

## تحلیل روند وقوع پدیده اقلیمی گرد و غبار در غرب کشور در ۵۵ سال اخیر با بکارگیری روش‌های آماری ناپارامتری

**علی اکبر رسولی**

استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مرند

**بهرز ساری صراف\***

استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اهر

**غلام حسن محمدی**

دانشجوی دوره دکتری اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه تبریز

### چکیده

در این مطالعه به منظور شناسایی روند تغییرات زمانی- مکانی وقوع گرد و غبارها در غرب کشور از ۱۶ ایستگاه سینوپتیک که دارای طولانی‌ترین و کامل‌ترین دوره آماری بودند؛ استفاده شد. در ابتدا به منظور ارائه دیدگاه اولیه از اقلیم گرد و غبار در منطقه مورد مطالعه، تغییرات میانگین سال به سال و ماهانه روزهای همراه با گرد و غبار با استفاده از نمودار و نقشه مورد تحلیل قرار گرفته و مشخص گردید که غرب ایران از لحاظ تعداد روزهای همراه با گرد و غبار منطقه همگنی نبوده و تعداد روزهای گرد و غباری سالانه از شمال به سمت جنوب افزایش می‌یابد. سپس براساس روش‌های آماری به بررسی روند وقوع این پدیده مهم اقلیمی پرداخته شد. دو روش آماری ناپارامتری من- کندال<sup>۱</sup> و سنس استیمیتور<sup>۲</sup> برای تحلیل روند داده‌ها انتخاب گردید. نتایج نشان داد که با توجه به طبیعت (گسسته بودن) داده‌های ورودی؛ روش‌های آماری من-کندال و سنس استیمیتور کارایی بسیار مناسبی را برای تحلیل روند پدیده گرد و غبار از خود نشان دادند. همچنین نتایج حاصل از آزمون‌های آماری مذکور نشان داد که همه ایستگاه‌های مورد مطالعه (با استثنای ایستگاه خوی) دارای روند هستند ولی از میان آن‌ها فقط ۸ مورد روند معنی داری دارند (۳ ایستگاه روند کاهشی و ۵ ایستگاه روند افزایشی دارند). نهایتاً نقشه توزیع جغرافیایی نوع روند روزهای گرد و غباری در محیط GIS تهیه و نسبت به تحلیل آن‌ها اقدام شد.

**واژگان کلیدی:** تحلیل روند، پدیده‌ی اقلیمی گرد و غبار، غرب ایران، من-کندال، سنس استیمیتور<sup>۳</sup>

E-mail: sarisarraff@tabrizu.ac.ir

\* نویسنده مسئول : ۰۹۱۴۳۱۳۳۸۲۵

<sup>۱</sup> - Mann-Kendall

<sup>۲</sup> - Sin's Estimator

<sup>۳</sup> - Sin's Estimator

## مقدمه

پدیده گرد و غبار یکی از بلاهای جوی-اقلیمی است که وقوع آن باعث وارد شدن خسارت‌هایی در زمینه زیست-محیطی و بروز یا تشدید بیماری‌های تنفسی و قلبی، ترافیک هوایی و زمینی، گردشگری، کشاورزی و ... می‌شود. کشور ما به دلیل واقع شدن در کمربند خشک و نیمه خشک جهان، مکرراً در معرض سیستم‌های گرد و غباری محلی و سینوپتیک متعددی می‌باشد. در سال‌های اخیر به نظر می‌رسد تغییراتی در فراوانی وقوع این پدیده مخاطره‌آمیز اقلیمی صورت گرفته که باعث بروز مشکلاتی در برخی از مناطق کشورمان شده است. فراوانی وقوع گرد و غبار 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 گرد و غبار نقش موثری بازی می‌کند. به اعتقاد انگلستان‌دلر (۲۰۰۱:۲) تراکم و ساختار گیاهان دو عامل کنترل کننده اساسی در وقوع و فراوانی طوفان‌های گرد و غبار می‌باشند.

همان‌طور که اشاره شد پدیده گرد و غبار به عنوان یکی از مهمترین اشکال آلودگی‌های جوی در ابعاد مختلف مورد توجه محققان قرار گرفته است. بررسی رابطه گرد و غبار در هوای مناطق مرکزی ایران و مشکلات بهداشتی و پزشکی مثل بروز بیماری‌های ریوی، تنفسی و بیماری‌های چشمی (حسین زاده، ۱۳۷۶، ۱۰۸-۱۰۳)، آسیب‌های ناشی از گرد و غبار جوی بر نما و زیبایی ساختمان‌ها (حبیبی نوخندان، ۱۳۷۶، ۱۵۷)، کاهش قدرت دید و پیامدهای زیست محیطی و حمل و نقل این پدیده (نوحی، ۱۳۷۳، ۱۴۵) از موارد قابل استفاده در این رابطه می‌باشند. از مطالعات اقلیمی اولیه در این زمینه می‌توان به مطالعه علیجانی (۱۳۷۶، ۹۶) در مورد فراوانی روزهای گرد و غبار کشور و کاویانی (۱۳۸۰، ۱۳۷) در مورد علت تشکیل گرد و غبار در بیابان‌ها می‌توان اشاره کرد. ایرانمنش و همکاران (۱۳۸۴، ۲۵) مناطق برداشت ذرات گرد و غبار و ویژگی‌های انتشار آن‌ها در طوفان‌های منطقه سیستان را با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای بررسی کرده‌اند. ذوالفقاری و همکاران (۱۳۸۴، ۱۷۳) شرایط پیدایش و منشاء سیستم‌های گرد و غبار غرب ایران را در بازه زمانی ۵ ساله از سال ۱۹۸۳ تا ۱۹۸۷ بررسی کرده و مشخص کرده‌اند که پرفشار آזור همراه با سیستم‌های مهاجر بادهای غربی، مهمترین عوامل سینوپتیک تاثیرگذار بر سیستم‌های گرد و غبار منطقه هستند. لشکری و همکاران (۱۳۸۷، ۱۷) طوفان‌های گرد و غبار استان خراسان رضوی را در سیزده ایستگاه در فاصله زمانی ۲۰۰۵-۱۹۹۳ به صورت آماری و سینوپتیکی بررسی کرده است. ویکتوریا و همکاران (۱۳۸۸، ۲۲۳) وقوع طوفان‌های گرد و خاک در غرب و مرکز ایران را در زمستان ۱۳۸۶ و بهار ۱۳۸۷ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های همیدی بررسی کرده است. نتایج نشان داد که گرد و خاک موجود در هوای کشور از صحاری شمال و شمال‌شرق آفریقا توسط جریان‌ات جوی منتقل شده و

پایداری وضعیت جوی و افت سرعت باد در مرکز کشور عامل معلق ماندن آن‌ها به مدت چند روز در مجاورت سطح زمین و ایجاد حالت بحرانی آلودگی هوا می‌شود.

مطالعات متعددی در سطح جهان در زمینه توفان‌های گرد و خاک و آثار آن‌ها انجام شده است. علی حامد علی (۱۹۹۰) به مطالعه سینوپتیکی وقوع توفان خاک در نواحی شبه جزیره عربستان پرداخت. سه رد کینا (۱۹۶۰) بیان داشت که یکی از پدیده‌های هواشناسی هنگام وقوع توفان‌های گرد و خاک پدیده وایکوف می‌باشد که باعث افزایش دما می‌شود. وی معتقد بود که ذرات گرد و خاک و ماسه در گرم کردن خاک و جو موثر هستند (نقل از لشکری و همکاران، ۱۳۸۷، ۱۸). در سال ۱۹۹۳ در طوفان سیاه شمال چین ۸۵ نفر کشته شدند و حدود ۳۷۳۰۰۰ هکتار از محصولات زراعی تخریب شدند (یولین؛ ۲۰۰۲؛ نقل از لشکری و همکاران، ۱۳۸۷، ۱۸) فرسایش بادی سالانه حداقل ۱۶ میلیون خاک را در کانادا جابجا می‌کند که ارزش دلاری آن به ۲۴۹ میلیون دلار می‌رسد (Squires, 2002, 164).

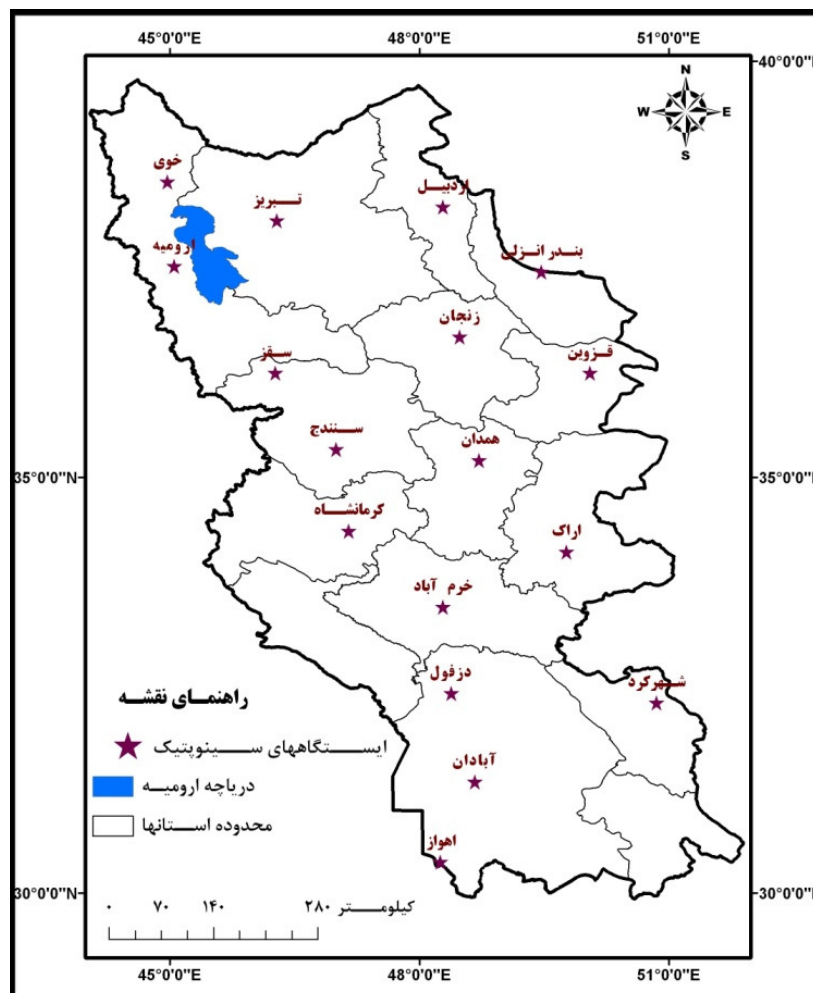
انگلستاندر (۲۰۰۱، ۲۶) در ارتباط با پهنه بندی مکانی فراوانی وقوع گرد و غبارهای جهان بر نقش بستر خشک دریاچه‌ها و صحرای کبیر آفریقا به عنوان تولید کنندگان اصلی گرد و غبار تاکید دارد. از مطالعاتی که اخیراً در زمینه گرد و غبار صورت گرفته می‌توان به مطالعه یانگ شینگ چن و همکاران (۲۰۰۴، ۱۵۱) در مورد تاثیر وقوع توفان‌های گرد و خاک در مرگ و میر روزانه در تایوان، یوکاری هارا و همکاران (۲۰۰۶، ۶۷۳۰) در زمینه ارتباط بین تغییرات طولانی مدت گرد و غبارهای آسیا را با فاکتورهای اقلیمی بزرگ مقیاس و ولف گانگ و همکاران (۲۰۰۸، ۴۱۲) در مورد علل هواشناختی وقوع گرد و غبار هارماتان اشاره کرد.

بررسی متون علمی موجود در ایران و جهان در مورد روزهای گرد و غباری نشان می‌دهد که اکثر مطالعات در زمینه‌ی تاثیر گرد و غبارها در کیفیت هوا، بررسی‌های سینوپتیکی وقوع توفان‌های گرد و غبار، مدل‌سازی و پیش این پدیده توسط تصاویر ماهواره‌ای متمرکز شده است. در این بررسی مشخص گردید که مطالعه‌ای در زمینه تعیین روند تغییرات روزهای گرد و غباری در کشور انجام نشده است. همچنین در هیچ یک از منابع از روش‌های آماری ناپارامتریک من- کندال و سنس‌استیمیتور برای تحلیل روند روزهای گرد و غبار استفاده نشده است. در این مطالعه قصد داریم ضمن بررسی فراوانی وقوع و روند حدوث پدیده گرد و غبار در منطقه غرب کشور طی ۵۵ سال گذشته، کارایی این روش‌ها را در تحلیل روند روزهای گرد و غباری مورد آزمون قرار دهیم.

#### موقعیت جغرافیایی و ویژگی‌های عمومی روزهای گرد و غباری در منطقه مورد مطالعه

در این تحقیق از آمار ۵۵ ساله تعداد کل روزهای همراه با گرد و غبار در مقیاس سالانه در ۱۶ ایستگاه منتخب در غرب ایران که در طی دوره آماری ۱۹۵۱ تا ۲۰۰۵ دارای آمار ثبت شده هستند، استفاده گردید. موقعیت

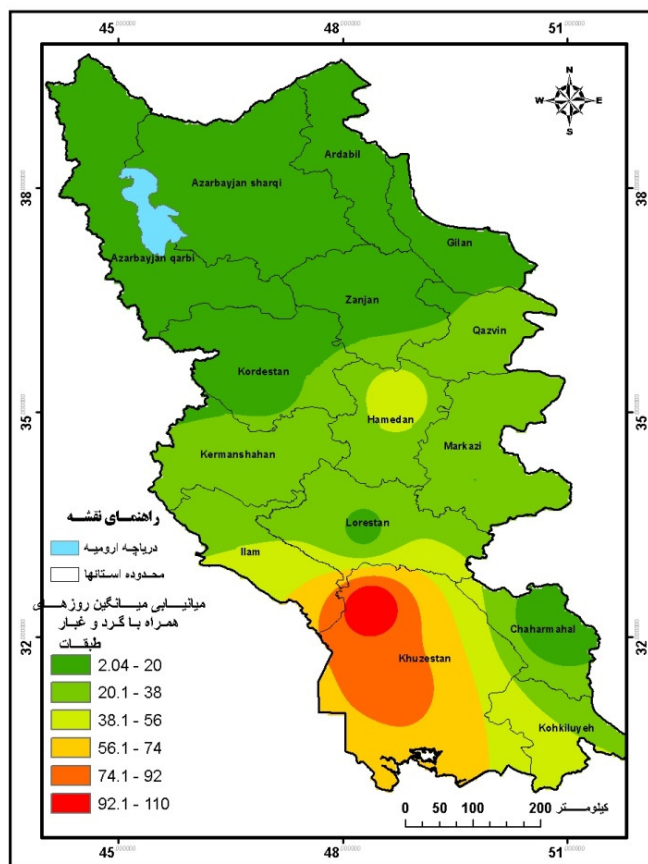
جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و پراکندگی جغرافیایی ایستگاه‌های مورد استفاده به همراه اسامی آن‌ها در شکل یک درج شده است.



شکل ۱: نقشه موقعیت جغرافیایی منطقه و پراکندگی ایستگاه‌های مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه (مناطق واقع در غرب کشور) به خاطر داشتن ویژگی‌های طبیعی از جمله مرتفع بودن و کوهستانی بودن بیشتر قسمت‌های غرب کشور به استثنای بخش کوچکی در محدوده‌ی استان‌های خوزستان و ایلام، داشتن بارندگی سالانه بیشتر از متوسط کشوری و همچنین پوشش گیاهی جنگلی و مرتعی که در مجموع آن را از مناطق خشک کشور جدا می‌کند، به عنوان منطقه گرد و غباری به شمار نمی‌رود. در نتیجه بیشتر گرد و غبارهای فراگیر و گسترده‌ای که در بخش عظیمی از غرب ایران مشاهده می‌شود فرا محلی بوده و از نواحی دور و نزدیک دیگر منشأ می‌گیرد. دوم این که قسمت‌های مرکزی و جنوبی منطقه مورد مطالعه در این تحقیق در مسیر

و رود سیکلون‌ها و سیستم‌های آورنده‌ی گرد و غبار به کشور قرار گرفته است (ذوالفقاری و عابدزاده ۱۳۸۴، ۱۷۵).

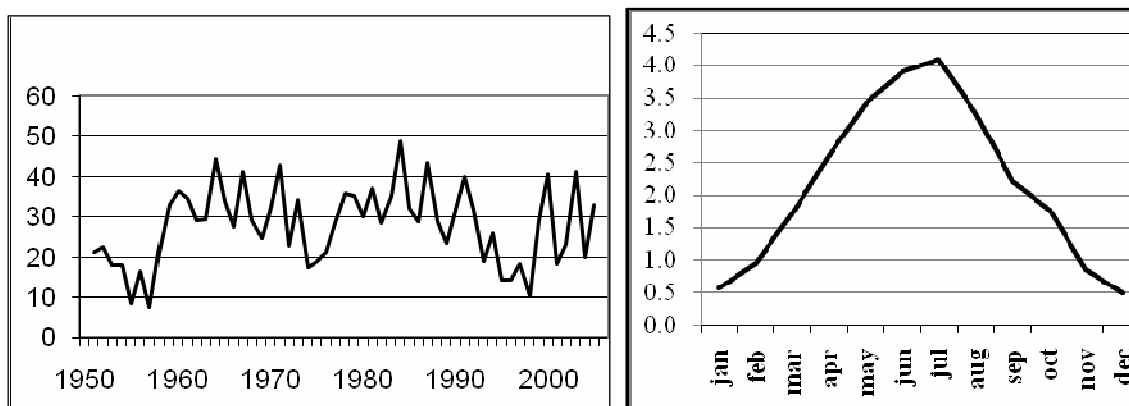


شکل ۲: توزیع مکانی میانگین تعداد روزهای همراه با گرد و غبار در غرب ایران

تعداد روزهای گرد و غباری غرب ایران به طور کلی از شمال به سمت جنوب افزایش می‌یابد (شکل ۲). به طوری که کمترین تعداد روزهای همراه با گرد و خاک در ایستگاه بندر انزلی، ۲ روز در سال است حال آن‌که در ایستگاه دزفول به طور میانگین ۱۱۰ روز در سال توام با گرد و غبار می‌باشد. در این میان روزهای گرد و غباری در ایستگاه‌های همدان (نورژه) و خرم‌آباد خلاف قاعده کلی فوق است. ایستگاه خرم‌آباد با وجود این که در مناطق جنوبی‌تر واقع شده است دارای تعداد روزهای گرد و غباری کمتری است. با دقت در شرایط توپوگرافی و میزان بارندگی ایستگاه‌ها مشخص گردید که ایستگاه خرم‌آباد بارندگی بیشتری (۵۱۱ میلی‌متر) نسبت به همدان (۳۳۴/۷ میلی‌متر) دریافت می‌کند و این موضوع باعث پوشش گیاهی بیشتر در خرم‌آباد می‌گردد. این مسئله به همراه تفاوت‌های توپوگرافی دو ایستگاه مذکور باعث ایجاد هسته افزایش در همدان و کاهش در خرم‌آباد گشته است.

هرچند که این دو ایستگاه از نظر تعداد روزهای گرد و غباری متفاوت هستند ولی همچنانکه در ذیل خواهد آمد روزهای گرد و غباری در هر دو ایستگاه در سطح ۹۵٪ روند افزایشی را دارند.

برای ارایه شناخت کلی از نحوه توزیع روزهای گرد و غباری در منطقه مورد مطالعه در طول ۵۵ سال اخیر و همچنین نحوه پراکنش آن در طول ماه‌های سال، نمودارهای شکل ۳ تهیه شد. در نمودار سمت چپ این شکل مشخص است که بیشترین روزهای همراه با گرد و غبار در سال ۱۹۸۴ اتفاق افتاده است. در این سال در ایستگاه-های دزفول و اهواز به ترتیب ۱۵۶ و ۱۵۴ روز توأم با پدیده گرد و غبار بوده است. همچنین در بررسی نمودار توزیع سالانه پدیده گرد و غبار می‌توان سه دوره افزایشی در وقوع گرد و غبارها (۱۹۵۷-۱۹۷۱ و ۱۹۷۸-۱۹۹۱ و ۲۰۰۰-۲۰۰۵) و سه دوره کاهش موقت در فراوانی روزهای گرد و غبار (۱۹۵۱-۱۹۵۷ و ۱۹۷۲-۱۹۷۷ و ۱۹۹۲-۱۹۹۹) قابل تشخیص است. به این ترتیب می‌توان نتیجه گرفت که فراوانی وقوع گرد و غبارها در نیمه غربی ایران در طول زمان دارای حرکت دوره‌ای سینوسی است.



شکل ۳: توزیع سالانه (سمت چپ) و ماهانه (سمت راست) روزهای گرد و غباری در غرب کشور در طول دوره آماری

توزیع روزهای گرد و غباری در طول ماه‌های سال (نمودار سمت راست شکل ۳) در غرب کشور نشان از تبعیت فراوانی وقوع این پدیده از شرایط دمایی و بارش (ویژگی‌های سینوپتیک) منطقه دارد به طوری که کمترین فراوانی در ماه‌های سرد و پر بارش و بیشترین فراوانی آن در ماه‌های گرم و خشک (ژوئن و جولای) اتفاق می‌افتد.

### مواد و روش‌ها

در این تحقیق سعی می‌شود تغییرات روزهای همراه با گرد و غبار در غرب کشور در طی ۵۵ سال اخیر براساس روش‌های آماری ناپارامتریک من-کندال و سنس استیمیتور<sup>۴</sup> توصیف شود. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد

<sup>4</sup> -Mann-Kendall & Sen's Estimator

مطالعه و پراکندگی ایستگاه‌ها در این منطقه در شکل ۱ ارایه شده است. ابتدا جهت توصیف ویژگی‌های عمومی روزهای گرد و غباری در غرب ایران نقشه میانگین روزهای همراه با گرد و غبار با استفاده از روش زمین آماری و میانمایی Spline مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۲). همچنین تغییرات سالانه و ماهانه این پدیده اقلیمی با رسم نمودار توصیف گردید.

آزمون من-کندال ابتدا توسط من (یا مان)<sup>۵</sup> (۱۹۴۵) ارائه و سپس توسط کندال<sup>۶</sup> (۱۹۷۵) بسط و توسعه یافت (Serrano & et al 1999: 87). از نقاط قوت این روش می‌توان به مناسب بودن کاربرد آن برای سری‌های زمانی‌ای که از توزیع آماری خاصی پیروی نمی‌کنند اشاره کرد. اثرپذیری ناچیز این روش از مقادیر حدی که در برخی از سری‌های زمانی مشاهده می‌شوند نیز از دیگر مزایای استفاده از این روش است (Turgay & et al 2005: 4). فرض صفر این آزمون بر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده‌ها دلالت دارد و پذیرش فرض یک دال بر وجود روند در سری داده‌ها است. مراحل محاسبه آماره این آزمون به شرح زیر است:

**الف-** محاسبه اختلاف بین تک تک مشاهدات با همدیگر و اعمال تابع علامت و استخراج پارامتر S به شرح زیر:

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

که n تعداد مشاهدات سری، و  $x_j$  و  $x_k$  به ترتیب داده‌های j ام و k ام سری می‌باشند. تابع علامت نیز به شرح

$$\text{sgn}(x) = \begin{cases} +1 & \text{if } (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & \text{if } (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & \text{if } (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \quad (2)$$

زیر قابل محاسبه است.

**ب-** به دلیل اینکه همه ایستگاه‌ها دارای بیش از ۲۰ سال آمار هستند از رابطه زیر برای محاسبه واریانس استفاده شده است:

$$\text{Var}(s) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{t=1}^m t(t-1)(2t+5)}{18} \quad (3)$$

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.

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{var}(s)}} & \text{if } S > 0 \\ 0 & \text{if } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{var}(s)}} & \text{if } S < 0 \end{cases} \quad (4)$$

<sup>5</sup> - Mann

<sup>6</sup> - Kendall

در یک آزمون دو دامنه جهت روندیابی سری داده‌ها، فرض صفر در صورتی پذیرفته می‌شود که رابطه زیر برقرار باشد:

$$|Z| \leq Z_{\alpha/2} \quad (5)$$

که  $\alpha$  سطح معنی‌داری است که برای آزمون در نظر گرفته می‌شود و  $Z_{\alpha}$  آماره توزیع نرمال استاندارد در سطح معنی‌دار  $\alpha$  می‌باشد که با توجه به دو دامنه بودن آزمون، از  $\alpha/2$  استفاده شده است. در این آزمون سطح اطمینان ۹۵٪ و ۹۹٪ مورد استفاده قرار می‌گیرد. در صورتی که آماره  $Z$  مثبت باشد روند داده‌ها صعودی و در صورت منفی بودن آن روند نزولی خواهد بود (حجام و همکاران ۱۳۸۷، ۱۶۰ و Vicente de Paulo 2004, 160 و M. Juraj M. & et al, 2009:475 و Cannarozzo & et al, 2006:1203).

در روش سنس‌استیمی‌تور<sup>۷</sup> 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 نمودن در مورد معنی‌داری شیب بدست آمده در سطوح اعتماد مختلف استوار است. مراحل کلی انجام این آزمون به شرح زیر است:  
الف- محاسبه شیب بین هر جفت داده‌ی مشاهده‌ای با استفاده از رابطه زیر:

$$Q = \frac{X_t - X_s}{t - s} \quad (6)$$

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

ب- محاسبه پارامتر  $C_{\alpha}$  در سطوح اعتماد مورد آزمون به کمک رابطه زیر:

$$C_{\alpha} = Z_{1-\frac{\alpha}{2}} \cdot \sqrt{\text{Var}(s)} \quad (7)$$

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 بگیرد. این آماره برای سطوح اطمینان ۹۵٪ و ۹۹٪ به ترتیب برابر با ۱/۹۶ و ۲/۵۸ در نظر گرفته می‌شود.

<sup>7</sup> - Sen's Estimator



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

$$\begin{cases} M_1 = \frac{N' - C_a}{z} \\ M_2 = \frac{N' + C_a}{z} \end{cases} \quad (8)$$

که  $N'$  تعداد شیب‌های محاسبه شده در بند (الف) می‌باشد.

د- مرحله نهایی این روش، آزمون نمودن حدود اعتماد 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 می‌گردند. در صورتی که عدد صفر در دامنه بین دو شیب استخراج شده فوق قرار بگیرد فرض صفر پذیرفته شده و بر سری زمانی مورد آزمون نمی‌توان هیچ‌گونه روندی را در سطح اعتماد بکار گرفته شده نسبت داد. در غیر این صورت فرض صفر رد شده و می‌توان پذیرفت که سری زمانی دارای روند معنی‌داری در سطح اعتماد مورد آزمون می‌باشد (حجام و همکاران Vicente de Paulo 2004, 160 و ۱۶۰، ۱۳۸۷ و Juraj M. & et al, 2006:1203 و M. Cannarozzo & et al, 2009:475).

### یافته‌های تحقیق

برای کلیه ایستگاه‌های مورد مطالعه در سری‌های زمانی سالانه در ابتدا آماره‌های دو آزمون ناپارامتری من-کندال و سنس استیمیتور محاسبه گردیدند. سپس معنی‌داری نتایج این آماره‌ها در سطوح اطمینان ۹۵٪ و ۹۹٪ مورد آزمون قرار گرفت که نتایج آن در جدول شماره یک درج شده است. چنانچه در جدول نیز مشخص است هر سه نوع روند را می‌توان در منطقه مورد مطالعه شناسائی کرد:

**روند کاهشی؛** شامل ایستگاه‌های بندر انزلی، قزوین و آبادان است. ایستگاه‌های بندر انزلی و قزوین به دلیل دارا بودن پوشش گیاهی مناسب، شرایط توپوگرافی و نزدیکی به منابع آبی؛ گرد و غبارهای محلی بندرت شکل می‌گیرد. این ناحیه به لحاظ داشتن عرض جغرافیایی بالاتر از گرد و غبارهای فرا منطقه‌ای که در بستر سامانه‌های سینوپتیکی از مناطق بیابانی غرب کشور منتقل می‌شوند نیز مصون هستند. تاثیرات همسوی شرایط فوق باعث ایجاد روند کاهشی در ایستگاه‌های فوق شده است. اما به نظر می‌رسد شرایط ایجاد روند کاهشی در آبادان و تا حدودی در ایستگاه دزفول<sup>۸</sup> متفاوت است. این ایستگاه (ها) در نواحی پست جلگه‌ای خوزستان واقع شده‌اند و به لحاظ پوشش گیاهی و میزان بارندگی محیط چندان مساعدی برای ایجاد گرد و غبار نمی‌باشد. برای روشن شدن موضوع نمودارهای جهش ۵۵ ساله روزهای گرد و غباری به روش رتبه‌ای من-کندال و توزیع سالانه آن در

۸- همچنان که در جدول ۱ نیز مشخص است ایستگاه دزفول دارای روند کاهشی است ولی روند آن معنی‌دار نیست.

شکل ۴ ارایه شده است.<sup>۹</sup> چنانچه مشخص است یک دوره افزایش شدید در روزهای گرد و غباری در فاصله سال‌های ۱۹۵۹ تا ۱۹۶۸ مشاهده می‌گردد که علت یا علل اقلیمی آن به مطالعات بیشتری نیازمند است. مرحله دیگر در افزایش روزهای گرد و غباری در فاصله زمانی ۱۹۷۷ تا ۱۹۸۴ اتفاق افتاده است (تاثیر آن در نمودار جهش نیز مشهود است). این فاصله زمانی مصادف است با سالهای پیروزی انقلاب شکوهمند اسلامی ایران و بعد از آن وقوع جنگ تحمیلی است.

در این سال‌ها به دلیل عدم انجام اقدامات مدیریتی در حفاظت منابع طبیعی و امورات کشاورزی توسط کشورمان و اغماض دولت وقت عراق؛ روزهای گرد و غباری در این منطقه افزایش یافته است. اما با انجام اقدامات حفاظت منابع طبیعی، عمران و آبادانی مناطق جنگ‌زده توسط کشورمان از سالهای پایانی جنگ تحمیلی و پس از پیروزی رزمندگان اسلام؛ روزهای گرد و غباری روند کاهشی را داشته و تا پایان دوره آماری مورد مطالعه (۲۰۰۵) این روند ادامه داشته است.

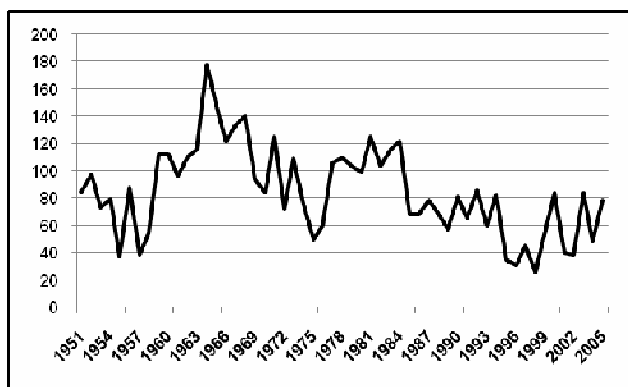
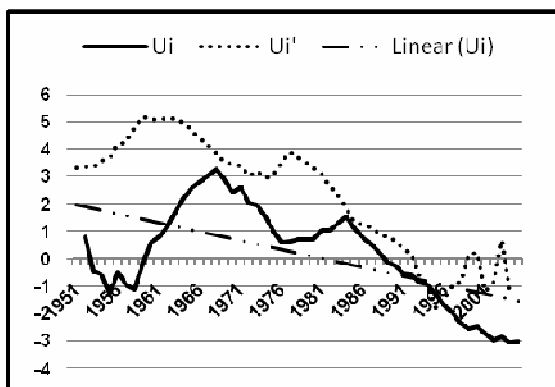
**روند ثابت** (بدون روند معنی‌دار)؛ همچنان که قبلاً نیز اشاره شد در این گروه تنها ایستگاهی که روند کاملاً ثابتی را نشان می‌دهد ایستگاه خوی است. اکثر ایستگاههای مورد مطالعه (۸ ایستگاه) در این گروه قرار گرفته‌اند (جدول ۱). این ایستگاهها اکثراً در مناطق کوهستانی قرار گرفته و به سبب ارتفاع زیاد و دریافت بارندگی‌های بیشتر دارای پوشش گیاهی مناسبی هستند. همه این عوامل باعث ایجاد ثبات نسبی در فراوانی روزهای گرد و غباری این مناطق گردیده است. اغلب گرد و غبارهای مشاهده در این مناطق از سرزمین‌های دوردست توسط سامانه‌های جوی منتقل می‌شود.

مسئله پر اهمیت در بررسی روزهای گرد و غباری؛ وجود **روند افزایشی** در ایستگاه‌های تبریز، همدان، خرم‌آباد، شهرکرد و اهواز است. دقت در نقشه پراکنندگی نوع روند روزهای گرد و غباری (شکل ۶) دو منطقه افزایشی مجزا از هم وجود دارد که به نظر می‌رسد از علل یکسانی ناشی شده‌اند. روند افزایشی واقع در شمال منطقه مورد مطالعه، منطقه نواری شکلی است که در مناطق پست دامنه‌های شرقی زاگرس و کوه‌های آذربایجان واقع شده‌اند. در این مناطق وقوع خشکسالی‌های پی در پی در سال‌های اخیر، رشد و توسعه شهری به ویژه توسعه صنعتی و تغییر کاربری اراضی در اطراف شهرهای بزرگ از جمله تبریز و اهواز؛ از عوامل دخیل در افزایش روزهای گرد و غباری است. در شکل ۵ نمودارهای جهش روزهای گرد و غباری ایستگاههای تبریز و اهواز نشان داده شده است.

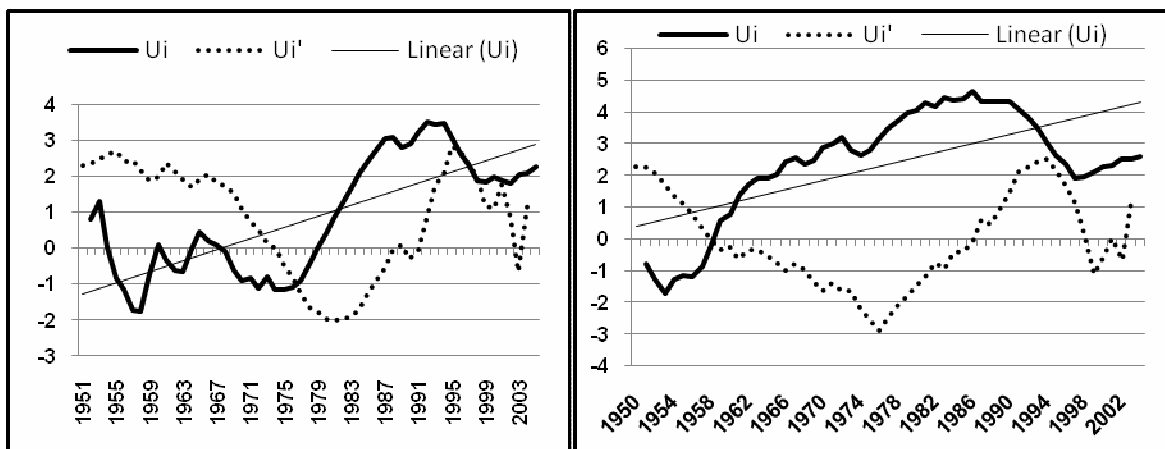
۹- در تهیه اشکال ۴ و ۵ این مطالعه (تعیین نقاط جهش ۵۵ ساله روزهای گرد و غباری) از روش رتبه‌ای من-کنندال استفاده شده است که نحوه استخراج آن در این مطالعه ارایه نشده است. برای کسب اطلاعات بیشتر مراجعه شود به مقاله‌ی (مجید زاهدی و همکاران، ۱۳۸۶ صص ۱۸۳ تا ۱۹۸).

جدول ۱: نتایج حاصله از آزمون من-کندال و سنس استیمیتور در سطوح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد (\* وجود روند در سطح اطمینان ۹۹ درصد و \* وجود روند در سطح اطمینان ۹۵ درصد)

Sen, s Estimator				Q <sub>med</sub>	Mann-Kendall	روش آماری	نام ایستگاه
۹۹%		۹۵%					
M <sub>2+1</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>2+1</sub>	M <sub>1</sub>				
-۰/۰۲۳	-۰/۰۴۲	-۰/۰۴۲	-۰/۰۳۸	-۰/۰۳**	-۱۲/۴۹**		بندر انزلی
۰/۳۷	۰/۰۷	۰/۳۳	۰/۱۰۵	۰/۲۲**	۲/۹۵**		تبریز
۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰		خوی
۰/۰۳۲	۰/۰	۰/۰۲۵	۰/۰	۰/۰	-۰/۹۴		ارومیه
۰/۰۶۲	۰/۰	۰/۰۴۸	۰/۰	۰/۰	۱/۵۳		زنجان
-۰/۳۶	-۱/۲۳	-۰/۴۶	-۱/۱	-۰/۷۶**	-۵/۳۳**		قزوین
۰/۰۸	-۰/۲۸	۰/۰۴۸	-۰/۲۱	-۰/۰۴	-۰/۸۶		سقز
۰/۴۴	-۰/۲۵	۰/۳۳	-۰/۱۷	۰/۰۶	۰/۵۱		سنندج
۰/۱۳	-۰/۶	۰/۰۸	-۰/۴۵	-۰/۱۱	۱/۰۵		اراک
۱/۹	۰/۵۸	۱/۷۱	۰/۷۹	۱/۱۸**	۴/۵**		همدان نوژه
۰/۶۴	-۰/۲۷	۰/۵۸	-۰/۱۱	۰/۱۹	۱/۱۹		کرمانشاه
۰/۳۶	۰/۰۸	۰/۳۲	۰/۱۳	۰/۲۳**	۳/۵۹**		خرم آباد
۰/۲	۰/۰۶	۰/۱۸	۰/۰۸	۰/۱۳**	۵/۰**		شهرکرد
۰/۷	-۱/۹	۰/۳۷	-۱/۵۸	-۰/۶	-۱/۲۵		دزفول
-۱/۲۳	-۱/۶۷	-۱/۶۴	-۱/۴۶	-۰/۹۴**	-۳/۲۹**		آبادان
۲/۹۱	۰/۷۱	۲/۴۵	۰/۰۸	۰/۷۱**	۲/۵*		اهواز

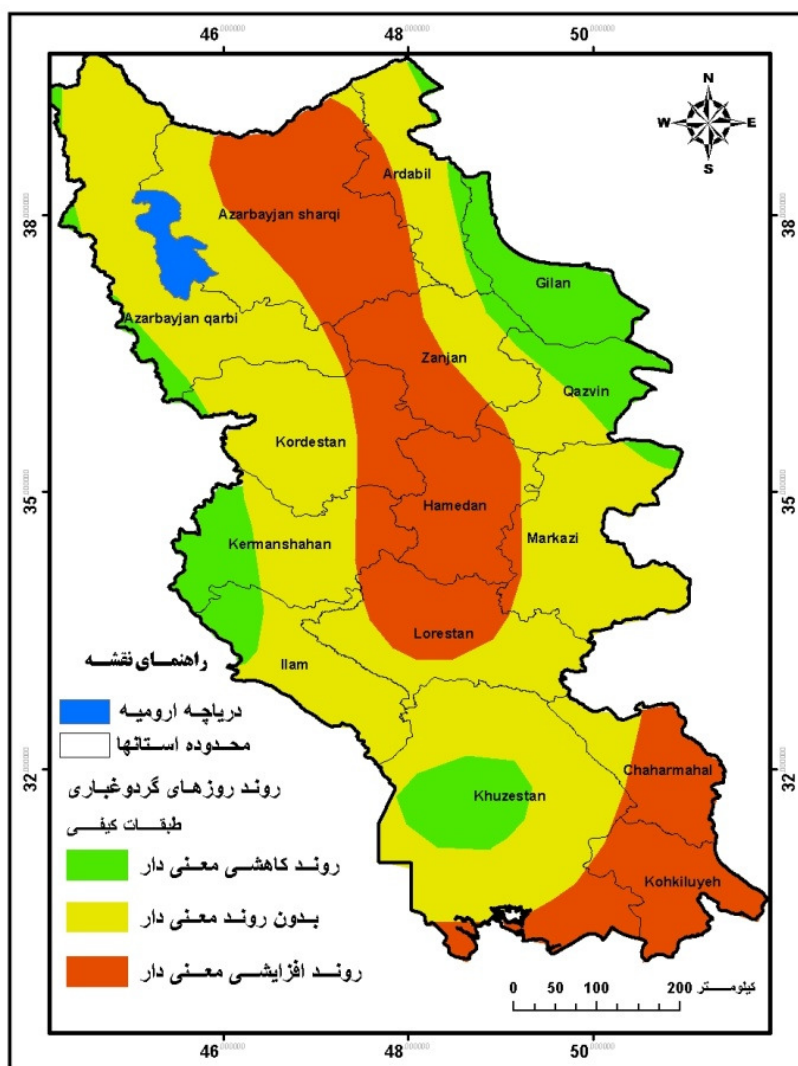


شکل ۴: نمودار تعیین نقاط جهش ۵۵ ساله روزهای گرد و غباری به روش رتبه‌ای من-کندال (سمت چپ) و نمودار تغییرات سال به سال روزهای گرد و غباری (سمت راست) در ایستگاه آبادان



شکل ۵: نمودارهای تعیین نقاط جهش ۵۵ ساله‌ی روزهای گرد و غباری به روش رتبه‌ای من-کندال در ایستگاه تبریز (سمت راست) و اهواز (سمت چپ)

چنانچه در شکل نیز مشخص است در ایستگاه تبریز از سال ۱۹۵۶ و در اهواز از سال ۱۹۷۷ جهش صعودی (روند افزایشی) در فراوانی وقوع گرد و غبارها مشاهده می‌شود. علت وقوع آنها به مطالعه بیشتری نیازمند است، ممکن است این امر ناشی از توسعه و گسترش شهرهای نامبرده از سالهای مذکور باشد. در این تحقیق برای شناخت پراکندگی مناطقی که دارای روند معنی‌داری از لحاظ وقوع گرد و غبارها هستند ضمن آگاهی از این که نتایج حاصل شده از دو روش آماری مورد استفاده در این تحقیق یکسان هستند و با بکار گیری نتایج من-کندال اقدام به تهیه نقشه گردید (شکل ۶). برای تهیه این نقشه از روش میانابیی Spline برای شناسایی محدوده‌های دارای روند استفاده شده است. با دقت در نحوه پراکندگی روندهای معنی‌دار صعودی و نزولی روزهای گرد و غباری در منطقه می‌توان فهمید که در شکل‌گیری و ایجاد تغییرات این پدیده اقلیمی؛ واقع شدن در نزدیکی پهنه‌های آبی، شرایط توپوگرافی، شرایط سینوپتیکی، میزان بارش سالانه و به تبع آن نوع و تراکم پوشش گیاهی و ویژگی‌های محلی دیگر مثل توسعه شهرها، تغییر کاربری اراضی و... موثر هستند.



شکل ۶: نقشه توزیع جغرافیایی نوع روند (افزایشی، بدون روند و کاهش) روزهای گرد و غباری در غرب کشور

در این رابطه می توان به استان خوزستان اشاره کرد. همه مناطق این استان از لحاظ شرایط سینوپتیکی (اقلیم سینوپتیک) یکسان است: چنانچه قبلا نیز بررسی شد فراوانی وقوع این پدیده در این منطقه بیشتر از مناطق دیگر است ولی شرایط موقعیت متفاوت آن نسبت به پهنه های آبی، شرایط توپوگرافی و پوشش گیاهی متفاوت آن باعث ایجاد روندهای متفاوتی از لحاظ تعداد روزهای گرد و غباری ایجاد کرده است. هر چند که وقوع ۸ سال جنگ تحمیلی در این منطقه و سال های صرف شده برای بازسازی محیط در سال های پس از جنگ در ایجاد چنین تضادهایی در این استان بی تاثیر نبوده است.

## نتیجه گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که منطقه غرب کشور از لحاظ فراوانی وقوع پدیده گرد و غبار و چگونگی روند آن دارای نظام همگنی نیست، به طوری که از شمال به جنوب بر فراوانی وقوع آن افزوده می‌شود. شرایط سینوپتیکی عامل غالب در فراوانی وقوع این پدیده بوده و در تعیین روند آن علاوه بر شرایط سینوپتیکی عوامل دیگری از جمله وقوع خشکسالی‌ها، قرار گرفتن در نزدیکی پهنه‌های آبی، شرایط توپوگرافی، پوشش گیاهی، تغییر کاربری اراضی و نهایتاً توسعه شهرها تاثیر دارند.

در این مطالعه مشخص شد که روش‌های آماری ناپارامتری من-کندال و سنس استیمیتور<sup>۱۰</sup> کارایی بسیار مناسبی برای تحلیل روند روزهای گرد و غباری دارند. همان‌طور که از جدول ۱ نیز برمی‌آید همه ایستگاه‌های مورد مطالعه به استثنای ایستگاه خوی دارای روند هستند ولی تنها در ۸ مورد روند معنی‌دار تشخیص داده شده است. در این میان ۵ مورد از ایستگاه‌ها دارای روند افزایشی و ۳ ایستگاه روند کاهشی معنی‌داری در سطح اعتماد ۹۹ درصد را دارا هستند. موضوع بعدی نتایج حاصل از دو روش آماری من-کندال و سنس استیمیتور است که در همه ایستگاه‌ها نتایج یکسانی را بدست داده‌اند. تنها در ایستگاه بندر انزلی به لحاظ این که دارای داده‌ی صفر فراوانی است نتیجه حاصل از آزمون سنس استیمیتور بیشتر با واقعیت مطابقت دارد (هر چند که نتیجه کلی با هم یکسان است).

با توجه به موقعیت و نحوه پراکنش ایستگاه‌های دارای روند معنی‌دار در غرب ایران، می‌توان چنین نتیجه گرفت که روندهای حادث شده در منطقه تابع هیچ نظم خاصی نبوده و نمی‌توان وجود روند خاصی را به قسمتی از منطقه یا کل آن نسبت داد.

ضمناً؛ چنانچه قبلاً نیز اشاره شد (شکل ۳) روند تغییرات فراوانی وقوع پدیده گرد و غبار دارای دوره‌های افزایشی و کاهشی منظمی است که در اکثر ایستگاه‌ها، این دوره‌ها قابل شناسایی است. به نظر می‌رسد این تغییرات دارای منشاء یکسانی است که کل منطقه را تحت تاثیر قرار می‌دهند شناسایی این عامل یا عوامل می‌تواند موضوعات علمی بسیار ارزشمندی را در زمینه مطالعه پدیده اقلیمی گرد و غبار آشکار نماید.

در پایان متذکر می‌شود که نتایج حاصل از این بررسی مربوط به دوره آماری ۱۹۵۱ تا ۲۰۰۵ بوده و با اضافه شدن آمارهای سال‌های آتی، نتایج حاصله را می‌توان بهنگام سازی و تعدیل کرد.

<sup>10</sup> - Mann-Kendall & Sen's Estimator

## منابع

- ۱- ایرانمنش، فاضل و عرب خدری، محمود و اکرم، مجتبی؛ (۱۳۸۴): بررسی مناطق برداشت ذرات گرد و غبار و ویژگی انتشار آنها در طوفان‌های منطقه سیستان با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره ای. مجله پژوهش و سازندگی، شماره ۶۷، تابستان ۸۴، ۲۵-۳۳.
- ۲- حبیبی نوخندان، مجید(۱۳۷۶): اقلیم و معماری با تاکید بر معماری خاورمیانه. (ترجمه)فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۶۴.
- ۳- حجام، سهراب و خوشخو، یونس و شمس‌الدین‌وندی، رضا (۱۳۸۷): تحلیل روند تغییرات بارندگی‌های فصلی و سالانه چند ایستگاه منتخب در حوزه مرکزی ایران با استفاده از روش‌های ناپارامتری، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۴، تابستان ۸۷، ۱۵۷-۱۶۸.
- ۴- حسین زاده، سید رضا(۱۳۷۶): بادهای ۱۲۰ روزه سیستان؛ فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۶۴.
- ۵- ذولفقاری، حسن و عابد زاده، حیدر (۱۳۸۴): تحلیل سیستم‌های سینوپتیک گرد و غبار در غرب ایران؛ مجله جغرافیا و توسعه، پاییز و زمستان ۸۴، ۱۸۷-۱۷۳.
- ۶- زاهدی، مجید و ساری صراف، بهروز و جامعی، جاوید(۱۳۸۶): تحلیل تغییرات زمانی-مکانی دمای منطقه شمال غرب ایران؛ مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۱۰، پاییز و زمستان ۱۳۸۶، صفحات ۱۸۳-۱۹۸.
- ۷- عزتیان، ویکتوریا و باقری، اعظم(۱۳۸۸): تحلیل وقوع طوفان خاک در ایران با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای؛ مجموعه مقالات همایش ملی کاهش اثرات بلایای جوی و اقلیمی، فروردین ۱۳۸۸، اردبیل.
- ۸- علیجانی، بهلول (۱۳۷۶): آب و هوای ایران، انتشارات دانشگاه پیام نور تهران.
- ۹- لشکری، حسن و کیخسروی قاسم (۱۳۸۷): تحلیل آماری سینوپتیکی طوفان‌های گرد و غبار استان خراسان رضوی در فاصله زمانی (۲۰۰۵-۱۹۹۳)؛ پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۵، پاییز ۸۷، ۳۳-۱۷.
- ۱۰- نوحی، احمد (۱۳۷۶): هواشناسی عمومی (ترجمه)؛ انتشارات علمی و فرهنگی تهران.

11- Cannarozzo, M., Noto, L. V., Viola, F., Spatial Distribution of Rainfall Trends in Sicily(1921-200): J. of Physics and Chemistry of The Earth, No. 31, 1201-1211.

12- Engelstadler., S (2001): Dust Storm Frequencies and Their Relationships to Land Surface Conditions. Freidrich - Schiller University Press. Jena. Germany.

13- 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.

14- 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.

15- Squires, Victor, R., (2002): Dust and sand Storms: an Early Warning of Impending Disaster, Global Alarm: Dust and Sand Storms from The World. Pp 160-170.

16- Turgay, P. and Ercan K. (2005): Trend Analysis in Turkish Precipitation Data. Hydrological Processes Published online in Wiley Inter Science (www.Interscience.wiley.com).

17- Vicente de Paulo, (2004): On Climate Variability in Northeast of Brazil, J. of Arid Environment, No.58, 575-596.

- 
- 18- Wolfgang, Brigitta Schat (2008): Meteorological Causes of Harmattan Dust in West Africa, J. of Geomorphology, No. 95, 412-428.
- 19- Yong- Shing Chen, Pai-Ching Sheen (2004): Effects of Asian Dust Storm Events on Daily Mortality in Taipei, Taiwan, J. of Environmental Research, No. 95. 151-155.
- 20- Yukari Hara, Itsushi Uno, Zifa Wang (2006): Long-term Variation of Asian Dust and Related Climate Factors, J. of Atmospheric Environment, No. 40, 6730-6740.