

## شناسایی، ارزیابی، و مدیریت خاستگاه‌های گردوغبار در غرب ایران

مجید احمدی ملاوردی - دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران  
ایرج جباری\* - دانشیار ژئومورفولوژی، گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران  
امان‌اله فتح‌نیا - استادیار اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۹/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۴/۲۵

### چکیده

در سال‌های اخیر پدیده گردوغبار در استان‌های غربی ایران رو به فزونی گذاشته است و به موازات آن تغییرات محیطی شدیدی رخ داده ذهن پژوهشگران و مدیران راه، علاوه بر خاستگاه‌های خارجی، به خاستگاه‌های داخلی کشور نیز معطوف کرده است. در این تحقیق سعی شده است، با هدف مدیریت محیط، خاستگاه‌های داخلی گردوغبار در استان‌های کرمانشاه و ایلام شناسایی و علل آن بررسی شود. از این رو، در این تحقیق نخست خاستگاه‌های گردوغبار با استفاده از تصاویر مادیس، شاخص TDI، و مدل HYSPLIT شناسایی شد. سپس، نقشه‌های ژئومورفولوژی و تغییر کاربری اراضی تهیه شد و بر روی نقشه خاستگاه‌های گردوغبار همپوشانی شد تا توزیع و فراوانی خاستگاه‌ها در هر کلاس مشخص شود. توزیع فضایی خاستگاه‌های گردوغبار نشان می‌دهد چند منطقه مهم تولید گردوغبار در غرب این استان‌ها قرار دارد که شامل نواحی اطراف دهستان ازگله، قصرشیرین، نفت‌شهر، و سومار در استان کرمانشاه و منطقه مهران، دهلران، و روستای ابوقویر در استان ایلام است. بیشتر دودتوده‌های گردوغبار از مناطقی منشأ گرفته‌اند که دارای ذخایر فراوان رسوبات آبرفتی‌اند و در آن‌ها تغییر کاربری اراضی، به‌ویژه تبدیل اراضی مرتعی به کشاورزی، اتفاق افتاده است. بنابراین، برای جلوگیری از فرسایش بادی، پدیمت‌ها، مخروط‌افکنه‌ها، دشت‌های آبرفتی، و دشت‌های سیلابی باید در اولویت برنامه‌های مبارزه با فرسایش بادی قرار گیرند و از تغییر کاربری اراضی مرتعی به کشاورزی جلوگیری شود. همچنین، با احیای پوشش گیاهی طبیعی در اراضی که تغییر کاربری صورت گرفته است وقوع گردوغبار در منطقه کاهش خواهد یافت.

واژگان کلیدی: ایلام، تصاویر مادیس، تغییر کاربری اراضی، ژئومورفولوژی، کرمانشاه، مدیریت گردوغبار.

### مقدمه

طوفان‌های گردوغبار وقایع جوی‌اند که با برداشت ذرات کوچک از سطح زمین ایجاد می‌شوند. گردوغبار هنگامی اتفاق می‌افتد که وزش باد شدید و متلاطم بر مواد سطحی خشک، منفصل، و ریزدانه‌ای جریان یابد که فاقد پوشش گیاهی‌اند یا پوشش گیاهی پراکنده‌ای دارند. این شرایط بیشتر در مناطق خشک و نیمه‌خشک یافت می‌شود و از این رو در این مناطق وقوع گردوغبار بیشترین فراوانی را دارد. در طوفان ماسه‌ای ذرات با قطر ۰/۱۵ تا ۰/۳۰ میلی‌متر از زمین بلند می‌شوند و تا ارتفاع ۱۵ متر جابه‌جا می‌شوند. در حالی که در طوفان گردوغبار، ذرات ریزتری حمل می‌شوند و به‌صورت معلق در هوا ننگه داشته می‌شوند و به فواصل دورتری (بیشتر از ۱۰۰۰ کیلومتر) منتقل می‌شوند (بحیرایی و همکاران، ۱۳۹۰؛ میدلتون و کانگ، ۲۰۱۷). در رابطه با پیدایش پدیده گردوغبار نه تنها عوامل طبیعی بلکه عوامل انسانی نیز مؤثر است. حتی می‌توان گفت دخالت‌های غیراصولی انسان در طبیعت عامل اصلی افزایش این پدیده است، زیرا عرصه‌های منابع طبیعی (جنگل و

مرتج) و کشاورزی به دلایل مختلف از جمله بیابان‌زایی، جنگل‌زدایی، تبدیل جنگل‌ها و مراتع به اراضی کشاورزی، چرای بی‌رویه دام، آتش‌سوزی‌ها، راه‌سازی، و معدن‌کاری دچار تخریب می‌شوند و خاک و پوشش گیاهی آن‌ها تا شعاع قابل ملاحظه‌ای آسیب می‌بیند که با وزش باد شرایط را برای آلودگی محلی هوا فراهم می‌کنند. از نظر ژئومورفولوژی، نتیجه این نوع فعالیت‌های نامناسب انسان در طبیعت در تغییر و تخریب سطوح ژئومورفولوژی ظاهر می‌شود.

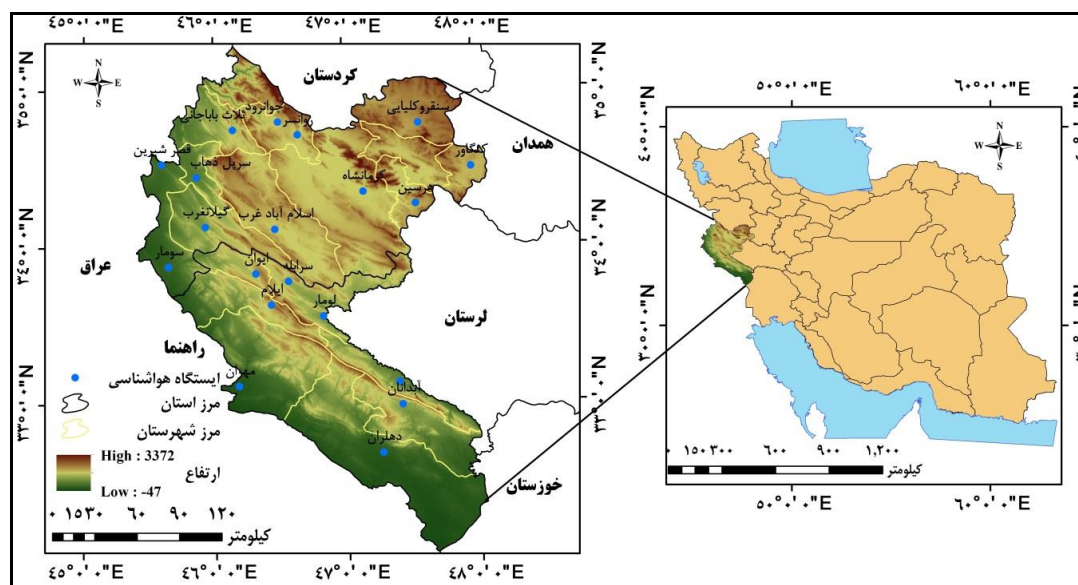
از آنجا که ژئومورفولوژی محلی بر شرایط سطحی از جمله نوع خاک، بافت، و ترکیبات موجود در آن تأثیر دارد، با تغییر سطوح ژئومورفولوژی شرایط برای تسریع فرایند بادی و پیدایش خاستگاه‌های گردوغبار فراهم می‌شود. بنابراین، می‌توان گفت تا وقتی که محیط‌های طبیعی مختلف پایداری خود را از دست ندهند در مقابل فرسایش بادی مقاوم‌اند، اما وقتی فعالیت‌های انسان پایداری سطوح ژئومورفیک را تغییر می‌دهد مناطق مستعد فرسایش بادی ممکن است بیشتر شود و انتشار مواد بادرفتی ناگهان افزایش یابد. مثلاً، می‌توان به کشورهای عراق و سوریه اشاره کرد که بعضی از فعالیت‌های انسانی از جمله فعالیت‌های انسانی نامناسب، مدیریت منابع آبی ناپایدار و تغییر اقلیم (الانصاری، ۲۰۱۳)، و فعالیت‌های نظامی و تخریب زمین (سیساکیان و همکاران، ۲۰۱۳) باعث افزایش گردوغبار در این کشورها شده است که اثرهای مخربی در داخل و خارج از این کشورها داشته است. گردوغبار می‌تواند تأثیرات مخربی در محیط زیست و فعالیت‌های انسانی داشته باشد (سان و همکاران، ۲۰۰۱؛ ژو و وانگ، ۲۰۰۲؛ تام و همکاران، ۲۰۱۲) که عواقب زیادی برای جامعه بشری دارد و مردم مستقیماً تحت تأثیر طیف وسیعی از خطر طوفان‌های گردوغبار قرار می‌گیرند؛ از جمله می‌توان به بروز یا تشدید بیماری‌های تنفسی و قلبی، آسیب‌رساندن به محصولات کشاورزی، و ترافیک هوایی و زمینی اشاره کرد. این خطرها هرچند برای ساکنان مناطق خشک و نیمه‌خشک از اهمیت زیادی برخوردار است، اهمیت آن‌ها فقط به این مناطق محدود نمی‌شود و بیشتر نیز می‌شود، زیرا پدیده گردوغبار اغلب در مسافت‌های طولانی در طی هزاران کیلومتر اتفاق می‌افتد و اغلب ذرات ریز، نواحی دور از مناطق خشک و نیمه‌خشک را دربر می‌گیرد. این تأثیرات زیست‌محیطی و اقتصادی-اجتماعی، که معمولاً از مرز کشورها عبور می‌کنند، در سطح محلی به جهانی رخ می‌دهند (میدلتون و کانگ، ۲۰۱۷).

شناخت ماهیت و منشأ طوفان‌های گردوغباری در سطح محلی در تعیین روش‌های کنترل آن نقش بسزایی دارد. برای کنترل رخدادهای طوفان گردوغبار از روش‌هایی استفاده می‌شود که برای کنترل فرسایش بادی نیز به کار گرفته می‌شود. معمولاً در هر مکانی از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود. مثلاً، در شمال اروپا از کاشت مخلوط، حفاظت، یا پوشش محصول با کاه و کلش، زمان کشت و کار، شیوه‌های کشت، تغییر زمین‌های زراعی برای استفاده‌های جای‌گزین، بادشکن و غیره استفاده شده است (گائودی و میدلتون، ۱۳۹۰) و در شمال چین طرح درختکاری تا حدود زیادی از فراوانی وقوع، شدت، و استمرار طوفان‌های گردوغباری در صحرای گبی چین پس از سال ۱۹۶۰ کاسته است (آری موتو، ۲۰۰۰). همچنین، بازسازی و بازگشت به شرایط قبلی و کاهش تخریب زمین میزان فعالیت گردوغبار در دریاچه‌های تکسکو در مکزیک، کارا بوگاز گل در ترکمنستان، و حوضه قونیه در ترکیه را کاهش داده است (گیل، ۱۹۹۶). روش‌های کنترل فرسایش بادی غالباً به سه دسته اقدامات کشاورزی (مدیریت محصول)، عملیات مکانیکی کشت، و موانع گیاهی طبقه‌بندی می‌شود. در اقدامات کشاورزی برای کنترل فرسایش خاک از پوشش گیاهی زنده یا بقایای مانده از برداشت محصولات کشاورزی استفاده می‌شود که باعث تثبیت خاک می‌شود. برای تثبیت خاک از قطعات سنگی نیز استفاده می‌شود. به‌عنوان نمونه، مالچ پاشی با سنگریزه و گراول توسط کشاورزان در شمال غرب چین در کاهش فرسایش خاک و به‌دام انداختن گردوغبار حمل‌شده مؤثر بوده است. دسته دیگری از اقدامات مربوط به کنترل فرسایش بادی مدیریت خاک است که بر اشکال مختلف کشت و زرع تمرکز دارند. مثلاً، شخم که بخش مهمی از کشاورزی است باعث شکسته‌شدن کلوخه‌های خاک می‌شود و آن‌ها را در

معرض فرسایش بادی قرار می‌دهد که برای جلوگیری از آن باید از عملیات مختلف شخم مانند شخم مالچی یا شخم نواری و یا از روش کشاورزی بدون شخم استفاده کرد. اما روش‌های مکانیکی کنترل فرسایش باد به دستکاری سطوح توپوگرافی به‌منظور کنترل جریان باد مربوط می‌شود. در این روش‌ها به‌صورت‌های مختلف مانند حصارها و بادشکن‌ها و دستکاری توپوگرافی سطح مانند شخم‌زدن بر سر را جریان باد مانع ایجاد می‌کنند تا از سرعت باد کاسته شود و در نتیجه از حمل رسوبات جلوگیری گردد (گائودی و میدلتون، ۱۳۹۰). چنین تلاش‌هایی برای مقابله با فرسایش بادی با اقدامات حفاظت از خاک موفق به کاهش طوفان‌های گردوغبار در مناطق خاصی از جهان شده است (تان و لی، ۲۰۱۵؛ فاکس و همکاران، ۲۰۱۲). اما در مناطق دیگر اخیراً افزایش چشم‌گیری در فرسایش بادی و طوفان‌های گردوغبار مشاهده شده است. این مناطق شامل بخش‌هایی از شبه‌جزیره عربستان (نوتارو و همکاران، ۲۰۱۵)، شرق مدیترانه (کراسنو و همکاران، ۲۰۱۶)، بین‌النهرین و مناطق مجاور (عزیزی و همکاران، ۲۰۱۲) و بخش‌هایی از شمال شرقی آسیا (کیم، ۲۰۰۸) است. پژوهش‌ها نشان می‌دهد در ایران نیز پدیده گردوغبار به‌ویژه در استان‌های غربی مانند کرمانشاه و ایران به قدری زیاد شده است که پژوهشگران از آن به‌عنوان مهم‌ترین مشکل زیست‌محیطی یاد می‌کنند (شمشیری و همکاران، ۱۳۹۳؛ رسولی و همکاران، ۱۳۸۹). به‌عنوان مثال، بیشترین تعداد روزهای گردوغباری در سال ۱۳۸۷ در استان کرمانشاه به تعداد ۱۰۷ روز رخ داده است (شاهسونی و همکاران، ۱۳۹۱). همچنین، با بررسی اطلاعات مربوط به دوره آماری ۱۹۸۶ تا ۲۰۰۹ ایستگاه سینوپتیکی سرپل ذهاب مشخص شد که فراوانی روزهای همراه با این نوع طوفان از ۱۴ مورد در سال ۱۹۸۶ به ۱۵۲ مورد در سال ۲۰۰۹ افزایش یافته است (نوحه‌گر و همکاران، ۱۳۹۲). گردوغباری که نواحی غرب و جنوب غرب کشور را تحت تأثیر قرار می‌دهد بیشتر فرامحلی است و از کشورهای همسایه مانند عراق سوریه، شبه‌جزیره عربستان، و شمال صحرای بزرگ آفریقا منشأ می‌گیرد (ذوالفقاری و عابدزاده، ۱۳۸۴؛ خوش‌کیش و همکاران، ۱۳۹۰؛ کریمی و همکاران، ۱۳۹۰؛ عزیزی و همکاران، ۱۳۹۱؛ رنجبر سعادت‌آبادی و عزیزی، ۱۳۹۱؛ بلورانی و همکاران، ۲۰۱۴؛ فلاح ززولی و همکاران، ۱۳۹۳؛ گریوانی و همکاران، ۲۰۱۱). اما در سال‌های اخیر با افزایش تغییرات محیطی در استان‌های غربی کشور توجه‌ها به سوی تولید احتمالی خاستگاه‌های داخلی گردوغبار جلب شده است. در صورت مشخص شدن خاستگاه‌های گردوغبار مسیر جدیدی برای مدیریت محیط و اقدامات کنترلی باز می‌شود. از این رو، در در این تحقیق سعی می‌شود، علاوه بر شناسایی خاستگاه‌های گردوغبار و مناطق مستعد آن در استان‌های کرمانشاه و ایلام، ویژگی این مناطق از نظر پوشش زمین و ژئومورفولوژی نیز بررسی شود و عواملی که در سال‌های اخیر باعث پیدایش و تشدید این پدیده شده شناسایی شود تا با توجه به شرایط محیطی و امکانات موجود راهکارهای حفاظتی برای مهار و کاهش وقوع این پدیده ارائه شود.

### منطقه مورد مطالعه

استان‌های کرمانشاه و ایلام در مجموع با مساحتی معادل ۴۴۹۹۴ کیلومتر مربع در غرب ایران واقع شده‌اند (شکل ۱). بخش بیشتر این استان‌ها را رشته‌کوه‌های زاگرس با روند شمال غربی - جنوب شرقی تشکیل داده‌اند و به‌سبب موقعیت خاص اقلیمی و بارندگی به‌موقع و کافی دارای دره‌های پوشیده از جنگل و مراتع است. میزان بارندگی در مناطق مختلف استان کرمانشاه و ایلام به‌ترتیب بین ۲۵۰ تا بیش از ۷۰۰ و ۲۰۰ تا ۵۰۰ میلی‌متر در نوسان است. میانگین سالانه دما در استان کرمانشاه از ۲۲ درجه در گرم‌ترین نواحی غربی تا حدود ۵ درجه سانتی‌گراد در کوهستان‌های مرتفع متغیر است. ولی در استان ایلام میانگین دما از ۲۴/۵ درجه در گرم‌ترین نواحی جنوبی و غربی تا حدود ۱۶ درجه سانتی‌گراد در کوهستان‌ها متغیر است.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی استان کرمانشاه و ایلام و ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده

## مواد و روش‌ها

### تعیین روزهای گردوغباری، انتخاب تصاویر ماهواره‌ای، و شناسایی خاستگاه‌های گردوغبار

در این پژوهش از داده‌های هواشناسی برای تعیین وقوع روزهای گردوغبار و از تصاویر ماهواره‌ای برای شناسایی خاستگاه‌های گردوغبار استفاده شد. نخست داده‌های وقوع گردوغبار به صورت روزانه از سال ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۵ برای ۲۰ ایستگاه هواشناسی در استان‌های کرمانشاه و ایلام از سازمان هواشناسی کشور اخذ گردید (شکل ۱) و روزهایی به عنوان روزهای وقوع گردوغبار در نظر گرفته شد که حداقل در یکی از ایستگاه‌ها کدهای هواشناسی مربوط به پدیده گردوغبار (کدهای ۰۶ و ۰۷) ثبت و میزان دید افقی کمتر از ۱۰۰۰ متر گزارش شده بود. با استفاده از دو معیاری که برای روزهای گردوغباری ذکر شد، ۲۱۰ روز گزارش‌های گردوغبار مناسبی داشتند که از میان همه روزهای دارای گردوغبار انتخاب و استخراج شدند.

به منظور آشکارسازی گردوغبار، تصاویر ماهواره‌ای مادیس<sup>۱</sup> از هر دو ماهواره ترا و آکوا در سطح 1B برای روزهای دارای گردوغبار منتخب (۲۱۰ روز)، از آرشیو اتمسفر و سیستم توزیع<sup>۲</sup> دریافت شدند. در طی دوره مورد مطالعه (۲۰۰۸ تا ۲۰۱۵) پس از تصحیح هندسی تصاویر و آشکارسازی گردوغبار، سرانجام ۲۱ تصویر (در سال‌های ۲۰۰۸-۲۰۱۳) برای شناسایی خاستگاه‌های گردوغبار در استان ایلام انتخاب و بقیه تصاویر به دلایل مختلف کنار گذاشته شدند؛ از جمله: ۱. بعضی از تصاویر (در سال‌های ۲۰۱۴ و ۲۰۱۵) دارای خطای راه‌راه‌شدگی بودند؛ ۲. بر روی بعضی از تصاویر شناسایی گردوغبار به دلیل فعال نبودن دودتوده‌ها<sup>۳</sup> در زمان عبور ماهواره و غلظت کم آن‌ها ممکن نبود؛ ۳. در بعضی تصاویر پوشش ابر وجود داشت که زمین را پنهان می‌کرد؛ ۴. منشأ بسیاری از پدیده‌های گردوغبار در خارج از منطقه و در کشورهای همسایه قرار داشت و بنابراین این تصاویر نیز کنار گذاشته شدند.

1. Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS)  
2. Level 1 from Atmosphere Archive and Distribution System

۳. دودتوده معادل فارسی واژه پلوم (Plume) است (جباری، ۱۳۹۶: ۳۷).

بررسی تصاویر ماهواره‌ای مادیس نشان داده است که بسیاری از رخداد‌های بزرگ گردوغبار در سراسر جهان از دودتوده‌های گردوغباری تشکیل شده‌اند که حاصل خاستگاه‌های نقطه‌ای‌اند (ماوالد و همکاران، ۲۰۰۵). در این پژوهش قاعده تشخیص خاستگاه‌های گردوغبار براساس معیارهای بولارد و همکاران (۲۰۰۸)، لی و همکاران (۲۰۰۹)، و هانبرگر و نیکول (۲۰۱۴) بر روی تصاویر ماهواره‌ای بوده است. وقتی یک مخروط انتشار گردوغبار در تصویر مشاهده شود، رأس مخروط (لبه رو به باد دودتوده) بیانگر نقطه شروع دودتوده یا خاستگاه گردوغبار است که بهترین روش برای شناسایی خاستگاه گردوغبار به‌شمار می‌رود (لی و همکاران، ۲۰۰۹). برای آشکارسازی و شناسایی گردوغبار شاخص‌های مختلفی وجود دارد که در میان آن‌ها الگوریتم TDI<sup>۱</sup> شاخص بهتری برای شناسایی گردوغبار در مقیاس منطقه‌ای و محلی در خاورمیانه است (جعفری و ملکیان، ۲۰۱۵). این شاخص توسط هائو و کیو (۲۰۰۷) ارائه شده است که در آن برای پیش و شناسایی طوفان‌های گردوغبار از باندهای مادون قرمز حرارتی سنجنده مادیس (باندهای ۲۰، ۳۰، ۳۱، و ۳۲) استفاده می‌شود (رابطه ۱).

$$TDI = C_0 + C_1 * BT_{20} + C_2 * BT_{30} + C_3 * BT_{31} + C_4 * BT_{32} \quad (۱)$$

که در این رابطه: BT<sub>20</sub>، BT<sub>30</sub>، BT<sub>31</sub>، و BT<sub>32</sub> به ترتیب دمای درخشندگی باندهای ۲۰، ۳۰، ۳۱، و ۳۲ مادیس هستند و C<sub>0</sub>، C<sub>1</sub>، C<sub>2</sub>، C<sub>3</sub>، و C<sub>4</sub> ضرایب ثابت معادله‌اند (جدول ۱).

جدول ۱. ضرایب معادله

ضرایب	C0	C1	C2	C3	C4
مقدار	-۷/۹۳۷۰	۰/۱۲۲۷	۰/۰۲۶۰	-۰/۷۰۶۸	۰/۵۸۸۳

برای آشکارسازی گردوغبار ابتدا تصاویر مادیس (شکل ۲ الف) در نرم‌افزار ENVI 5.3 تصحیح هندسی شد. سپس، با استفاده از نرم‌افزار Erdas Imagine 9.1 و معادله استخراج گردوغبار (رابطه ۱) تصاویر هر روز گردوغباری پردازش شد و در پایان تصاویر خروجی به‌طور جداگانه در ابعاد منطقه مورد مطالعه در نرم‌افزار ArcGIS استخراج شد (شکل ۲ ب). ذکر این نکته لازم است که معادله استخراج گردوغبار براساس زمان تصویر و به‌خصوص اثر ابرهای سطوح پایین که نزدیک به مقادیر حداقلی وجود گردوغبار بود با استفاده از آستانه‌گذاری بر روی نتیجه نهایی معادله اصلاح شد.

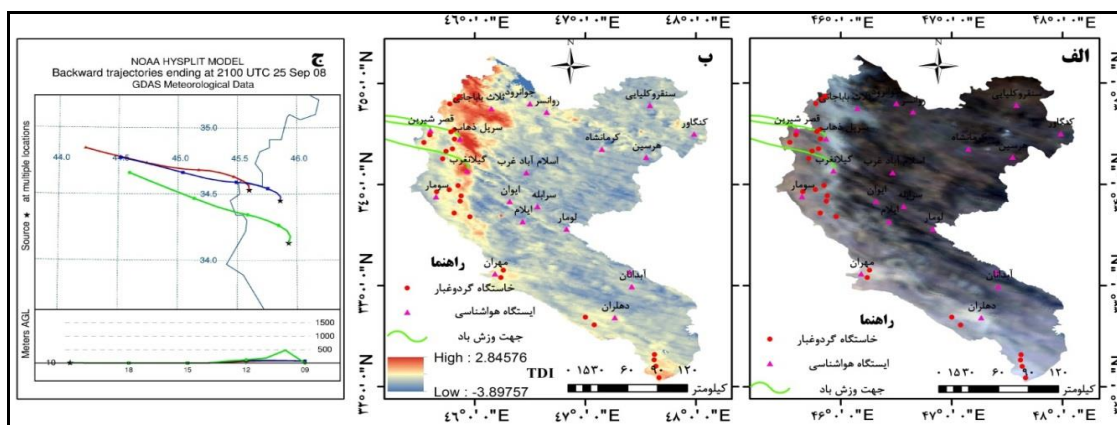
در این پژوهش، علاوه بر تصاویر ماهواره‌ای، از مدل مسیریابی لاگرانژی تک‌ذره‌ای هیبردی<sup>۲</sup> (HYSPLIT) نیز برای شناسایی خاستگاه‌های گردوغبار در هر رخداد گردوغباری به‌طور جداگانه استفاده شد. درواقع، هدف از استفاده از این مدل شناسایی جهت حرکت باد در روزهای گردوغباری بود که با استفاده از آن می‌توان مسیر جابه‌جایی ذرات گردوغبار را ردیابی کرد. برای اجرای این مدل، از داده‌های هفته‌ای سامانه یک‌پارچه‌سازی داده‌های جهانی<sup>۳</sup> (GDAS) با تفکیک یک درجه استفاده شد و برای اینکه ویژگی‌های باد منطقه‌ای در استان‌های کرمانشاه و ایلام در روزهای گردوغباری مشخص شود مسیر باد برای روزهای وقوع گردوغبار با روش پسگرد تا ۱۲ ساعت (روز گردوغبار) با گام‌های زمانی سه‌ساعته در ارتفاع استاندارد ۱۰ متر بالای سطح زمین محاسبه و ردیابی شد (شکل ۲ ج). سپس، تصاویر مادیس برای هر روز گردوغباری با خروجی‌های این مدل مطابقت داده شد و جهت حرکت گردوغبار و قسمت رو به باد

1. Thermal-infrared Dust Index (TDI)

2. Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory

3. Global Data Integration System (GDAS)

دودتوده‌های گردوغبار شناسایی و به‌عنوان خاستگاه گردوغبار ثبت شد (شکل ۲ ب). به‌عنوان نمونه، موقعیت خاستگاه‌های گردوغبار شناسایی شده در روز چهارم مهر ۱۳۸۷ در شکل ۲ نشان داده شده است. برای اطمینان بیشتر و شناسایی دقیق‌تر خاستگاه‌ها، هنگام تشخیص دودتوده‌ها موقعیت آن‌ها با نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی، و تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ انطباق داده شد. سرانجام، خاستگاه‌های استخراج شده از روی کل تصاویر، در Arc GIS تلفیق گردید و با روش تابع تراکم نقشه نواحی ایجاد گردوغبار با شدت‌های متفاوت تهیه شد.



شکل ۲. شناسایی خاستگاه‌های گردوغبار در ۱۳۸۷/۰۷/۰۴ با استفاده از الف) تصویر مادیس؛ ب) شاخص TDI؛ ج) مدل HYSPLIT. نقاط قرمز و خطوط سبز به ترتیب نشان‌دهنده خاستگاه‌های گردوغبار و جهت وزش باد است

### استخراج تغییر کاربری اراضی

از آنجا که یکی از اهداف پژوهش بررسی ویژگی خاستگاه‌های گردوغبار از نظر پوشش زمین بود، نقشه کاربری و تغییرات آن تهیه شد. برای تهیه نقشه کاربری اراضی، تصاویر ماهواره‌ای لندست ۷ (سنجنده ETM+) برای سال ۲۰۰۰ و لندست ۸ (سنجنده OLI) برای سال ۲۰۱۵ از سایت سازمان زمین‌شناسی آمریکا دریافت شد. برای استخراج طبقات کاربری اراضی در مرحله پیش‌پردازش، نخست خطاهای موجود بر روی تصاویر خام از قبیل خطاهای رادیومتری و اتمسفری تصحیح شد. ذکر این نکته لازم است که برای این تصاویر تصحیح هندسی انجام نگرفت، چون در ایستگاه گیرنده تصحیح می‌شوند. سپس، عمل فیوژن با باند پانکروماتیک انجام شد و قدرت مکانی تصاویر به ۱۵ متر ارتقا پیدا کرد. در مرحله پردازش از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده<sup>۱</sup> تصاویر ماهواره‌ای استفاده شد و بعد از تعیین نمونه‌های تعلیمی بر روی گوگل ارث، با الگوریتم بیشینه مشابهت<sup>۲</sup> در نرم‌افزار ENVI 5.3 چهار طبقه کاربری اراضی (جنگل، مرتع، کشاورزی، و تأسیسات عمرانی) در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵ استخراج شد. سرانجام، برای تهیه نقشه تغییر کاربری اراضی دو نقشه کاربری اراضی تهیه شده برای سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵ در محیط GIS به روش کدگذاری با هم مقایسه شد و در مجموع هفت نوع تغییر کاربری اراضی (جنگل به مرتع، جنگل به کشاورزی، مرتع به کشاورزی، جنگل به تأسیسات مسکونی، مرتع به تأسیسات مسکونی، و کشاورزی به تأسیسات مسکونی) استخراج شد که در پیدایش گردوغبار مؤثرند.

1. Supervised Classification  
2. Maximum Likelihood

### تهیه نقشه ژئومورفولوژی

از آنجا که یکی دیگر از اهداف پژوهش بررسی ویژگی خاستگاه‌های گردوغبار از نظر ژئومورفولوژی بود، نقشه ژئومورفولوژی منطقه نیز تهیه شد. برای تهیه نقشه ژئومورفولوژی منطقه مورد مطالعه، از طرح طبقه‌بندی ژئومورفیک خاستگاه‌های گردوغبار ترجیحی<sup>۱</sup> بولارد و همکاران (۲۰۱۱) استفاده شد. طرح خاستگاه‌های گردوغبار ترجیحی از طریق رسوب‌شناسی و ویژگی‌های خاک به طبقه‌بندی سطح زمین با توجه به پتانسیل متفاوتشان در انتشار گردوغبار می‌پردازد. از مزیت‌های این طرح این است که داده‌های مورد نیاز آن به سادگی قابل دسترس‌اند و محل و محدوده واحدهای ژئومورفولوژی در آن با استفاده از سنجش از دور ماهواره‌ای، عکس هوایی، نقشه‌های زمین‌شناسی، خاک و توپوگرافی، و داده‌های میدانی به‌سادگی تشخیص داده می‌شود. این روش همچنین مقایسه انتشار گردوغبار در محیط‌های ژئومورفولوژیکی متنوع (مناطق مختلف) را تسهیل می‌کند. برای تهیه نقشه واحدهای ژئومورفولوژیکی منطقه مورد مطالعه از ترکیبی از داده‌های سنجش از دور و آنالیز تصاویر لندست، نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ از شرکت‌های عامل نفت ایران و سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی ایران، نقشه ارزیابی منابع و قابلیت اراضی (مشخصات بافت خاک منطقه از این نقشه استخراج شده است) و مشاهدات میدانی استفاده شد. از داده‌های سنجش از دور شامل تصاویر گوگل ارث، تصاویر رنگی واقعی لندست ۸، و مدل رقمی ارتفاعی (۳۰ متر) که منحنی میزان‌های ساده و هیل‌شید<sup>۲</sup> از آن استخراج شده بود برای تمایز بین سطوح کم‌شیب و پرشیب و همچنین درجه برش سیستم‌های آبرفتی استفاده شد. پس از تعیین حدود واحدهای ژئومورفیک هر پولیگون به یکی از ۱۷ طبقه ژئومورفیک طبقه‌بندی‌شده توسط بولارد و همکاران (۲۰۱۱) براساس تفسیر نقشه‌های خاک و زمین‌شناسی و تحلیل تصاویر ماهواره‌ای اختصاص داده شد.

### انطباق خاستگاه‌های گردوغبار با نقشه تغییر کاربری اراضی و ژئومورفولوژی

پس از اینکه نقشه تغییر کاربری اراضی و نقشه ژئومورفولوژی در ArcGIS تهیه شد، ۳۹۶ خاستگاه نقطه‌ای گردوغبار- که با در نظر گرفتن معیارهای متعدد به کمک تصاویر مادیس بین سال‌های ۲۰۰۸-۲۰۱۳ شناسایی شده بود- بر روی این نقشه‌ها همپوشانی داده شد و توزیع و فراوانی آن‌ها برای هر طبقه ژئومورفیک و تغییر کاربری اراضی مشخص شد.

### یافته‌های پژوهش

#### انواع کاربری اراضی و تغییرات آن‌ها از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵

کاربری اراضی در این پژوهش به چهار نوع کلی شامل نواحی جنگلی، مرتعی، کشاورزی، و تأسیسات عمرانی طبقه‌بندی شد. نتایج حاصل از اعتبارسنجی ضریب کاپا و دقت کلی برای طبقه‌بندی‌های به‌کارگرفته‌شده نشان می‌دهد ضریب کاپا برای طبقه‌بندی سال ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵ به ترتیب برابر ۰/۸۹ و ۰/۹۱ است؛ در حالی که شاخص دقت کلی به ترتیب برای این دو سال ۹۴/۶۵ و ۹۶/۰۷ بوده است (جدول ۲).

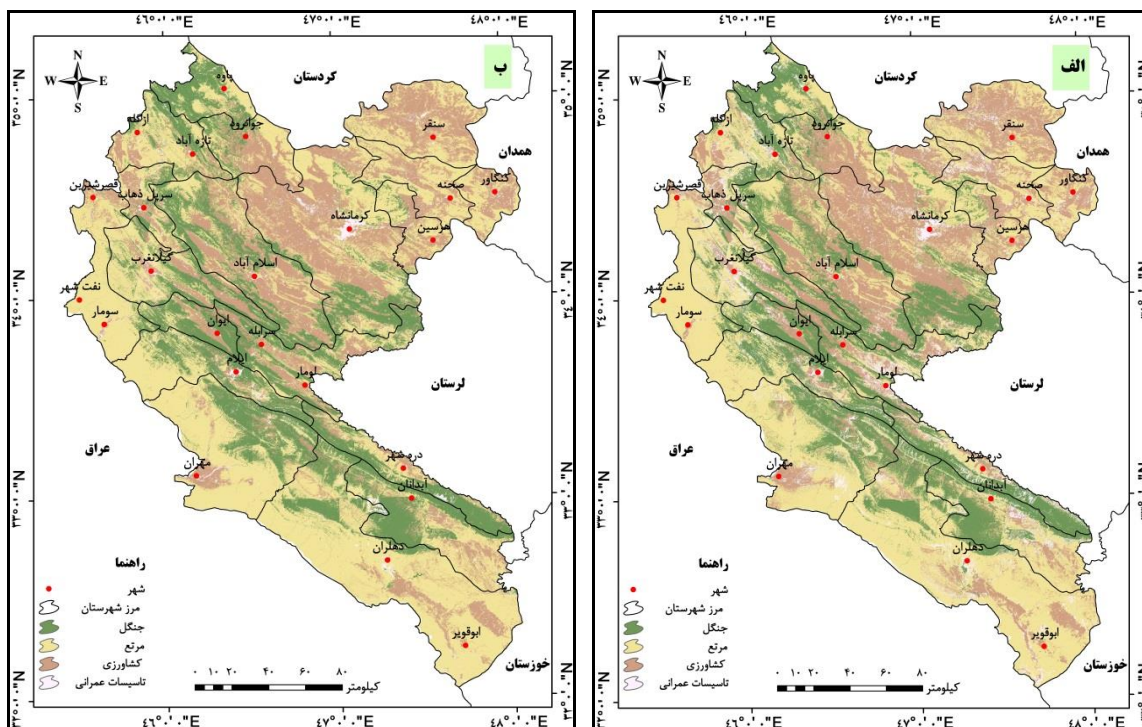
جدول ۲. شاخص اعتبارسنجی ضریب کاپا و شاخص دقت کلی برای کاربری‌های استخراج‌شده

تصاویر	ضریب کاپا	دقت کلی
۲۰۰۰ (سنجنده <sup>+</sup> ETM)	۰/۸۹	۹۴/۶۵
۲۰۱۵ (سنجنده <sup>-</sup> OLI)	۰/۹۱	۹۶/۰۷

1. Preferential Dust Scheme (PDS)

2. Hillshade

با بررسی کاربری اراضی در این دو دوره (۲۰۱۵ و ۲۰۰۰)، نتایج نشان داد بزرگ‌ترین ناحیه در سال ۲۰۱۵ و ۲۰۰۰ ناحیه مرتعی بود که ۲۱۳۰۷ کیلومتر مربع (۴۷/۳۵ درصد) از کل منطقه در سال ۲۰۰۰ و ۲۰۷۳۱ کیلومتر مربع (۴۶/۰۶ درصد) از کل منطقه در سال ۲۰۱۵ را پوشانده است (شکل ۳). نواحی کشاورزی، جنگلی، و تأسیسات عمرانی نیز به ترتیب ۲۵/۵۹ درصد، ۲۴/۹۲ درصد، و ۲/۱۴ درصد از منطقه را در سال ۲۰۰۰ و ۲۷/۱۲ درصد، ۲۴/۵۴ درصد، و ۲/۲۸ درصد از منطقه را در سال ۲۰۱۵ پوشانده‌اند. به‌طور کلی، در سال ۲۰۱۵ نسبت به سال ۲۰۰۰ وسعت اراضی جنگلی و مرتعی به ترتیب ۱/۵۲- درصد و ۲/۷۲- درصد کاهش یافته است؛ در حالی که وسعت اراضی کشاورزی و تأسیسات عمرانی به ترتیب ۵/۹۷ درصد و ۶/۵۴ درصد افزایش یافته است (جدول ۳).



شکل ۳. کاربری اراضی استان‌های کرمانشاه و ایلام در سال ۲۰۰۰ (الف) و سال ۲۰۱۵ (ب)

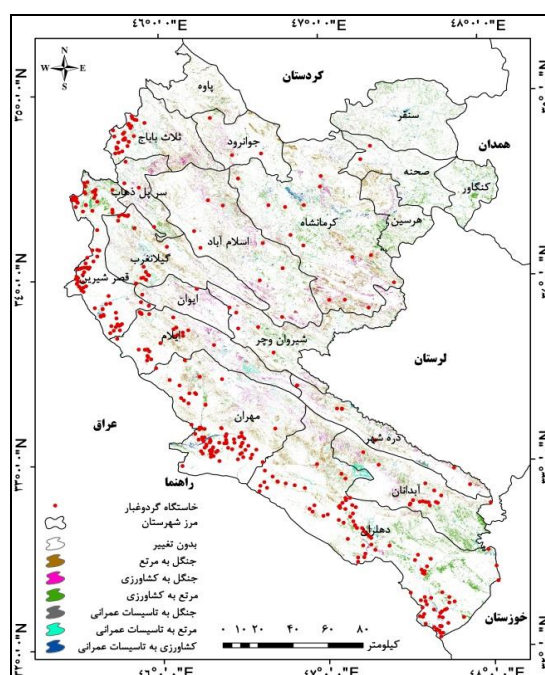
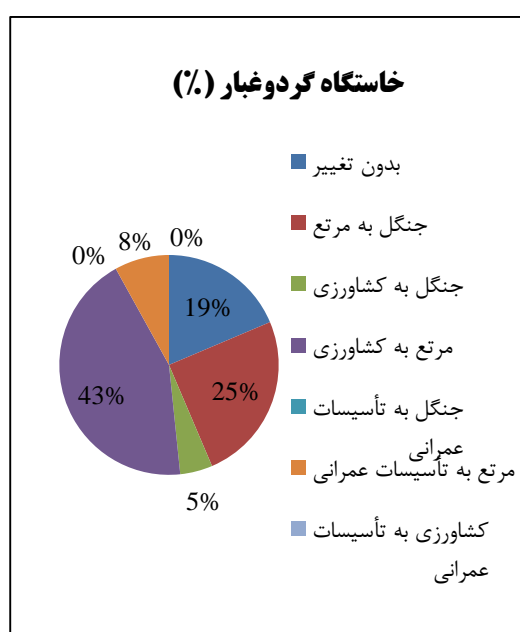
جدول ۳. انواع و میزان تغییرات کاربری اراضی استان‌های کرمانشاه و ایلام در سال ۲۰۱۵ و ۲۰۰۰

انواع کاربری اراضی	۲۰۱۵		۲۰۰۰		تغییرات نسبی کاربری اراضی (%)
	مساحت (km <sup>2</sup> )	مساحت (%)	مساحت (km <sup>2</sup> )	مساحت (%)	
جنگل	۱۱۲۱۳	۲۴/۹۲	۱۱۰۴۲	۲۴/۵۴	-۱/۵۲
مرتعی	۲۱۳۰۷	۴۷/۳۵	۲۰۷۳۱	۴۶/۰۶	-۲/۷۲
کشاورزی	۱۱۵۱۴	۲۵/۵۹	۱۲۱۹۸	۲۷/۱۲	۵/۹۷
تأسیسات عمرانی	۹۶۰	۲/۱۴	۱۰۲۳	۲/۲۸	۶/۵۴
جمع	۴۴۹۹۴	۱۰۰	۴۴۹۹۴	۱۰۰	



### توزیع فضایی و وضعیت تغییر کاربری اراضی خاستگاه‌های گردوغبار

پراکندگی خاستگاه‌های گردوغبار شناسایی شده نشان می‌دهد بیشتر خاستگاه‌های گردوغبار از نقاط خاصی منشأ گرفته‌اند که در معرض تغییر کاربری قرار داشته‌اند (شکل ۴). توزیع خاستگاه‌های گردوغبار در طبقات مختلف تغییر کاربری نشان می‌دهد در مجموع از ۳۹۶ خاستگاه گردوغبار شناسایی شده ۷۴ نقطه (۱۹ درصد) در کلاس بدون تغییر کاربری، ۱۷۲ نقطه (۴۳ درصد) در کلاس مرتع به کشاورزی، ۹۹ نقطه (۲۵ درصد) در کلاس جنگل به مرتع، ۳۲ نقطه (۸ درصد) در کلاس مرتع به تأسیسات عمرانی، و ۱۹ نقطه (۵ درصد) در کلاس جنگل به کشاورزی واقع شده است. اما در دو کلاس جنگل به تأسیسات عمرانی و کشاورزی به تأسیسات عمرانی مشاهده نشد (شکل‌های ۴ و ۵). به طور کلی، فراوانی خاستگاه‌های گردوغبار در کلاس مرتع به کشاورزی بیشتر از سایر کلاس‌های تغییر کاربری اراضی بوده است.



شکل ۵. درصد خاستگاه‌های گردوغبار شناسایی شده در طبقات مختلف تغییر کاربری اراضی استان‌های کرمانشاه و ایلام

شکل ۴. کلاس‌های مختلف تغییر کاربری اراضی و توزیع فضایی خاستگاه‌های گردوغبار در استان‌های کرمانشاه و ایلام

### پراکندگی کلاس‌های ژئومورفولوژی و خاستگاه‌های گردوغبار

از هفده کلاس ژئومورفیک شناسایی شده توسط بولارد و همکاران (۲۰۰۹)، شش کلاس در استان‌های کرمانشاه و ایلام وجود دارد (جدول ۴). سطوح با انتشار کم (۷) بخش‌های وسیعی (۵۴/۲۹ درصد) از دو استان را می‌پوشانند و شامل نواحی کوهستانی، پرتگاه‌ها، و صخره‌های سنگی و رسوبات کوه‌رفتی‌اند (شکل ۶). سیستم‌های آبرفتی پرسیب (۲a و ۲c) در مجموع حدود ۳۱/۸ درصد از مساحت منطقه مورد مطالعه را دربر می‌گیرند که شامل عوارضی مانند شیب‌های پایکوهی (پدیمت) و مخروط‌افکنه‌ها می‌باشند. در حالی که سیستم‌های آبرفتی کم‌شیب (۳c و ۳d) مساحت کمتری (۱۳/۸۲ درصد) را می‌پوشانند و حاوی دشت‌های آبرفتی وسیع، دشت‌های سیلابی، رودخانه‌های دائمی، و رودهای فصلی‌اند. کوچک‌ترین نوع ژئومورفولوژی از نظر وسعت سیستم‌های بادی (۵b) است که در جنوب استان ایلام واقع شده است و دارای تپه‌های ماسه‌ای است.

نقشه ژئومورفولوژی (طبقه‌بندی PDS) با خاستگاه‌های گردوغبار شناسایی شده ترکیب شد تا اهمیت هر نوع سطح ژئومورفیک در رابطه با انتشار گردوغبار مشخص شود (شکل ۶ و جدول ۴). توزیع خاستگاه‌های گردوغبار در سطوح مختلف ژئومورفیک نشان می‌دهد اگرچه سیستم‌های آبرفتی (۲a، ۲c، ۳c، ۳d) کمتر از نیمی (۴۵/۶۲ درصد) از مساحت منطقه را می‌پوشانند، آن‌ها منشأ ۹۶/۷۳ درصد از دودتوده‌های گردوغبارند. در مقابل، فقط ۲/۵۲ درصد از دودتوده‌های گردوغبار مربوط به سطوح با انتشار کم (۷) هستند که بیشتر از نیمی (۵۴/۲۹ درصد) از مساحت استان‌های کرمانشاه و ایلام را می‌پوشانند. ذکر این نکته لازم است که در بین سیستم‌های آبرفتی، طبقه ۲c بیشترین سهم (۵۳/۲۹ درصد) را در تولید گردوغبار داشته است و سیستم‌های بادی (۵b) با توجه به وسعت کمی که دارند حاوی خاستگاه‌های کمی (۷۵/۰ درصد) برای انتشار گردوغبارند (جدول ۴).

جدول ۴. انتشار گردوغبار در کلاس‌های مختلف ژئومورفولوژی استان کرمانشاه و ایلام

کلاس‌های ژئومورفولوژی	کد	مساحت (km <sup>2</sup> )	مساحت (%)	خاستگاه گردوغبار (n)	خاستگاه گردوغبار (%)
سطوح آبرفتی پرشیب، درشت‌دانه، و برش‌یافته <sup>۱</sup>	2a	۵۳۵۹	۱۱/۹۱	۶۴	۱۶/۱۷
سطوح آبرفتی پرشیب، ریزدانه، و برش‌یافته <sup>۲</sup>	2c	۸۹۴۶	۱۹/۸۹	۲۱۱	۵۳/۲۹
سطوح آبرفتی کم‌شیب، ریزدانه، و برش‌یافته <sup>۳</sup>	3c	۵۳۲۱	۱۱/۸۲	۶۹	۱۷/۴۳
سطوح آبرفتی کم‌شیب، درشت‌دانه، و برش‌نیافته <sup>۴</sup>	3d	۸۹۹	۲	۳۹	۹/۸۴
تپه‌های ماسه‌ای بادی <sup>۵</sup>	5b	۴۲	۰/۰۹	۳	۰/۷۵
سطوح با انتشار کم <sup>۶</sup>	7	۲۴۴۲۷	۵۴/۲۹	۱۰	۲/۵۲
جمع		۴۴۹۹۴	۱۰۰	۳۹۶	۱۰۰

### ویژگی‌های مهم‌ترین مناطق تولید گردوغبار

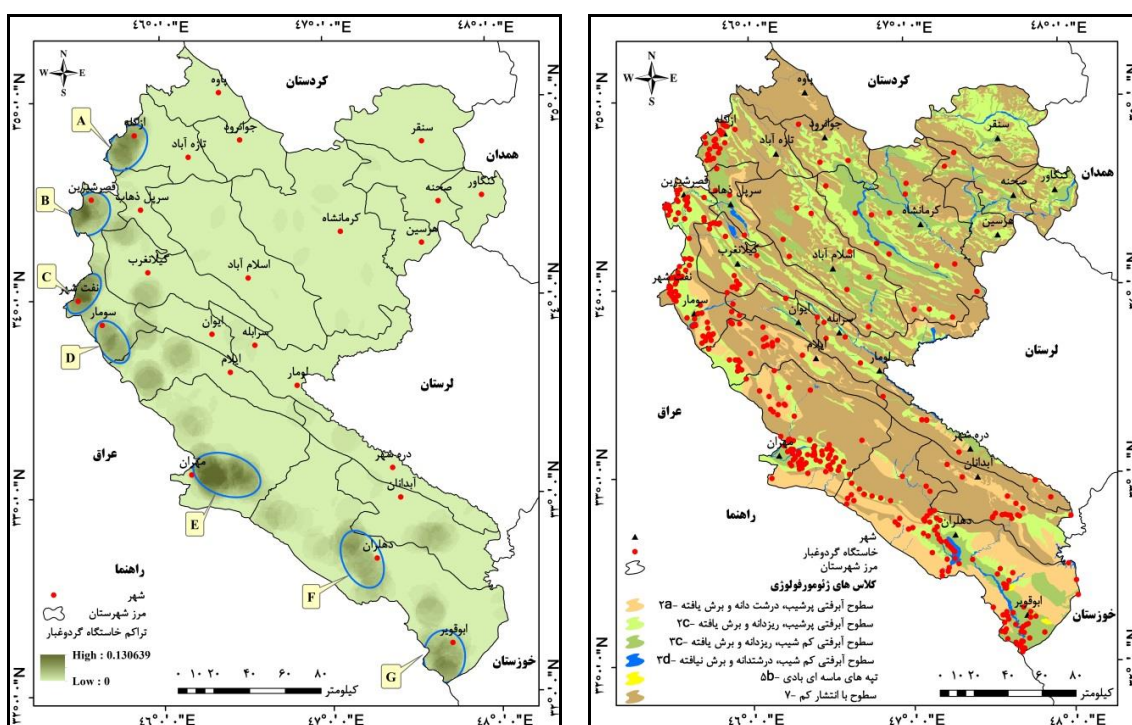
در طی بازه زمانی مورد مطالعه (سال‌های ۲۰۰۸-۲۰۱۳) در مجموع ۳۹۶ خاستگاه گردوغبار شناسایی شد. پراکندگی خاستگاه‌های گردوغبار شناسایی شده نشان می‌دهد استان‌های کرمانشاه و ایلام به‌طور یکسانی گردوغبار تولید نمی‌کنند بلکه بیشتر خاستگاه‌های گردوغبار از چند ناحیه مهم در غرب این استان‌ها منشأ گرفته‌اند. این نواحی که به‌عنوان مهم‌ترین مناطق انتشار گردوغبارند عبارت‌اند از: نواحی اطراف دهستان ازگله (منطقه A)، قصرشیرین (منطقه B)، نفت‌شهر (منطقه C)، سومار (منطقه D)، مهران (منطقه E)، دهلران (منطقه F)، و روستای ابوقویر (منطقه G) (شکل ۷).

### الف) کاربری اراضی و تغییر کاربری اراضی

در منطقه A هر چهار نوع کاربری اراضی اصلی مشاهده می‌شود و بیشتر خاستگاه‌ها در دو کلاس تغییر کاربری مرتع به کشاورزی و جنگل به مرتع قرار دارد. در سه منطقه B، C، و D، که جزو مناطق گرمسیری استان کرمانشاه‌اند، هرچند اراضی کشاورزی دیم به‌صورت پراکنده مشاهده می‌شود، پوشش گیاهی غالب آن‌ها مراتع فقیر است. در دو منطقه B و C بیشتر خاستگاه‌های گردوغبار در مناطقی واقع شده‌اند که تغییر کاربری از مرتع به کشاورزی اتفاق افتاده است. اما در

1. High relief alluvial, armoured, incised
2. High relief alluvial, unarmoured, incised
3. Low relief alluvial, unarmoured, incised
4. Low relief alluvial, unarmoured, unincised
5. Aeolian sand dunes
6. Low emission surfaces

منطقه D حدود ۴۰ درصد از خاستگاه‌ها در مناطق بدون تغییر کاربری و مابقی در کلاس مرتع به کشاورزی و مرتع به تأسیسات عمرانی واقع شده‌اند. در منطقه E نیز هر چهار نوع کاربری اراضی اصلی مشاهده می‌شود. ولی ۵۰ درصد خاستگاه‌ها در کلاس تغییر کاربری مرتع به کشاورزی و ۵۰ درصد دیگر در دو کلاس جنگل به مرتع و طبقه بدون تغییر کاربری قرار دارند. در منطقه F نیز بیشتر خاستگاه‌ها در مناطقی واقع شده‌اند که تغییر کاربری از مرتع به کشاورزی و جنگل به مرتع اتفاق افتاده است. ذکر این نکته لازم است که پوشش جنگلی و مرتعی در مناطق تولید گردوغبار استان ایلام از نوع جنگل کم‌تراکم و مرتع فقیر است. در منطقه G نیز که در جنوب استان ایلام قرار دارد خاستگاه‌های گردوغبار تقریباً به‌طور یکنواختی در سه کلاس بدون تغییر، مرتع به کشاورزی، و مرتع به تأسیسات عمرانی واقع شده‌اند (جدول ۵).



شکل ۷. مهم‌ترین مناطق تولید گردوغبار در استان‌های کرمانشاه و ایلام: (A) ازکله، (B) قصر شیرین، (C) نفت‌شهر، (D) سومار، (E) مهران، (F) دهلران، (G) ابوقویر

شکل ۶. کلاس‌های ژئومورفولوژی براساس طبقه‌بندی بولارد و همکاران (۲۰۰۹) و توزیع فضایی خاستگاه‌های گردوغبار در استان‌های کرمانشاه و ایلام که با نقاط قرمز مشخص شده‌اند

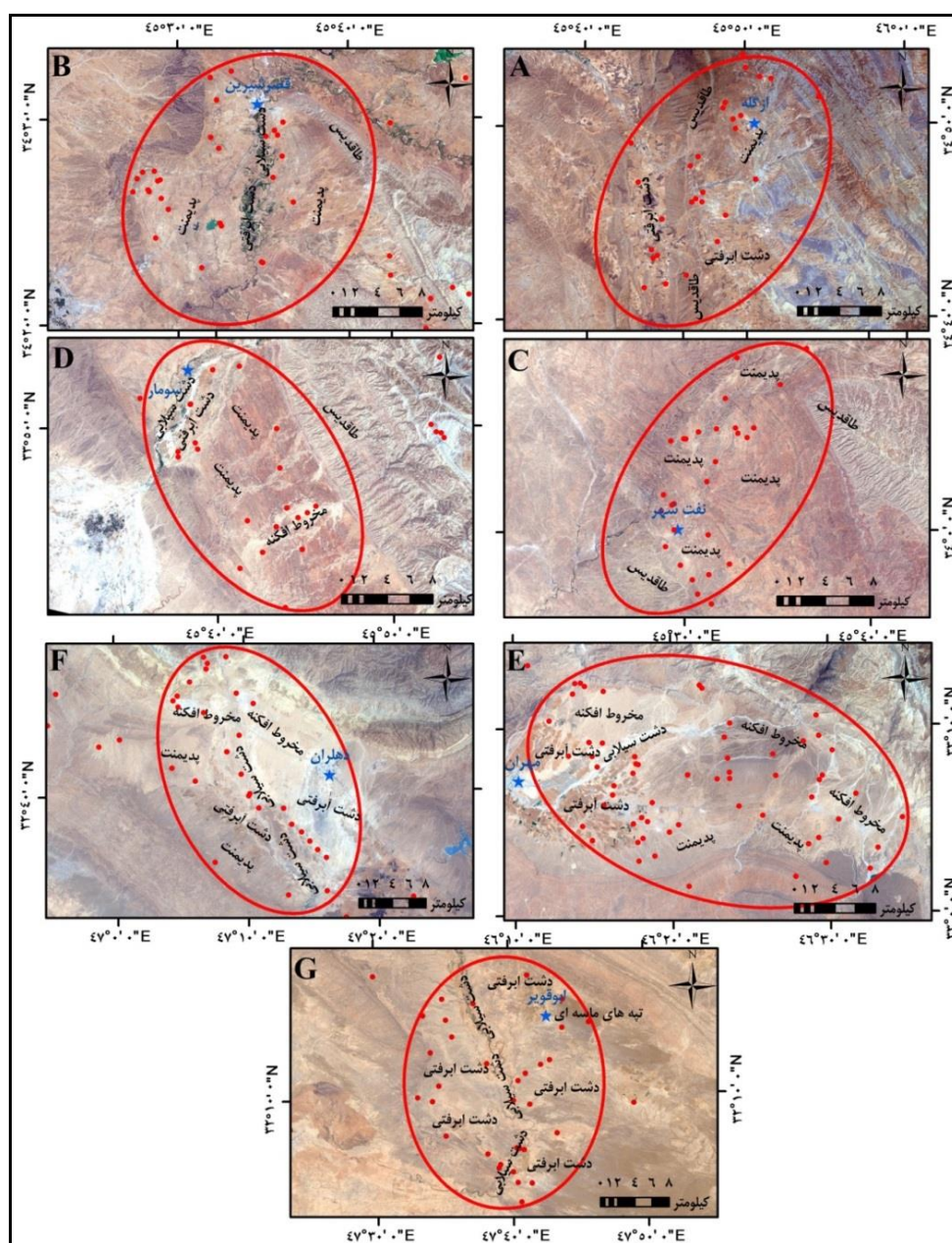
### ب) ژئومورفولوژی

در منطقه A براساس طرح طبقه‌بندی ژئومورفیک خاستگاه‌های گردوغبار ترجیحی (PDS)، سه کلاس ژئومورفیک (۲C، ۳C، و ۷) مشاهده می‌شود که بیشتر خاستگاه‌ها از کلاس‌های ۳C و ۲C منشأ می‌گیرند. این منطقه (A) منطقه‌ای ناهموار است که شامل عوارضی مانند پدیمت، دشت آبرفتی (دشت ناودیس)، تپه‌ماهور، و کوه‌های کم‌ارتفاع (طاق‌دیس) بریده‌بریده و فرسایش‌یافته است. پدیمت‌ها در بخش شمال غرب منطقه واقع شدند که شبکه آبراه‌های فراوانی بر روی آن‌ها توسعه یافته است و در بعضی قسمت‌ها به‌صورت تپه‌ماهور درآمدند. تقریباً نیمی از دودتوده‌های این منطقه از پدیمت‌ها منشأ گرفته‌اند. کوه‌های کم‌ارتفاع نیز به‌صورت رشته‌هایی موازی و پراکنده با روند شمال غرب- جنوب شرق

امتداد یافته‌اند که در بین آن‌ها دشت‌های آبرفتی قرار دارد؛ این دشت‌ها نیز مانند پدیمت‌ها توسط شبکه آبراهه‌ها برش یافته‌اند و نیمی دیگر از خاستگاه‌های گردوغبار این منطقه از این عوارض منشأ می‌گیرند (جدول ۵ و شکل ۸A). در منطقه B کلاس‌های ۲a، ۳c، ۳d و ۷ وجود دارد. اما بیش از ۸۰ درصد وسعت این منطقه را کلاس ۲c دربر گرفته و همه خاستگاه‌های گردوغبار نیز از این کلاس منشأ می‌گیرند (جدول ۵) که به صورت اراضی کم‌شیب (پدیمت) می‌باشند و توسط شبکه آبراهه‌ها بریده‌بریده شده‌اند. دشت‌های آبرفتی (۳c) و سیلابی (۳d) نیز به صورت نوار باریکی در مرکز منطقه با امتداد شمال شرق - جنوب غرب واقع شده‌اند که شامل اراضی کشاورزی‌اند (شکل ۸B). منطقه C، که منطقه‌ای ناهموار و با پستی و بلندی نسبتاً زیادی است، غالباً از کلاس ۲c تشکیل شده است و خاستگاه‌های گردوغبار این منطقه نیز از همین اراضی کم‌شیب (پدیمت) و ناهموار منشأ گرفته‌اند (شکل ۸C). اما در منطقه D کلاس‌های متنوعی وجود دارد که شامل دشت‌های آبرفتی و سیلابی (۳c، ۳d) در شمال و پدیمت‌ها و مخروط‌افکنه‌ها (۲a، ۲c) در جنوب منطقه است. این منطقه نیز ناهموار و دارای پستی و بلندی‌های نسبتاً زیادی است که بیشتر دودتوده‌ها از عوارضی مانند مخروط‌افکنه‌ها و دشت‌های آبرفتی و سیلابی منشأ گرفته‌اند (شکل ۸D). در منطقه E، سه کلاس ژئومورفیک (۲c، ۳c و ۳d) مشاهده می‌شود که بیشتر خاستگاه‌ها از کلاس ۲c منشأ می‌گیرند (جدول ۵). این منطقه شامل چهار عارضه مخروط‌افکنه، پدیمت، دشت آبرفتی، و دشت سیلابی است. مخروط‌افکنه‌ها در بخش شمال و شرق منطقه واقع شده‌اند که شبکه آبراهه‌های فراوانی بر روی آن‌ها توسعه یافته‌اند. بیش از نیمی از خاستگاه‌های این منطقه از مخروط‌افکنه‌ها منشأ می‌گیرند. پدیمت‌ها در قسمت جنوبی این منطقه قرار دارند که مانند مخروط‌افکنه‌ها توسط شبکه آبراهه‌ها برش یافته‌اند و تعداد قابل توجهی از خاستگاه‌های گردوغبار نیز بر روی این عارضه واقع شده‌اند. دشت آبرفتی در غرب منطقه قرار دارد که شامل اراضی کشاورزی است و دشت سیلابی به صورت نوار باریکی از سمت شمال شرق به جنوب غرب امتداد یافته است. تقریباً  $\frac{1}{4}$  خاستگاه‌های گردوغبار از این دشت‌ها منشأ می‌گیرند (شکل ۸E). در منطقه F نیز سه کلاس ۲c، ۳c و ۳d وجود دارد. کلاس ۲c، که تراکم شبکه آبراهه‌ها در آن نسبتاً زیاد است، به صورت نوار باریکی حاشیه شمالی، غربی، و جنوبی منطقه F را می‌پوشاند. نیمی از خاستگاه‌های این منطقه در کلاس ۲c و نیمی دیگر در دو کلاس دیگر (۳c، ۳d) قرار دارند (جدول ۵). در شمال منطقه F نیز مخروط‌افکنه‌های کوچکی قرار دارد که تعدادی از خاستگاه‌ها از این محیط‌های رسوبی منشأ می‌گیرند. اما غرب و جنوب غرب منطقه را پدیمت دربر گرفته است. در قسمت مرکزی و جنوب شرق نیز دشت‌های آبرفتی و سیلابی قرار دارند که فراوانی خاستگاه‌های گردوغبار در دشت سیلابی بیشتر از دشت آبرفتی است (شکل ۸F). منطقه G، که منطقه‌ای هموار است، شامل سه کلاس ژئومورفیک ۳c، ۳d و ۵b است. کلاس ۳c، که حاوی دشت‌های آبرفتی است، بیش از ۸۰ درصد این منطقه را پوشانده است و شبکه آبراهه‌های فصلی متعددی در آن توسعه یافته است. در این منطقه بیشتر دودتوده‌های گردوغبار (۹۰ درصد) از این سطح ژئومورفیک منشأ می‌گیرند. دشت سیلابی (۳d) نیز، که به صورت نوار باریکی در جهت شمال غرب - جنوب شرق امتداد یافته است، تعداد معدودی از دودتوده‌های گردوغبار از آن منشأ می‌گیرد. در قسمت شمال شرق این منطقه، کلاس ژئومورفیک ۵b قرار دارد که حاوی تپه‌های ماسه‌ای درشت‌دانه است. این کلاس کمترین وسعت و کمترین تعداد خاستگاه‌های گردوغبار در این منطقه را دارد (جدول ۵ و شکل ۸G).

جدول ۵. فراوانی خاستگاه‌های گردوغبار براساس کلاس‌های مختلف تغییر کاربری اراضی و ژئومورفولوژی در مناطق مهم تولید گردوغبار

تعداد خاستگاه	کلاس ژئومورفولوژی	تعداد خاستگاه	کاربری اراضی تغییر کلاس	منطقه	تعداد خاستگاه	کلاس ژئومورفولوژی	تعداد خاستگاه	کاربری اراضی تغییر کلاس	منطقه
۰	۲a	۲	بدون تغییر	B	۰	۲a	۴	بدون تغییر	A
۲۷	۲c	۰	جنگل به مرتع		۱۲	۲c	۸	جنگل به مرتع	
۰	۳c	۰	جنگل به کشاورزی		۱۴	۳c	۲	جنگل به کشاورزی	
۱	۳d	۲۶	مرتع به کشاورزی		۰	۳d	۱۳	مرتع به کشاورزی	
۰	۵b	۰	جنگل به تأسیسات عمرانی		۰	۵b	۰	جنگل به تأسیسات عمرانی	
۰	۷	۰	مرتع به تأسیسات عمرانی		۲	۷	۰	مرتع به تأسیسات عمرانی	
		۰	کشاورزی به تأسیسات عمرانی				۰	کشاورزی به تأسیسات عمرانی	
۲۸		۲۸	مجموع خاستگاه‌ها		۲۸		۲۸	مجموع خاستگاه‌ها	
۲	۲a	۸	بدون تغییر	D	۰	۲a	۹	بدون تغییر	C
۱۰	۲c	۰	جنگل به مرتع		۲۸	۲c	۰	جنگل به مرتع	
۶	۳c	۰	جنگل به کشاورزی		۰	۳c	۰	جنگل به کشاورزی	
۳	۳d	۷	مرتع به کشاورزی		۰	۳d	۱۹	مرتع به کشاورزی	
۰	۵b	۰	جنگل به تأسیسات عمرانی		۰	۵b	۰	جنگل به تأسیسات عمرانی	
۰	۷	۶	مرتع به تأسیسات عمرانی		۰	۷	۰	مرتع به تأسیسات عمرانی	
		۰	کشاورزی به تأسیسات عمرانی				۰	کشاورزی به تأسیسات عمرانی	
۲۱		۲۱	مجموع خاستگاه‌ها		۲۸		۲۸	مجموع خاستگاه‌ها	
۰	۲a	۲	بدون تغییر	F	۲	۲a	۱۴	بدون تغییر	E
۱۳	۲c	۱۲	جنگل به مرتع		۴۷	۲c	۱۶	جنگل به مرتع	
۱	۳c	۰	جنگل به کشاورزی		۱۰	۳c	۱	جنگل به کشاورزی	
۱۳	۳d	۱۰	مرتع به کشاورزی		۲	۳d	۳۰	مرتع به کشاورزی	
۰	۵b	۰	جنگل به تأسیسات عمرانی		۰	۵b	۰	جنگل به تأسیسات عمرانی	
۱	۷	۴	مرتع به تأسیسات عمرانی		۰	۷	۰	مرتع به تأسیسات عمرانی	
		۰	کشاورزی به تأسیسات عمرانی				۰	کشاورزی به تأسیسات عمرانی	
۲۸		۲۸	مجموع خاستگاه‌ها		۶۱		۶۱	مجموع خاستگاه‌ها	
				G	۱	۲a	۱۳	بدون تغییر	G
					۲	۲c	۰	جنگل به مرتع	
					۲۰	۳c	۰	جنگل به کشاورزی	
					۷	۳d	۹	مرتع به کشاورزی	
					۲	۵b	۰	جنگل به تأسیسات عمرانی	
					۰	۷	۱۰	مرتع به تأسیسات عمرانی	
							۰	کشاورزی به تأسیسات عمرانی	
					۳۲		۳۲	مجموع خاستگاه‌ها	



شکل ۸. تصاویر لندست ویژگی ژئومورفولوژی مهم‌ترین مناطق تولید گردوغبار را نشان می‌دهد: (A ازگله، B قصر شیرین، C نفت‌شهر، D سومار، E مهران، F دهلران، G ابوقویر. خاستگاه‌های گردوغبار با نقاط قرمز و مراکز شهری با ستاره آبی مشخص شده‌اند

### بحث و نتیجه‌گیری

ارزیابی ویژگی خاستگاه‌های گردوغبار در استان کرمانشاه و ایلام نشان داد در هفت منطقه مهم تولید گردوغبار شناسایی شده کلاس‌های مختلف تغییر کاربری اراضی و ژئومورفولوژی به صورت یکسانی گردوغبار تولید نمی‌کنند. بنابراین، در هر منطقه‌ای با توجه به شرایط محیط باید مناسب‌ترین روش برای مبارزه با فرسایش بادی انتخاب کرد. اصولاً مبارزه با فرسایش بادی به دو صورت غیرمستقیم (اقدامات پیشگیرانه) و مستقیم (اقدامات کنترلی) انجام می‌گیرد. در منطقه A با توجه به منشأ دودتوده‌های شناسایی شده باید روش‌های مقابله با فرسایش بادی در پدیمت‌ها و دشت‌های

آبرفتی در اولویت برنامه‌های مبارزه با فرسایش بادی قرار بگیرد. در پدیمت‌ها باید از اقدامات پیشگیرانه مانند جلوگیری از تبدیل مراتع به اراضی کشاورزی و جنگل به اراضی مرتعی و کشاورزی استفاده کرد. اما اقدامات کنترلی باید در دشت‌های آبرفتی که شامل اراضی کشاورزی‌اند متمرکز شود، چون علاوه بر کاربری‌های مختلفی که به کشاورزی تبدیل شده‌اند منشأ دودتوده‌هایی که تغییر کاربری در آن‌ها انجام نگرفته است در اراضی کشاورزی قرار دارد. اقدامات کنترلی که در اراضی کشاورزی انجام می‌گیرد باید با هدف کاهش در معرض قرار گرفتن خاک در برابر باد و کاهش سرعت باد انجام گیرد (شفرد و همکاران، ۲۰۱۶). بنابراین، در منطقه A سطح خاک مخصوصاً در دوره‌های خشک باید با بقایای محصولات کشاورزی حفظ شود تا مدت زمان و وسعتی که خاک دارای پوشش کم یا بدون پوشش است به حداقل برسد (راویچ، ۱۹۹۳؛ فرای ریر، ۱۹۸۵؛ آرمبراست، ۱۹۷۷؛ میدلتون و کانگ، ۲۰۱۷). در منطقه B و C باید پدیمت‌ها در اولویت مبارزه با فرسایش بادی قرار بگیرند. در این دو منطقه قبل از اقدامات کنترلی باید از تبدیل مراتع به اراضی کشاورزی جلوگیری شود، چون نه تنها بیشتر خاستگاه‌های گردوغبار در این نوع تغییر کاربری واقع شده‌اند، بلکه تعداد معدودی از خاستگاه‌هایی که در منطقه C در طبقه بدون تغییر کاربری‌اند در مراتع فقیر واقع شده‌اند. علاوه بر جلوگیری از تغییر کاربری اراضی، سایر اقدامات پیشگیرانه‌ای که در مراتع این دو منطقه باید اعمال شود شامل جلوگیری از چرای بیش از حد دام، کاهش خطر آتش‌سوزی، اجتناب از بهره‌برداری بیش از حد از درختان و درختچه‌ها (بوته‌کنی)، و حفظ پوشش گیاهی متنوع است. چنین اقداماتی در سایر مناطق جهان به کار گرفته شده است (راوی و همکاران، ۲۰۱۱؛ راویچ، ۱۹۹۳) و در کنترل گردوغبار مؤثر بوده‌اند. اقدامات کنترلی که در مناطق B و C باید انجام بگیرد نه تنها باید شامل اقداماتی باشد که در اراضی زراعی (حفظ بقایای محصول) استفاده می‌شود، بلکه در صورت وجود منابع آب کافی، بازسازی، و بازگشت به شرایط قبلی (بازگشت زمین‌های زراعی به مرتع) و کاهش تخریب زمین برای کاهش میزان فعالیت گردوغبار توصیه می‌شود. اگر این اراضی احیا نشوند، بدون مدیریت صحیح احتمالاً متروک شدن آن‌ها به افزایش فرسایش بادی منجر خواهد شد (ریکسن و همکاران، ۲۰۰۳). برنامه‌های احیای پوشش گیاهی طبیعی در شمال چین (لانگ و همکاران، ۲۰۱۸؛ لی و هانتسینگر، ۲۰۱۱؛ سانگ و همکاران، ۲۰۱۶) و نیجر (بیلدرز و همکاران، ۲۰۰۱) دودتوده‌های گردوغبار در زمان طوفان‌های گردوغبار را در این مناطق کاهش داده است. بنابراین، روشی مفید برای مبارزه با گردوغبار در اراضی مرتعی است. در منطقه D نیز ابتدا پدیمت‌ها و مخروط‌افکنه‌ها و سپس دشت‌های آبرفتی و سیلابی در اولویت برنامه‌ریزی برای کاهش گردوغبار هستند. در این منطقه برای پیشگیری از تولید گردوغبار باید از تبدیل مراتع به اراضی کشاورزی و تأسیسات عمرانی اجتناب شود. تعداد قابل توجهی از دودتوده‌هایی که از اراضی بدون تغییر کاربری منشأ گرفته‌اند مانند سایر مناطق مهم تولید گردوغبار در مراتع فقیر واقع شده‌اند. در این منطقه نیز با توجه به اینکه تقریباً ویژگی‌های مشابهی با مناطق B و C دارد. باید از اقدامات پیشگیرانه و کنترلی که برای اراضی زراعی و مرتعی ذکر شد استفاده کرد. در منطقه E نیز باید روش‌های مقابله با فرسایش بادی در چهار عارضه پدیمت‌ها، مخروط‌افکنه‌ها، دشت‌های آبرفتی، و دشت سیلابی در اولویت برنامه‌های مبارزه با فرسایش بادی قرار بگیرند. در این منطقه برای پیشگیری از وقوع گردوغبار نه تنها از تغییر کاربری اراضی (مرتع به کشاورزی و جنگل به مرتع)، بلکه باید بعضی اقدامات پیشگیرانه برای جلوگیری از فرسایش بادی در خارج از خاستگاه و در اراضی بالادست انجام بگیرد. تعداد زیادی از خاستگاه‌ها در این منطقه بر روی مخروط‌افکنه‌هایی واقع شده است؛ به دلیل حساسیت سازندهای زمین‌شناسی به فرسایش در اراضی بالادست هر ساله رسوبات زیادی توسط سیلاب‌های متناوب به این مناطق منتقل می‌شود. بنابراین، باید از اقدامات پیشگیرانه در رابطه با فرسایش آبی در آبخیزها استفاده شود. در این منطقه نیز اقدامات کنترلی مانند

احیای پوشش گیاهی در مراتع و حفظ بقایای محصول و غیره در زمین‌های کشاورزی برای کنترل گردوغبار پیشنهاد می‌شود. چنین اقداماتی در دیگر مناطق جهان از جمله شمال اروپا (گائودی و میدلتون، ۱۳۹۰)، امریکا (نوردستورم و هوتا، ۲۰۰۴)، و ساحل افریقا (سترک، ۲۰۰۳) وقوع گردوغبار را کاهش داده است. در منطقه F نیز سیستم‌های آبرفتی مانند مخروط‌افکنه‌ها، پدیمنت‌ها، و دشت‌های سیلابی باید در اولویت مبارزه با فرسایش بادی قرار بگیرند. در این منطقه باید از تبدیل جنگل‌ها به مراتع و مراتع به اراضی کشاورزی جلوگیری شود، چون بسیاری از خاستگاه‌ها از این نوع تغییر کاربری‌ها منشأ گرفته‌اند و از اقدامات کنترلی در اراضی زراعی و اقدامات پیشگیرانه که در اکوسیستم‌های طبیعی مراتع در سایر مناطق پیشنهاد شد استفاده شود. از آنجا که تعداد قابل ملاحظه‌ای از خاستگاه‌ها از دشت سیلابی اطراف رودخانه دوبریج منشأ گرفته‌اند، پیشنهاد می‌شود با استفاده از آبرفت‌های درشت‌دانه (گراول) موجود در بستر رودخانه به تثبیت خاک و کاهش تولید گردوغبار در بستر و اراضی حاشیة رودخانه دوبریج اقدام شود. تراکم پوشش گراولی و ریگی، ذرات به اندازه گردوغبار (سیلت و رس) را از فرسایش بادی محافظت می‌کند و در نتیجه رسوبات ریز برای تولید گردوغبار وجود ندارد. این روش و به عبارت دیگر مالچ پاشی با سنگ‌ریزه و گراول توسط کشاورزان در شمال غرب چین استفاده شده است که در کاهش فرسایش خاک و به دام انداختن گردوغبار حمل‌شده مؤثر بوده است (گائودی و میدلتون، ۱۳۹۰). در منطقه G هرچند تعداد معدودی از دودتوده‌های گردوغبار از سیستم‌های بادی (تپه‌های ماسه‌ای) منشأ گرفته‌اند، اولویت برنامه‌ریزی برای مبارزه با تولید گردوغبار باید در دشت‌های آبرفتی و سیلابی قرار بگیرد. در این دشت‌ها از تبدیل مراتع به اراضی کشاورزی و تأسیسات عمرانی باید جلوگیری شود. از سایر اقدامات پیشگیرانه که در بالا ذکر شد برای اراضی مرتعی استفاده شود. چون تعداد نسبتاً زیادی از دودتوده‌های گردوغبار از اراضی مرتعی منشأ گرفته‌اند که در معرض تغییر کاربری قرار نداشته‌اند. سیستم‌های بادی در برخی بخش‌های جنوبی استان ایلام مانند منطقه عین‌خوش و ابوقویر واقع شده‌اند که حاوی تپه‌های ماسه‌ای درشت‌دانه‌اند. تپه‌های ماسه‌ای عین‌خوش با عملیات بیولوژیکی تثبیت شده‌اند که منشأ گردوغبار نبوده‌اند. اما تپه‌های ماسه‌ای ابوقویر از جمله مجموعه تپه‌های ماسه‌ای جدید و فعال (متحرک) استان ایلام محسوب می‌شوند و تعداد معدودی دودتوده گردوغبار از آن‌ها منشأ گرفته‌اند. هرچند طی بازدید میدانی که به عمل آمد بخش‌هایی از تپه‌های ماسه‌ای ابوقویر (۶۰۰ هکتار) با مالچ نفتی و نهال‌کاری تثبیت شده‌اند، با توجه به اثرهای زیان‌باری که ماچ نفتی دارد (میدلتون و کانگ، ۲۰۱۷)، پیشنهاد می‌شود از اقدامات بیولوژیکی که در منطقه عین‌خوش استفاده شده است در این منطقه نیز استفاده شود.

توزیع فضایی دودتوده‌های گردوغبار نشان داد استان‌های کرمانشاه و ایلام به‌صورت ناهمگن گردوغبار تولید می‌کنند و چندین منطقه مهم تولید گردوغبار در غرب این استان‌ها قرار دارد. ارزیابی ویژگی خاستگاه‌های گردوغبار در استان کرمانشاه و ایلام نشان داد مناطقی که در معرض تغییر کاربری اراضی قرار گرفته بیشتر پتانسیل تولید گردوغبار را دارند و در بین طبقات مختلف تغییر کاربری اراضی، تغییر کاربری از مرتع به کشاورزی بیشترین نقش را در تولید گردوغبار داشته است. علاوه بر این، از نظر ژئومورفولوژی، سیستم‌های آبرفتی مهم‌ترین تولیدکننده‌های گردوغبارند. تعداد زیادی از دودتوده‌های گردوغبار از پدیمنت‌ها و مخروط‌افکنه‌های مجاور کوهستان‌های زاگرس و دشت‌های آبرفتی و دشت‌های سیلابی مجاور آن‌ها منشأ می‌گیرند. در مناطق مهم تولید گردوغبار کلاس‌های مختلف تغییر کاربری اراضی و ژئومورفولوژی به‌صورت یکسانی گردوغبار تولید نمی‌کنند و در هر منطقه‌ای با توجه به شرایط محیط باید مناسب‌ترین روش برای مبارزه با فرسایش بادی انتخاب کرد. ارزیابی شدت فرسایش بادی در این مناطق حاکی از این است که روش‌های مقابله با فرسایش بادی باید در پدیمنت‌ها، مخروط‌افکنه‌ها، دشت‌های آبرفتی، و دشت‌های سیلابی در اولویت



برنامه‌های مبارزه با فرسایش بادی قرار گیرد. بعضی از اقدامات برای جلوگیری از فرسایش بادی در خاستگاه و بعضی دیگر باید در خارج از خاستگاه و در اراضی بالادست انجام گیرد (اقدامات آبخیزداری)، زیرا حساسیت سازندهای زمین‌شناسی به فرسایش در اراضی بالادست هرساله رسوبات زیادی توسط سیلاب‌های متناوب به اراضی پست و کم‌شیب منتقل می‌کنند که به‌عنوان منبع ذخیره انتشار گردوغبار عمل می‌کنند و بعد از خشک‌شدن در معرض رفت و روب بادی قرار می‌گیرند. در اکوسیستم‌های طبیعی و مراتع برای جلوگیری از تخریب خاک و فرسایش بادی بهتر است از تغییر کاربری، چرای بیش از حد دام، آتش‌سوزی، و بهره‌برداری بیش از حد از درختان و درختچه‌ها (بوته‌کنی) جلوگیری شود و در زمین‌های زراعی از اقدامات کنترلی که باعث می‌شوند خاک کمتر در معرض باد قرار گیرد استفاده شود، مانند حفظ بقایای محصول در اراضی زراعی، مالچ سنگریزه‌ای یا گراولی، احیای پوشش گیاهی طبیعی در مراتعی که به اراضی زراعی تبدیل شده‌اند و ایجاد موانع (بادشکن) در داخل و بین مزارع که باعث کاهش سرعت باد می‌شوند.

## منابع

- بحیرایی، ح.؛ ایازی، س. م.؛ رجایی، م. ع. و احمدی، ح. (۱۳۹۰). تحلیل آماری سینوپتیکی پدیده گردوغبار در استان ایلام، نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی، ۴ (۱): ۴۷-۶۷
- جباری، ا. (۱۳۹۶). ژئومورفولوژی ساختمان، فرایند و زمین‌ریخت‌ها، تهران: سمت.
- خوش‌کیش، ا.؛ علیجانی، ب. و حجازی‌زاده، ز. (۱۳۹۰). تحلیل سینوپتیکی سامانه‌های گردوغبار در استان لرستان، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۸ (۲۱): ۹۱-۱۱۰.
- ذوالفقاری، ح. و عابدزاده، ح. (۱۳۸۴). تحلیل سینوپتیک سیستم‌های گردوغبار در غرب ایران، جغرافیا و توسعه، ۶: ۱۷۳-۱۸۸.
- رسولی، ع.؛ ساری صراف، ب. و محمدی، غ. ح. (۱۳۸۹). تحلیل روند وقوع پدیده اقلیمی گردوغبار در غرب کشور در ۵۵ سال اخیر با استفاده از روش‌های آمارهای ناپارامتری، فصل‌نامه جغرافیای طبیعی، ۳ (۹): ۱۵-۲۸.
- رنجبر سعادت‌آبادی، ع. و عزیزی، ق. (۱۳۹۱). مطالعه‌ی الگوهای هواشناسی، شناسایی چشمه‌های تولید گردوغبار و مسیر حرکت ذرات معلق برای طوفان جولای ۲۰۰۹، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۴۴ (۳): ۷۳-۹۲.
- شاهسونی، ع.؛ یاراحمدی، م.؛ علیرضا مصداقی‌نیا، ع.؛ یونسیان، م.؛ جعفرزاده، ن.؛ نعیم‌آبادی، ا.؛ ثالثی، م. و ندافی، ک. (۱۳۹۱). تحلیل روند گردوغبار ورودی به ایران با تأکید بر استان خوزستان، مجله تحقیقات نظام سلامت حکیم، ۱۵ (۳): ۱۹۲-۲۰۲.
- شمشیری، س.؛ جعفری، ر.؛ سلطانی، س. و رضانی، ن. (۱۳۹۳). آشکارسازی و پهنه‌بندی ریزگردهای استان کرمانشاه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای MODIS، مجله بوم‌شناسی کاربردی، ۳ (۸): ۲۹-۴۲.
- عزیزی، ق.؛ شمسی‌پور، ع.؛ میری، م. و صفرزاد، ط. (۱۳۹۱). تحلیل آماری-همدیدی پدیده گردوغبار در نیمه غربی ایران، محیط‌شناسی، ۳۸ (۳): ۱۲۳-۱۳۴.
- فلاح ززولی، م.؛ وفايي‌نژاد، ع.؛ خیرخواه زرکش، م. م. و احمدی دهکاء، ف. (۱۳۹۳). منشأیابی گردوغبار غرب و جنوب غرب ایران و تحلیل سینوپتیکی آن با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۵ (۴): ۶۱-۷۷.
- کریمی، خ.؛ طاهری شهرآیینی، ح.؛ حبیبی نوخندان، م. و حافظی مقدس، ن. (۱۳۹۰). شناسایی خاستگاه‌های تولید طوفان‌های گردوغبار در خاورمیانه با استفاده از سنجش از دور، پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، ۷: ۵۶-۷۲.
- گائودی، ا. اس. و میدلتون، ان. جی. (۱۳۹۰). گردوغبار بیابان در سامانه جهانی، ترجمه داریوش یاراحمدی، خرم‌آباد: انتشارات دانشگاه لرستان.
- نوحه‌گر، ا.؛ خورانی، ا. و تمسکی، ا. (۱۳۹۲). تحلیل اقلیمی گردوغبار معلق در ایستگاه هواشناسی سرپل ذهاب (۲۰۰۹ - ۱۹۸۶)، نشریه جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۲ (۶): ۸۹-۱۰۲.
- Al-Ansari, N.A. (2013). Management of water resources in Iraq: perspectives and prognoses, Engineering, 5(6): 667-684.
- Arimoto, R. (2001). Eolian dust and climate: relationships to sources, tropospheric chemistry, transport and deposition, Earth-Science Reviews, 54(1-3): 29-42.
- Armbrust, D. V. (1977). A review of mulches to control wind erosion, Transactions of the ASAE, 20(5): 904-0905.

- Azizi, G.; Shamsipour, A.; Miri, M. and Safarrad, T. (2012). Synoptic and remote sensing analysis of dust events in southwestern Iran, *Natural hazards*, 64(2): 1625-1638.
- Azizi, Gh.; Shamsipour, A.A.; Miri, M. and Safarrad, T. (2012). Statistic and Synoptic Analysis of Dust Phenomena in West of Iran, *Journal of Environmental Studies*, 38(3): 123-134.
- Bahiraei, H.; Ayazi, S. M. H.; Rajaei, M. A. and Ahmadi, H. (2011). Synoptic Statistical Analyze Dust Phenomenon in Ilam Province, *Quarterly Journal of Human Geography*, 4(1): 47-67.
- Biielders, C. L.; Alvey, S. and Cronyn, N. (2001). Wind erosion: the perspective of grass-roots communities in the Sahel, *Land Degradation & Development*, 12(1): 57-70.
- Bolloorani, A. D.; Nabavi, S. O.; Bahrami, H. A.; Mirzapour, F.; Kavosi, M.; Abasi, E. and Azizi, R. (2014). Investigation of dust storms entering Western Iran using remotely sensed data and synoptic analysis, *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 12(1): 124.
- Bullard, J. E.; Harrison, S. P.; Baddock, M. C.; Drake, N.; Gill, T. E.; McTainsh, G. and Sun, Y. (2011). Preferential dust sources: A geomorphological classification designed for use in global dust-cycle models, *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 116(F4).
- Bullard, J.; Baddock, M.; McTainsh, G. and Leys, J. (2008). Sub-basin scale dust source geomorphology detected using MODIS, *Geophysical Research Letters*, 35(15).
- Fallah Zazuli, M.; Vafaiezhad, A. R.; Kheirkhah Zarkesh, M. M. and Ahmadi Dehka, F. (2014). Source routing of dust haze phenomenon in the west and southwest of Iran and its synoptic analysis by using remote sensing and GIS, *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 5(4): 61-77.
- Fox, T. A.; Barchyn, T. E. and Hugenholtz, C. H. (2012). Successes of soil conservation in the Canadian Prairies highlighted by a historical decline in blowing dust, *Environmental Research Letters*, 7(1): 014008.
- Fryrear, D. W. (1985). Soil cover and wind erosion, *Transactions of the ASAE*, 28(3): 781-0784.
- Gerivani, H.; Lashkaripour, G. R.; Ghafoori, M. and Jalali, N. (2011). The source of dust storm in Iran: a case study based on geological information and rainfall data, *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 6(1): 297-308.
- Gill, T. E. (1996). Eolian sediments generated by anthropogenic disturbance of playas: human impacts on the geomorphic system and geomorphic impacts on the human system, *Geomorphology*, 17(1-3): 207-228.
- Goudi, A. S. and Middleton, N. J. (2011). Desert dust in the global system, Translated by: Dariush Yarahmadi, Lorestan University, Khorramabad.
- Hahnenberger, M. and Nicoll, K. (2014). Geomorphic and land cover identification of dust sources in the eastern Great Basin of Utah, USA, *Geomorphology*, 204: 657-672.
- Hao, X. and Qu, J. J. (2007). Saharan dust storm detection using moderate resolution imaging spectroradiometer thermal infrared bands, *Journal of Applied Remote Sensing*, 1(1): 013510.
- Jabbari, I. (2017). *Geomorphology Structure, Process and Landforms*, SAMT Publication. Tehran
- Jafari, R. and Malekian, M. (2015). Comparison and evaluation of dust detection algorithms using MODIS Aqua/Terra Level 1B data and MODIS/OMI dust products in the Middle East, *International Journal of Remote Sensing*, 36(2): 597-617.
- Karimi, Kh.; Taheri Shahrainih. H.; Habibi Nokhandanm, M. and Hafezi Moghaddas, N. (2011). Identification of the Point Sources of Dust Storms in the Middle East Using Remote Sensing, *Journal of Climate Research*, 7: 56-72.

- Khoshkish, A.; Alijani B. and Hejazizadeh, Z. (2011). Synoptic analysis of dust storms in the Lorestan Province, Iran, *Scientific Journals Management System*, 18(21): 91-110.
- Kim, J. (2008). Transport routes and source regions of Asian dust observed in Korea during the past 40 years (1965–2004), *Atmospheric Environment*, 42(19): 4778-4789.
- Krasnov, H.; Katra, I. and Friger, M. (2016). Increase in dust storm related PM10 concentrations: A time series analysis of 2001–2015, *Environmental pollution*, 213: 36-42.
- Lee, J. A.; Gill, T. E.; Mulligan, K. R.; Acosta, M. D. and Perez, A. E. (2009). Land use/land cover and point sources of the 15 December 2003 dust storm in southwestern North America, *Geomorphology*, 105(1-2): 18-27.
- Li, W. and Huntsinger, L. (2011). China's grassland contract policy and its impacts on herder ability to benefit in Inner Mongolia: tragic feedbacks, *Ecology and Society*, 16(2).
- Long, X.; Tie, X.; Li, G.; Cao, J.; Feng, T.; Zhao, S.; Xing, L. and An, Z. (2018). Effect of ecological restoration programs on dust concentrations in the North China Plain: a case study, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 18(9): 6353-6366.
- Mahowald, N. M.; Baker, A. R.; Bergametti, G.; Brooks, N.; Duce, R. A.; Jickells, T. D.; Kubilay, N.; Prospero, J.M. and Tegen, I. (2005). Atmospheric global dust cycle and iron inputs to the ocean, *Global biogeochemical cycles*, 19(4).
- Middleton, N. and Kang, U. (2017). Sand and dust storms: impact mitigation, *Sustainability*, 9(6): 1053.
- Nohegar, A.; Khorani, A. and Tamassoki, E. (2013). Climate Analysis of suspended Dust Storms in Sar-Pol-Zohab Station (1986 to 2009), *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 2(6): 89-102.
- Nordstrom, K. F. and Hotta, S. (2004). Wind erosion from cropland in the USA: a review of problems, solutions and prospects, *Geoderma*, 121(3-4): 157-167.
- Notaro, M.; Yu, Y. and Kalashnikova, O. V. (2015). Regime shift in Arabian dust activity, triggered by persistent Fertile Crescent drought, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 120(19): 10-229.
- Rasouli A. A.; Sari Sarraf, B. and Mohammadi G .H. (2010). Trend analysis the number of dusty days in the past 55 years in the west of Iran, using non-parametric statistics, *Journal of Physical Geography*, 3(9): 15-28.
- Raupach, M. R.; Gillette, D. A. and Leys, J. F. (1993). The effect of roughness elements on wind erosion threshold, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 98(D2): 3023-3029.
- Ravi, S.; D'Odorico, P.; Breshears, D. D.; Field, J. P.; Goudie, A. S.; Huxman, T. E.; Li, J.; Okin, G.S.; Swap, R.J.; Thomas, A.D. and Van Pelt, S. (2011). Aeolian processes and the biosphere, *Reviews of Geophysics*, 49(3).
- Riksen, M.; Brouwer, F. and de Graaff, J. (2003). Soil conservation policy measures to control wind erosion in northwestern Europe, *Catena*, 52(3-4): 309-326.
- Shahsavani, A.; Yarahmadi, M.; Mesdaghinia, A.; Younesian, M.; Jaafarzadeh Haghhighifard, N.; Naimabadi, A.; Salesi, M. and Naddafi, K. (2012). Analysis of Dust Storms Entering Iran with Emphasis on Khuzestan Province, *Hakim Health Systems research Journal*, 15(3): 192-202.
- Shamshiri, S.; Jafari, R.; Soltani, S. and Ramezani, N. (2014). Dust Detection and Mapping in Kermanshah Province Using MODIS Satellite Imagery, *Iranian Journal of Applied Ecology*, 3(8): 29-42.
- Shepherd, G.; Terradellas, E.; Baklanov, A.; Kang, U.; Sprigg, W.; Nickovic, S.; ... and Sealy, A. (2016). Global assessment of sand and dust storms.

- Sissakian, V.; Al-Ansari, N. and Knutsson, S. (2013). Sand and dust storm events in Iraq, *Journal of Natural Science*, 5(10): 1084-1094.
- Song, H.; Zhang, K.; Piao, S. and Wan, S. (2016). Spatial and temporal variations of spring dust emissions in northern China over the last 30 years, *Atmospheric environment*, 126: 117-127.
- Sterk, G. (2003). Causes, consequences and control of wind erosion in Sahelian Africa: a review, *Land Degradation & Development*, 14(1): 95-108.
- Sun, J.; Zhang, M. and Liu, T. (2001). Spatial and temporal characteristics of dust storms in China and its surrounding regions, 1960–1999: Relations to source area and climate, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 106(D10): 10325-10333.
- Tam, W. W.; Wong, T. W.; Wong, A. H. and Hui, D. S. (2012). Effect of dust storm events on daily emergency admissions for respiratory diseases, *Respirology*, 17(1): 143-148.
- Tan, M. and Li, X. (2015). Does the Green Great Wall effectively decrease dust storm intensity in China? A study based on NOAA NDVI and weather station data, *Land Use Policy*, 43: 42-47.
- Zhou, Z. and Wang, X. (2002). Analysis of the severe group dust storms in eastern part of northwest China, *Journal of Geographical Sciences*, 12: 357-362.
- Zolfaghari, H. and Abedzadeh. H. (2005). A Synoptic Analysis of Dust Systems at the West Part of Iran, *Geography and Development Iranian Journal*, 6: 173-188.