

## شناسایی کانون‌های گردوغبار بر مبنای خصوصیات باد و وضعیت پوشش زمین (مطالعه موردی: استان قم)

امیر کرم - دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه خوارزمی تهران.  
امیر صفاری - دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه خوارزمی تهران.  
علی احمدآبادی - استادیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه خوارزمی تهران.  
علی اناری\* - دانشجوی دکترای ژئومورفولوژی، دانشگاه خوارزمی تهران.

پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۵/۰۴      تأیید نهایی: ۱۴۰۰/۰۷/۰۴

### چکیده

یکی از مخاطرات رایج در مناطق خشک و نیمه خشک، گردوغبار است که با مسائل و مشکلات زیستی، اقتصادی و اجتماعی زیادی همراه است. با توجه به اینکه بخش زیادی از مساحت ایران را مناطق خشک و نیمه خشک دربر گرفته، بنابراین مناطق زیادی از جمله استان قم در معرض این مخاطره قرار دارد. با توجه به اهمیت موضوع، در این پژوهش به شناسایی کانون‌های گردوغبار در استان قم پرداخته شده است. در این پژوهش به منظور دستیابی به اهداف مورد نظر از اطلاعات اقلیمی ایستگاه‌های منطقه، تصاویر ماهواره لندست و همچنین مدل رقومی ارتفاعی ۳۰ متر منطقه به عنوان داده‌های تحقیق استفاده شده است. ابزارهای مهم تحقیق شامل ArcGIS، WRPLOT و SandRose بوده است. این تحقیق در ۳ مرحله کلی انجام شده که در مرحله اول، نقشه پوشش زمین تهیه شده، در مرحله دوم به بررسی خصوصیات بادهای منطقه پرداخته شده و در مرحله سوم به شناسایی کانون‌های گردوغبار پرداخته شده است. بر اساس نتایج حاصله، مناطق مرکزی و شمالی استان قم به دلیل وجود نوع پوشش شورزار و ماسه‌زار، ضریب بالای DPT و همچنین میانگین بالای سرعت باد، مستعد تولید گرد و غبار است، بنابراین بر اساس شاخص‌های ضریب DPT و سرعت باد، این مناطق به عنوان کانون‌های تولید گرد و غبار در استان قم محسوب می‌شوند.

واژگان کلیدی: مناطق خشک، ضریب DPT، کانون تولید گرد و غبار.

## مقدمه

یکی از انواع مخاطرات محیطی و طبیعی طوفان‌های گرد و غباری است که امروزه بسیاری از مناطق کشور به ویژه مناطق خشک را با مسائل و مشکلات زیستی، اقتصادی و اجتماعی مواجه ساخته است (رضویان و کوشکی، ۱۳۹۳). این پدیده در سال‌های اخیر جنبه‌های مختلفی از زندگی مردم را در این منطقه متأثر ساخته است (عزیزی و همکاران، ۱۳۹۱). طوفان گرد و غبار نوعی رویداد جوی است که معمولاً با بیابان‌ها گره خورده است (گودی و میدلتون، ۲۰۰۶). گرد و غبار موجود در جو به دلیل خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آن، پیامدهایی زیانباری برای سلامتی انسان دارد (میدلتون و استرنبرگ، ۲۰۱۳) و همین مسئله سبب شده تا به این مخاطره در طی سال‌های اخیر توجه ویژه‌ای شود. دانش مربوط به منابع اصلی انتشار گرد و غبار و اهمیت نسبی آن‌ها برای سیاست‌گذاران برای تعیین استراتژی‌های موثر کاهش آلودگی ضروری است (کولومبی<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۰). خطرات مربوط به پدیده گرد و غبار از دو جنبه سلامتی و پیامدهای اقتصادی و اجتماعی قابل تأمل است. بطوری که هرگرم از ذرات گرد و غبار، محتوی یک میلیون سلول از باکتری‌هایی است که می‌تواند خطرات جدی در سیستم تنفسی ایجاد کند. از نظر پیامدهای اقتصادی و اجتماعی نیز گرد و غبار موجب خسارت به اراضی کشاورزی، واحدهای اقتصادی، تاسیسات زیربنایی، بزرگراه‌ها، راه‌آهن و تهدید سلامت اجتماعی می‌شود. پدیده گرد و غبار یکی از بلایای جوی- اقلیمی است که وقوع آن باعث وارد شدن خسارت‌هایی در زمینه زیست محیطی و بروز یا تشدید بیماری‌های تنفسی و قلبی، ترافیک هوایی و زمینی، گردشگری، کشاورزی و غیره می‌شود. با توجه به خسارت زیاد این پدیده و احتمال افزایش وقوع آن در سال‌های آتی، لزوم توجه به آن از سوی دولت و اجرای راهکارهای مناسب در این زمینه ضروری است. بدیهی است قبل از اجرای طرح‌های عملیاتی با داشتن اطلاعات و شناخت کافی از این پدیده و نحوه و علل وقوع آن می‌توان راه‌های مناسب را برای مقابله با آن پیدا نمود. بدین منظور لازم است از تجربیات و یافته‌های سایر کشورها نیز در این زمینه استفاده کرد تا با به کار بردن روش‌های صحیح و اصولی، گامی اساسی در این راه برداشته شود (برنا، ۱۳۹۷).

موقعیت جغرافیایی ایران سبب شده است تا بخش زیادی از مناطق آن، از جمله مناطق مرکزی مانند استان قم، با مخاطره گرد و غبار مواجه باشند. استان قم با داشتن میانگین دمای سالانه ۱۹ درجه سانتی‌گراد و حدود ۱۷۵ میلی‌متر بارش سالانه، از جمله مناطق خشک کشور محسوب می‌شود. وضعیت اقلیمی این استان سبب شده است تا بخش زیادی از مساحت آن را ماسه‌زارها دربرگیرد و همین مسئله زمینه را برای فرسایش بادی در این استان فراهم کرده است. با توجه به موارد مذکور، استان قم پتانسیل بالایی جهت تولید کانون‌های گردوغبار دارد و بر این اساس در این تحقیق به شناسایی کانون‌های گردوغبار در استان قم پرداخته شده است. در این تحقیق، بر خلاف بسیاری از تحقیقات پیشین، علاوه بر بررسی وضعیت بادهای منطقه، وضعیت پوشش زمین نیز بررسی شده و مناطق مستعد فرسایش در ارتباط با پوشش زمین و خصوصیات بادهای منطقه شناسایی شد. در واقع، نوآوری تحقیق حاضر بررسی همه جانبه عوامل موثر در فرسایش بادی است. به این صورت که در این تحقیق ابتدا وضعیت پوشش زمین در استان قم بررسی شده و مناطقی که پتانسیل بالایی جهت ایجاد کانون‌های گردوغبار دارند شناسایی شده است. در ادامه به تشریح خصوصیات باد و درونیایی اطلاعات بدست آمده پرداخته شده و به این صورت، وضعیت باد و پوشش در هر نقطه مشخص شده است.

با توجه به اهمیت موضوع، در این مورد تحقیقات مختلفی صورت گرفته است که از جمله آن‌ها می‌توان به کولومبی و همکاران (۲۰۱۰) اشاره کرد که در پژوهش خود اشاره کرده‌اند، دانش مربوط به منابع اصلی انتشار گرد و غبار را می‌توان با

1. Goudie & Middleton

2. Middleton & Sternberg

3. Colombi

مدل‌سازی گیرنده با استفاده از برای مثال مدل تعادل جرم شیمیایی (CMB)<sup>۱</sup> به دست آورد. ایسانووا<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۵) حمل بادی ماسه و گرد و غبار را در منطقه دریای آرال بررسی کردند. گوان<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۱۶) رابطه بین گرد و غبار ناشی از فعالیت‌های انسان و تراکم جمعیت را در مناطق نیمه خشک جهان بررسی کرده و دریافتند که مناطق نیمه خشک مناطق اصلی منبع تولید گرد و غبار انسانی هستند. سوفوای<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۱۷) به مطالعه برهم‌کنش بین بارش، پوشش گیاهی و انتشار گرد و غبار در منطقه نیمه خشک مغولستان (منطقه گبی) پرداختند. استرنبرگ و ادواردز<sup>۵</sup> (۲۰۱۷) با موضوع بررسی رابطه بین گرد و غبار بیابان و سلامتی، پژوهش‌های منطقه آسیای مرکزی را مرور کردند باساران<sup>۶</sup> و همکاران (۲۰۱۷) فرسایش بادی ناشی از کشت در زمین‌های آیش منطقه نیمه خشک آناتولی مرکزی را بررسی کردند. در این مطالعه، آزمایش‌ها روی زمین‌های آیش دو شرکت کشاورزی مجاور انجام شده است. کل حمل حجمی ذرات از زمین‌های مذکور در طول یک دوره ۷ ماهه اندازه‌گیری، ۶۰۰ تن تخمین زده شده است. کاترا<sup>۷</sup> (۲۰۱۹) به ارزیابی فرسایش خاک بوسیله باد و انتشار گرد و غبار در خاک‌های مناطق نیمه خشک در اثر فعالیت‌های کشاورزی پرداخته است. بکین<sup>۸</sup> و همکاران (۲۰۲۰) با استفاده از داده‌های MSG-SEVIRI سطح انتشار گرد و غبار و ژئومورفولوژی منطقه منشأ را در قسمت شمال آفریقا بررسی کردند. طبق یافته‌های این تحقیق، سطح منابع انتشار گرد و غبار دارای توزیع غیر طبیعی بوده که اکثر منابع بین ۲۰ تا ۱۳۰ کیلومتر مربع مساحت داشته‌اند. کوک<sup>۹</sup> و همکاران (۲۰۲۱) سهم مناطق اصلی منبع غبار جهان را در چرخه جهانی گرد و غبار بیابانی ارزیابی کرده و در این راستا از یک چارچوب تحلیلی استفاده کرده‌اند. در ایران نیز فلاح ززولی و همکاران (۱۳۹۳) به منشایابی گردوغبار در مناطق غرب و جنوب غرب ایران با استفاده از روش‌های سنجش از دوری پرداختند. نتایج تحقیق نشان داده است که منشأ پدیده‌های گرد و غبار ورودی به غرب و جنوب غرب کشور از سوریه و عراق و بخشی از عربستان سعودی می‌باشد. کرمی (۱۳۹۴) در پژوهش خود به بحث درباره عوامل ایجاد کننده گرد و غبار و اثرات آن بر محیط زیست و همچنین روش‌های مقابله و کنترل این پدیده پرداخته است. رئوفی فرد (۱۳۹۴) در بررسی پدیده گرد و غبار استان قم اشاره کرده که منشأ گرد و غبارهای این استان، محلی و انتقالی است. دهقانپور و همکاران (۱۳۹۶) به تحلیل اثرات طوفان‌های گرد و غبار بر کیفیت زندگی روستاییان شهرستان ابرکوه پرداخته و با روش توصیفی-تحلیلی و بررسی میدانی اقدام به تهیه و تحلیل آمار و اطلاعات کرده‌اند. نتایج این پژوهش حاکی از اثرات مخرب پدیده گردوغبار بر مولفه‌های کیفیت زندگی در روستاهای دهستان اسفندار شهرستان ابرکوه بوده است. لاهیجان‌زاده و همکاران (۱۳۹۶) پراکنش مکانی، کانی‌شناسی و میکرومورفولوژی رخداده‌ها و مراکز گرد و غبار با منشأ داخلی استان خوزستان را با استفاده از داده‌های هواشناسی و اطلاعات زمین‌شناسی و کانی‌شناسی بررسی کرده‌اند. آرامی و همکاران (۱۳۹۷) به تحلیل مطالعات مخاطره گردوغبار در جنوب غرب ایران طی یک دوره ۲۲ ساله پرداخته و در این راستا اقدام به مرور جامع منابع موجود کرده‌اند. رنجبر و همکاران (۱۳۹۸) در پژوهش خود با استفاده از داده‌های اقلیمی، پوشش گیاهی، فیزیوگرافی منطقه و انجام نمونه‌برداری از عمق خاک اقدام به شناسایی مناطق و کانون‌های مولد گرد و غبار در استان ایلام کردند. در راستای تحقیقات پیشین، هدف از تحقیق حاضر شناسایی کانون‌های گردوغبار در محدوده استان قم بر مبنای وضعیت پوشش زمین و خصوصیات باد می‌باشد.

1. chemical mass balance

2. Issanova

3. Guan

4. Sofue

5. Sternberg & Edwards

6. Başaran

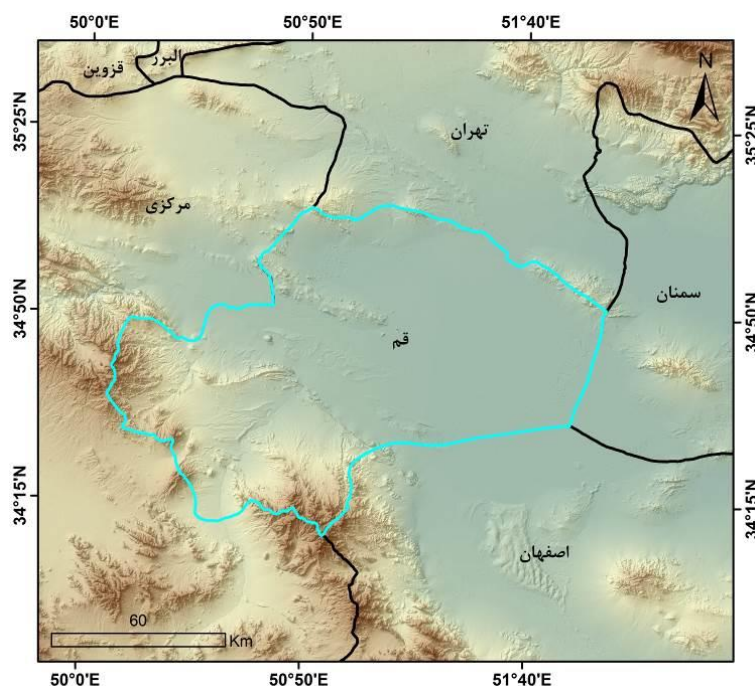
7. Katra

8. Bekin

9. Kok

### محدوده مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه شامل محدوده سیاسی استان قم می‌باشد. مرکز استان شهر قم است. استان قم از استان‌های واقع در ایران مرکزی است که از سمت شمال به استان تهران، از سمت غرب به استان مرکزی، از سمت جنوب به استان قم و از سمت شرق به استان سمنان منتهی می‌شود (شکل ۱). این استان در یک منطقه خشک و نیمه‌خشک واقع شده‌است و آب و هوای گرم و خشک دارد به طوری که میانگین دمای سالانه این استان ۱۹ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارش آن نیز حدود ۱۷۵ میلی‌متر است (سازمان هواشناسی استان قم، ۱۳۹۸). مناطق جنوبی و غربی استان دارای آب و هوای کوهستانی و کوه‌های مرتفع است. مناطق شرقی، مرکزی و شمالی استان نیز دارای کویر و بیابان وسیع است که بزرگ‌ترین آن‌ها دشت مسیله است.



شکل ۱: نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه

### مواد و روش‌ها

در این پژوهش به منظور دستیابی به اهداف مورد نظر از اطلاعات اقلیمی ایستگاه‌های ساوه، تفرش، سلفچگان، کهک، کاشان و گرمسار، تصاویر ماهواره لندست و همچنین مدل رقومی ارتفاعی ۳۰ متر منطقه به عنوان داده‌های تحقیق استفاده شده است. ابزارهای مهم تحقیق شامل ArcGIS (به منظور خروجی گرفتن و تهیه نقشه‌های مورد نظر)، WRPLOT و SandRose بوده که جهت تهیه نقشه گلباد و گلماسه استفاده شده است. در این تحقیق همچنین از روش درونیابی IDW (جهت تهیه نقشه‌های مربوط به خصوصیات باد در محدوده استان قم) استفاده شده است. این تحقیق در ۳ مرحله کلی انجام شده است که در ادامه به تشریح آن‌ها پرداخته شده است:

**مرحله اول (تهیه نقشه پوشش زمین):** به منظور تهیه نقشه پوشش زمین از تصویر ماهواره لندست ۸ سنجنده OLI مربوط به سال ۲۰۲۰ استفاده شده است. پس از تهیه تصویر مورد نظر و انجام پیش پردازش‌های لازم (تصحیحات هندسی و اتمسفری)، از روش طبقه‌بندی نظارت شده برای تهیه نقشه پوشش اراضی استفاده شده است. اولین گام در انجام دادن

یک طبقه‌بندی نظارت شده تعریف مناطقی است که به مثابه نمونه‌های تعلیمی برای هر کلاس استفاده می‌شوند (استمن<sup>۱</sup>، ۲۰۰۶). نمونه‌های تعلیمی (ابتدا با استفاده از تصاویر گوگل ارث منطقه پایش شده است و سپس بر اساس اطلاعات حاصله از بازدیدهای میدانی نمونه‌های تعلیمی انتخاب شده است) در ۶ کلاس نواحی انسان‌ساخت، اراضی کشاورزی، مراتع، ماسه‌زار، شوره‌زار و پهله آبی تعریف شده‌اند (انتخاب کلاس‌ها بر اساس نوع پوشش زمین در استان قم و همچنین اهداف مورد نظر بوده است). لازم به ذکر است که نمونه‌های تعلیمی بر اساس اطلاعات میدانی و همچنین تصاویر گوگل ارث انتخاب شده است. سپس نمونه‌های تعلیمی به شیوه رقومی کردن روی صفحه تولید و تفکیک شدند. با تعیین نمونه‌های تعلیمی با استفاده از روش حداکثر احتمال، نقشه پوشش زمین در محدوده استان قم تهیه شده است.

**مرحله دوم (بررسی خصوصیات بادهای منطقه):** در این مرحله به منظور بررسی خصوصیات باد و تحلیل اثرگذاری آن در ایجاد کانون‌های گرد و غبار، ابتدا اطلاعات ایستگاه‌های هواشناسی کهک، سلفچگان، کاشان، ساوه، نفرش و گرمسار (با توجه به موقعیت ایستگاه‌ها و در دسترس بودن اطلاعات) تهیه شده (جدول ۱) و سپس به تهیه نمودارهای مربوط به گلباد و گلماسه این ایستگاه‌های پرداخته شده است. در واقع، با استفاده از تهیه نمودارهای مربوطه، خصوصیات باد و پتانسیل آن در ایجاد کانون‌های گرد و غبار تحلیل شده است و سپس با استفاده از روش درونیابی معکوس فاصله (IDW)، نقشه‌های مربوط به سرعت باد و شاخص‌های گلماسه در محدوده استان قم تهیه شده است. انتخاب روش درونیابی در درجه اول به طبیعت متغیر و تغییرات مکانی آن وابسته است و با توجه به اینکه تحت تأثیر عوامل دیگری نیز می‌باشد، ارائه یک قانون صحیح و عام برای انتخاب یک روش بسیار دشوار است. علت انتخاب روش IDW در این تحقیق، موقعیت نقاط و مورفولوژی منطقه مورد مطالعه بوده است. در این تحقیق از اطلاعات ایستگاه‌ها در واحدهای مختلف ژئومورفولوژی استفاده شده است. در واقع، موقعیت ایستگاه‌ها به گونه‌ای است که در واحدهای مختلف کوهستان و دشت قرار گرفته‌اند و همین مسئله سبب می‌شود تا اثر منفی اختلاف توپوگرافی بر نتیجه درونیابی بسیار کم شود.

در این پژوهش همچنین به منظور ترسیم گلباد از نرم‌افزار WRPLOT (ورودی این نرم‌افزار اطلاعات مربوط به سرعت و جهت باد بوده است) و به منظور ترسیم گلماسه ایستگاه‌های مورد مطالعه از نرم‌افزار SandRose Graph 3.0 (ورودی این نرم‌افزار اطلاعات اقلیمی ایستگاه‌ها با فرمت سازمان هواشناسی بوده است ولی در این نرم‌افزار صرفاً از اطلاعات مربوط به سرعت و جهت باد روزانه در طی دوره‌های زمانی مورد مطالعه (جدول ۱) استفاده می‌شود) استفاده شده است (اختصاصی و همکاران، ۱۳۸۴). این برنامه قادر به دریافت فایل‌های متنی ایستگاه‌های سینوپتیک بوده و قادر است در کم‌ترین زمان ممکن اقدام به انجام محاسبات و ترسیم گلماسه نماید. در این پژوهش به منظور دستیابی به اهداف مورد نظر از اطلاعات ۶ ایستگاه استفاده شده است و مقادیر  $DPT^2$  (توان حمل ماسه در جهات مختلف) برای ایستگاه‌های مورد مطالعه محاسبه شده است (پارسامهر و خسروانی، ۱۳۹۵).

جدول ۱: مشخصات ایستگاه‌های مورد استفاده

ردیف	ایستگاه	دوره زمانی
۱	کهک	۲۰۰۴-۲۰۱۶
۲	سلفچگان	۲۰۰۴-۲۰۱۶
۳	کاشان	۲۰۰۰-۲۰۱۶
۴	ساوه	۲۰۰۰-۲۰۱۶
۵	نفرش	۲۰۰۰-۲۰۱۶

۱ . Eastman

۲ . Total Drift Potential

۲۰۰۸-۲۰۱۶	گرمسار	۶
-----------	--------	---

شاخص  $Dp_t$  <sup>۱</sup> (توان حمل ماسه در جهات مختلف): فرای برگر و دین (۱۹۷۹) با استفاده از معادلات پایه بگنولد و لتو-لتو که جهت محاسبه دبی جریان ارئه شده‌اند، رابطه‌ای جهت محاسبه پتانسیل حمل ماسه در جهات مختلف جغرافیایی ارئه نمودند که به صورت رابطه ۱ می‌باشد:

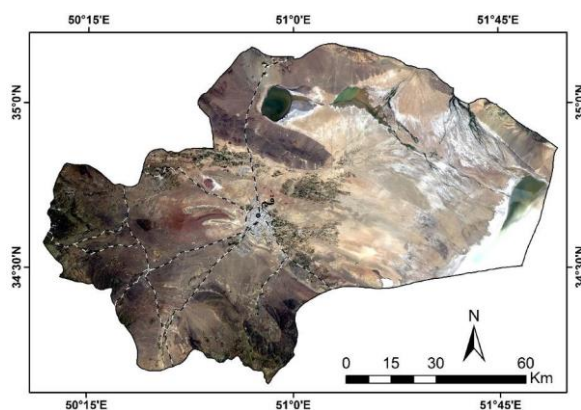
$$DP: V_*^2(V_* - V_{*t}).T \quad \text{رابطه ۱: محاسبه } Dp_t$$

در این رابطه  $V_*$ : سرعت‌های باد بیش از سرعت آستانه‌های فرسایش (در محدوده ایستگاه مورد نظر و در ارتفاع استاندارد) و بر حسب نات،  $V_*t$ : سرعت آستانه فرسایش باد در ارتفاع استاندارد بر حسب نات (این سرعت برای مناطق حساس به بادبردگی معمولاً بین ۱۶-۱۲ نات در ارتفاع ۱۰ متری در نظر گرفته می‌شود)،  $T$ : مدت زمان نسبی وزش باد با سرعت  $V_*$  (نسبت تعداد سرعت‌های برشی دیده‌بانی شده به کل دیده‌بانی‌ها در سراسر کشور) (همان، ۱۳۹۵). سرعت آستانه فرسایش در منطقه مورد مطالعه ۶/۲ متر بر ثانیه (۱۲/۰۵ نات) در نظر گرفته است. انتخاب این میزان بر اساس مطالعات کتابخانه‌ای و وضعیت پوشش زمین بوده است.

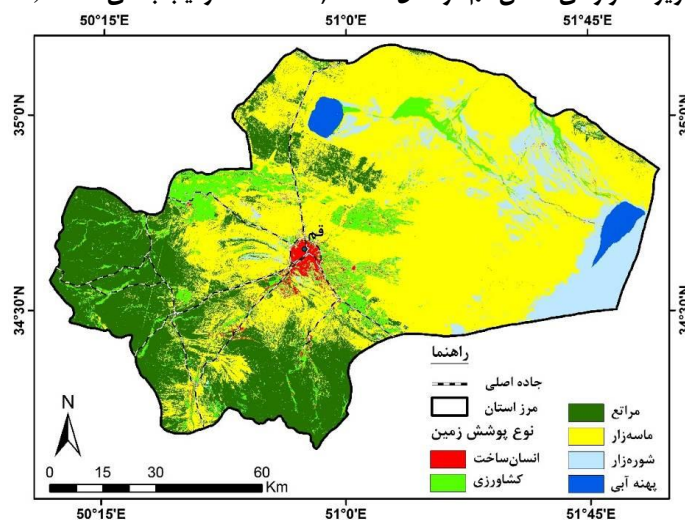
مرحله سوم (شناسایی مناطق مستعد تولید گرد و غبار بر مبنای ویژگی‌های باد و پوشش زمین): در این مرحله به منظور شناسایی مناطق مستعد تولید گرد و غبار، از اطلاعات پوشش زمین و همچنین خصوصیات بادهای منطقه استفاده شده است. روش کار به این صورت بوده است که ابتدا بر اساس تصاویر ماهواره لندست مربوط به سال ۲۰۲۰، محدوده ماسه‌زارها و شوره‌زارها (به دلیل پتانسیل بالایی که جهت تولید گرد و غبار دارند) جدا شده است و سپس نقشه سرعت باد و همچنین شاخص  $Dp_t$  فصلی و سالانه در این محدوده به صورت فازی و کلاسه‌بندی شده تهیه شده است. بر این اساس، مناطقی از ماسه‌زارها و شوره‌زارها که دارای سرعت بالای باد و ضریب  $Dp_t$  بالایی بوده است، به عنوان مناطق مستعد تولید گرد و غبار شناسایی شده است.

### بحث و نتایج

بررسی وضعیت پوشش زمین: با توجه به اینکه یکی از عوامل اصلی در فرسایش زمین و ایجاد کانون‌های گرد و غبار، وضعیت پوشش زمین است، در این پژوهش ابتدا با استفاده از تصویر ماهواره لندست مربوط به سال ۲۰۲۰ (شکل ۲) نقشه پوشش زمین استان قم تهیه شده است (شکل ۳).



شکل ۲: تصویر ماهواره‌ای استان قم در سال ۲۰۲۰ (لندست ۸، ترکیب باندی R: 4, G: 3, B: 2)



شکل ۳: نقشه پوشش زمین استان قم در سال ۲۰۲۰

ارزیابی نقشه پوشش زمین استان قم بیانگر این است که نواحی انسان‌ساخت ۶۷/۸ کیلومترمربع (معادل ۰/۶ درصد از مساحت استان) وسعت داشته است که عمدتاً شامل محدوده شهری قم بوده است. نواحی کشاورزی ۸۹۱/۵ کیلومترمربع (معادل ۷/۷ درصد از مساحت استان) وسعت داشته است که عمدتاً شامل مناطق مجاور شهر قم و مناطق شمالی استان بوده است. مراتع ۲۹۴۸/۳ کیلومترمربع (معادل ۲۵/۶ درصد از مساحت استان) وسعت داشته است که عمدتاً شامل مناطق غربی استان بوده است. ماسه‌زارها و اراضی بایر ۶۲۷۵/۶ کیلومترمربع (معادل ۵۴/۵ درصد از مساحت استان) وسعت داشته است که عمدتاً شامل مناطق شرقی استان بوده است. شوره‌زارها ۱۱۴۶/۸ کیلومترمربع (معادل ۱۰ درصد از مساحت استان) وسعت داشته است که عمدتاً شامل مناطق جنوب شرقی استان بوده است. همچنین پهنه آبی نیز ۱۸۳/۱ کیلومترمربع (معادل ۱/۶ درصد از مساحت استان) وسعت داشته که مربوط به دریاچه قم است. در جدول ۲ مساحت و درصد مساحت هرکدام از پوشش‌های نشان داده شده است.

جدول ۲: مساحت و درصد مساحت نوع پوشش زمین استان قم در سال ۲۰۲۰

ردیف	نوع پوشش زمین	مساحت (کیلومربع)	درصد مساحت
۱	انسان‌ساخت	۶۷/۸	۰/۶
۲	کشاورزی	۸۹۱/۵	۷/۷
۳	مراتع	۲۹۴۸/۳	۲۵/۶
۴	ماسه‌زار و اراضی بایر	۶۲۷۵/۶	۵۴/۵
۵	شوره‌زار	۱۱۴۶/۸	۱۰
۶	پهنه آبی	۱۸۳/۱	۱/۶
۷	مجموع	۱۱۵۱۳	۱۰۰

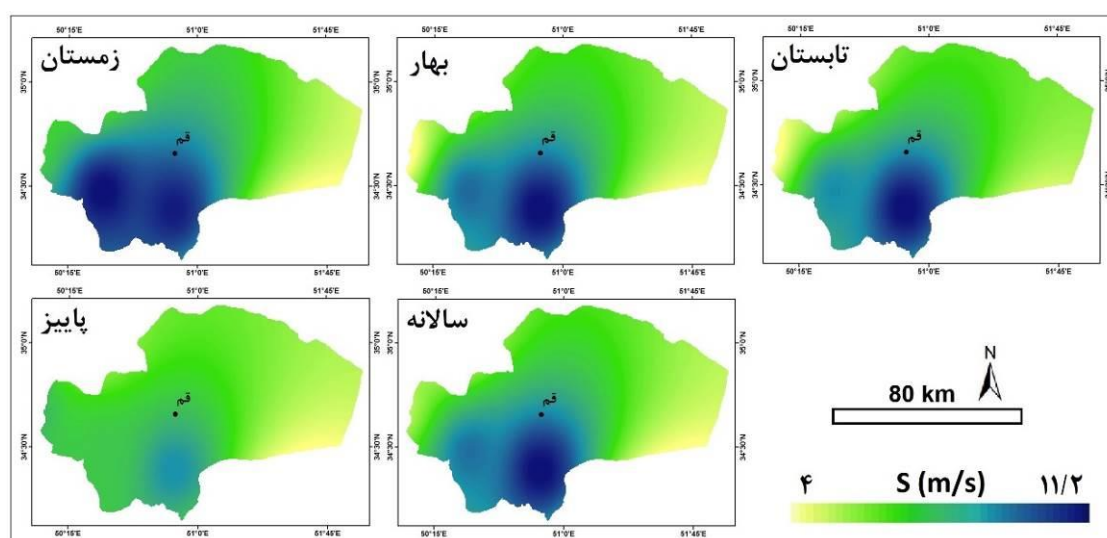
**تحلیل وضعیت بادهای منطقه:** در این پژوهش، پس از ارزیابی وضعیت پوشش زمین، به منظور تحلیل وضعیت فرسایش بادی و کانون‌های گردوغبار، از اطلاعات مربوط به ایستگاه‌های ساوه، تفرش، سلفچگان، کهک، کاشان و گرمسار

استفاده شده است. انتخاب ایستگاه‌ها بر اساس موقعیت آن‌ها نسبت به محدوده استان قم بوده است و بر مبنای آن‌ها، به تجزیه و تحلیل ویژگی‌های باد و سپس شناسایی کانون‌های گردوغبار پرداخته شده است:

**بررسی وضعیت سرعت و جهت باد:** در این پژوهش به منظور بررسی وضعیت سرعت باد در منطقه، ابتدا میانگین سرعت باد در طی دوره زمانی مختلف محاسبه شده است. (جدول ۳). پس از انجام محاسبات و تهیه اطلاعات لازم، با استفاده از روش درونیابی IDW، نقشه سرعت باد فصلی و سالانه در محدوده استان قم تهیه شده است. نتایج بررسی میانگین فصلی سرعت باد بیانگر این است که در فصل زمستان میانگین سرعت باد بین ۵ تا ۹/۷ متر بر ثانیه، در فصل بهار بین ۵/۱ تا ۱۱/۲ متر بر ثانیه، در فصل تابستان بین ۴/۴ تا ۱۱/۲ متر بر ثانیه، در فصل پاییز بین ۴ تا ۷/۸ متر بر ثانیه و میانگین سرعت باد سالانه نیز بین ۵/۱ تا ۱۰/۱ متر بر ثانیه بوده است. بررسی پراکنش مکانی سرعت باد در نقشه‌های مذکور بیانگر این است که بیش‌ترین میزان سرعت مربوط به مناطق جنوب و جنوب غربی استان بوده است (شکل ۴).

جدول ۳: سرعت باد فصلی و سالانه ایستگاه‌های منطقه

ایستگاه	زمستان	بهار	تابستان	پاییز	سالانه	درصد باد بیش از ۶/۲ متر بر ثانیه
ساوه	۵/۶	۶/۲	۴/۵	۴/۵	۵/۲	۲۷/۲
تفرش	۶/۷	۴/۷	۴	۶/۹	۵/۶	۴۰/۲
سلفچگان	۹/۷	۹/۸	۹/۱	۶/۵	۸/۸	۶۷/۸
کهنک	۹/۵	۱۱/۲	۱۱/۲	۷/۸	۱۰/۱	۸۵/۱
کاشان	۱/۷	۲/۱	۱/۵	۱/۱	۱/۷	۴/۶
گرمسار	۵	۵/۸	۶/۳	۴/۹	۵/۶	۳۰/۹



شکل ۴: نقشه‌های دورنیابی سرعت باد فصلی و سالانه محدوده مطالعاتی

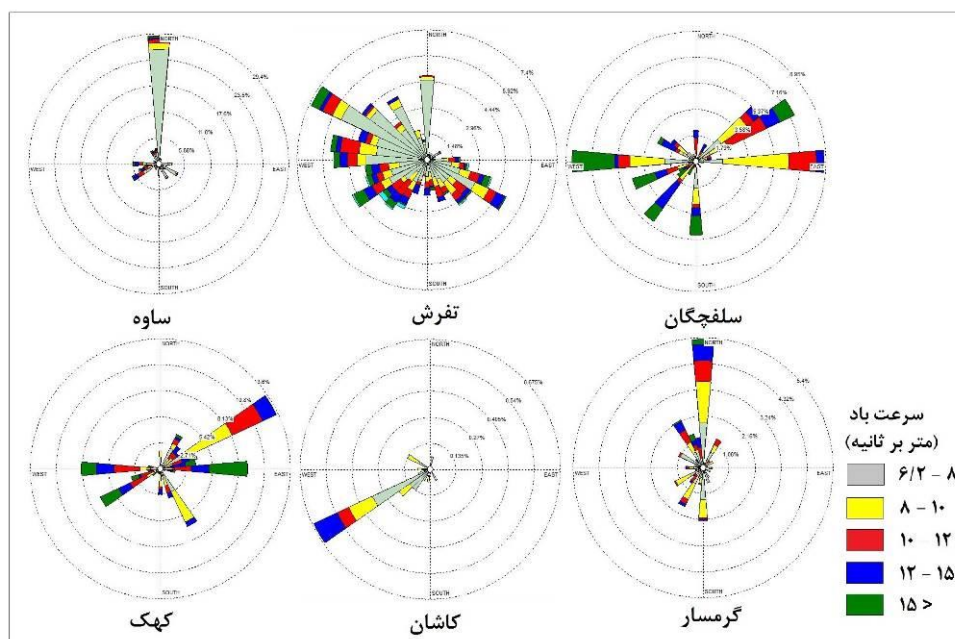
نتایج بررسی جهت باد غالب فصلی و سالانه ایستگاه‌های منطقه بیانگر این است (جدول ۴ و شکل ۵) که در ایستگاه ساوه جهت غالب باد در فصول مختلف سال از سمت شمال است و تنها در فصل بهار از سمت جنوب غرب است. در ایستگاه تفرش، جهت غالب باد در فصول مختلف سال از سمت غرب و شمال غرب است و تنها در فصل زمستان از سمت جنوب



شرق است. در ایستگاه سلفچگان جهت غالب باد در فصل‌های بهار و تابستان از سمت شرق و در فصل‌های پاییز و زمستان از سمت غرب است. در ایستگاه کهک، جهت غالب باد در فصل‌های بهار و پاییز از سمت شرق، در فصل زمستان از سمت جنوب شرق، در فصل تابستان از سمت شمال شرق و میانگین جهت سالانه آن از سمت شرق است. در ایستگاه کاشان، جهت غالب باد در تمام فصول سال از سمت جنوب غرب است و در ایستگاه گرمسار نیز جهت غالب باد در تمام فصول سال از سمت شمال است. بررسی وضعیت اطلاعات مربوط به بادهای منطقه بیانگر این است که است تحت تاثیر عوامل مختلف جغرافیایی، خصوصا توپوگرافی، میزان سرعت، جهت و قدرت حمل باید در منطقه مورد مطالعه تفاوت زیادی دارد. نتایج بررسی سرعت بادهای منطقه بیانگر این است که بخش‌های جنوبی و جنوب غربی استان قم در بیش‌تر ماه‌های سال دارای بادهای با سرعت بیش از ۱۰ متر بر ثانیه است که مسئله در شرایط لازم برای ایجاد گرد و غبار در نیمه غربی استان قم را فراهم می‌آورد. همچنین نتایج ارزیابی جهت بادهای منطقه بیانگر این است که در بیش‌تر ماه‌های سال، در بخش‌های شرقی استان قم که مستعد فرسایش بادی است و تولید گرد و غبار است، جهت باد از سمت شرق است که همین مسئله سبب حرکت گردوغبار به سمت مناطق غربی استان قم می‌شود.

جدول ۴: جهت باد فصلی و سالانه ایستگاه‌های منطقه

ایستگاه	زمستان	بهار	تابستان	پاییز	سالانه
ساوه	شمال	جنوب غرب	شمال	شمال	شمال
نفرش	جنوب شرق	شمال غرب	غرب	غرب	غرب
سلفچگان	غرب	شرق	شرق	غرب	غرب
کهک	جنوب شرق	شرق	شمال شرق	شرق	شرق
کاشان	جنوب غرب	جنوب غرب	جنوب غرب	جنوب غرب	جنوب غرب
گرمسار	شمال	شمال	شمال	شمال	شمال

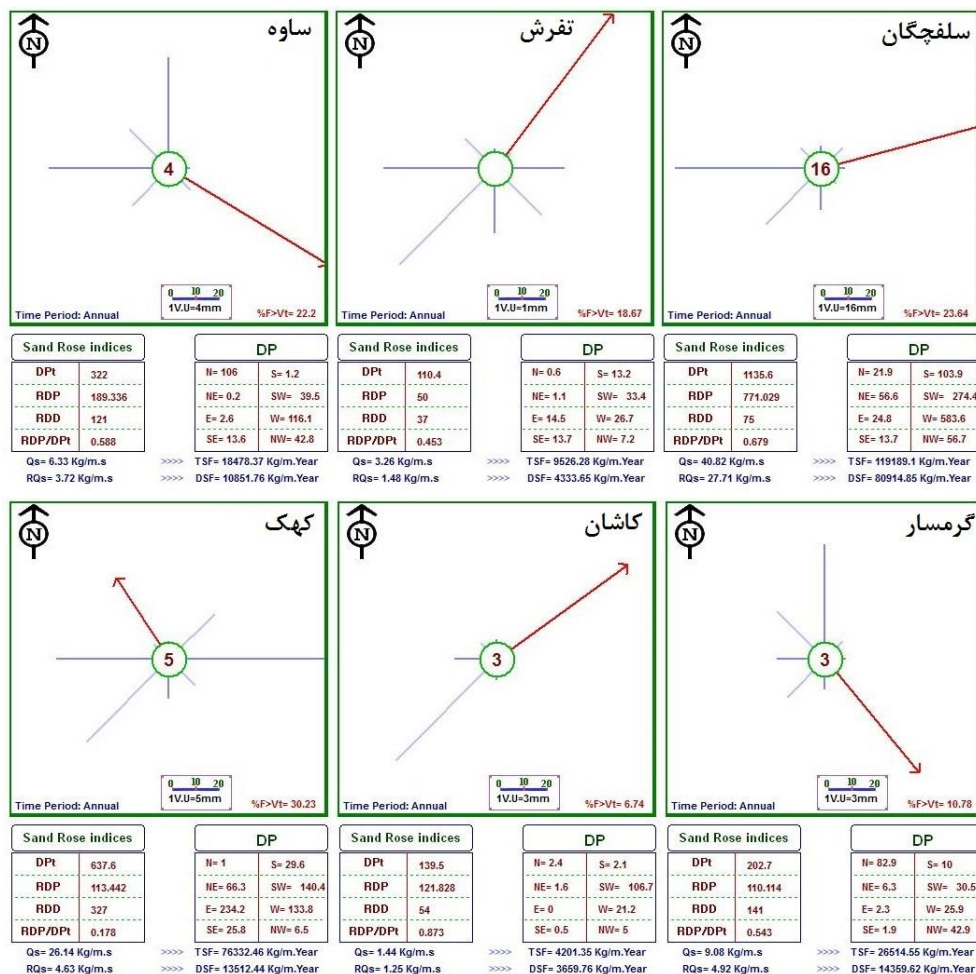


شکل ۵: گلباد سالانه ایستگاه‌های منطقه

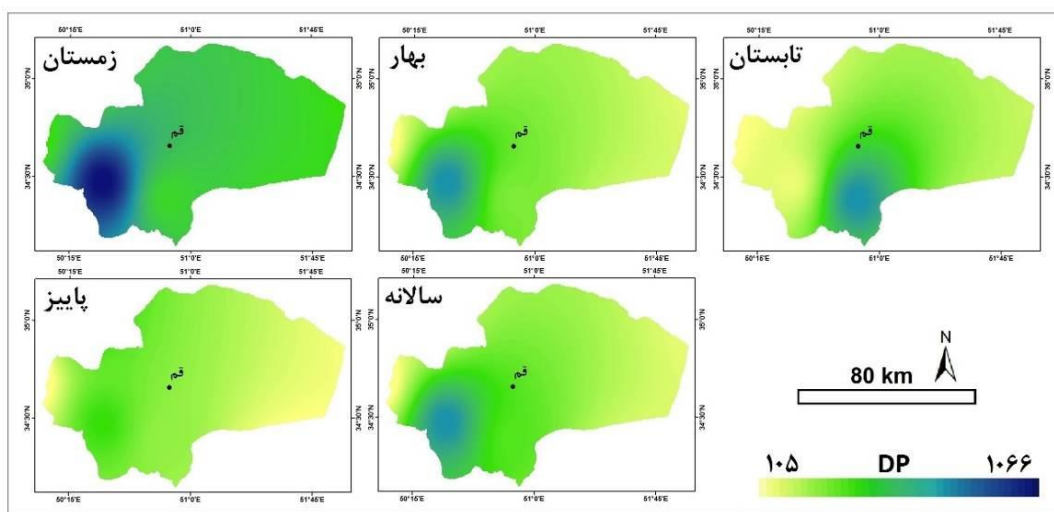
**محاسبه مقادیر DPT<sup>۱</sup> (توان حمل ماسه در جهات مختلف):** در این پژوهش به منظور بررسی وضعیت DPT در ایستگاه‌های منطقه، ابتدا میانگین DPT هر کدام از ایستگاه‌ها در طی دوره‌های زمانی مختلف محاسبه شده است (جدول ۵ و شکل ۶). پس از انجام محاسبات و تهیه اطلاعات لازم، با استفاده از روش درونیابی IDW، نقشه میانگین DPT استان قم در طی دوره‌های زمانی مختلف تهیه شده است. بررسی میزان DPT فصلی و سالانه نیز بیانگر این است که میزان DPT در فصل زمستان بین ۳۳۷ تا ۱۰۶۶، در فصل بهار بین ۲۴۷ تا ۹۶۹، در فصل تابستان بین ۸۳۲ تا ۱۰۵، در فصل پاییز بین ۷۲۲ تا ۱۳۳ و در مجموع سالانه نیز بین ۸۹۰ تا ۲۲۵ بوده است. بر این اساس، بیش‌ترین میزان DPT فصلی مربوط به فصل زمستان بوده است (شکل ۷). نتایج بررسی شاخص DPT (توان حمل ماسه در جهات مختلف) بیانگر این است که بیش‌ترین میزان توان حمل ماسه مربوط به مناطق جنوب غربی استان قم است که ضریب آن در بیش‌تر ماه‌های سال بیش از ۱۰۰۰ است و این مسئله بیانگر قدرت بالای حمل ماسه در این مناطق است.

جدول ۵: ضریب DPT فصلی و سالانه ایستگاه‌های مجاور استان قم

ایستگاه	زمستان	بهار	تابستان	پاییز	سالانه
ساوه	۴۱۸	۵۰۱	۷۲	۳۰۴	۳۲۲
تفرش	۱۶۰	۱۳۴	۹۲	۷۴	۱۱۰
سلفچگان	۱۰۶۷	۹۹۲	۱۵۳	۲۸۰	۹۳۶
کهنک	۵۸۷	۸۰۷	۹۳۳	۲۱۱	۶۳۸
کاشان	۱۳۶	۲۷۲	۳۳	۲۹	۱۴۰
گرمسار	۲۰۳	۳۱۰	۱۸۲	۱۰۵	۲۰۳



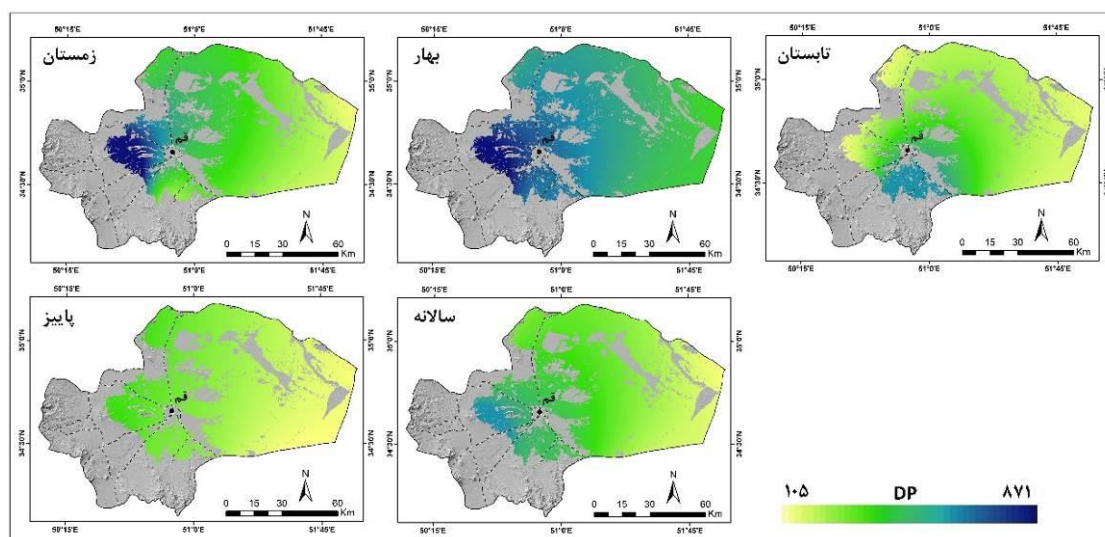
شکل ۶: شاخص‌های گلماسه ایستگاه‌های منطقه



شکل ۷: نقشه‌های دورنیایی DPT فصلی و سالانه استان قم

شناسایی مناطق مستعد تولید گرد و غبار بر مبنای ویژگی‌های باد و پوشش زمین: فرسایش بادی به طور مستقیم تحت تاثیر وضعیت پوشش زمین و همچنین ویژگی‌های مربوط به بادهای منطقه است. در این پژوهش، ابتدا وضعیت پوشش زمین استان قم ارزیابی شد و سپس به تحلیل ویژگی‌های بادهای مربوط به ایستگاه‌های استان قم و مجاور آن پرداخته شد. با توجه به این استان قم از نظر نوع پوشش زمین و همچنین ویژگی‌های مربوط به باد، پتانسیل بالایی از نظر فرسایش بادی و ایجاد کانون‌های گرد و غبار دارد، در این بخش به شناسایی کانون‌های تولید گرد و غبار بر مبنای ویژگی‌های باد و نوع پوشش زمین پرداخته شده است:

**مناطق مستعد تولید گرد و غبار بر اساس ضریب DPT و پوشش زمین:** نوع پوشش زمین در مناطق مختلف استان قم متفاوت است. به طوری کلی بخش‌های غربی استان قم را مراتع دربرگرفته و به سمت مناطق شرقی استان ماسه‌زارها و شوره‌زارها نمود بیش‌تری دارند. با توجه به اینکه ماسه‌زارها و شوره‌زارها، به عنوان منابع اصلی تولید گرد و غبار هستند، بنابراین در این بخش، ابتدا محدوده ماسه‌زارها و شوره‌زارهای استان قم جدا شده و سپس به بررسی میزان DP و سرعت باد در این منابع پرداخته شده است. بر اساس نتایج حاصله، بخش‌های شرقی استان قم و مناطقی از مرکز استان قم را پوشش ماسه‌زار و شوره‌زار دربرگرفته است. بررسی وضعیت ضریب DPT (توان حمل ماسه در جهات مختلف) در محدوده ماسه‌زارها و شوره‌زارها بیانگر این است که در یک روند کلی از سمت غرب به سمت شرق، ضریب DPT بین ۱۰۵ تا ۸۷۱ متغیر است (شکل ۸)، بنابراین از نظر شاخص DPT ماسه‌زارها و شوره‌زارهای بخش مرکزی و جنوبی استان قم، به دلیل دارا بودن ضریب DPT بالاتر، پتانسیل بالایی جهت تولید گرد و غبار دارند. بر اساس نقشه‌های تهیه شده، بالاترین ضریب DPT مربوط به فصل‌های بهار و زمستان است، بنابراین در این فصول احتمال تولید گردوغبار بیش‌تر از سایر ایام سال است.



شکل ۸: نقشه میانگین فصلی و سالانه محدوده ماسه‌زار و شوره‌زارهای استان قم

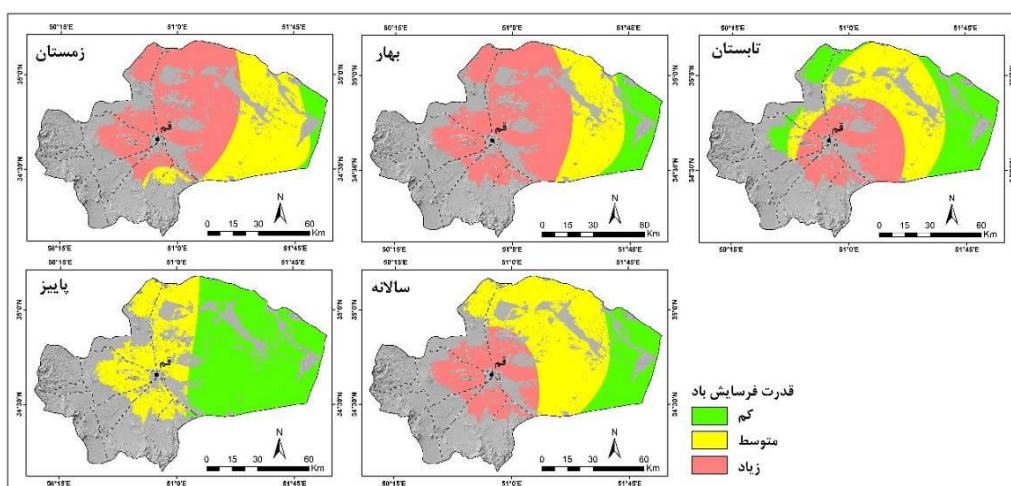
در این بخش به منظور کلاسه‌بندی قدرت فرسایش باد در منطقه، از شاخص فرای برگر و دین<sup>۱</sup> (جدول ۶) استفاده شده و محدوده شوره‌زارها و ماسه‌زارهای منطقه از نظر قدرت حمل ماسه به ۳ کلاس (قدرت حمل کم، قدرت حمل متوسط و قدرت حمل زیاد) تقسیم شده است (شکل ۹). بر اساس نقشه‌های تهیه شده، بخش‌های مرکزی استان قم در تمام فصول

<sup>۱</sup>. Fryberger & Din

سال، به جزء فصل پاییز، در طبقه پتانسیل زیاد حمل ماسه قرار دارد و همچنین بخش‌های شرقی با وجود اینکه از نظر پوشش می‌توان مستعد تولید گرد و غبار باشد ولی به دلیل اینکه ضریب DPT در این مناطق کم‌تر است، احتمال تولید گرد و غبار کم‌تری نسبت به مناطق مرکزی استان دارد. در مجموع بر اساس نتایج حاصله، در حدود ۱۶۶۷ کیلومترمربع از ماسه‌زار و شورزارهای استان قم، باد دارای قدرت فرسایش زیاد است و به ترتیب در ۳۴۶۴ و ۱۳۰۳ کیلومترمربع، باد دارای قدرت فرسایش متوسط و کم است (جدول ۷).

جدول ۶: تقسیم‌بندی توان حمل ماسه توسط باد در محیطی‌های بیابانی (فرای برگر و دین ۱۹۷۹)

قدرت DPT	قدرت فرسایش باد	دبی حمل ماسه بر حسب مترمکعب در سال در عرض ۱ متر
بیش از ۴۰۰	زیاد	بیش از ۳۳
۳۹۹-۲۰۰	متوسط	۳۳ تا ۱۷
کم‌تر از ۲۰۰	کم	کم‌تر از ۱۷



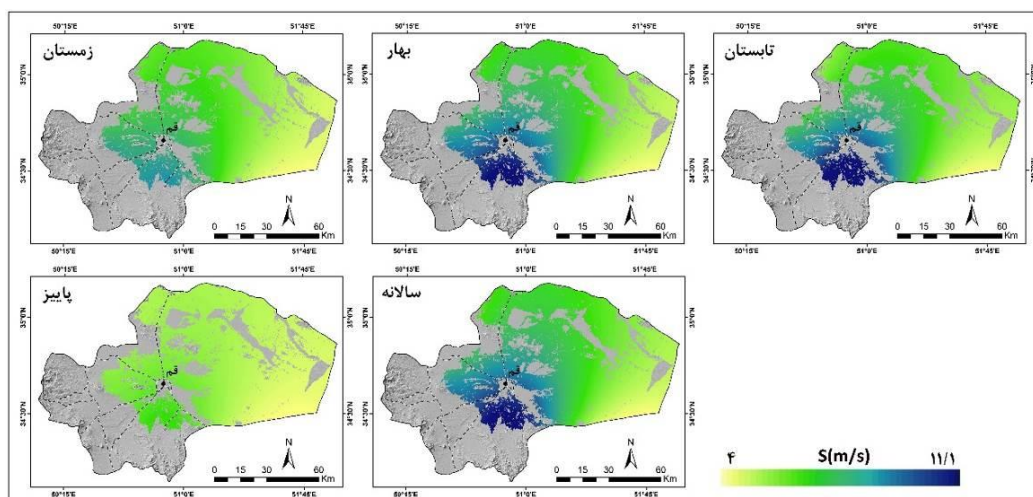
شکل ۹: نقشه کلاسه‌بندی قدرت حمل ماسه در محدوده ماسه‌زارها و شورزارهای منطقه

جدول ۷: مساحت طبقات قدرت حمل ماسه در محدوده ماسه‌زارها و شورزارهای منطقه

قدرت فرسایش باد	زمستان	بهار	تابستان	پاییز	سالانه
زیاد	۳۵۸۹	۳۷۸۸	۱۵۴۷	۰	۱۶۶۷
متوسط	۲۵۴۱	۱۷۹۹	۲۹۷۲	۲۱۳۳	۳۴۶۴
کم	۳۰۴	۸۴۸	۱۹۱۶	۴۳۱۲	۱۳۰۳

مناطق مستعد تولید گرد و غبار بر اساس سرعت باد و پوشش زمین: با توجه به اینکه سرعت باد، نقش اصلی را در حمل ماسه و تولید گرد و غبار دارد، در این بخش نقشه میانگین سرعت باد فصلی و سالانه در محدوده ماسه‌زارها و شورزارها تهیه شده است (شکل ۱۰). بر اساس نقشه‌های مذکور، میانگین سرعت باد در محدوده ماسه‌زارها و شورزارهای استان قم بین ۴ تا ۱۱/۱ متر بر ثانیه بوده است. بر این اساس، از نظر سرعت باد نیز محدوده مطالعاتی پتانسیل بالایی از نظر تولید گرد و غبار دارد. نتایج بررسی وضعیت مکانی سرعت باد نیز بیانگر این است که در یک روند کلی، میانگین

سرعت باد از سمت شرق به سمت مناطق مرکزی استان قم روند افزایشی دارد، بنابراین ماسه‌زارها و شوره‌زارهای مناطق مرکزی استان، پتانسیل بالایی از نظر تولید گرد و غبار دارند.

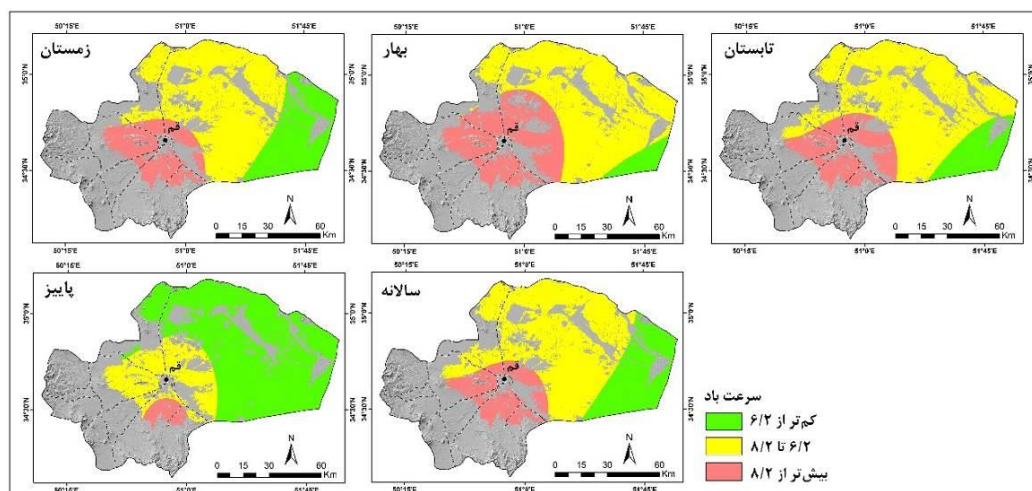


شکل ۱۰: نقشه میانگین سرعت باد فصلی و سالانه محدوده ماسه‌زار و شوره‌زارهای استان قم

با توجه به اینکه پتانسیل فرسایش بادی تحت تاثیر مستقیم سرعت باد قرار دارد، در این بخش به کلاسه‌بندی سرعت باد در محدوده شوره‌زارها و ماسه‌زارهای استان قم پرداخته شده است و بر اساس آن این محدوده به ۳ کلاس سرعت کم‌تر از ۶/۲ متر بر ثانیه (کم‌تر از آستانه فرسایش باد)، ۶/۲ تا ۸/۲ متر بر ثانیه (فرسایش بادی متوسط) و بیش از ۸/۲ متر بر ثانیه (فرسایش بادی زیاد) تقسیم شده است (شکل ۱۱). بر اساس نتایج حاصله، از نظر سرعت باد نیز بخش‌های مرکزی استان قم در طبقه با پتانسیل فرسایش بادی زیادی دارد و مناطق شرق نیز با وجود اینکه از نظر پوشش زمین مستعد هستند ولی پتانسیل تولید گرد و غبار کم‌تری نسبت به مناطق مرکزی دارند. در مجموع بر اساس نتایج حاصله، در حدود ۱۴۵۲ کیلومترمربع از ماسه‌زار و شوره‌زارهای استان قم، باد دارای میانگین سرعت کم‌تر از ۶/۲ متر بر ثانیه است و به ترتیب در ۳۹۵۵ و ۱۰۲۷ کیلومترمربع، باد دارای میانگین سرعت بین ۶/۲ تا ۸/۲ و بیش از ۸/۲ متر بر ثانیه است (جدول ۸).

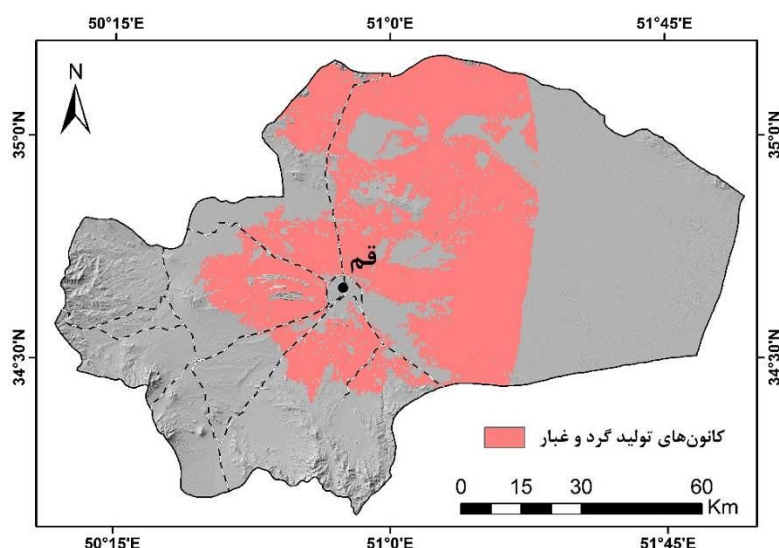
جدول ۸: مساحت طبقات سرعت باد در محدوده ماسه‌زارها و شوره‌زارهای منطقه

سرعت باد	زمستان	بهار	تابستان	پاییز	سالانه
کم‌تر از ۶/۲	۱۵۶۷	۳۵۵	۸۱۱	۴۷۵۴	۱۴۵۲
۶/۲ تا ۸/۲	۳۷۰۵	۴۰۴۶	۴۲۷۵	۱۴۲۷	۳۹۵۵
بیش از ۸/۲	۱۱۶۳	۲۰۳۵	۱۳۴۹	۲۵۴	۱۰۲۷



شکل ۱۱: نقشه کلاسه‌بندی سرعت باد فصلی و سالانه محدوده ماسه‌زار و شوره‌زارهای استان قم

شناسایی مناطق مستعد تولید گرد و غبار بر مبنای ضریب  $Dp_t$  و سرعت باد: بر مبنای نتایج بدست آمده از وضعیت ضریب  $Dp_t$  (مناطق دارای قدرت فرسایش باد زیاد) و همچنین سرعت باد (مناطق دارای سرعت باد بیش از ۶/۲ متر بر ثانیه) در محدوده شوره‌زارها و ماسه‌زارهای منطقه، نقشه نهایی کانون‌های تولید گردوغبار در استان قم تهیه شده است (شکل ۱۲). بر اساس نتایج حاصله، مناطق مرکزی و شمالی استان قم به وسعت ۱۹۴۸ کیلومترمربع به دلیل وجود نوع پوشش شوره‌زار و ماسه‌زار، ضریب بالای  $Dp_t$  و همچنین میانگین بالای سرعت باد، مستعد تولید گرد و غبار است، بنابراین بر اساس شاخص‌های ضریب  $Dp_t$  و سرعت باد، این مناطق به عنوان کانون‌های تولید گرد و غبار در استان قم محسوب می‌شوند.



شکل ۱۲: نقشه نهایی کانون‌های تولید گرد و غبار در استان قم بر اساس ضریب  $DP$  و سرعت باد

### نتیجه‌گیری

اهمیت مسئله گردوغبار در مناطق خشک و نیمه خشک سبب شده تا در این مورد تحقیقات مختلفی صورت گیرد. در این تحقیق، بر خلاف بسیاری از تحقیقات پیشین (از جمله رئوفی‌فرد، ۱۳۹۴؛ پارسامهر و خسروانی، ۱۳۹۵)، علاوه بر بررسی

وضعیت بادهای منطقه، وضعیت پوشش زمین نیز بررسی شده و مناطق مستعد فرسایش در ارتباط با پوشش زمین و خصوصیات بادهای منطقه شناسایی شد. بر اساس نتایج حاصله، بخش زیادی از مساحت استان قم را ماسه‌زارها و شوره‌زارها در بر گرفته است که همین مسئله سبب شده تا از نظر پوشش زمین، استان قم مستعد تولید گردوغبار باشد. همچنین نتایج این تحقیق همانند تحقیق هادیان و همکاران (۱۳۹۲) نشان داده است که تحت تاثیر عوامل مختلف هیدرواقليمی و انسانی، پوشش زمین در این استان با تغییرات زیادی مواجه است و بخش از مراتع این استان نیز در صورت ادامه روند کنونی، می‌تواند به ماسه‌زارها تبدیل شود و نقش مهمی در تولید گرد و غبار داشته باشد. در مجموع نتایج بررسی وضعیت پوشش زمین در استان قم (مانند تحقیق فتحی و رحمتی‌زاده، ۱۳۹۶) بیانگر این است که بخش‌های شرقی این استان به دلیل وجود ماسه‌زارها و شوره‌زارها، پتانسیل بالایی جهت ایجاد کانون‌های گرد و غبار دارد. در این پژوهش، پس از ارزیابی وضعیت پوشش زمین، به بررسی وضعیت خصوصیات باد در ایستگاه‌های استان قم و مناطق مجاور آن پرداخته شده و سپس بر مبنای آن، به تشریح وضعیت کلی خصوصیات باد در محدوده استان قم پرداخته شد. بر اساس نتایج حاصله، بخش زیادی از محدوده استان قم تحت پوشش بادهای با سرعت بیش از ۶/۲ متر بر ثانیه (سرعت آستانه فرسایش) است. در یک روند کلی، سرعت باد از سمت شرق به غرب و همچنین از سمت شمال به جنوب، روند افزایشی دارد و به این صورت از نظر سرعت باد، مناطق غربی و جنوبی، پتانسیل بالایی جهت ایجاد گرد و غبار دارند. همچنین نتایج بررسی ضریب DPt (توان حمل ماسه در جهات مختلف) نیز بیانگر این است که مناطق غربی و جنوب غربی استان قم، دارای بالاترین توان حمل ماسه است که مسئله بیانگر حساسیت پوشش زمین در این مناطق است. باتوجه به اینکه جهات غالب باد در منطقه از سمت جنوب به سمت مناطق شمالی است، بنابراین وجود شوره‌زارها و ماسه‌زارهای مناطق جنوبی استان می‌تواند خطری برای مناطق شمال و شمال غربی استان باشد. مجموع نتایج حاصله بیانگر این است که مناطق مرکزی و شمالی استان قم به دلیل وجود نوع پوشش شوره‌زار و ماسه‌زار، ضریب بالای DPt و همچنین میانگین بالای سرعت باد، مستعد تولید گرد و غبار است، بنابراین بر اساس شاخص‌های ضریب DPt و سرعت باد، این مناطق به عنوان کانون‌های تولید گرد و غبار در استان قم محسوب می‌شوند.

## منابع

- اختصاصی، محمدرضا؛ صارمی نایینی، محمدعلی؛ و صارمی نایینی، عبدالله (۱۳۸۴)، طراحی نرم‌افزار گلماسه نما (sand rose graph 2.0) پردازشگر توان فرسایش خاک و حمل رسوب توسط باد، اولین همایش ملی فرسایش بادی، یزد
- آرامی، سید عبدالحسین؛ اونق، مجید؛ محمدیان بهبهانی، علی؛ اکبری، مه‌ری و زراسوندی، علیرضا، (۱۳۹۷)، تحلیل مطالعات مخاطره گردوغبار در جنوب غرب ایران در دوره ۲۲ ساله (۲۰۱۷-۱۹۹۶)، تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۵ (۱).
- برنا، رضا، (۱۳۹۷)، ارزیابی پدیده گرد و غبار و رتبه‌بندی روش‌های پیشگیری از آثار آن در استان خوزستان، فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی، دوره ۲۷، شماره ۱۰۸.
- پارسامهر، امیرحسین؛ خسروانی، زهرا (۱۳۹۵)، تحلیل بادهای فرساینده و بررسی توان حمل رسوبات بادی در مناطق بیابانی استان اصفهان، فصلنامه تحقیقات مرتع و بیابان ایران، جلد ۲۳، شماره ۴، صص ۸۴۲-۸۳۲
- دهقانپور، علیرضا؛ معصومیان، ابراهیم؛ رضایی، حجت و ولی، محمدرضا، (۱۳۹۶)، بررسی اثرگذاری مخاطره زیست محیطی گرد و غبار بر کیفیت زندگی روستاییان (مطالعه موردی: دهستان اسفندار- ابرکوه)، چهارمین کنگره علمی پژوهشی توسعه و ترویج علوم کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست ایران، تهران.
- رضویان، محمدتقی و کوشکی، فردین، (۱۳۹۳)، بررسی منشاء و اثرات پدیده گرد و غبار در استان کرمانشاه، نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی، سال ششم، شماره ۲.



- رنجبر، هاجر؛ بازگیر، مسعود؛ نامدار خجسته، داود و رستمی‌نیا، محمود، (۱۳۹۸)، شناسایی مناطق و کانون‌های مولد گرد و غبار در استان ایلام، تحقیقات مرتع و بیابان ایران، دوره ۲۶، شماره ۳.
- رثوفی فرد، محمود، (۱۳۹۴)، آنالیز پدیده گرد و غبار در استان قم، اولین کنفرانس بین‌المللی گرد و غبار، اهواز
- سازمان هواشناسی استان قم (۱۳۹۸)، گزارش مربوط به عناصر اقلیمی ایستگاه‌های سینوپتیک استان قم
- عزیزی، قاسم؛ میری، مرتضی؛ نبوی، سیدامید (۱۳۹۱)، ردیابی پدیده گرد و غبار در نیمه غربی ایران، مجله مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، دوره ۲، شماره ۷، صص ۸۱-۶۳
- فتاحی، محمدمهدی؛ رحمتی‌زاده، ابوالفضل (۱۳۹۶)، مروری بر فرسایش بادی در استان قم، اولین همایش بحران دریاچه نمک و پدیده گرد و غبار در حوضه مرکزی ایران، قم
- فلاح ززولی، محمد؛ وفایی نژاد، علیرضا؛ خیرخواه زرکش، میرمسعود؛ احمدی دهکاء، فریبرز (۱۳۹۳)، منشاء یابی گرد و غبار غرب و جنوب غرب ایران و تحلیل سینوپتیکی آن با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دوره ۵، شماره ۴، صص ۷۷-۶۱
- کرمی، پرپوش، (۱۳۹۴)، مخاطرات زیست‌محیطی ریزگردها و راهکارهای مقابله با آن، کنفرانس بین‌المللی محیط زیست و منابع طبیعی، شیراز.
- لاهیجان‌زاده احمدرضا؛ زراسوندی، علیرضا؛ شعاعی، ضیاءالدین؛ حیدری، مجید؛ جلالی، صدیقه؛ فریدونی، زهرا (۱۳۹۶)، پراکنش فضایی-مکانی، کانی‌شناسی و ریز ریخت‌شناسی رخداده‌ها و مراکز گرد و غبار با منشأ داخلی در استان خوزستان، فصل‌نامه علمی- پژوهشی پژوهش‌های فرسایش محیطی، ۷ (۲).
- هادیان، فاطمه؛ بشری، حسین؛ جعفری، رضا؛ ادناتی، سیدمهدی (۱۳۹۲)، بررسی تغییرات کاربری و پوشش اراضی استان قم در یک دوره ۳۳ ساله با استفاده از روش‌های حداکثر احتمال و فازی، نشریه علمی تحقیقات حمایت و حفاظت جنگل‌ها و مراتع ایران، دوره ۱۱، شماره ۱، صص ۵۹-۴۶
- Başaran M., Uzun O., Kaplan S., and Görmez F., Erpul G. (2017): Tillage-induced wind erosion in semi-arid fallow lands of Central Anatolia, Turkey. *Soil & Water Res.*, 12: 144-151.
- Bekin, Ofer Lavi., Crouvi, Onn, and G. Blumberg, Dan, (2020), Areal Extent of Dust Emission Events and Source Geomorphology in Northern Africa from MSG-SEVIRI Data, remote sensing, 12, 2775.
- Colombi, Cristina., L. Gianelle, Vorne., A. Belis, Claudio., Larsen, Bo Richter., (2010), Determination of Local Source Profile for Soil Dust, Brake Dust and Biomass Burning Sources, *Chemical Engineering Transactions*.
- Eastman, J. R. 2006. *IDRISI Andes. Guide to GIS and Image Processing*. Clark Labs, Clark University, Worcester, MA.
- Goudie, A.S., Middleton, N.J., (2006), *Desert Dust in the Global System*, Springer.
- Guan, Xiaodan., Huang, Jianping., Zhang, Yanting., Xie, Yongkun., and Liu, Jingjing, (2016), The relationship between anthropogenic dust and population over global semi-arid regions, *Atmos. Chem. Phys. Discuss*
- Issanova, G., Abuduwaili, J., Galayeva, O., Semenov, O., Bazarbayeva, T., (2015), Aeolian transportation of sand and dust in the Aral Sea region, *Int. J. Environ. Sci. Technol*, 12:3213-3224.
- Katra, Itzhak, (2020), Soil Erosion by Wind and Dust Emission in Semi-Arid Soils Due to Agricultural Activities, *Agronom*, 10, 89
- Kok, J.F., A.A. Adebisi, S. Albani, Y. Balkanski, R. Checa-Garcia, M. Chin, P.R. Colarco, D.S. Hamilton, Y. Huang, A. Ito, M. Klose, L. Li, N.M. Mahowald, R.L. Miller, V. Obiso, C. Pérez García-Pando, A. Rocha-Lima, and J.S. Wan, (2021), Contribution of the world's main dust source regions to the global cycle of desert dust., *Atmos. Chem. Phys. Discuss*

- N.J. Middleton, T. Sternberg., (2013), Climate hazards in drylands: A review, *Earth-Science Reviews* 126, 48–57
- Sofue, Y., Hoshino, B., Demura, Y., Nduati, E., and Kondoh, A. 2017. The Interactions Between Precipitation, Vegetation and Dust Emission Over Semi-Arid Mongolia, *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*
- Sternberg, T., & Edwards, M. (2017). Desert Dust and Health: A Central Asian Review and Steppe Case Study. *International journal of environmental research and public health*, 14(11), 1342.