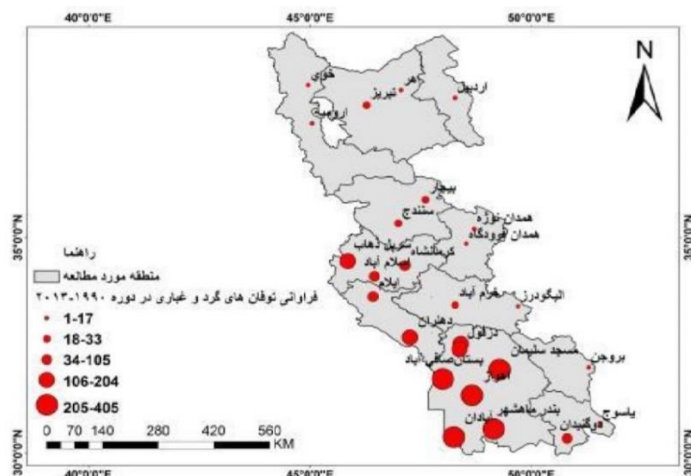
ردیف	ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	همبستگی سرعت بیشینه باد - ریزگرد	همبستگی دمای بیشینه - ریزگرد
۱	ازنا	۳۳/۴۴	۴۹/۴۰	۰/۵۵	۰/۴۸
۲	آلشتر	۳۳/۸۲	۴۸/۲۴	۰/۵۱	۰/۶۵
۳	الیگودرز	۳۳/۴۰	۴۹/۷۰	۰/۵۹	۰/۷۸
۴	بروجرد	۳۳/۹۱	۴۸/۷۵	۰/۱۶	-۰/۴۷
۵	پل دختر	۳۳/۱۵	۴۷/۷۱	۰/۲۰	-۰/۳۵
۶	خرم آباد	۳۳/۴۳	۴۸/۲۸	۰/۲۳	-۰/۳۰
۷	دورود	۳۳/۵۲	۴۹/۰۰	۰/۱۷	-۰/۳۹
۸	سیلاخور	۳۳/۷۳	۴۸/۸۶	۰/۱۸	-۰/۴۶
۹	کوه‌دشت	۳۳/۵۲	۴۷/۶۴	۰/۸۲	۰/۵۴
۱۰	نورآباد	۳۴/۰۵	۴۸/۰۰	۰/۳۴	-۰/۵۸

#### جمع بندی

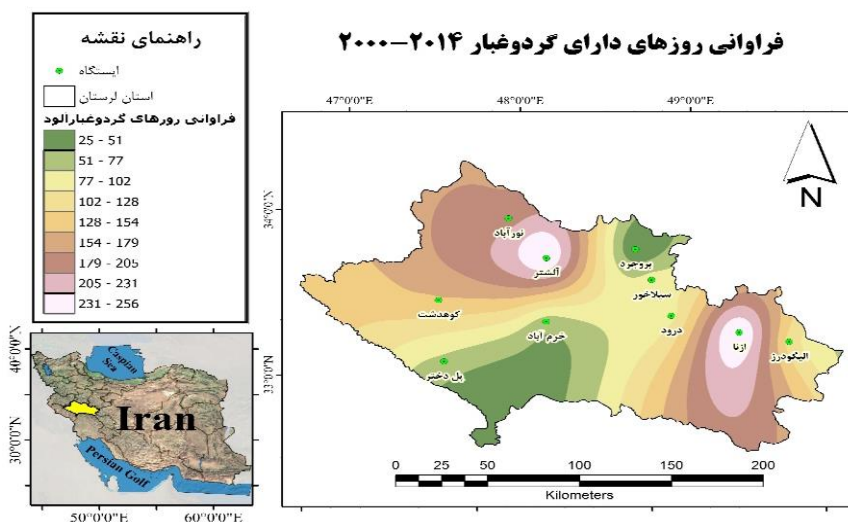
۱۰ سری داده، ۴ سری داده شامل ایستگاه‌های ازنا، آلشتر، الیگودرز و کوه‌دشت دارای روند معنی‌دار مثبت در سطح ۵ درصد بودند. همه‌ی روش‌های مورد مطالعه نشان از افزایش فراوانی توفان‌های گرد و غبار در استان لرستان دارند؛ ولی این افزایش فقط در ایستگاه‌های مذکور معنی‌دار بود. نتایج حاصل از روش‌های فوق جهت شناسایی روند و فراوانی روزهای همراه با توفان‌های گرد و غبار در استان لرستان با نتایج حاصل از مطالعات (Zeinali 2016) مطابقت دارد (شکل ۷). از طرفی ایستگاه‌هایی که دارای بالاترین همبستگی بین متغیرهای اقلیمی با توفان‌های گرد و غبار بودند (ازنا، الیگودرز و کوه‌دشت)، بیشترین فراوانی وقوع گرد و غبار را نیز به همراه داشتند پس می‌توان نتیجه گرفت

بیشترین فراوانی توفان‌های گرد و غباری در استان لرستان ۲۰۱۴-۲۰۰۰ مربوط به ایستگاه‌های سینوپتیک ازنا و آلشتر می‌باشد که با نتایج حاصل از مطالعات (Zeinali 2016) برای غرب و جنوب غرب کشور همخوانی دارد (شکل ۶). بیابان‌های عربستان و مناطق خشک کشورهای همسایه همچون عراق و سوریه از یک سو و همچنین عدم مدیریت صحیح منابع آب و خشکسالی‌های اخیر ناشی از عوامل انسانی و طبیعی از سوی دیگر باعث تقویت جبهه گرد و غبار در نیمه‌غربی کشور شده است. تحلیل زمانی وقوع توفان گرد و غبار منطقه مورد مطالعه با استفاده از روش‌های ناپارامتری نشان داد که در روش من-کندال و اسپیرمن از مجموع

تاثیرپذیری متغیرهای اقلیمی از توفان‌های گرد و غبار (و با بالعکس) باشد. بین فراوانی گرد و غبار و همبستگی اقلیمی با توفان‌های گرد و غبار رابطه تنگاتنگی برقرار است که این خود می‌تواند حاکی از



شکل ۶- پهنه بندی فراوانی روزهای همراه با توفان گرد و غبار در نیمه غربی کشور ۲۰۱۴-۱۹۹۰ (Zeinali, 2016)



شکل ۷- پهنه بندی فراوانی روزهای همراه با توفان گرد و غبار در استان لرستان (۲۰۱۴-۲۰۰۰)

## REFERENCES

- Azizi, Gh., Shamsipour, A., Mirie, M., Safarrad, T. (2012). Statistical analysis - Synoptic phenomenon of dust in the west of Iran. *Journal of Environmental Studies*, 3(38), 123-134. (in Farsi)
- Boheiraei, H., Ayazi, S.M., Rajaie, M.A., Ahmadi, H. (2011). Synoptic statistical analyse dust phenomenon in Ilam. *Quarterly Journal of Human Geogrolphy*, 4(1), 47-67. (in Farsi)
- Farajzadeh Asl, M., Alizadeh, Kh. (2011). Spatial Analysis of Dust storm in Iran. *The Journal of Spatial Planning*, 15 (1), 65-84. (in Farsi)
- Gao, T., Han, J., Wang, Y., Pei, H., Lu, S. (2012). Impacts of climate abnormality on remarkable dust storm increase of the Hunshdak Sandy Lands in northern China during 2001-2008. *Meteorological Applications*, 19(3), 265-278.
- Goudie, A. S., Middleton, N. J. (2006). Desert dust in the global system. Springer Science & Business Media.
- Goudie, A. S. (2009). Dust storms: Recent developments. *Journal of environmental management*, 90(1), 89-94.
- Kendall, M. G. (1975). *Rank Correlation Methods*. Griffin: London.
- Mann, H. B. (1945). Nonparametric tests against trend. *Econometrica*, 13, 245-259.
- McTainsh, G. H., Leys, J. F., O'Loingsigh, T., & Strong, C. L. (2011). Wind erosion and land management in Australia during 1940-1949 and 2000-2009. Report prepared for the Australian Government Department of Sustainability, Environment, Water, Population and Communities on behalf of the State of the Environment, 45.
- McTainsh, G.H. and Pitblado, J.R. (1987) Dust storms and related phenomena measured from meteorological records in Australia. *Earth Surface Processes Landforms*, 12, 415-424.
- Miller, S.D., Kuciauskas, A.P, Liu, M., Ji, Q., Reid, J.S., Breed W.D., Walker, A.L., and Mandoos, A.A. (2008). Haboob dust storms of the southern Arabian Peninsula. *Journal of Geophysical Research*, 113(116), 1-18.

- 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 broadscale wind erosion using meteorological records. *Aeolian Research*, 12, 29-40.
- Rafiei Mojumord, Z., Yazdani, M., and Rahimi, M. (2016). Analysis of the trend of the number of days with dust in Iran. *Journal of Drought Booms*. (6)2, 11-23. (in Farsi)
- Tavousi, T., and Zahraei, A. (2013). Modeling time series of dust phenomenon in Ahvaz city. *Geographical Survey*, 28(2), 159-170. (in Farsi)
- Wang X., Dong Z., Zhang C., Qian G., Luo W. (2009). Characterization of the composition of dust fallout and identification of dust sources in arid and semiarid North China. *Geomorphology*, 112: 144-157.
- Wilks, D.S. (2011) *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences*. Third Ed., Elsevier.
- Zeinali, B. (2016). Investigating the trend of frequent changes of days with dusty storms in the western half of Iran. *Journal of Environmental hazards*, 5(7), 87-100.
- Zolfaghari, H., Masoumpour Samakosh, J., Shaygan Mehr, Sh., and Ahmadi, M. 2011. A synoptic investigation of dust storms in western regions of Iran during 2005- 2010 (A Case Study of Widespread Wave in July 2009). *Geography and Environmental Planning*, 43(3), 5-8. (in Farsi)