

تحلیل فضایی روند وقوع پدیده گرد و غبار در استان سیستان و بلوچستان با روش‌های آماری بتول باهک^۱

استادیار گروه جغرافیا، واحد یادگار امام خمینی (ره) شهری، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۰۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۳/۲۱

چکیده

به منظور تحلیل تغییرات روند وقوع پدیده گرد و غبار داده‌های ماهانه و سالانه فراوانی روزهای توام با گرد و غبار ایستگاه‌های سینوپتیک استان سیستان و بلوچستان طی دوره آماری ۲۰۱۰-۱۹۵۶ از سازمان هواشناسی کشور دریافت و مورد استفاده قرار گرفت. با توجه به طبیعت گسسته داده‌ها و عدم توزیع بهنجار سری زمانی جهت تحلیل روند داده‌ها استفاده از آزمون‌های ناپارامتریک مناسب‌تر است. در این پژوهش جهت مطالعه بهنجاری سری زمانی داده‌ها، از آزمون لایلی فورس، جهت تحلیل روند از آزمون‌های من - کندال و سنس استیمیتور و توزیع جغرافیایی نوع روند روزهای همراه با گرد غبار از نرم افزار GIS استفاده شده است. نتایج حاصل از آزمون‌های مذکور نشان داد (به استثنای خاش و سراوان) که فاقد روند است، سایر ایستگاه‌های مورد مطالعه دارای روند افزایشی معنی دار می‌باشند. همچنین فراوانی طوفان‌های گرد و غبار در دوره گرم سال و در قسمت‌های شمالی و جنوبی استان بیشتر است. در مقیاس فصلی میزان فراوانی طوفان‌ها در فصل بهار بیشتر از سایر فصول بوده و در شرق استان بیش از غرب آن است.

واژگان کلیدی: سیستان و بلوچستان، من - کندال، سنس استیمیتور، گرد و غبار

مقدمه

آب و هوای کره زمین طی قرن بیستم و بویژه در دهه‌های اخیر تعادل خود را از دست داده و تمایل به افزایش دما نشان داده است (IPCC, 2001). افزایش درجه حرارت کره زمین ناشی از عوامل مختلف طبیعی و انسانی تغییرات وسیعی را در شرایط اقلیمی سیاره زمین ایجاد نموده و باعث تغییراتی در فراوانی طوفان‌های گرد و خاک گردیده است. گرد و غبار یکی از پدیده‌های جوی است که آثار و پیامدهای زیست محیطی نامطلوبی را بر جای می‌گذارد. از مهمترین شرایط ایجاد گرد و غبار در کنار هوای ناپایدار، وجود یا عدم وجود رطوبت است. هوای ناپایدار اگر فاقد رطوبت باشد طوفان گرد و غبار ایجاد می‌کند (ذوالفقاری و عابدزاده، ۱۳۸۴، ۳۸). مطالعات اقلیمی نشان می‌دهد چاله‌های مرکزی ایران با بیش از ۱۵۰ روز و و بعد از آن مناطق جنوب‌غربی و غرب که در مجاورت بیابان‌های بزرگی همچون عراق، عربستان، سوریه و ... می‌باشند، دارای بیشترین فراوانی روزهای گرد و غبار می‌باشند (علیجانی، ۱۳۷۶، ۴۲). در واقع ایجاد گرد و غبار می‌تواند نوعی واکنش به تغییر پوشش گیاهی زمین باشد که در این رابطه نقش فعالیتهای انسانی را در کنار شرایط محیط‌های جغرافیایی باید در نظر گرفت (رئیس‌پور، ۱۳۸۶، ۳۶). طوفان‌های گرد و غبار اثرات مستقیم و غیر مستقیم آن بر زندگی و انسان‌ها و فعالیت‌های انسانی، لزوم توجه به این پدیده را توجیه می‌کند. تگن و همکاران (۱۹۹۶) طی پژوهشی به این نتیجه رسیدند که ۳۰ تا ۷۰ درصد از کل گرد و غبار جوی از خاک‌های تخریب یافته، از جمله خاک‌هایی که تحت اثر کشت و زرع، جنگل زدایی، فرسایش و تغییرات در پوشش گیاهی به دلیل خشکسالی تخریب شده‌اند سرچشمه می‌گیرد. وی هانگ شااونشی (۲۰۰۱) از جمله کسانی بود که علل وقوع طوفان‌های گردوغبار و اثرات آنها را بر آب و هوای چین مطالعه کردند، آن‌ها گرمایش زمین در پهنه کشور مغولستان و سرمایش زمین در شمال کشور چین را در ایجاد گردوغبارهای این کشور مؤثر می‌دانند. گودی و میدلتون (۲۰۰۲)، در زمینه طوفان‌های شمال آفریقا و اثرات و محدوده اثرگذاری این طوفان‌ها مطالعاتی انجام دادند نتایج نشان داد محدوده این طوفان‌ها تا نواحی مرکزی اروپا گسترش یافته است. هیم کوتیل (۲۰۰۳) منابع اصلی و ویژگی‌های زمانی-مکانی طوفان‌های گردوغبار خاورمیانه را مورد مطالعه قرار دادند وی با استفاده از تحلیل خوشه‌ای و آنالیز آماری نتیجه گرفت چهار ناحیه اصلی (عربستان، عراق، سوریه، و منطقه خلیج فارس) دارای بیشترین فراوانی گردوغبار هستند. توزیع زمانی- مکانی و تغییرات فصلی طوفان‌های گردوغبار در ترکمنستان توسط اورلوسکی (۲۰۰۴) انجام نشان داد، بیشتر طوفان‌های گردوغباری در فصل بهار و در منطقه بیابانی قره قوم صورت می‌گیرند.

جونگ خائن ۲۰۰۵ به بررسی طوفان‌های گردوغبار حاشیه فلات اردن پرداختند به اعتقاد آن‌ها منشاین گردوغبارها از تغییر کاربری اراضی و بیابان زایی می‌باشد. یانگ و همکارانش (۲۰۰۸) طوفان‌های گرد و غبار شمال شرقی آسیا را بررسی نمودند آن‌ها وقوع گرد و خاک را با چرخه‌های غیرعادی در تروپوسفر مرتبط دانستند.

عظیم زاده و همکاران ۱۳۸۱ با بررسی علت طوفان‌های گردوخاک در ایران نتیجه گرفتند طوفان‌های گردوخاک زمانی رخ می‌دهند که خشکی طولانی مدت رخ داده و سطح خاک کاملاً خشک و بایر باشد و باد با سرعت قابل ملاحظه‌ای در حال وزیدن باشد. بررسی فراوانی وقوع طوفان‌های گردوغبار در نواحی مرکزی و جنوب غرب کشور توسط همتی (۱۳۸۴) نشان داد علت و زمان وقوع طوفان‌های گردوخاک شدید در جنوب غرب ایران و جلگه

خوزستان حضور سیستم‌های چرخندی که از نواحی شمالی عراق و مرکز عربستان منشأ گرفته است. با بررسی علت تشکیل گردوغبار در بیابان‌ها علیجانی و همکاران (۱۳۸۶) نتیجه گرفتند علت تشکیل گردوغبارها ناپایداری هوا است. در ارتباط با علل و عوامل مؤثر بر بروز گرد غبار در نواحی مختلف می‌توان به مطالعات حیدری ۱۳۸۶ امیدوار ۱۳۸۷ و ۱۳۹۰ اشاره نمود. حیدری ۱۳۸۶ پس از مطالعه بر روی سامانه‌های گردوغبار در استان کرمانشاه نتیجه گرفت که سیکلونه‌های بسته روی عراق و عربستان سبب ایجاد شرایط مناسب برای صعود حجم عظیمی از هوای منطقه می‌گردد و در صورت خشک بودن منطقه این هوای صعود کرده می‌تواند حجم عظیمی از شن و خاک را به ارتفاعات فوقانی جو منتقل نموده و سبب ایجاد گردوغبار در استان کرمانشاه شود. تحلیل طوفان‌های گرد و غبار استان خراسان رضوی طی سال‌های ۲۰۰۵-۱۹۹۳ توسط لشکری و کیخسروی نشان داد عمده سامانه‌های منجر به طوفان‌های گرد و غبار از شرایط سینوپتیکی پیروی می‌کنند. روند تغییرات زمانی - مکانی وقوع گرد و غبار در غرب کشور توسط رسولی و همکاران (۱۳۸۹)، داده‌های ۱۶ ایستگاه سینوپتیک را از لحاظ آماری بررسی نمودند. نتایج نشان داد همه ایستگاهها به استثنای ایستگاه خوی دارای روند و ۸ ایستگاه دارای روند معنی دار بودند. حسینی (۱۳۸۹) معتقد است بادهای ایران ناشی از کم فشارها، پرفشارها، ناهها و پشته‌ها می‌باشد که در سطح وسیعی در مناطق جغرافیایی خارج از ایران رخ می‌دهند. مطالعه بر روی گردوغبارهای موجود در سیستان توسط راشکی و همکاران ۱۳۸۹، بیانگر این موضوع است که وقوع خشکسالی در منطقه سیستان و به تبع آن کاهش پوشش گیاهی و خشک شدن دریاچه هامون و وجود بادهای ۱۲۰ روزه شرایط مناسبی جهت فرسایش بادی و وقوع طوفان‌های گردوغبار ایجاد کرده است. ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر طوفان‌های گرد و غبار استان خوزستان در دوره گرم سال توسط زهرایی (۱۳۹۰) بررسی شده است. خانجانی و همکاران (۱۳۹۰) با بررسی وضع آلاینده‌های هوای کرمان به این نتیجه رسیدند گردوغبار روند افزایشی دارد. شناسایی روند تغییرات طوفان‌های گرد و غبار در استان سیستان و بلوچستان طی دوره مطالعه نه تنها راه را برای پیش بینی وقوع این پدیده در آینده فراهم می‌کند بلکه سازوکارهای مقابله با آن را نیز روشن می‌سازد.

هدف اصلی از انجام این تحقیق بررسی و شناسایی روند تغییرات روزهای توام با گرد و غبار در استان سیستان و بلوچستان با استفاده از روش‌های آماری می‌باشد. در راستای رسیدن به هدف اصلی اهداف مرحله‌ای تحقیق عبارتند از:

- گرد آوری و تجزیه و تحلیل داده‌ها و شناسایی مدل‌های آماری مناسب

- تحلیل فضایی تغییرات روزهای با وقوع گرد و غبار در سطح استان

- پهنه بندی روند تغییرات روزهای توام با گرد و غبار استان سیستان و بلوچستان در مقیاس‌های سالانه، فصلی و ماهانه

سؤالات

آیا روند تغییرات روزهای توام با گرد و غبار با استفاده از روش‌های آماری در استان سیستان و بلوچستان قابل شناسایی است؟

چگونه می‌توان روند تغییرات روزهای توام با وقوع گرد و غبار در محدوده استان سیستان و بلوچستان را پهنه بندی تحلیل نمود؟

فرضیه‌ها

بنظر می‌رسد روند تغییرات روزهای توام با گرد و غبار با استفاده از روش‌های آماری در استان سیستان و بلوچستان قابل شناسایی است.

با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) می‌توان روند تغییرات روزهای توام با وقوع گرد و غبار در محدوده استان سیستان و بلوچستان را پهنه بندی تحلیل نمود.

به منظور بررسی روند تغییرات تعداد روزهای همراه با گردوغبار، داده‌های ماهانه، و فصلی سالانه فراوانی روزهای توام با گرد و غبار ایستگاه‌های سینوپتیک استان سیستان و بلوچستان طی دوره آماری ۲۰۱۰-۱۹۵۶ از سازمان هواشناسی اخذ و با روش‌های آماری تحلیل و پردازش شد. به علت فقدان داده‌های مناسب و کافی تعداد ۷ ایستگاه در محدوده مطالعاتی انتخاب و مورد بررسی قرار گرفت. برای بررسی بهنجاری توزیع سری‌های زمانی از شکل تصحیح شده آزمون کولموگروف-اسمیرنوف بنام لایل ی فورس استفاده گردیده است. در این پژوهش جهت تحلیل داده‌ها آزمون من - کندال و سنس استیمیتور استفاده گردیده است. آزمون من - کندال ابتدا توسط من (۱۹۴۵) ارائه شد و بعدها توسط کندال (۱۹۷۵) توسعه یافت (سرانو و همکاران ۱۹۹۹). استفاده از این روش برای سری‌های زمانی که از توزیع آماری خاصی پیروی نمی‌کنند مناسب‌تر است، مزیت دیگر آن این است که در این روش تأثیر مقادیر حدی که در برخی سری‌های زمانی مشاهده می‌شود بسیار ناچیز است (تورگی و همکاران ۲۰۰۵). در این روش فرض صفر بر تصادفی بودن و عدم وجود روند و فرض یک بر وجود روند در سری زمانی داده‌ها دلالت دارد. برای سنجش میزان کفایت داده‌ها، از رابطه ماکوس^۱ $N = (4.3t \log R)^2 + 6$ استفاده شده است. که N حداقل تعداد داده‌های لازم، t مقدار t استیودنت که از جدول مربوطه و به ازای درجه آزادی برابر (N-6) بدست می‌آید و R نسبت مقدار عددی متغیر مورد نظر می‌باشد، که با استفاده از آن تعداد داده‌های لازم را در سطح اعتماد مورد نظر می‌توان به دست آورد برای تعیین تصادفی بودن داده‌ها از تست زیر استفاده شده است:

$$T = \frac{4P}{N(N-1)} - 1 \quad (1)$$

T آماره من-کندال، N تعداد کل سال‌های آماری مورد استفاده و P مجموع تعداد رتبه‌های

بزرگتر از ردیف n_i که بعد از آن قرار می‌گیرند بوده و از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$P = \sum_{i=1}^n n_i \quad (2)$$

آماره برای $N > 10$ به توزیع نرمال با میانگین صفر و واریانس $\frac{4N+10}{9(N-1)}$ شبیه است. در نهایت به

منظور سنجش معنی دار بودن آماره T از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$(T)_i = \pm tg \sqrt{\frac{4N+10}{9N(N-1)}} \quad (3)$$

در آن N تعداد کل سال‌های آماری، tg برابر سطح احتمال معنی دار بودن آزمون و $(T)_i$

آماره من - کندال می‌باشد. با توجه به مقدار بحرانی بدست آمده برای $(T)_i$ ، حالات مختلف بدین شرح مشاهده خواهد شد:

¹. Mockus

اگر $T > (T)_t$ باشد روند مثبت در سری زمانی غالب خواهد بود، اگر $(T)_t > T$ باشد نشان دهنده روند منفی و در صورتی که $(T)_t > T > -(T)_t$ باشد هیچ گونه روند مهمی در سری‌ها مشاهده نمی‌شود و سری‌ها تصادفی هستند. مراحل محاسبه‌ی این آزمون‌ها به شرح زیر است،

۱- محاسبه‌ی اختلاف بین تک تک جملات سری با یکدیگر و اعمال تابع علامت (sgn) و استخراج پارامتر S

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \quad (4)$$

$n =$ تعداد جملات سری یا همان تعداد مشاهدات سری

$X_j =$ داده jام سری

$X_k =$ داده kام سری

۲- محاسبه تابع sgn،

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

بنابراین تمامی مقادیر بدست آمده از تابع علامت (sgn) ۱ یا ۰ یا -۱ است.

۳- محاسبه واریانس (var)

برای محاسبه‌ی واریانس به مقدار t نیاز است، ابتدا داده‌های اولیه را بررسی نموده خیر؟ تعداد داده‌های تکراری بیانگر مقدار t می‌باشد. و سپس از رابطه زیر برای محاسبه واریانس استفاده شده است:

$$\text{var}(s) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^m t(t-1)(2t+5)}{18} \quad (5)$$

$n =$ تعداد داده‌های مشاهده‌ای

$m =$ تعداد سربهای که در آنها دست کم یک داده‌ی تکراری وجود دارد

$t =$ فراوانی داده‌هایی با ارزش یکسان

۴- استخراج آماره‌ی Z (6)

$$Z = \frac{s-1}{\sqrt{\text{var}(s)}}$$

s همان تابع علامت (sgn) است که محاسبه شد.

۵- تحلیل روند

در یک آزمون دو دامنه $(\alpha/2)$ جهت روند یابی سری داده‌ها، فرض صفر در صورتی پذیرفته می‌شود که رابطه‌ی

$|Z| \leq Z_{\alpha/2}$ برقرار باشد. در سطح اطمینان ۹۵ درصد، $Z=1/96$ و در سطح اطمینان ۹۹ درصد، $Z=2/58$ در نظر

گرفته می‌شود. به طور کلی اگر نتایج بدست آمده بر وجود روند در سری داده‌ها دلالت کند و آماره‌ی Z بدست آمده

مثبت باشد، روند صعودی است و اگر Z منفی باشد، روند نزولی است. در روش سنس با محاسبه شیب میانه در یک

سری زمانی می‌توان در مورد معنی داری شیب محاسبه شده قضاوت نمود. مراحل انجام این روش به شرح ذیل است:

۱- محاسبه شیب بین هر جفت داده در سری:

(۷)

$$Q = \frac{Xi' - Xi}{i' - i}$$

Xi' : داده مشاهده‌ای در زمان i'

Xi : داده مشاهده‌ای در زمان i

i' : یک واحد زمانی بعد از زمان i

۲- با اعمال رابطه (۴) برای هر دو جفت داده، یک سری زمانی حاصل می‌آید که محاسبه میانه سری شیب‌های بدست آمده (Qmed) بعنوان شیب خط روند در نظر گرفته می‌شود. در صورتی که Qmed مثبت باشد روند صعودی و در صورت منفی بودن آن روند نزولی در نظر گرفته می‌شود.

۳- مرحله بعد، آزمون نمودن شیب بدست آمده در فاصله اطمینان‌های ۹۵٪ و ۹۹٪ می‌باشد. جهت انجام این آزمون از روابط زیر استفاده می‌گردد:

$$C_{\alpha} = Z_{1-\alpha/2} * \sqrt{\text{var}(s)} \quad (۸)$$

واریانس همان واریانس محاسبه شده در آزمون من-کندال است.

Z = عبارت است از آماره توزیع نرمال استاندارد که در یک آزمون دو دامنه، بسته به سطح اطمینان مورد آزمون می‌تواند مقادیر متفاوتی به خود بگیرد. این آماره برای سطح اطمینان ۹۵٪ برابر با $Z=1.96$ و در سطح اطمینان ۹۹٪ برابر با $Z=2.58$ در نظر گرفته می‌شود.

۴- حدود اعتماد پایین ($M1$) و بالا ($M2+1$) به صورت زیر محاسبه می‌گردند:

$$M1 = \frac{N' - C_{\alpha}}{2} \quad (۹)$$

$$M2 = \frac{N' + C_{\alpha}}{2} \quad (۱۰)$$

N' = تعداد کل شیبهای بدست آمده $M1$ امین و $(M2+1)$ امین شیبها از بین شیبهای محاسبه شده استخراج می‌شوند. در صورتی که عدد صفر در دامنه بین دو شیب استخراج شده فوق قرار گیرد فرض صفر پذیرفته شده و عدم وجود روند در سری داده‌ها تأیید می‌گردد. در غیر اینصورت فرض صفر رد شده و وجود روند در سطح اطمینان مورد آزمون پذیرفته می‌گردد. جهت شناسایی روندهای جزئی و کوتاه مدت، نقاط جهش و نقاط شروع

روند سری زمانی از نمودار سری زمانی بر حسب مقادیر $U(t)$ و $U'(t)$ استفاده شده است. برای محاسبه مقادیر $U(t)$ از معادله زیر استفاده می‌شود:

$$U(t) = \frac{[t_i - E(t_i)]}{\sqrt{\text{var}(t_i)}} \quad (11)$$

وقتی مقدار $U(t)$ معنی دار است که $U(t) > 0$ یا $U(t) < 0$ باشد. برای تعیین زمان وقوع تغییر علاوه بر $U(t)$ ، مؤلفه $U'(t)$ نیز محاسبه می‌شود بدین جهت امید ریاضی معکوس و واریانس معکوس

$$E'_i = \frac{[N - (n_i - 1)](N - n_i)}{4} \quad \text{از روابط زیر محاسبه می‌شود.} \quad (12)$$

$$V'_i = \frac{[N - (n_i - 1)](N - n_i)[2(N - (n_i - 1))] + 5}{72} \quad (13)$$

$$U'_i = \frac{-(\sum t'_i - E'_i)}{\sqrt{V'_i}} \quad (14)$$

در این روش، مقادیر متوالی از مقدار U_i و U'_i حاصله از آزمون من-کندل به صورت گرافیکی نمایش داده می‌شود جایی که منحنی‌ها همدیگر را قطع می‌کنند زمان تغییرات رابه نمایش می‌گذارند. اگر منحنی‌ها همدیگر را در داخل محدوده قطع کنند نشانه زمان آغاز تغییر ناگهانی و در صورتی که خارج از محدوده بحرانی همدیگر را قطع کنند بیانگر وجود روند در سری‌های زمانی است. پس از تحلیل‌های آماری با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) نقشه‌های ترسیم روند گردید. هدف از توصیف فضایی روند گرد و غبار در استان این است ارتباطات منطقه‌ای که بصورت نقطه (ایستگاه) قابل شناسایی نیست در سطح پهنه‌ها شناسایی گردید تا همگونی یا ناهمگونی ایستگاهها در روند گرد و غبار شناسایی گردد.

یافته‌ها

سری‌های زمانی داده‌های فراوانی روزهای توام با گرد و غبار ماهانه، فصلی و سالانه ایستگاه‌های سینوپتیک محدوده مورد مطالعه با آماره‌های ناپارامتری کندال و سنس محاسبه و معنی داری نتایج این آماره‌ها در سطوح ۰.۹۵ و ۰.۹۹. آزمون گردید، و مشخص نمود که این سری‌ها طی دوره مطالعه تغییراتی داشته است. نتایج حاصل از این محاسبات در جداول (۲ و ۱) درج شده است. مطابق با این جداول به طور کلی در مقیاس فصلی دو نوع روند را در منطقه مورد مطالعه را می‌توان شناسایی نمود:

روند افزایشی، ایستگاه‌های ایرانشهر، زابل، زاهدان، چابهار، کنارک را شامل می‌شود که در اغلب فصول، ماه‌ها و سال‌ها دارای روند افزایشی می‌باشند. در این مناطق وقوع خشک سالی‌های شدید و متوالی، تغییر کاربری زمین، توسعه شهرنشینی، نابودی پوشش گیاهی، افزایش دما و کاهش رطوبت نسبی، خشک شدن دریاچه‌ها، تغییر

سیستم‌های فشار و به تبع آن تغییر سرعت بادهای عوامل مؤثر در افزایش طوفان‌های گرد و غباری در این ایستگاه‌ها می‌باشد.

فاقد روند، شامل دو ایستگاه سراوان و خاش می‌باشد ناحیه خاش از یک سری ارتفاعات حاشیه‌ای و داخلی که چاله‌ها و دشتهای پراکنده‌ای در میان آنها وجود دارد تشکیل شده است، بطوریکه حد شمالی و شمال‌شرقی خاش را کوه‌های مرتفعی چون تفتان، سیابندان و ... در بر گرفته‌اند و کوه تفتان تنها آتشفشان نیمه فعال ایران در شمال منطقه خاش قرار دارد ارتفاع متوسط این کوه‌ها ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ متر است. آب و هوای منطقه خاش با توجه به متوسط ارتفاع ۱۵۰۰ متر معتدل نیمه خشک می‌باشد و بیشترین میانگین بارش دریافتی ۱۵۰ میلی‌متر را در استان دارا است. خاش و شمال سراوان خصوصیات توپوگرافیک و ارتفاعات و ناهمواری‌های فراوان و بلند مشاهده می‌شود، در حالی که در ارتفاعات تفتان دمای هوا بشدت پایین می‌آید. اختلاف ارتفاع بر وضعیت اقلیمی این استان تأثیر بسزایی دارد. دشت سیستان و مناطق مجاور آن متأثر از ویژگی‌های جغرافیایی و توپوگرافیکی حوضه هیرمند و هامون می‌باشند و نزولات آسمانی آن اندک است.. توده هوایی که به سمت سراوان حرکت می‌کند در ارتفاعات شمال‌غربی خاش (تفتان) که شرایط برای ریزش مساعدتر است، آخرین رطوبت خود را از دست می‌دهد و بارندگی مختصری در سراوان صورت می‌گیرد. باران‌های موسمی در شهرستان سراوان در تابستان و بیشتر در قسمت کوهستانی، مخصوصاً کوه‌های بیرگ می‌بارد (زمردیان، ۱۳۶۸). استان سیستان و بلوچستان جولانگاه بادهای شدید و مداوم است که قسمت عمده آنها به توسعه اراضی کویری می‌افزاید و باد ۱۲۰ روزه سیستان که از مهم‌ترین بادهای منطقه محسوب می‌شود، میانگین سرعت باد در زابل به ۱۰ نات می‌رسد که بیشترین میانگین را در استان دارا است. تنها بادهای مرطوب این منطقه که ایجاد رطوبت می‌کنند توده هوای جنوب‌شرقی است که رطوبت اقیانوس هند و خلیج بنگال را به ارمغان می‌آورند. عنصر باد بیش از هر چیز تابعی از توزیع مراکز فشار است. آرایش سیستم‌های فشار در سطح استان و نواحی اطراف باعث شده بیشترین هسته سرعت باد در شمال استان مربوط به منطقه سیستان باشد که در افزایش روزهای توام با گرد و غبار تأثیر زیادی دارد.

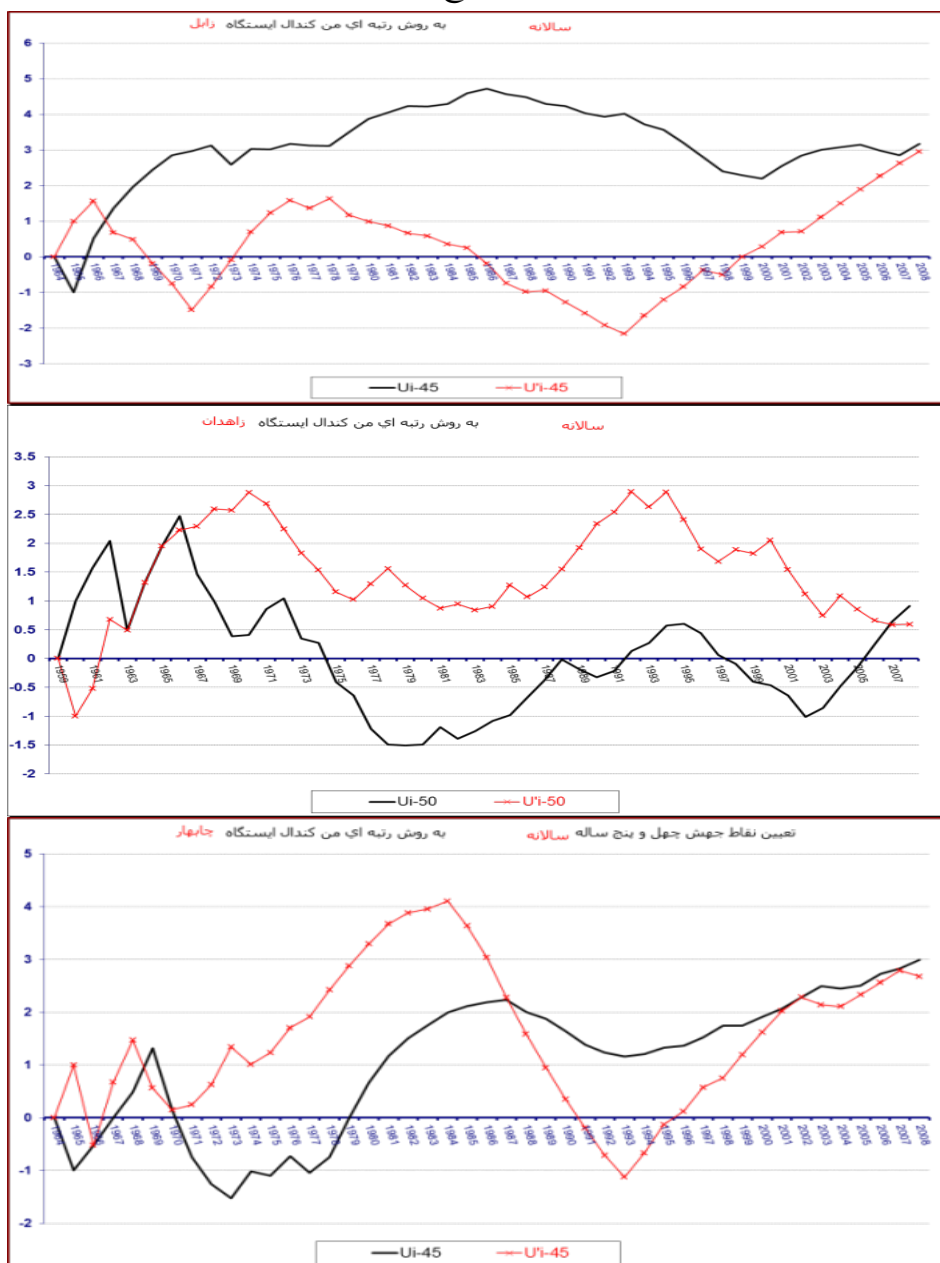
جدول ۱ آماره‌های من-کندال و شیب خط سنس استیمیتور روزهای گرد و غبار ایستگاه‌های مورد مطالعه

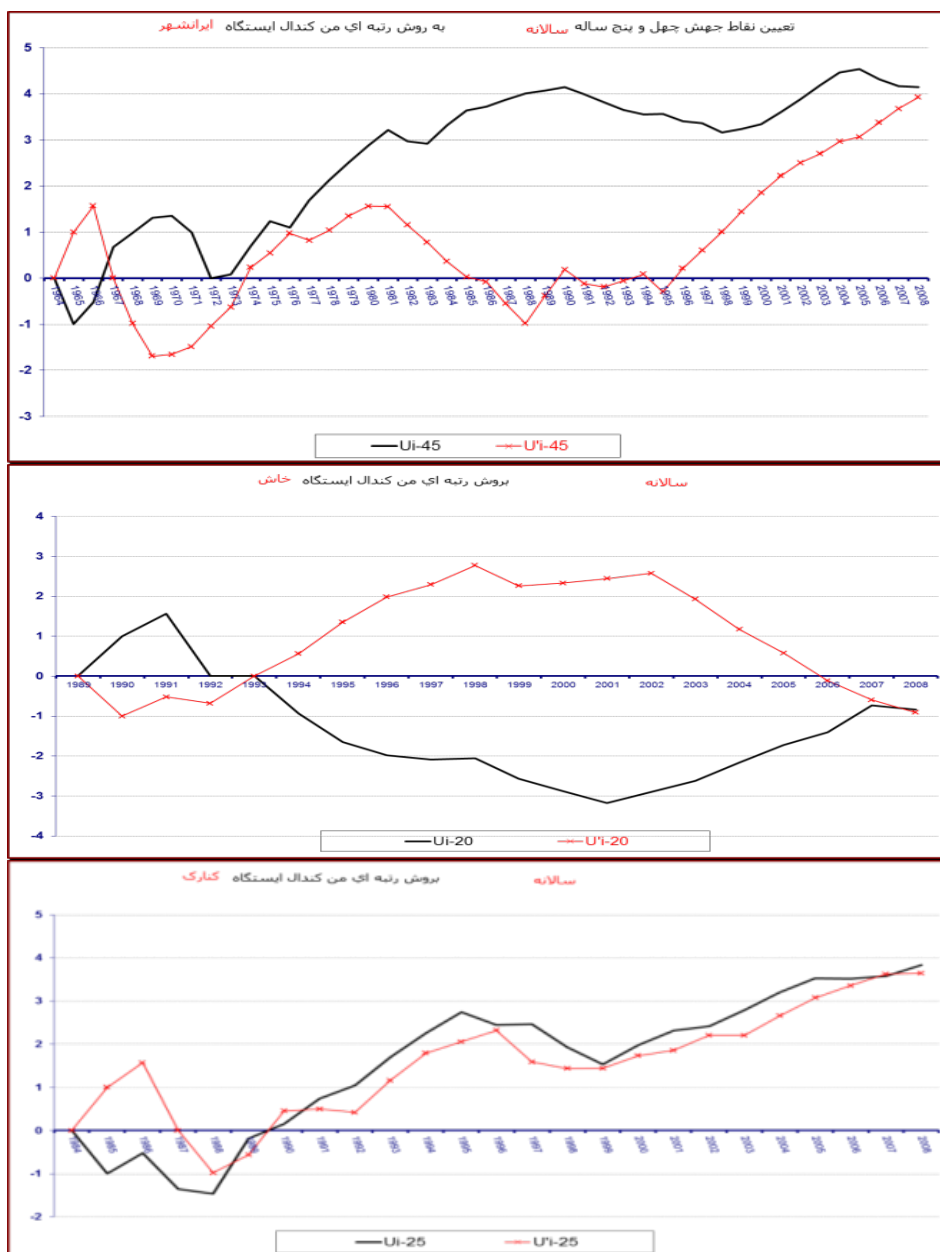
نام ایستگاه	Sen's slope estimate				Mann-Kendall trend	
	Qmax95	Qmin95	Qmax99	Qmin99	Q	Test Z
ایرانشهر	2.11	1.00	2.36	0.78	1.53	4.03
سراوان	0.06	-2.37	0.37	-2.89	-1.14	-1.80
زابل	2.15	0.45	2.46	0.26	1.27	3.30
زاهدان	1.06	0.14	1.22	0.00	0.62	2.57
کناری	5.93	2.10	6.65	1.54	3.78	3.72
خاش	0.50	-2.00	1.22	-2.58	-0.87	-1.16
چابهار	1.00	0.27	1.07	0.13	0.68	3.00

منبع: یافته‌های پژوهش

در ایستگاه ایرانشهر به استثنای ماه نوامبر نتایج تحلیل روند با هر دو روش ناپارامتریک نشان داد که در تمامی مقیاس‌های زمانی سری زمانی گرد و غبار دارای روند معنی دار بصورت افزایشی است. برای روشن شدن نوع و زمان تغییرات نمودارهای سالانه روزهای توام با گرد و غبار ایستگاه‌ها ترسیم شده است (شکل ۱)، در مقیاس سالانه روند تغییرات معنی دار افزایشی در سری گرد و غبار اغلب ایستگاه‌های دیده می‌شود نتایج تحلیل روند با استفاده از

روشهای ناپارامتریک نشان داد که در ایستگاه زابل تنها در دو ماه ژانویه و مارس هیچگونه روند معنی داری مشاهده نمی شود. در سایر ماهها و فصول سال روند معنی دار بصورت افزایشی دیده می شود. در ماههای فوریه، می و نوامبر روند افزایشی در سطح اطمینان ۹۹ درصد، در ماههای ژولای، آگوست و دسامبر روند افزایشی در سطح اطمینان ۹۵ درصد و در سایر ماهها روند ضعیف افزایشی دیده می شود. در مقیاس سالانه نیز ایستگاه زابل دارای روند معنی دار افزایشی در سطح اطمینان ۹۹ درصد می باشد. در مقیاس سالانه یک جهش معنی دار در سری گرد و غبار ایستگاه زاهدان بصورت افزایشی دیده می شود که از سال ۱۹۸۵ شروع شده است.





شکل ۱ تعیین نقاط چرخش سالانه ایستگاه‌های مورد مطالعه

منبع: یافته‌های پژوهش

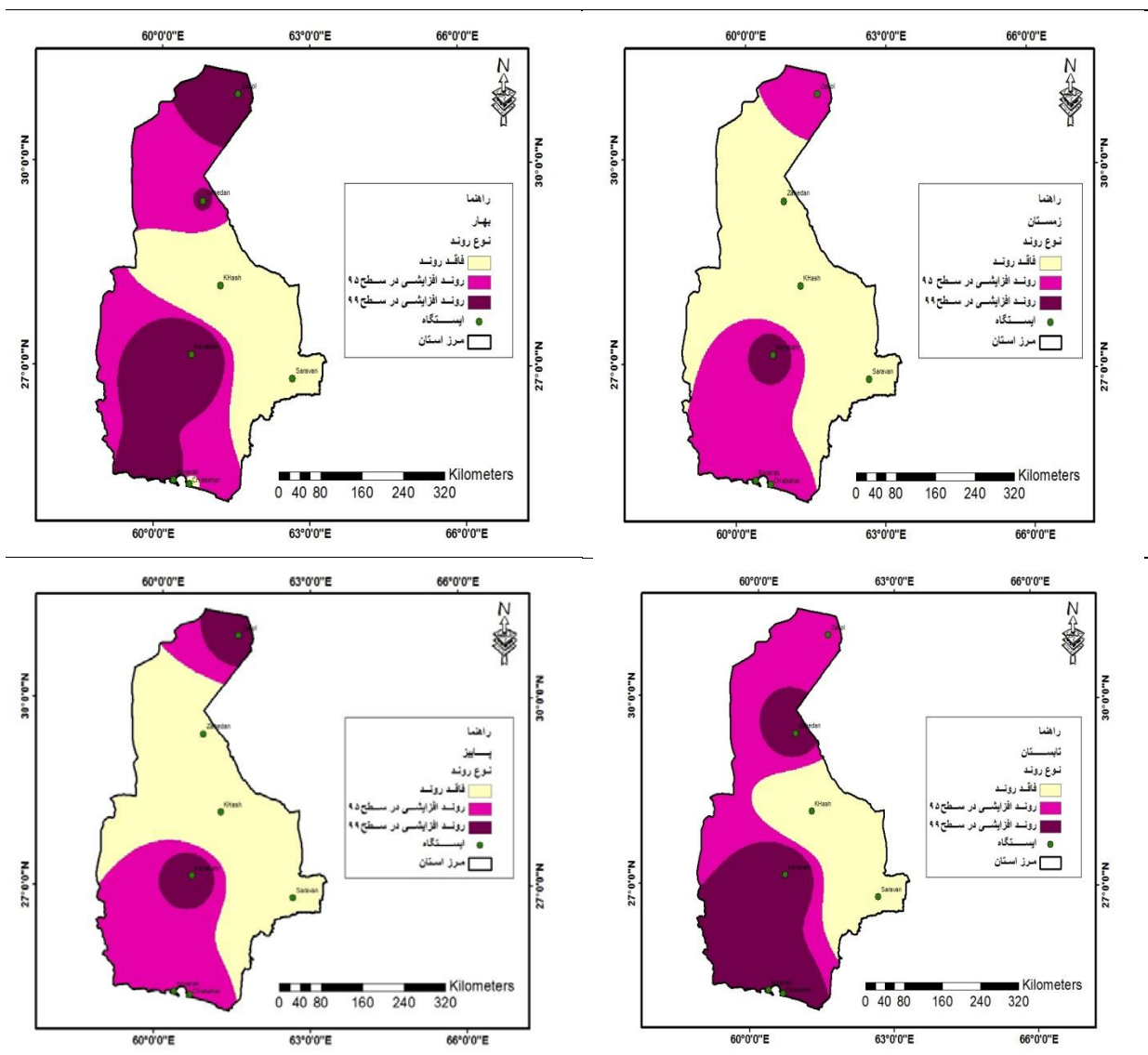
جدول ۲ نتایج آماره کندال (T) و آماره بحرانی (T)_t روزها گرد و غبار ایستگاه‌های مورد مطالعه مقیاس سالانه

زاهدان	زابل	سراوان	کنارک	خاش	ابراشهر	چابهار	فراوانی سالانه گرد و غبار
0.31	0.40	-0.24	0.42	-0.21	0.41	0.29	
TI	TI	CD	TI	CD	TI	TI	
± 0.26	± 0.26	± 0.26	± 0.26	± 0.26	± 0.26	± 0.26	(T) _t

منبع: یافته‌های پژوهش

بصورت کلی و در مقیاس سالانه پدیده گرد و غبار در ایستگاه چابهار دارای روند معنی دار بصورت افزایشی در سطح اطمینان ۹۹ درصد می‌باشد که با توجه به آماره سنس و کران‌های اطمینان آن بخوبی نمایان است (جدول ۱، ۲). پس از تحلیل آماری پدیده گرد و غبار در ایستگاه‌های مورد مطالعه در بازه‌های زمانی ماهانه، فصلی و سالانه نقشه‌های توزیع جغرافیایی روند در در مقیاس فصلی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) ترسیم گردید.

نقشه‌های روند با استفاده از روش مجذور معکوس فاصله (IDW) با گره‌گاههایی به اندازه $1/5 * 1/5$ ترسیم شده است (شکل ۲).



شکل ۲ توزیع جغرافیایی (فصلی) نوع روند (فاقدروند، روند افزایشی و روند کاهشی) ایستگاه‌های مورد مطالعه

هدف از توصیف فضایی روند گرد و غبار در استان این است که ارتباطات منطقه‌ای که بصورت نقطه (ایستگاه) قابل شناسایی نیست در سطح پهنه‌ها شناسایی گردید تا همگونی یا ناهمگونی ایستگاه‌ها در روند گرد و غبار شناسایی گردد. همچنین با تغییر دمای هوا سیستم‌های فشار تغییر می‌کند و به تبع آن سرعت و جهت بادهای رطوبت نسبی، میزان بارش و سایر پارامترهای اقلیمی تغییر می‌کند. آسیب پذیری اکوسیستم‌های منطقه با توجه به شرایط اقلیمی گرم و خشک و تغییرات دما و سایر پارامترهای آب و هوایی می‌تواند تهدیدی بسیار جدی برای اکوسیستم‌های منطقه به شمار آید، بدین جهت لازم است ضمن شناسایی نوع و زمان تغییرات تمهیداتی جهت مقابله با آن اندیشیده شود.

نتیجه گیری

نتایج این پژوهش نشان داد ایستگاه‌های مورد مطالعه در استان سیستان و بلوچستان از لحاظ فراوانی وقوع و چگونگی روند تغییرات ویژگی‌های یکسانی ندارند. در زمستان گوشه‌های شمالی و جنوبی استان روند معنی دار بصورت افزایشی است. در فصل بهار نسبت به زمستان میزان روند در سطح استان افزایش یافته و روند معنی دار در مناطق شمالی و جنوبی دیده می‌شود. در فصل تابستان همانند فصل بهار گوشه شرقی فاقد هر گونه روند معنی دار بود. در فصل پاییز دامنه روند نسبت به تابستان کاهش یافته و در گوشه شمالی روند معنی دار به ایستگاه زابل محدود می‌گردد. مناطق جنوبی شامل ایستگاه‌های ایرانشهر در سطح اطمینان ۹۹ درصد و ایستگاه‌های کنارک و چابهار دارای روند معنی دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد می‌باشند.

روند معنی دار در ایستگاه‌های مورد بررسی فاقد نظم است و نمی‌توان روند خاصی را به بخشی یا تمام ایستگاه‌های مورد بررسی در سطح استان تعمیم داد. روند افزایشی حاکم بر اغلب ایستگاه‌ها علاوه بر عوامل سینوپتیکی به خشک سالی‌های متوالی، افزایش دمای هوا، تغییر سیستم‌های فشار، افزایش سرعت بادهای شرایط توپوگرافی در ارتباط است.

منابع

- امیدوار کمال و نکونام، زری، ۱۳۹۰، کاربرد گلباد و گل غبار در تحلیل پدیده گرد و خاک و تعیین رژیم فصلی بادهای همراه با این پدیده (مطالعه موردی: شهر سبزوار)، فصلنامه پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۶، صص ۱۰۴-۸۵.
- امیدوار کمال، ۱۳۸۷، تحلیلی از رژیم‌های باد شدید و طوفانی یزد، فصلنامه مدرس علوم انسانی، دوره چهاردهم، شماره ۱، صص ۱۰۵-۸۳.
- حسینی، سید بهمن، ۱۳۷۹، مطالعه سینوپتیکی طوفان‌های شدید در تهران، پایان نامه کارشناسی ارشد هواشناسی، دانشگاه تربیت مدرس.
- حیدری، محمد طالب، ۱۳۸۶، غبار و الگوی جوی مولد آن در غرب کشور، نشریه هواشناسی کرمانشاه، تابستان ۱۳۸۶، صص ۱۱ و ۱۲.
- خانجانی، نرگس، منصوری فاطمه و راننده کلاکش، ۱۳۹۰، بررسی ارتباط میان آلودگی هوای و مرگ در اثر بیماری‌های تنفسی در کرمان، چهاردهمین همایش ملی بهداشت محیط.
- خلیلی، علیرضا و بذرافشان، جواد، ۱۳۸۳، تحلیل روند تغییرات بارندگی‌های سالانه، فصلی و ماهانه پنج ایستگاه قدیمی ایران در یکصد و شانزده سال گذشته، مجله بیابان، شماره ۹.
- ذوالفقاری حسن و عابدزاده، حیدر، ۱۳۸۴، تحلیل سینوپتیک سیستم‌های گرد و غبار در ایران، مجله جغرافیا و توسعه، صص ۳۶-۴۵.
- راشکی، علیرضا، گنجعلی، مجتبی، درخشانی، عباس و میرشکار، رضا، ۱۳۸۹، بررسی غلظت طوفانهای گردوغبار منطقه سیستان و بار رسوبی حمل شده توسط آنها، دومین همایش ملی فرسایش بادی.
- 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 روشهای آماری ناپارامتریک، فصلنامه جغرافیای طبیعی، سال سوم، شماره ۹، صص ۲۸-۱۵.
- رییس پور کهزاد، ۱۳۸۶، تحلیل آماری سینوپتیکی طوفان‌های گرد و غباری استان خوزستان، پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه سیستان و بلوچستان.
- زمردیان، پورکرمانی، محمد جعفر، ۱۳۶۸، بحثی پیرامون ژئومورفولوژی استان سیستان و بلوچستان-سراوان، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۴، مشهد.
- زهرایی، اکبر، ۱۳۹۰، تحلیل روند و مدلسازی طوفان‌های گرد و غباری استان خوزستان در دوره گرم سال، اولین کنگره بین المللی پدیده گرد و غبار و مقابله با آثار زیانبار آن، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان، بهمن ماه ۱۳۹۰.

طاوسی، تقی، خسروی، محمود و رئیس پور، کوهزاد، ۱۳۸۹، تحلیل همدیدی سامانه‌های گرد و غباری در استان خوزستان، فصلنامه جغرافیا و توسعه، شماره ۲۰، صص ۹۷-۱۱۸.

عظیم زاده و همکاران (۱۳۸۱): مطالعه تأثیر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در شاخص فرسایش پذیری خاک و ارائه مدل جهت پیشگویی آن، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گرگان.

علیجانی بهلول، جعفرپور زین العابدین، علی اکبری بیدختی عباسعلی، مفیدی عباس، ۱۳۸۶، تحلیل سینوپتیکی الگوهای گردشی بارش‌های موسمی جولای ۱۹۹۴ در ایران، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، شماره ۱۰.

علیجانی، بهلول، ۱۳۷۶، آب و هوای ایران، انتشارات پیام نور، تهران

قائم‌ی، هوشنگ و محمود عدل (۱۳۷۸): ناپایداری و طوفان‌های رعد و برق، سازمان هواشناسی کشور، ۱۰-۷.

لشکری، حسن و کیخسروی قاسم، ۱۳۸۷، تحلیل آماری سینوپتیکی توفان‌های گرد و غبار استان خراسان رضوی در فاصله زمانی (۲۰۰۵-۱۹۹۳)، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۶۵، صص ۱۷-۳۳.

همتی، نصرالله، ۱۳۸۴، بررسی فراوانی وقوع طوفانهای خاک در نواحی مرکزی و جنوب کشور، پایان نامه دوره کارشناسی ارشد، ژئوفیزیک دانشگاه تهران

IPCC. 2001: Climate change (2001), Scientific basis, Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA.

Kutiel H, Furman H, (2003) dust storm in Middle East, sources of Origin and their Temporal Characteristic, University of Hifa, pp 419-425

Millington, A. C, & Ken pye., (1994). Environmental change in dryland, John wiley & sons.

Natsagdori, L.D. Judjer. Y. Schang (2002) Analysis of dust storm observed. Mongolia during 1937-1999, p12

Orlovsky, L, (1962) dust storm in Turkemenistan, Journal of Arid Environment, pp, 42

Serano, 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.

Turgay, P. and Ercan, k. (2005), Trend analysis in Turkish precipitation data. Hydrological processes published online in wiley inter science (www.interscience.wiley. com).

Weihong Q and Shaoyinshi, (2001) Variations of the dust storm in China and its climatic control. Journal of climate. vol 15

