نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی سال هجدهم، شماره ۵۱، زمستان ۹۷

تحلیل تغییرات زمانی توفان‌های گرد و غباری خرم‌آباد

دریافت مقاله: ۹۶/۱۱/۲۳ **پذیرش نهایی**: ۹۷/۳/۹

صفحات: ۱۰۲-۸۷

یوسف قویدل رحیمی: دانشیار گروه اقلیم شناسی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران[۱].
ghavidel@modares.ac.ir
منوچهر فرج زاده :استاد گروه اقلیم شناسی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
farajzam@modares.ac.ir
اسماعیل لشنی زند : دانشجوی کارشناسی ارشد مخاطرات آب و هوایی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
zand.esmaeel@gmail.com@gmail.com

چکیده

هدف از این پژوهش بررسی تغییرات زمانی توفان های گــرد وغبــار خرم آباد از سال ۱۹۵۱تا ۲۰۱۵ است. بدین منظور داده‌های مربوط به فراوانی وقوع روزهای توام با توفان گرد و غبار از سازمان هواشناسی کشور دریافت و پس از تنظیم به صورت سری‌های زمانی ماهانه، فصلی و سالانه مورد تحلیل قرار گرفت. در این مطالعه از روش‌های تحلیل آمار توصیفی، تحلیل روند خطی و پلی نومیال و آزمون ناپارامتری من‌کندال به منظور بررسی تغییرات زمانی فراوانی وقوع توفان‌های گرد و غباری ایستگاه خرم‌آباد استفاده شد. نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که تمرکز ماهانه فراوانی وقوع توفان‌های گرد و غباری ایستگاه خرم‌آباد در سه ماهه مه، ژوئیه و ژوئن است و بر این اساس از ماه اردیبهشت تا تیر (مه تا ژوئیه) بر فراوانی وقوع توفان‌های گرد و غباری ایستگاه خرم‌آباد افزوده می‌شود که این موضوع با فصل گرما و خشکی منطقه ارتباط دارد. در بازه فصلی غیر از ماه پائیز که دارای فراوانی وقوع توفان‌های گرد و غباری چندانی نیست در بقیه فصول خصوصاً فصل بهار و تابستان تمرکز فصلی فراوانی وقوع توفان‌های گرد و غباری ایستگاه خرم‌آباد قابل مشاهده است. تحلیل روند تغییرات زمانی فراوانی وقوع توفان‌های گرد و غباری ایستگاه خرم‌آباد نشان داد که در اغلب ماه‌های سال و سه فصل بهار، تابستان و پائیز و همچنین در بازه سالانه تغییرات زمانی فراوانی وقوع توفان‌های گرد و غباری ایستگاه خرم‌آباد معنی‌دار بوده و با شیب نسبتاً زیادی در حال افزایش است.

کلیدواژگان: توفان‌های گردوغبار، مخاطره اقلیمی، تغییرات زمانی، تحلیل روند، خرم‌آباد.

۱. **نویسنده مسئول:** تهران، دانشگاه تربیت مدرس، گروه جغرافیای طبیعی. ۰۹۱۲۶۴۵۶۲۷۶

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.51.13.0]
[DOI: 10.29252/jgs.18.51.87]

مقدمه

مخاطره گردوغبار در سال‌های اخیر از نظر گسترش فضایی و فراوانی وقوع افزایش چشمگیری داشته است. توفان‌های گرد و غبار معمولا در مناطق خشک و نیمه خشک عرض‌های معتدله، حاره و جنب حاره جایی که میانگین بارش سالانه ۲۰۰ تا ۳۰۰ میلی متر است (ایندیتو و همکاران، ۲۰۱۲). در نتیجه سرعت زیاد باد و تلاطم آن بر روی سطح خاک بدون پوشش و مستعد فرسایش رخ می دهد (جودی، ۲۰۰۹). این پدیده اغلب باعث کاهش میدان دید به کمتر از یک کیلومتر شده و در شدیدترین حالت غلظت ذرات معلق می-تواند حتی به بیش از ۶۰۰۰ میلی‌گرم در هر متر مکعب هوا نیز برسد (دایان و همکاران، ۲۰۰۷).

تقارب ایران با مدار رأس‌السرطان که باعث عبور کمربند کم بارش و خشک دنیا از ایران شده و همچنین مجاورت با پهنه‌های وسیع خشک کشورهای حاشیه خلیج فارس همچون عراق، عربستان، سوریه و شمال صحرای آفریقا به عنوان منابع و سرچشمه های اصلی خارجی وقوع توفان‌های گرد و غبار باعث شده است که ایران به طور مکرر در معرض این مخاطره قرار گیرد. خشکسالی‌های وسیع و مستمر چندین ساله منطقه غرب آسیا در سال‌های اخیر در کنار جنگ‌های اتفاق افتاده در سوریه و عراق باعث شده که نواحی شرقی منطقه غرب آسیا دچار توفان‌های گرد و غباری شدید، فراگیر و مستمری در چند ساله گذشته باشند. بر این اساس عامل افزایش فراوانی وقوع و شدت و فراگیری و استمرار زمانی توفان های گرد و غباری ایران و کل منطقه غرب آسیا دو عامل طبیعی اقلیمی (خشکسالی و باد) و انسانی (جنگ و عدم حمایت و مدیریت محیط زیست) هستند. در سال‌های اخیر به سبب افزایش فراوانی وقوع و کثرت خسارات ناشی از توفان‌های گرد و غباری مطالعات زیادی در دنیا و ایران انجام گرفته است. بررسی زیجیانگ و همکاران (۲۰۰۱) نشان داده کـه ۹۹ درصد از توفان‌های شدید گردوغباری شمال چین در ۴۸ سال اخیر حادث شده اند. الفرجی و فدحیل (۲۰۰۱) در زمینه گسترش بیابان‌ها در عراق و تاثیرات منفی طوفان-های خاک و ماسه در عراق تحقیق و مطالعه نموده و به این نتیجه رسیدند که توفان‌های مذکور روی منابع آب، اقتصاد منطقه و معیشت مردم تاثیرات زیانباری دارند. چنگ و فنگ (۲۰۰۲) در مطالعه‌ای به بررسی طوفان‌های خاک کشور چین پرداختند بر روی تعداد زیادی از طوفان های گزارش شده در طی سال‌های قبل از ۲۰۰۰ میلادی به مطالعه و تحقیق پرداخته‌اند. سازمان ملی اقیانوس شناسی و تحقیقات جوّی آمریکا (۲۰۰۳) در مطالعه‌ای دقیق طوفان-های گرد و غباری غرب آسیا و خصوصاً عراق و غرب خلیج‌فارس را مطالعه و دلایل وقوع این گردو غبارها را سیستم‌های همدیدی سطوح بالا و سطح زمین دانسته‌اند. وانگ و فانگ (۲۰۰۶) در پژوهشی به بررسی آماری و سینوپتیک انتشار گرد و خاک در آسیای شرقی پرداخته و به این نتیجه رسیدند که سیستم های سینوپتیک مناطق بیابانی شمال آسیا اگر در سطح زمین بادهایی با سرعت بیشتر از ۶ متر بر ثانیه ایجاد کنند، باعث گسترش طوفان گرد و خاک می شوند. لیو و همکاران (۲۰۰۷)، در پژوهشی به بررسی داده‌های گردآوری شده از ایستگاه‌های هواشناسی چین برای یک دوره زمانی ۴۰ ساله پرداخته و بر اساس تحلیل های آماری، پراکندگی فراوانی رخداد طوفان‌های ماسه و خاک در یک دوره زمانی ۴۰ ساله را مورد محاسبه قرار داده اند. چان و یو (۲۰۰۸) تاثیر توفان‌های گرد و خاک بر روی آلودگی هوای شهرهای بزرگ چین را مورد بررسی قرار دادند. وانگ و همکاران (۲۰۰۹) با بررسی خصوصیات گرد و غبار و شناسایی منابع آن در نواحی خشک و نیمـه خشـک چین

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.51.13.0]
[DOI: 10.29252/jgs.18.51.87]

مشخص کردند که بیابان‌های وسیع عربستان و صحرای شمال آفریقا متأثر از سامانه های همدید مقیاس و امواج غربی، گرد و غبار را به مناطق مختلفی همچون ایران گسترش می‌دهند. شائو و همکاران (۲۰۱۳) به منظور بررسی روند جهانی فراوانی توفان‌های گرد و غباری در سراسر جهان و اطلاعات شاخص‌های بزرگ مقیاس اقیانوسی-جوی در بین سال های ۱۹۷۴-۲۰۱۲ متوجه شدند که شاخص نوسان چند دهه‌ای اطلس با شمال آفریقا ارتباط مثبتی را نشان می‌دهد و شاخص چند متغیره انسو نیز بیشتر در استرالیا و امریکای جنوبی تاثیر گذار می‌باشند. اواد و مشات (۲۰۱۴)، در مطالعه الگوهای سینوپتیک مرتبط با گسترش روزهای غباری در شرق عربستان سعودی، ۲ رژیم مداری (یک کم فشار در شرق و یک پرفشار در غرب) و ۲ رژیم نصف‌النهاری (پرفشار شمالی در شمال و کم فشار جنوبی) را شناسایی کردند. ادنجال (۲۰۱۵)، به تحلیل توزیع فراوانی و روند فصلی توفان‌های شنی و گرد و غبار لیبی پرداخت و به این نتیجه رسید که بیشتر توفان‌ها در فصل بهار مخصوصا در آوریل با بیشترین فراوانی سالانه در فرودگاه تبرک (۱۴/۹ روز)، هون (۱۲/۹ روز)، سیرت (۱۱/۲ روز) و گادامس (۱۱/۱ روز) می باشد. سانگ و همکاران (۲۰۱۶)، پس از مطالعه تغییرات زمانی و مکانی گرد و غبارهای بهاری در شمال چین از ۱۹۸۲-۲۰۱۱ متوجه شدند که بیشترین رویدادها در بیابان تاکالاماکان، بیابان باداین‌جاران و بیابان اولانبو اتفاق می‌افتد و به طور کلی مقدار انتشار منطقه‌ای گرد و غبار در فصل بهار روند کاهشی را نشان می دهد.

در ایران تحقیقات انجام شده بر ایران بسیار متنوع هستند ولی مشخصاً کارهای انجام شده بر روی روند تغییرات زمانی توفان های گرد و غباری بسیار اندک می‌باشند. علیجانی (۱۳۸۷) نقشه پهنه‌بندی زمانی و مکانی گرد و غبارها را ترسیم و اظهار داشته که استان خوزستان سالانه با بیش از ۵۰ روز گرد و غباری مواجه است. نتایج مطالعه فرجزاده و علیزاده (۱۳۹۰)، از بررسی سالیانه پدیده گرد و خاک معلق در هوا نشان می‌دهد که ایستگاه زابل با میانگین فراوانی ۱۸۳ روز بیشترین تعداد روزها و پس از آن ایستگاه‌های زاهدان، بوشهر، طبس، بندرعباس، جاسک، ایرانشهر، همدان و اهواز به ترتیب بیشترین فراوانی‌ها را دارند. نتایج بررسی فراوانی ماهانه برای پدیده گرد و خاک معلق در هوا نشان می‌دهد که بیشترین فراوانی مربوط به ماه ژوئیه و کم‌ترین فراوانی مربوط به ماه دسامبر است. به عقیده خوش‌کیش و همکاران (۱۳۹۰) منابع عمده گرد و غبارهای وارده به لرستان بیابان‌های شمال عربستان، جنوب عراق، جنوب شرق سوریه و تا حدودی شمال صحرای افریقا می-باشند یار احمدی و همکاران (۱۳۹۳)، تأثیر نوسانات آب و هوایی بر رخداد پدیده‌ی گرد و غبار در غرب و جنوب غرب ایران را بررسی نموده و به این نتیجه رسیدند که در سال‌های اخیر، میزان متوسط بارش سالانه کاهش و میزان دما، سرعت باد و تعداد روزهای گرد و غباری افزایش یافته است. صلاحی و همکاران (۱۳۹۴)، با بررسی شرایط همدید رخداد توفان‌های گرد و غبار در شمال غرب ایران متوجه شدند که در شرایطی که شیو فشار زیاد بین مراکز کم فشار و پرفشار در شمال غرب وجود دارد با همراهی موج بادهای غربی در سطوح میانی جو و فعالیت رودباد سطوح بالا، جریان هوا از روی کشورهای عراق و سوریه با سرعت زیاد به شمال غرب وزیده و موجبات رخداد توفان گرد و غبار در شمال غرب ایران در سال ۱۳۹۲ را فراهم آورده است. نتایج مطالعه عالی پور (۱۳۹۵) نشان داده که پدیده انسو بیش از سایر الگوهای پیوند از دور بر تعداد روزهای غباری

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.51.13.0]
[DOI: 10.29252/jgs.18.51.87]

ایران تاثیر مثبت دارد و این تاثیرگذاری در فصل پاییز معکوس (منفی) می‌شود و بیشترین درصد تغییرات روزهای گرد و غبار که می‌توان آنها را با الگوهای پیوند از دور تبیین کرد، ۳۵ درصد و در ایستگاه زابل است.
با توجه به تحقیقات انجام گرفته مشخص می‌شود که تاکنون مطالعه در خصوص تغییرات زمانی توفان‌های گرد و غباری منطقه لرستان صورت نگرفته است. این مطالعه با هدف بررسی تغییرات زمانی فراوانی وقوع توفان‌های گرد و غباری ایستگاه خرم‌آباد به عنوان ایستگاه شاخص استان لرستان در منطقه غرب میانه ایران انجام یافته است.

روش تحقیق

در این تحقیق از آمار ۶۳ ساله داده‌های مربوط به تعداد روزهای توام با گرد و غبار ایستگاه سینوپتیک خرم‌آباد از سال ۱۹۵۱ تا ۲۰۱۵ استفاده شد. داده‌های مذکور شامل تمام کدهای هواشناسی مربوط به دیده بانی توفان-های گرد و غباری از غبار صبحگاهی تا توفان گرد و خاک متوسط و شدید است. در این مطالعه در هر روزی که یک یا چند مورد از کدهای مربوطه دیده بانی شده، ان روز به عنوان روز توأم با توفان گرد و غباری قلمداد شده است. داده‌های مذکور از سازمان هواشناسی کشور دریافت و مورد استفاده قرار داده شده‌اند.
در این پژوهش برای تحلیل داده‌های توفان‌های گرد و غباری ایستگاه خرم‌آباد از روش‌های مختلف رگرسیون خطی و نیمه‌خطی پلی‌نومیال، روش‌های توزیع احتمال وقوع آماری، تحلیل خوشه‌ای وارد و آزمون ناپارامتری من‌کندال (برای بررسی معنی‌داری روند تغییرات سری زمانی روزهای توأم با وقوع توفان گرد و غباری) استفاده شده است که با توجه به عمومیّت روش‌های یاد شده، از ذکر جزئیات روش‌های مذکور صرف نظر گردید.

نتایج

شاخص‌های گرایش به مرکز و پراکندگی داده‌های مربوط به فراوانی روزهای توأم با گرد و غبار در مقیاس زمانی ماهانه و فصلی و سالانه محاسبه و در جداول (۱ و ۲) ارایه گردید. متوسط فراوانی وقوع روزهای توأم با توفان‌های گرد و غبار ایستگاه خرم‌آباد در ماه‌های گرم سال خصوصاً در مه (اردیبهشت)، ژوئیه (تیر)، ژوئن (خرداد) و آوریل به حداکثر و در ماه‌های سرد و مرطوب نوامبر (آبان)، ژانویه (دی)، دسامبر (آذر) به حداقل می‌رسد و بقیه ماه‌ها نیز حالت حد واسط بین دو گروه یاد شده را دارند. از نظر دوره‌ای تشدید فعالیت وقوع فراوانی وقوع روزهای توأم با توفان‌های گرد و غبار ایستگاه خرم‌آباد از ژانویه تا ژوئیه افزایش و از اوت تا دسامبر کاهشی است. انحراف معیار فراوانی وقوع روزهای توأم با توفان‌های گرد و غبار ایستگاه خرم‌آباد در ماه ژوئیه به حداکثر و در ماه ژانویه به حداقل میزان می‌رسد. از ماه مه تا نوامبر بر میزان ضریب تغییرات فراوانی وقوع روزهای توأم با توفان‌های گردوغبار ایستگاه خرم‌آباد افزوده شده و ماه نوامبر اوج ضریب تغییرات را شاهد است؛ اما از ماه دسامبر تا آوریل ضریب تغییرات فراوانی وقوع روزهای توأم با توفان‌های گردوغبار ایستگاه خرم‌آباد کاهشی محسوس است. کمینه فراوانی وقوع روزهای توأم با توفان های گردوغبار ایستگاه خرم‌آباد در همه ماه ها صفر است؛ اما بیشینه و به تبع از آن دامنه فراوانی وقوع روزهای توأم با توفان‌های گردوغبار ایستگاه خرم‌آباد در ماه‌های ژوئیه و مه به اوج خود رسیده و در ماه‌های ژانویه، دسامبر و نوامبر در حداقل میزان قرار دارد.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.51.13.0]
[DOI: 10.29252/jgs.18.51.87]

چولگی به راست فراوانی وقوع روزهای توأم با توفان‌های گردوغبار ایستگاه خرم‌آباد مبین تقارن و وضعیت تداوم افزایشی فراوانی وقوع روزهای توأم با توفان‌های گردوغبار در ایستگاه خرم‌آباد است که اوج آن در ماه نوامبر و کمینه آن در ماه آوریل قرائت گردید.

جدول (۱). فراسنج های آماری توصیفی فراوانی وقوع ماهانه روزهای توام با گردوغبار خرم‌آباد (۱۹۵۲-۲۰۱۵)

عامل	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات	حداقل	حداکثر	دامنه	چولگی	مد
ژانویه	۰/۲۶	**۰/۵۳**	**۲۰۵**	۰	۲	**۲**	۲	۵۱
فوریه	۱/۴	۲/۳۵	۱۶۹	۰	۱۱	۱۱	**۲/۶۱**	۳۳
مارس	۲/۶	۳/۵۹	۱۳۹	۰	۱۸	۱۸	۲/۱۱	۲۳
آوریل	**۳/۳۱**	۴/۱۵	**۱۲۷**	۰	۱۹	۱۹	۱/۷	۲۱
مه	**۳/۵۷**	۴/۳۷	**۱۲۴**	۰	۲۱	**۲۱**	۱/۷۴	۲۱
ژوئن	**۳/۴۸**	**۴/۸۸**	۱۴۲	۰	۱۸	۱۸	۱/۷۳	۲۱
ژوئیه	**۳/۵۴**	**۵/۵۲**	۱۵۸	۰	۲۵	**۲۵**	۱/۹۵	۳۳
اوت	۱/۹۶	۳/۰۹	۱۵۹	۰	۱۶	۱۶	۲/۳۳	۳۲
سپتامبر	۱/۱	۲/۰۲	۱۸۸	۰	۱۰	**۱۰**	**۲/۶۱**	۳۸
اکتبر	۰/۹	۱/۷۵	۱۹۶	۰	۷	**۷**	۲/۲۴	۴۴
نوامبر	۰/۱۸	**۰/۵۸**	**۳۱۶**	۰	۴	**۴**	**۴/۸۳**	۵۶
دسامبر	۰/۲۸	۰/۶۲	**۲۲۵**	۰	۳	**۳**	۲/۵	۵۲

در ادامه شاخص‌های گرایش به مرکز و پراکندگی داده‌های مربوط به فراوانی روزهای توأم با گرد و غبار در مقیاس زمانی فصلی محاسبه و در جدول (۲) درج گردیده است.

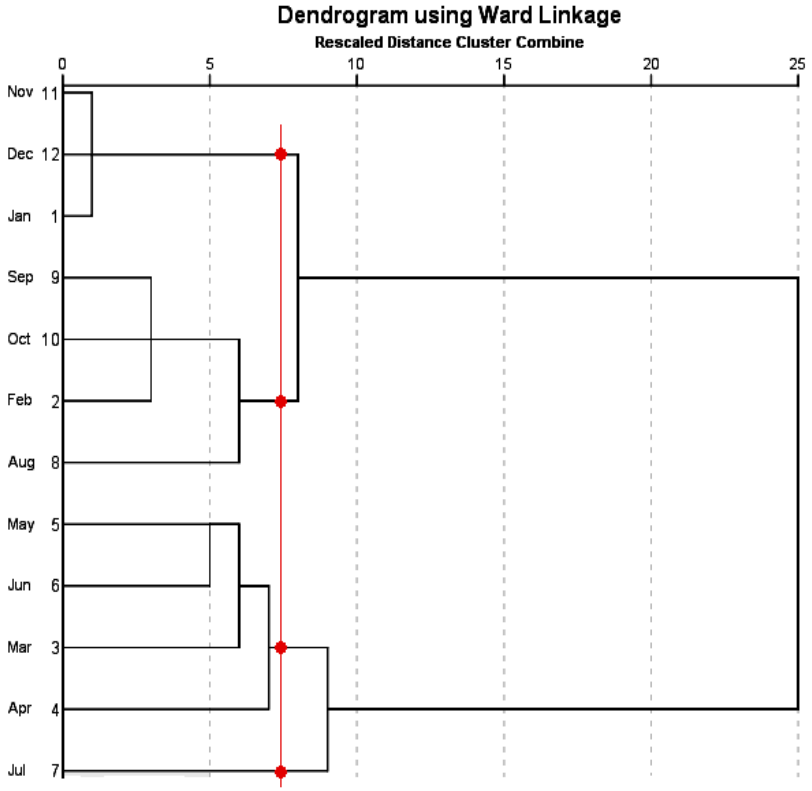
جدول (۲). فراسنج‌های آماری توصیفی فراوانی وقوع فصلی و سالانه روز های توام با گردوغبار خرم آباد (۱۹۵۲-۲۰۱۵)

عامل	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات	حداقل	حداکثر	دامنه	چولگی	مد
زمستان	۴/۲۳	۵/۲۷	۱۲۴	۰	۲۵	۲۵	۱۲۴	۱۲
بهار	**۱۰/۲۲**	**۱۲/۰۶**	۱۱۸	۰	۴۸	۴۸	۱۱۸	۸
تابستان	۶/۵۱	۹/۲۲	**۱۴۱**	۰	۴۷	۴۷	۱۴۱	۲۰
پاییز	**۱/۳۵**	**۲/۳۲**	**۱۷۱**	۰	۱۳	۱۳	۱۷۱	۳۴
سالانه	۲/۳	۲۵/۷۱	۱۱۵	۰	۱۰۶	۱۰۶	۱۱۵	۵

در مقطع فصلی نیز بهار و سپس تابستان یا به عبارت بهتر دوره گرم سال دارای فراوانی وقوع روزهای توأم با توفان‌های گرد و غباری بیشتری نسبت به دوره سرد سال است. کمینه فراوانی وقوع روزهای توأم با توفان‌های گرد و غبار ایستگاه خرم‌آباد در پائیز ثبت گردید. سایر شاخص‌های گرایش به مرکز و پراکندگی داده‌های مربوط به فراوانی وقوع روزهای توأم با توفان‌های گردوغبار ایستگاه خرم‌آباد کم و بیش از وضعیت ماهانه پیروی می‌کنند.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.51.13.0]
[DOI: 10.29252/jgs.18.51.87]

با توجه به شکل خوشه‌های فراوانی ماهانه وقوع روزهای توأم با توفان‌های گردوغبار ایستگاه خرم‌آباد که با استفاده از روش وارد انجام شده شکل (۱) معلوم شد که راه‌حل یا برش ۴ خوشه‌ای توزیع و طبقه‌بندی ماهانه فراوانی وقوع روزهای توأم با توفان‌های گرد و غبار ایستگاه خرم‌آباد را به نحو مطلوب‌تری انجام داده است. شکل (۱).



شکل (۱). دندروگرام (درخت خوشه‌بندی) ۴ خوشه‌ای حاصل از اعمال روش وارد بر فراوانی ماهانه وقوع روزهای توأم با توفان‌های گردوغباری ایستگاه خرم‌آباد

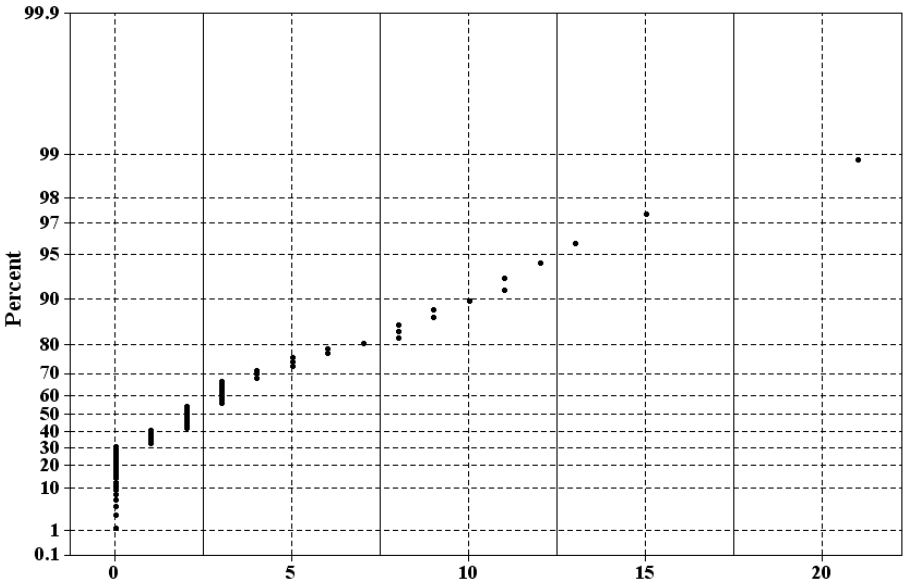
اعضای خوشه‌ها به ترتیب از کمترین مقدار فراوانی وقوع روزهای توأم با توفان‌های گرد و غبار ایستگاه خرم‌آباد عبارتند از: ۱- خوشه اول شامل ماه‌های کم وقوع نوامبر، دسامبر و ژانویه ۲- خوشه دوم دربرگیرنده حد واسط سپتامبر، اکتبر، فوریه و با کمی اختلاف اوت ۳- خوشه چهارم مشتمل بر ماه‌های پر فراوانی مه، ژوئن، مارس و آوریل ۴- خوشه چهارم شامل خوشه تک عضوی ژوئیه که دارای بیشترین فراوانی وقوع روزهای توأم با توفان-های گردوغبار در ایستگاه خرم‌آباد است.

توزیع احتمال فراوانی وقوع روزهای توأم با توفان های گرد و غباری

آزمون نکویی برازش ناشی از اعمال روش‌های مختلف توزیع احتمال وقوع بر داده‌های ماهانه فراوانی وقوع روزهای توأم با توفان‌های گرد و غبار ایستگاه خرم‌آباد نشان داد که با توجه به ضرایب اندرسون دارلینگ و P Value، بهترین روش، روش حداکثر مقادیر فرین است. لازم به ذکر است که در مقطع ماهانه این آزمون فقط

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.51.13.0]
[DOI: 10.29252/jgs.18.51.87]

برای ماه‌های دارای بالاترین فراوانی وقوع روزهای توأم با توفان‌های گرد و غباری انجام شد و بقیه ماه‌ها به علت داشتن اهمیت کمتر به لحاظ وقوع توفان‌های گرد و غباری مورد آزمون قرار داده نشدند. در شکل (۲) توزیع احتمال فراوانی وقوع روزهای توأم با توفان‌های گرد و غباری ایستگاه خرم‌آباد در ماه بیشینه مه (اردیبهشت) ترسیم و نشان داده شده‌اند.

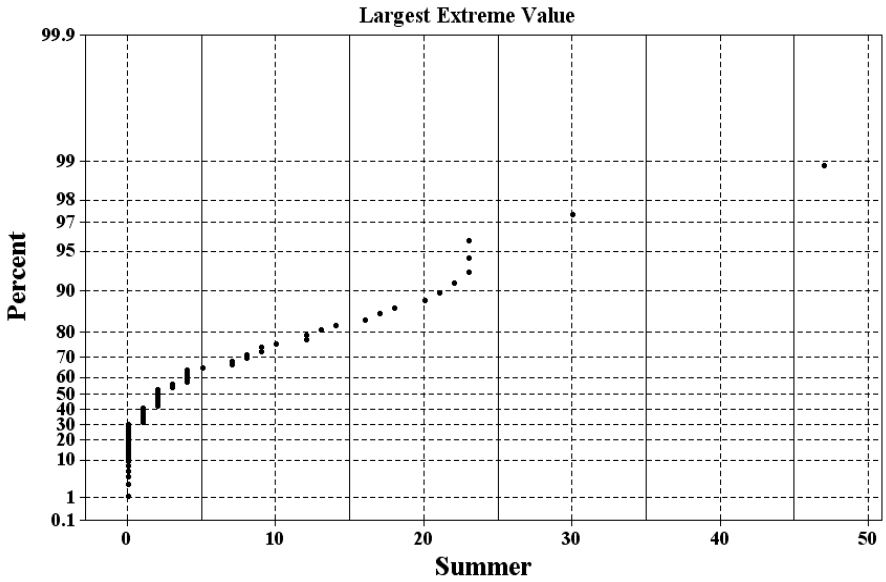


شکل (۲). توزیع احتمال مقادیر فرین بیشینه برای فراوانی وقوع توفان‌های گرد و خاک ایستگاه خرم‌آباد در ماه مه

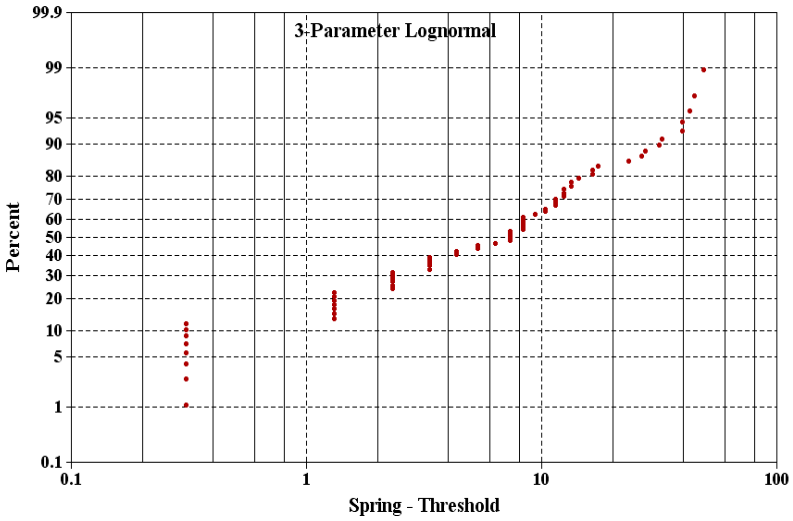
در بازه زمانی فصلی نیز آزمون توزیعات مختلف آماری نشان دادند که بهترین توزیع احتمال برای فراوانی وقوع توفان‌های گرد و غباری ایستگاه خرم‌آباد در فصل تابستان مقادیر فرین بیشینه شکل (۳)، فصل بهار شکل (۴) و زمستان لاگ نرمال سه پارامتری و پائیز لاجستیک هستند.

توزیع احتمال فراوانی وقوع توفان‌های گرد و غباری ایستگاه خرم‌آباد در بازه سالانه نیز بهترین برازش را با روش توزیع احتمال لاگ نرمال سه پارامتری شکل (۵) نشان داد که مانند ماه‌های مه، ژوئیه و ژوئن و همچنین فصول چهارگانه نشانگر غیر خطی بودن و نوسان شدید زمانی وقوع توفان‌های گرد و غباری در خرم آباد است.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.51.13.0]
[DOI: 10.29252/jgs.18.51.87]



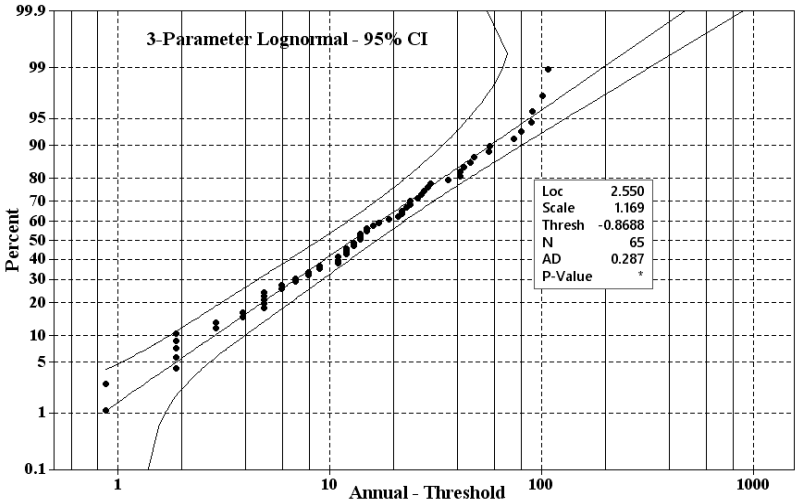
شکل (۳). توزیع احتمال مقادیر فرین بیشینه بر فراوانی وقوع توفان های گرد و خاک ایستگاه خرم آباد در فصل تابستان



شکل (۴). توزیع احتمال لاگ نرمال سه پارامتری بر فراوانی وقوع توفان‌های گرد و خاک ایستگاه خرم‌آباد در فصل بهار

با توجه به نمودار توزیع فراوانی احتمال این که در سال توفان‌های گرد و غباری با فراوانی بیش از ۱۰۶ روز در سال به وقوع بپیوندند، یک دهم است و این یعنی هر صد سال یک بار ممکن است، فراوانی وقوع توفان‌های گرد و غباری ایستگاه خرم‌آباد از ۱۰۶ روز در سال بیشتر شود. در مقابل احتمال این که وقوع توفان‌های گرد و غباری ایستگاه خرم آباد زیر ۱۰۶ روز باشد ۹۹ درصد است.

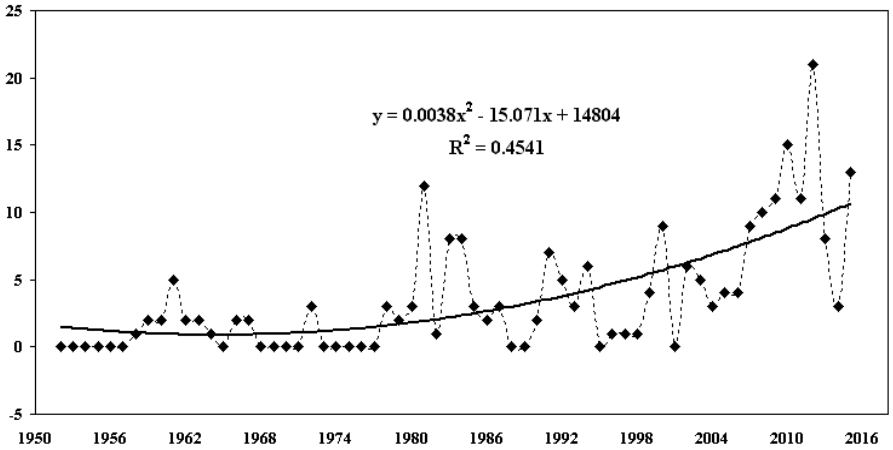
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.51.13.0]
[DOI: 10.29252/jgs.18.51.87]



شکل (۵). توزیع احتمال لاگ نرمال بر فراوانی سالانه وقوع توفان‌های گرد و خاک ایستگاه خرم‌آباد

تحلیل روند فراوانی وقوع روزهای توأم با توفان‌های گردوغبار

برای بیان بهتر نوسانات زمانی فراوانی وقوع توفان های گردو غباری خرم‌آباد، اقدام به تحلیل روند تغییرات زمانی توفان‌های گرد و غباری خرم‌آباد در بازه‌های زمانی ماهانه برای سه ماه اصلی و پرتمرکز مه، ژوئیه و ژوئن، و همچنین بازه‌های فصلی و سالانه شد. تحلیل روند تغییرات زمانی ماه مه نشان می‌دهد که فراوانی وقوع توفان‌های گرد و غباری ایستگاه خرم‌آباد در ماه یاد شده صعودی و افزایشی است. شکل (۶).

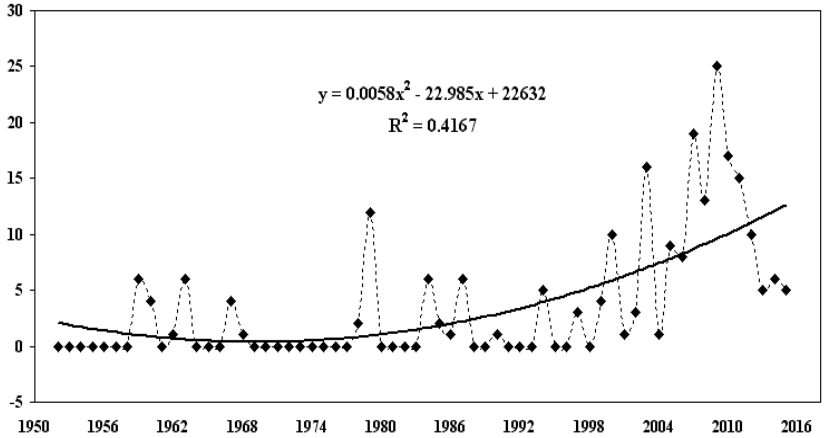


شکل (۶). روند پلی نومیال دو جمله‌ای تغییرات وقوع توفان های گرد و خاک ایستگاه خرم آباد در ماه مه

با توجه به روند تغییرات زمانی و معادله رگرسیون و خصوصاً ضریب تبیین معادله می‌توان گفت که رگرسیون یا روند پلی نومیال دو جمله‌ای توانسته بیش از ۴۵ درصد تغییرات زمانی مثبت فراوانی وقوع توفان‌های گرد و غباری ایستگاه خرم‌آباد را در ماه مه تبیین کند. بر این اساس می‌توان گفت که در بازه ۶۴ ساله مورد مطالعه فراوانی وقوع توفان‌های گرد و غباری ایستگاه خرم‌آباد در بستر زمان دارای بیش از ۴۵ درصد تغییر بوده و با فاصله اطمینان ۹۵ درصد در آینده شاهد افزایش فراوانی وقوع توفان‌های گرد و غباری در ایستگاه خرم‌آباد

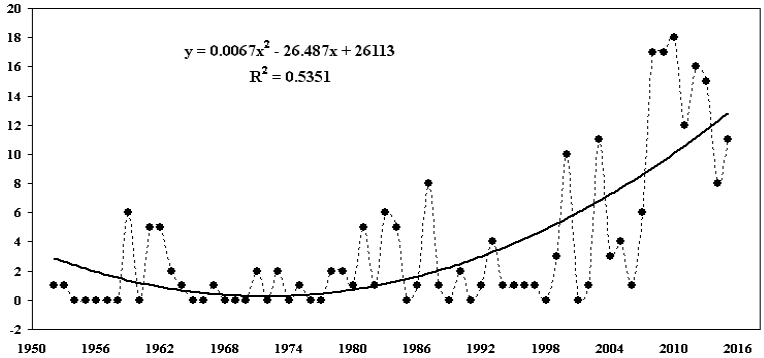
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.51.13.0]
[DOI: 10.29252/jgs.18.51.87]

خواهیم بود. همان منوالی که برای ماه مه ذکر شد با اندکی شدت کمتر و با ضریب تبیین نزدیک ۴۲ درصد برای ماه ژوئیه نیز صادق است و روند صعودی فراوانی وقوع توفان‌های گرد و غباری خرم‌آباد در ماه ژوئیه نیز به احتمال ۹۵ درصد در آینده افزایش خواهد داشت. شکل (۷).



شکل (۷). روند پلی نومیال دو جمله‌ای تغییرات وقوع توفان‌های گرد و خاک ایستگاه خرم‌آباد در ماه ژوئیه

روند تغییرات زمانی فراوانی وقوع توفان‌های گرد و غباری ایستگاه خرم‌آباد در ماه ژوئن در شکل (۸) نشان داده شده است. همان طور که ملاحظه می‌شود شیب تغییرات مثبت و صعودی فراوانی وقوع توفان‌های گرد و غباری ایستگاه خرم‌آباد در ماه ژوئن با شدت بیشتری تداوم یافته و دارای ضریب تبیین بیش از ۵۳ درصد در ۶۴ سال دوره آماری است. با این وصف فراوانی وقوع توفان‌های گرد و غباری ایستگاه خرم آباد در ماه ژوئن نسبت به سایر ماه‌های سال بیشتر بوده و به احتمال ۹۵ درصد در آینده در ماه‌های ژوئن ایستگاه خرم‌آباد شاهد وقوع توفان‌های گرد و غباری بیشتری خواهد بود. لازم به ذکر است که با توجه به شدت روند افزایشی فراوانی وقوع توفان‌های گرد و غباری ایستگاه خرم‌آباد در ماه‌های سه گانه مه، ژوئیه و ژوئن و معلوم بودن معنی‌داری روند تغییرات نمودار من‌کندال برای آشکارسازی روند تغییرات استفاده نشده است.

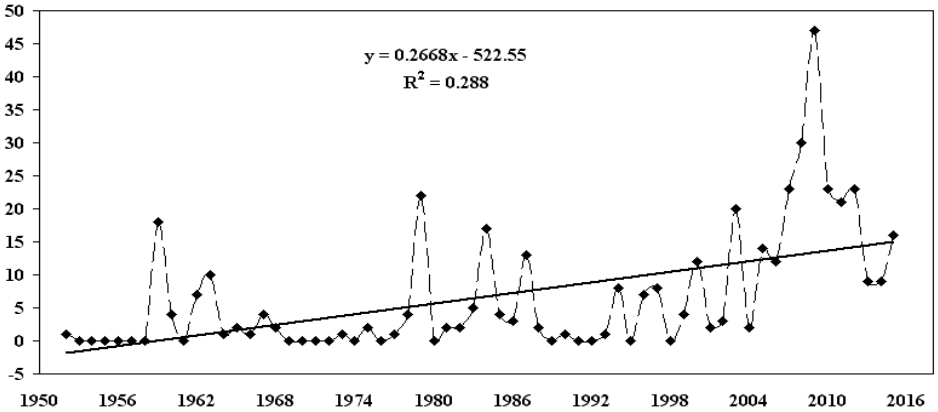


شکل (۸). روند پلی نومیال دو جمله ای تغییرات وقوع توفان‌های گرد و خاک ایستگاه خرم آباد در ماه ژوئن

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.51.13.0]
[DOI: 10.29252/jgs.18.51.87]

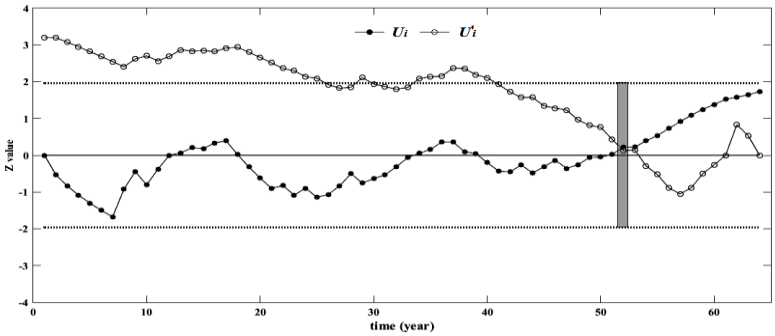
تحلیل روند تغییرات زمانی فراوانی وقوع توفان‌های گرد و غباری ایستگاه خرم آباد در فصول مختلف نشان داد که غیر از فصل پائیز که دارای روند خنثی بوده و روند مشخص کاهشی یا افزایشی نشان نمی‌دهد در سایر فصول روند تغییرات زمانی وقوع توفان های گرد و غباری ایستگاه خرم آباد مثبت و معنی‌دار است.

در فصل تابستان روند تغییرات زمانی فراوانی وقوع توفان‌های گرد و غباری ایستگاه خرم آباد به صورت خطی دارای ضریب تبیین بیش از ۲۸ درصدی بوده و به احتمال ۹۵ درصد در آینده بر فراوانی وقوع توفان‌های گرد و غباری ایستگاه خرم آباد در تابستان افزوده خواهد شد. شکل (۹). در مدل پلی نومیال ضریب تبیین تا ۲۸ درصد قابل ارتقاء است، ما چون هدف مطالعه پیش بینی نیست، از روند خطی استفاده گردید.



شکل (۹). روند خطی تغییرات وقوع توفان های گرد و خاک ایستگاه خرم آباد در فصل تابستان

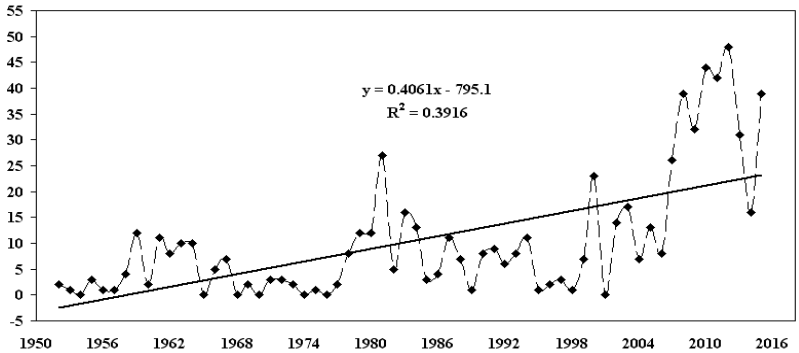
به منظور آشکارسازی وجود روند معنی‌دار در سری زمانی فراوانی وقوع توفان‌های گرد و غباری ایستگاه خرم-آباد در تابستان آزمون من‌کندال به کار برده شد. همان گونه که در شکل (۱۰) مشاهده می‌شود، روند مذکور مثبت، صعودی و معنی‌دار است. نقطه عطف تغییرات سال ۲۰۰ حادث شده است.



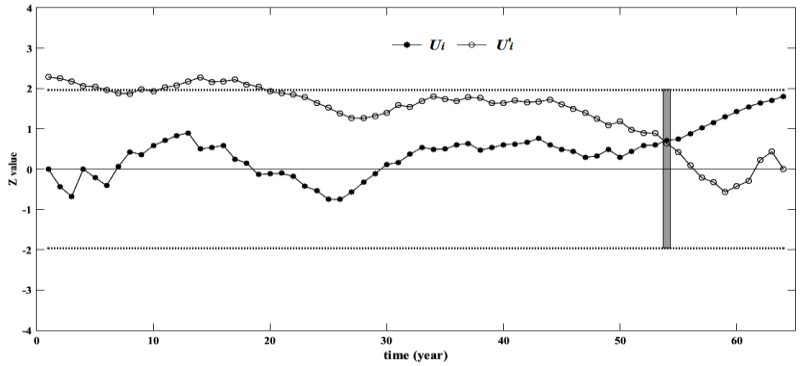
شکل (۱۰). نمودار من کندال برای آشکارسازی روند تغییرات تابستانه فراوانی وقوع توفان های گرد و غباری خرم آباد

تحلیل روند تغییرات زمانی فراوانی وقوع توفان‌های گرد و غباری ایستگاه خرم آباد در بهار نشان می‌دهد که روند شدید و خطی بوده و با ضریب تبیین بیش از ۳۹ درصد دارای شیب تند تغییرات مثبت و صعودی است شکل (۱۱). با توجه به معنی‌داری روند تغییرات شکل (۱۲) در آینده بر فراوانی وقوع توفان‌های گرد و غبار بهاری خرم آباد افزوده خواهد شد.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.51.13.0]
[DOI: 10.29252/jgs.18.51.87]

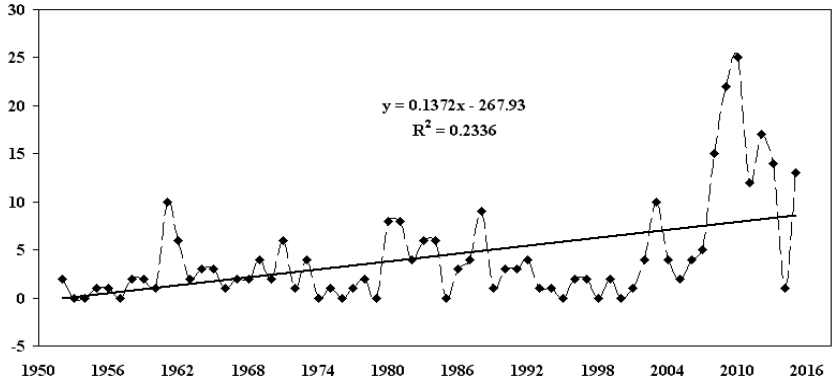


شکل (۱۱). روند خطی تغییرات وقوع توفان های گرد و خاک ایستگاه خرم آباد در فصل بهار



شکل (۱۲). نمودار من کندال برای آشکارسازی روند تغییرات بهاری فراوانی وقوع توفان های گرد و غباری خرم آباد

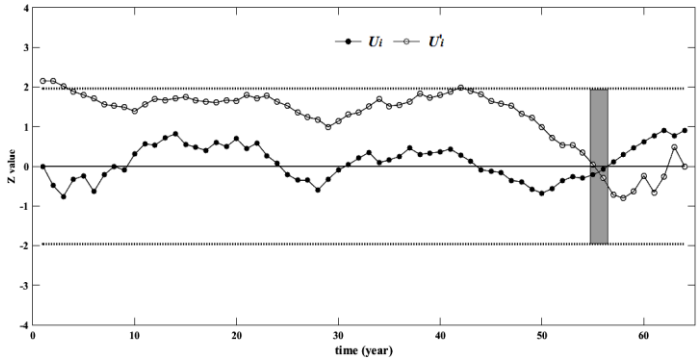
همان‌گونه که در نمودار من‌کندال مندرج در شکل (۱۲) مشخص است، نقطه عطف تغییرات صعودی بهاره وقوع توفان‌های گرد و غباری خرم آباد در سال ۲۰۰۴ اتفاق افتاده است. روند تغییرات زمانی فراوانی وقوع توفان‌های گرد و غباری خرم آباد در زمستان نیز تابع روند شدید خطی بوده ولی نسبت به فصول تابستان و خصوصاً بهار ضعیف‌تر است و دارای ضریب تبیین بیش از ۲۳ درصد می باشد. شکل (۱۳).



شکل (۱۳). روند خطی تغییرات وقوع توفان های گرد و خاک ایستگاه خرم آباد در فصل زمستان

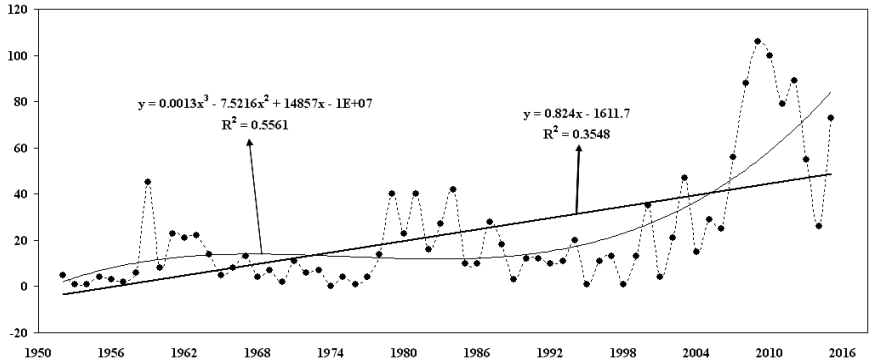
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.51.13.0]
[DOI: 10.29252/jgs.18.51.87]

نمودار من‌کندال ترسیمی در شکل (۱۴) نشان می‌دهد که روند تغییرات مثبت و صعودی و معنی‌دار بوده و نقطه عطف تغییرات در سال ۲۰۰۷ اتفاق افتاده است.



شکل (۱۴). نمودار من کندال برای آشکارسازی روند تغییرات زمستانه فراوانی وقوع توفان های گرد و غباری خرم آباد

در بازه سالانه نیز مانند سه فصل غیر از پائیز روند تغییرات زمانی فراوانی وقوع توفان‌های گرد و غباری ایستگاه خرم آباد مثبت، صعودی و معنی‌دار است. همان گونه که در شکل (۱۵) مشاهده می‌شود، تغییرات زمانی روند سالانه فراوانی وقوع توفان‌های گرد و غباری ایستگاه خرم آباد با رقم بیش از ۳۵ درصد در روند خطی و بیش از ۵۵ درصد در روند پلی نومیال درجه ۳ قابل تبیین است که رقم چشمگیری محسوب می‌شوند.



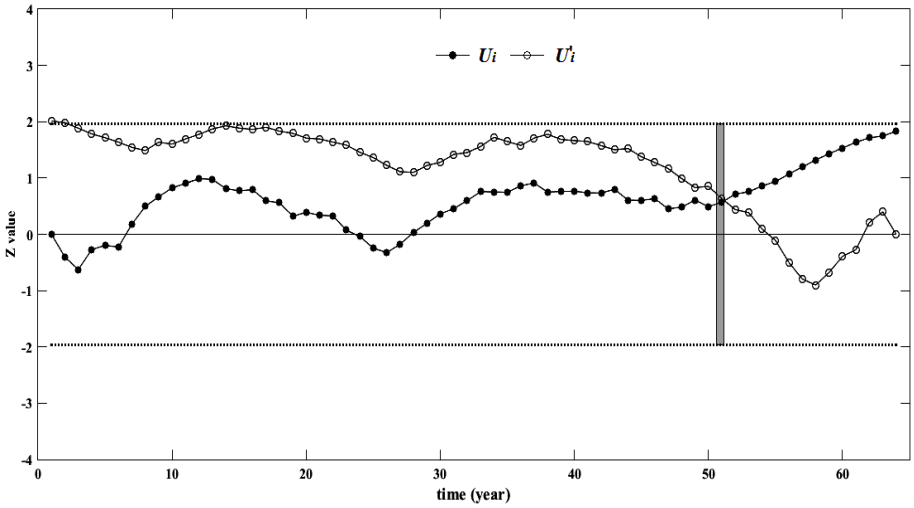
شکل (۱۵). روند خطی و پلی نومیال سه جمله‌ای تغییرات سالانه وقوع توفان‌های گرد و غبار خرم‌آباد در بازه زمانی ۱۹۵۲-۲۰۱۵

از ادغام دو مدل روند خطی و پلی نومیال سه دوره نوسان مشخص در سری زمانی فراوانی وقوع توفان‌های گرد و غباری ایستگاه خرم آباد مشخص شده است. این دوره‌ها از محل تلاقی خطوط روند با همدیگر قابل تشخیص هستند. دوره اول دوره افزایشی ۱۹۵۲ تا ۱۹۷۳ است. دوره دوم که نزولی است مربوط به حد فاصل سال‌های ۱۹۷۴ تا ۲۰۰۶ است و دوره سوم که روند افزایشی شدیدی را بر سری تحمل نموده است مربوط به سال‌های بعد از ۲۰۰۷ تا سال ۲۰۱۵ می‌باشد.

نمودار من‌کندال به وضوح مبین وجود روند معنی‌دار در سری زمانی فراوانی سالانه وقوع توفان‌های گرد و غباری ایستگاه خرم‌آباد بوده و نشان می‌دهد که در سال‌های آینده به احتمال ۹۵ درصد بر فراوانی وقوع توفان-

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.51.13.0]
[DOI: 10.29252/jgs.18.51.87]

های گرد و غباری خرم‌آباد افزوده خواهد شد. نقطه عطف تغییرات توزیع روند فراوانی وقوع سالانه توفان‌های گرد و غباری خرم‌آباد در نمودار من‌کندال مشاهده ۵۱ را که مربوط به سال ۲۰۰۲ است، نشان می‌دهد. شکل (۱۶).



شکل (۱۶). نمودار من کندال برای آشکارسازی روند تغییرات سالانه فراوانی وقوع توفان های گرد و غباری خرم آباد

نتیجه گیری

این پژوهش نشان داد که فراوانی وقوع توفان‌های گرد و غباری ایستگاه خرم‌آباد در اغلب ماه‌های سال خصوصاً سه ماه تمرکز اصلی قابل توجه مه، ژوئن و ژوئیه که ترتیب زمانی آنها از اردیبهشت تا تیر ماه است به طرز قابل توجهی در حال افزایش است که نتیجه افزایش مذکور در روند فراوانی وقوع توفان‌های گرد و غباری ایستگاه خرم آباد در فصول بهار و تابستان بسیار قابل توجه بوده و در آنها منعکس شده است. همچنین فراوانی وقوع توفان‌های گرد و غباری ایستگاه خرم آباد در فصل زمستان نیز صعودی و دارای روند معنی‌داری است. با توجه به این که تمرکز ماهانه و فصلی فراوانی وقوع توفان‌های گرد و غباری ایستگاه خرم آباد در دوره گرم سال است می‌توان به نقش خشکی هوا و به تبع از آن زمین در دوره مذکور به عنوان عاملی برای افزایش فراوانی وقوع توفان‌های گرد و غباری ایستگاه خرم آباد اشاره نمود که اگر این مساله صحت داشته باشد، می‌توان گفت که منشاء و منبع اصلی گرد و غبارهای خرم آباد محلی بوده و از خود منطقه نشأت می‌گیرند.

نتایج به دست آمده در این تحقیق با نتایج کار عالی‌پور (۱۳۹۵) که ضمن بررسی تغییرات زمانی وقوع فراوانی روزانه توفان‌های گرد و غباری، اثر الگوهای پیوند از دور بر وقوع آنها را هم بررسی کرده است، همخوانی دارد و نشان می‌دهد که تقریباً در تمام ایستگاههای کشور و خصوصاً منطقه غرب ایران و خرم‌آباد بر فراوانی وقوع توفان‌های گرد و غباری به صورت معنی‌داری افزوده شده است.

نکته بسیار مهمی که از روند افزایشی فراوانی وقوع توفان‌های گردوغباری خرم آباد و ایستگاه‌های مشابه در کل ایران و دنیا استنباط می‌شود، این است که این افزایش‌ها با توجه به نقشی که در کدر کردن هوا و نرسیدن انرژی تابیده از خورشید به سطح زمین دارند، از نشانه‌های احتمالی کاهش دما یا ورود به عصر یخبندان جدید است که منابع علمی وقوع آن را در سال ۲۰۳۰ پیش‌بینی کرده‌اند. بر این اساس افزایش فراوانی وقوع توفان-

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.51.13.0]
[DOI: 10.29252/jgs.18.51.87]

های گرد و غباری ایستگاه خرم‌آباد می‌تواند نشانی از پایان دوره گرمایش جهانی و آغازی برای ورود به دوره سرمایش جهانی یا عصر یخبندان پیش‌بینی شده باشد.

منابع

امیدوار، کمال؛ معصومه نبوی‌زاده سوخته‌زار، فاطمه، (۱۳۹۳)، **بررسی و تحلیل پدید گرد و غبار و وزش بادهای گرد و غبارزا در خرم‌آباد**، دومین اجلاس ملی مخاطرات محیط زیست زاگرس، تهران، انجمن مهندسین محیط زیست زاگرس لرستان.

پرویدنتسف، یوری پترویچ؛ زندی، رحمان، قربانی، محمد، (۱۳۹۲)، **تحلیل شدت و تداوم طوفان‌های گرد و غبار در استان خوزستان**، سومین همایش ملی فرسایش بادی و توفان‌های گرد و غبار، یزد، انجمن علمی مدیریت و کنترل مناطق بیابانی ایران.

پورزدی، وحید، (۱۳۸۶)، **مطالعه اقلیمی طوفان گرد و خاک با بررسی سامانه‌های همدیدی موارد خاص در فرودگاه دز فول**، پایان‌نامه کارشناسی ارشد هواشناسی، دانشکده علوم و فنون دریایی، به راهنمایی مهندس احمد عسکری.

حسین‌حمزه، نسیم، فتاحی، ابراهیم، غفاریان، پروین، (۱۳۹۲)، **تحلیل همدیدی و آماری توفان‌های گرد و غبار در شهرهای منتخب استان خوزستان**، سومین همایش ملی فرسایش بادی و توفان‌های گرد و غبار، یزد، انجمن علمی مدیریت و کنترل مناطق بیابانی ایران.

خوشحال، جواد، قویدل رحیمی،یوسف، (۱۳۸۷)، **کاربرد آزمون ناپارامتری من-کندال در برآورد تغییرات دمایی مطالعه موردی: دماهای کرانگین ایستگاه اصفهان**، فصلنامه فضای جغرافیایی، ۲۲ (۱۸): ۲۱- ۳۸.

خوش‌کیش، اسدالله؛ علیجانی، بهلول؛ حجازی‌زاده، زهرا، (۱۳۹۰)، **تحلیل سینوپتیکی سامانه‌های گرد و غبار در استان لرستان**، تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۱ (۲۲): ۹۱- ۱۱۰.

شکاری، محمدرضا،ابراهیمی، حیدر.، (۱۳۹۲)، **بررسی روند تغییرات فراوانی وقوع گرد و غبار در نیمه غربی ایران طی دوره زمانی ۱۳۸۴-۱۳۴۰**، سومین همایش ملی فرسایش بادی و توفان‌های گرد و غبار، یزد، انجمن علمی مدیریت و کنترل مناطق بیابانی ایران.

شیرازی، محمود، (۱۳۸۳)، **روش‌های آمار کاربردی با رویکرد آمار در پژوهش**، انتشارات شکوه اندیشه، تهران.

صفری، اعظم، (۱۳۹۲)، **شناسایی منابع غبار توفان های گرد و غباری جنوب غرب ایران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد**، گرایش برنامه‌ریزی محیطی، دانشگاه فردوسی مشهد.

صلاحی، برومند، مرادی، مسعود، عالی‌جهان، مهدی، (۱۳۹۴)، **واکاوی شرایط همدید-سنجش از دور رخداد توفان گرد و خاک در شمال غرب ایران (مهر ۱۳۹۲)**، انجمن جغرافیایی ایران، ۴۴: ۷۳-۹۳.

عالی‌پور، ابراهیم، (۱۳۹۵)، **تحلیل اثر الگوهای پیوند از دور بر تغییرات زمانی-مکانی طوفان‌های گرد و غبار ایران**، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مخاطرات آب و هواشناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس.

علیجانی، بهلول. (۱۳۸۴). **آب و هوای ایران**، چاپ سوم، انتشارات دانشگاه پیام نور، تهران.

فرجزاده، منوچهر؛ علیزاده، خاطره، (۱۳۹۰)، **تحلیل زمانی و مکانی توفان‌های گرد و خاک در ایران**، برنامه ریزی و آمایش فضا، ۱۵ (۱): ۶۵-۸۴.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.51.13.0]

[DOI: 10.29252/jgs.18.51.87]

فرشادفر، عزت‌الله، (۱۳۸۱)، **اصول روش‌های آماری**، جلد دوم، انتشارات دانشگاه رازی کرمانشاه.

میوه، ترانه، قربانیان، جبرئیل، (۱۳۹۴)، **تحلیل روند وقوع پدیده اقلیمی طوفان های گردوغبار در شهر اهواز با استفاده از روش من- کندال**، سومین کنفرانس ملی توسعه پایدار در علوم جغرافیا و برنامه ریزی، معماری و شهرسازی، تهران، مرکز راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار.

نکونام، زری. (۱۳۸۷). **بررسی و تحلیل توفان‌های گردو غبار در شهرستان سبزوار**، پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه یزد.

یاراحمدی، داریوش؛ نصیری، بهروز؛ خوش‌کیش، اسدالله؛ نیکبخت، حاتم، (۱۳۹۳)، **تاثیر نوسانات آب و هوایی بر رخداد پدیده‌ی گرد و غبار (مطالعه موردی گرد و غبار های غرب و جنوب غرب ایران)**، مهندسی اکوسیستم بیابان، ۵: ۱۹-۲۸.

Al- Frraji Fadahil. 2001. **ating desertification in Iraq** , desertification control Bulletin 33: 42.

Awad A; Mashat A.W. 2014.**The Synoptic Patterns Associated with Spring Widespread Dusty Days in Central and Eastern Saudi Arabia**, Atmosphere, 5, (4):889-913.

Dayan U; Ziv B; Shoob T; Enzel Y. 2007. **Suspended dust over southeastern Mediterranean and its relation to atmospheric circulations**, International Journal of Climatology, 28 (7):915–924, DOI: 10.1002/joc.1587.

Feng Q, Cheng K .2002. **torms in China : A case study of dust storm varation and dust characteristics** , Bull Eng Geol Env 61 ,pp : 61.

Goudie, A.S .2009. **Dust storms: Recent developments**, Journal of Environmental Management, 90: 89–94.

Indoitu R; Orlovsky L; Orlovsky N. 2012. **Dust storms in Central Asia: Spatial and temporal variations**, Journal of Arid Environments, 85: 62-70.

Liu G, S. U Park .2007. **The logarithm-linear relationship of the occurrence frequency to the duration of sand- dust storm: Evidence from observational data in china**, Journal of Arid Environments, 71: 243-249.

NOAA .2003. **Dust storm, Sand storms and related NOAA activities in the Middle East, NOAA,** Magazine Online, pp : 1-4.

Shao Y; Klose M; Wyrwoll K.H. 2013.**Recent global dust trend and connections to climate forcing**, Journal of geophysical research, 118(19): 11107–11118.

Song H; Zhang K; Piao Sh; Wan Sh .2016**. Spatial and temporal variations of spring dust emissions in northern China over the last 30 years**, Atmospheric Environment, 126: 117–127.

Zijiang Zhiu, wang xiwen .2012. **Analysis of the severe group dust storms in eastern part of northwest china**, journal of Geographical sciences 12, 3, 357-362.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.51.13.0]
[DOI: 10.29252/jgs.18.51.87]