

مستقیم و غیرمستقیم با تأثیر بر حداکثر سرعت باد بیش از ۵۰ درصد از واریانس بروز توفان‌های گردوغبار را تبیین می‌کنند. نتیجه ماتریس هم‌بستگی جزئی با استفاده از کنترل تأثیر دما نشان می‌دهد که هیچ کدام از عوامل اقلیمی در بروز توفان گردوغبار به جز سرعت حداکثر باد معنادار نبوده است. بنابراین دمای متوسط ماهانه و دماهای حداکثر نه تنها به‌طور مستقیم بلکه به‌صورت غیرمستقیم باعث تغییر در سایر فاکتورهای اقلیمی می‌گردند. اما به‌طور کلی عوامل اقلیمی مورد بررسی حداکثر ۱۵ درصد از واریانس فراوانی بروز توفان گردوغبار را تبیین می‌کنند.

واژه‌های کلیدی: تحلیل مسیر، خشک‌سالی، خوزستان، ضریب هم‌بستگی جزئی،

#### مقدمه

فرآیندهای فرسایش بادی و خیزش گردوغبار با شدت‌های متفاوت در تمام دنیا دیده می‌شود و فقط مختص به کشور مبدأ خیزش گردوغبار نیست و می‌تواند کشورهای مجاور را نیز تحت تأثیر قرار دهد. عوامل اقلیمی می‌توانند بر ویژگی عرصه مانند رطوبت خاک، سله بستن و یا پوشش گیاهی بر فرسایش‌پذیری خاک<sup>۱</sup> و میزان عرضه مواد ریزدانه از یک سو و از سوی دیگر با تأثیر بر شدت و فراوانی وقوع بادهای فرساینده (فرساینده‌گی) تأثیرگذار باشند [۶]. اما وابستگی فراوانی و شدت توفان‌های گردوغباری با عوامل اقلیمی به‌ویژه خشک‌سالی<sup>۲</sup> و میزان بارش در همه جا دیده نمی‌شود. به‌طور مثال در کشور ساحل پدیده گردوغبار به توسعه اراضی کشاورزی صنعتی وابسته است [۲۰] هم‌چنین در موریثانی با افزایش میزان بارش به‌دلیل در دسترس قرار گرفتن رسوبات جدید در پلایاها وقوع گردوغبار با افزایش بارش نسبت عکس دارد [۱۳] اما در سایر مطالعات در کشور ساحل [۷] و صحرای آفریقا [۸ و ۲۲] وابستگی وقوع گردوغبار به میزان بارش و خشک‌سالی تأکید شده است، که همین وابستگی بین وقوع گردوغبار و النینو وجود دارد [۱۳]. در استرالیا به دلیل تغییر در الگوی جریانات آب‌وهوایی هم‌زمان با وقوع خشک‌سالی فراوانی و شدت وقوع توفان‌های گردوغبار هم کاهش داشته است [۱۵]. در آفریقای جنوبی منابع اصلی گردوغبار از پلایاهایی در بوتسوانا و نامیب هستند که در خلال سال‌های ۱۹۸۰

## بررسی وابستگی عوامل اقلیمی و خیزش گردوغبار از کانون‌های داخلی خوزستان

فاطمه درگاهیان<sup>۱</sup>، بنفشه یثربی<sup>۲\*</sup>، محمد خسرو شاهی<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۲۷

DOR:20.1001.1.26454777.1400.9.35.2.9

#### چکیده

در استان خوزستان هفت کانون گردوغبار با مساحت ۳۴۳۱۵۲ هکتار شناسایی شده است که ۶۷ درصد از این سطح در حوضه جراحی واقع شده است که با وزش بادهای جنوبی و شرقی در پاییز و زمستان باعث تشکیل توده‌های گردوغبار می‌گردد که به‌ویژه شهر اهواز را تحت تأثیر قرار می‌دهد. این پژوهش به‌منظور سنجش میزان وابستگی بروز توفان‌های گردوغبار با منشاء کانون‌های حوضه جراحی و عوامل اقلیمی این حوضه انجام شده است. در این مطالعه با استفاده از آمار عوامل اقلیمی و هم‌چنین فراوانی وقوع گردوغبار با منشاء کانون‌های داخلی، محاسبه شاخص SPI در سه بخش شمالی، مرکزی و ساحلی حوضه (شهرستان‌های رامهرمز، امیدیه و بندر ماهشهر) مورد بررسی قرار گرفت. روند خطی در داده‌های اقلیمی با استفاده از آزمون من - کندال بررسی شد. سپس با استفاده از هم‌بستگی پیرسون میزان وابستگی توفان گردوغبار به عوامل اقلیمی مشخص شد. در نهایت با استفاده از تحلیل مسیر میزان وزن بتا و یا مشارکت هر عامل در تبیین واریانس متغیر وابسته آزمون گردید. نتایج نشان داد که در بروز پدیده گردوغبار با منشاء کانون‌های داخلی روند خطی مثبت با شیب دو روز در ۱۰ سال مشاهده می‌شود و هم‌بستگی پیرسون معنی‌دار بودن وابستگی بروز گردوغبار به عوامل اقلیمی را در سطح ۱ درصد تأیید کرد. نتایج تحلیل مسیر نشان می‌دهد که دو عامل دمای متوسط و دمای میانگین بیشینه ماهانه به‌صورت

۱- استادیار بخش تحقیقات بیابان موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

۲- استادیار بخش منابع طبیعی مرکز تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران و نویسنده مسئول  
Email: b.yasrebi@areeo.ac.ir

۳- دانشیار بخش تحقیقات بیابان موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

تا ۲۰۰۵ فراوانی و شدت وقوع گردوغبار با رخداد سیل ارتباط داشته است که در نتیجه وقوع بارش‌های سنگین و سیلابی و تغییر در دمای اقیانوس هند بوده است [۴]. مطالعاتی در مرکز نامیب هم نشان می‌دهد که وقوع توفان‌های گردوغباری نه تنها به جهت باد بستگی دارد بلکه به رخداد سیل و ایجاد کانال‌های رسوبی جدید که منشاء جدیدی برای برداشت ماسه و گردوغبار و کانالیزه شدن باد هستند وابسته است [۳ و ۲۵]. در صورتی که در چین تعداد وقوع گردوغبار به عوامل اقلیمی وابسته نیست و منشاء آن به تخریب زمین و تغییر در فعالیت‌های انسانی وابسته است [۲۸] اما در مطالعات دیگر در چین تغییرات در تعداد وقوع توفان‌های گردوغبار مستقیم با تغییرات اقلیمی و تغییر در نحوه چرخش سیکلون‌ها و کاهش وزش بادهای با قدرت خیزش گردوغبار و افزایش بارش مرتبط دانسته شده است [۳۱]. اما در بیابان گبی چین خیزش گردوغبار به صورت معنی داری با سرعت باد و میزان بارش به ترتیب رابطه مثبت و منفی دارد [۲۴]. بر اساس مطالعات انجام شده تغییر اقلیم و گرمایش جهانی باعث افزایش میزان گردوغبار در کانون‌های غرب آسیا در ماه‌های دسامبر تا مارچ (آذر تا اسفند) و کاهش از آوریل تا می (فروردین تا خرداد) می‌شود [۳۰]. هم‌چنین بیابان‌های واقع در مناطق نیمه خشک منشاء تولید حدود ۴۳ درصد از گردوغبار وارد شده به اتمسفر هستند که در فرآیند گرمایش جهانی این مناطق ۲۰ تا ۴۰ درصد نسبت به مناطق مرطوب گرم‌تر خواهند شد [۵]. در منطقه غرب آسیا نیز دما و بارش با تأثیر بر عوامل سطحی نظیر پوشش گیاهی و رطوبت خاک بر فراوانی و شدت توفان‌های گردوغبار مؤثر هستند [۱]. نامداری و همکاران [۲۱] دمای متوسط ماهانه در عربستان و عراق به ترتیب ۷۲ و ۶۴ درصد از تغییرات وقوع توفان‌های گردوغبار را کنترل می‌کند و تأیید می‌کنند که بارش تأثیر مستقیم بر وقوع پدیده گردوغبار نداشته است و اثرات جانبی کاهش بارش نظیر کاهش رطوبت خاک و میزان پوشش گیاهی را مؤثر می‌دانند. در جنوب غربی آمریکا هم وقوع توفان‌های گردوغبار تحت تأثیر توزیع بارش فصلی است. در اواسط دهه ۱۹۸۰ که میزان گردوغبار در منطقه کم بوده است متهمی به سال ۱۹۹۰-۱۹۹۱ پر واقعه از نظر گردوغبار شده است که دلیل آن رخداد بارش‌های غالباً زمستانه و به دنبال آن خشک شدن پوشش گیاهی یک‌ساله بوده است و یا در بخشی از بیابان موهایی در غرب آمریکا خیزش گردوغبار وابسته به تغییرات آب زیرزمینی است و به عوامل اقلیمی وابستگی ندارد [۲۳].

در ایران هم مطالعات نشان می‌دهد که کم‌ترین میزان وقوع گردوغبار در ایستگاه‌های آبادان و اهواز مربوط به فصل بدون بارش تابستان است و بیش‌ترین توفان‌های گردوغبار مربوط به فصل بهار است [۱۶]. از بین عوامل مختلف اقلیمی دمای متوسط (ماهانه و سالانه) هم‌چنین سرعت باد هم‌بستگی مثبت معنی دار با فراوانی وقوع گردوغبار دارند [۱۷] در مطالعه‌ای دیگر وقوع گردوغبار در مناطق بیابانی ایران را با میزان بارش مرتبط نمی‌دانند و دمای متوسط سالانه را عامل تأثیرگذار بر افزایش وقوع توفان‌ها می‌دانند

[۹] درحالی‌که در غرب و جنوب غرب ایران کاهش شدید بارش (خشک‌سالی شدید) را عامل رخداد پدیده گردوغبار بیان می‌دارند [۱۹ و ۲].

با وقوع توفان‌های گردوغبار سوال اساسی که مطرح می‌شود این است که وابستگی بروز گردوغبار به عوامل اقلیمی چگونه است و آیا با تغییر و نوسان عوامل اقلیمی بروز توفان‌های گردوغبار از کانون‌های داخلی هم تحت تأثیر قرار می‌گیرند؟ پاسخ گویی به این سوال در حالی‌که بحث گرمایش زمین و تغییر اقلیم بالا گرفته است می‌تواند بر سناریوهای سازگاری با تغییر اقلیم مؤثر باشد و هم‌چنین با توجه به خطر تهدید سلامت افراد، پژوهش بر جنبه‌های متفاوت آن اهمیت دارد. مطالعه حاضر به دنبال پاسخ‌گویی به پرسش فوق است با این تفاوت که منشاء بروز گردوغبار که در مطالعات پیش از این دیده نشده است در این مطالعه لحاظ شده است. منشاء گردوغبار در استان خوزستان داخلی و خارجی است که در آمار هواشناسی نیز با کدهای متفاوت نمایش داده می‌شوند. این پژوهش تلاش می‌کند با بهره‌گیری از روش تحلیلی متفاوت اثرات مستقیم و غیرمستقیم عوامل اقلیمی را بر متغیر وابسته مورد بررسی قرار داده و سهم هر عامل در تبیین واریانس متغیر وابسته را تعیین نماید. هم‌چنین حدود ۷۰ درصد از کانون‌های گردوغبار داخلی شناخته شده در خوزستان در حوزه آبخیز جراحی هستند که نگاه سیستماتیک و حوضه‌ای می‌تواند به درک بهتر فرآیندها و عوامل تأثیر گذار بیانجامد.

### الگوی سینوپتیک توفان گردوغبار خوزستان

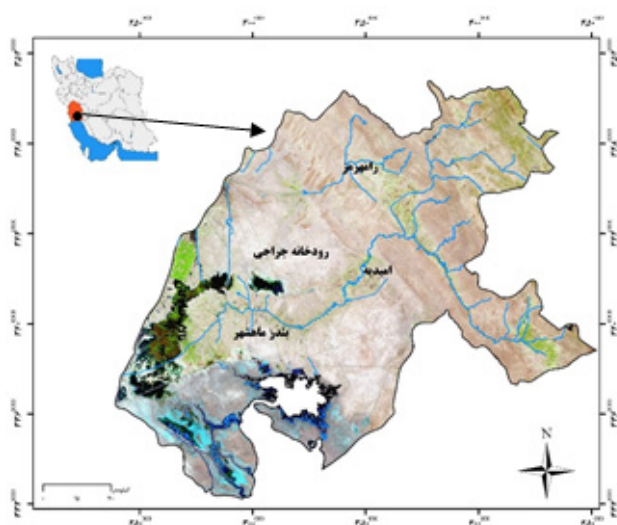
به‌طور کلی اقلیم خاورمیانه تحت تأثیر چهار سیستم آب‌وهوایی (۱) سامانه پرفشار قطبی در تابستان بر فراز جنوب و شرق اروپا (۲) سامانه پرفشار سبیری در زمستان بر فراز آسیای مرکزی (۳) سامانه کم فشار موسمی در تابستان بر فراز شبه جزیره هند، جنوب ایران و جنوب شرق عربستان (۴) سامانه کم فشار بر فراز جنوب شرقی دریای مدیترانه و جنوب غربی آسیا در فصول غیر تابستان قرار می‌گیرد [۱۸]. بر هم‌کنش سامانه‌های ذکر شده در نهایت به گونه‌ای است که با ایجاد باد، این منطقه همواره مستعد وقوع توفان‌های گردوغباری است. توفان‌های گردوغبار به دو دسته کلی توفان‌های شمالی<sup>۱</sup> و توفان‌های جبهه‌ای<sup>۲</sup> طبقه‌بندی می‌شوند [۲۹]. توفان شمال ناشی از باد شمال است که باعث وقوع شدیدترین توفان‌ها نیز می‌گردد و در فصول غیر تابستان هم توفان‌های جبهه‌ای معمول‌ترین نوع توفان گردوغبار است [۱۱]. این توفان‌ها به دو دسته توفان‌های پیش جبهه‌ای<sup>۳</sup> و پس جبهه‌ای<sup>۴</sup> تقسیم می‌شوند و در فصول غیر تابستان در خاورمیانه رخ می‌دهند. در ۸۶ درصد از مواقع الگوی سینوپتیکی این توفان‌ها به گونه‌ای است که توده کم فشار بر غرب ترکیه و شمال غربی ایران واقع شده است و توده پرفشار بر

1. Shamal Dust Storm
2. Frontal Dust Storm
3. Prefrontal
4. Post frontal

## جدول ۱: مشخصات ایستگاه‌های سینوپتیک

(اقلیم (آمبرژه	سرعت و جهت باد			دما			بارش			
	باد غالب	متوسط	بیشینه	متوسط	بیشینه	کمینه	متوسط	بیشینه		
بیابانی گرم خفیف	۳/۹ ۳۱۵°	۱/۹	۱۹/۵ ۲۷۰°	۲۴/۴	۲۶/۱	۲۷/۶	۱۴۵	۳۴۳	۵۶۷	رامهرمز
بیابانی گرم میانه	۶/۱ ۳۱۵°	۲/۹	۴۳/۵ ۳۳۰°	۲۲/۶	۲۵/۲	۲۶/۵	۱۱۸	۲۹۸	۸۹۸	امیدیه
بیابانی گرم میانه	۵/۸ ۳۱۵°	۴	۲۱/۵ ۳۱۰°	۲۲/۲	۲۴/۹	۲۶/۵	۵۹	۲۱۷	۴۶۰	بندر ماهشهر

حوزه مورد مطالعه در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱: موقعیت حوزه آبخیز مورد مطالعه

ابتدا آمار روزانه عواملی مانند دما، بارش، گردوغبار (با آستانه شعاع دید ۵۰۰۰ متر) مربوط به سه ایستگاه سینوپتیک که دارای آمار طولانی مدت بوده‌اند به‌عنوان نمایانگر بخش‌های مختلف انتخاب شدند که مشخصات آن‌ها در جدول ۱ آمده است. سپس بانک اطلاعاتی سه ایستگاه فوق در مقیاس ماهانه تهیه شد و داده‌های میانگین بیشینه دمای ماهانه، میانگین دمای ماهانه، مجموع بارش ماهانه، بیشینه سرعت باد و مجموع روزهای وقوع گردوغبار در پایه مشترک آماری ۳۱ ساله (۱۳۶۵ تا ۱۳۹۷) تشکیل گردید که خلاصه مشخصات اقلیمی ایستگاه‌های فوق در جدول ۲ آورده شده است.

با استفاده از داده‌های بارش شاخص خشک‌سالی  $SPI^5$  محاسبه شد. شاخص  $SPI$  از سال ۲۰۰۹ از سوی سازمان جهانی هواشناسی به‌عنوان شاخص استاندارد معرفی شده است [۲۶]. از نقاط قوت این شاخص دیده شدن مقیاس زمانی در محاسبه شاخص خشک‌سالی

پاکستان و جنوب شرقی ایران و حتی غرب قطر و غرب افغانستان کشیده شده است. این الگو در ۸۲ درصد از توفان‌های جبهه‌ای ثابت می‌باشد. گاهی اوقات نیز توده پرفشار سیبری بر فراز آسیای مرکزی و توده کم فشار بر شرق دریای مدیترانه مستقر می‌باشد در این حالت نیز توفان‌های جبهه‌ای همراه با خیزش گردوغبار در خاورمیانه رخ می‌دهد [۱۰]. توفان‌های پیش جبهه‌ای زمانیکه سیستم کم فشار در حال عبور از شمال عربستان، اردن، عراق و خوزستان است شکل می‌گیرد. این بادهای دارای اسامی متفاوتی در کشورهای مختلف است در عراق به شرقی<sup>۱</sup>، در عربستان به کاوس<sup>۲</sup>، در مصر و قطر به خمسین<sup>۳</sup>، در فلسطین اشغالی به شراو<sup>۳</sup>، در سوریه و لبنان به شلور<sup>۴</sup> مشهور است و معمولاً دارای جهت شرقی تا جنوبی است و به‌طور معمول از اواخر آبان تا اوایل اردیبهشت می‌وزد [۱۸].

از نظر زمانی ماه‌های اسفند و فروردین بیش‌ترین احتمال وقوع توفان‌های جبهه‌ای را دارند و نمونه‌های آن اسفند ۱۳۸۸، اسفند و فروردین ۱۳۹۰ و ۲۸ بهمن ۱۳۹۵ است که میزان بار معلق روزانه حدود ۵ گرم بر مترمربع برآورد شده است. غلظت گردوغبار ناشی از توفان‌های جبهه‌ای معمولاً در جنوب عراق، کویت و خوزستان در بیش‌ترین حد است و این توفان‌ها مرکز عراق، غرب و جنوب غربی ایران و شمال شرقی عربستان را بیش‌تر از دیگر مناطق در خاورمیانه تحت تأثیر قرار می‌دهند. این باد باعث فعال شدن کانون‌های گردوغبار واقع در شرق و جنوب شرق خوزستان می‌گردد و غلظت توده گردوغبار افزایش می‌یابد.

### مواد و روش‌ها

مکان پژوهش حوزه رودخانه جراحی در استان خوزستان بخشی از بزرگ حوزه آبریز خلیج فارس و دریای عمان است. موقعیت

1. Sharki
2. Kaus
3. shrav
4. Shlour

5. Standard Precipitation Index

جدول ۲: عوامل اقلیمی ایستگاه‌های مورد مطالعه

نام ایستگاه	موقعیت جغرافیایی		ارتفاع (m)	پایه آماری مشترک (ماهانه)	آماره آزمون ران تست	نوع ایستگاه
	X	Y				
رامهرمز (بخش شمالی)	۴۹/۶۰	۳۱/۲۷	۱۵۰	اسفند ماه ۱۳۶۵ تا بهمن ۱۳۹۷	۱/۱۲	سینوپتیک
امیدیه (بخش مرکزی)	۴۹/۶۷	۳۰/۷۷	۸۰	اسفند ماه ۱۳۶۵ تا بهمن ۱۳۹۷	-۰/۱۶	سینوپتیک
بندر ماهشهر (بخش جنوبی)	۴۹/۱۵	۳۰/۵۵	۲۷	اسفند ماه ۱۳۶۵ تا بهمن ۱۳۹۷	۰/۱۶	سینوپتیک

شده جزئی (وزن بتا) اثرات مستقیم هر متغیر یا وزن متغیر مستقل در تبیین واریانس متغیر وابسته نشان می‌دهد و تحلیل مسیر بر پایه مجموعه‌ای از تحلیل رگرسیون چندگانه و بر اساس فرض ارتباط بین متغیرهای مستقل و وابسته استوار است و بر استفاده از دیگرام مسیر<sup>۲</sup> تأکید خاص دارد [۱۲].

### نتایج

در محاسبه شاخص SPI ابتدا داده‌های بارش از نظر تصادفی و نرمال بودن با استفاده از آزمون ران تست مورد بررسی قرار گرفتند و داده‌های هر سه شهرستان در سطح ۱ درصد تصادفی بودند که نتایج آن در جدول ۱ آمده است و در ادامه با استفاده از آزمون کای اسکوئر مورد بررسی قرار گرفت و هر سه سری زمانی توزیع گاما در سطح پنج درصد توزیع مناسب برای محاسبه احتمال وقوع داده‌ها بوده است. سپس شاخص SPI در مقیاس سه ماهه که هم‌زمان پراکنش فصلی بارش را مورد بررسی قرار می‌دهد محاسبه گردید که نتایج آن در شکل ۲ و شدت آن در جدول ۴ آمده است.

در شهرستان رامهرمز شدیدترین خشکی با شاخص SPI برابر با ۰/۱۳- در آذرماه سال ۱۳۷۷ رخ داده است و طولانی‌ترین دوره خشکی مربوط به آبان تا بهمن ماه ۱۳۹۶ با متوسط شاخص خشکی ۰/۱۱- و خشک‌ترین دوره خشکی مربوط به دوره دو ماهه فروردین و اردیبهشت سال ۱۳۷۹ با متوسط شاخص ۳۳/۲- بوده است. در شهرستان امیدیه کم‌ترین SPI آذرماه ۱۳۷۷ برابر ۷۲/۲- و خشک‌ترین دوره هم فروردین و اردیبهشت ماه ۱۳۷۹ با متوسط شاخص ۳۳/۲- رخ داده است. طولانی‌ترین دوره خشکی هم مربوط به آبان تا بهمن ۱۳۷۵ با متوسط ۲۵/۱- بوده است. در شهرستان بندر ماهشهر خشک‌ترین ماه با شاخص ۴۴/۲- اردیبهشت ماه ۱۳۷۹ که به دنبال فروردین ماه با شاخص ۳۹/۱- رخ داده است که خشک‌ترین دوره را تشکیل داده اند. طولانی‌ترین دوره خشکی در این شهرستان از آبان تا بهمن ماه ۱۳۷۸ با متوسط شاخص ۵۲/۱- بوده است.

است که تأثیر بر رطوبت خاک، منابع آبهای سطحی و زیر زمینی در مقاطع زمانی سه ماهه تا دو سال مدت و شدت آن استخراج می‌گردد و تنها با ورودی آمار بارش ماهانه حداقل سی ساله قابل محاسبه می‌باشد [۲۷]. در این مدل تابع توزیع بارش با توزیع گاما تهیه می‌شود سپس با تابع توزیع نرمال معکوس از داده‌های استاندارد شده با میانگین صفر و انحراف معیار ۱ نظیر به نظیر سنجدیده می‌شود و میزان انحراف از توزیع نرمال به‌عنوان شاخص SPI تعریف می‌شود که طبقه‌بندی آن در جدول ۳ آمده است [۱۴]. در این مطالعه به دلیل اهمیت و تأثیر رطوبت خاک و پوشش گیاهی بر فرسایش بادی از مقیاس زمانی سه ماهه استفاده شد.

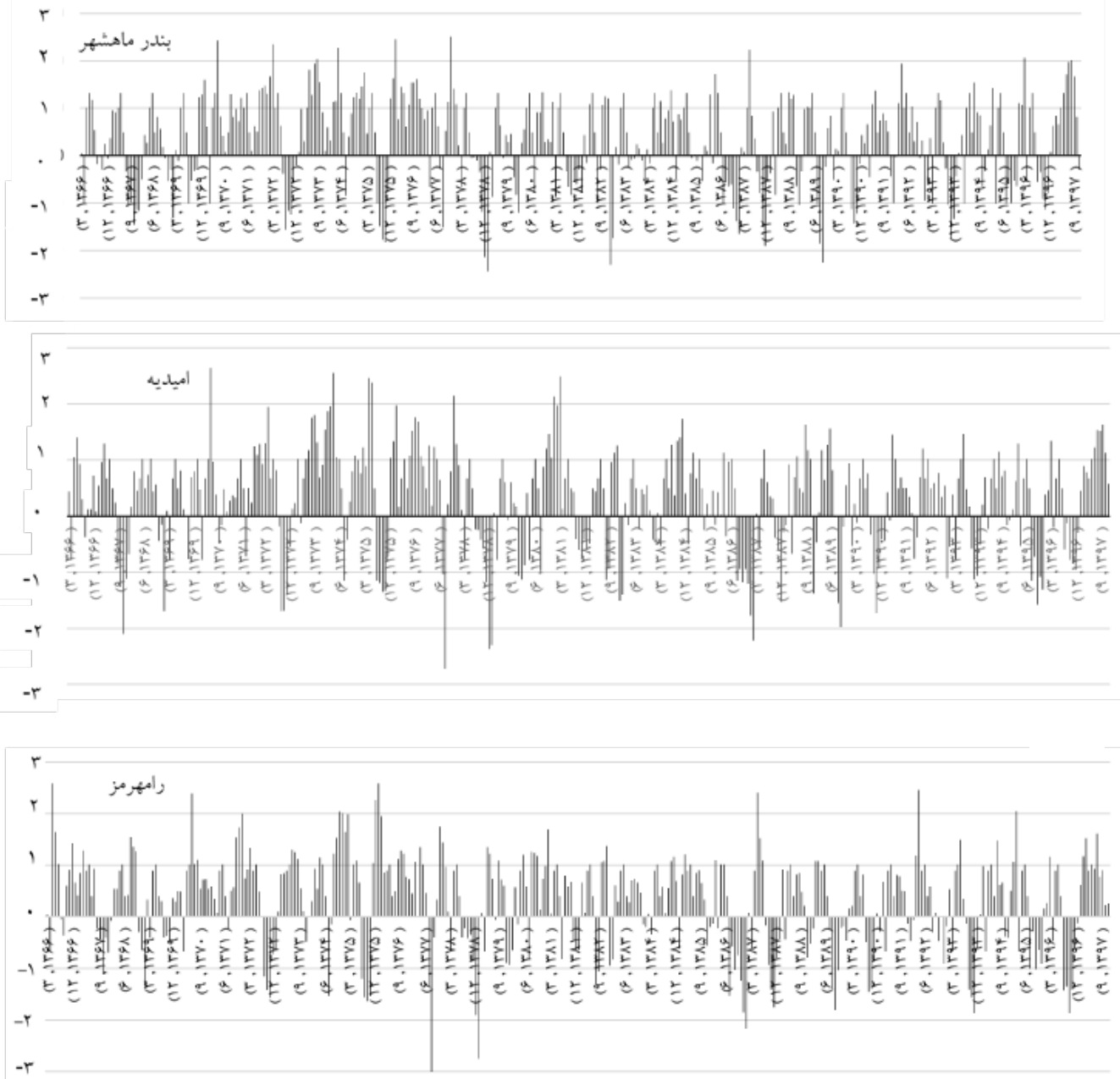
جدول ۳: طبقات شاخص SPI

طبقات	SPI
رطوبت شدید	۲ و بیش‌تر از ۲
خیلی مرطوب	۱/۵ تا ۱/۹۹
رطوبت متوسط	۱/۴۹ تا ۰/۹۹
نزدیک به نرمال	-۰/۹۹ تا ۰/۹۹
خشکی متوسط	-۱ تا -۱/۴۹
خشکی شدید	-۱/۵ تا -۱/۹۹
خشکی خیلی شدید	-۲ و کم‌تر

به‌منظور شناخت عوامل مؤثر اقلیمی بر فراوانی توفان‌های گردوغبار حوضه جراحی از ماتریس هم‌بستگی اسپیرمن استفاده شد و به‌منظور وزن دهی به هر عامل و تعیین میزان تأثیر هر یک از عوامل مستقل از تحلیل مسیر استفاده شد. تحلیل مسیر از جمله روش‌های چند متغیره می‌باشد که علاوه بر بررسی اثرات مستقیم متغیرهای مستقل بر وابسته اثرات غیرمستقیم متغیرها را نیز مد نظر قرار می‌دهد و روابط بین متغیرها را مطابق با واقعیت‌های موجود در تحلیل وارد می‌کند. در تحلیل مسیر ضرایب رگرسیون استاندارد

## 2. Path Diagram

## 1. Path Analysis



شکل ۲: شاخص SPI در سه ایستگاه مورد مطالعه

جدول ۴: شدت وقوع خشکی‌ها بر اساس فراوانی ماهانه در حوزه آبخیز جراحی

ایستگاه	۲ و بیش تر از ۲	۱/۵ تا ۱/۹۹	۰/۹۹ تا ۱/۴۹	-۱ تا -۱/۴۹	-۱/۵ تا -۱/۹۹	۲- و کمتر
رامهرمز	۱۰	۲	۷۳	۲۴۹	۲۱	۳
احتمال وقوع %	۲/۶۱	۰/۵۲	۱۹/۱۰	۲۵/۱۸	۵/۴۹	۰/۷۸
امیدیه	۷	۱۷	۷۴	۲۴۴	۲۵	۵
احتمال وقوع %	۱/۸۳	۴/۴۵	۱۹/۳۷	۶۳/۸۷	۶/۵۴	۱/۳۰
ماهشهر	۹	۱۶	۱۰۱	۲۱۲	۳۱	۴
احتمال وقوع %	۲/۳۵	۴/۱۸	۲۶/۴۳	۲۲/۴۹	۸/۱۱	۱/۰۴

جدول ۵: آماره من - کندال و درصد معناداری در ایستگاه‌های مورد مطالعه

ایستگاه	دمای بیشینه	میانگین دما	بارش	بیشینه سرعت باد	تعداد روزهای گردوغباری
رامهرمز	۰/۰۴۲	۰/۰۲۹	-۰/۰۲۲	۰/۰۳۴	۰/۲۶۵
	۰/۲۲	۰/۴۰	۰/۵۴	۰/۳۳	۰/۰۰
امیدیه	۰/۰۱۹	۰/۰۲۸	-۰/۰۰۷	۰/۲۰۲	۰/۲۱۵
	۰/۰۵۷	۰/۴۱	۰/۸۵	۰/۳۵	۰/۰۲
ماهشهر	۰/۰۲۸	۰/۰۰۲	-۰/۰۲۵	۰/۰۶۱	۰/۲۸۵
	۰/۴۰	۰/۹۵	۰/۴۹	۰/۰۷۶	۰/۰۴

جدول ۶: ماتریس هم‌بستگی پیرسون عوامل اقلیمی و گردوغبار

ایستگاه	دمای بیشینه	میانگین دمای ماهانه	بارش	حداکثر سرعت باد	شاخص SPI
رامهرمز	۰/۱۸۴	۰/۱۶۷	-۰/۱۵۹	۰/۲۳۷	-۰/۰۳۲
	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰	۰/۵۲۸
امیدیه	۰/۲۹۵	۰/۲۷۸	-۰/۱۵۸	۰/۱۹۱	-۰/۰۴۲
	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰	۰/۴۱۱
ماهشهر	۰/۳۳۴	۰/۳۵۴	-۰/۲۲۷	۰/۱۳۵	-۰/۱۰۸
	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۸	۰/۰۳۵

جدول ۷: تأثیر مستقیم و غیرمستقیم دمای متوسط ماهانه و میانگین دمای بیشینه بر فراوانی توفان‌های گردوغبار

ایستگاه	دمای بیشینه		مجموع اثرات	میانگین دمای ماهانه		مجموع اثرات
	اثر مستقیم	اثر غیرمستقیم		اثر مستقیم	اثر غیرمستقیم	
رامهرمز	۰/۰۵	۰/۶۲	۰/۶۷	۰/۱۳	۰/۶۱	۰/۷۳
امیدیه	۰/۰۴	۰/۵۳	۰/۵۷	۰/۳۵	۰/۵۱	۰/۸۶
ماهشهر	۰/۱۸	۰/۳۸	۰/۵۶	۰/۲۵	۰/۳۴	۰/۵۹

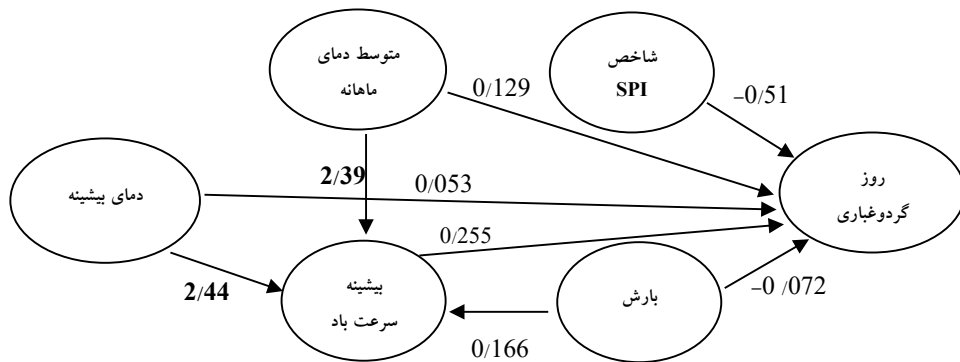
اطمینان ۱ درصد به عوامل اقلیمی وابسته است و ضرایب هم‌بستگی نشان می‌دهند که وابستگی به دمای ماهانه و بیشینه بیش از عوامل دیگر است که به‌ویژه در قسمت‌های جنوب حوضه افزایش دمای ماهانه باعث افزایش در تعداد روزهای همراه با گردوغبار خواهد بود. اما در شمال حوضه تعداد روزهای گردوغباری و وابستگی بیش‌تری به حداکثر سرعت باد و پس از آن دمای بیشینه دارد. به‌منظور بررسی میزان مشارکت هر عامل در تبیین واریانس متغیر وابسته و محاسبه وزن بتا از تحلیل مسیر استفاده شد که نتایج آن در شکل ۳ آمده است. نتایج بررسی وزن‌های بتا نشان می‌دهد که دو عامل دمای بیشینه و متوسط دمای ماهانه به‌ترتیب بیش‌ترین تأثیر را در تبیین واریانس فراوانی روزهای گردوغباری دارند و با هر واحد افزایش در واریانس این دو عامل در هر سه شهرستان واریانس روزهای گردوغباری بیش از دو واحد افزایش خواهد یافت. در حقیقت این دو عامل با تأثیر غیرمستقیم بر بیشینه سرعت باد باعث افزایش توفان‌های گردوغباری در منطقه می‌گردند که بررسی تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم آن‌ها در جدول ۷ آورده شده است. پس از آن با حذف اثر کنترلی دمای ماهانه و دمای بیشینه ضریب

با توجه به شاخص‌های خشک‌سالی به دست آمده مشاهده می‌شود که در منطقه مورد مطالعه به‌طور کلی در دوره آماری مورد مطالعه از نظر بارش توازن برقرار بوده است و ماه‌هایی با بارش نرمال و رطوبت بیش‌تر از نرمال از ماه‌های خشک بیش‌تر بوده‌اند. در ادامه به‌منظور بررسی وجود روند خطی در داده‌های اقلیمی مورد بررسی از آزمون ناپارامتریک من-کندال استفاده شد که نتایج آن در جدول ۵ آمده است.

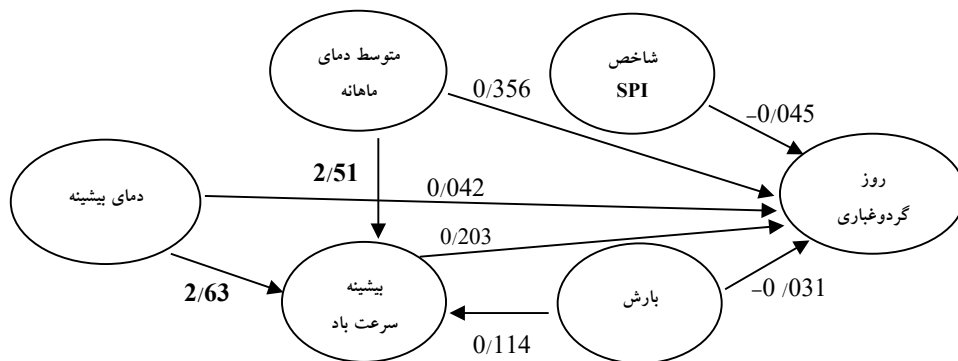
بر اساس معنادار بودن آماره من - کندال تنها روند افزایشی در تعداد روزهای همراه با گردوغبار در شهرستان‌ها دیده می‌شود و در باقی عوامل اقلیمی روند خطی معناداری مشاهده نمی‌شود و بر اساس رابطه سن<sup>۱</sup> شیب افزایش حدود دو روز در ۱۰ سال است. در مرحله بعدی به‌منظور بررسی روابط بین متغیرها به دلیل سطح اندازه‌گیری از ضریب هم‌بستگی پیرسون استفاده شد که ماتریس هم‌بستگی در جدول ۶ آمده است.

بر اساس معنادار بودن ضرایب هم‌بستگی مشاهده می‌شود که تعداد روزهای همراه با گردوغبار با دامنه دید زیر ۵۰۰۰ متر در سطح

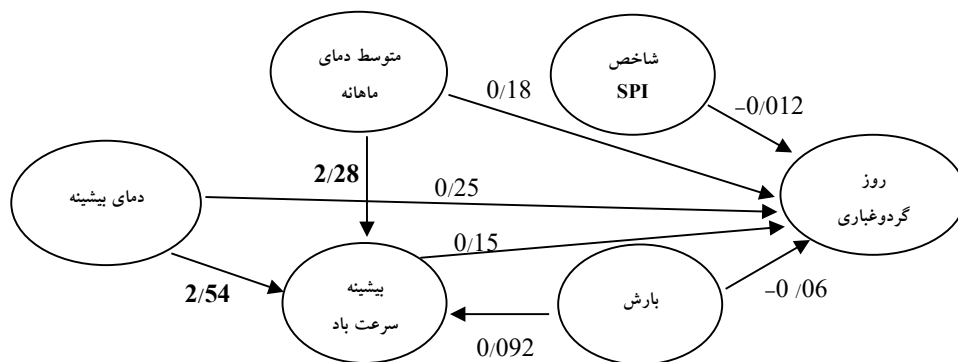
1. Sen's Slope



الف



ب



ج

شکل ۳: تحلیل مسیر عوامل اقلیمی و توفان گردو غبار الف) رامهرمز ب) امیدیه ج) ماهشهر

جدول ۸: واریانس تبیین شده و نشده توسط عوامل اقلیمی

ایستگاه	واریانس تبیین شده	واریانس تبیین نشده
رامهرمز	۰/۱۰	۰/۹۰
امیدیه	۰/۱۲	۰/۸۸
ماهشهر	۰/۱۵	۰/۸۵

همبستگی جزئی بین عوامل مستقل و وابسته برقرار شد که هیچ یک از عوامل بجز بیشینه سرعت باد تأثیر معنادار نداشته اند. بنابراین تأثیر غیرمستقیم دمای هوا بر دیگر عوامل اقلیمی نیز نمایان می گردد. اما در مطالعات معمولاً همه عوامل قابل بررسی نیستند و در نتیجه بخشی از واریانس متغیر وابسته توسط عوامل مستقل تبیین نمی گردد که مربوط به متغیرهای مطالعه نشده است که به کمیت خطا معروف است. در این مطالعه میزان واریانس تبیین شده و نشده توسط عوامل اقلیمی در جدول ۸ آورده شده است.

Pan, Namibia. The Geographical Journal, 169: 131-141.

4. Bryant, R. G., Bigg, G. R., Mahowald, N. M., Eckardet, F. D. Ross, S. G. 2007. Dust emission response to climate in southern Africa. Journal of Geophysical Research, 112.

5. Chen, S., Jiang, N., Huang, J., Xu, X., Zhang, H., Zang, Z., Huang, K., Xu, X., Wei, Y., Guan, X., Zhang, X., Luo, Y., Hu, Z. Feng, T. 2018. Quantifying contributions of natural and anthropogenic dust emission from different climatic regions. Atmospheric Environment, 191: 94-104.

6. Chepil, W. S. 1945. Dynamics of Wind Erosion: I. Nature of Movement of Soil by Wind. Soil Science, 60, 305-320.

7. Chiappelo, I. 2005. Understanding the long-term variability of African dust transport across the Atlantic as recorded in both Barbados surface concentrations and large-scale Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS) optical thickness. Journal of Geophysical Research, 110.

8. Engelstaedter, S., Tegen, I. Washington, R. 2006. North African dust emissions and transport. Earth-Science Reviews, 79: 73-100.

9. Ghorbani, S. Modares, R. 2017. Dust Storm Frequency and Climatic Factors in Iran Deserts. National Conference on Wind Erosion and Dust Storms. Yazd University (In Persian).

10. Hamidi, M. 2018. Atmospheric Investigation of Frontal Dust Storms in Southwest Asia. Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences, 55: 177-193.

11. Hamidi, M., Kavianpour, M. R. SHAO, Y. 2013. Synoptic analysis of dust storms in the Middle East. Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences, 49, 279-286.

12. Kalantari, K. 2003. Processing and Data Analysis in Socio-economic Studies Using SPSS, Sharif. (In Persian)

13. Lanchaster, N. 2013. 13.9 Climate Change and Aeolian Processes. In: SHRODER, J. F. (ed.) Treatise on Geomorphology. San Diego: Academic Press.

14. Mckee, T. B., Doesken, N. J. Kliest, J. 1993. The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales. Eighth Conference on Applied Climatology, 17-22 January Anaheim, California.

15. Mctainish, G., Chan, Y., Mcgoawn, H., Leys, J. Tews, K. 2005. The 23rd October 2002 dust storm in eastern Australia: characteristics and meteorological conditions. Atmospheric Environment, 39: 1227-1236.

16. Mehrabi, S., Soltani, S. Jafari, R. 2015. Assessment

بنابراین می‌توان گفت عوامل اقلیمی بررسی شده حداکثر ۱۵ درصد از واریانس فراوانی توفان‌های گردوغبار را تبیین می‌کنند و آنچه که باعث روند مثبت توفان‌ها شده است بیش‌تر از عوامل غیر اقلیمی سرچشمه می‌گیرد که از آن جمله می‌توان بر تأثیر عوامل اقلیمی به‌ویژه دمای هوا بر عوامل سطحی مانند پوشش گیاهی و رطوبت خاک و یا عوامل غیر اقلیمی نظیر روش‌های مدیریت اراضی، وقوع سیلاب‌ها، سطح آب زیر زمینی، نوع پوشش گیاهی و کاربری اراضی نام برد.

در این پژوهش با بررسی اولیه ضریب هم‌بستگی پیرسون تمامی عوامل اقلیمی بر وقوع توفان‌های گردوغبار مؤثر بودند که توسط مطالعات چیاپلو [۷]، انجستادر و همکاران [۸]، پروسپرو [۲۲] و ژانگ [۳۱] نیز تأیید شده است اما با انجام تحلیل مسیر و ضریب هم‌بستگی جزئی نشان داد که مهم‌ترین عامل مؤثر دمای هواست که حتی با تأثیر بر دیگر عوامل اقلیمی به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم با افزایش وقوع توفان نسبت مستقیم دارد که توسط مطالعات نامداری و همکاران [۲۱]، ژانگ و همکاران [۳۰]، ان و همکاران [۱] و قربانی و مدرس [۹] نیز تأیید شده است.

### نتیجه‌گیری کلی

در این تحقیق میزان وابستگی و اثر متقابل عوامل اقلیمی بر افزایش روزهای همراه با گردوغبار با منشاء کانون‌های داخلی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد افزایش دماهای حداکثر به خصوص در این افزایش نقش داشته است اما عوامل اقلیمی به حداکثر ۱۰ درصد واریانس را تبیین می‌کنند و ۹۰ درصد از این واریانس تبیین نشده است و می‌توان آن را به عواملی که نقش به‌سزایی در بیابانی شدن این عرصه‌ها مانند چرای بی‌رویه، تغییر کاربری‌های گسترده که در این مطالعه دیده نشده است نام برد و بالطبع این عوامل نقش پررنگ‌تری نسبت به عوامل اقلیمی دارند.

### منابع

1. An, L., Che, H., Xue, M., Zhang, T., Wang, H., Wang, Y., Zhou, C., Zhao, H., Gui, K., Zheng, Y., Sun, T., Liang, Y., Sun, E., Zhang, H. Zhang, X. 2018. Temporal and spatial variations in sand and dust storm events in East Asia from 2007 to 2016: Relationships with surface conditions and climate change. Science of the Total Environment, 633: 452-462.

2. Ansari Ghoghar, M. Araghinejad, S. 2017. Effect of Precipitation Trend on Dust Storm Frequency- Case study Lorestan Province. National Conference on Wind Erosion and Dust Storms. Yazd University. (In Persian)

3. Bryant, R. G. 2003. Monitoring hydrological controls on dust emissions: preliminary observations from Etosha



24. Song, H., Wang, K., Zhang, Y., Hong, C. Zhou, S. 2017. Simulation and evaluation of dust emissions with WRF-Chem (v3.7.1) and its relationship to the changing climate over East Asia from 1980 to 2015. *Atmospheric Environment*, 167: 511-522.
25. Vickery, K. J. & Eckardt, F. D. 2013. Dust emission controls on the lower Kuiseb River valley, Central Namib. *Aeolian Research*, 10: 125-133.
26. W.M.O G.W.P. 2016. Handbook of Drought Indicators and Indices (M. Svoboda and B.A. Fuchs). Integrated Drought Management Program (IDMP), Integrated Drought Management Tools and Guidelines Series 2. Geneva.
27. W.M.O 2012. Standardized Precipitation Index User Guide (M. Svoboda, M. Hayes and D. Wood). (WMO-No. 1090), Geneva. 24.
28. Wang, X., Dong, Z., Zhang, J. Liu, L. 2004. Modern dust storms in China: an overview. *Journal of Arid Environments*, 58, 559-574.
29. Wilkerson, W. D., Il, A. W. S. S. A. Center, U. E. T. A. 1991. Dust and Sand Forecasting in Iraq and Adjoining Countries [Online]. USAF Environmental Technical Applications Center. Available: [https://homes.comet.ucar.edu/~alanbol/AWS\\_TN91\\_1.htm](https://homes.comet.ucar.edu/~alanbol/AWS_TN91_1.htm)
30. Zhang, D.-F., Gao, X.-J., Zakey, A. Giorgi, F. 2016. Effects of climate changes on dust aerosol over East Asia from RegCM3. *Advances in Climate Change Research*, 7, 145-153.
- of the Effect of Climatic Factors on Dust Storm Case Study: Khouzestan Province. *Science of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Sciences* 71: 12. (in Persian)
17. Mesbah zadeh, T., Mirakbari, M., Mohseni Sarvi, M. Khosravi, H. 2017. Effective Climatic Factor on Dust Storm. National Conference on Wind Erosion and Dust Storms. Yazd University (In Persian).
18. Middleton, N. J. 1986. A geography of dust storms in South-West Asia. *Journal of Climatology*, 6, 183-196.
19. Miri, M., Shoaee, Z. D. Nowrozzi, A. K. 2017. Drought Effects on Dust Storm in Western Iran. National Conference on Wind Erosion and Dust Storms. Yazd University. (in Persian)
20. Mulitzza, S., Heslop, D., Pittauerova, D., Fischer, H. W., Meyer, I., Stuu, J.-B., Zabel, M., Mollenhauer, G., Collins, J. A., Kuhnert, H. Schulz, M. 2010. Increase in African dust flux at the onset of commercial agriculture in the Sahel region. *Nature*, 466: 226-228.
21. Namdari, S., Karimi, N., Sorooshian, A., Mohammadi, G. & Sehatkashani, S. 2018. Impacts of climate and synoptic fluctuations on dust storm activity over the Middle East. *Atmospheric Environment*, 173, 265-276.
22. Prospero, J. M. 2003. African Droughts and Dust Transport to the Caribbean: Climate Change Implications. *Science*, 302: 1024-1027.
23. Reynolds, R. L., Yonut, J. C., Rehies, M., Goldstein, H., Chavez, P., Fulton, R., Whitney, J., Fuller, C. & Forester, R. M. 2007. Dust emission from wet and dry playas in the Mojave Desert, USA. *Earth Surface Processes and Landforms*, 32: 1811-1827.



## Abstract

## Study the Dependence Between Climatic Factors and Dust Rise from Inrenal Hotspots in Khuzestan

F.Dargahian<sup>1</sup>, B.Yasrebi\*<sup>2</sup> and M.Khosrowshahi<sup>3</sup>

Received: 2021/03/28 Accepted: 2021/09/18

This research has done to study the relationship between dust storms frequency and climatic factors included monthly rainfall data, monthly average temperature, monthly maximum temperature, maximum wind speed, frequency of dust occurrence from internal Sources and SPI in northern, Central and coastal part of Jarrahi watershed (cities of Ramhormoz, Omidieh and Mahshahr port) in Khuzestan province were investigated. First of all linear trend in time series using Mann-Kendall test was assessed. Then, using Pearson correlation, the dependence of the dust storm and climatic factors was studied and with path analysis beta weight or participation of each factor in explaining the variance of dependent factor. The results showed that, except in the occurrence of dust phenomena, linear trend is not observed with a gradient (Sen's Slope) of 2 days in 10 years and Pearson correlation confirmed the significance of the dependence of the occurrence of dust on climatic factors at 1% level. The results of the path analysis indicate that two factors of mean temperature and monthly maximum temperature, directly and indirectly, affect the maximum wind speed by more than 50% of explaining the variance of dust storms. The result of a partial correlation matrix showed with temperature effects control none of the climatic factors in storm dust except maximum wind velocity is significant. Thus, the average monthly temperature and maximum temperatures not only directly but indirectly cause changes in other climate factors. Totally climatic factors explain 15% of the variance in the frequency of storm dust.

**Keywords: Drought, Khuzestan, Path Analyse, Pearson correlation.**

- 
1. Research institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran
  2. Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran-corresponding Author, email: byasrebi@gmail.com
  3. Research institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.