

تحلیل فراوانی تغییرات مکانی طوفان‌های گرد و غبار در فلات مرکزی ایران

فرشاد سلیمانی ساردو: استادیار، گروه مهندسی طبیعت، دانشکده‌ی منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت، کرمان، ایران

طیبه مصباح‌زاده*: دانشیار، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده‌ی منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

سعیده ناطقی: استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات مرتع، مؤسسه‌ی تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی،

تهران

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخچه مقاله (تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۰۷)

چکیده

یکی از بلاهای طبیعی که متأسفانه هر ساله خسارت‌های فراوانی به ویژه در نواحی خشک و نیمه‌خشک بر جا می‌گذارد، پدیده‌ی گرد و غبار است. افزایش آلودگی و در پی آن کاهش شاخص کیفیت هوا برای جوامع بشری، از مهم‌ترین نتایج وقوع گرد و غبار می‌باشد. به همین منظور، تحقیق و مطالعه‌ی این پدیده امری ضروری به نظر می‌رسد. شناسایی کانون‌های گرد و غبار و آگاهی داشتن از فراوانی و تغییرات مکانی روزهای گرد و غبار، اهمیت زیادی دارد. طوفان‌های گرد و غبار در منطقه‌ی فلات مرکزی ایران با وجود بیابان‌های لوت و دشت کویر (بیابان مرکزی)، از مهم‌ترین معضلات زیست محیطی این مناطق به شمار می‌رود. برای بررسی این طوفان، از ۳۷ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک در طی دوره‌ی آماری ۲۰۱۸-۱۹۹۹ استفاده شد. برای شناسایی ایستگاه‌های سینوپتیک مهم و فراوانی روزهای گرد و غبار در دوره بازگشت‌های ۵، ۲۵ و ۵۰ ساله، از توزیع‌های آماری استفاده شد. نتایج نشان داد توزیع‌های آماری **Johnson SB** و **Log-Logistic(3P)** مناسب‌ترین توزیع‌های آماری منطقه است. نتایج تحلیل فراوانی و تغییرات الگوی مکانی در منطقه‌ی مورد مطالعه در دوره بازگشت‌های ۵، ۲۵ و ۵۰ ساله نیز نشان داد که قسمت‌های جنوب شرقی منطقه (استان‌های سیستان و بلوچستان، استان کرمان) به دلیل مجاورت با تالاب‌های هامون و جازموریان و قسمت‌های شرقی استان اصفهان و جنوب استان سمنان - که در مجاورت بیابان مرکزی قرار دارند - بیشترین فراوانی روزهای گرد و غبار را خواهند داشت.

واژگان کلیدی: تغییرات مکانی، توزیع‌های آماری **Johnson SB** و **Log-Logistic(3P)**، فلات مرکزی

ایران، گرد و غبار.

۱- مقدمه

یکی از بلاهای طبیعی که متأسفانه هر ساله خسارت‌های فراوانی به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک به جا می‌گذارد، پدیده‌ی گرد و غبار است (Arami, 2018). طوفان‌های گرد و غبار همیشه به‌عنوان یکی از مخاطرات طبیعی شناخته می‌شود که بخش‌های مختلفی از جمله سلامت، کشاورزی، حمل‌ونقل و ... را تحت تأثیر قرار می‌دهد و عواقب

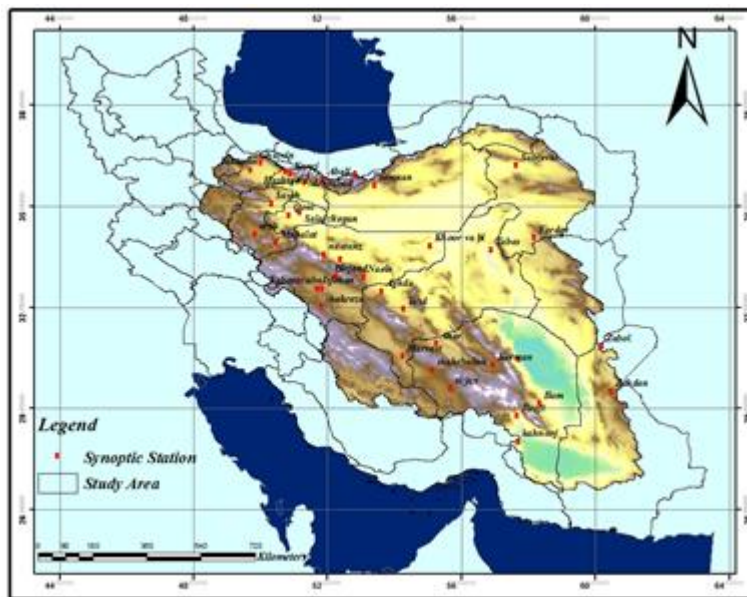
بسیار گسترده‌ای به ویژه کاهش حاصلخیزی خاک، آسیب زدن به محصولات کشاورزی، خشک شدن پوشش‌های گیاهی طبیعی، اختلال در سامانه‌های ارتباطی، اختلال در سامانه‌های مکانیکی (Jish Prakash et al, 2014) و بالا بردن خطر بیماری‌های تنفسی (Lyles et al, 2012 & Ebrahimi et al, 2014) را به همراه دارد. به‌طور کلی به نظر می‌رسد در سال‌های اخیر، عوامل طبیعی و انسان‌ساز سبب شده‌اند فراوانی و شدت طوفان‌های گرد و غبار در کشور افزایش یابد. از مهم‌ترین عوامل طبیعی می‌توان به کاهش بارش، تداوم خشک‌سالی و گرمایش جهانی اشاره کرد و از عوامل انسان‌ساز نیز می‌توان به مهار آب‌های سطحی، توسعه‌ی کشاورزی و مصرف بی‌رویه‌ی آب‌های زیرزمینی، تخریب سرزمین و استفاده بیش از حد از توان اقلیمی و اکولوژیکی منطقه اشاره کرد که مجموع این عوامل می‌تواند به توسعه‌ی کانون‌های گرد و غبار و افزایش فعالیت آنها منجر شود. گرد و غبار تأثیر قابل‌توجهی بر بودجه‌ی تابشی، چرخه‌های بیوژئو شیمیایی جهانی، ساختمان خاک، ترکیبات شیمیایی اتمسفر، کیفیت هوا و سلامت و بهداشت عمومی دارد (Chappell et al, 2012)؛ به طوری که کل انتشار ذرات معلق جهان ۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰ میلیون تن در سال (Alizadeh Choobari et al, 2014) و مقدار کل گرد و غبار ورودی به جو (ذرات با اندازه‌ی ۰/۲ تا ۲۰ میکرومتر)، ۱۸۷۷ میلیون تن در سال است که از این مقدار ۱۱۵۰ میلیون تن آن در قاره‌ی آفریقا، ۵۷۵ میلیون تن آن در آسیا، ۴۶ میلیون تن در آمریکا و ۱۰۶ میلیون تن در استرالیا تولید می‌شود. بر اساس همین بررسی‌ها، حدود ۲۲۱ میلیون تن گرد و غبار معادل ۱۱/۸ درصد کل گرد و غبار دنیا، از شبه‌جزیره‌ی عربستان و حدود ۱۴۰ میلیون تن گرد و غبار معادل ۷/۵ درصد کل گرد و غبار دنیا، از آسیای مرکزی به جو وارد می‌شود (Tanaka and Chiba, 2006). برآوردها نشان می‌دهد که صحرای بزرگ آفریقا به‌تنهایی ۶۷۰ میلیون تن گرد و غبار در جو زمین رها می‌سازد که ۶۶٪ کل گرد و غبار جوی را شامل می‌شود و بزرگ‌ترین منبع گرد و غبار جهان به شمار می‌رود (Cavazos et al, 2012). ۶۵٪ از فلات ایران به لحاظ ویژگی‌های خاص اقلیمی و موقعیت جغرافیایی، در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک قرار گرفته‌است و از نظر طول و عرض جغرافیایی، با کمربند بیابانی یا کمربند گرد و غبار جهان انطباق دارد (Kok et al, 2012). مناطق خاورمیانه، شمال آفریقا (صحرای بزرگ آفریقا) و آسیای میانه نیز با تولید سالیانه ۱۵۰۰ میلیون تن گرد و غبار، منبع اصلی ذرات معلق در جو کره‌ی زمین است (Rezazadeh et al, 2013). تا کنون مطالعات زیادی و با رویکردهای متفاوتی در زمینه‌ی طوفان‌های گرد و غبار در دنیا انجام شده‌است. Qian و همکاران (۲۰۰۲) پس از بررسی، عامل وقوع طوفان‌های گرد و غبار در کشور چین را گرمایش زمین در بیابان مغولستان و سرمای‌شدن در شمال کشور چین می‌دانند. Fang و Wang (۲۰۰۶) نیز انتشار گرد و خاک را از نظر آماری و سینوپتیکی در آسیای شرقی بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که اگر سیستم‌های سینوپتیکی - که به سمت مناطق بیابانی شمال آسیا می‌وزند - در سطح زمین بادهایی با سرعت بیش از شش متر بر ثانیه ایجاد کنند به گسترش طوفان گرد و خاک منجر می‌شوند. Song و همکاران (۲۰۱۶) پس از مطالعه‌ی تغییرات زمانی و مکانی گرد و غبارهای بهاری در شمال چین از ۱۹۸۲ تا ۲۰۱۱ متوجه شدند که بیشترین رویدادها در بیابان تاکماکان، باداین جاران و اولانبو اتفاق می‌افتد و به‌طور کلی، مقدار انتشار منطقه‌ای گرد و غبار در فصل بهار روند کاهشی را نشان می‌دهد. Khosh Kish و همکاران (۲۰۱۱)، منابع عمده‌ی گرد و غبارهای وارد شده به لرستان را بیابان‌های شمال عربستان، جنوب عراق، جنوب شرق سوریه و تا حدودی شمال صحرای آفریقا می‌دانند. Salahi و همکاران (۲۰۱۵)، با بررسی شرایط همدیدی رخدادهای طوفان‌های گرد و غبار در شمال غرب ایران متوجه شدند شرایطی

که شیب 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 زمینه‌ی شکل‌گیری طوفان گرد و غبار را در شمال غرب ایران در سال ۱۳۹۲ فراهم ساخت. Ghavidel و rahimi و همکاران (۲۰۱۸)، در پژوهشی تغییرات زمانی طوفان‌های گرد و غباری خرم آباد را بررسی کردند. نتایج نشان داد که اغلب ماه‌های سال و سه فصل بهار، تابستان و پاییز همچنین در بازه‌ی سالانه تغییرات زمانی فراوانی وقوع طوفان‌های گرد و غبار معنی‌دار بوده و با شیب نسبتاً زیادی در حال افزایش است.

با توجه به مطالعات صورت گرفته مشخص می‌شود که تاکنون در ایران مرکزی، مطالعه‌ای در خصوص تحلیل فراوانی طوفان گرد و غبار صورت نگرفته است. این مطالعه با هدف تحلیل فراوانی روزهای گرد و غبار در فلات مرکزی ایران با استفاده از توزیع‌های آماری صورت گرفت. بدین منظور، از داده‌های ایستگاه سینوپتیک واقع در منطقه و نرم‌افزار Easyfit Professional 5 استفاده شد.

۲- منطقه‌ی مورد مطالعه

یکی از مهم‌ترین مشکلات زیست محیطی کشور ایران، وقوع طوفان‌های گرد و غبار مخرب در منطقه‌ی فلات مرکزی است. اقلیم خشک و نیمه‌خشک، خاک لخت با پوشش گیاهی تنک و طوفان‌های شدید، از خصوصیات این منطقه می‌باشد که شرایط را برای وقوع طوفان‌های گرد و غبار مهیا می‌کند. استان‌های کرمان، یزد، اصفهان، بخش‌های غربی سیستان و بلوچستان، استان سمنان و خراسان رضوی تحت تأثیر مستقیم پیامدهای ناشی از این رخدادها قرار می‌گیرند. این منطقه از شمال به رشته کوه البرز، از شرق به کوه‌های مرز شرقی، از غرب به رشته کوه زاگرس و از جنوب به دریای عمان ختم می‌شود. در نواحی مرکزی آن، مناطق کویری با ارتفاع کم نسبت به دریا واقع شده‌اند و این در حالی است که بخش‌های شمالی، شرقی و به خصوص غربی آن را مناطقی معتدل با ارتفاع زیاد تشکیل می‌دهند. این تغییرات ارتفاع به بروز تغییرات قابل توجه در پارامترهای هواشناسی و هیدرولوژیکی بارش، دما و تبخیر و تعرق و ... منجر می‌شود؛ از این رو، نزولات جوی این منطقه اندک است و متوسط سالیانه بارندگی، کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر و در مواردی حتی به ۲۵ میلی‌متر در سال نیز می‌رسد. بالعکس، تبخیر سالیانه در این منطقه بالا است و در موارد زیادی به بیش از ۴۰۰۰ میلی‌متر در سال هم می‌رسد (Azadi et al, 2015) میانگین دمای سالانه بین ۱۵ تا ۳۰ درجه متغیر است و حداکثر و حداقل دما به ترتیب ۵۱ و ۱۸- درجه‌ی سانتی‌گراد گزارش شده است (Naderi and Raeis, 2015). موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی مورد مطالعه در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی مورد مطالعه

۳- مواد و روش

داده‌های مورد استفاده

به منظور تحلیل فراوانی روزهای گرد و غبار، از کدهای ۰۶ و ۰۷ گرد و غبار برگرفته شده از ۳۷ ایستگاه سینوپتیک هواشناسی - که دارای آمار طولانی تری بودند - استفاده شد. برای هر ایستگاه، تعداد روزهای گرد و غبار در مقیاس سالانه در دوره آماری ۲۰۱۸ - ۱۹۹۹ استخراج شد که در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱: اطلاعات آماری ایستگاه‌های مورد مطالعه

ردیف	ایستگاه	متوسط روزهای گرد و غبار	واریانس	انحراف از معیار	خطای استاندارد	چولگی
۱	انار	۲۲/۲۵	۱۹۷/۶۷	۱۴/۰۶	۳/۱۴	۱/۲۴
۲	بم	۴۵/۷۵	۲۰۵/۱	۴۵/۳۲	۱۰/۱۳	۱/۷۶
۳	جیرفت	۲۶/۷۵	۴۲۸/۹۳	۲۰/۷۱	۴/۶۳	۱/۰۷
۴	کهنوج	۱۹/۱	۲۱۳/۲۵	۱۴/۶۰	۳/۲۶	۱/۴۸
۵	کرمان	۲۷/۱۵	۲۷۷/۰۸	۱۶/۶۴	۳/۷۲	۱/۴۹
۶	شهداد	۱۸/۰۵	۲۰۱/۳	۱۴/۱۸	۳/۱۷	۱/۸۶
۷	سیرجان	۱۷/۰۵	۳۹۰/۲۶	۱۹/۷۵	۴/۴۱	۲/۴۱
۸	شهربابک	۱۵/۰۵	۹۰/۹۹	۹/۵۳	۲/۱۳	۱/۰۸
۹	اردستان	۴۰/۲۵	۶۲۹/۱۴	۲۵/۰۸	۵/۶۰	۰/۱۰
۱۰	اصفهان	۳۳/۰۵	۵۲۶/۰۲	۲۲/۹۳	۵/۱۲۸	۰/۰۴۴
۱۱	خورو بیابانک	۴۱/۸	۶۹۱/۶۹	۲۶/۳۰	۵/۸۸	۰/۱۶۴
۱۲	نائین	۴۹/۳	۶۷۶/۹۴	۲۶/۰۸	۵/۸۱	۰/۶۳
۱۳	نطنز	۲۷/۰۳	۲۶۲/۵۲	۱۶/۲۰	۳/۶۲	۰/۰۱۴

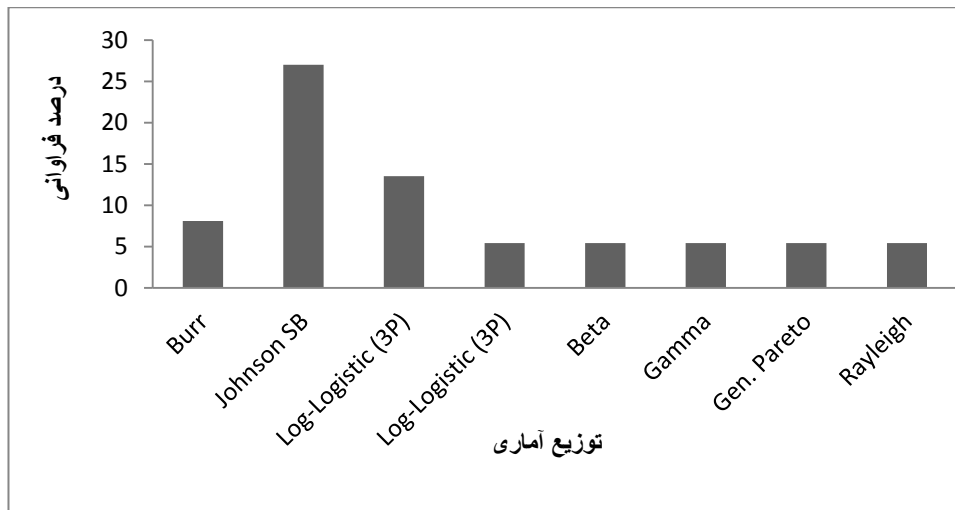
ردیف	ایستگاه	متوسط روزهای گرد و غبار	واریانس	انحراف از معیار	خطای استاندارد	چولگی
۱۴	شهر رضا	۲۷/۹	۳۷۸/۳۱	۱۹/۴۵	۴/۳۴	۰/۷۷
۱۵	کیوتر آباد	۲۳/۶	۳۵۰/۷۸	۱۸/۷۲	۴/۱۸	۱/۱۷
۱۶	اراک	۷۳/۰۵	۶۲۱/۷۳	۲۴/۹۳	۵/۵۷	۰/۰۱
۱۷	محلات	۴۶/۵۵	۹۲۰/۴۷	۳۰/۳۳	۶/۷۸	۰/۵۲
۱۸	ساوه	۵۹/۰۹	۶۷۸/۲۴	۳۵/۵۴	۶/۰۴	۰/۲۸
۱۹	قم	۵۲	۷۸۲/۵	۳۶/۷۲۲	۸/۲۱	۰/۶۳۶
۲۰	سلفچگان	۴۶	۷۵۶/۳۲	۲۷/۵۰	۶/۱۴	۰/۴۷
۲۱	سمنان	۱۵/۰۵	۱۷۹/۶۳	۱۳/۴۰	۲/۹۹	۲/۲۸
۲۲	زابل	۱۲۶/۵	۴۵۱/۶۳	۲۱/۲۵	۴/۷۵	۰/۰۰۱
۲۳	زاهدان	۷۴/۷۵	۳۶۰/۷۲	۱۸/۹۹	۴/۲۴	-۰/۵۸
۲۴	عقدا	۲۳	۲۰۷	۱۴/۳۸	۳/۲۱	۰/۱۸
۲۵	یزد	۵۵/۳۵	۶۶۴/۳۲	۲۵/۷۵	۵/۷۶	۰/۲۸
۲۶	مروست	۱۷/۳۵	۱۰۹/۷۱	۱۰/۴۷	۲/۳۴	۱/۲
۲۷	سبزوار	۱۶/۵	۷۴/۸۹	۸/۶۵	۱/۹۳	۱/۸۳
۲۸	بیرجند	۲۵/۹۵	۳۳۵/۷۳	۱۸/۲۳	۴/۰۹	۰/۹۷
۲۹	فردوس	۱۲/۹۵	۹۹/۱۰	۹/۹۵	۲/۲۲	۱/۶۵
۳۰	طیس	۶۱/۶۵	۳۵۴/۷۴	۲۱/۳۲	۵/۴	۱/۰۵
۳۱	کرج	۱۸/۰۵	۳۵۰/۱۶	۱۸/۷۲	۴/۱۸	۱/۹۵
۳۲	هشتگرد	۸/۳۵	۱۰۴/۳۴	۱۰/۲۱	۲/۲۸	۲/۲۶
۳۳	قزوین	۶/۹	۹/۸۸	۳/۱۴	۰/۷	۰/۳۲
۳۴	تاکستان	۴/۴۵	۱۴/۴۷	۳	۰/۸۵	۱/۴۶
۳۵	مهرآباد	۱۶/۸	۲۶/۶۹	۵/۱۶	۱/۱۵	۰/۰۱
۳۶	آبعلی	۷/۱	۲۵/۷۷	۵/۰۷	۱/۱۳	۱/۴۱
۳۷	فیروزکوه	۸/۵۵	۶۸/۳۶	۸/۲۶	۱/۸۴	۱/۹۴

تحلیل فراوانی روزهای گرد و غبار

ارتباط دادن بزرگی حوادث حادی به فراوانی وقوع آنها از طریق استفاده از توزیع‌های آماری، هدف اولیه تحلیل فراوانی است. تحلیل فراوانی در واقع به دست آوردن قانون احتمالی (تابع چگالی یا توزیع) حاکم بر متغیر تصادفی مورد مطالعه، از روی نمونه‌ای اندازه‌گیری شده و محاسبه‌ی دوره بازگشت است. به منظور تحلیل فراوانی روزهای گرد و غبار از نرم‌افزار آماری Easyfit Professional 5 استفاده و بر این اساس، مناسب‌ترین تابع توزیع آماری مربوط به هر ایستگاه سینوپتیک انتخاب شد. نرم‌افزار EasyFit Professional برای برازش ۶۱ تابع توزیع به داده‌ها برازش می‌دهد. سپس با استفاده از آزمون کلموگروف - اسمیرنوف، مناسب‌ترین تابع توزیع احتمالاتی تعیین شد.

۴- نتایج

نتایج آماری و اطلاعات مربوط به تحلیل برازش مناسب‌ترین تابع توزیع احتمال به داده‌های روزهای گرد و غبار در منطقه‌ی مورد مطالعه، همچنین درصد فراوانی توزیع‌های آماری در شکل ۲ ذکر شده‌است.



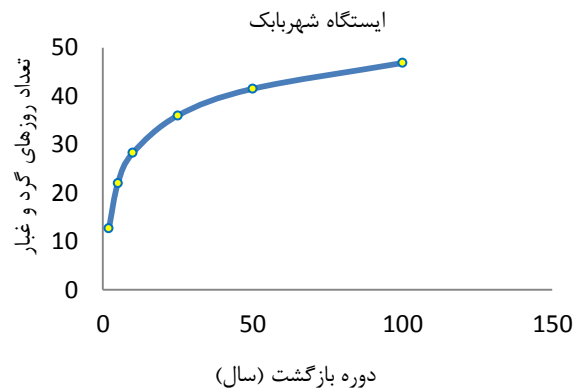
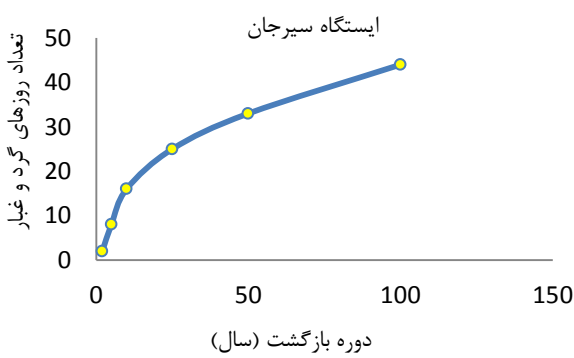
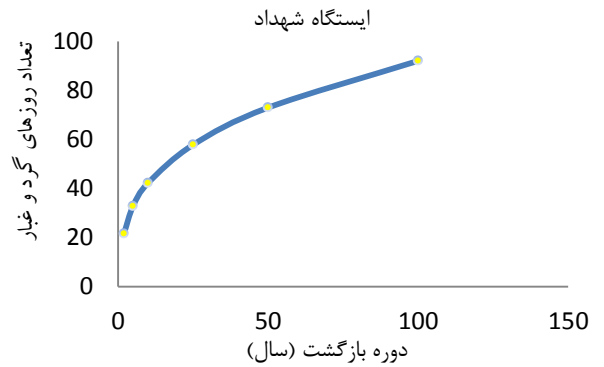
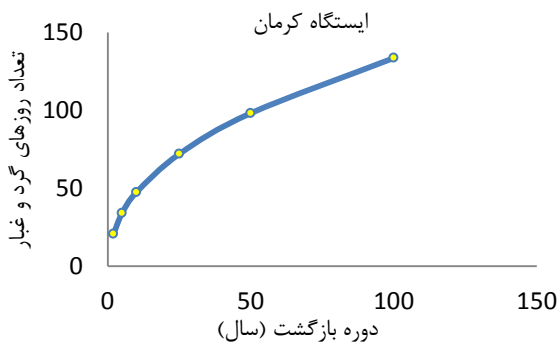
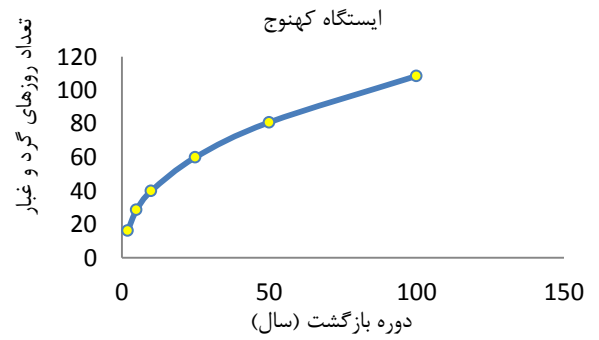
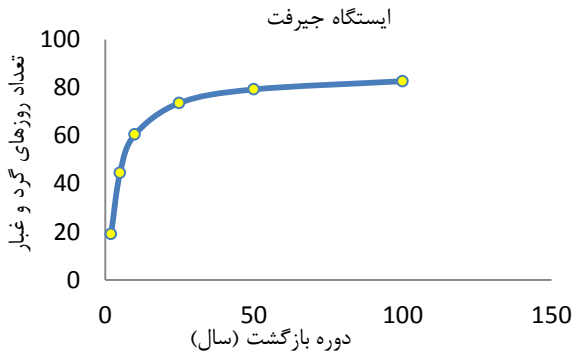
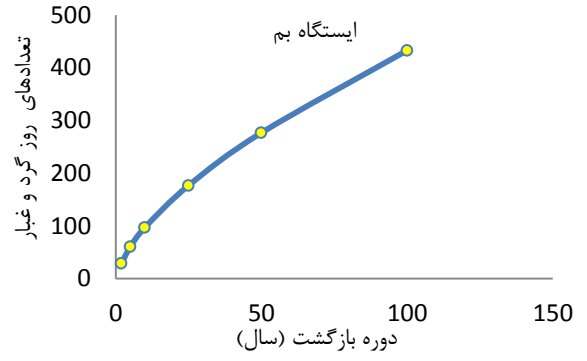
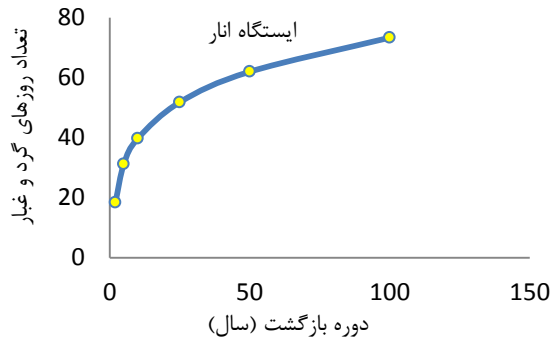
شکل ۲: درصد فراوانی توزیع‌های آماری در منطقه‌ی مورد مطالعه

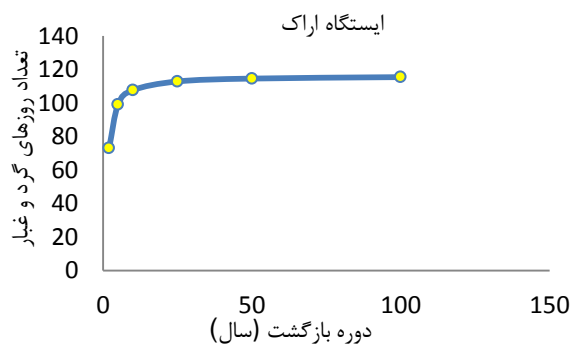
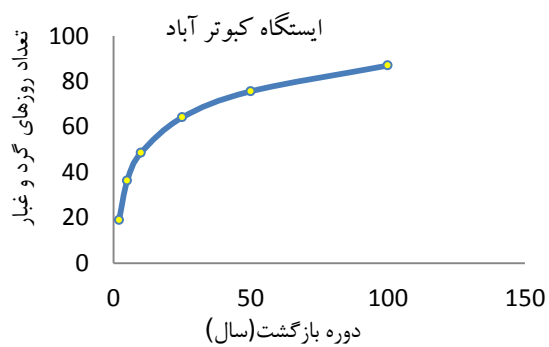
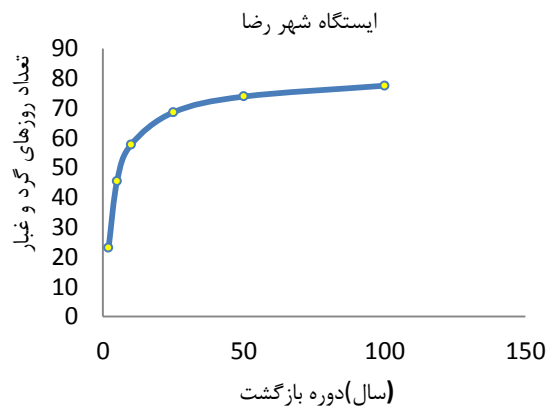
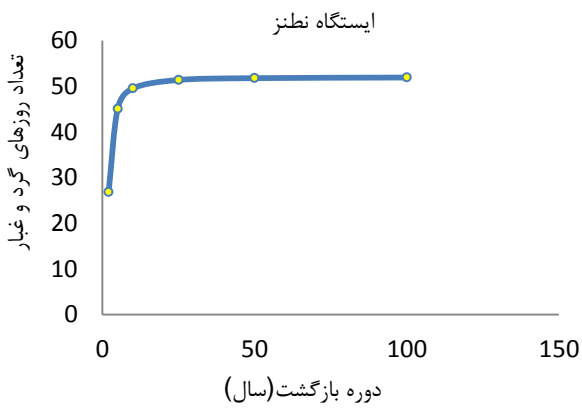
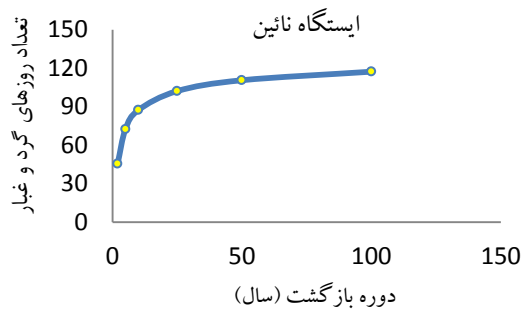
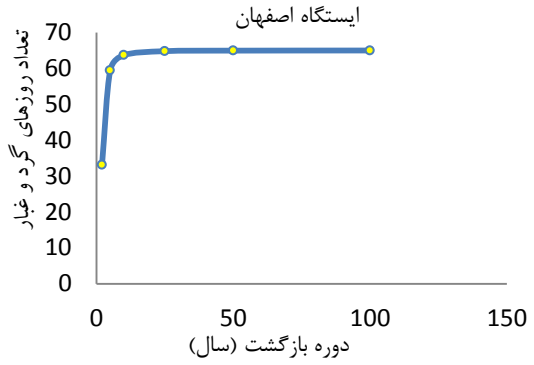
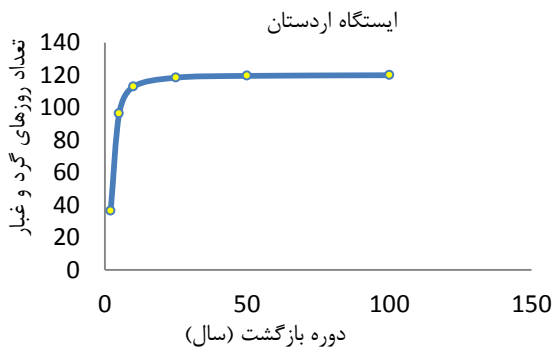
در شکل ۲، توزیع آماری Johnson SB دارای بیشترین درصد فراوانی در منطقه‌ی مورد مطالعه بود و توزیع آماری Log-Logistic(3P) در رتبه‌ی بعدی قرار گرفت. همچنین از توزیع‌های آماری با تک رخداد نیز صرف نظر شد. تابع چگالی احتمال توزیع‌های آماری Johnson SB و Log-Logistic(3P) در رابطه‌ی (۱ و ۲) به ترتیب نشان داده شده‌است.

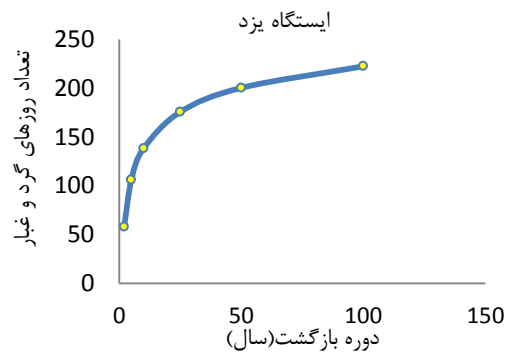
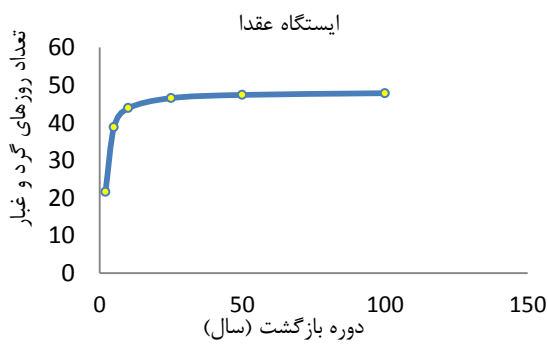
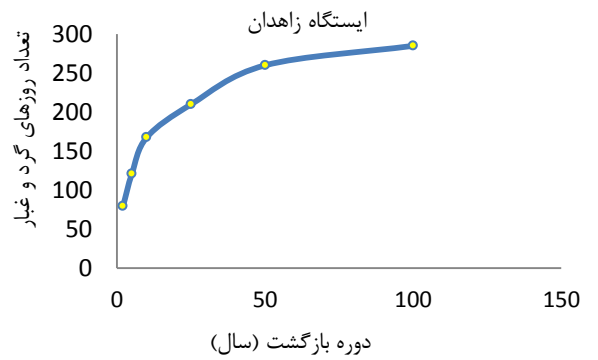
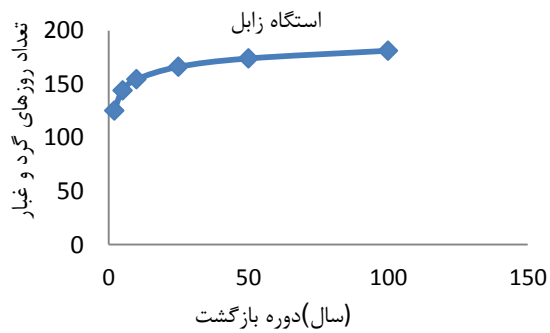
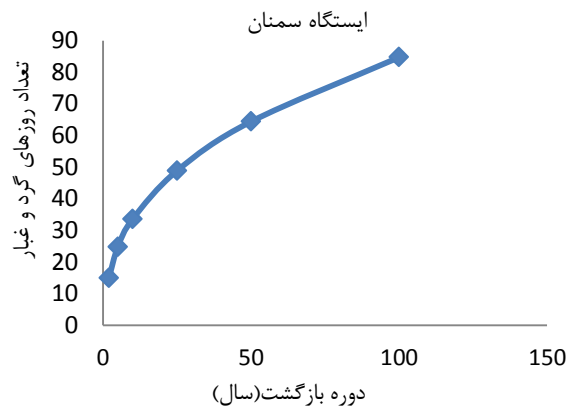
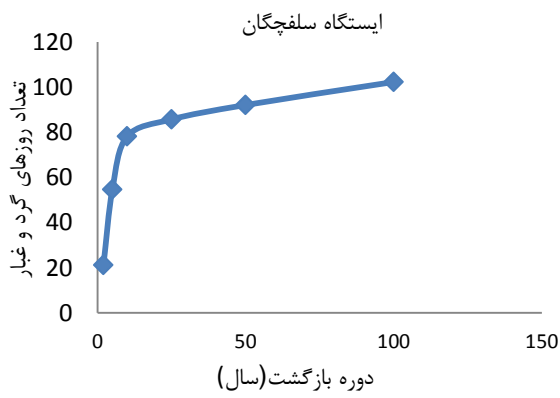
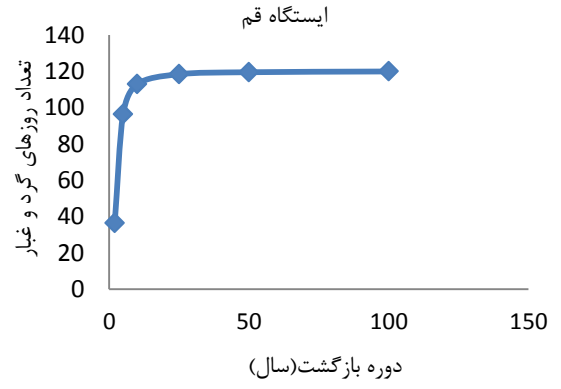
$$f(x) = \frac{\delta}{\lambda \sqrt{2\pi} z(1-z)} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\gamma + \delta \ln\left(\frac{z}{1-z}\right)\right)^2\right) \quad \text{رابطه‌ی ۱}$$

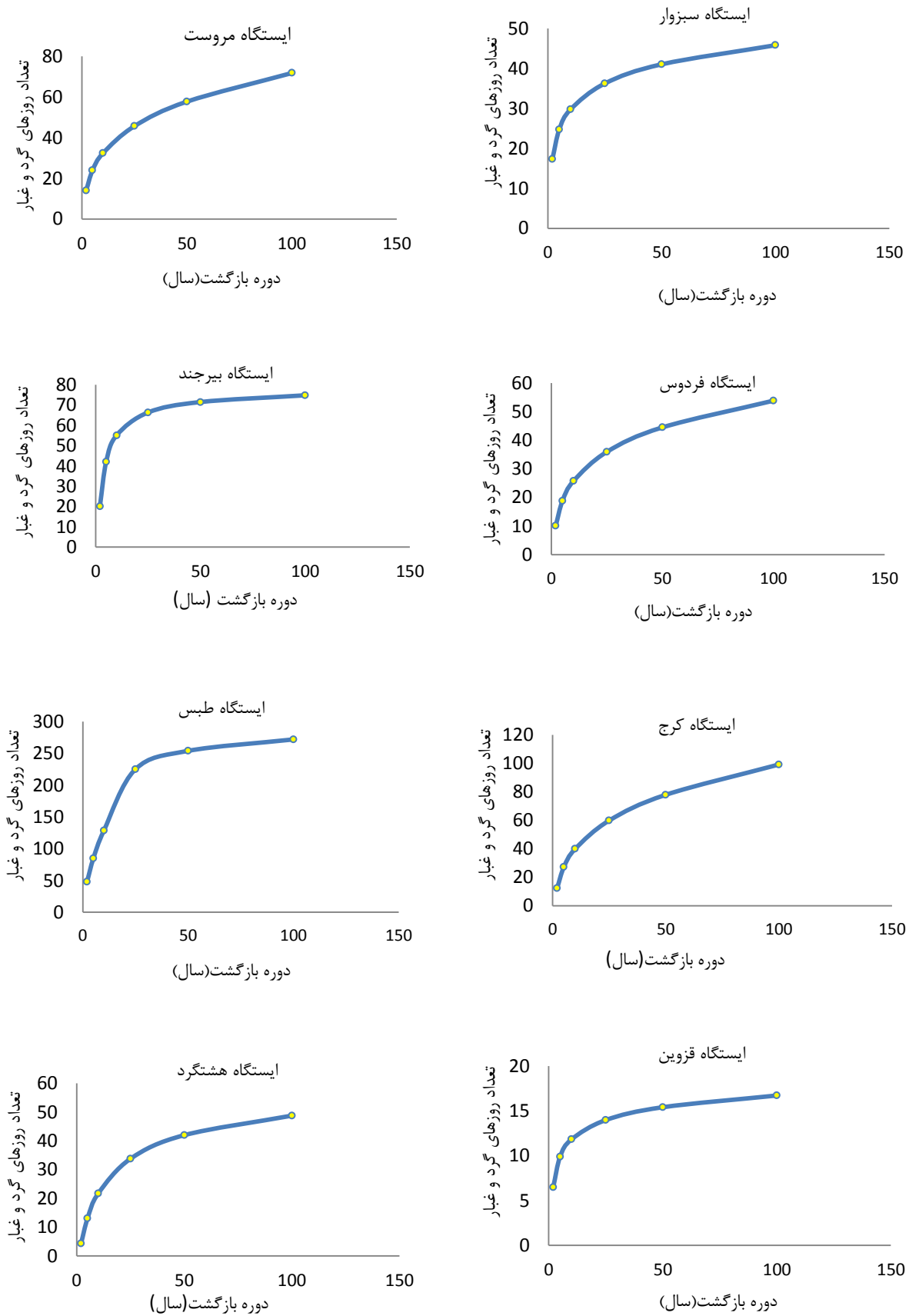
$$f(x) = \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{x-\gamma}{\beta}\right)^{\alpha-1} \left(1 + \left(\frac{x-\gamma}{\beta}\right)^\alpha\right)^{-2} \quad \text{رابطه‌ی ۲}$$

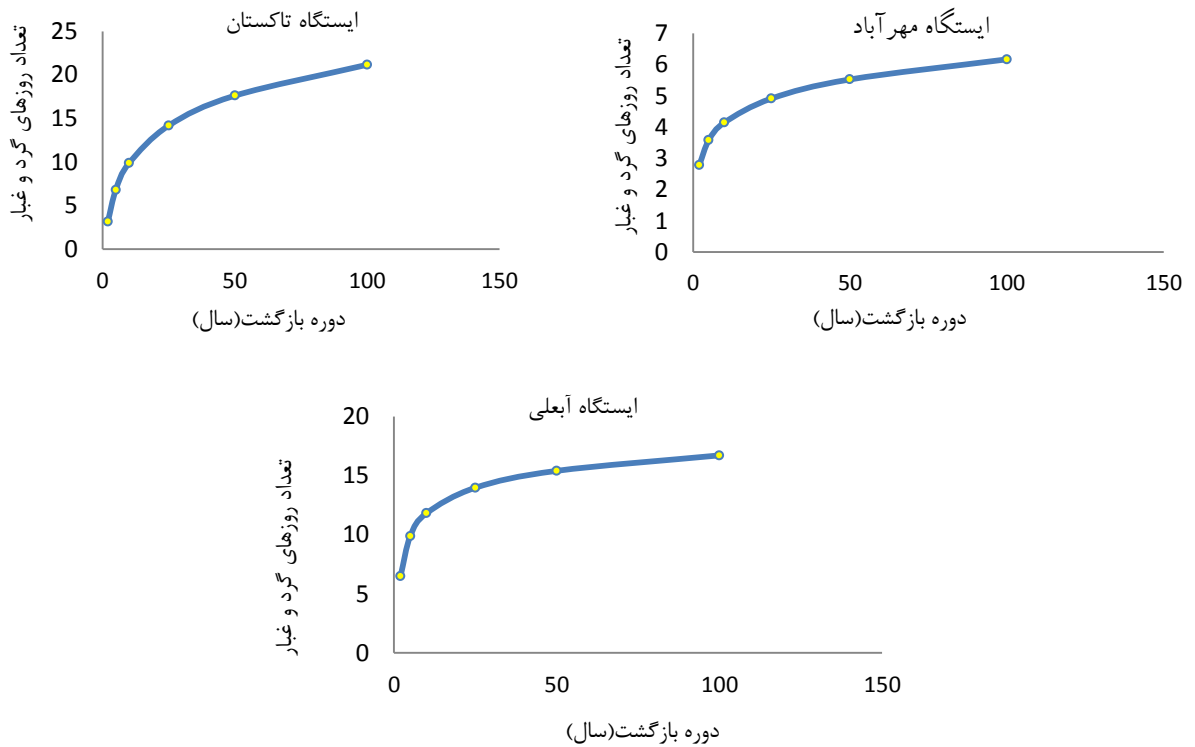
بعد از انتخاب مناسب‌ترین تابع توزیع برازش یافته به داده‌های هراسگاه و محاسبه‌ی پارامترهای آن، تعداد روزهای گرد و غبار در دوره بازگشت‌های ۲ تا ۱۰۰ ساله محاسبه و نمودارهای آنها ترسیم شد که در شکل ۳ نشان داده شده‌است.





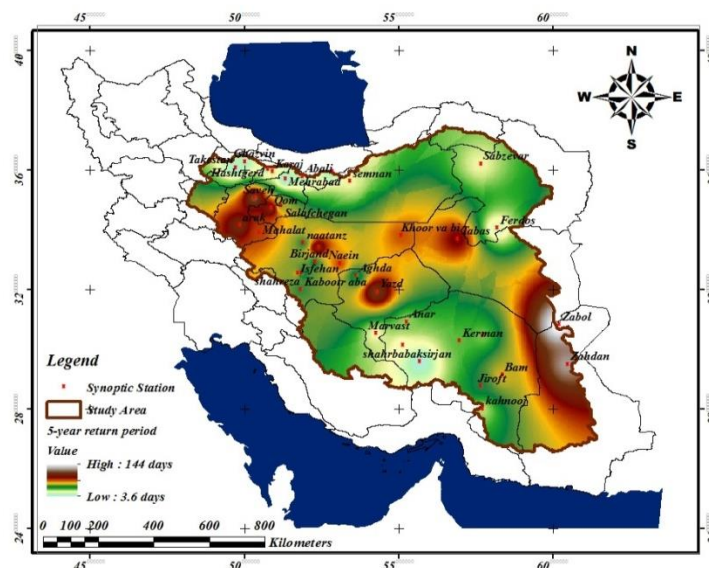






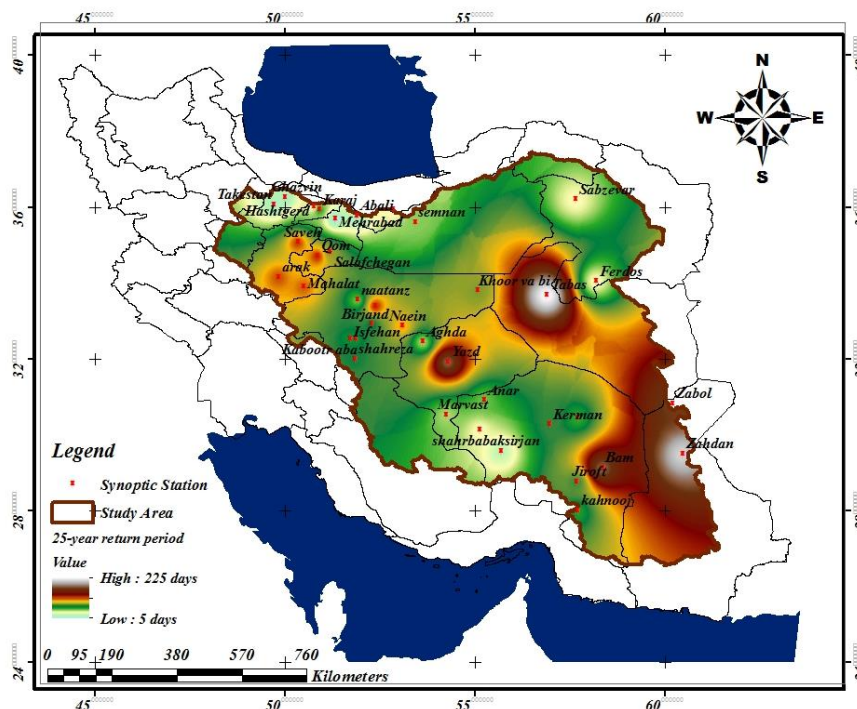
شکل ۳: نمودارهای روزهای گرد و غبار در دوره بازگشت‌های مختلف ایستگاه‌های منطقه‌ی مورد مطالعه

نتایج تحلیل فراوانی نشان می‌دهد که با افزایش دوره بازگشت، احتمال وقوع حوادث نادر بیشتر می‌شود. تعدادی از ایستگاه‌ها از قبیل بم، کرمان، نائین، اراک، ساوه، محلات، زابل، سمنان، قم، زاهدان، یزد و طبس در دوره بازگشت ۵۰ یا ۱۰۰ سال، بیش از ۱۰۰ روز گرد و غبار دارند. همچنین ایستگاه‌های طبس، قم، یزد، زابل، زاهدان و اراک حداقل ۵۰ روز گرد و غبار را در هر سال نشان می‌دهند. به‌منظور تعیین مناطق با پتانسیل روزهای گرد و غباری در دوره بازگشت‌های مختلف با استفاده از روش درون‌یابی کریجینگ و زمین‌آمار، نقشه‌ی پهنه‌بندی این روزها در دوره بازگشت‌های مختلف با استفاده از نرم‌افزار GIS ترسیم شد که در شکل‌های ۴-۶ نشان داده شده‌است.



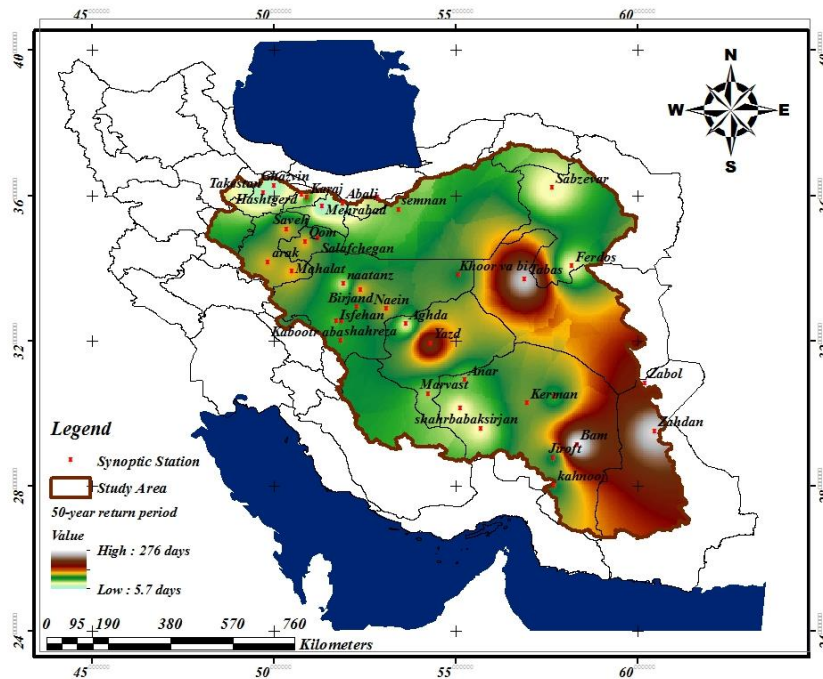
شکل ۴: پهنه‌بندی روزهای گرد و غبار با دوره بازگشت ۵ ساله در منطقه‌ی مورد مطالعه

در شکل ۴، پهنه‌بندی روزهای گرد و غبار با دوره بازگشت ۵ سال نشان می‌دهد که قسمت‌های جنوب شرق منطقه - ی مورد مطالعه و مناطقی در مرکز و شمال غرب حوزه، می‌تواند به‌عنوان چشمه‌های گرد و غبار داخلی شناسایی شود. حداکثر تعداد روزهای گرد و غبار در جنوب شرق کشور، ۱۴۴ روز است که نشان می‌دهد در منطقه‌ی مورد مطالعه به‌طور متوسط هر ۵ سال، ۱۴۴ روز گرد و غبار اتفاق می‌افتد. همچنین نتایج نشان می‌دهد الگوی مکانی روزهای گرد و غبار با دور بازگشت ۵ سال، بیشتر در مناطق جنوب شرقی منطقه مورد مطالعه تمرکز دارد. در قسمت‌هایی از خراسان رضوی و جنوب شرقی استان سمنان - که در بیابان مرکزی (دشت کویر) قرار دارند - نیز فراوانی روزهای گرد و غبار بالا است. تمرکز فراوانی روزهای گرد و غبار در ایستگاه اراک نیز مشاهده می‌شود که احتمال دارد بیشتر منشأ صنعتی داشته باشد.



شکل ۵: پهنه‌بندی روزهای گرد و غبار با دوره بازگشت ۲۵ ساله در منطقه‌ی مورد مطالعه

در شکل ۵، پهنه‌بندی روزهای گرد و غبار با دوره بازگشت ۲۵ سال نشان می‌دهد که قسمت‌های جنوب شرقی (استان‌های سیستان و بلوچستان، کرمان و جنوب خراسان رضوی) منطقه‌ی مورد مطالعه که در حوزه‌ی لوت، همچنین قسمت‌های مرکزی منطقه‌ی مورد مطالعه (استان‌های یزد و شمال خراسان رضوی) که در حوزه‌ی بیابان مرکزی (دشت کویر) قرار دارد، می‌تواند در دوره بازگشت ۲۵ ساله حداکثر ۲۲۵ روز گرد و غبار داشته باشد. این امر تأییدکننده‌ی این است که این مناطق می‌توانند به‌عنوان چشمه‌های داخلی گرد و غبار معرفی شوند. گرد و غبارهای منطقه‌ی جنوب شرقی و شرق ایران به‌طور مستقیم استان‌های سیستان و بلوچستان، کرمان، هرمزگان و خراسان جنوبی را تحت تأثیر قرار می‌دهد.



شکل ۶: پهنه‌بندی روزهای گرد و غبار با دوره بازگشت ۵۰ ساله در منطقه‌ی مورد مطالعه

نتایج تحلیل فراوانی روزهای گرد و غبار با دوره بازگشت ۵۰ ساله نشان می‌دهد که در بعضی از مناطق حوزه‌ی مورد مطالعه، می‌تواند بیش از ۲۷۶ روز گرد و غبار در سال اتفاق بیفتد و این مناطق به‌عنوان چشمه‌ی گرد و غبار در منطقه‌ی مورد مطالعه شناخته می‌شود. قسمت‌های جنوب‌شرقی و شرق حوزه (استان‌های کرمان و سیستان و بلوچستان) و همچنین حوزه‌ی هیرمند که بخشی از آن در کشور افغانستان واقع شده‌است، بیشتر تحت‌تأثیر بادهای ۱۲۰ روزه سیستان قرار می‌گیرد. همچنین قسمت‌های شمال شرقی (استان خراسان رضوی) که در زیر حوزه‌ی بیابان مرکزی (دشت کویر) قرار دارد، به‌عنوان هسته اصلی گرد و غبار داخلی مطرح است (شکل ۶).

۵- بحث و نتیجه‌گیری

تخریب زیر ساخت‌ها، آلودگی هوا، افزایش بیماری‌های تنفسی و غیره از مهم‌ترین خسارات پدیده‌ی گرد و غبار است. در سال‌های اخیر، وقایع گرد و غبار در منطقه‌ی غرب آسیا با فراوانی و شدت بیشتری اتفاق افتاده‌است (Azizi et al, 2012). کشور ایران به دلیل قرار گرفتن بر روی کمربند خشکی‌های جهان و اقلیم مساعد آن (بیش از ۶۶ درصد اقلیم خشک و نیمه‌خشک)، شرایط مناسبی برای وقوع این پدیده دارد. پدیده‌ی گرد و غبار در استان‌های سیستان و بلوچستان، کرمان، یزد، اصفهان، سمنان و خراسان رضوی یکی از مهم‌ترین چالش‌ها است. شناسایی و پیش‌بینی چشمه‌های گرد و غبار در این مناطق از اهمیت بالایی برخوردار است. توزیع آماری Johnson SB با بیشترین درصد فراوانی، به‌عنوان مناسب‌ترین توزیع آماری منطقه‌ای شناخته شد. همچنین توزیع آماری Log-Logistic(3P) در رتبه‌ی بعدی قرار گرفت. در ادامه با استفاده از توزیع‌های آماری به منظور شناسایی ایستگاه‌های شاخص، تعداد روزهای گرد و غبار در دوره بازگشت‌های ۲ تا ۱۰۰ برآورد شد. نتایج نشان داد که ایستگاه‌های بهم، کرمان، نائین، اراک، ساوه، محلات، زابل، سمنان، قم، زاهدان، خور و بیابانک، یزد و طبس با توجه به تحلیل فراوانی و تعداد روزهای گرد و غبار

برآورد شده در دوره‌ی بازگشت‌های سالانه، به عنوان ایستگاه شاخص در منطقه‌ی مورد مطالعه شناسایی شد. همچنین تغییرات الگوی مکانی گرد و غبار در دوره بازگشت‌های ۵، ۲۵ و ۵۰ نشان داد که قسمت‌های جنوب‌شرقی منطقه‌ی مورد مطالعه‌ی استان‌های کرمان و سیستان و بلوچستان به دلیل مجاورت تالاب‌های هامون و جازموریان و بادهای ۱۲۰ روز سیستان، به عنوان یکی از کانون‌های گرد و غبار شناسایی شد. این کشور از سالیان گذشته با پدیده‌ی طوفان‌های گرد و غبار روبه‌رو بوده و براساس بسیاری از منابع، جنوب شرق ایران به عنوان یکی از مناطق اصلی گرد و غبار در جهان شناخته شده‌است (Jacquelyn, 2009 & Leon and Legrand, 2003 & Engelstaedter et al, 2006 & Shao et al, 2011 & Tanaka, 2005). Iranmanesh (۲۰۰۵) با بررسی فراوانی روزهای گرد و غبار در کشور، نشان می‌دهد که چاله‌های مرکزی ایران، بیشترین روزهای گرد و غباری را دارند؛ به عنوان مثال، بادهای ۱۲۰ روزه در استان سیستان و بلوچستان، تعداد روزهای گرد و غبار را در این منطقه به بیش از ۱۰۵ روز در سال افزایش داده‌است. نتایج مطالعه‌ی Alipour (۲۰۱۶) نشان داد که پدیده‌ی انسوی بیش از سایر الگوهای پیوند از دور، بر تعداد روزهای غباری ایران تأثیر مثبت دارد و این تأثیرگذاری در فصل پاییز معکوس می‌شود. همچنین بیشترین درصد تغییرات روزهای گرد و غبار - که می‌توان آنها را با الگوهای پیوند از دور تبیین کرد - ۳۵ درصد و در ایستگاه زابل بوده‌است. Farajzadeh و Alizadeh (۲۰۱۱) در تحلیل زمانی و مکانی طوفان‌های گرد و خاک در ایران با استفاده از ۵۰ ایستگاه سینوپتیک در دوره آماری ۲۰ ساله، به این نتیجه رسیدند که بیشترین فراوانی وقوع طوفان به ایستگاه زابل اختصاص داشته‌است و پس از آن ایستگاه‌های زاهدان، بوشهر، طبس، بندرعباس، جاسک، ایرانشهر، همدان و اهواز به ترتیب بیشترین فراوانی را داشته‌اند. همچنین قسمت‌های مرکزی ایران از جمله استان یزد، شرق استان اصفهان منطقه‌ی خور و بیابانک و جنوب استان سمنان نیز به دلیل نزدیکی و مجاورت با بیابان مرکزی ایران، به عنوان یکی از کانون‌های گرد و غبار شناسایی می‌شود. Washington و همکاران (۲۰۰۳) معتقدند در مناطق مرکزی ایران از جمله یزد، پدیده‌ی گرد و غبار ۲۵ روز و بیشتر در سال اتفاق می‌افتد.

منابع

1. Alipour, E., 2016. Analysis of the effect of remote linking patterns on temporal-spatial variations of Iranian dust storms. Master Thesis in Meteorological Hazards, Department of Natural Geography, University of Tarbiat Modares.
2. Alizadeh Choobari, O.; Zawar-Reza, P.; & A. Sturman, 2014. The global distribution of mineral dust and its impacts on the climate system: A review, *Journal of Atmospheric Research*, 134, 152-165.
3. Alizadeh-Choobari, O.; Zawar-Reza, P.; & A. Sturman, 2014. The "wind of 120days" and dust storm activity over the Sistan Basin, *Journal of Atmospheric Research*, 143, 328-341.
4. Arami, S. A.; Ownegh, M.; Mohammadian-Behbahani, A.; Akbari, M.; & A. Zarasvandi, 2018. The analysis of dust hazard studies in southwest region of Iran in 22 years (1996-2017), *Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards*, 5(1), 39-66.
5. Azadi, S.; Soltani Kopaei, S.; Faramarzi, M.; Soltani Tudeshki, A.; & S. Pornmanafi, 2015. Evaluation of the Palmer Drought Index in Central Iran, *Journal of Water Soil Science*, 19, 305-318.
6. Azizi, G.; Shamsipour, A.; Miri, M.; & T. Safarrad, 2012. Synoptic and remote sensing analysis of dust events in southwestern Iran, *Journal of Natural hazards and earth system sciences*, 64, 1625-1638.

7. Cavazos, G.; Carolina, T.; & C. Mortin, 2012. Model simulations of complex dust emissions over the Sahara during the West Africa Monsoon Anest, *Journal of Meteorology*, Vols., p. 17, Website: <http://dx.doi.org/10.1155/2012/351731>.
8. Chappell, A.; Sanderman, J.; Thomas, M.; Read, A.; & C. Leslie, 2012. The dynamics of soil redistribution and the implications for soil organic carbon accounting in agricultural south-eastern Australia, *Journal of Global Change Biology*, 18, 2081-2088.
9. Ebrahimi, S. J.; Ebrahimzadeh, L.; Eslami, A.; & F. Bidarpoor, 2014. Effects of dust storm events on emergency admissions for cardiovascular and respiratory diseases in Sanandaj, Iran, *Journal of Environment Health Science Engineering*, 12, 110-122.
10. Engelstaedter, S.; Tegen, I.; & R. Washington, 2006. North African dust emissions and transport, *Earth-Science Reviews*, 79, 73-100.
11. Farajzadeh, M., & K. H. Alizadeh., (2011). Temporal and spatial analysis of dust storms in Iran. *The Journal of Spatial Planning*. 15(1), 84-65.
12. Ghavidel rahimi, Y.; Farajzadeh, M.; & E. Lashani Zand, 2018. The temporal analysis of dust storms in Khoramabad Synoptic Station, *Journal of Researches in Geographical Sciences*, 18 (51), 87-102.
13. Iranmanesh, F., 2005. Investigation of dust origins and characteristics of their spreading in Sistan's storms, Iran region, using image processing, *Pajouhesh & Sazandegi*, 67, 25-33.
14. Jacquelyn, C., 2009. Climate analysis and long range forecasting of dust storm in IRAQ, Naval postgraduate school Monterey, California, 88-92.
15. Jish Prakash, P.; Stenchikov, G.; Kalenderski, S.; Osipov, S.; & H. Bangalath, 2014. The impact of dust storms on the Arabian Peninsula and the Red Sea, *Atmospheric Chemistry & Physics Discussions*, 14, 19181-19245.
16. Khosh Kish, A.; Alijani, B.; & Z. Hejazizadeh, 2011. Synoptic analysis of dust systems in Lorestan province, *Scientific Journals Management System*, 21(11), 91-110.
17. Kok, J.; Parteli, F.; Eric, J. R.; Michaels, T. I.; & D. Bou Karam, 2012. The physics of wind-blown sand and dust, *Journal of Reports on Progress in Physics*, 75, 119-132.
18. Leon, J. F., & M. Legrand., (2003). Mineral dust sources in the surroundings of the north Indian Ocean. *Geophysical Research Letters*. 30, 1309-1312.
19. Lyles, M.; Fredrickson, H.; Bednar, A.; Fannin, H.; Griffin, D.; & T. Sobecki, 2012. Medical geology in the Middle East: potential health risks from mineralized dust exposure, EGU Gen. Assembly Conference, Abstract., 1668.
20. Naderi, M., & E. Raeisi., (2015). Climate change in a region with altitude differences and with precipitation from various sources, South-Central Iran. *Journal of Theoretical and Applied Climatology*. 124, 529-540.
21. Qian, W.; Quan, L.; & S. Shi, 2002. Variations of the dust storm in China and its climatic control, *Journal of Climate*, 15 (10), 1216-1229.
22. Rezazadeh, M.; Irannejad, P.; & Y. Shao, 2013. Climatology of the middle dust events, *Journal of Aeolian Research*, 10, 103-109.
23. Salahi, B., Moradi, M. M.; & M. Aali Jahan, 2015. Analysis of synoptic conditions - remote sensing of dust storm occurrence in Northwest Iran, *Journal of Geography*, 44, 73-93.
24. Shao, Y.; Wyrwoll, K. H.; Chappell, A.; Huang, J.; Lin, Z.; McTainsh, G. H.; Mikami, M.; Tanaka, T. Y.; Wang, X.; & S. Yoon, 2011. Dust cycle: An emerging core theme in Earth system science, *Journal of Aeolian Research*, 2, 181-204.
25. Song, H.; Zhang, K.; Piao, S. H.; & S. H. Wan, 2016. Spatial and temporal variations of spring dust emissions in northern China over the last 30 years, *Journal of Atmospheric Environment*, 126, 117-127.
26. Tanaka, T. Y., & M. Chiba., (2006). Anumerical study of the contributions of dust source region to the global dust budget. *Journal of Global and Planetary Change*. 52, 88-104.

27. Tanaka, T. Y., 2005. Possible transcontinental dust transport from North Africa and the Middle East to East Asia, *Journal of Atmospheric Environment*, 39, 3901-10.
28. Wang, W., & Z. Y. Fang., (2006). Numerical simulation and synoptic analysis of dust, *emission and transport in East Asia; Global and Planetary Change* , 52, 57-70.
29. Washington, R.; Todd, M.; Middleton, N. G.; & A. Goudie, 2003. Dust storm source areas determined by the total ozone monitoring spectrometer and surface observations, *Annals of the Association of American Geographers*, 93(2), 297-313.

Frequency analysis of spatial variations of dust storms in the central plateau of Iran

Farshad Soleimani Sardoo: Assistant Professor, Department of Nature Sciences, Faculty of Natural Resources, University of Jiroft, Kerman, Iran

Tayebeh Mesbahzadeh^{2*}: Associate Professor, Department of Rehabilitation of Arid and Mountainous Regions, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

Saeede Nateghi: Assistant Professor, Rangeland Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Article History (Received: 2020/11/19 Accepted: 2020/12/26)

Extended abstract

1- Introduction

Dust has a significant impact on radiation budget, global biogeochemical cycles, soil structure, atmospheric chemical composition, air quality and public health. Natural and human factors have increased the frequency and severity of dust storms in the country in recent years. The most important natural factors are rainfall, drought persistence and global warming, and human factors include surface water control, agricultural development and uncontrolled groundwater consumption, land degradation and excessive use of climatic and ecological potential of the region. These factors can lead to the development of dust centers and increase their activity.

2- Methodology

This study was conducted in Central Iran, where one of the most important environmental problems in this region is the occurrence of destructive dust storms. Arid and semi-arid climate, bare soil with sparse vegetation and severe storms are the characteristics of the central region of Iran that prepare the conditions for the occurrence of dust storms. The provinces of Kerman, Yazd, Isfahan, western parts of Sistan and Baluchestan, Semnan province, Khorasan Razavi are directly affected by the consequences of these events. In order to analyze the frequency of dust days, dust codes taken from 37 synoptic meteorological stations with longer statistics were used. For each station, the number of dust days on an annual scale in the statistical period 1999 to 2018 was extracted. In order to analyze the frequency of dust days, Professional5 Easyfit statistical software was used, based on which the most appropriate statistical distribution function for each synoptic station was selected. EasyFit Professional software fits data into 61 distribution functions. Then, using the Kolmogorov-Smirnov test, the most appropriate probability distribution function was determined.

3- Results

The results show that the statistical distribution of Johnson SB was found to have the highest frequency in the study area. The Log-Logistic (3P) statistical distribution ranks next. A number of stations such as Bam, Kerman, Nain, Arak, Saveh, Mahallat, Zabol, Semnan, Qom, Zahedan, Yazd and Tabas can have more than 100 days of dust in the return period of 50 or 100 years. Also, Tabas, Qom, Yazd, Zabol, Zahedan and Arak stations show at least 50 days of dust every year. The zoning of dust days with a return period of 5 years also shows that the

*Coressponding Author: tmesbah@ut.ac.ir

southeastern parts of the study area, as well as areas in the center and northwest of the basin, can be identified as sources of internal dust. The zoning of dust days with a return period of 25 years shows that the southeastern parts of the study area below the Loot basin and also the northeastern parts of the study area below the central desert basin (desert plain) can have a maximum of 225 dust days in the return period. The results of frequency analysis of dust days with a return period of 50 years show that in some areas of the study area, more than 276 days of dust per year can occur and these areas are identified as dust sources in the study area.

4- Discussion & Conclusions

In recent years, dust events in the West Asian region have occurred with greater frequency and intensity. Dust phenomenon in Sistan and Baluchestan, Kerman, Yazd, Isfahan, Semnan and Khorasan Razavi provinces is one of the most important challenges. Identifying and predicting dust source in these areas are of great importance. One of the most important forecasting methods in different return periods is the use of statistical distributions. In this study, using 61 statistical distributions and Easyfit Professional 5.5 software, the most appropriate statistical distributions were determined using the Kolmogorov-Smirnov test, the most appropriate probability distribution function in the study area. Johnson SB statistical distribution was found to have the highest frequency in the study area; also, Log-Logistic (3P) statistical distribution is in the next rank. Then, using statistical distributions to identify indicator stations, the number of dust days in the return period was estimated from 2 to 100. The results showed that Bam, Kerman, Naein, Arak, Saveh, Mahallat, Zabol, Semnan, Qom, Zahedan, Khor and Biabanak, Yazd and Tabas stations according to the analysis of the frequency and number of dust days estimated in the annual return period to Index station were identified in the study area. Also, changes in the spatial pattern of dust in the return periods of 5, 25 and 50 showed that the southeastern parts of the study area of Kerman, Sistan and Baluchestan provinces due to the proximity of Hamoon and Jazmourian wetlands and 120-day winds of Sistan as one of the dust centers have been identified.

Key Words: Spatial variation, Johnson SB and Log-Logistic (3P) statistical distributions, Central Iran, Dust.