

سال اول، شماره اول، بهار و تابستان 1392  
تاریخ دریافت: 1391/9/6 تاریخ تأیید نهایی: 1391/12/10  
صص: 157 - 139

## مدلسازی و پیش بینی پدیده گرد و غبار استان سیستان و بلوچستان

### بر اساس مدل برون یابی منحنی روند سری های زمانی

تقی طاوسی، دانشیار آب و هواشناسی دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.  
اکبر زهرایی<sup>1</sup>، دانشجوی دکتری آب و هواشناسی دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

#### چکیده

منطقه جنوب شرق کشور از جمله مناطقی است که سالانه شاهد توفان های گرد و غبار فراوان در محدوده سرزمینی خود است. بر اساس همین ضرورت، هدف نهایی پژوهش حاضر تحلیل سری های زمانی توفان های گرد و غباری استان در مقیاس های ماهانه، فصلی و سالانه، شناسایی مدل احتمالی مولد داده ها و در نهایت الگوسازی برای اظهار نظر در مورد رفتار آینده سری توفان های گرد و غبار می باشد. برای انجام پژوهش از آمار هفت ایستگاه بالای 20 سال دوره آماری (1986-2008) استفاده گردید. ابتدا تعیین روند توفان های گرد و غبار برای ایستگاه ها در مقیاس های مختلف (ماهانه، فصلی و سالانه) توسط روش های ناپارامتری صورت گرفت. برای برازش مدل مناسب جهت برآورد تغییرات توفان های گرد و غبار در سطح استان در سال های آتی با استفاده از روش های کمی یک متغیره سری-های زمانی (برون یابی منحنی روند، هموار کردن نمایی، روش هلت-وینترز و روش باکس-جنکینز) اقدام به تحلیل سری ها گردید و در نهایت مدل مناسب جهت برازش توفان های گرد و غبار استان سیستان و بلوچستان مدل برون یابی منحنی روند مشخص گردید. نتایج پژوهش نشان داد که حداکثر روند به صورت افزایشی در فصول تابستان و پاییز در سطح استان مشاهده می گردد و روند صعودی در سطح اطمینان 99 درصد به حداکثر خود در این فصول می رسد. طی فرآیند تعیین روند و جهت آن برای فصول مشخص گردید که در سطح استان تنها در بخش شرقی در محدوده ایستگاه های خاش و سراوان روند معنی دار مشاهده نمی گردد و سایر بخش های استان دارای روند معنی دار وجود دارد.

**کلمات کلیدی:** گرد و غبار، سری های زمانی، مدل سازی، سیستان و بلوچستان.

## 1- مقدمه

در تعریفی کلی، مدل عبارت است از نمادی از واقعیت که مهم‌ترین ویژگی‌های دنیای واقعی را به صورت کلی و ساده بیان می‌دارد (عساکره، 1388:4). مدل‌سازی تکنیکی نوین برای توصیف، تاریخ‌گذاری، بازآفرینی و پیش‌بینی است که در سطح وسیعی به وسیله اقلیم‌شناسان به کار گرفته شده است. در این شیوه، رویدادهای اقلیمی در شرایط کنترل شده و دنیای واقعی به اندازه و وضعیت دلخواه به تصویر در می‌آید. بدین ترتیب، درک پیچیدگی‌های سیستم اقلیم امکانپذیر می‌شود (عساکره، 1386:102). هدف اصلی از مدل‌سازی سری‌های زمانی دادن نظم خاص به مشاهدات وابسته به زمان است تا بر اساس آن‌ها بتوان پیش‌بینی‌هایی را برای آینده انجام داد. مهم‌ترین هدف از تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی یافتن مدل تغییرات و پیش‌بینی آینده آن است (فرج زاده، 1386:127). بررسی تغییرات زمانی اقلیم در قالب مدل‌های متعددی مانند مدل‌های روند، فصلی، دوره‌ای و تصادفی انجام می‌گیرد (جاوری، 1388:7). بررسی تغییرات زمانی اقلیم در حیطه واکاوی اقلیمی قرار دارد (ذوالفقاری و عابدزاده، 1384:38). مطالعات اقلیمی در مورد روزهای گرد و غباری نشان می‌دهد که در کشور، چاله‌های مرکزی ایران با بیش از 150 روز و سپس مناطق جنوب غرب و غرب که در مجاورت بیابان‌های بزرگی همچون عراق، عربستان، سوریه و ... می‌باشند، دارای بیشترین فراوانی روزهای گرد و غبار می‌باشند (علیچانی، 1376:42).

اثرات پدیده‌های گرد و غباری ممکن است تا فاصله 4000 کیلومتری از منبع اصلی تداوم داشته و سبب بروز خسارات فراوان در زمینه‌های بهداشتی، کشاورزی، صنعتی، حمل و نقل و سیستم‌های مخابراتی گردد (رئیس پور، 1386:30).

پدیده گرد و غبار و توفان‌های گرد و غباری از نیمه دوم قرن بیستم مورد توجه بسیاری از محققان در سطح جهان قرار گرفته و در کشور نیز از دهه 70 به بعد مورد توجه محققان کشور قرار گرفته است که هر یک از جنبه‌ای آن را مورد مطالعه و بررسی قرار دادند.

از اولین کارها در این زمینه میتوان به تحقیقات رومانوف<sup>1</sup>، (1961) اشاره کرد. وی توفان‌های گرد و غبار را در آسیای مرکزی و قزاقستان بررسی کرده و در پایان نتیجه-گیری کرد که اکثر این توفان‌ها در دوره گرم سال رخ می‌دهد. وای هانگ و شاونشی<sup>2</sup>، (2001) از جمله کسانی هستند که علل وقوع توفان‌های گرد و غبار 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 گرد و غبارهای شمال این کشور به خصوص حوضه تاریم مؤثر می‌دانند.

نهرت گری<sup>3</sup> و همکاران (2002: 12) به بررسی و تحلیل توفان‌های گرد و غبار دتر مغولستان طی دوره 1937 تا 1999 پرداختند. اورلووسکی<sup>4</sup> (1962: 42) مطالعه توزیع زمانی- مکانی توفان‌های خاک و ماسه‌ای در ترکستان را انجام داد. دایان<sup>5</sup> (1986: 537) با تحلیل سینوپتیکی و طبقه‌بندی موقعیت هوای غالب در فلسطین نتیجه گرفت که اختلاف معناداری بین مسیرهای فصلی این الگوها وجود دارد. برازل و نیکلینگ<sup>6</sup> (1988) گردش‌های جوی را بر اساس توفان‌های گرد و غبار ایالت آریزونا طبقه‌بندی و چهار تیپ هوای غالب را شناسایی کردند. فولینگ شانگ<sup>7</sup> و همکاران (2002) مدل توسعه توفان‌های گرد و غبار شدید در شمال غربی چین را ارائه نمودند. هییم کوتیل<sup>8</sup> (2003: 419) منابع اصلی و ویژگی‌های زمانی- مکانی توفان‌های گرد و غبار خاورمیانه را مورد مطالعه قرار داد. وی با تحلیل خوشه‌ای داده‌های گر و غباری چهار ناحیه اصلی دارای بیشترین فراوانی توفان‌ها را مشخص نمود. همتی (1374) به بررسی فراوانی وقوع توفان‌های گرد و غبار در نواحی مرکزی و جنوب غرب کشور پرداخت. از

- 
- 1- Romanof
  - 2- Weihong & Shaoyinshi
  - 3- Natsagdori
  - 4- orlovsky
  - 5- Dayan
  - 6-Brasel and Nikhing
  - 7- Schang
  - 8- Kutiel

مطالعات اولیه در زمینه پیش‌بینی‌های اقلیمی می‌توان به کار علیجانی و رضانی (1381): 154 اشاره کرد که با استفاده از مدل باکس - جنکیز خشکسالی‌ها و ترسالی‌های استان مازندران را پیش‌بینی کردند.

ذوالفقاری و عابدزاده (1384: 36) در پژوهشی سیستم‌های گرد و غبار در غرب ایران را به صورت سینوپتیکی تحلیل نمود.

علیجانی (1385) ضمن بررسی علل گرد و غبارها در ایران، نقشه پهنه بندی زمانی و مکانی گرد و غبارها را ارائه داد.

کاویانی (1386: 137) علت تشکیل گرد و غبار در بیابان‌ها را ناشی از ناپایداری هوا می‌داند.

رئیس پور (1386) به تحلیل آماری و سینوپتیکی توفان‌های گرد و غباری در استان خوزستان پرداخته است. حیدری (1386: 11) 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. لشکری و کیخسروی (1387): 17 توفان‌های گرد و غبار استان خراسان رضوی را در دوره 2005-1993 را توسط روش‌های آماری و سینوپتیکی تحلیل نمودند.

رسولی و همکاران (1389: 15) روند تغییرات زمانی - مکانی وقوع گرد و غبار در غرب کشور را با استفاده از 16 ایستگاه سینوپتیک از لحاظ آماری بررسی نمودند.

زهراپی (1390) به مدل‌سازی روند تغییرات پدیده گرد و غبار شهر زاهدان بر اساس روش‌های آماری ناپارامتریک طی نیم سده اخیر پرداخته است. منطقه جنوب شرق کشور و استان سیستان و بلوچستان از جمله مناطقی است که سالانه شاهد توفان‌های گرد و غبار فراوان در محدوده سرزمینی خود است. بر اساس همین ضرورت، هدف نهایی پژوهش حاضر تحلیل سری‌های زمانی توفان‌های گرد و غباری استان در مقیاس‌های ماهانه، فصلی و سالانه، شناسایی مدل احتمالی مولد داده‌ها و در نهایت الگوسازی برای اظهار نظر در مورد رفتار آینده سری توفان‌های گرد و غبار می‌باشد.

## 2- داده و روش شناسی تحقیق

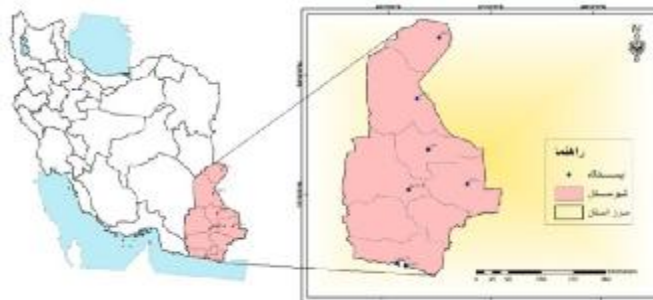
به منظور انجام پژوهش حاضر داده‌های گرد و غبار 12 ایستگاه از اداره هواشناسی کاربردی استان سیستان و بلوچستان اخذ گردید. از میان ایستگاه‌های موجود تعداد پنج ایستگاه به علت دوره آماری کوتاه در پژوهش استفاده نگردید و تنها از هفت ایستگاه با دوره آماری بالای 20 سال (1986-2008) استفاده گردید که مشخصات آن‌ها در جدول 1 آمده است.

جدول 1- مختصات جغرافیایی ایستگاههای مورد مطالعه در استان سیستان و

بلوچستان

ردیف	ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع
1	کنارک	61,22	25,26	12
2	زابل	61,29	31,13	489/2
3	زاهدان	60,53	29,28	1370
4	خاش	61,12	28,13	1394
5	سراوان	62,20	27,20	1195
6	ایرانشهر	60,42	27,12	591/1
7	چابهار	60,30	25,14	8

استان سیستان و بلوچستان با وسعتی حدود 187502 کیلومتر مربع، در جنوب شرقی ایران و در مختصات جغرافیایی بیست و پنج درجه و سه دقیقه تا سی و یک درجه و بیست و هشت دقیقه عرض شمالی و پنجاه و هشت درجه و چهل و هفت دقیقه تا شصت و سه درجه و نوزده دقیقه طول شرقی واقع شده است. منطقه سیستان و بلوچستان با توجه به موقعیت جغرافیایی، از یک طرف تحت تأثیر جریان‌های جوی متعدد مانند: جریان بادی شبه قاره هند و به تبع آن باران‌های موسمی اقیانوس هند است و از طرف دیگر تحت تأثیر فشار زیاد عرض‌های متوسط قرار دارد که گرمای شدید مهم‌ترین پدیده مشهود اقلیمی آن است.



شکل 1- موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه در استان سیستان و بلوچستان و کشور

### 3- روش تجزیه و تحلیل

آزمون‌های روند به دو دسته پارامتری و ناپارامتری دسته‌بندی می‌شوند. پیش فرض آزمون‌های پارامتری آن است که داده‌ها تصادفی و برآمدهای یک توزیع نرمال باشند. در عین حال فرض نرمال بودن داده‌ها در آزمون‌های ناپارامتری وجود ندارد. بنابراین در صورتی که به نرمال بودن داده‌ها اطمینان نداریم بکارگیری آزمون‌های ناپارامتری محتاطانه‌تر به نظر می‌رسد. با این حال برخی محققان نشان داده‌اند که تفاوت نتایج دو روش در مورد بسیاری از عناصر اقلیمی معنادار نیست (وینیکف<sup>1</sup>، 2002). در این‌جا برای انجام آزمون روند دما فرض می‌کنیم دما تابعی خطی از زمان است. بنابر این مدل تغییرات به صورت زیر خواهد بود:

$$\text{Temperature} = \alpha + Q \text{ Time}$$

روشن است که یک مقدار مثبت برای  $Q$  نشانگر افزایش دما با زمان و یک مقدار منفی برای  $Q$  نشانگر کاهش دما با زمان است. برای  $Q=0$  فرض وجود روند تایید نمی‌شود. اما از آن‌جا که مقدار  $Q$  نامعلوم است یک برآورد از  $Q$  با اطمینان 95 درصد از رابطه زیر به دست می‌آید (باتاچاریا<sup>2</sup> و همکاران، 1977).

1- Vinnikov

2- Bhattacharyya

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

اگر حد بالا و پایین Q که به این ترتیب به دست می‌آید هر دو مثبت باشند فرض وجود روند افزایشی در دما رد نمی‌شود. اگر حد بالا و پایین Q هر دو منفی باشند فرض وجود روند کاهشی در دما ثابت می‌شود و اگر حد بالا و پایین مختلف علامه باشند فرض وجود روند تأیید نمی‌گردد (مسعودیان، 1383). در سری‌های زمانی سعی بر آن است تا با بررسی گذشته سری، الگوی احتمالی مولد داده‌ها را شناسایی کرده و بر مبنای این الگو درباره رفتار آینده سری اظهار نظر شود. مدل‌های احتمالی برای سری‌های زمانی در واقع همان الگوهای فرآیندهای تصادفی هستند. به طور کلی روند در سری‌های زمانی در صورتی که کاملاً قابل پیش‌بینی بوده و متغیر نباشد، قطعی است. روندهای تصادفی به وسیله تغییرات تصادفی که در سطح و شیب سری رخ می‌دهد مشخص می‌شوند. به طور کلی روش‌های کمی پیش‌بینی برای سری‌های زمانی را می‌توان به دو دسته روش‌های یک متغیره و روش‌های چند متغیره تقسیم کرد. داده‌های مورد استفاده در پژوهش حاضر با استفاده از روش‌های کمی یک متغیره بررسی می‌گردد. در روش یک متغیره با تجزیه و تحلیل داده‌های گذشته مدل مناسبی را شناسایی کرده و با فرض بدون تغییر باقی ماندن این مدل، آن را مبنای پیش‌بینی رفتار آینده سری قرار می‌دهند. در روش‌های کمی یک متغیره سری را با چهار نوع روش می‌توان مدل مناسب برای سری را برازش داد که عبارتند از: برون‌یابی منحنی روند، هموار کردن نمایی، روش هلت-وینترز و روش باکس-جنکینز.

#### 4- بحث و نتایج

در اولین گام پژوهش پس از ایجاد بانک اطلاعاتی به منظور آماده سازی و کنترل کیفی داده‌ها از نرم افزار Data Tester استفاده گردید. استان سیستان و بلوچستان در جنوب شرقی کشور به همراه چاله‌های مرکزی و منطقه غرب و جنوب غرب یکی از

سه منطقه بحرانی کشور به لحاظ فراوانی وقوع توفان‌های گرد و غباری به ویژه در دهه‌های اخیر شده است. به منظور آشکارسازی روند و پهنه‌بندی آن به بررسی تغییرات زمانی - مکانی این پدیده در سطح استان با استفاده از روش‌های تجزیه و تحلیل سری - های زمانی پرداخته شد. برای تعیین مقدار روند و جهت آن در فراوانی روزهای گرد و غباری از دو روش ناپارامتری کندال و سنس استفاده گردید. در آماره کندال اقدام به استخراج مقدار Z در دو سطح اطمینان 95 و 99 درصد و از طریق آماره سنس اقدام به استخراج کران‌های کمینه و بیشینه شیب روند برای ایستگاه‌های مختلف طی مقیاس‌های ماهانه، فصلی و سالانه گردید. نتایج محاسبات مربوط به آشکارسازی میزان روند و جهت آن برای ایستگاه‌های مورد بررسی در جداول 2 تا 8 آمده است.

جدول 2- مولفه‌های آماره‌های ناپارامتریک ایستگاه چابهار (z آماره من-کندال و Qmed شیب خط سنس استیمیتور).

Time series	Test Z	Signific.	Q	Qmin99	Qmax99	Qmin95	Qmax95	B
JAN	2/12	*	0/04	0	0/11	0	0/09	1
FEB	2/78	**	0/08	0	0/14	0	0/13	0/92
MAR	1/09		0/03	-0/06	0/13	0	0/11	2/7
APR	1/55		0/05	0	0/15	0	0/13	1/73
MAY	-0/13		0	-0/1	0/08	-0/07	0/05	3
JUNE	1/74	+	0/04	0	0/13	0	0/11	0/88
JULY	1/82	+	0/06	0	0/19	0	0/15	1/39
AUG	2/12	*	0/04	0	0/17	0	0/13	0/59
SEP	1/9	+	0	0	0/03	0	0	0
OCT	0/21		0	0	0/03	0	0	1
NOV	0/17		0	0	0/03	0	0	1
DEC	1/55		0	0	0/1	0	0/08	2
WIN	1/96	*	0/15	-0/06	0/33	0	0/29	4/77
SPR	1/56		0/13	-0/11	0/33	-0/04	0/29	4/93
SUM	2/33	*	0/14	0	0/41	0	0/33	1/73
FAL	1/75	+	0/08	-0/03	0/18	0	0/15	2/46
ANNUA L	2/58	**	0/65	0	1/07	0/17	1	14/15



جدول 3- مولفه‌های آماره‌های ناپارامتریک ایستگاه ایرانشهر (z آماره من-کندال و Qmed شیب خط سنس استیمیتور).

Time series	Test Z	Signific.	Q	Qmin99	Qmax99	Qmin95	Qmax95	B
JAN	3/31	***	0/06	0	0/11	0	0/1	0/32
FEB	3/89	***	0/13	0/05	0/2	0/08	0/18	0/89
MAR	2/42	*	0/13	0	0/26	0	0/22	2/56
APR	3/55	***	0/22	0/07	0/35	0/11	0/32	2/22
MAY	4/45	***	0/29	0/15	0/44	0/19	0/4	0/86
JUNE	5/09	***	0/36	0/23	0/48	0/25	0/44	0/57
JULY	4/11	***	0/29	0/14	0/44	0/18	0/4	5/64
AUG	4/09	***	0/26	0/11	0/43	0/15	0/38	2/71
SEP	2/91	**	0/11	0	0/25	0/04	0/21	1/55
OCT	3/73	***	0/06	0	0/12	0	0/1	-0/25
NOV	0/31		0	0	0	0	0	0
DEC	2/03	*	0	0	0/08	0	0/06	1
WIN	3/47	***	0/32	0/11	0/5	0/17	0/47	3/8
SPR	4/74	***	0/56	0/33	0/8	0/4	0/75	3/69
SUM	4/30	***	0/70	0/35	1/09	0/46	1	8/59
FAL	3/07	**	0/11	0	0/20	0/03	0/18	0/61
ANNUAL	4/47	***	1/90	1	2/78	1/29	2/5	19/98

جدول 4- مولفه‌های آماره‌های ناپارامتریک ایستگاه خاش (z آماره من-کندال و Qmed شیب خط سنس استیمیتور).

Time series	Test Z	Signific.	Q	Qmin99	Qmax99	Qmin95	Qmax95	B
JAN	-1/75	+	-0/13	-0/33	0/13	-0/27	0	3/52
FEB	0/96		0/12	-0/2	0/5	-0/09	0/39	4/73
MAR	-2/16	*	-0/31	-0/67	0/07	-0/6	0	10/54
APR	-0/49		-0/09	-0/57	0/56	-0/4	0/33	8
MAY	-1/64		-0/28	-0/73	0/24	-0/57	0	11/79
JUNE	-1/01		-0/26	-0/75	0/33	-0/6	0/15	12/83
JULY	-0/36		0	-0/67	0/46	-0/46	0/33	1
AUG	1/12		0/12	-0/22	0/5	-0/12	0/38	8/46
SEP	-0/98		-0/22	-1/06	0/33	-0/8	0/2	5/89
OCT	-0/78		0	-0/2	0/13	-0/17	0	2
NOV	0/34		0	-0/12	0/17	-0/08	0/13	1
DEC	-1/89	+	-0/15	-0/39	0	-0/32	0	3/92
WIN	-1/11		-0/26	-1	0/37	-0/8	0/2	19/34
SPR	-1/3		-0/54	-1/75	0/79	-1/3	0/39	32/36
SUM	0/13		0/04	-1	1/25	-0/8	0/81	26/07
FAL	-1/31		-0/14	-0/56	0/17	-0/5	0/06	8/14
ANNUAL	-0/84		-0/89	-3/38	2/46	-2/52	1/17	86/25

جدول 5- مولفه‌های آماره‌های ناپارامتریک ایستگاه کنارک (z آماره من-کندال و Qmed شیب خط سنس استیمیتور).

Time series	Test Z	Signific.	Q	Qmin99	Qmax99	Qmin95	Qmax95	B
JAN	1/08		0/13	-0/19	0/5	-0/08	0/4	4/88
FEB	0/77		0/11	-0/33	0/61	-0/18	0/46	8/11
MAR	0/99		0/17	-0/25	0/5	-0/14	0/38	12/08
APR	1/3		0/39	-0/38	0/9	-0/17	0/8	14/81
MAY	2/66	**	0/53	0	1	0/17	1	13/47
JUNE	2/61	**	0/65	0	1/38	0/14	1/13	14/78
JULY	3/11	**	0/63	0/12	1/25	0/25	1	16/94
AUG	3/74	***	0/83	0/33	1/4	0/5	1/22	9/08
SEP	3/43	***	0/75	0/25	1/2	0/4	1/07	3/75
OCT	2/46	*	0/25	0	0/6	0	0/52	6/88
NOV	1/53		0/19	-0/14	0/56	0	0/43	4/5
DEC	1/31		0/18	-0/15	0/5	-0/06	0/44	2/88
WIN	1/27		0/55	-0/47	1/21	0/21	1/01	25/05
SPR	2/77	**	1/50	0/16	3	0/57	2/65	39/75
SUM	3/64	***	2/18	1	3/45	1/3	3/1	28/82
FAL	2/32	*	0/56	-0/1	1/33	0/1	1/07	15/22
ANNUAL	3/47	***	5/09	1/61	8/25	2/37	7/37	109/36

جدول 6- مولفه‌های آماره‌های ناپارامتریک ایستگاه سراوان (z آماره من-کندال و Qmed شیب خط سنس استیمیتور).

Time series	Test Z	Signific.	Q	Qmin99	Qmax99	Qmin95	Qmax95	B
JAN	-0/96		-0/09	-0/33	0/17	-0/25	0/06	2/95
FEB	0/33		0	-0/33	0/5	-0/24	0/33	5
MAR	-1/69	+	-0/3	-0/86	0/2	-0/67	0/07	8/6
APR	-1/51		-0/21	-0/6	0/19	-0/5	0	7/56
MAY	-1/41		-0/22	-0/67	0/17	-0/5	0/05	8/5
JUNE	0/53		0	-0/25	0/4	-0/17	0/32	7/5
JULY	-1/04		-0/23	-1	0/5	-0/8	0/22	12/41
AUG	-0/26		0	-0/52	0/48	-0/4	0/25	6/5
SEP	-0/89		-0/1	-0/44	0/14	-0/38	0/08	4
OCT	-1/16		-0/08	-0/33	0/13	-0/25	0/05	3/31
NOV	0/88		0	-0/08	0/25	0	0/19	1
DEC	-0/84		0	-0/24	0/13	0/18	0	2
WIN	-1/17		-0/45	-1/15	0/39	-1	0/27	18/31
SPR	-1/34		-0/33	-1/12	0/33	0/89	0/17	22/67
SUM	-0/98		-0/5	-1/61	0/66	-1/5	0/43	22/25
FAL	-0/66		-0/07	-0/5	0/28	-0/43	0/15	5/97
ANNUAL	-1/36		-1/19	-3/89	1	-2/79	0/64	72/5

جدول 7. مولفه های آماره های ناپارامتریک ایستگاه زاہل (z آماره من-کندال و Qmed شیب خط سنس استیمیتور).

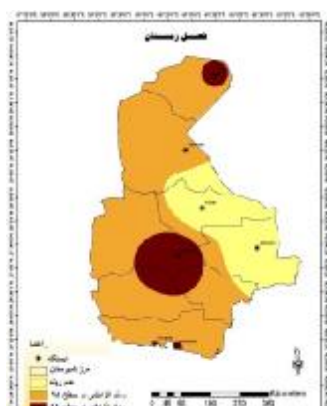
Time series	Test Z	Signific.	Q	Qmin99	Qmax99	Qmin95	Qmax95	B
JAN	1/49		0/07	-0/04	0/17	0	0/14	2/13
FEB	3/33	***	0/17	0/03	0/29	0/06	0/25	2/67
MAR	1/35		0/06	-0/06	0/2	0	0/17	7/81
APR	2/27	*	0/15	0	0/32	0	0/27	7/31
MAY	2/99	**	0/21	0	0/43	0/07	0/38	14/79
JUNE	1/27		0/11	-0/11	0/42	-0/04	0/35	21/26
JULY	1/94	+	0/07	0	0/19	0	0/15	27/33
AUG	2/5	*	0/17	0	0/38	0	0/32	23
SEP	2/11	*	0/2	0	0/44	0	0/38	17/8
OCT	2/13	*	0/18	-0/03	0/4	0	0/33	10/21
NOV	2/88	**	0/17	0	0/27	0	0/24	2/83
DEC	2/58	**	0/07	0	0/15	0	0/14	2/64
WIN	2	*	0/23	-0/07	0/5	0	0/47	14/17
SPR	2/44	*	0/42	0	1	-0/08	0/86	44/75
SUM	2/37	*	0/44	0	1	0/05	0/87	67/44
FAL	2/98	**	0/36	0/06	0/67	0/15	0/6	16/82
ANNUAL	2/88	**	1/3	0/13	2/69	0/37	2/30	147/8

جدول 8- مولفه های آماره های ناپارامتریک ایستگاه زاہدان (z آماره من-کندال و Qmed شیب خط سنس استیمیتور).

Time series	Test Z	Signific.	Q	Qmin99	Qmax99	Qmin95	Qmax95	B
JAN	1/15		0/03	-0/04	0/11	0	0/08	3/06
FEB	0/36		0	-0/06	0/08	-0/04	0/06	6
MAR	0/5		0	-0/08	0/13	-0/05	0/1	9
APR	0/74		0/02	-0/07	0/13	-0/05	0/1	5/4
MAY	2/83	**	0/1	0	0/18	-0/02	0/16	3/43
JUNE	2/16	*	0/1	0	0/2	0	0/17	5/19
JULY	2/81	**	0/14	0	0/26	0/04	0/22	6/09
AUG	2/63	**	0/11	0	0/2	0/02	0/17	5/11
SEP	1/88	+	0/05	0	0/12	0	0/1	2/9
OCT	1/67	+	0/02	0	0/07	0	0/06	1/15
NOV	-0/1		0	-0/04	0/04	-0/02	0	2
DEC	0/96		0	-0/03	0/08	0	0/07	3
WIN	0/53		0/03	-0/15	0/24	-0/11	0/02	18/93
SPR	1/97	*	0/19	-0/05	0/41	0	0/34	14
SUM	2/86	**	0/29	-0/01	0/5	0/1	0/04	14/06
FAL	0/99		0/05	-0/08	0/16	-0/05	0/13	7
ANNUAL	2/3	*	0/58	-0/08	1/27	0/05	1/08	54/49

نتایج پهنه‌بندی میزان روند پدیده گرد و غبار در سطح استان سیستان و بلوچستان با استفاده از روش میانبایی فاصله معکوس (IDW) در اشکال شماره 2 تا 5 آمده است. در فصل زمستان گوشه شرقی استان در شهرستان‌های سراوان و خاش روند معناداری وجود نداشت. ایستگاه‌های ایرانشهر و زابل در سطح اطمینان 99 درصد و سایر گستره استان در سطح اطمینان 95 درصد دارای روند معنی‌دار بود که جهت تغییرات برای استان افزایشی می‌باشد. در فصل بهار روند کلی شبیه فصل زمستان است. تنها از شدت گرد و غبار در شمال استان در منطقه سیستان نسبت به سایر فصول سال کمتر می‌شود. در فصل تابستان گستره مناطق دارای عدم روند کمتر شده و به قسمت‌های کوچکی از نیمه شرقی محدود می‌شود. بارزترین مشخصه روند گرد و غبار در فصل تابستان افزایش گستره مناطق با روند افزایشی در سطح اطمینان 99 درصد است که علاوه بر قسمت‌هایی از شهرستان زاهدان، قسمت‌های اعظم مناطق مرکزی و جنوب غربی استان را در بر می‌گیرد. در این فصل ایستگاه‌های زابل در شمال و چابهار در جنوب دارای روند معنی‌دار در سطح اطمینان 95 درصد می‌باشند. در فصل پاییز مناطق با روند افزایشی به سمت شمال و جنوب به پیش رفته و تمام قسمت‌های جنوبی استان در این فصل دارای روند در سطح اطمینان 99 درصد می‌باشند. در قسمت شمال نیز منطقه سیستان دارای روند افزایشی در سطح 99 درصد می‌باشد.

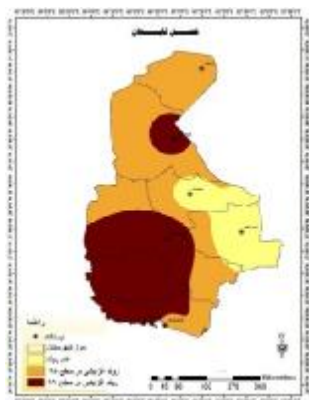
در پژوهش حاضر سری یک ایستگاه به صورت آزمایشی با توجه به هر چهار روش تحلیل سری‌های زمانی تک متغیره بررسی گردید و با توجه به پراش بالای داده‌های سری در ایستگاه‌های استان بهترین روش برای بزارش مدل مناسب برون‌یابی منحنی روند انتخاب گردید. با توجه به این‌که داده‌های علاوه بر روند ماهانه یک رفتار فصلی را نشان دادند برای تجزیه سری به روند خطی و عامل فصلی از روش Decompositio استفاده گردید. برای تجزیه سری‌ها با استفاده از روش Decomposition ابتدا با استفاده از رگرسیون کمترین مربعات یک خط روند به داده‌ها برازش یافت. در گام بعد در مدل ضربی با تقسیم داده‌ها بر عامل روند، داده‌ها فاقد روند می‌شوند.



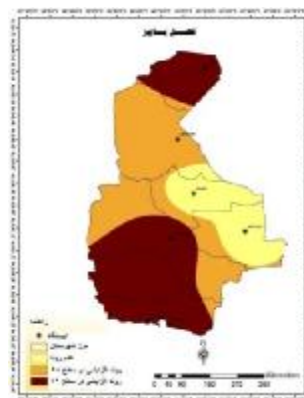
شکل 2- روند گرد و غبار در فصل زمستان



شکل 3- روند گرد و غبار در فصل بهار



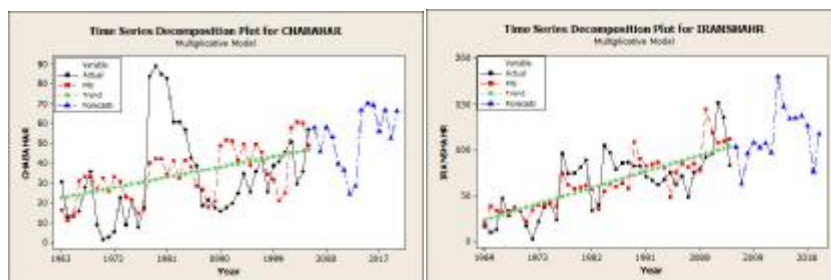
شکل 5- روند گرد و غبار در فصل تابستان



شکل 4- روند گرد و غبار در فصل پاییز

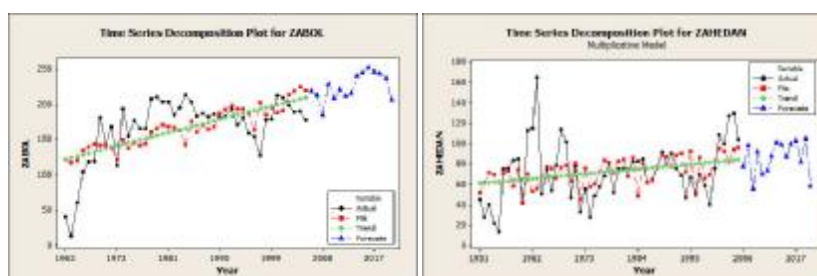
سپس با استفاده از میانگین متحرک مرکزی (با طولی برابر با طول دوره فصلی)، داده‌های فاقد روند هموار گردید. در هر دوره فصلی میانه مقادیر فصلی خام محاسبه شده و سپس تعدیل یافت و در نهایت از این شاخص‌های فصلی برای تبدیل داده‌ها به داده‌های فصلی تعدیل شده استفاده گردید. نتایج نهایی مدل برآورد تغییرات سری زمانی گرد و غبار در مقیاس فصلی برای ایستگاه‌های مورد مطالعه استخراج و

نمودارهای نهایی پیش‌بینی به همراه نمودارهای احتمال نرمال باقیمانده‌های مدل ترسیم گردید. همان‌طور که از نمودارهای احتمال نرمال باقیمانده‌های مدل بر می‌آید نمی‌توان فرض نرمال بودن باقیمانده‌ها را برای ایستگاه‌های مورد مطالعه رد کرد و این خود دلیلی بر توانایی مدل در مدل‌سازی پدیده گرد و غبار در استان سیستان و بلوچستان می‌باشد.



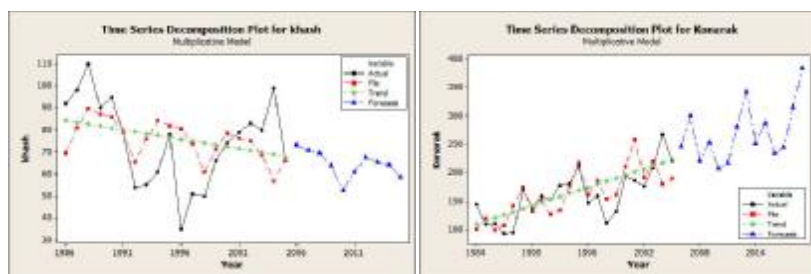
شکل 7- نمودار سری زمانی الگوسازی شده چابهار

شکل 6- نمودار سری زمانی الگوسازی شده ایرانشهر



شکل 9- نمودار سری زمانی الگوسازی شده زابل

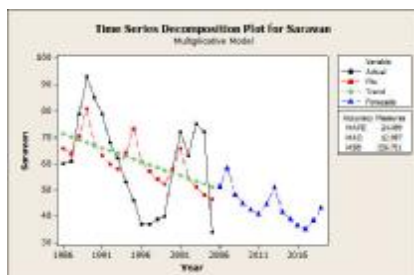
شکل 8- نمودار سری زمانی الگوسازی شده زاهدان



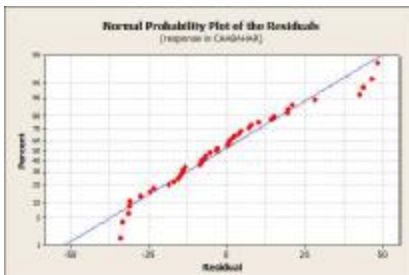
شکل 11- نمودار سری زمانی الگوسازی شده خاش

شکل 10- نمودار سری زمانی الگوسازی شده

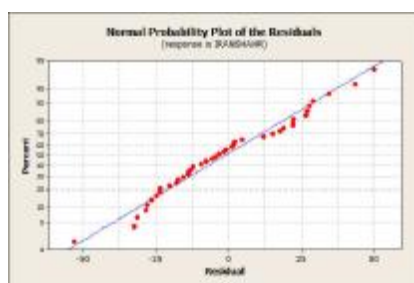
کنارک



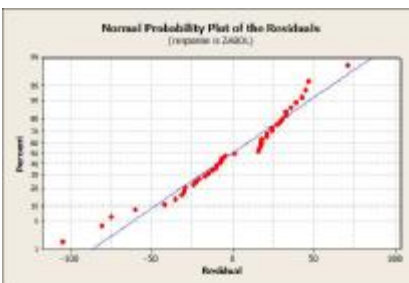
شکل 13- نمودار سری زمانی الگوسازی شده  
سراوان



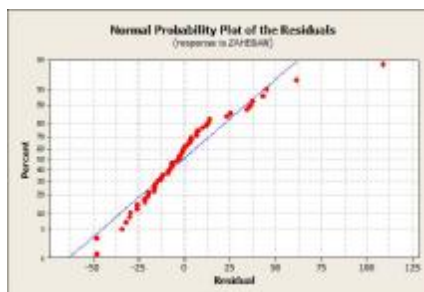
شکل 12- نمودار احتمال نرمال باقیمانده های  
مدل برازش شده چابهار



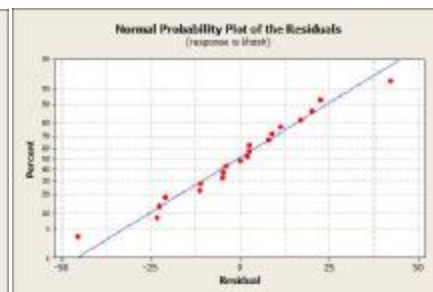
شکل 15- نمودار احتمال نرمال باقیمانده های  
مدل برازش شده ایرانشهر



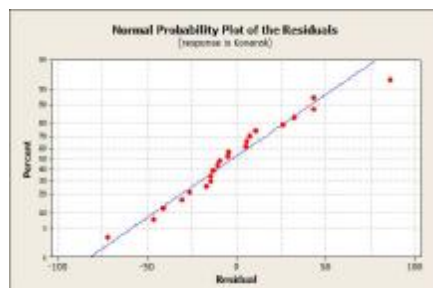
شکل 14- نمودار احتمال نرمال باقیمانده های  
مدل برازش شده زابل



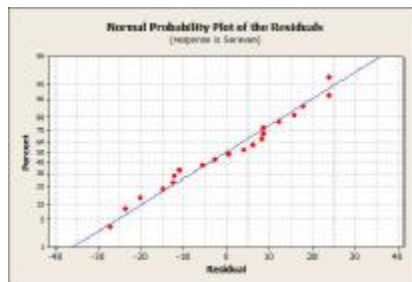
شکل 17- نمودار احتمال نرمال باقیمانده های  
مدل برازش شده زاهدان



شکل 16- نمودار احتمال نرمال باقیمانده های  
مدل برازش شده خاش



شکل 19- نمودار احتمال نرمال باقیمانده‌های مدل برازش شده کنارک



شکل 18- نمودار احتمال نرمال باقیمانده‌های مدل برازش شده سراوان

### 5- نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش نشان داد که حداکثر روند به صورت افزایشی در فصول تابستان و پاییز در سطح استان مشاهده می‌گردد و روند صعودی در سطح اطمینان 99 درصد به حداکثر خود در این فصول می‌رسد. طی فرایند تعیین روند و جهت آن برای فصول مشخص گردید که در سطح استان تنها در بخش شرقی در محدوده ایستگاه‌های خاش و سراوان روند معنی‌دار مشاهده نمی‌گردد و در سایر بخش‌های استان روند معنی‌دار به صورت افزایشی در سطح استان وجود دارد. حداکثر روند افزایشی در سطح اطمینان 99 درصد مربوط به بخش‌های شمالی (ایستگاه زابل) و بخش‌های جنوبی (ایستگاه‌های ایرانشهر، چابهار و کنارک) است. در سایر بخش‌های استان نیز روند افزایشی با شدت و شیب کمتر در جریان بود. در گام بعد توسط روش ناپارامتری سنس که در سال‌های اخیر کاربرد مفید و وسیع خود را در مطالعات مربوط به گرد و غبار در سطح جهان نشان داده اقدام به استخراج مولفه‌های شیب روند همراه با کران‌های حدی برای هر ایستگاه در تمامی مقیاس‌ها (ماهانه، فصلی و سالانه) گردید. در گام بعد برای برازش مدل مناسب جهت برآورد تغییرات توفان‌های گرد و غبار در سطح استان در سال‌های آتی با استفاده از روش‌های کمی یک متغیره سری‌های زمانی (برون‌یابی منحنی روند، هموار کردن نمایی، روش هلت- ویتترز و روش باکس- جنکینز) اقدام به تحلیل



سری‌ها گردید و در نهایت مدل مناسب جهت برآزش توفان‌های گرد و غبار استان سیستان و بلوچستان مدل برون‌یابی منحنی روند مشخص گردید. با استفاده از مدل مزبور توفان‌ها برای سال‌های آتی مدل‌سازی گردید. چنانچه از نمودارهای احتمال نرمال باقیمانده‌های مدل بر می‌آید نمی‌توان فرض نرمال بودن باقیمانده‌ها را برای ایستگاه‌های مورد مطالعه رد کرد و این خود دلیلی بر مناسبت مدل برآزش شده برای سری زمانی داده‌ها می‌باشد.

### منابع

- حسین زاده، سید رضا، (1376)، بادهای 120 روزه سیستان، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره 46.
- حقوقی، محمد، (1374)، خوزستان و ظرفیت‌های توسعه کشاورزی آن، فصلنامه آب و توسعه، شماره 4.
- حیدری، محمد طالب، (1386)، غبار و الگوی جوی مولد آن در غرب کشور، نشریه هواشناسی کرمانشاه، تابستان 1386، ص 11-12.
- ذوالفقاری، حسن، عابدزاده، حیدر، (1384)، تحلیل سینوپتیک سیستم‌های گرد و غبار در ایران، مجله جغرافیا و توسعه، ص 36-45.
- رسولی، علی اکبر، ساری صراف، بهروز، محمدی، غلامحسین، (1389)، تحلیل روند وقوع پدیده اقلیمی گرد و غبار در غرب کشور در 55 سال اخیر با استفاده از روش‌های آماری ناپارامتری، فصلنامه جغرافیای طبیعی، سال سوم، شماره 9، صص 15-28.
- رییس پور، کوهزاد، (1386)، تحلیل آماری سینوپتیکی توفان‌های گرد و غباری استان خوزستان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه سیستان و بلوچستان.

زهرایی، اکبر، (1390)، مدل‌سازی روند تغییرات پدیده گرد و غبار شهر زاهدان بر اساس روش‌های آماری ناپارامتریک طی نیم سده اخیر، دومین همایش ملی مقابله با بیابان‌زایی و توسعه پایدار تالاب‌های کویری ایران، اراک، 23 و 24 شهریور 1390. طابوسی، تقی، خسروی، محمود، رئیس پور، کوهزاد، (1389)، تحلیل هم‌مدیدی سامانه-های گرد و غباری در استان خوزستان، فصلنامه جغرافیا و توسعه، شماره 20، صص 97-118.

عساکره، حسین، (1386)، تغییر اقلیم، انتشارات دانشگاه زنجان، چاپ اول. عساکره، حسین، (1388)، الگوسازی ARIMA برای میانگین سالانه دمای شهر تبریز، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره 24، صص 3-24. علیجانی بهلول و رضانی نبی الله، (1381)، پیش‌بینی خشکسالی‌ها و ترسالی‌های استان مازندران با استفاده از مدل باکس-جنکیز، مجله پژوهش‌های جغرافیایی، سال 34، صص 154-169.

علیجانی، بهلول، (1376)، آب و هوای ایران، انتشارات پیام نور، تهران. فرج زاده، منوچهر، (1386)، تکنیک‌های اقلیم‌شناسی، انتشارات سمت. قاسمی، محمد مهدی، سپاسخواه، علیرضا، (1383)، پیش‌بینی بارندگی سالانه استان خوزستان از روی زمان وقوع رگبارهای پاییزه، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال هشتم، شماره اول.

کاویانی، محمدرضا، (1386)، میکروکلیماتولوژی، انتشارات سمت، تهران، ص 137. لشکری، حسن، کیخسروی، قاسم، (1387)، تحلیل آماری سینوپتیکی توفان‌های گرد و غبار استان خراسان رضوی در فاصله زمانی (1993-2005)، پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی، شماره 65، صص 17-33.

مسعودیان، ابوالفضل، (1383)، بررسی روند دمای ایران در نیم سده اخیر، مجله جغرافیا و توسعه، بهار و تابستان 87.

همتی، نصرالله، (1374)، بررسی فراوانی وقوع توفان‌های خاک در نواحی مرکزی و جنوب کشور، پایان نامه دوره کارشناسی ارشد، ژئوفیزیک دانشگاه تهران.

Bhattacharyya, G., Richard, K., Johnson, A. (1977), Statistical concepts and methods, John Wiley and Sons.

Dayan, U., Koch, J. (1986), A synoptic analysis of the meteorological conditions affecting dispersion of pollutants emitted from tallstacksin the coastal plain of Israel, 537-543.

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

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

Orlovsky, L.,(1962), Dust storm in Turkemenistan, Journal of Arid Environment, 42.

Romanof, B. (1961), 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, 21.

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

Yarnal, B. (1993), Synoptic climatology in environmental Analasis, 3-19-32.

Vinnikov Konstantin, Y. (2002), Trends in moments of climatic indices, Geophysical Research Letters, Vol. 29(2), 141-144.