

مجله مخاطرات محیط طبیعی، سال پنجم، شماره هفتم، بهار ۱۳۹۵

تاریخ دریافت مقاله: ۹۴/۱۱/۱۱

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۵/۰۲/۱۳

صفحات: ۸۷-۱۰۰

بررسی روند تغییرات فراوانی روزهای همراه با توفان‌های گرد و غباری نیمه غربی ایران

دکتر بتول زینالی^۱

چکیده

در این پژوهش جهت شناسایی و آشکارسازی روند تغییرات فراوانی روزهای همراه با توفان‌های گرد و غباری از داده‌های ساعتی و روزانه گرد و غبار (قدرت دید افقی و کدهای هواشناسی) ۲۶ ایستگاه سینوپتیکی غرب کشور با طول دوره آماری (۱۹۹۰-۲۰۱۳) استفاده شد. در این مطالعه برای تشخیص توفان‌های گرد و غباری (محلی و فرامحلی) از فاکتور قدرت دید افقی ≤ 1000 متر برای همه کدهای هواشناسی گرد و غبار استفاده شده است. این داده‌ها در مقیاس سالانه و با استفاده از دو روش ناپارامتریک من کندال و سنس استیمیتور و یک روش پارامتریک رگرسیون خطی ساده بررسی شد. نتایج نشان داد که در روش من کندال از مجموع ۲۶ سری داده، ۹ سری، در روش سنس استیمیتور ۶ سری و در روش رگرسیون خطی ساده ۱۳ سری داده دارای روند معنی دار مثبت در سطح معنی داری ۱ و ۵ درصد بودند. همه روش‌های مطالعه شده نشان از افزایش فراوانی توفان‌های گرد و غباری در نیمه غربی ایران به‌ویژه در قسمت‌های جنوب غرب آن دارند.

کلید واژه‌ها: توفان‌های گرد و غباری، غرب ایران، تغییرات زمانی، آزمون‌های ناپارامتریک، آزمون پارامتریک

مقدمه

مهم‌ترین مخاطره آن است که حیات انسان را تهدید کند. دومین رتبه مخاطره وقتی است که محیط زیست انسان را در بر گیرد و سومین رتبه آن زمانی است که به دارایی انسان صدمه وارد کند (مقیمی، ۱۳۹۳). توفان گرد و غبار شدیدترین نوع گرد و غبار می‌باشد و باعث غبارآلود شدن کامل هوا و کاهش دید افقی به کمتر از ۱۰^۳ متر می‌گردد. توفان‌های گرد و غباری شدید قابلیت دید را تا حد صفر کاهش می‌دهند (شائو و داتگ، ۲۰۰۶). نارسایی این مخاطره در حیات انسان شامل انواع بیماری‌ها از جمله برونشیت، آسم، آلرژی، صدمه به عملکرد دفاعی ماکروفاژها، صدمه به شش‌ها، ورم و آماس شبکیه چشم (شاهسونی و همکاران، ۱۳۸۹)، حساسیت‌های پوستی (موسوی و همکاران، ۱۳۹۲) و ... می‌شوند؛ در محیط زیست شامل آلودگی منابع آبی (شاهسونی و همکاران، ۱۳۸۹)، کاهش آلودگی برف و افزایش ذوب برفی، تغییر شرایط ژئوشیمیایی خاک، چرخه‌های بیوژئوشیمیایی خاک و تشکیلات خاک، کنترل فیتوپلانکتون‌های دریایی، تسریع روند خشکی، تشکیلات ابر و فعالیت‌های همرفتی، کاهش دمای هوا از طریق جذب و پخش تابش خورشیدی (جهانبخش و همکاران، ۱۳۹۴)، در دارایی انسان شامل از بین رفتن مواد آلی و مغذی خاک و کاهش بهره‌وری تولید، اختلال در عملکرد نیروگاه‌های برق، تعطیلی مدارس، لغو پروازها (شاهسونی و همکاران، ۱۳۸۹)، تاثیر بر فرایند فتوسنتز گیاه و کاهش عملکرد محصول (آروین و همکاران، ۱۳۹۲) و ... می‌باشد. بنابر مطالب فوق، توفان‌های گرد و غباری مهم‌ترین مخاطره محسوب می‌گردد که هم حیات انسان، هم محیط زیست و هم دارایی انسان را تهدید می‌کند.

فراوانی وقوع گرد و غبار در یک منطقه به عواملی از جمله سرعت باد بالا، خاک بدون پوشش، شرایط هوایی خشک (خسروی، ۱۳۸۷، می^۱ و همکاران، ۲۰۰۸)، رطوبت خاک، پوشش گیاهی (هیونگ^۲ و همکاران، ۲۰۰۶)، سیستم هوای محلی و بیرونی، بارش کوتاه مدت، وسعت جنگل زدایی، خشک‌سالی‌های بلند مدت، تغییرات کاربری زمین و فعالیت‌های انسانی (جان^۳ و همکاران، ۲۰۰۶) بستگی دارد.

وانگ^۴ و همکاران (۲۰۰۴) در پژوهشی منابع توزیع فضایی و روند گرد و غبار در چین را مورد بحث قرار دادند. آنها اشاره کردند که پدیده گرد و غبار در بیشتر نواحی چین از سال ۱۹۵۰ تا ۲۰۰۰ کاهش یافته و این کاهش هم‌بستگی بالایی با فعالیت‌های انسانی و تغییرات آب و هوا دارد.

وانگ تیان‌مینگ^۵ و همکاران (۲۰۰۹)، 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 یک هم‌بستگی منفی و معنی‌دار بین این دو پدیده را نشان داد که می‌تواند 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 غباری در طی دوره ۱۹۵۴ تا ۲۰۰۰ محسوب می‌شود.

1- Mei
2- Huang
3- John
4- Wang
5- Wang Tianming.

گائو و همکاران (۲۰۱۱) تأثیرات ناهنجاری‌های آب و هوا را روی افزایش چشمگیر توفان‌های گرد و غباری زمین‌های ماسه‌ای هانشداک^۱ 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 غباری در چین شمالی روند کاهشی داشته است. اگرچه زمین‌های ماسه‌ای هانشداک چین شمالی یک فراوانی افزایشی توفان‌های گرد و غباری 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.

ایندوتو و همکاران (۲۰۱۲) تغییرات زمانی و مکانی توفان‌های گرد و غباری در آسیای مرکزی را در طی هفت دهه اخیر مورد مطالعه قرار داده و به این نتیجه رسیدند که روند کاهشی معنی‌دار در فرکانس توفان‌های گرد و غباری در طول دهه‌های اخیر و تغییر قابل توجه در مناطق منابع فعال گرد و غباری صورت گرفته است.

کانگ و همکاران (۲۰۱۵) روند وقوع پدیده 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 کاهشی معنی‌داری داشته است که این کاهش در ارتباط با کاهش سرعت باد و افزایش پوشش گیاهی در منطقه می‌باشد.

عزیزی و همکاران (۱۳۹۱) به تحلیل آماری-همدیدی پدیده گرد و غبار در نیمه غربی ایران پرداخته و به این نتیجه رسیده‌اند که بیشینه 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. بررسی تصاویر ماهواره‌ای به همراه نقشه‌های سینوپتیک، عراق، شرق سوریه و بیابان‌های عربستان را به عنوان منابع گرد و غبار نشان می‌دهد.

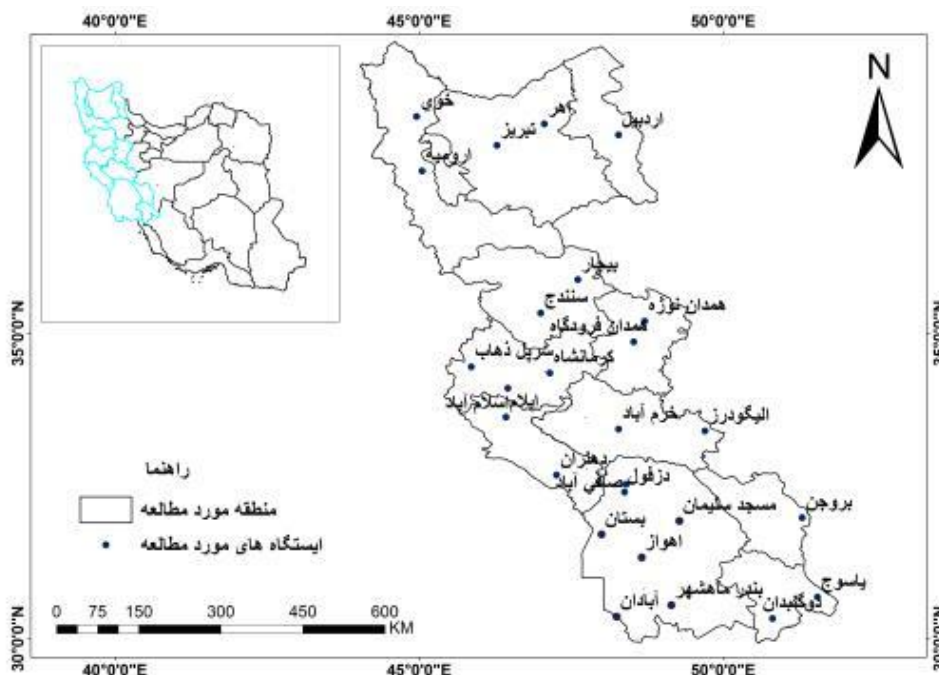
طاووسی و زهرایی (۱۳۹۲) سری زمانی پدیده گرد و خاک شهر اهواز را با استفاده از آزمون‌های ناپارامتریک مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیدند که غیر از ژانویه در تمامی ماه‌های سال، فصول و همچنین در مقیاس سالانه روند افزایشی معنی‌دار پدیده گرد و غبار در سطوح ۹۵ تا ۹۹ درصد مشاهده گردید.

در مطالعات داخلی، تحقیقات محدودی در رابطه با تحلیل زمانی توفان‌های گرد و غباری غرب ایران (گرد و غبارهای با دید افقی کمتر از ۱۰۰۰ متر) صورت گرفته است. بیشتر مطالعات داخلی در رابطه با روند پدیده گرد و غبار در محدوده‌های کوچک، مطالعات سینوپتیکی و ماهواره‌ای آن می‌باشد. از طرفی دیگر، با توجه به نارسایی‌هایی که گرد و غبار در محیط زیست، سلامت انسان، تغییر اقلیم، اقتصاد بویژه در سال‌های اخیر در غرب کشور به‌وجود آورده، مطالعه آن ضروری می‌باشد.

مواد و روش‌ها:

در این تحقیق از داده‌های ساعتی و روزانه گرد و غبار (قدرت دید افقی و کدهای هواشناسی) ۲۶ ایستگاه سینوپتیکی غرب کشور با طول دوره آماری (۱۹۹۰-۲۰۱۳) استفاده شده است (شکل ۱).

با توجه به 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 شامل کدهای (۶-۷-۸-۹) و (۳۰-۳۱-۳۲-۳۳-۳۴-۳۵) از سایر پدیده‌های اقلیمی (کدهای ۰-۱۰۰) در ساعات مختلف سینوپتیکی جدا گردید.



شکل ۱: موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه در غرب ایران

لازم به ذکر است که کدهای ۳۰ تا ۳۵ مربوط به توفان‌های گرد و غباری محلی به ترتیب ضعیف تا شدید می‌باشد (گودی و میدلتون، ۲۰۰۶) ولی در این مطالعه برای تشخیص توفان‌های گرد و غباری (محلی و فرا محلی) از فاکتور قدرت دید افقی ≤ 1000 متر برای همه کدهای هواشناسی گرد و غبار استفاده شده است (گودی و میدلتون، ۲۰۰۶؛ مک تینش و پیت بلادو، ۱۹۷۸؛ گائو و همکاران، ۲۰۱۱؛ ذوالفقاری و عابدزاده، ۱۳۸۴). تکرار سالانه این توفان‌ها در هر ایستگاه، به عنوان فراوانی توفان گرد و غباری سالانه آن ایستگاه در نظر گرفته شد. آزمون روندیابی من کندال، سن ایستیمیتور و رگرسیون خطی ساده بر روی داده‌های توفان‌های گرد و غباری سالانه به دست آمده برای هر ایستگاه در دوره ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۳ انجام شد که در ادامه به تشریح آن‌ها پرداخته می‌شود:

آزمون من کندال

آزمون من کندال ابتدا توسط من (۱۹۴۵) ارائه و سپس توسط کندال (۱۹۷۵) بسط و توسعه یافت (سراتو و همکاران، ۱۹۹۹). مراحل محاسبه این آزمون به شرح زیر است (حجام و همکاران، ۱۳۸۷ و رسولی و همکاران، ۱۳۸۹):

۱- محاسبه اختلاف بین تک تک مشاهدات با هم‌دیگر و اعمال تابع علامت و استخراج پارامتر S به صورت زیر:

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

که n تعداد مشاهدات سری، x_j و x_k به ترتیب داده‌های j ام و k ام سری می‌باشند. تابع علامت به شرح زیر قابل محاسبه است:

$$\text{sgn}(x_j - x_k) = \begin{cases} +1 & \text{if } (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & \text{if } (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & \text{if } (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \quad :۲$$

۲- به دلیل اینکه همه ایستگاه‌ها بیش از ۲۰ سال طول دوره آماری دارند بنابراین از فرمول زیر برای محاسبه واریانس استفاده گردید:

$$\text{Var}(s) = \left[n(n+1)(2n+5) - \sum_t t(t-1)(2t+5) \right] / 18 \quad :۳$$

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 می‌باشد.

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

در یک آزمون دو دامنه جهت روند یابی سری داده‌ها، فرض صفر در صورتی پذیرفته می‌شود که رابطه زیر برقرار باشد.

$$|Z| \leq Z_{\alpha/2} \quad :۵$$

آزمون سنس استیمیتور

در روش سنس استیمیتور نیز همانند روش من کندال از تحلیل تفاوت بین مشاهدات یک سری زمانی بهره گرفته می‌شود. اساس این روش بر محاسبه یک شیب میانه برای سری زمانی و قضاوت کردن در مورد معنی‌داری شیب به‌دست آمده در سطوح اعتماد مختلف استوار است. مراحل کلی انجام این آزمون به شرح زیر است (جورج و همکاران، ۲۰۰۹):

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

$$Q = \frac{X_t - X_s}{t - s} \quad :۶$$

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 (۶) 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}) به‌دست می‌آید. مقدار مثبت Q_{med} حاکی از روند صعودی و مقدار منفی آن دال بر نزولی بودن روند می‌باشد.

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

$$C_a = Z_{1-\delta/2} * \sqrt{\text{Var}(s)} \quad :۷$$

که در آن Z آماره توزیع نرمال استاندارد می‌باشد و در یک آزمون دو دامنه بسته به سطوح اعتماد مورد آزمون می‌تواند مقادیر مختلفی را به خود گیرد. این آماره برای سطوح اطمینان ۰.۹۵٪ و ۰.۹۹٪ به ترتیب برابر با ۱/۹۶ و ۲/۵۸ در نظر گرفته می‌شود.

ج: محاسبه حدود اعتماد بالا و پایین (M_1 و M_2) از طریق رابطه زیر:

$$\begin{cases} M_1 = \frac{N' - C_a}{2} \\ M_2 = \frac{N' + C_a}{2} \end{cases} \quad :۸$$

که N تعداد شیب‌های محاسبه شده در بند الف می‌باشد.

د- مرحله نهایی این روش، آزمون کردن حدود اطمینان محاسبه شده است. به این ترتیب که از بین شیب‌های محاسبه شده توسط رابطه (۶)، M_1 امین و M_{2+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 مورد آزمون 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 معنی داری در سطح اعتماد مورد آزمون می‌باشد (کانناروزو و همکاران، ۲۰۰۶).

رگرسیون خطی ساده

در تحلیل زمانی، ساده‌ترین تعریف از روند تغییرات اقلیمی، به وسیله رگرسیون خطی بیان می‌شود. در این راستا باید بهترین خطی که بر مختصات نقاط حاصل از دو متغیر X و Y بر یک صفحه وجود دارد تعیین گردد. یکی از روش‌های برازش خط، روش حداقل مربعات است. در این روش، خطا طوری روی نقاط برازش می‌یابد که مجموع مربعات انحرافات به حداقل برسد (محمودی و همکاران، ۱۳۹۴). معادله رگرسیون ساده طبق رابطه زیر تعریف می‌شود.

$$\alpha = Y + \beta\chi \quad :۹$$

که α عرض از مبدا و β شیب خط است.

$$\alpha = Y - \beta\chi \quad :۱۰$$

این نشان می‌دهد که یک مقدار مثبت برای β نشانگر افزایش متغیر مورد مطالعه با زمان و یک مقدار منفی برای β نشانگر کاهش متغیر مورد مطالعه با زمان خواهد بود. برای $\beta = 0$ فرض وجود روند رد می‌شود؛ اما از آنجا که مقدار β نامعلوم است یک برآورد از β با اطمینان ۰.۹۵٪ از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\beta \pm t_{0.025} \frac{S}{S_x} \quad :۱۱$$

S انحراف از میانگین و S_x برآورد کننده ناریبی از انحراف معیار است که از روابط زیر بدست می‌آیند:

$$S = \sum_{i=a}^n (y_i - a - \beta x_i) / (n - 2) \quad :۱۲$$

$n-2$ برابر با درجه آزادی است.

$$Sx = \sum (x_i - \bar{x}) = \sum (x_i - \bar{nx}) \quad :۱۳$$

اگر حد بالا و پایین β که به این ترتیب به دست می آید هر دو مثبت باشند روند افزایشی متغیر مورد مطالعه را پذیرفته می شود. اگر حد بالا و پایین β هر دو منفی باشند روند کاهشی پذیرفته می شود. اگر حد بالا و پایین β علامت‌های متفاوت داشته باشند فرض وجود روند را تایید نمی شود.

یافته‌های تحقیق

در جدول ۱ مقادیر آماره Z من کندال برای متغیر فراوانی روزهای همراه با توفان‌های گرد و غباری در دوره آماری ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۳ برای ۲۶ ایستگاه سینوپتیک نیمه غربی ایران نشان داده شده است. بررسی نتایج آزمون من کندال برای داده‌های توفان‌های گرد و غباری نشان می‌دهد که از مجموع ۲۶ سری داده‌های سالانه روزهای همراه با توفان‌های گرد و غباری، ۵ سری داده دارای روند معنی دار مثبت در سطح معنی داری ۱ درصد شامل ایستگاه‌های بستان، اسلام آباد غرب، سرپل ذهاب، دهلران، دزفول و ۴ سری داده دارای روند معنی دار مثبت در سطح اطمینان ۵ درصد شامل ایستگاه‌های اهواز، آبادان، ایلام، صافی آباد می‌باشند. بیشترین مقادیر آماره Z در ایستگاه‌های مورد مطالعه مربوط به ایستگاه‌های سرپل ذهاب (+۳/۳۵) و بستان (+۳/۲۹) می‌باشد. ۴ سری داده نیز شامل ایستگاه‌های بندر ماهشهر، الیگودرز، کرمانشاه و مسجد سلیمان دارای روند صعودی می‌باشند؛ ولی در سطوح ۱ و ۵ درصد معنی دار نیستند. بقیه سری داده‌ها فاقد روند می‌باشند. مقادیر آماره Z من کندال در ایستگاه‌های اهر، ارومیه، اردبیل، بیجار، تبریز، خرم آباد، یاسوج، سنندج، دو گنبدان، همدان فرودگاه و همدان نوژه، که در جدول ۱ با سایه روشن مشخص گردیده‌اند، به دلیل اینکه داده‌های صفر این ایستگاه‌ها از تکرار زیاد برخوردار بودند؛ بنابراین آزمون من کندال از توانایی کافی برای ارائه نتایج درست برخوردار نبود به طوری که طبق این آزمون، ایستگاه‌های مذکور دارای روند صعودی و با سطح اطمینان ۱ درصد می‌باشند که این منطقی نمی‌باشد. به همین دلیل برای تحلیل روند ایستگاه‌های مذکور از آزمون‌های سن استیمیتور و رگرسیون خطی استفاده خواهد شد که در بخش بعدی ارائه می‌شوند. نتایج آزمون من کندال بیانگر افزایش روند توفان‌های گرد و غباری در غرب ایران می‌باشد.

در جدول ۱، Q_{med} شیب خط روند، Q_{min95} و Q_{max95} حد بالایی و پایینی فاصله اطمینان در سطح ۹۵ درصد و Q_{min99} و Q_{max99} حد بالایی و پایینی فاصله اطمینان در سطح ۹۹ درصد می‌باشد. مثبت یا منفی بودن شیب خط روند (Q_{med}) صرفاً صعودی یا نزولی بودن روند را نشان خواهد داد و معنی داری آنها از طریق حد بالایی و پایینی فاصله اطمینان در سطح ۹۵ و ۹۹ درصد مشخص می‌گردد. با توجه به جدول ۱، از ۲۶ سری داده‌ای سالانه روز-های همراه با توفان‌های گرد و غباری، ۲ سری داده شامل ایستگاه‌های بستان و سرپل ذهاب دارای روند صعودی معنی دار در سطح ۱ درصد، و ۴ سری داده شامل ایستگاه‌های اهواز، دزفول، دهلران و صافی آباد دارای روند صعودی در سطح اطمینان ۵ درصد می‌باشند. ایستگاه‌های اسلام آباد، ایلام، آبادان، بندر ماهشهر، دو گنبدان، سنندج و مسجد سلیمان دارای روند صعودی هستند؛ ولی در سطوح اطمینان مورد نظر معنی دار نمی‌باشند. بقیه ایستگاه‌های مورد مطالعه فاقد روند بودند.

ایستگاه‌های اهر، ارومیه، اردبیل، بیجار، تبریز، خرم آباد، یاسوج، بندر ماهشهر، مسجد سلیمان، سنندج، دو گنبدان، فرودگاه همدان و نوژه همدان که در آزمون من کندال به خاطر تکرار زیاد داده صفر از نتایج غیر منطقی برخوردار بودند در آزمون سن استیمیتور فاقد روند به دست آمدند.

جدول ۱: نتایج مقادیر آماره Z من کندال و سن استیمیتور برای متغیر فراوانی روزهای همراه با توفان‌های گرد و غباری (۲۰۱۳-۱۹۹۰)

%۹۹		%۹۵		Q MED	من کندال	ایستگاه‌ها
Qmax	Qmin	Qmax	Qmin			
.	.	.	.	.	.	ارومیه
.	.	.	.	.	۲/۱۶	اهر
.	.	.	.	.	۲/۳۰	اردبیل
۳	-۰/۳۳	۲/۵۰	۰/۰۸	۱/۳۶*	۲/۱۷*	اهواز
۰/۹۴	.	۰/۸۳	.	۰/۲۳	۲/۶۰**	اسلام آباد
۱/۷۵	.	۱/۴۷	.	۰/۷۷	۲/۵۲*	ایلام
.	.	.	.	.	۱/۴۲	الیگودرز
۳/۶۶	-۰/۳۳	۲/۷۰	.	۱/۵۰	۱/۹۶*	آبادان
۳/۴	۰/۵	۳	۰/۷۳	۱/۶۴**	۳/۲۹**	بستان
۲/۴۰	۰/۶۰	۲	-۰/۱۸	۰/۸۰	۱/۶۶	بندر ماهشهر
.	.	.	.	.	.	بروجن
.	.	.	.	.	۴/۹	بیجار
.	.	.	.	.	۵/۵۶	تبریز
.	.	.	.	.	۱/۶۵	خرم آباد
.	.	.	.	.	.	خوی
۲/۶۶	.	۲/۱۰	۰/۱۵	۰/۹۵*	۲/۶۳**	دزفول
۰/۶۳	.	۰/۵۰	.	۰/۲۰	۳/۶	دوگنبدان
۲/۵۰	.	۲	۰/۲۲	۱*	۲/۷۲**	دهلران
۰/۱۱	.	۰/۰۹	.	۰/۰۴	۴/۶۹	سنندج
۴/۱۱	۰/۱۸	۳/۱۹	۰/۳۳	۱/۴۳**	۳/۳۵**	سرپل ذهاب
۲/۵	.	۲	۰/۱۴	۰/۸۵*	۲/۵۰*	صافی آباد
۰/۹۴	-۰/۱۵	۰/۷۱	.	.	۰/۹۵	کرمانشاه
۳/۰۶	-۲	۲/۴۵	-۱/۲۳	۰/۲۳	۰/۳۵	مسجد سلیمان
.	.	.	.	.	۳/۴۷	همدان (فرودگاه)
.	.	.	.	.	۱/۰۶	همدان (نوژه)
.	.	.	.	.	۳/۹۵	یاسوج

نتایج حاصل از رگرسیون خطی ساده بیانگر روند صعودی معنی‌دار در سطح ۱ درصد در ایستگاه‌های صافی آباد، بستان، اسلام آباد غرب، سرپل ذهاب، دهلران، ایلام و دوگنبدان و در سطح ۵ درصد در ایستگاه‌های آبادان، دزفول، اهواز،

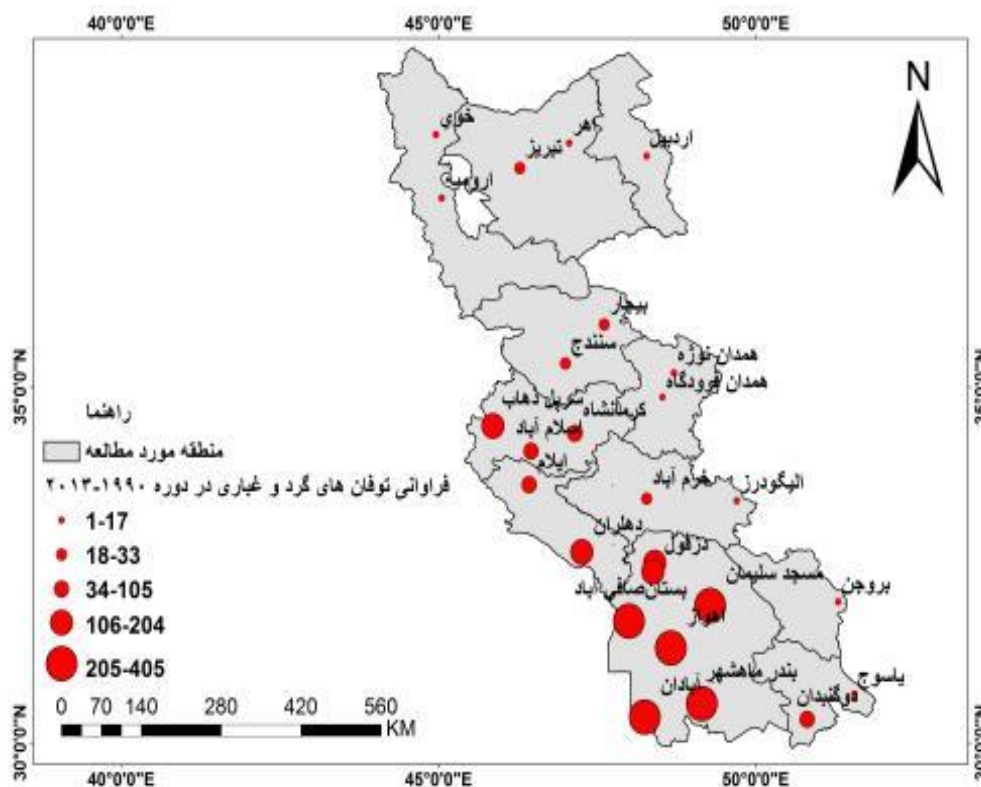
بیجار، یاسوج و ارومیه می‌باشند. بقیه ایستگاه‌ها دارای شیب مثبت بودند ولی در هیچ یک از سطوح اطمینان معنی‌دار نمی‌باشند. هر سه روش حاکی از افزایش روند توفان‌های گرد و غباری در نیمه غربی کشور به‌ویژه جنوب غرب ایران می‌باشد.

جدول ۲: نتایج حاصل از آزمون رگرسیون خطی در سطح اطمینان ۹۵ درصد برای فراوانی روزهای همراه با توفان‌های گرد و غباری (۱۹۹۰-۲۰۱۳) (نگارنده، ۱۳۹۵)

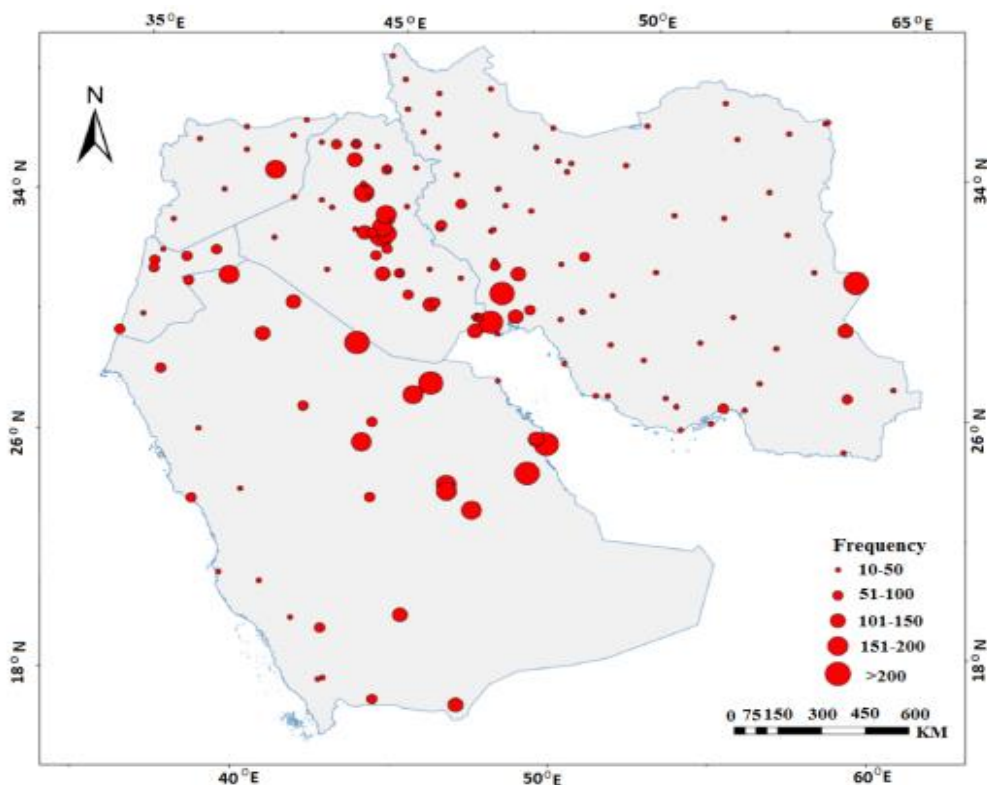
ایستگاه	α	β	R^2	R	کرانه پایین (٪۹۵)	کرانه بالا (٪۹۵)	سطح معنی داری
بستان**	-۴۷۰۸	۲/۳۶	۰/۳۶	۰/۱۶۰	۰/۹۹	۳/۷۳	۰/۰۰۱
صافی آباد**	-۲۵۸۰	۱/۲۹	۰/۲۶	۰/۱۵۱	۰/۳۴	۲/۲۵	۰/۰۰۹
آبادان*	-۳۴۶۶	۱/۷۴	۰/۱۸	۰/۴۳	۰/۱۳	۳/۳۵	۰/۰۳۴
دزفول*	-۳۴۰۱	۱/۷۰	۰/۲۲	۰/۴۶	۰/۲۸	۳/۱۲	۰/۰۲
مسجد سلیمان	-۲۰۴	۰/۱۱	۰	۰/۰۲۶	-۱/۸۶	۲/۰۹	۰/۹۰
بندر ماهشهر	-۲۲۵۲	۱/۱۳	۰/۱۵	۰/۳۸	-۰/۰۵۲	۲/۳۲	۰/۰۶
اهواز*	-۲۷۶۹	۱/۳۹	۰/۱۶	۰/۴۰	۰/۰۱۸	۲/۷۷	۰/۰۴
اسلام آباد غرب**	-۱۲۰۳	۰/۶۰	۰/۳۲	۰/۱۵۶	۰/۲۱	۰/۹۹	۰/۰۰۳
سر پل ذهاب**	-۶۸۱۸	۳/۴۱	۰/۴۳	۰/۱۶۵	۱/۶۹	۵/۱	۰/۰۰۰۴
کرمانشاه	-۹۷۳/۵	۰/۴۸	۰/۱۵	۰/۳۹	-۰/۰۱۴	۰/۹۹	۰/۰۵۶
دهلران**	-۳۰۸۷	۱/۵۵	۰/۳۶	۰/۱۶۰	۰/۶۳	۲/۴۶	۰/۰۰۱
ایلام**	-۲۲۰۸	۱/۱۰	۰/۳۴	۰/۱۵۸	۰/۴۳	۱/۷۷	۰/۰۰۲
الیگودرز	-۲۸۶/۱۷	۰/۱۴	۰/۱۰	۰/۳۲	-۰/۰۴	۰/۳۲	۰/۱۲
خرم آباد	-۶۱۶/۹۲	۰/۳۱	۰/۰۸	۰/۲۸	-۰/۱۴	۰/۷۶	۰/۱۷
بیجار	-۸۴۰/۰۳	۰/۴۲۰	۰/۳۶	۰/۱۶۰	۰/۱۷	۰/۶۶	۰/۰۰۲
سنندج	-۲۱۶/۶۲	۰/۱۰۹	۰/۰۳	۰/۱۷	-۰/۱۶	۰/۳۷	۰/۴۰
بروجن	-۲۳/۲۸	۰/۰۱۱	۰/۰۱۵	۰/۱۲	-۰/۰۲۹	۰/۰۵۲	۰/۵۵
همدان فرودگاه	-۱۵۳/۴۸	۰/۰۷۶	۰/۱۳	۰/۳۶	-۰/۰۱	۰/۱۶	۰/۰۸
همدان نوژه	-۱۷۵/۷۷	۰/۰۸۸	۰/۱۳	۰/۳۶	-۰/۰۱	۰/۱۸	۰/۰۸
دوگنبدان**	-۱۷۳۱/۴۵	۰/۱۸۶۸	۰/۲۴	۰/۴۹	۰/۱۸۹	۱/۵۴	۰/۰۱
یاسوج*	-۷۰۲/۷۹	۰/۳۵۲	۰/۲۲	۰/۴۷	۰/۰۶۱	۰/۶۴	۰/۰۲
اردبیل	-۴۳/۶۷	۰/۰۲۲	۰/۰۱	۰/۱۲	-۰/۰۵	۰/۱۰	۰/۱۶
خوی	-۱/۶۵	۰/۰۰۰۸	۰	۰/۰۱	-۰/۰۲۴	۰/۰۲۶	۰/۹۴
ارومیه*	-۱۹۹/۴۸	۰/۱	۰/۲۳	۰/۴۸	۰/۱۸	۰/۰۱۹	۰/۰۱۶
تبریز	-۳۳/۶۴	۰/۰۱۶	۰/۰۳	۰/۱۷	-۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۴۱

نتیجه‌گیری

بیشترین فراوانی توفان‌های گرد و غباری در نیمه غربی ایران در دوره ۲۰۱۳-۱۹۹۰ مربوط به ایستگاه‌های سینوپتیک استان خوزستان می‌باشد که با نتایج حاصل از مطالعات کائو و همکاران (۲۰۱۵) برای غرب آسیا هم‌خوانی دارد (شکل ۳ و ۴). در دوره‌های قبل، منابع گرد و غباری نیمه غربی ایران بیابان‌های عربستان نظیر بیابان ربع‌الخالی بود ولی در دهه‌های اخیر منابع دیگری به آن اضافه گردیده است که شامل مناطق خشک کشورهای عراق و سوریه می‌باشد. این امر باعث افزایش روند توفان‌های گرد و غباری نیمه غربی ایران در دهه‌های اخیر شده است. جنگ‌ها و آشفته‌گی‌های داخلی در کشورهای عراق و سوریه و عدم توجه و رسیدگی آنها به مناطق خشک، عدم مدیریت صحیح آبی و همچنین خشک‌سالی‌های اخیر ناشی از عوامل انسانی و طبیعی باعث اضافه شدن این منبع به منابع گرد و غباری غرب ایران شده است. منابع گرد و غباری کشور عربستان برای غرب ایران جزو منابع دائمی هست؛ ولی منابع گرد و غباری کشورهای سوریه و عراق جزو منابع نوظهور محسوب می‌گردد.

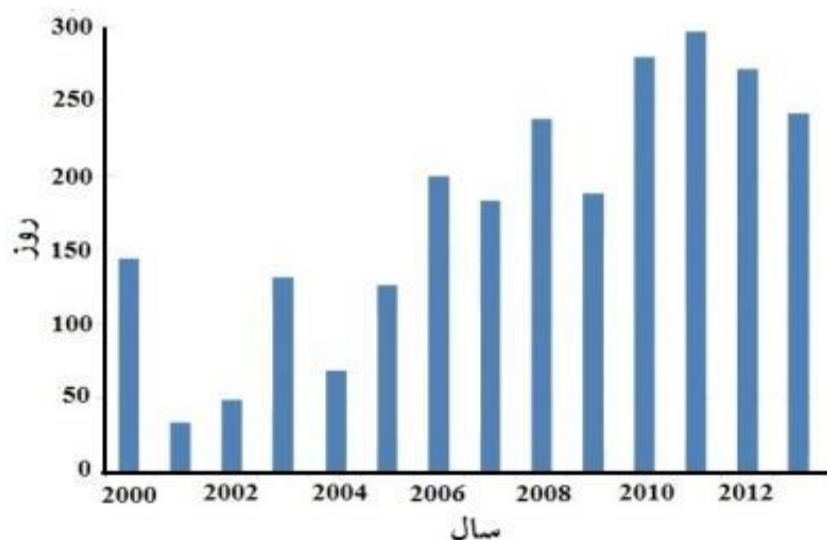


شکل ۲: فراوانی توفان‌های گرد و غباری در نیمه غربی ایران (۱۹۹۰-۲۰۱۳)



شکل ۳: فراوانی توفان های گرد و غباری غرب آسیا ۲۰۰۰-۱۹۹۰ (کائو و همکاران، ۲۰۱۵)

تحلیل زمانی وقوع توفان های گرد و غباری منطقه مورد مطالعه با استفاده از روش های مورد مطالعه نشان داد که در روش من کندال از مجموع ۲۶ سری داده، ۹ سری آن شامل ایستگاه های بستان، اسلام آباد غرب، سرپل ذهاب، دهلران، دزفول، اهواز، آبادان، ایلام و صافی آباد، در روش سنس استیمیتور ۶ سری شامل ایستگاه های بستان و سرپل ذهاب، اهواز، دزفول، دهلران و صافی آباد و در روش رگرسیون خطی ساده ۱۳ سری داده شامل ایستگاه های صافی آباد، بستان، اسلام آباد غرب، سرپل ذهاب، دهلران، ایلام، دوگنبدان، آبادان، دزفول، اهواز، بیجار، یاسوج و ارومیه دارای روند معنی دار مثبت در سطح معنی داری ۱ و ۵ درصد بودند. همه روش های مطالعه شده نشان از افزایش فراوانی توفان های گرد و غباری در نیمه غربی ایران به ویژه در قسمت های جنوب غرب آن دارند؛ ولی این افزایش فقط در ایستگاه های مذکور معنی دار بودند. نتایج حاصل از روش های فوق جهت شناسایی روند توفان های گرد و غباری نیمه غربی ایران با نتایج حاصل از مطالعات کائو و همکاران (۲۰۱۵) مطابقت دارد (شکل ۲).



شکل ۴: فراوانی توفان های گرد و غباری غرب آسیا ۲۰۰۰-۱۹۹۰ (کائو و همکاران، ۲۰۱۵)

منابع

- آروین، عباسعلی؛ چراغی، صدیقه و چراغی، شهرام (۱۳۹۲). بررسی تأثیر گرد و غبار بر روند کمی و کیفی رشد نیشکر واریته CP57-614، پژوهش های جغرافیای طبیعی، سال ۴۵، شماره ۳، صص ۱۰۶-۹۵.
- بیگم موسوی، زهرا؛ امیدیان، محمد؛ ماپار، محمد علی؛ یعقوبی، رضا و شوهانی، صلاح الدین (۱۳۹۲). مقایسه فراوانی مراجعان با شکایات پوستی به مراکز درمانی در دوره های گرد و غبار و دوره های شرایط معمولی در شهر اهواز در سال ۱۳۹۱، مجله جنتا شاپیر، ویژه نامه سال ۱۳۹۲، صص ۱۱۳-۱۰۴.
- جهانبخش، سعید؛ ولی زاده کامران، خلیل؛ خسروی، محمود؛ زینالی، بتول و اصغری، صیاد (۱۳۹۴). آشکارسازی و پایش توفان فراگیر اول ژوئیه ۲۰۰۸ ایران با استفاده از سنجنده AVHRR/NOAA، جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، سال ۲۶، شماره ۲، صص ۲۷۶-۲۶۳.
- حجام، سهراب؛ خوشخو، یونس و رضا، شمس الدین وندی (۱۳۸۷). تحلیل روند تغییرات بارندگی های فصلی و سالانه چند ایستگاه منتخب در حوضه مرکزی ایران با استفاده از روش های ناپارامتری، پژوهش های جغرافیایی، شماره ۶۴، صص ۱۶۸-۱۵۷.
- خسروی، محمود (۱۳۸۷). تأثیرات محیطی اندر کنش نوسان های رودخانه هیرمند با بادهای ۱۲۰ روزه سیستان، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۲۳، ۴، صص ۱۹-۴۸.
- ذوالفقاری، حسن و عابدزاده، حیدر (۱۳۸۴). تحلیل سینوپتیک سیستم های گرد و غبار در غرب ایران، مجله جغرافیا و توسعه، صص ۱۷۳-۱۸۸.
- رسولی، علی اکبر؛ ساری صراف، بهروز و محمدی، غلام حسن (۱۳۸۹). تحلیل روند وقوع پدیده اقلیمی گرد و غبار در غرب کشور در ۵۵ سال اخیر با استفاده از روش های آماری ناپارامتری، فصلنامه جغرافیای طبیعی، سال سوم، شماره ۹، ۲۸-۱۵.

- شاهشونی، عباس؛ یار احمدی، مریم؛ جعفرزاده حقیقی فرد، نعمت‌الله؛ نعیم‌آبادی، ابوالفضل؛ محمودیان، محمدحسن؛ صاکی، حامد؛ صولت، محمدحسین؛ سلیمانی، زهرا و ندافی، کاظم (۱۳۸۹). اثر طوفان‌های گرد و غباری بر سلامت و محیط زیست، مجله دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی، دوره ۲، شماره ۴، صص ۴۵-۵۶.
- طاووسی، تقی و زهرایی، اکبر (۱۳۹۲). مدل‌سازی سری‌های زمانی پدیده گرد و غبار شهر اهواز، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۸، شماره ۲: صص ۱۷۰-۱۵۹.
- محمودی، پیمان؛ خسروی، محمود؛ مسعودیان، سید ابوالفضل و علیجانی، بهلول (۱۳۹۴). بررسی روند تغییرات روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر و نیمه فراگیر ایران، جغرافیا و برنامه ریزی، ۵۴، ۳۰۴-۳۲۶.
- مقیمی، ابراهیم (۱۳۹۳). دانش مخاطرات (برای زندگی با کیفیت بهتر و محیط پایدارتر)، انتشارات دانشگاه تهران، صص ۱-۲۴۲.
- Cannarozzo, M., Noto, L. V., Viola, F., (2006), Spatial Distribution of Rainfall Trends in Sicily, J. of Physics and Chemistry of the Earth, No. 31, 1201-1211.
- Cao, H., Amiraslani, F., Liu, J., Zhou, N., (2015), Identification of dust storm source areas in West Asia using multiple environmental datasets, Science of the Total Environment 502, 224-235.
- Gao, T.; Han, J.; Wang, Y.; Pei, H., and Lu, Sh., (2011), Impacts of climate abnormality on remarkable dust storm increase of the Hunshdak Sandy Lands in northern China during 2001-2008, Meteorological Applications, pp 265-278.
- Goudie, A. S., and Middleton, N. J., (2006), Desert Dust in the Global System, Springer, pp 1-287.
- Huang, M.; Peng, G.; Zhang, J., and Zhang, Sh., (2006), Application of artificial neural networks to the prediction of dust storms in Northwest China, Global and Planetary Change, 52, pp 216-224.
- Indoitu, R. Orlovsky, L. Orlovsky N., (2012), Dust storms in Central Asia: Spatial and temporal variations, Journal of Arid Environments, Volume 85, Pages 62-70.
- John J. Qu., and Kafatos M., (2006), Asian dust storm monitoring combining Terra and Aqua MODIS SRB measurements, Geosciences and Remote Sensing letters, 3(4), pp 484- 486.
- Juraj M., Cunderlik, Taha B. M. J. Ouarada(2009), Trends in The Timing and Magnitude of Floods in Canada, J. of Hydrology, No. 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
- McTainsh, GH and Pitblado JR., (1987), Dust storm and related phenomena measured from meteorological record in Australia, Earth Surf Process Landforms 12:415-424.
- Mei, D., Xiushan, L., Lin, S., and Ping, W., (2008), A Dust-Storm Process Dynamic Monitoring With Multi-Temporal MODIS Data, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXVII, Part B7, pp 965-970.
- Nabavi, S. O., Haimberger, L., Samimi C., (2016), Climatology of dust distribution over West Asia from homogenized remote sensing data, Aeolian Research 21, 93-107.
- Serrano, A., Mateos, V.L., and Garcia, J.A., (1999): Trend Analysis of Monthly Precipitation over the Iberian Peninsula for the Period 1921-1995. Phys. Chem EARTH (B), VOL.24, NO.1-2:85-90.
- Shao, Y., and Dong, C. H.,(2006), A review on East Asian dust storm climate, modeling and monitoring, Global and Planetary Change 52, 1 - 22.
- Wang Tianming, L. A., Shichang, K., Pang Deqian, L. A., (2009), On The Relationship between Global Warming and Dust Storm Variation in China, International Conference on Environmental Science and Information Application Technology, pp 59-62.
- Wang, X., Dong, Zh. Zhang, J. and Liu, L., (2004), Modern dust storms in China: an overview, Journal of Arid Environments, 58, 559-574.