

تحلیل آماری تغییرات زمانی-مکانی رخدادهای گردوغبار در استان گلستان

فائزه عرب‌عامری^۱، علی محمدیان بهبهانی^{۲*}، مجید اوتق^۳، سیدحسین آرامی^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۳۰

چکیده

وقوع گردوغبار یکی از پدیده‌های مخرب در مناطق خشک و بیابانی است که می‌تواند اثرات زیان‌باری بر روی زندگی انسان و محیط‌زیست داشته باشد. هدف اصلی این پژوهش، تحلیل مکانی-زمانی رخدادهای گردوغبار استان گلستان در طول دوره آماری ۱۰ ساله (۲۰۱۳-۲۰۲۲) است. در این تحقیق، رخدادهای گردوغبار براساس فراوانی زمانی-مکانی وقوع آن برای ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک (همدید) استان گلستان در طی بازه زمانی ۱۰ ساله (۲۰۱۳-۲۰۲۲) مورد بررسی قرار گرفت. داده‌ها به‌صورت روزانه طی ۸ دیده‌بانی در قالب کدهای سینوپتیک ارزیابی شدند. نتایج حاصل از بررسی سالیانه پدیده گردوغبار نشان داد که منطقه اینچ‌برون و مراوه‌تپه بیشترین فراوانی با میانگین ۸ روز گردوغباری در سال را در دوره مطالعاتی داشته است. نتایج نشان می‌دهد که بیشترین فراوانی وقوع گردوغبار در استان در ماه‌های می، ژوئن و ژوئیه و کمترین فراوانی گردوغبار در ماه نوامبر و دسامبر است. همچنین نتایج درصد فراوانی گردوغبار محلی و فرامحلی طی دوره آماری نشان می‌دهد که ۲۶/۲۱ درصد و ۷۳/۷۹ درصد روزهای گردوغبار به‌ترتیب دارای منشأ فرامحلی و منشأ محلی بوده‌اند. همچنین تفسیر کدهای سینوپتیک در دوره آماری مورد بررسی نشان می‌دهد که ۷۹/۸ درصد از وقایع گردوغبار فرامحلی استان از ساعت ۹:۳۰ تا ۱۸:۳۰ به وقت محلی رخ می‌دهد و ۸۰/۶۴ درصد از وقایع گردوغبار محلی و از ساعت ۹:۳۰ تا ۱۸:۳۰ به وقت محلی اتفاق می‌افتد. آنالیز دوره تداوم رخدادهای گردوغبار در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که درحال حاضر اکثریت طوفان‌های گردوغبار دارای تداوم ۱ تا ۲ روزه در استان گلستان هستند.

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مدیریت مناطق بیابانی، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۲. استادیار گروه مدیریت مناطق بیابانی، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان؛ ali.mohammadian@gau.ac.ir

۳. استاد گروه مدیریت مناطق بیابانی، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۴. استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.

* این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان است.

علیزاده، ۲۰۱۱).

یارمرادی و همکاران (۲۰۱۸) به تحلیل و پهنه‌بندی طوفان گردوغبار در شرق کشور برای ۱۷ ایستگاه همدید در دوره آماری (۱۹۸۶-۲۰۱۶) پرداختند. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که در ماه تیر بیشترین فراوانی و در ماه آذر کمترین فراوانی گردوغبار به وقوع پیوسته است.

لشکری و کیخسروی (۲۰۰۸) طوفان‌های گردوغبار خراسان رضوی را در طی دوره آماری (۱۹۹۳-۲۰۰۵) مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که بیشتر گردوغبارها در طول سال از ساعت ۱۲ ظهر به بعد اتفاق افتاده و همچنین گرمای زیاد در فصل تابستان باعث وزش بادهای شدید و تشدید طوفان گردوغبار شده است.

حسینی و همکاران (۲۰۱۶) به تحلیل و بررسی آماری همیدی طوفان گردوغبار در زاهدان پرداختند. نتایج نشان داد بیشترین فراوانی در ماه جولای و کمترین فراوانی در ماه ژانویه اتفاق افتاده است.

راشکی^۱ و همکاران (۲۰۱۷) در پژوهشی، فعالیت وقوع گردوغبار در حوزه جازموریان را برای پنج ایستگاه هواشناسی در طی دوره آماری (۱۹۹۰-۲۰۱۳) بررسی کردند. نتایج نشان داد که بیشترین گردوغبارها در ماه‌های ژوئن و ژوئیه و کمترین گردوغبارها در پاییز و زمستان رخ داده است. رخدادهای طوفان گردوغبار بین ساعت ۱۵:۳۰ و ۱۸:۳۰ به وقت محلی به‌دلیل همرفت گرمایی، بیشترین فراوانی را داشته است.

آرامی و همکاران (۲۰۱۸) به بررسی طوفان‌های گردوغبار برحسب فراوانی فضایی-زمانی برای ۲۵ ایستگاه هواشناسی همدید نواحی غرب و جنوب غربی ایران در طی دوره آماری ۲۲ ساله (۱۹۹۵-۲۰۱۶) پرداختند. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که بیشترین فراوانی مربوط به منطقه آبادان با میانگین فراوانی ۱۶ روز در سال و بعد از آن مناطق بستان، سرپل ذهاب و اهواز بیشترین فراوانی را شامل شده است. بیشترین فراوانی

امروزه یکی از مشکلات محیط‌زیست در مناطق خشک و بیابانی، پدیده طوفان‌های گردوغبار است (حجازی‌زاده و همکاران، ۲۰۱۸). منابع گردوغبار واقع در مناطق جغرافیایی مختلف ممکن است منشأ و انواع متفاوتی داشته باشند (پاپی^۱ و همکاران، ۲۰۲۲). یکی از منابع آلوده‌کننده هوای پاک، گردوغبار است که به‌دلیل قرار گرفتن ایران در محدوده خشک و نیمه‌خشک جهان، فراوانی وقوع گردوغبار در این منطقه افزایش پیدا کرده است. از طرفی، نزدیک بودن با کشورهای مثل عربستان، عراق، سوریه، ترکمنستان و افغانستان که منطقه وسیعی از بیابان را دارند، بی‌تأثیر نیست (عبدالشاه‌نژاد و همکاران، ۲۰۲۰). همچنین پدیده خشکسالی در یک محدوده با تأمین آب در آن محدوده ارتباط نزدیکی دارد و هراندازه اقلیم آن محدوده خشک‌تر باشد، احتمال وقوع خشکی و خشکسالی در آن محدوده بالا می‌رود و احتمال وقوع رخداد گردوغبار بیشتر می‌شود (شاکر سوره و اسدی، ۲۰۱۹).

علیجانی و رئیس‌پور (۲۰۱۱) به بررسی آماری طوفان‌های گردوغبار در جنوب شرق کشور پرداختند. نتایج حاصل از آن نشان داد که هیچ‌یک از سال‌های آماری بدون طوفان گردوغبار نبوده و در تابستان بیشترین طوفان‌ها و در زمستان کمترین طوفان‌ها به وقوع پیوسته است.

با تجزیه و تحلیل آماری طوفان‌های گردوغبار در منطقه جنوب شرق ایران در طول دوره آماری (۱۹۷۹-۲۰۰۸) مشخص شده که فصل تابستان بیشترین طوفان گردوغبار و زمستان کمترین طوفان را داشته است (علیزاده چوبری و همکاران، ۲۰۱۴).

نتایج به‌دست‌آمده از بررسی سالانه گردوغبار نشان داد که ایستگاه زابل میانگین فراوانی ۱۸۳ روز بالاترین رقم روزها را داشته و ایستگاه‌های زاهدان، بوشهر و طبس در مرتبه‌های بعدی هستند. در نتایج ماهانه نیز ماه جولای بالاترین فراوانی و

۲۰۰۵؛ بروغنی و همکاران (۲۰۱۵): بررسی گردوغبار در استان خراسان رضوی در طی دوره آماری ۲۰۰۴-۲۰۱۰؛ احمدی و همکاران (۲۰۱۶): بررسی و تحلیل آماری و همیدی گردوغبار در استان خراسان جنوبی در دوره ۱۹۹۱-۲۰۰۸. در ادامه با توجه روند ارائه مطالب، به نتیجه حاصل از آن‌ها اشاره خواهد شد.

از دیدگاه زمانی در توزیع سالانه، گردوغبارهای خراسان رضوی بیشترین تعداد تکرار در فصل بهار و به‌ویژه در ماه مه (بروغنی و همکاران، ۲۰۱۵) و در خراسان جنوبی نیز ماه مه (احمدی و همکاران، ۲۰۱۶) رخ داده است. سرخس، مشهد و گنلبداد بیشترین و قوچان، تربت‌حیدریه و کاشمر کمترین گردوغبار را داشته است (کارکن سیستانی، ۲۰۱۲؛ بروغنی و همکاران، ۲۰۱۵). گرچه با توجه به بازه زمانی و ایستگاه‌های انتخابی در مطالعه‌های مختلف نتیجه متفاوت است، در همه آن‌ها از سرخس به‌عنوان ایستگاهی با بیشترین گردوغبار یاد شده است (دوستان، ۲۰۱۶). در شمال استان خراسان رضوی با توجه به وجود ارتفاعات و بارش‌های بیشتر، گردوغبار کمتری اتفاق افتاده است (کارکن سیستانی، ۲۰۱۲).

در استان گلستان نیز فراوانی وقوع فرسایش بادی و پدیده گردوغبار به‌ویژه طی سال‌های اخیر از مهم‌ترین بحران‌های زیست‌محیطی این استان محسوب می‌شود (بوعلی و همکاران، ۲۰۲۴)؛ لذا شناخت و مطالعه این پدیده به‌منظور مدیریت بهتر اثرات آن اجتناب‌ناپذیر است. از این رو این پژوهش در استان گلستان و با هدف بررسی فراوانی وقوع گردوغبار براساس تحلیل داده‌های ایستگاه‌های همدید انجام شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعاتی

استان گلستان با مساحت ۲۰۳۶۷ کیلومتر مربع، بین طول‌های جغرافیایی $53^{\circ} 50'$ تا $56^{\circ} 21'$ شرقی و عرض‌های جغرافیایی $28^{\circ} 28'$ تا $38^{\circ} 7'$ شمالی واقع شده است. این استان از شمال به کشور ترکمنستان، از شرق به استان خراسان شمالی، از جنوب به استان سمنان و از غرب به استان مازندران و دریای خزر محدود می‌شود (شکل ۱). از ۱۳ اقلیم شناخته‌شده در جهان، استان گلستان از اقلیم متعدد معتدل و مرطوب و

طوفان گردوغبار در ماه‌های ژوئن و ژوئیه و کمترین فراوانی در ماه نوامبر و دسامبر اتفاق افتاده است.

شجاعی و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی آماری طوفان‌های گردوغبار استان خراسان جنوبی در دوره آماری (۲۰۰۰-۲۰۱۴) پرداختند. نتایج نشان داد که بیشترین طوفان‌ها در فصل بهار و کمترین طوفان‌ها در فصل پاییز رخ داده و همچنین ماه مارس بیشترین و ماه دسامبر کمترین تعداد طوفان‌های گردوغبار را داشته است. اکثر طوفان‌ها در روز و در ساعت ۱۲ گرینویچ، ساعتی پس از گرمایش روزانه اتفاق افتاده است.

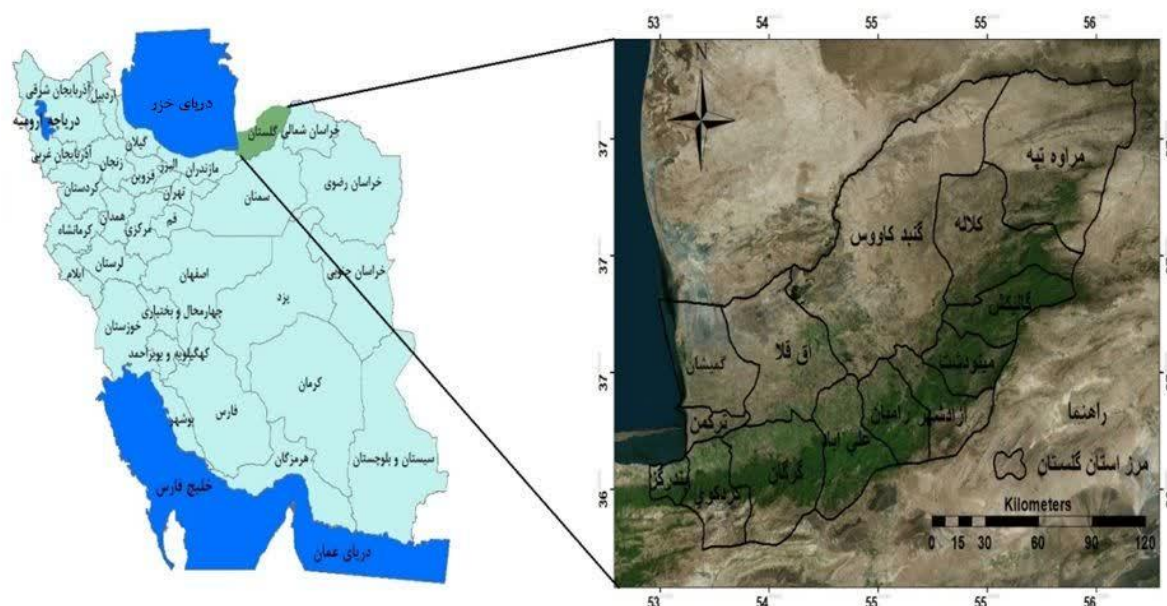
مبارک‌حسن و همکاران (۲۰۲۱) به بررسی آماری و همیدی خراسان بزرگ در دوره ۲۰۰۰-۲۰۱۷ پرداختند. نتایج نشان داد روند تغییرات میانگین روزهای گردوغبار در استان خراسان جنوبی نسبت به خراسان رضوی و شمالی متفاوت بوده است. بیشترین گردوغبار در خراسان رضوی و شمالی در ژوئن و در خراسان جنوبی در می و ژوئیه رخ داده است.

رضوی‌زاده و همکاران (۲۰۲۱) پلیده گردوغبار و روند تغییرات سالانه فصلی در استان گلستان در دوره آماری (۱۳۹۶-۱۳۷۹) را مورد پژوهش قرار دادند. نتایج نشان داد به‌لحاظ تغییرات فصلی، دو فصل پاییز و زمستان سهم کمی از غلظت گردوغبار را داشته و بیشترین غلظت گردوغبار استان گلستان در فصل تابستان و به‌ویژه ماه‌های تیر و مرداد رخ داده است.

خان‌سالاری و همکاران (۲۰۲۳) نحوه توزیع سالانه و فصلی گردوغبار در استان گلستان را در سال (۲۰۰۰-۲۰۲۰) بررسی کردند. نتایج بررسی فصلی نشان داد بیشترین تعداد روزهای همراه با گردوغبار در فصل تابستان و کمترین آن در فصل زمستان به وقوع پیوسته است.

در برخی مطالعه‌ها به بررسی گردوغبار خراسان رضوی، خراسان جنوبی، یا شمال شرق ایران با دیدگاه‌های مختلف و در بازه‌های زمانی متفاوتی پرداخته شده است؛ از جمله آن‌ها می‌توان اشاره کرد به تحقیق دوستان (۲۰۱۶): تحلیل زمانی و مکانی گردوغبار در سال‌های ۱۹۶۱-۲۰۱۰ در شمال شرق ایران؛ کارکن سیستانی (۲۰۱۲): بررسی آماری و پهنه‌بندی گردوغبار در استان خراسان رضوی در دوره آماری ۱۹۸۷-

مدیترانه‌ای گرفته تا اقلیم خشک، نیمه‌خشک و بیابانی و سرد کوهستانی برخوردار است.



شکل (۱): موقعیت جغرافیایی منطقه
Figure (1): Geographical location of the area

بودند، برای دوره آماری مشترک ۱۰ ساله (۲۰۱۳-۲۰۲۲) برای محاسبات و تهیه نمودارها برگزیده شدند (جدول ۱).

روش پژوهش

برای انجام این تحقیق، تعداد هفت ایستگاه هواشناسی همدید از سازمان هواشناسی که شامل کامل‌ترین و بیشترین دوره آماری

جدول (۱): مشخصات ایستگاه‌های همدید منطقه مورد مطالعه

Table (1): Synoptic stations of the study area

شماره	ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع (متر)
۱	گرگان	۳۶°۵۱'	۵۴°۱۶'	۱۳
۲	مراوه تپه	۳۷°۴۸'	۵۵°۵۶'	۴۵۰
۳	گنبد کاووس	۳۷°۱۶'	۵۵°۱۲'	۳۷
۴	علی‌آباد کتول	۳۶°۵۴'	۵۴°۵۴'	۱۸۴
۵	کلاله	۳۷°۲۳'	۵۵°۲۷'	۱۲۷
۶	اینچه برون	۳۷°۲۷'	۵۴°۴۳'	۷
۷	بندر ترکمن	۳۶°۵۴'	۵۴°۰۳'	-۲۰

گردوغبار اهمیت دارد و به‌عنوان عامل مهم در تعیین گردوغبار به حساب می‌آید، در این تحقیق از دو عامل پدیدۀ جوی و قابلیت دید به‌عنوان دو عامل مشخص‌کننده روزهای همراه با گردوغبار استفاده شد. با توجه به میزان دید افقی، داده‌ها به چهار دسته براساس دید افقی ۸۰۰ متر و کمتر، دید بین ۸۰۰ تا

برای این هدف داده‌های گردوغبار در ایستگاه‌های مورد مطالعه مورد بررسی و تحلیل قرار گرفتند. کدهای هواشناسی مورد نیاز برای مشخص کردن روزهای گردوغبار در تحلیل آماری شامل کدهای ۰۶، ۰۷، ۰۸، ۰۹، ۳۰، ۳۱، ۳۲، ۳۳، ۳۴، ۳۵، ۹۸ است. با توجه به اینکه قابلیت دید در تعیین شدت

میانگین روزهای دارای گردوغبار در این دوره بررسی و نمودار آن رسم گردید. برای تحلیل روزهای دارای گردوغبار در دوره سرد سال (ماه‌های میلادی ژانویه، فوریه، مارس، اکتبر، نوامبر و دسامبر)، میانگین روزهای دارای گردوغبار نیز در این دوره مورد بررسی قرار گرفت و نمودار آن رسم گردید. بعد از به دست آوردن آمار روزهای دارای گردوغبار، همه رخدادهای گردوغباری به تفکیک ایستگاه‌های همسایه مورد مطالعه، براساس تداوم روزانه آن‌ها در ایستگاه مربوط، به دوره‌های تداوم ۱ تا ۳ روزه در هر سال، شناسایی و استخراج شدند.

نتایج و بحث

تحلیل ساعتی، شبانه‌روزی و ماهانه رخداد گردوغبار

بررسی ساعتی روزهای گردوغبار در طی دوره آماری ۱۰ ساله (۲۰۲۲-۲۰۱۳) و در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که وقوع گردوغبار با کد ۰۶، بیشترین فراوانی را در ساعت ۱۵ گرینویچ (۱۸:۳۰ محلی) دارد و کمترین فراوانی وقوع گردوغبار در ساعت صفر و ۲۱ گرینویچ (۳:۳۰ و ۰۰:۳۰ محلی) است. همچنین در این منطقه حدود ۷۹/۸ درصد از پدیده گردوغباری از ساعت ۹:۳۰ تا ۱۸:۳۰ به وقت محلی رخ می‌دهد (شکل ۲). بررسی ساعتی روزهای گردوغبار در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که وقوع گردوغبار با کد ۰۷، بیشترین فراوانی را در ساعت ۱۵ گرینویچ (۱۸:۳۰ محلی) دارد و کمترین فراوانی وقوع گردوغبار در ساعت صفر گرینویچ (۳:۳۰ محلی) است. همچنین در این منطقه حدود ۸۰/۶۴ درصد از پدیده گردوغباری از ساعت ۹:۳۰ تا ۱۸:۳۰ به وقت محلی رخ می‌دهد (شکل ۳).

۱۵۰۰ متر، دید بین ۱۵۰۰ تا ۵۰۰۰ متر و دید بین ۵۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ متر تقسیم‌بندی شدند و مورد بررسی قرار گرفتند.

تحلیل ساعتی و ماهانه میانگین روزهای همراه با گردوغبار

با کم شدن میزان رطوبت خاک، پتانسیل جابه‌جایی و حرکت گردوغبار بیشتر می‌شود. بنابراین گردوغبار در ساعات مشخصی از طول روز اتفاق می‌افتد.

میانگین گردوغبار در ساعت‌های وقوع پدیده گردوغبار (گرینویچ) در محیط نرم‌افزار R نسخه (۳.۴.۱) برای همه ایستگاه‌ها در طی دوره آماری مورد مطالعه محاسبه و نمودار آن‌ها ترسیم شد.

میانگین روزهای دارای گردوغبار در ماه با بیشترین

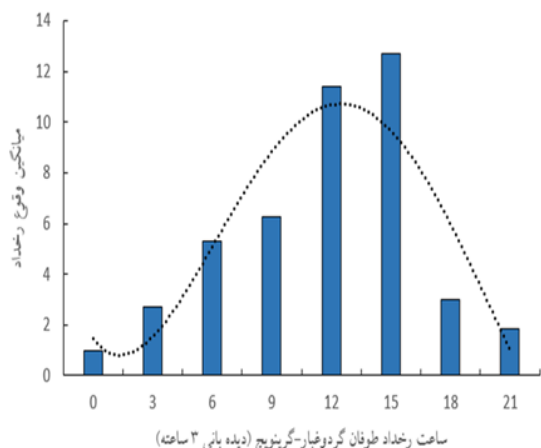
وقوع رخداد

میانگین ماهانه روزهای دارای پدیده گردوغبار طی دوره آماری مورد مطالعه مورد محاسبه شده است.

تحلیل روزهای دارای گردوغبار

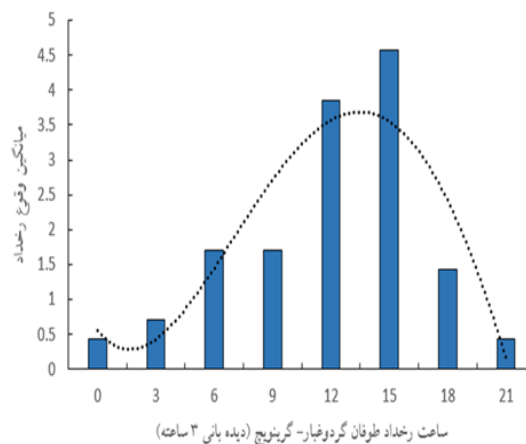
روزهای دارای گردوغبار فرامحلی (کد: ۰۶) و محلی (کد: ۰۷) برای تمام ایستگاه‌های مورد مطالعه در چهار طبقه شدید دید افقی ۸۰۰ متر و کمتر، طبقه متوسط دید افقی ۸۰۰-۱۰۰۰ متر، طبقه ملایم دید افقی ۱۵۰۰-۱۵۰۰ متر و طبقه خیلی ملایم ۵۰۰۰-۱۰۰۰۰ تعیین شده است. برای تحلیل سالانه گردوغبار فرامحلی و محلی، میانگین سالانه برای دوره آماری تحلیل و نمودار آن رسم شد. همچنین درصد روزهای دارای گردوغبار با منشأ محلی و فرامحلی نسبت به کل روزهای دارای گردوغبار مورد محاسبه قرار گرفت.

برای تحلیل روزهای دارای گردوغبار در دوره گرم سال (ماه‌های میلادی آوریل، می، ژوئن، ژوئیه، اوت و سپتامبر)،



شکل (۳): نمودار فراوانی گردوغبار (کد ۰۷) در ساعت‌های گرینویچ

Figure (3): Frequency of dust events (code 07) at GMT

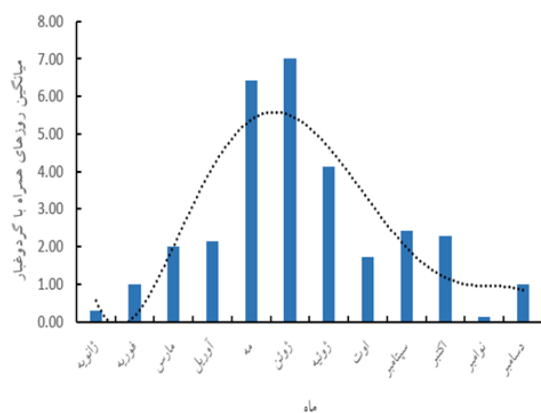


شکل (۲): نمودار فراوانی گردوغبار (کد ۰۶) در ساعت‌های گرینویچ

Figure (2): Frequency of dust events (code 06) at GMT

با میانگین ۰/۱۴ است. میانگین ماهانه تعداد روزهای همراه با گردوغبار (کد ۰۷) نشان داد که بیشترین تعداد روزهای گردوغبار مربوط به ماه ژوئن و کمترین تعداد روزهای گردوغبار مربوط به ماه نوامبر با میانگین ۰/۱۴ است (شکل ۵).

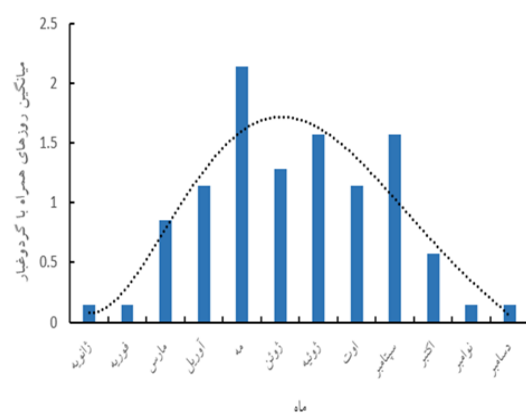
میانگین ماهانه تعداد روزهای همراه با گردوغبار (کد ۰۶) در شکل (۴) نشان داده شده است. بیشترین تعداد روزهای گردوغباری مربوط به ماه می با میانگین ۲/۱۴ روز است. به تدریج با آغاز ماه گرم به تعداد روزهای گردوغبار اضافه می‌شود و در نهایت در ماه می به بیشترین مقدار می‌رسد. کمترین تعداد روزهای همراه با گردوغبار مربوط به ماه دسامبر



شکل (۵): نمودار میانگین ماهانه روزهای همراه با گردوغبار

(کد ۰۷) طی دوره آماری (۲۰۱۳-۲۰۲۲)

Figure (5): Monthly average of dusty days (code 07) (2013-2022)



شکل (۴): نمودار میانگین ماهانه روزهای همراه با گردوغبار

(کد ۰۶) طی دوره آماری (۲۰۱۳-۲۰۲۲)

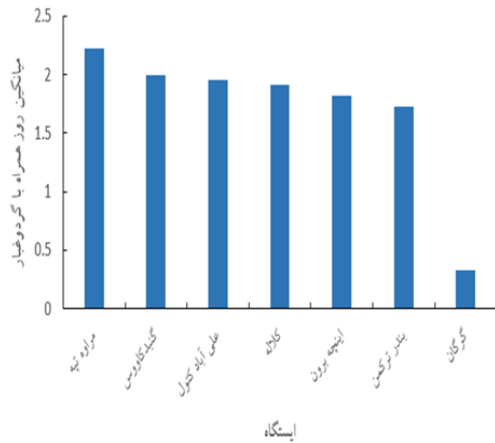
Figure (4): Monthly average of dusty days (code 06) (2013-2022)

می از بین تمام ایستگاه‌های مورد مطالعه، بیشترین ایستگاه مربوط به مراوه‌تپه و با میانگین ۰/۶۷ روز و کمترین ایستگاه مربوط به علی‌آبادکنول با میانگین ۰/۰۳ است. در ماه ژوئن بیشترین ایستگاه مربوط به مراوه‌تپه با میانگین ۳۳/۲ روز و کمترین ایستگاه مربوط به ایستگاه گرگان با میانگین ۰/۳۳ است. در ماه ژوئیه بیشترین ایستگاه مربوط به اینچه‌برون با

میانگین روزهای گردوغبار در ماه‌های می، ژوئن و ژوئیه

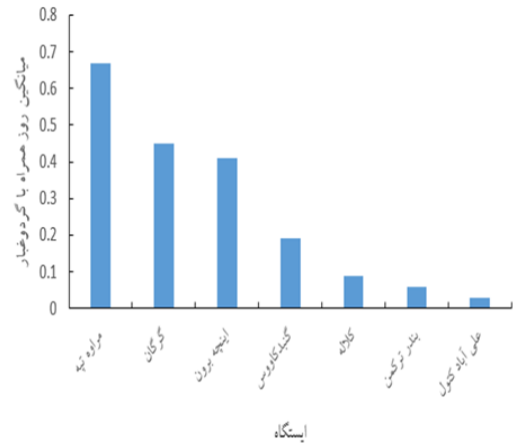
با توجه به اینکه بیشترین فراوانی گردوغبار مربوط به ماه می، ژوئن و ژوئیه است، نمودار میانگین روزهای گردوغبار برای این ماه‌ها در طی دوره آماری مشخص شده برای تمامی ایستگاه‌ها در شکل‌های (۶، ۷ و ۸) ترسیم شده است. در ماه

میانگین ۰/۶۱ روز و ایستگاه بندرترکمن بدون روز همراه با گردوغبار است.



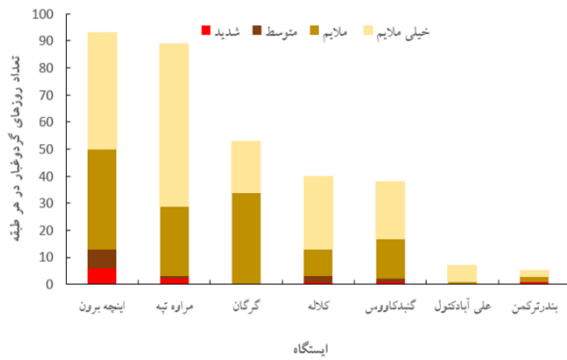
شکل (۷): نمودار میانگین روزهای گردوغبار ماه ژوئن در طی دوره آماری (۲۰۲۲-۲۰۱۳)

Figure (7): Dusty days average of June (2013-2022)



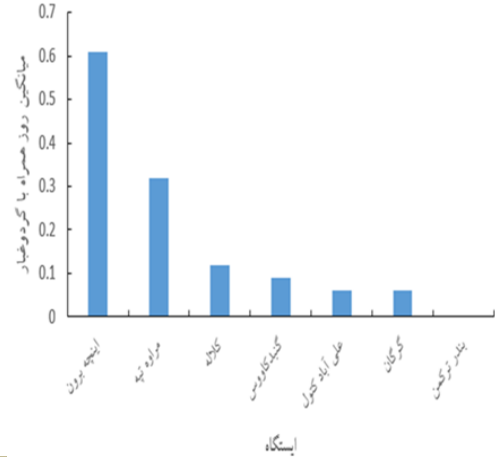
شکل (۶): نمودار میانگین روزهای گردوغبار ماه می در طی دوره آماری (۲۰۲۲-۲۰۱۳)

Figure (6): Dusty days average of May (2013-2022)



شکل (۹): نمودار مقایسه تعداد روزهای گردوغبار در چهار کلاس شدید، متوسط، ملایم و خیلی ملایم در ایستگاه‌های مورد مطالعه

Figure (9): Comparison of dusty days number in four classes of severe, moderate, light and very light in the studied stations



شکل (۸): نمودار میانگین روزهای گردوغبار ماه ژوئیه در طی دوره آماری (۲۰۲۲-۲۰۱۳)

Figure (8): Dusty days average of July (2013-2022)

بررسی شدند و در اینجا نتایج ایستگاه اینچه برون آورده شده است (جدول ۲).

بررسی گردوغبار فرامحلی (کد ۰۶) و محلی (۰۷) تعداد روزهای همراه با گردوغبار (کدهای ۰۶ و ۰۷) به تفکیک چهار طبقه تعریف شده برای همه ایستگاه‌های مورد مطالعه

جدول (۲): تعداد روزهای همراه با گردوغبار فرامحلی و محلی ایستگاه منتخب اینچه برون طی سال‌های ۲۰۱۳-۲۰۲۲

Table (2): Number of local and extra-local dusty days in Inche Borun station (2013-2022)

جمع کل	۰۷					۰۶					کد منشأ سال
	جمع	خیلی ملایم	ملایم	متوسط	شدید	جمع	خیلی ملایم	ملایم	متوسط	شدید	
۲	۲	۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۰۱۳
۵	۳	۲	۱	۰	۰	۲	۰	۱	۰	۱	۲۰۱۴
۱۵	۳	۲	۱	۰	۰	۱۲	۹	۳	۰	۰	۲۰۱۵

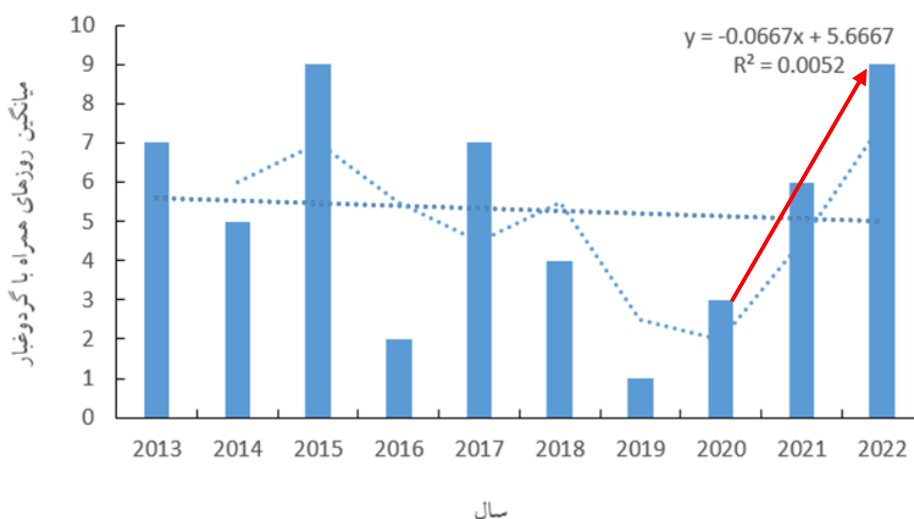
۳	۰	۰	۰	۰	۰	۳	۳	۰	۰	۰	۲۰۱۶
۲۰	۱۲	۵	۵	۲	۰	۸	۷	۱	۰	۰	۲۰۱۷
۷	۳	۰	۲	۱	۰	۴	۱	۳	۰	۰	۲۰۱۸
۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۰۱۹
۶	۶	۳	۲	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۰۲۰
۱۴	۱۴	۴	۶	۱	۳	۰	۰	۰	۰	۰	۲۰۲۱
۲۰	۲۰	۴	۱۲	۲	۲	۰	۰	۰	۰	۰	۲۰۲۲

طی دوره ۱۰ ساله مورد بررسی (۲۰۱۳-۲۰۲۲) در طبقه گردوغبار با شدت زیاد ایستگاه اینچهبرون با ۵۴/۵۴ درصد روز همراه با گردوغبار، بیشترین فراوانی را دارد و ایستگاه‌های گرگان و علی‌آبادکتول بدون روز گردوغبار شدید هستند. در طبقه با شدت متوسط ایستگاه اینچهبرون با ۶۳/۶۳ درصد روز همراه با گردوغبار بیشترین فراوانی را دارد و ایستگاه‌های گرگان، علی‌آبادکتول، بندرترکمن بدون روز گردوغبار متوسط قرار دارند. در طبقه گردوغبار با شدت ملایم اینچهبرون ۲۹/۶ درصد بیشترین فراوانی را دارد و ایستگاه علی‌آبادکتول با ۰/۸ کمترین فراوانی را دارد. در طبقه گردوغبار با شدت خیلی ملایم مراوه‌تپه

درصداً بیشترین فراوانی را دارد و بعد از آن ایستگاه بندرترکمن با ۱/۱۲ کمترین فراوانی را دارد (شکل ۹).

تغییرات سالیانه روزهای گردوغبار

در منطقه مورد مطالعه در طی دوره ۱۰ ساله، سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۲۲ با میانگین سالانه ۹ روز بیشترین تعداد روزهای همراه با گردوغبار و سال ۲۰۱۹ با میانگین سالانه یک روز، کمترین تعداد روزهای گردوغبار را نشان می‌دهند. میانگین روزهای همراه با گردوغبار در دوره آماری مورد مطالعه ۵/۳ روز بوده است. در شکل (۱۰) نوسان سالیانه روزهای همراه با گردوغبار در سال‌های مورد مطالعه نشان داده شده است.



شکل (۱۰): تغییرات سالانه میانگین روزهای همراه با گردوغبار در منطقه مورد مطالعه طی دوره آماری (۲۰۲۲-۲۰۱۳)

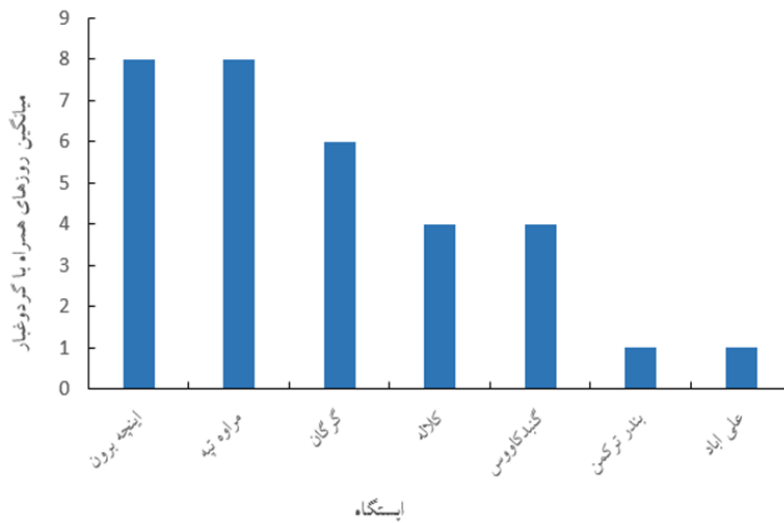
Figure (10): Annual variations of average dusty days in the study area (2013-2022)

اینچهبرون واقع در شمال استان گلستان با میانگین سالانه ۸ روز و کمترین تعداد روزهای گردوغبار مربوط به ایستگاه علی‌آبادکتول واقع در شرق منطقه با میانگین سالانه یک روز است. میانگین سالانه تعداد روزهای همراه با گردوغبار در

تحلیل سالانه گردوغبار

تحلیل میانگین سالانه روزهای گردوغبار در طی دوره آماری (۲۰۱۳-۲۰۲۲) و در تمام ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که بیشترین تعداد روزهای گردوغبار مربوط به ایستگاه

منطقه مورد مطالعه ۵ روز است. ۳ ایستگاه که شامل اینچه برون، مراوه تپه و گرگان است، دارای مقادیر سالانه بیشتر از میانگین است و ۴ ایستگاه که شامل کلانه، گنبدکاووس، بندر ترکمن و علی آباد است، دارای مقادیر کمتر از میانگین است (شکل ۱۱).



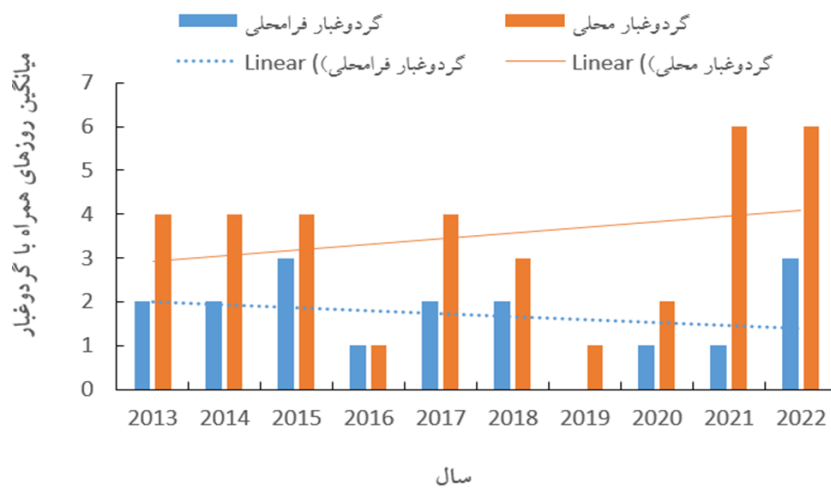
شکل (۱۱): نمودار میانگین سالانه تعداد روزهای همراه با گردوغبار طی دوره آماری (۲۰۲۲-۲۰۱۳)

Figure (11): Average number of annual dusty days (2013-2022)

میانگین یک روز گردوغباری کمترین روز همراه با گردوغبار با منشأ فرامحلی را دارند. همچنین به لحاظ تعداد روزهای گردوغبار با منشأ محلی سال ۲۰۲۲ با میانگین ۳ روز بیشترین روز گردوغباری و سال ۲۰۱۴ با میانگین یک روز، کمترین روزهای گردوغباری با منشأ محلی را دارند (شکل ۱۲).

بررسی سالانه گردوغبارهای فرامحلی و محلی

بررسی میانگین سالانه روزهای همراه با گردوغبار فرامحلی نشان می‌دهد که در طی دوره آماری مورد مطالعه، سال ۲۰۲۱ با میانگین ۵ روز بیشترین روز گردوغباری و سال ۲۰۱۴ با



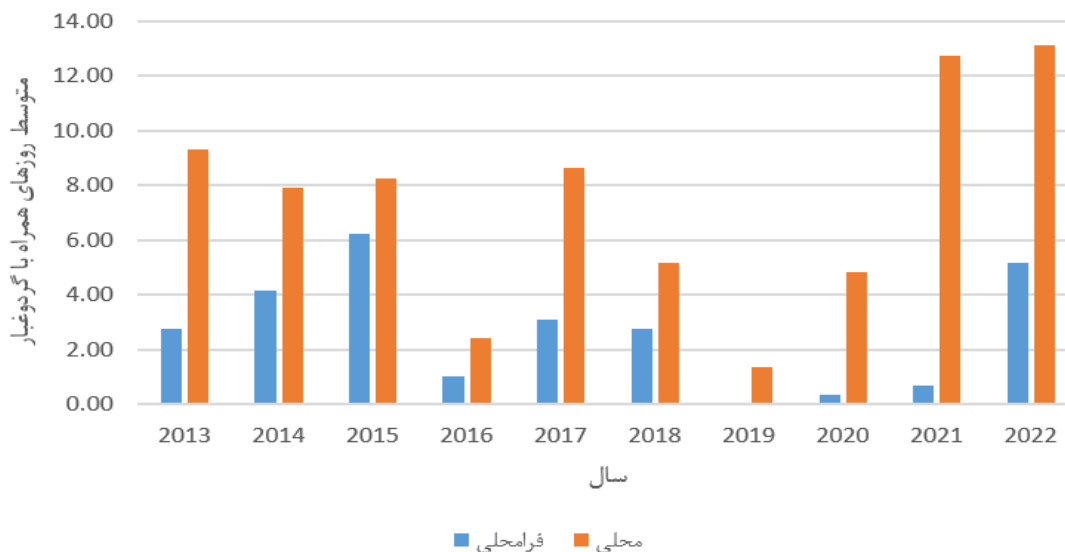
شکل (۱۲): نمودار میانگین روزهای همراه با گردوغبار با منشأ فرامحلی (کد ۰۶) و محلی (کد ۰۷) به تفکیک سال در منطقه مورد مطالعه

Figure (12): Average number of dusty days with local (code 07) and extra-local (code 06) source in the study area

نتایج درصد فراوانی گردوغبار محلی و فرامحلی در شکل (۱۳) نشان داده شده است. طی دوره آماری ۱۰ ساله مورد مطالعه (۲۰۲۲-۲۰۱۳) در هفت ایستگاه انتخابی ۲۶/۲۱ درصد

نسبت گردوغبار محلی و فرامحلی به کل روزهای همراه با گردوغبار

روزهای گردوغبار از منشأ فرامحلی و ۷۳/۷۹ درصد از منشأ محلی برخوردار بوده‌اند.

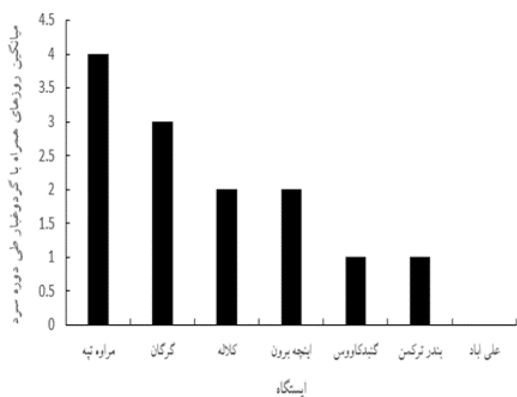


شکل (۱۳): روزهای همراه با گردوغبار با منشأ محلی و فرامحلی به کل روزهای همراه با گردوغبار
 Figure (13): The ratio of dusty days with local and extra-local sources to the total dust events

۳ ایستگاه و مقادیر کمتر از میانگین شامل ۴ ایستگاه هستند (شکل ۱۴). همچنین میانگین روزهای گردوغبار در دوره سرد سال نشان می‌دهد که ایستگاه مراوه‌تپه با میانگین ۴ روز همراه با گردوغبار بیشترین تعداد روزهای گردوغباری و علی‌آبادکتول بدون روز گردوغباری کمترین تعداد روز همراه با گردوغبار را در دوره سرد سال به خود اختصاص داده‌اند. در این دوره میانگین روزهای گردوغبار در گستره منطقه مورد مطالعه ۱/۸۵ روز بوده است که مقادیر بیشتر از میانگین شامل ۴ ایستگاه و مقادیر کمتر از میانگین شامل ۳ ایستگاه هستند (شکل ۱۵).

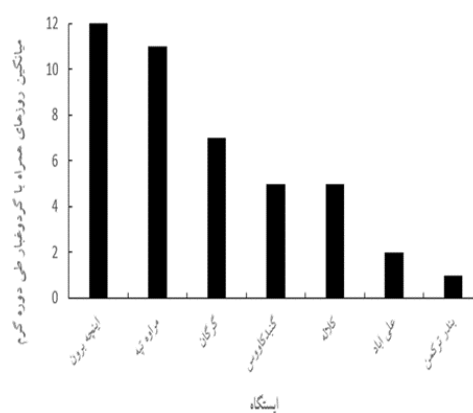
تحلیل گردوغبار در دوره‌های گرم و سرد سال

میانگین روزهای گردوغبار در دوره گرم سال نشان می‌دهد که بیشترین تعداد روزهای گردوغبار مربوط به ایستگاه اینچه‌برون با میانگین ۱۲ روز همراه با گردوغبار و کمترین تعداد روزهای گردوغبار مربوط به ایستگاه بندرترکمن با میانگین یک روز همراه با گردوغبار را در دوره گرم سال به خود اختصاص داده‌اند. در این دوره میانگین روزهای گردوغبار در منطقه مورد مطالعه ۶/۱۴ روز بوده است که مقادیر بیشتر از میانگین شامل



شکل (۱۵): نمودار میانگین روزهای گردوغباری در دوره سرد دوره آماری (۲۰۱۳-۲۰۲۲)

Figure (15): Average of dusty days in the cold period (2013-2022)



شکل (۱۴): نمودار میانگین روزهای گردوغباری در دوره گرم دوره آماری (۲۰۱۳-۲۰۲۲)

Figure (14): Average of dusty days in the warm period (2013-2022)

جدول (۳): دوره تداوم (روز) رخدادهای گردوغبار در ایستگاه گرگان

سال	تداوم (روز)		
	>۳	۲	۱
۲۰۱۳	۱	۱	۹
۲۰۱۴	-	۱	۶
۲۰۱۵	-	۲	۴
۲۰۱۶	-	-	۱
۲۰۱۷	-	-	۳
۲۰۱۸	-	-	۲
۲۰۱۹	-	-	۱
۲۰۲۰	-	-	۴
۲۰۲۱	-	-	۶
۲۰۲۲	-	-	۷

دوره تداوم رخدادهای گردوغبار

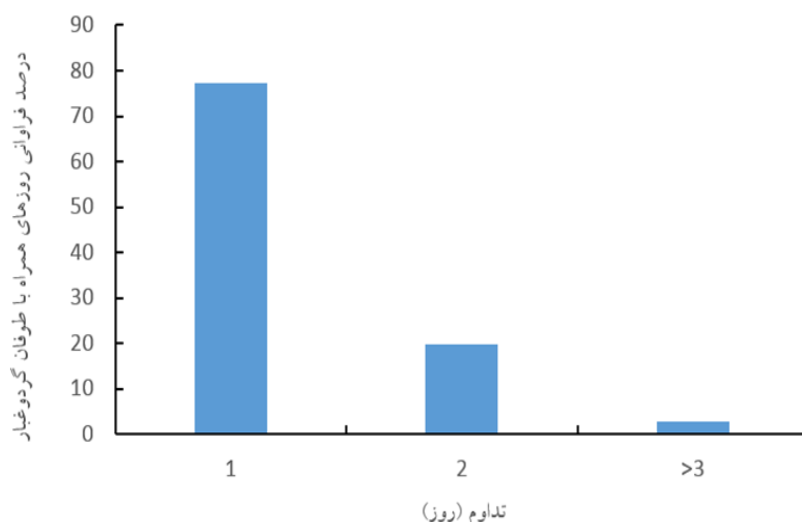
دوره تداوم رخدادهای گردوغبار ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد که بیشتر رخدادهای گردوغبار دارای تداوم ۱ تا ۲ روزه بوده‌اند. همان‌طور که جداول (۳) و (۴) نشان می‌دهند هرچه از سمت رخدادهای گردوغبار با تداوم روزانه کمتر به سمت رخدادهای گردوغبار با تداوم روزانه بیشتر پیش می‌رویم، تعداد رخدادهای گردوغباری کاهش می‌یابند. جداول زیر برای دو شهر از نظر دوره تداوم رخدادهای گردوغبار آورده شده است.

جدول (۴): دوره تداوم (روز) رخدادهای گردوغبار در ایستگاه مراوه‌تپه

سال	تداوم (روز)		
	>۳	۲	۱
۲۰۱۳	-	۲	۹
۲۰۱۴	-	۱	۹
۲۰۱۵	-	-	۱۲
۲۰۱۶	-	-	۲
۲۰۱۷	-	-	۸
۲۰۱۸	-	۱	۳
۲۰۱۹	-	-	-
۲۰۲۰	-	-	۲
۲۰۲۱	-	-	۸
۲۰۲۲	-	۲	۱۶

تداوم ۱ روز، ۱۹/۸۴ درصد با تداوم دو روز قرار دارند. فقط ۲/۷۷ درصد از روزهای گردوغبار با تداوم ≥ 3 روز هستند.

همچنین نمودار درصد روزهای همراه با گردوغبار و تداوم آن‌ها در شکل (۱۶) نشان داده شده است. همان‌طور که از شکل دیده می‌شود، ۷۷/۳۹ درصد از روزهای گردوغبار با



شکل (۱۶): نمودار درصد فراوانی روزهای همراه با گردوغبار در تداوم‌های ۱ تا ۳ روز طی دوره آماری مورد مطالعه

Figure (16): Dusty day frequency percentage in durations of 1 to 3 days (2013-2022)

- مبارک‌حسن و همکاران (۲۰۲۱) مبنی بر بیشترین گردوغبار در خراسان رضوی و شمالی در ژوئن و در خراسان جنوبی در می و ژوئیه است؛

- رضوی‌زاده و همکاران (۲۰۲۱) به‌لحاظ تغییرات فصلی، دو فصل پاییز و زمستان سهم کمی از غلظت گردوغبار را داراست و بیشترین غلظت گردوغبار مربوط به فصل تابستان است؛

- خان‌سالاری و همکاران (۲۰۲۳) مبنی بر بیشترین تعداد روزهای همراه با گردوغبار در فصل تابستان و کمترین آن در فصل زمستان است.

نتیجه‌گیری کلی

این پژوهش بر مبنای بررسی داده‌های هواشناسی ایستگاه‌های همدید انتخاب‌شده در استان گلستان انجام شد. نتایج این پژوهش نشان داد که به‌ترتیب هرچه از غرب و شمال منطقه به‌سمت شرق و جنوب آن پیش رویم، از تعداد روزهای گردوغباری کم می‌شود. اساساً هرچه یک رخداد گردوغبار از منشأ و یا منبع اولیه خود دور شود، از شدت و تداوم آن کم می‌شود. بنابراین رابطه بین شدت و تداوم رخداد‌های گردوغبار با مسافت طی‌شده از کانون اولیه یک رابطه معکوس است و گردوغبارهای غلیظ‌تر محلی‌تر و فاصله حمل کمتری دارند. نتایج همچنین نشان‌دهنده روند افزایشی پدیده‌های گردوغباری در استان گلستان از سال ۲۰۲۰ دارد؛ هرچند بیش از ۷۰

نتایج حاصل از بررسی سالانه پدیده گردوغبار نشان می‌دهد که بیشترین تعداد روزهای گردوغبار مربوط به منطقه اینچه‌برون با میانگین فراوانی ۸ روز سال، و بعد از آن بیشترین فراوانی گردوغبار مربوط به منطقه مراوه‌تپه است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، ۷۹/۸ درصد از عارضه گردوغبار فرامحلی از ساعت ۹:۳۰ تا ۱۸:۳۰ به وقت محلی و ۸۰/۶۴ از وقایع گردوغبار محلی از ساعت ۹:۳۰ تا ۱۸:۳۰ به وقت محلی رخ می‌دهند که با نتایج لشکری و کیخسروی (۲۰۰۷)، مبنی بر اینکه در تمام طول سال بیشتر گردوغبارها از ساعت ۱۲ ظهر به بعد و راشکی و همکاران (۲۰۱۷)، مبنی بر فراوانی وقوع طوفان‌های گردوغبار به‌دلیل همرفت گرمایی بین ساعت ۱۵:۳۰ و ۱۸:۳۰ به وقت محلی مطابقت دارد. بیشترین فراوانی پدیده گردوغبار مربوط به ماه‌های می، ژوئن و ژوئیه و کمترین فراوانی گردوغبار مربوط به ماه نوامبر و دسامبر است که با نتایج زیر مطابقت دارد:

- آرامی و همکاران (۲۰۱۷) مبنی بر اینکه ماه‌های ژوئن و ژوئیه از بیشترین فراوانی گردوغبار و ماه نوامبر و دسامبر از کمترین فراوانی گردوغبار برخوردارند؛

- علیجانی و رئیس‌پور (۲۰۱۱) مبنی بر اینکه بیشترین فراوانی گردوغبار در ماه ژوئن و کمترین فراوانی گردوغبار در ماه دسامبر رخ می‌دهد؛

اینچهبرون و مراوہ تپہ دارای بیشترین میانگین تعداد روزهای گردوغباری در استان گلستان هستند.

درصد رخدادهای گردوغباری در استان براساس تحلیل همبستگی و دورہ آماری این پژوهش دورہ تداوم یکروزہ را از خود نشان می دهد. نتایج این مطالعه نشان داد کہ ایستگاههای

منابع

- Abdolshahnejad, M., Khosravi, H., Nazari Samani, A., Zehtabian, G. R. Alambaigi, M. (2020). Determining the Conceptual Framework of Dust Risk Based on Evaluating Resilience (Case Study: Southwest of Iran). *Strategic Research Journal in Agricultural Sciences and Natural Resources*, 5(1): 33-44.
- Ahmadi, Z.; Dostan, R. Mofidi, A. (2016). Synoptic analysis of semi-warm dust storms in South Khorasan Province, *Journal of Natural Geography*, 8: 41-62.
- Alijani, b., and Raispour, K. (2011). Statistical analysis-synoptic of dust storms in southeastern Iran (Case study: Sistan region), *Arid Regions Geographic Studies*, 5: 107-132.
- Alizadeh Choobari, O., Zawar-Reza, P., & Sturman, A. (2014). The global distribution of mineral dust and its impacts on the climate system: A review. *Atmospheric Research*, 138(1): 152-165.
- Arami, S.A., Ownegh, M., Mohammadian Behbahani, A., Akbari, M., Zarasvandi, A. (2018), Statistical analysis of spatio-temporal pattern of dust storm in west and southwest of Iran. *Journal of Water and Soil Coservation*, 25(1): 61-83.
- Boali, H., Asgari, H., Mohammadian Behbahani, A., Salmanmahiny, A., Naimi, B. (2024). Monitoring and investigation of wind erosion warning areas in the northwest of Golestan Province (Case study: Aq Qala and Gomishan Cities). *Water and Soil Management and Modelling*, 4(2): 343-356.
- Boroghani, M., Moradi, H. R., Zangane Asadi, M.A. (2015). Analysis of dust occurrence and its zoning in Khorasan Razavi Province, *Journal of Environmental Erosion Research*, 4: 45-57.
- Doostan, R. (2016). Spatial analysis of dust in northeastern Iran, *Journal of Geography and Regional Development*, 2: 67-90.
- Hejazizadeh, Z., Tulabinejad, M., Zarei, Z. and Emraei, B. (2017), dust storm monitoring in the western half of Iran, case study: dust storm from June 16 to 19, 2015, *Journal of Spatial Analysis of Environmental Hazards*, 4(8):107-124.
- Farajzadeh ASI, M., Alizadeh. Kh. (2011). Spatial Analysis of Dust storm in Iran, *Spatial Planning*, 15(1): 65-84.
- Hosseini, S. A., Alipour, A., Hashemi, S. M., Rostami, D. (2016). Statistical analysis of dust in Zahedan city. First National Conference on Geography, Environment, Security and Tourism, Bozormehr Qaenat University, 9 p.
- Karkan Sistani, M. (2012). Statistical survey and zoning of dust storms in Razavi Khorasan province, the first national desert conference, 27 and 28 Khordad, 1391, Karaj, Iran.
- Khansalari, S., Majidi Dashli Brun, O., Nikzadfar, M., Mollaarazi, A. (2023). Temporal and spatial changes of dust in Golestan province using AOD (Aerosol Optical Depth) and the effectability of this province from the deserts of Turkmenistan, *Journal of Earth and Space Physics*, Volume 49, Number 2, Summer 1402, pp. 517-540.
- Lashkari, H., KeiKhosravi, Q. (2008). Synoptic statistical analysis of dust storms in Razavi Khorasan province in the period of 1993-2005, *Natural Geography Research*, 40: 17-33.
- Mubarak Hassan, A., Ranjbar Saadatabadi, A., Fatahi, A., Nouri, F. (2021). Investigating the characteristics of the dust phenomenon in the Great Khorasan region during the hot period of the year and simulating its path by the HYSPLIT model (statistical period 2000-2017). *Natural Geography Research*, 53(2): 268-249.
- Papi, R., Attarchi, S., Darvishi Bolorani, A., Neysani Samany, N. (2022). Characterization of Hydrologic Sand and Dust Storm Sources in the Middle East. *Sustainability*, 14(22).
- Rashki, A., Arjmand, M., Kaskaoutis, D.G. 2017. Assessment of dust activity and dustplume pathways over Jazmurian Basin, southeast Iran. *Aeolian Research*, 24: 145-160.
- Razavizadeh, S., Abbasi, H., and Dargahian, F. (2021). Investigating the phenomenon of dust in Golestan province, with emphasis on optical depth index and wind direction and speed. *Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering*, 15 (53) :58-67.
- Shaker Sureh, F., & Asadi, E. (2019). Meteorological and hydrological drought communication in Salmas Plain. *Desert Ecosystem Engineering*, 8(22), 89-100.
- Shojaee, T., Baaghdeh, M., Fallah, Gh. (2016). Statistical and synoptic Analysis of dust storms in South Khorasan province in the period (2000-2014). *Applied Hydrology and Meteorology*, 4: 57-70.
- Yarmoradi, Z., Nasiri, B., Karampour, M., and Mohammadi, Gh. (2017), Analysis and zoning of dust storms in eastern Iran. *Desert Management*, 12: 75-88.

Statistical Analysis of Spatio-Temporal Variations of Dust Occurrences in Golestan Province

Faezeh Arab Ameri¹, Ali Mohammadian Behbahani,^{2*} Majid Ownegh,³ Seyed Hossein Arami⁴

Received: 18/12/2024

Accepted: 20/07/2024

Extended Abstract

Background and objective: Throughout recent years, the Iranian government has mainly been challenged by assessing the risk of dust storms and choosing the best method for their management. In this regard, Golestan province is subject to the high risks of intensified dust phenomenon due to its vicinity to Turkmenistan's vast deserts, inappropriate management of its northern desert lands, and the dryness of some of its wetlands and borderlands. Therefore, considering the increasing number of intensified dust storm occurrences in Golestan province within the past few years, this study sought to perform statistical and climatic analysis of the phenomenon.

Materials and Methods: The dust storm occurrences in Golestan province were analyzed based on their spatio-temporal frequency as recorded by seven synoptic weather stations throughout a 10-year period (2013-2022). Moreover, the collected data were checked daily in the form of synoptic codes during eight observations using statistical methods. Finally, the average hourly, monthly, and annual occurrences of dust storms and their frequency for the hot and cold periods in all synoptic stations were calculated using the R software.

Conclusion: The results of the annual analysis of the dust storm revealed that the Incheh-Borun and Maraveh-Tappeh regions experienced the greatest number of dusty days in the entire study area with an average frequency of eight days per year. Moreover, it was found that the highest frequency of dust storms in the province occurred in May, June, and July, and the lowest frequency of dust storms took place in November and December, respectively. Also, the analysis of dust storm occurrences during the statistical period showed that 26.21% and 73.79% of the dusty days originated in extra-local and local origins, respectively. On the other hand, the interpretation of synoptic codes of the statistical period indicated that 79.8% of extra-local dust events in the province occurred from 9:30 A.M. to 18:30 local time and 80.64% of the events took place from 9:00 A.M. 30 to 18:30 local time. Finally, the analysis of the duration of dust events in the study area suggested that currently, the majority of dust storms in Golestan province last for one to two days.

Keywords: Dust, Spatio-Temporal Analysis, Golestan Province, Iran.

1. M.Sc. Student, Department of Arid Zone Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Arid Zone Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran; ali.mohammadian@gau.ac.ir
3. Professor, Department of Arid Zone Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
4. Assistant Professor, Forests and Rangelands Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran.