

فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۸، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۲، شماره پیاپی ۱۰۹

T. Tavousi  
A. Zahraei

تقی طاووسی، دانشیار اقلیم شناسی، دانشگاه سیستان و بلوچستان

اکبر زهرایی، کارشناس ارشد اقلیم شناسی، دانشگاه سیستان و بلوچستان

E-mail:t.tavousi@gep.usb.ac.ir

شماره مقاله: ۹۰۳ صص: ۱۷۰-۱۵۹

وصول: ۱۳۹۱/۱/۲۸ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۱/۲

## مدل سازی سری های زمانی پدیده گرد و غبار شهر اهواز

### چکیده

«گردوغبار» یکی از پدیده های جوی است که پیامدهای ناگوار زیست - محیطی به دنبال دارد. اهواز در استان خوزستان از جمله شهرهایی است که از گرد و غبار در رنج است. در این پژوهش پس از تعیین نرمال نبودن روزهای همراه با گرد و غبار، با استفاده از روش های ناپارامتریک به مدل سازی تغییرات و برآورد سری های زمانی روزهای گرد و غباری شهر اهواز در دوره آماری (۲۰۰۵-۱۹۵۱) پرداخته شد. چگونگی روند روزهای گرد و غباری به کمک روش های مقایسه میانگین دو نیمه دوره آماری، روش من کندال و Sen's تحلیل شد. پس از تعیین روند در مقیاس ماهانه، فصلی و سالانه، معادله شیب روند گرد و غبار تعیین شد و سرانجام وقوع آن برای سال ۲۰۱۵ برآورد گردید. نتایج نشان داد که بیشینه روزهای گرد و غباری در دوره گرم سال رخ می دهد. همچنین، فراوانی گرد و غبار به لحاظ سری های زمانی، در نیمه دوم دوره آماری نسبت به دوره اول افزایش چشمگیری (دو برابر) داشته است. به طور کلی، به غیر از ژانویه، روند افزایشی گرد و غبار در همه ماه ها، فصول و در مقیاس سالانه در سطح ۹۵ تا ۹۹ درصد معنادار بود.

**واژه های کلیدی:** پدیده گرد و غبار، مدل سازی، مدل SEN'S، اهواز، من کندال.

### مقدمه

هدف اصلی مدل سازی سری های زمانی، دادن نظم خاص به مشاهدات وابسته به زمان است تا بر اساس آن بتوان آینده را پیش بینی کرد. به سخن دیگر، مهمترین هدف تجزیه و تحلیل سری های زمانی یافتن مدل تغییرات و پیش بینی آینده آن است (فرج زاده، ۱۳۸۶: ۱۲۷). گردوغبار یکی از پدیده های جوی است که آثار و پیامدهای زیست - محیطی نامطلوبی را بر جای می گذارد. از مهمترین شرایط ایجاد گرد و غبار در کنار هوای ناپایدار، مقدار نمناکی است؛ به طوری که اگر هوای ناپایدار نمناک باشد، بارش و پدیده رعد و برق، و اگر خشک باشد، پدیده گرد و غبار ایجاد می کند (ذوالفقاری و عابدزاده، ۱۳۸۴: ۳۸). پژوهش ها نشان می دهد که چاله های مرکزی ایران با بیش از ۱۵۰ روز و سپس مناطق جنوب غرب و غرب کشور که در همسایگی کشورهای عراق، عربستان، سوریه و ... قرار دارند که منشأ پدیده گرد و غباری در کشور هستند، دارای بیشترین فراوانی روزهای گرد و غبار هستند (علیچانی، ۱۳۷۶: ۴۲). در واقع، ایجاد گرد و غبار می تواند نوعی واکنش به تغییر پوشش گیاهی زمین باشد. در این رابطه نقش فعالیت های انسانی را در کنار شرایط

محیط‌های جغرافیایی باید در نظر گرفت (رئیس پور، ۱۳۸۶: ۳۶). بیشترین گرد و غبار موجود در جو با منشأ ذرات ریزدانه اتفاق افتاده است که این ذرات در مناطق خشک و نیمه خشک جهان از فراوانی بالاتری برخوردارند. تأثیرات گرد و غبار ممکن است تا فاصله ۴۰۰۰ کیلومتری از منبع اصلی تداوم داشته، سبب بروز خسارات فراوان در زمینه‌های بهداشتی، کشاورزی، صنعتی، حمل و نقل و سیستم‌های مخابراتی گردد (رئیس پور، ۱۳۸۶: ۳۰). کاهش قدرت دید یکی از ویژگی‌های اصلی سیستم‌های گرد و غباری است که علاوه بر آثار ناخوشایند بهداشتی، مثل مشکلات تنفسی و ریوی برای انسان و آلوده کردن محیط زندگی انسان‌ها، اختلالاتی را در سیستم‌های حمل و نقل هوایی کشورها ایجاد می‌کند. مطالعات پزشکی نشان می‌دهد که مشکلات بینایی و اغلب بیماری‌های تنفسی، مثل آسم و بیماری‌های عفونی از مهمترین عوارض پدیده‌های گرد و غباری به شمار می‌رود (مرجانی، ۱۳۷۲). منطقه جنوبغرب و غربی کشور از جمله مناطقی است که سالانه شاهد این پدیده در محدوده سرزمینی خود است. با توجه به این امر، در این مطالعه به تحلیل و بررسی آماری روزهای گرد و غباری شهر اهواز طی دوره آماری ۲۰۰۵-۱۹۵۱ پرداخته شده و با روش‌های مختلف آماری بررسی شده است.

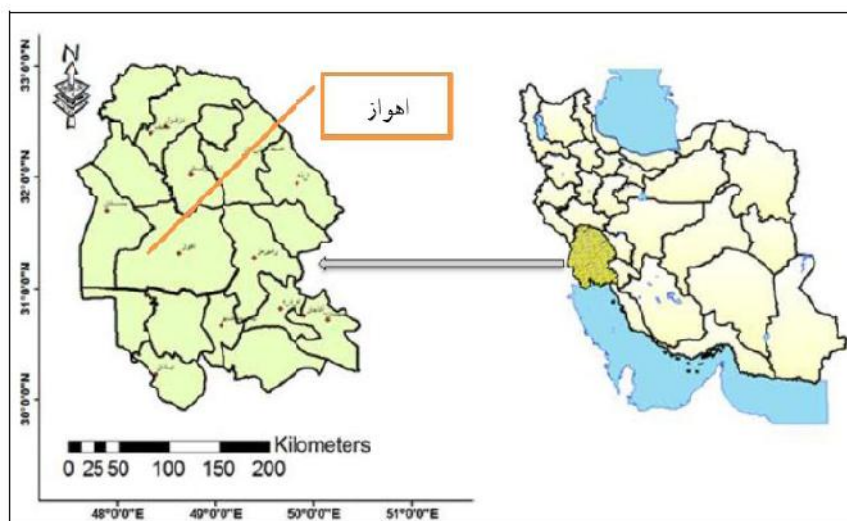
پدیده گرد و غبار به عنوان یکی از مهمترین پدیده‌های اتمسفری و از جمله مخاطرات محیطی مورد توجه و مطالعه پژوهشگران در سطح جهان و ایران شده که هر کدام به نوعی جهت رفتار شناختی این پدیده، جنبه‌ای از آن را مطالعه و بررسی کرده اند. از اولین کارها در این زمینه می‌توان به تحقیقات "رومانوف" (۱۹۵۱) اشاره کرد. وی پدیده گرد و غبار را در آسیای مرکزی و قزاقستان بررسی و در پایان نتیجه گیری کرد که بیشتر این پدیده‌ها در دوره گرم سال رخ می‌دهد. وایهانگ و شاوونشی (۲۰۰۱) از جمله کسانی هستند که علل وقوع پدیده گرد و غبار و تأثیرات 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 گرد و غبارهای شمال این کشور، به خصوص حوضه تاریم مؤثر می‌دانند. کوتس ورام (۱۹۸۷) به مطالعه و تحلیل دو بعدی دینامیک و میکروفیزیک پدیده گرد و خاک در بیابان صحرا پرداخت. "نهرت گری و همکاران" (۲۰۰۲) به بررسی و تحلیل پدیده گرد و غبار در مغولستان طی دوره ۱۹۳۷ تا ۱۹۹۹ پرداختند. "اورلوسکی" (۱۹۶۲) مطالعه توزیع زمانی، مکانی پدیده خاک و ماسه ای در ترکستان را انجام داد. "دایان" (۱۹۸۶) با تحلیل سینوپتیکی و طبقه بندی موقعیت هوای غالب در فلسطین نتیجه گرفت که اختلاف معناداری بین مسیرهای فصلی این الگوها وجود دارد. "برازل و نیکلینگ" (۱۹۸۸) گردش‌های جوی را بر اساس پدیده گرد و غبار ایالت آریزونا طبقه بندی و چهار تیپ هوای غالب را شناسایی کردند. "فولینگ شانگ و همکارانش" (۲۰۰۲) مدل توسعه پدیده گرد و غبار شدید در شمال غربی چین را ارائه نمودند. "هیم کوتیل" (۲۰۰۳) منابع اصلی و ویژگی‌های زمانی، مکانی پدیده گرد و غبار خاورمیانه را مطالعه کرد. وی با تحلیل خوشه‌ای داده‌ها، چهار ناحیه اصلی را که دارای بیشترین فراوانی گرد و غبار بود، مشخص نمود. "مرجانی" (۱۳۷۲) با استفاده از نقشه‌های سینوپتیکی، بادهای شدید بیش از ۱۵ متر بر ثانیه را در خراسان بررسی و همچنین، با بررسی وضعیت سینوپتیکی و توپوگرافی خراسان عوامل مؤثر در وقوع پدیده گرد و غبار منطقه را در پنج دسته عنوان کرد. "همتی" (۱۳۷۴) به بررسی فراوانی وقوع پدیده گرد و غبار در نواحی مرکزی و جنوبغرب کشور پرداخت. "سالاری" (۱۳۷۵) با مطالعه توزیع افقی گرد و غبار معتقد است که گرد و غبار حاصل که اغلب از ذرات کلونیدی است، کمتر تابع مانع بوده، بیشتر به جریان و قدرت ادامه حرکت باد بستگی دارد. از مطالعات اولیه در زمینه پیش

مدل‌سازی سری‌های زمانی پدیده گرد و غبار شهر اهواز / ۱۶۱

بینی‌های اقلیمی می‌توان به کار "علیجانی و رضانی" (۱۳۸۱) اشاره کرد که با استفاده از مدل «باکس، جنکیز» خشکسالی‌ها و ترسالی‌های استان مازندران را پیش‌بینی کردند. "علیجانی" (۱۳۸۵) ضمن بررسی علل گرد و غبارها در ایران، نقشه پهنه‌بندی زمانی و مکانی گرد و غبارها را ارائه داد. "کاویانی" (۱۳۸۶) علت تشکیل گرد و غبار در بیابان‌ها را ناشی از ناپایداری هوا می‌داند. "رئیس‌پور" (۱۳۸۶) به تحلیل آماری و سینوپتیکی پدیده گرد و غبار در استان خوزستان پرداخته است. "حیدری" (۱۳۸۶) پس از مطالعه موردی یک نمونه از سامانه مولد گرد و غبار در استان کرمانشاه نتیجه گرفت که سیکلون‌های بسته روی عراق و عربستان سبب ایجاد گرد و غبار در استان کرمانشاه است. در کشور تنها منبعی که با استفاده از روش‌های ناپارامتریک پدیده گردوغبار را بررسی کرده، تحقیق "رسولی و همکاران" (۱۳۸۹) است که در آن وقوع پدیده گردوغبار را با استفاده از روش‌های ناپارامتریک از جمله من-کندال و سنس را برای نیم سده اخیر انجام داده‌اند.

### موقعیت منطقه مورد مطالعه

شهر اهواز مرکز استان خوزستان است. براساس سرشماری سال ۱۳۸۵، جمعیت آن ۱,۴۲۵,۸۹۱ نفر بوده است. داده‌های هواشناسی و اقلیمی ایستگاه سینوپتیک با مختصات ۴۹ درجه و ۱۱ دقیقه طول شرقی و ۳۱ درجه و ۵۰ دقیقه عرض شمالی نشان می‌دهد که برپایه طبقه‌بندی اقلیمی دومارتون، آب و هوای این شهر در محدوده گروه اقلیم خشک قرار دارد. میانگین آماری ۵۴ ساله کمینه دما در دی ماه با ۱۲/۳ و بیشینه دما در تیر ماه با ۳۷/۱ درجه سلسیوس مشاهده شده و از لحاظ بارش ماهانه بیشینه بارش در دی ماه ۴۹/۸ میلیمتر و کمینه ماهانه با صفر میلیمتر در مرداد ماه مشاهده شده است. بیشترین نم نسبی در دی ماه با ۷۲ درصد و کمترین آن با ۲۳ درصد در خرداد ماه دیده شده است.



شکل (۱) جایگاه شهر اهواز در استان و کشور

## داده‌ها و روش پژوهش

در این پژوهش که مبتنی بر روش آماری است، نخست داده‌های روزانه گرد و غبار با منشأ فرامحلی (دارای کد ۰۶ در ایستگاه‌های هواشناسی) اخذ شد. سپس داده‌های مزبور به داده‌های اقلیمی در مقیاس ماهانه، فصلی و سالانه تبدیل گردید. در این پژوهش با استفاده از روش‌های آماری، از قبیل: مقایسه میانگین دو نیمه، آزمون ناپارامتریک من کندال و روش ناپارامتریک سنس، همه داده‌های موجود تجزیه و تحلیل شد. برای انجام این مطالعه علاوه بر مطالعات اسنادی و کتابخانه‌ای جهت انجام تجزیه و تحلیل‌های آماری، از قبیل: تعیین روند، همبستگی، محاسبه آمار توصیفی برای پارامترها و همچنین، ترسیم نمودارهای مربوطه از نرم افزارهای Excel2007 و Spss17 و برای کارهای جانبی از نرم افزارهای گرافیکی از قبیل Photoshop Cs استفاده گردید.

## الف: تحلیل روند با استفاده از آزمون من - کندال

ابتدا روش من کندال توسط مان (۱۹۴۵) و سپس توسط کندال (۱۹۷۵) گسترش یافت و تکمیل شد. از مزیت‌های روش مذکور این است که مناسب سری زمانی داده‌هایی است که از توزیع آماری خاصی پیروی نمی‌کنند. در این روش فرض صفر مبنی بر عدم وجود روند و فرض یک به معنای وجود روند معنی دار در سری داده‌هاست (Turgay & et al 2005:4).

مراحل محاسبه آماره این آزمون به شرح زیر است:

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

رابطه (۱):

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

n = تعداد جملات سری یا همان تعداد مشاهدات سری،  $X_j$  = داده جام سری،

$X_k$  = داده k ام 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 به دست آمده از تابع علامت (sgn) ۱ یا ۰ یا -۱ است.

برای محاسبه واریانس به مقدار t نیاز است. مقدار t بیانگر تعداد تکرار داده‌ها در سری یا فراوانی داده‌های با ارزش

یکسان است. چون شرط  $n > 10$  برقرار است، بنابراین، از رابطه زیر برای محاسبه واریانس استفاده می‌شود:

رابطه (۲):

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

$n =$  تعداد داده‌های مشاهده‌ای؛  $m =$  تعداد سری‌های که در آنها دست کم یک داده تکراری وجود دارد؛  $t =$  فراوانی داده‌هایی با ارزش یکسان.

۳- استخراج آماره  $Z$

رابطه (۳):

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

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

۴- تحلیل روند

در یک آزمون دو دامنه ( $\tau/2$ ) برای روند یابی سری داده‌ها، فرض صفر در صورتی پذیرفته می‌شود که رابطه  $|z_i| \leq z_{\tau/2}$  برقرار باشد. در سطح اطمینان ۹۵ درصد،  $z = 1/96$  و در سطح اطمینان ۹۹ درصد،  $z = 2/54$  در نظر گرفته می‌شود. به طور کلی، اگر نتایج به دست آمده بر وجود روند در سری داده‌ها دلالت کند و آماره  $Z$  به دست آمده مثبت باشد، روند صعودی است و اگر  $Z$  منفی باشد، روند نزولی است.

#### ب: تعیین شیب روند و معادله خط به شیوه SEN'S ESTIMATOR ( )

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 معنی داری شیب به دست آمده در سطوح اعتماد مختلف استوار است (رسولی و همکاران، ۲۱:۱۳۸۹). مراحل انجام این آزمون به ترتیبی است که در زیر می‌آید:

۱- محاسبه شیب بین هر جفت داده در سری:

رابطه (۴):

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

۲- با اعمال رابطه (۴) برای هر دو جفت داده، یک سری زمانی حاصل می‌آید که محاسبه میانه سری شیب‌های به دست آمده ( $Q_{med}$ ) به عنوان شیب خط روند در نظر گرفته می‌شود. در صورتی که  $Q_{med}$  مثبت باشد، روند صعودی و در صورت منفی بودن آن روند نزولی در نظر گرفته می‌شود.

۳- مرحله بعد، آزمون نمودن شیب به دست آمده در دو سطح ۹۵٪ و ۹۹٪ است. برای انجام این آزمون از روابط زیر

استفاده می‌گردد:

رابطه (۵):

$$C_r = Z_{1-\tau/2} * \sqrt{\text{var}(s)}$$

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 می تواند 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 می شود.

۴- حدود اعتماد پایین ( $M1$ ) و بالا ( $M2+1$ ) به صورت زیر محاسبه می گردند:  
رابطه (۶) و (۷):

$$M1 = \frac{N' - Cr}{2}$$

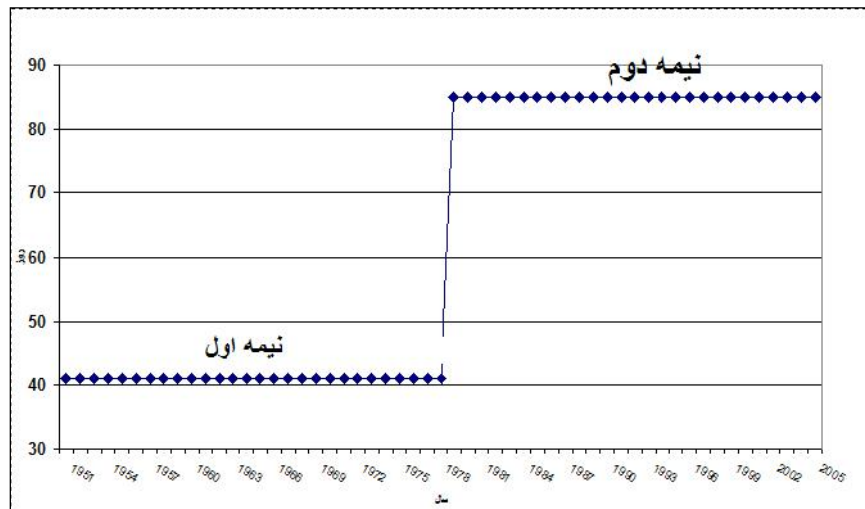
$$M2 = \frac{N' + Cr}{2}$$

$N'$  = تعداد کل شیب‌های محاسبه شده از طریق رابطه شماره ۴

۵- حال  $M1$  امین و ( $M2+1$ ) امین شیب‌ها از بین شیب‌های محاسبه شده استخراج می شوند. در صورتی که عدد صفر در دامنه بین دو شیب استخراج شده فوق قرار گیرد، فرض صفر پذیرفته شده و عدم روند در سری داده‌ها تأیید می گردد. در غیر این صورت، فرض صفر رد شده و وجود روند در سطح اطمینان مورد نظر در آزمون پذیرفته می شود.

### یافته‌های پژوهش

پس از انتخاب بهترین روش موجود آماری برای اهداف پژوهش حاضر، طبق روابط موجود در مدلها و روش‌های آماری به تجزیه و تحلیل داده‌ها اقدام گردید. در ابتدا تعیین روند در مقیاس کلی به روش مقایسه میانگین دو نیمه در طی دوره آماری انجام گرفت و طی بررسی مشاهده گردید که اختلاف زیادی در حد دو برابر بین دو نیمه وجود دارد که در نیمه دوم دو برابر نیمه اول گردیده است.



شکل ۲) مقایسه میانگین فراوانی پدیده‌های گرد و غبار شهر اهواز طی دو نیمه آماری

چنانکه در نمودار مشاهده می‌شود، روند پدیده گرد و غبار در طی دوره آماری، روندی صعودی داشته است. پس از تعیین روند کلی از طریق آزمون ناپارامتریک من‌کنندال به تعیین مقدار Z، آزمون فرض صفر در دو سطح معناداری ۹۵ و ۹۹ درصد و سرانجام تعیین وجود یا عدم روند گرد و غبار در مقیاس ماهانه، فصلی و سالانه طی دوره آماری (۲۰۰۵-۱۹۵۱) برای شهر اهواز اقدام گردید که مقادیر Z و آزمون فرض صفر به تفکیک برای تمام موارد در جدول شماره ۱ آمده است. طبق تحلیل آماری داده‌ها بر اساس آزمون من‌کنندال گرد و غبار شهر اهواز تنها در ماه ژانویه روند ندارد، ولی در سایر ماه‌ها، همه فصول و سالانه فرض صفر رد شده و دارای روند هستند. باید گفت تنها دو ماه اوت و دسامبر، روند در سطح ۹۵ درصد معنادار است و سایر ماه‌ها، فصول و سالانه در سطح ۹۹ درصد معنادار است. به لحاظ مقادیر Z در مقیاس ماهانه سه ماه می، اکتبر و آوریل به ترتیب با ۳/۹۴، ۳/۵۲ و ۳/۴۴ بیشترین مقدار و سه ماه ژانویه، دسامبر و اوت با ۲/۰۹، ۱/۰۸۹/۹۶ و ۲/۰۹ کمترین مقدار Z را در بین ماه‌ها داشته‌اند. پس از تعیین روند به روش آزمون ناپارامتریک من‌کنندال به مدل‌سازی سری‌های زمانی پدیده‌های گرد و غباری با استفاده از روش‌های ناپارامتریک پرداخته شد. با استفاده از این روش ناپارامتریک ابتدا نوع روند برای اطمینان از صحت محاسبات روش من‌کنندال در این پژوهش به دست آمد و سپس با تعیین مقادیر B و Q که از مؤلفه‌های اصلی رابطه مدل، برای تعیین معادله شیب در تمامی مقیاس‌ها برای پیش‌بینی پدیده‌های گرد و غبار در آینده است، به تعریف معادلات شیب برای هر کدام از ماه، فصل و سال پرداخته شد (جدول ۱) که با جای‌گذاری سال مبنا و سال مورد پیش‌بینی می‌توان پدیده‌های گرد و غباری را برای شهر اهواز در آینده پیش‌بینی کرد.

رابطه (۸):

$$F(y) = Q * (\text{year} - \text{firstdata year}) + B$$

جدول ۱) تعیین روند و معادلات شیب ماهانه شهر اهواز طی دوره (۲۰۰۵-۱۹۵۱)

ماه	مقدار Z	سطح ۹۵ درصد	سطح ۹۹ درصد	معادله شیب جهت برآورد
ژانویه	0/96	پذیرفته می‌شود	پذیرفته می‌شود	$F(y) = 0/001 * (\text{year} - \text{firstdata year}) + 1$
فوریه	2/56	رد می‌شود	رد می‌شود	$F(y) = 0/108 * (\text{year} - \text{firstdata year}) - 0/08$
مارس	2/55	رد می‌شود	رد می‌شود	$F(y) = 0/125 * (\text{year} - \text{firstdata year}) + 0/63$
آوریل	3/44	رد می‌شود	رد می‌شود	$F(y) = 0/133 * (\text{year} - \text{firstdata year}) + 1/73$
می	3/94	رد می‌شود	رد می‌شود	$F(y) = 0/167 * (\text{year} - \text{firstdata year}) + 1/67$
ژوئن	2/59	رد می‌شود	رد می‌شود	$F(y) = 0/308 * (\text{year} - \text{firstdata year}) + 1/31$
ژولای	2/95	رد می‌شود	رد می‌شود	$F(y) = 0/388 * (\text{year} - \text{firstdata year}) + 0/9$
اوت	2/09	رد می‌شود	پذیرفته می‌شود	$F(y) = 0/143 * (\text{year} - \text{firstdata year}) + 2$
سپتامبر	2/85	رد می‌شود	رد می‌شود	$F(y) = 0/166 * (\text{year} - \text{firstdata year}) + 0/18$
اکتبر	3/52	رد می‌شود	رد می‌شود	$F(y) = 0/071 * (\text{year} - \text{firstdata year}) + 1/07$
نوامبر	3/17	رد می‌شود	رد می‌شود	$F(y) = 0/111 * (\text{year} - \text{firstdata year}) - 0/44$
دسامبر	1/89	رد می‌شود	پذیرفته می‌شود	$F(y) = 0/059 * (\text{year} - \text{firstdata year}) + 0/06$

**جدول ۲) تعیین روند و معادلات شیب فصلی شهر اهواز طی دوره (۲۰۰۵-۱۹۵۱)**

فصل	مقدار Z	سطح ۹۵ درصد	سطح ۹۹ درصد	معادله شیب جهت برآورد
بهار	3/67	رد می شود	رد می شود	$F(y)=0/74*(year - firstdata year) + 7/56$
تابستان	2/81	رد می شود	رد می شود	$F(y)=0/63*(year - firstdata year) + 10/67$
پاییز	3/06	رد می شود	رد می شود	$F(y)=0/2*(year - firstdata year) + 7$
زمستان	2/49	رد می شود	رد می شود	$F(y)=0/278*(year - firstdata year) + 8$

**جدول ۳) تعیین روند و معادله شیب سالانه شهر اهواز طی دوره (۲۰۰۵-۱۹۵۱)**

مقیاس	مقدار Z	سطح ۹۵ درصد	سطح ۹۹ درصد	معادله شیب جهت برآورد
سالانه	3/76	رد می شود	رد می شود	$F(y)=1/63*(year - firstdata year) + 25/62$

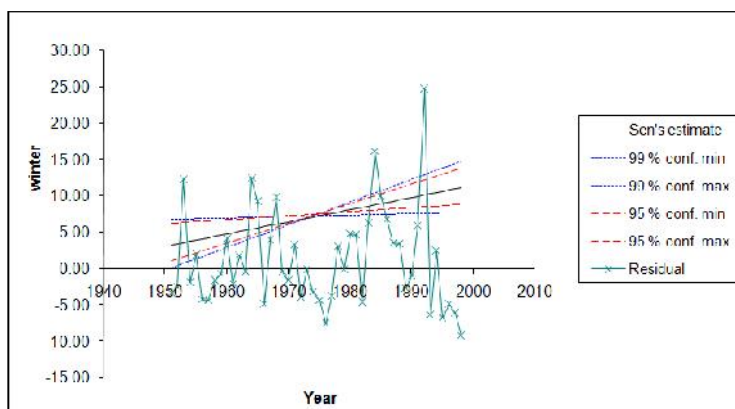
با استفاده از معادلات جدول شماره یک برای هر کدام از مقیاس‌ها می‌توان پدیده‌های گرد و غباری را در سال‌های آتی برای شهر اهواز با درصد اطمینان بالایی برآورد کرد. البت، با در نظر گرفتن تغییرات پارامترهای اقلیمی که بیشتر به جای شکل خطی به شیوه سینوسی است همیشه میزان خطایی را برای آن می‌توان در نظر داشت، ولی مدل حاضر را می‌توان یکی از موفق‌ترین مدل‌ها در پیش‌بینی سری‌های زمانی اقلیمی دانست که قادر است روند و تغییرات آن را در آینده با درصد اطمینان بالایی نشان دهد. برای آزمون مدل حاضر دوره آماری یک بار برای برآورد بین ۲۰۰۰-۱۹۵۱ در نظر گرفته شد و با فرض اینکه آمار پدیده‌های گرد و غباری برای سال‌های بعد از ۲۰۰۰ موجود نیست، به برآورد پدیده‌های گرد و غبار شهر اهواز از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۵ اقدام گردید و مدل حاضر توانست یک پیش‌بینی را با درصد احتمال وقوع بالا نشان دهد. پس از تعیین معادلات شیب، به برآورد پدیده گرد و غباری شهر اهواز برای سال ۲۰۱۵ در مقیاس فصلی و سالانه اقدام گردید.

**جدول ۴) برآورد تعداد پدیده گرد و غبار شهر اهواز برای سال ۲۰۱۵ میلادی**

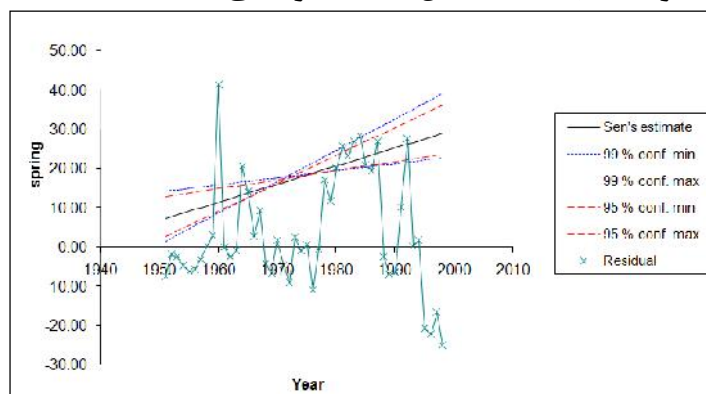
سالانه	زمستان	پاییز	تابستان	بهار	سال
۱۰۲	۱۶	۸	۳۵	۴۳	۲۰۰۵
۱۳۰	۲۶	۲۰	۵۱	۴۹	۲۰۱۵

پس از تعیین معادلات شیب برای مقیاس‌های مختلف، به ترسیم نمودارهای شیب با اختصاصاتی، از قبیل خط برآورد، تعیین کران‌های بالا و پایین در دو سطح ۹۵ و ۹۹ درصد و باقیمانده سری برای فصول مختلف و همچنین سالانه اقدام گردید (شکل ۳ تا ۷).

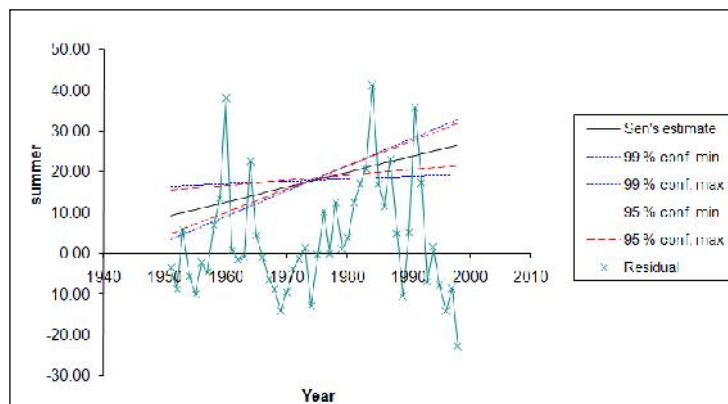




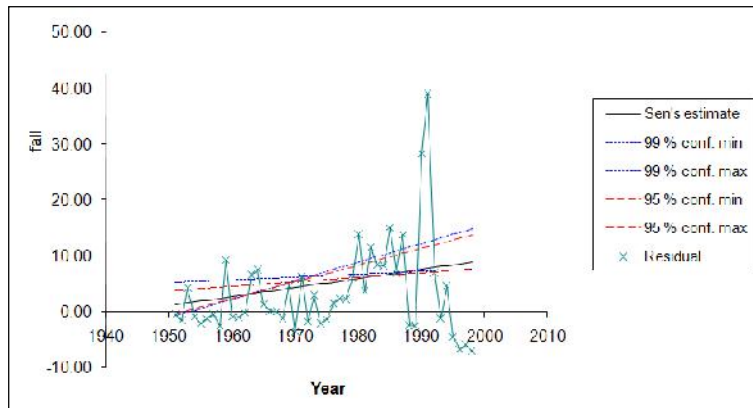
شکل ۳) نمودار شیب Sen's در فصل زمستان اهواز طی دوره آماری (۱۹۵۱-۲۰۰۵)



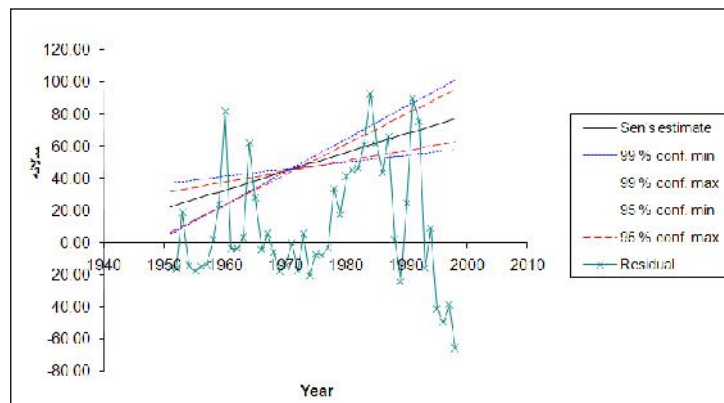
شکل ۴) نمودار شیب Sen's در فصل بهار اهواز طی دوره آماری (۱۹۵۱-۲۰۰۵)



شکل ۵) نمودار شیب Sen's در فصل تابستان اهواز طی دوره آماری (۱۹۵۱-۲۰۰۵)



شکل ۶) نمودار شیب Sen's در فصل پاییز اهواز طی دوره آماری (۱۹۵۱-۲۰۰۵)



شکل ۷) نمودار شیب سالانه Sen's اهواز طی دوره آماری (۱۹۵۱-۲۰۰۵)

نمودارهای شیب فصلی نشان داد که شیب خط به گونه ای است که از دوره گرم سال (بهار و تابستان) به سمت دوره سرد سال (پاییز و زمستان) ملایمتر می گردد که بیانگر افزایش فراوانی وقوع پدیده گرد و غبار در دوره گرم سال است. در فصول پاییز و زمستان کران‌های بالا و پایین در هر دو سطح ۹۵ و ۹۹ درصد نسبت به بهار و تابستان به هم نزدیکتر هستند که این خود بر ملایم بودن شیب فراوانی گرد و غبار در فصول پاییز و زمستان برای سال‌های آتی صحه می گذارد.

### نتیجه گیری

نتایج نشان داد که فراوانی وقوع پدیده گرد و غبار اهواز در دوره گرم بیشتر است. به لحاظ وجود روند در حالت کلی با استفاده از روش مقایسه میانگین دو نیمه مشخص گردید که روندی افزایشی در وقوع گرد و غبار اهواز شکل گرفته است؛ به طوری که میانگین روزهای گرد و غباری در نیمه اول (۱۹۷۸-۱۹۵۱) حدود ۴۱ روز و در نیمه دوم (۲۰۰۵-۱۹۷۹) به حدود ۸۵ روز؛ یعنی بیش از دو برابر رسیده است. نتایج به کارگیری روش‌های ناپارامتریک حاکی است که در مقیاس ماهانه تنها دو ماه اوت و دسامبر در سطح ۹۵ درصد دارای روند یکسان است، در صورتی که در سایر ماه‌ها، همه فصول و در مقیاس سالانه، روند در سطح ۹۹ درصد معنادار است. مقادیر Z در مقیاس ماهانه سه ماه می،

اکتبر و آوریل به ترتیب با ۳/۹۴، ۳/۵۲ و ۳/۴۴ بیشترین مقدار و سه ماه ژانویه، دسامبر و اوت با ۰/۹۶، ۱/۸۹ و ۲/۰۹ کمترین مقدار Z را در بین ماه‌ها داشت. پس از مشخص شدن وجود روند در پدیده گرد و غبار شهر اهواز با استفاده از مدل S' SEN به تعیین معادلات شیب، برای پیش‌بینی فراوانی وقوع این پدیده در سالهای آتی اقدام شد. با تعیین معادلات شیب برای مقیاس‌های ماهانه، فصلی و سالانه تعداد روزهای گرد و غبار برای سال ۲۰۱۵ برآورد گردید. پیش‌بینی مدل نشان داد که تعداد روزهای همراه با گرد و غبار که در بهار سال ۲۰۰۵ برابر با ۴۳ روز بود، به ۴۹ روز در بهار ۲۰۱۵ افزایش خواهد یافت. همچنین، تعداد روزهای گرد و غباری تابستان از ۳۵ روز در سال ۲۰۰۵ به ۵۱ روز در تابستان ۲۰۱۵، از ۸ روز در پاییز ۲۰۰۵ به ۲۰ روز در پاییز ۲۰۱۵ و از ۱۶ روز در زمستان ۲۰۰۵ به ۲۶ روز در زمستان ۲۰۱۵ افزایش خواهد یافت. نتایج برآورد بیانگر شیب تند روند افزایش روزهای گرد و غباری در سال‌های پیش‌روست که می‌تواند وقایع ناگواری، از جمله صدمات جبران‌ناپذیر برای سلامت انسان، محیط زیست و... را به دنبال داشته باشد. بنابراین، درمان علل وقوع فزاینده این پدیده نامطلوب اقلیمی و پیشگیری مخاطرات ناشی از آن ضرورتی دوچندان پیدا می‌کند.

#### منابع:

- ۱- فرج زاده منوچهر. (۱۳۸۶). تکنیک‌های اقلیم‌شناسی، تهران: انتشارات سمت.
- ۲- حسین زاده، سید رضا. (۱۳۸۶). «بادهای ۱۲۰ روزه سیستان»، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ش ۴۶
- ۳- حیدری، محمد طالب. (۱۳۸۶). «غبار و الگوی جوی مولد آن در غرب کشور»، نشریه هواشناسی کرمانشاه، تابستان، ص ۱۱ و ۱۲.
- ۴- ذوالفقاری حسن و عابدزاده، حیدر. (۱۳۸۴). «تحلیل سینوپتیک سیستم‌های گرد و غبار در ایران»، مجله جغرافیا و توسعه، ص ۳۶-۴۵
- ۵- رسولی علی اکبر، ساری صراف بهروز و محمدی غلام حسن. (۱۳۸۹). «تحلیل روند وقوع پدیده اقلیمی گردوغبار در غرب کشور در ۵۵ سال اخیر با استفاده از روشهای آماری ناپارامتری»، فصلنامه جغرافیای طبیعی، سال سوم، ش ۹.
- ۶- رییس پور کهزاد. (۱۳۸۶). «تحلیل آماری سینوپتیکی پدیده‌های گرد و غباری استان خوزستان»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه سیستان و بلوچستان.
- ۷- سالاری، محمود. (۱۳۷۵). طرح بررسی و شناخت مواد آلوده کننده هوا، سازمان حفاظت محیط زیست.
- ۸- علیجانی بهلول و رضانی نبی‌الله. (۱۳۸۱). «پیش‌بینی خشکسالی‌ها و ترسالی‌های استان مازندران با استفاده از مدل باکس - جنکیز»، مجله پژوهش‌های جغرافیایی، سال ۳۴، صص ۱۵۴-۱۶۹.
- ۹- علیجانی، بهلول. (۱۳۷۶). آب و هوای ایران، انتشارات پیام نور، تهران.
- ۱۰- کاویانی، محمدرضا. (۱۳۸۶). میکروکلیماتولوژی، تهران: سمت، ص ۱۳۷.
- ۱۱- مرجانی، سیدصدرالدین. (۱۳۷۲). بررسی سینوپتیکی بادهای شدید بیش از ۱۵ متر بر ثانیه در خراسان، پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد هواشناسی، دانشگاه تهران.

۱۲- همتی، نصرالله. (۱۳۷۴). بررسی فراوانی وقوع پدیده خاک در نواحی مرکزی و جنوب کشور، پایان نامه دوره کارشناسی ارشد، ژئوفیزیک دانشگاه تهران.

- 13- Dayan U ,Koch J ,(1986) A synoptic analysis of the meteorological conditions affecting dispersion of pollutants emitted from tallstacksin the coastal plain of Israel ,pp 537-543
- 14- Koteswaram,E(1998). Synoptic meteorology
- 15- Kutiel H ,Furman H ,(2003) dust storm in Middle East sources of Origin and their Temporal Characteristic ,University of Hifa ,pp 419-425
- 16- Natsagdori ,L.D.Judjer . Y.Schang(2002) Analysis of dust storm observed.Mongolia during 1937-1999 , p12
- 17- orlovsky,L,(1962) dust storm in Turkemenistan ,Journal of Arid Environment , pp,42
- 18- Romanof B ,(1951) dust storm in Gobian Zone of Mongolina , The First PRC-Mongolina Workshop on climate change in arid and semi-arid Region over the Central Asia ,pp 21
- 19- Turgay, P. and Ercan K. (2005): Trend Analysis in Turkish Precipitation data. Hydrological Processes Published Online in Wiley Inter Science (www. Interscience.wiley.com).
- 20- Yarnal B ,(1993) , synoptic climatology in environmental Analasis ,pp3-19
- 21- Weihong Q and Shaoyinshi,(2001)Variations of the dust storm in China and its climatic control.Journal of climate.vol 15.