

شناسایی کانون‌های دارای پتانسیل تولید گرد و غبار با منطق فازی در محدوده استان همدان

کامران شایسته*: استادیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ملایر، همدان

شیوا غریبی: دانشجوی دکتری ارزیابی و آمایش سرزمین، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ملایر، همدان

مهدی صفی خانی: دانشجوی دکتری محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان، معاون فنی اداره کل حفاظت محیط زیست

استان همدان

سید عادل عربی: کارشناس ارشد منابع طبیعی، معاون نظارت و پایش اداره کل حفاظت محیط زیست استان همدان

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۶/۱۰

تاریخچه مقاله (تاریخ دریافت: ۹۹/۰۱/۲۶)

چکیده

آلودگی هوا یکی از بحران‌های محیط زیستی است که آثار منفی آن بر ابعاد مختلف زندگی انسان و سایر موجودات نمود پیدا کرده است. گردوغبار یکی از انواع آلاینده‌های هوا است که در سال‌های اخیر به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک مشکلات فراوانی را ایجاد کرده است. مهمترین راهکار مدیریت پدیده گردوغبار، شناسایی کانون تولید به منظور کنترل آن از منشا است. این مطالعه با هدف شناسایی مناطق دارای پتانسیل تولید گرد و غبار در محدوده استان همدان صورت گرفته است. در این راستا ضمن در نظر گرفتن حریم ۱۵ کیلومتری در اطراف مرز استان همدان، مهمترین شاخص‌های موثر در ایجاد طوفان‌های گردوغبار بررسی، شناسایی و نقشه‌سازی شدند. سپس نقشه‌های کاربری اراضی، پوشش گیاهی، رطوبت خاک و زبری سطح زمین براساس تصاویر ماهواره‌ای برای سال‌های ۲۰۰۱، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۸ تهیه و با استفاده از توابع فازی طبقه‌بندی شدند. در نقشه کاربری اراضی، آن دسته از فعالیت‌هایی که می‌توانند منشا تولید گردوغبار باشند شناسایی و اولویت‌بندی شدند. در شاخص‌های دیگر نیز کاهش پوشش گیاهی، کاهش رطوبت خاک و کاهش زبری زمین به عنوان شاخص‌های موثر بر افزایش پتانسیل گرد و غبار در نظر گرفته شدند. در نهایت ضمن وزن‌دهی شاخص‌های مختلف از تلفیق شاخص‌ها، مناطق دارای بیشترین پتانسیل ایجاد گرد و غبار شناسایی و اولویت‌بندی شدند. حساس‌ترین مناطق در شمال غرب استان و همچنین بخش‌هایی از شرق و مرکز واقع شده اند. از سوی دیگر، گسترش بسیار شدید مناطق با پتانسیل بالای تولید گرد و غبار در سطح استان، طی دوره مورد مطالعه، مشاهده می‌شود. این مساله، لزوم توجه جدی و انجام اقدامات مدیریتی را نمایان می‌سازد.

واژگان کلیدی: فرسایش خاک، کانون گرد و غبار، منطق فازی، همدان.

۱- مقدمه

امروزه ارزیابی آلودگی هوا به یکی از نگرانی‌های روز افزون جهانی تبدیل شده و تاثیر چشمگیری بر آب و هوا و به طور کلی محیط زیست دارد (Ahmadi and dadashiroudbari, 2019). در هواشناسی پدیده گرد و غبار به معنای ذرات بسیار کوچک، جامد و سبکی از جنس سیلت، رس یا ماسه است که، در اثر فرسایش بادی و بیابان‌زایی ایجاد می‌شوند و تا فواصل طولانی جابجا و منتقل می‌گردند (DI Mei, 2008). این پدیده در سرزمین‌های خشک و نیمه خشک به مراتب بیشتر رخ می‌دهد (Arjmand et al., 2018) که با ویژگی‌های اقلیمی این مناطق ارتباط دارد (Mohammadi et al., 2015) و به یکی از مشکلات اساسی در این نواحی، تبدیل شده است (Yamani et al., 2020). از این رو پایش پیوسته ذرات گرد و غبار به منظور شناسایی تغییرات زمانی- مکانی آن‌ها ضرورت دارد (Rayegani et al., 2019). وقوع گرد و غبار بر جنبه‌های مختلف زندگی انسان و سایر موجودات، اثرات متفاوتی دارد (Rayegani, 2018). بررسی آثار و پیامدهای این پدیده و مدیریت صحیح منطقه به منظور کاهش اثرات آن از اهمیت زیادی برخوردار است (Schepanski et al., 2012) از سوی دیگر، تمرکز بر روی مناطقی با منشا وقوع طوفان (Cao et al., 2015) می‌تواند در شناسایی مناطقی به عنوان کانون گرد و غبار موثر باشند. به عبارتی، شناسایی کانون‌های دارای پتانسیل گرد و غبار، به دلیل تاثیر گذری بر محیط زیست حائز اهمیت است (Samadi et al., 2014). خطرات رخداد‌های گردوغبار و آثار نامطلوب آن بر سلامتی انسان و خسارات اقتصادی -اجتماعی ایجاد شده، ضرورت پیش‌بینی مناطق تولید گرد و غبار و کنترل رشد آن را نشان می‌دهد (Arjmand et al., 2018). به طوری که شناسایی کانون آلودگی، اولین گام در فرآیند تعیین استراتژی مؤثر بر کنترل آلودگی گرد و غبار محسوب می‌شود (Yarmoradi et al., 2019). همچنین، به منظور مدیریت کاهش گرد و غبار، تجزیه و تحلیل روند تغییرات کانون‌های گرد و غبار در طی دوره زمانی چند ساله مفید بوده و بررسی تغییرات می‌تواند اطلاعات جامعی در کنترل و مدیریت کانون‌های دارای پتانسیل تولید گرد و غبار ارائه دهد (Sun et al., 2003). آثار خشکسالی‌های چند ساله و تشنگی زمین در استان همدان از سال ۱۳۸۸ آغاز شد به طوری که مناطق شمال غربی تقریباً جزء مناطق مواجه با بحران خشکسالی هستند. در دهه گذشته استان همدان، ۹۰ درصد سالها، تحت تاثیر خشکسالی قرار داشته است. از این رو، شناسایی کانون‌های دارای پتانسیل گرد و غبار به منظور مدیریت و کاهش گرد- و غبار از مبدا ضروری به نظر می‌رسد.

مطالعات محدودی در خصوص شناسایی کانون‌های بالقوه (کانون‌های دارای پتانسیل) گرد و غبار صورت گرفته است. Rayegani و Khairandish (۲۰۱۸) با بهره‌گیری از سری زمانی داده‌های ماهواره‌ای TRMM، پوشش گیاهی، دمای سطح زمین و عمق اپتیکی آئروسول و اطلاعات زمینی گرد و غبار به اعتبارسنجی کانون‌های گرد و غبار در استان البرز پرداختند. نتایج تجزیه و تحلیل روند تغییرات، نشان دهنده کاهش معنی‌دار پوشش گیاهی، رطوبت خاک و دمای سطح زمین در محل کانون‌های تولید گرد و غبار بود. Yarmoradi و همکاران (۲۰۱۹) به منظور شناسایی کانون بالفعل، به صورت آنلاین و با استفاده از ماهواره NOAA، و به کار بردن مدل‌های اسپلیت^۱ مسیرهای ورود توفان‌های گرد و غبار، در نیمه شرقی ایران را تحلیل و ردیابی نمود. Daniali و همکاران (۲۰۱۸) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مادیس به تحلیل مکانی گرد و غبار، در استان خوزستان طی دوره ۸ ساله پرداخته و منشایابی طوفان‌ها، با به کار بردن مدل‌های اسپلیت صورت گرفت. براساس نتایج به دست آمده، اختلاف شدید دمای، عدم وجود رطوبت و زاویه تابش بالا در بیابان منجر به گرد و غبار در این منطقه شده است. Rayegani و همکاران (۲۰۱۹) با استفاده از داده‌های دورسنجی لندست و تولید ماسک‌های فرسایش ناپذیری (پوشش گیاهی، رطوبت، زبری) به شناسایی کانون‌های تولید گرد و غبار در استان البرز پرداخته و به این نتایج دست یافتند که، مناطق شناسایی شده به عنوان کانون آلودگی از صحت بالایی برخوردار است.

Waggoner and Sokolik, 2010 با مطالعه‌ی شاخص‌های پوشش گیاهی، سطح خاک لخت و زبری زمین منابع تولید کننده گرد و غبار در شمال غربی چین را مورد بررسی قرار دادند و Lee et al. 2012، در غرب تگزاس، با بررسی اطلاعات زمین شناسی منطقه و پوشش سطح زمین به شناسایی کانون گرد و غبار پرداختند. نتایج هر دو پژوهش نشان دهنده‌ی صحت بالای این شاخص‌ها در شناسایی کانون‌های گرد و غبار بود. بررسی مطالعات پیشین نشان داد که فرسایش خاک مهم‌ترین عامل بروز

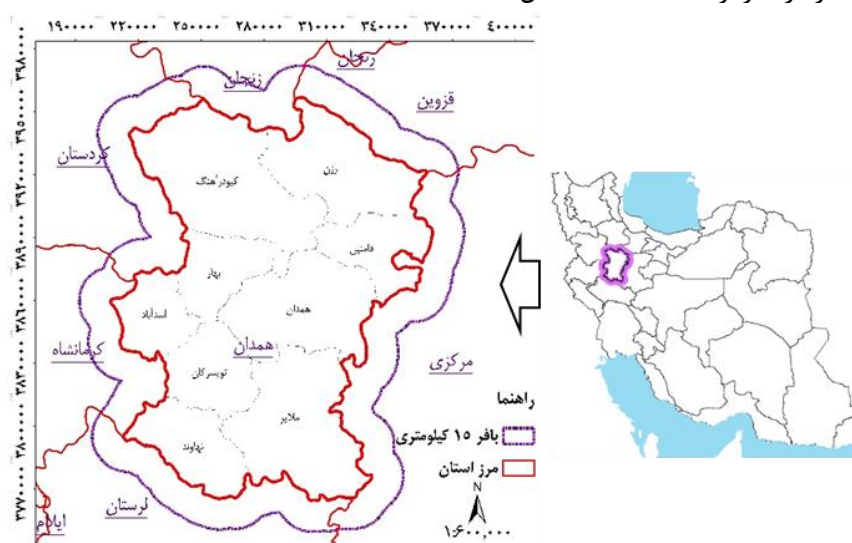
¹ Hysplit

گردوغبار بوده و موثرترین پارامترها بر فرسایش، پوشش گیاهی، رطوبت خاک، زبری زمین، کاربری اراضی (Boroughani and Webb and Strong, 2011; Rayegani et al., 2019) و نوع سازندهای زمین‌شناسی معرفی شده‌اند (Pourhashemi, 2020; Webb et al., 2006).

این پژوهش با هدف شناسایی مناطق مستعد و دارای پتانسیل تولید گردوغبار در محدوده‌ی استان همدان با استفاده از مهم‌ترین شاخص‌های مؤثر بر تولید گردوغبار با منشأ داخلی در یک دوره زمانی ۱۸ ساله (به تفکیک سه دوره ۲۰۰۱، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۸) و مطابقت آن با نقشه فرسایش منطقه، صورت گرفته است. برای این منظور براساس مطالعات پیشین، مهم‌ترین شاخص‌های مؤثر بر کانون‌های بالقوه گردوغبار شناسایی، و با استفاده از روش منطق فازی، نتایج و صحت شاخص‌ها مورد مقایسه قرار گرفتند. سپس با استفاده از تلفیق چند معیاره‌ی عوامل مؤثر بر ایجاد فرسایش ازجمله شاخص پوشش گیاهی، کاربری زمین، رطوبت خاک و زبری زمین در بازه زمانی ذکرشده نقشه سازی صورت گرفت و از تلفیق آن‌ها با استفاده از منطق فازی، مناطق دارای بیشترین پتانسیل تولید گردوغبار شناسایی، و اولویت‌بندی شدند.

۲- منطقه مورد مطالعه

استان همدان به مساحت ۱۴۹۴۱ کیلومترمربع، با موقعیت جغرافیایی ۳۳ درجه و ۵۹ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۴۴ دقیقه عرض شمالی و ۴۷ درجه و ۴۷ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی، در غرب کشور قرار گرفته است. حدود ۶۳۰ هزار هکتار از کل زمین‌های کشاورزی استان زیر کشت دیم و حدود ۳۲۰ هزار هکتار آن، کشت آبی صورت می‌گیرد. آثار خشکسالی‌های چندساله و تشنگی زمین در استان همدان از سال ۱۳۸۸ آغاز و مناطق شمال غربی تقریباً جزء مناطقی هستند که با خشکسالی مواجه هستند. بر اساس اطلاعات بارشی در ۱۰ سال گذشته، متوسط میزان بارش از سال ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۴ روند نزولی داشته و از سال ۲۰۰۹ موج خشکسالی به مدت ۱۰ سال ادامه یافته به‌طوری‌که در دهه‌ی گذشته، استان همدان ۹۰ درصد سالها تحت تأثیر خشکسالی قرار داشته است. براساس گزارش سازمان حفاظت محیط زیست، استان همدان نیز جزو استان‌های متأثر از پدیده ریز گرد است که با مدیریت صحیح می‌توان از ایجاد کانون‌های جدید گردوغبار جلوگیری کرده و میزان آلودگی‌های کانون‌های موجود را نیز کاهش داد. عواملی ازجمله خشکسالی تالاب‌ها، احداث سد، کاهش پوشش گیاهی و تبدیل اراضی کشاورزی منجر به تشدید بیابان‌زایی و ایجاد کانون‌های آلودگی، در استان شده که تهدیدها و آسیب‌های بسیاری برای استان و محدوده اثرگذار به همراه داشته است. از آنجا که نواحی اطراف مرز استان، می‌توانند بر وقوع گردوغبار در داخل استان تأثیرگذار باشند، در این پژوهش، محدوده‌ای فراتر از مرزهای سیاسی استان مورد مطالعه قرار گرفت. براین اساس، حریم ۱۵ کیلومتری به‌عنوان محدوده اثرگذار در نظر گرفته شده است (شکل ۱).



شکل ۱: استان همدان و محدوده اثرگذار به‌عنوان منطقه مطالعاتی

۳- مواد و روش

به منظور شناسایی مناطق دارای پتانسیل تولید گردوغبار در استان همدان و محدوده اثرگذار، روش ارزیابی چند معیاره به کار گرفته شد. (۱) اطلاعات و نقشه‌ی مهم‌ترین شاخص‌های اثرگذار بر تولید گرد و غبار شامل کاربری اراضی، میانگین رطوبت خاک، تراکم پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ سنجنده OLI-TIRS (برای سال ۲۰۱۸) و لندست ۵ سنجنده TM (برای سال‌های ۲۰۰۱ و ۲۰۰۵) و نقشه ضریب زبری زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ASTER در سه بازه زمانی سال ۲۰۰۱، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۸ با اندازه سلول ۳۰ متری تهیه شدند. (۲) نقشه شاخص‌ها و محدودیت‌ها تهیه و (۳) نقشه شاخص‌ها بر اساس روابط منطق فازی در مقیاس پیوسته فازی (۲۵۵-۰) و نقشه محدودیت‌ها بر اساس منطق بولین (در مقیاس صفر و یک) استاندارد شد به طوری که ارزش ۲۵۵ به بالاترین توان در تولید گردوغبار و ارزش صفر به پایین‌ترین توان اختصاص یافت و روش استانداردسازی هر شاخص بر اطلاعات کاربر درباره چگونگی تغییر مطلوبیت برای هر شاخص، وابسته است. (۴) شاخص‌ها وزن دهی و (۵) لایه مربوط به شاخص‌ها و محدودیت‌ها به روش WLC ادغام شدند. تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده در نرم‌افزار ENVI 5.3 مورد پردازش رادیومتریک و اتمسفری قرار گرفتند. از آنجا که تصاویر خام سنجش از دور، همیشه دارای خطاهایی در مقادیر ثبت شده برای پیکسل‌ها هستند (خطای رادیومتریک) برای حذف دو نوع خطای عمده اتمسفری و دستگاهی تصاویر، از تصحیحات رادیومتریک استفاده شد. برای این منظور از روش Reflectance وبا استفاده از ENVI، مقادیر درجات خاکستری به انعکاس بالای اتمسفر^۱ تبدیل شدند. و سایر پردازش‌ها توسط نرم‌افزار IDRISI انجام شد. نوع و شکل تابع عضویت مورد استفاده، برای شاخص‌های مختلف و جزییات نقشه‌سازی شاخص‌ها در جدول (۱) ارائه شده است. روش کار برای سال ۲۰۱۸ و نتایج برای سال‌های ۲۰۰۱، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۸ بدین صورت است.

- کاربری اراضی

بر اساس تصاویر ماهواره‌ای لندست و با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال^۲ به عنوان یکی از متداول‌ترین روش آماری طبقه‌بندی و جزو روش‌های پیکسل پایه، نقشه کاربری اراضی برای سال‌های ۲۰۰۱، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۸ تهیه و به منظور ارزیابی نتایج این طبقه‌بندی، از دقت کلی و ضریب کاپا استفاده شد. بر اساس نظرات کارشناسی اخذ شده از متخصصین در قالب پرسشنامه، مناطقی با کاربری زمین‌های رها شده و خاک‌های غیرقابل کشت، مراتع کم تراکم و فقیر، زمین‌های کشت دیم و آیش کشاورزی، به ترتیب به عنوان مهم‌ترین کانون‌های گردوغبار تعیین و سایر کاربری‌ها نقشی در تولید گردوغبار نداشتند. از این رو، برای استانداردسازی نقشه کاربری اراضی در مقیاس پیوسته فازی (مقیاس ۲۵۵-۰)، درجه مطلوبیت ۲۵۵ به زمین‌های رها شده و غیرقابل کشت، درجه مطلوبیت ۱۵۰ به مراتع کم تراکم، درجه ۹۵ به کشاورزی آیش، ۷۵ به کشاورزی دیم، ۲۵ به مناطق ساخته شده، ۶ به کوه و بیرون زدگی سنگی، ۳ به باغستان، ۲ به کشاورزی آبی و ارزش صفر به پوشش برف و آب، اختصاص داده شد. سپس استانداردسازی کاربری اراضی از تابع تعریف شده توسط کاربر صورت گرفت. در تهیه نقشه بولی کاربری اراضی، ارزش یک به کاربری‌های اراضی رها شده و غیرقابل کشت، کوه و بیرون زدگی سنگی، مناطق ساخته شده، مراتع کم تراکم، کشاورزی آیش اختصاص یافت و ارزش صفر برای کاربری‌های پوشش برف و آب، باغستان، کشاورزی آبی، کشاورزی دیم در نظر گرفته شد. با این هدف که مناطق با ارزش صفر نقشی در تولید گردوغبار نداشته و باید از تحلیل خارج شوند.

- پوشش گیاهی

به منظور تهیه نقشه تراکم پوشش گیاهی و بررسی روند تغییرات آن‌ها بر اساس نقش پوشش گیاهی در انتشار ذرات گردوغبار و همچنین با مشخص شدن نواحی احتمالی برای دستیابی به محل‌های مستعد بر روی تصاویر لندست از شاخص NDVI که از مهم‌ترین و رایج‌ترین روش‌های تعیین پوشش گیاهی محسوب می‌شود، بر اساس رابطه (۱) استفاده شد (Tayba et al., 2014). مقادیر عددی شاخص NDVI عددی بین (۱+) تا (۱-) است. ارزش ۰/۱-۱ بیانگر پوشش گیاهی است که مقادیر بالاتر نشان‌دهنده توده گیاهی متراکم، مقادیر نزدیک به صفر (۰/۱-۰) زمین لخت و عاری از پوشش گیاهی و در خطر بایر شدن و

^۱ Top of Atmospheric Reflectance

^۲ Maximum Likelihood

مقادیر کمتر از صفر (۰ تا -۱) دلالت بر وجود آب و برف دارد (Daniali et al., 2018) و کاهش پوشش گیاهی به مرور زمان منجر به افزایش خطر فرسایش خاک می‌شود (Armin et al., 2020). برای استانداردسازی شاخص پوشش گیاهی در مقیاس پیوسته فازی (مقیاس ۰-۲۵۵) از تابع عضویت خطی دوزنقه‌ای^۱ با نقاط کنترلی (a=-0.94)، (b=0)، (c=0.1) و (a=0.89)، استفاده شد.

$$NDVI = (\rho NIR - \rho RED) / (\rho NIR + \rho RED) = \pm 1 \quad (۱)$$

- رطوبت خاک

نقشه رطوبت خاک، براساس ارتباط تنگاتنگ میان رطوبت و انتقال ریزگردها با استفاده از شاخص طیفی اختلاف رطوبتی نرمال شده^۲ تهیه شد (Rayegani et al., 2019). شاخص NDMI محتوای رطوبت خاک را برای عناصر سیمای سرزمین به‌ویژه برای خاک، سنگ و پوشش گیاهی تعیین می‌کند و یک شاخص مناسب در برآورد رطوبت خاک و تعیین تغییرات مکانی و زمانی رطوبت در مطالعات خشکسالی است (Jin and Sader, 2005). مقادیر شاخص NDMI بین (+۱) تا (-۱) است و ارزش‌های نزدیک به -۱ نشان‌دهنده رطوبت کم و ارزش‌های بیشتر از ۰/۱ نشان‌دهنده رطوبت زیاد هستند. همچنین مقادیر (۰/۸) تا (-۱) بیانگر خاک لخت، و مقادیر (۰/۸) تا (۱) پوشش کامل گیاهی و در نتیجه حداکثر رطوبت را نشان می‌دهند. به منظور تهیه نقشه این شاخص، تصاویر ماهواره‌ای لندست در باند NIR و MIR به کار گرفته شد و با دستور Raster Calculator، محاسبات صورت گرفت (رابطه ۲). باندهای مرتبط با طول موج مادون قرمز نزدیک و میانی در تصاویر لندست ۸ (OLI)، شامل باندهای ۵ و ۶ و در لندست ۵ (TM) باندهای ۴ و ۵ بودند. برای استانداردسازی شاخص رطوبت سطحی خاک از تابع خطی کاهشی یکنواخت^۳ استفاده می‌شود.

$$NDMI = (\rho NIR - \rho MIR) / (\rho NIR + \rho MIR) \quad (۲)$$

- زبری زمین

زبری زمین^۴ به‌عنوان یکی از مهم‌ترین شاخص‌های مؤثر بر فرسایش، نقش مهمی در ایجاد و پراکنش گردوغبار ایفا می‌کنند (Tayba et al., 2014). در تهیه نقشه زبری زمین از تصویر ماهواره‌ای ASTER به دلیل دقت بالاتر نسبت به لندست، استفاده شد. برای این منظور، با استفاده از تصویر ماهواره‌ای سنجنده ASTER مدل رقومی ارتفاعی زمین با اندازه سلول ۳۰ متری دانلود و سپس ۹ تصویر با یکدیگر موزاییک شدند و پیش‌پردازش‌های هندسی و رادیومتریکی نیز بر روی تصویر اعمال شد. مدل رقومی ارتفاعی این سنجنده در شناسایی مناطق بسیار مسطح و شیب‌دار دقیق‌تر از تصاویر لندست است. با استفاده از ابزار Focal statistic تابع کمینه، بیشینه و میانگین بر روی مدل رقومی بر اساس فضای همسایگی ۱۰×۱۰ اعمال شد و سپس با استفاده از دستور Raster Calculator با اعمال رابطه (۳) ضریب زبری زمین محاسبه شد. ارزش این ضریب بین ۰-۱ متغیر بوده و ضریب زبری بالا، به مقادیر نزدیک به ۱، اختصاص داده شد. برای استانداردسازی فاکتور ضریب زبری زمین نیز از تابع خطی کاهشی یکنواخت استفاده شد.

$$R = (\text{Mean}_{DEM} - \text{Min}_{DEM}) / (\text{Max}_{DEM} - \text{Min}_{DEM}) \quad (۲)$$

جدول ۱: توابع فازی مورد استفاده برای فاکتورهای مورد نظر

فاکتور	نوع تابع عضویت	شکل تابع عضویت
شاخص پوشش گیاهی	خطی	دوزنقه‌ای
شاخص رطوبت خاک	خطی	کاهشی یکنواخت
کاربری زمین	-	میله‌ای
ضریب زبری زمین	خطی	کاهشی یکنواخت

^۱Linear Symmetric

^۲Normalized Difference Moisture Index: NDMI

^۳Linear Monotonically decreasing

^۴Roughness

به دنبال تهیه و استاندارد سازی شاخص‌ها، که امکان مقایسه و ترکیب آن‌ها را فراهم می‌کند، برای ادغام لایه‌های فازی، رویکرد WLC به کار گرفته شد (Rayegani et al., 2019). در این رویکرد اطلاعات زمینی تبدیل به مجموعه‌هایی از فاکتورهای مربوط به انتشار گردوغبار در منطقه مورد مطالعه شد. طبق نظر کارشناسان، امتیاز رطوبت نسبت به پوشش گیاهی ۵، رطوبت نسبت به زبری ۷، رطوبت نسبت به کاربری ۹، پوشش گیاهی نسبت به زبری ۳، پوشش گیاهی نسبت به کاربری ۵ و زبری نسبت به کاربری ۳ بود. براساس این امتیازبندی، نقشه‌های فازی شده ادغام شدند به طوری که مقادیر بالاتر و نزدیک به ۲۵۵ به معنای مطلوبیت بیشتر به عنوان کانون‌های مستعد گردوغبار و مقادیر پایین‌تر به معنای مطلوبیت کمتر در نظر گرفته شدند. برای محاسبه نرخ ناسازگاری، پس از وزن دهی و پیش از به کارگیری وزن‌ها، نسبت به سازگاری مقایسه ی وزن‌های اختصاص داده شده به هر شاخص، اطمینان حاصل شد. سپس، برای شناسایی کانون‌های مستعد، با استفاده از تصویر خروجی نهایی مطلوبیت گردوغبار، طبقه‌بندی سطوح مطلوبیت بر اساس آستانه و به صورت قراردادی صورت گرفت.

- فرسایش زمین

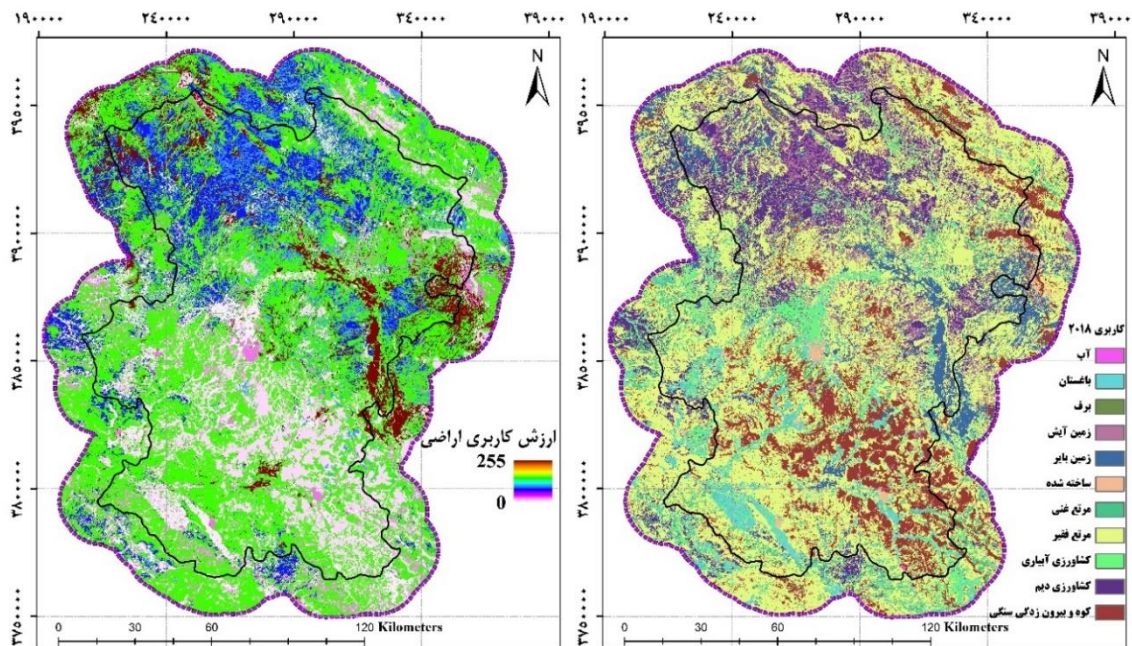
صحت سنجی نقشه فرسایش خاک، با استفاده از الگوریتم شی‌گرا به عنوان مکمل روش پیکسل پایه به منظور بالا بردن صحت تعیین کاربری اراضی در نرم افزار Ecognition صورت گرفت. با استفاده از روش سیستماتیک تصادفی ۴۱ نقطه در ۶ کاربری مختلف به عنوان نقاط نمونه برداری انتخاب، و نقاط مورد نظر مسیریابی و به منطقه مراجعه شد. در هر نقطه، پلاتی به ابعاد ۴×۴ (۱۶ مترمربع) انتخاب و درون هر پلات به صورت تصادفی از چهار نقطه با استفاده اوگر نمونه خاک برداشت و به آزمایشگاه منتقل شد. جهت اندازه گیری سرعت نفوذپذیری آب در خاک، در هر پلات، هم زمان ابزارهای اندازه گیری سرعت نفوذپذیری مستقر گردید که در این پژوهش روش استوانه مضاعف مورد استفاده قرار گرفت. استوانه‌های فلزی به صورت مرکز مشترک در سطح خاک و درجایی که رطوبت خاک معادل رطوبت در موقع شروع آبیاری است قرار داده شد و در عمق ۱۰ سانتی متری از سطح ثابت شد و خط کش شناور بر روی استوانه میانی قرار گرفت. در مرحله ی بعد درون استوانه‌ها آب با سطح یکسان ریخته شد. افت سطح آب، مطابق با استاندارد ASTM D3385-03، در دقایق ۲، ۴، ۶، ۱۱، ۱۶، ۲۱، ۳۱، ۴۱ و ۵۱ دقیقه قرائت شد.

۴- یافته‌ها

نتایج بررسی نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۱۸ (شکل ۲، سمت چپ) و نقشه استاندارد شده (شکل ۲، سمت راست) نشان می‌دهد که، برخی از طبقات کاربری اراضی به شکل محدودیت، برای تولید گردوغبار محسوب می‌شوند. زمانی که نقشه محدودیت در نقشه مطلوبیت ضرب گردد، مناطق محدود شده، (بالارزش صفر) خارج می‌شوند و امتیاز مربوط به مطلوبیت آن‌ها در نقشه نهایی صفر می‌شود. برای بررسی صحت نقشه‌های کاربری اراضی، ضریب کاپا با استفاده از ماتریس خطا به کار گرفته شد. مقدار کاپا صحت طبقه‌بندی را نسبت به حالتی که یک تصویر کاملاً به صورت تصادفی طبقه‌بندی شود، ایجاد می‌کند. این بدان معناست که پس از حذف تأثیر شانس در طبقه‌بندی، مقدار تطابق با واقعیت زمینی محاسبه می‌شود. در این مطالعه، ضریب کاپا برای کاربری‌های تهیه شده قابل قبول است. نتایج ارزیابی دقت طبقه‌بندی نقشه‌های کاربری حاکی از این است که کاربری‌های اراضی ساخته شده از دقت و صحت بالایی برخوردار هستند (جدول ۲). مساحت هر یک از طبقات کاربری‌های اراضی در سال‌های ۲۰۰۹، ۲۰۱۸ و ۲۰۱۸ ارائه شده است (جدول ۳).

جدول ۲: نتایج ارزیابی دقت طبقه‌بندی نقشه‌های کاربری سری زمانی تصاویر لندست

سال / سنجنده	تاریخ اخذ تصویر	دقت کلی (%)	ضریب کاپا
TM - ۲۰۰۱	۲۰ می ۲۰۰۱	۹۲/۴۱۸۸	۰/۹۱۴۵
TM - ۲۰۰۹	۲۴ می ۲۰۰۹	۸۷/۳۲۱۷	۰/۸۵۶۹
OLI - ۲۰۱۸	۸ ژوئن ۲۰۱۸	۸۸/۴۰۳۶	۰/۸۶۹۴

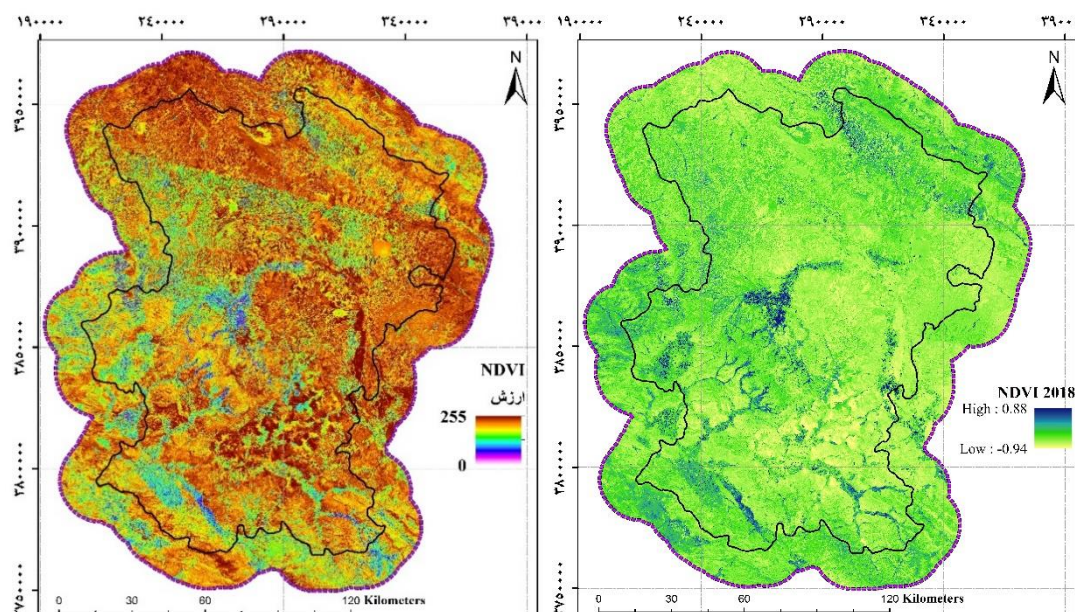


شکل ۲: نقشه کاربری اراضی (سمت چپ)، نقشه استانداردشده کاربری اراضی (سمت راست) در سال ۲۰۱۸

جدول ۳: مساحت کاربری‌های استخراج شده از سری زمانی تصاویر لندست برای سال‌های ۲۰۰۱، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۸

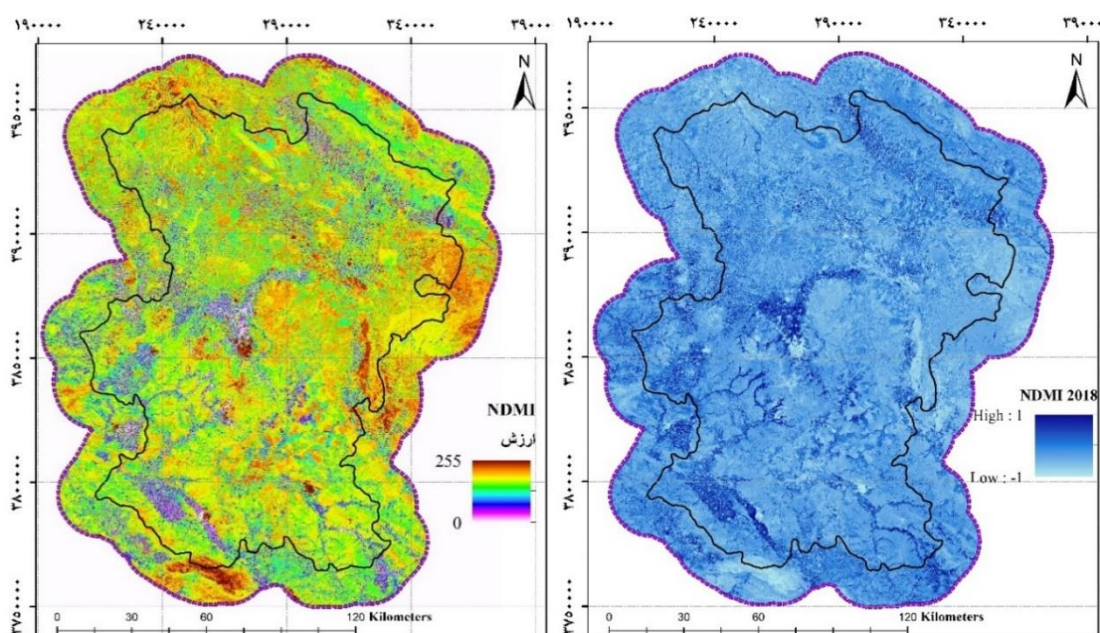
نوع کاربری	مساحت (هکتار) سال ۲۰۰۱	مساحت (هکتار) سال ۲۰۰۹	مساحت (هکتار) سال ۲۰۱۸
ساخته شده	۱۹۸۸۲/۹۸	۳۸۳۰۸/۵۹	۴۰۲۳۳/۸۷
کشاورزی آبی	۱۷۶۰۴۷/۵۶	۸۷۴۹۸/۲۷	۱۴۳۶۵۲/۶۹
کوه و بیرون زدگی سنگی	۲۶۸۱۲۵/۱۲	۴۱۳۶۳۴/۶	۴۰۳۵۰۴/۵۶
درخت و باغ	۱۵۴۱۰۸/۷۱	۶۶۸۱۹/۴۲	۱۵۱۷۷۶/۵۴
کشاورزی دیم	۲۲۳۱۱۴/۰۵	۴۱۳۴۱۱/۹۴	۳۵۵۷۴۹/۳۹
اراضی کشاورزی آیش	۳۱۹۹۱۸/۹۵	۳۶۶۸۲۳/۳۵	۱۹۸۵۷۹/۶
برف	۲۲۹۸/۳۳	۱۷۳۱/۳۳	۸۵۰/۷۷
آب	۴۸/۶	۱۶۴/۸۸	۴۳۱/۴۶
مراعات متراکم	۱۶۶۱۹۸/۸۶	۳۰۵۹۸۲/۹	۲۳۹۱۶۷/۷۱
مراعات کم تراکم	۱۶۳۶۰۶۶/۴	۱۲۱۹۰۶۸/۷۲	۱۳۲۳۴۲۳/۱۸
خاک‌های غیرقابل کشت	۱۳۵۳۱۸/۶۹	۱۸۵۱۴۴/۷۶	۲۴۲۹۱۰/۱۸

نتایج بررسی نقشه شاخص NDVI، نشان می‌دهد که ارزش آن در محدوده ۰/۹۴- تا ۰/۸۸ متغیر است (شکل ۳، سمت چپ). در نقشه استانداردشده، با افزایش مقادیر به سمت صفر، مطلوبیت به صورت خطی افزایش و بین صفر تا ۰/۱ مطلوبیت ثابت و با افزایش پوشش گیاهی مطلوبیت کاهش می‌یابد (شکل ۳، سمت راست). از این رو، بیشترین احتمال برای تشکیل کانون‌های گردوغبار، مکان‌هایی با مقادیر ۰/۱- تا ۰/۰ است. بر اساس نقشه استانداردشده، با حرکت به سمت ۲۵۵ مطلوبیت و مستعد بودن جهت تولید گردوغبار افزایش می‌یابد.



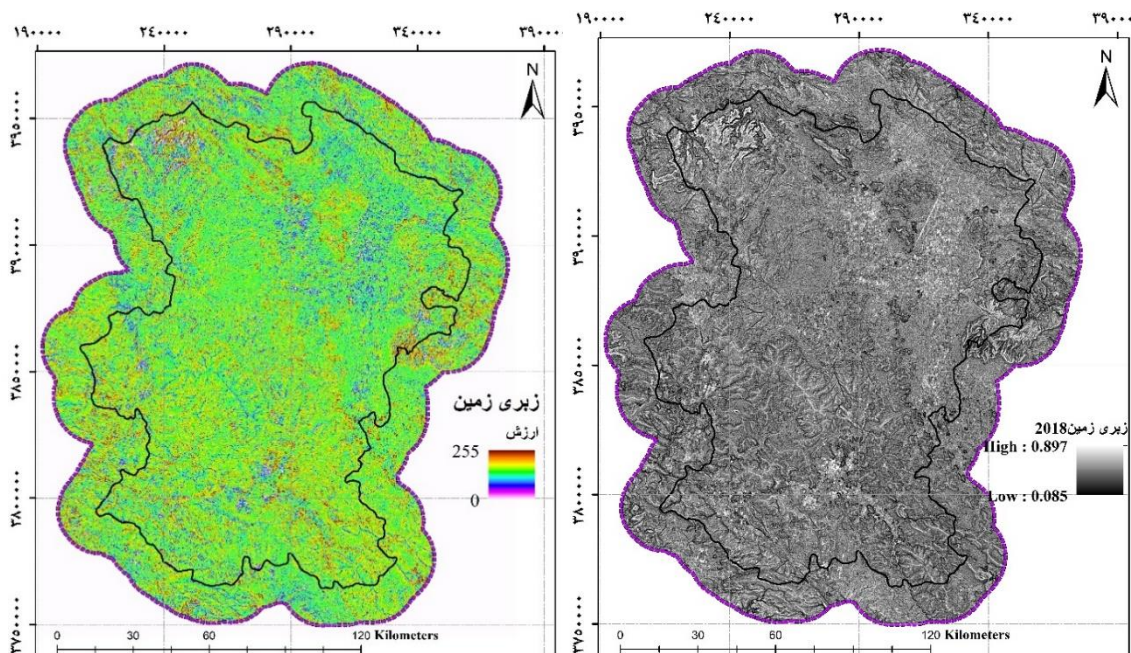
شکل ۳: نقشه NDVI (سمت چپ)، نقشه استاندارد شده NDVI (سمت راست) در سال ۲۰۱۸

نتایج بررسی میزان رطوبت خاک نشان داد که، مقادیر شاخص NDMI (شکل ۴، سمت چپ) بین (+۱) تا (-۱) بوده که ارزش‌های پایین به رنگ روشن (نزدیک به -۱)، نشان‌دهنده رطوبت کم و ارزش‌های بالا به رنگ تیره (بیشتر از ۰/۱) و نشان‌دهنده رطوبت زیاد است. کاهش رطوبت به معنای افزایش میزان بروز گردوغبار است. از این رو، با افزایش مقادیر رطوبت از -۱ به سمت +۱ مطلوبیت و مستعد بودن تولید گرد و غبار کاهش می‌یابد. مقادیر (-۰/۸) تا (-۱) خاک لخت و مقادیر (۰/۸) تا (۱) بیان‌کننده پوشش کامل گیاهی و در حداکثر رطوبت هستند. مقادیر رطوبتی -۱ دارای ارزش فازی ۲۵۵ و مقادیر رطوبتی ۱ دارای ارزش فازی صفر است (شکل ۴، راست).



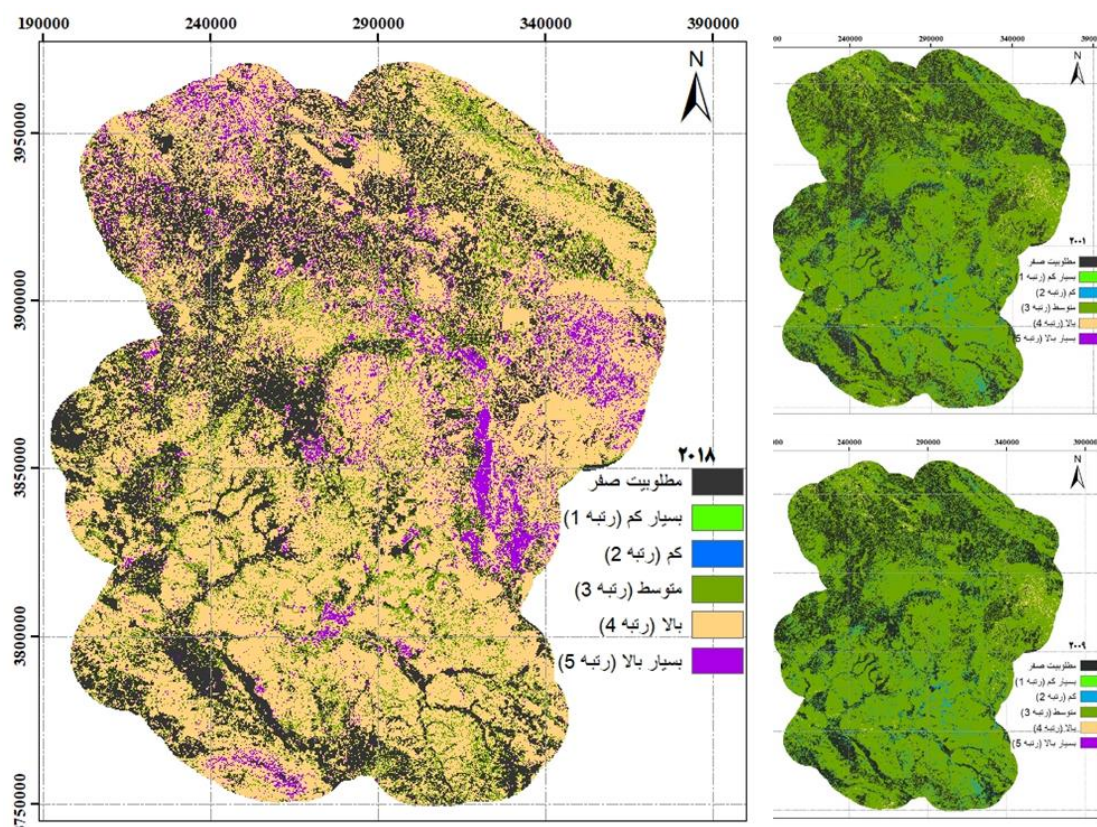
شکل ۴: نقشه NDMI (سمت چپ)، نقشه استاندارد شده NDMI (سمت راست) در سال ۲۰۱۸

نتایج مطالعات ضریب زبری زمین (شکل ۵، سمت چپ)، حاکی از این است که ارزش این ضریب از ۱-۰ متغیر است و مقادیر نزدیک به ۱ به عنوان ضریب زبری بالا در نظر گرفته می‌شوند و با پراکنش گردوغبار دارای ارتباط معکوس هستند به طوری که مقادیر ضریب زبری پایین (نزدیک به صفر) به عنوان کانون‌های مستعد تولید گردوغبار در نظر گرفته می‌شوند (Rayegani et al., 2019). نقشه استاندارد شده ضریب زبری زمین (شکل ۵، راست) نیز نشان می‌دهد که با افزایش مقادیر زبری از ۰/۰۸۵ به سمت ۰/۸۹ میزان مطلوبیت و مستعد بودن گردوغبار کاهش می‌یابد. در نقشه استاندارد شده، ارزش ۲۵۵ دارای بالاترین مقدار زبری و حداقل تولید و پراکنش گردوغبار است.



شکل ۵: نقشه زبری زمین (سمت چپ)، نقشه استاندارد شده زبری زمین (سمت راست) در سال ۲۰۱۸

به دنبال فازی سازی شاخص‌ها، نرخ ناسازگاری محاسبه شد. میزان ضریب ناسازگاری اغلب تا ۰/۱ قابل قبول بوده و بالاتر از آن نیازمند تجدیدنظر در داوری است. در پژوهش پیش رو، نتایج محاسبه‌ی نرخ ناسازگاری بیانگر این واقعیت است که، میزان ناسازگاری حاصل از مقایسه‌های انجام شده، بین شاخص‌ها ۰/۰۶ برآورد شده است که قابل قبول بوده و امتیازات اختصاص داده شده برای مقایسه‌ی شاخص‌های سازگار، قابل اعتماد و با صحت بالا هستند. پس از وزن دهی، فاکتورها با رویکرد WLC ترکیب و نقشه نهایی کانون‌های مستعد گردوغبار بر اساس سطوح مطلوبیت (ارزش ۲۵۵-۰) برای سال‌های ۲۰۰۱، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۸ تهیه شدند. در نقشه مطلوبیت نهایی ارزش‌های نزدیک به ۲۵۵ به عنوان کانون گردوغبار شناسایی شده است. براساس میزان آستانه، تقسیم‌بندی قراردادی نقشه مطلوبیت به ۵ طبقه صورت گرفت که در آن مناطقی با بیشترین توان (۲۵۵-۲۲۵)، توان بالا (۲۲۵-۲۰۰)، توان متوسط (۲۰۰-۱۵۰)، توان کم (۱۵۰-۱۰۰) و توان بسیار کم (۱۰۰-۰) مشخص شدند. در این تقسیم بندی، مستعد ترین کانون، به طبقه پنجم (۲۲۵-۲۵۵) اختصاص داشت. مساحت هر کدام از طبقات به تفکیک سال مورد مطالعه، محاسبه شده است (جدول ۴). براساس نتایج به دست آمده نقشه طبقات نهایی کانون‌های گردوغبار برای سال‌های ۲۰۱۸، ۲۰۰۹ و ۲۰۰۱ تهیه شد (شکل ۶). که در آن مطلوبیت صفر به رنگ سیاه، نشانگر لایه محدودیت‌ها است به این بدان معناست که در این محدوده، به دلیل تراکم پوشش گیاهی بالا و حداکثر رطوبت و وجود منابع آبی و برف، کانون گردوغبار وجود ندارد. علاوه بر این رنگ بنفش، نشان دهنده ی کانون‌های گردوغبار هستند. بررسی نقشه سال‌های مورد مطالعه بیان گر این واقعیت است که، با حرکت از سال ۲۰۰۱ به ۲۰۱۸ بر وسعت کانون‌های گرد و غبار افزوده شده است.

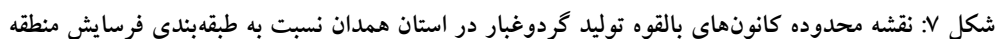


شکل ۶- نقشه طبقه‌بندی مناطق دارای پتانسیل تولید گردوغبار برای سال‌های ۲۰۱۸، ۲۰۰۹ و ۲۰۰۱

جدول ۴: جدول مساحت طبقات مطلوبیت در سه دوره (۲۰۱۸، ۲۰۰۹، ۲۰۰۱)

طبقه	مطلوبیت	ارزش	مساحت (هکتار) ۲۰۱۸	مساحت (هکتار) ۲۰۰۹	مساحت (هکتار) ۲۰۰۱
۱	بسیار کم	۱۰۰-۰	۷/۱	۳۰۷۹/۷۵	۱/۳۹
۲	کم	۱۵۰-۱۰۰	۱۳۳۶/۱	۱۳۰۴۲۱/۴۸	۳۳۰۰۹/۰۵
۳	متوسط	۲۰۰-۱۵۰	۴۴۹۲۳۲/۵	۲۳۴۵۶۵۰/۱۳	۲۵۵۵۱۳۰/۲۶
۴	بالا	۲۲۵-۲۰۰	۱۸۶۶۲۰۶/۶	۳۴۸۸۳/۲۸	۲۷۱۷۵/۳۷
۵	بسیار بالا	۲۵۵-۲۲۵	۲۳۲۱۱۱/۵	۱/۲۸۵۹	۵/۵۷

نتایج بررسی نقشه فرسایش منطقه حاکی از این است که، اراضی با فرسایش مصیبت‌بار ۳۹/۴ درصد منطقه (۱۲۱۹۵۹۰ هکتار) را به خود اختصاص داده است و اراضی با فرسایش فوق‌العاده ۲۱ درصد (۶۵۱۵۳۲ هکتار)، اراضی با فرسایش شدید ۱۶ درصد (۴۸۵۳۳۳ هکتار)، اراضی با فرسایش زیاد ۱۵ درصد (۴۷۲۶۸۱ هکتار)، اراضی با فرسایش متوسط ۷ درصد (۲۳۱۰۰۱ هکتار)، اراضی با فرسایش کم یک درصد (۳۲۲۶۹ هکتار) از اراضی استان را در بر گرفته‌اند و تنها ۶۸۳ هکتار از اراضی با فرسایش جزئی دیده می‌شوند. نتایج حاصل از همپوشانی نقشه فرسایش خاک در استان و محدوده اثرگذار با کانون‌های شناسایی شده به‌عنوان کانون‌های دارای پتانسیل تولید گردوغبار با رنگ بنفش (شکل ۷) نشانگر این واقعیت است که از ۲۳۲۱۱۱ هکتار اراضی شناسایی شده به‌عنوان کانون اصلی (طبقه ۵)، به ترتیب ۱۲۱۰۲۳ هکتار در اراضی با فرسایش مصیبت‌بار، ۵۶۹۵۶ هکتار در اراضی با فرسایش فوق‌العاده، ۱۷۷۱۸ هکتار در اراضی با فرسایش شدید، ۲۴۲۷۲ هکتار در اراضی با فرسایش زیاد قرار دارند، این بدان معناست که، بیش از ۹۶ درصد از سطح کانون‌های شناسایی شده در مناطق دارای فرسایش متوسط به بالا قرار گرفته‌اند.



در این پژوهش به منظور شناسایی مکان‌های مستعد گردوغبار چهار گروه از مهم‌ترین شاخص‌های مؤثر بر تولید گردوغبار از جمله رطوبت سطح زمین، تراکم پوشش گیاهی منطقه، ضریب زبری زمین و نوع کاربری اراضی استفاده شد. براساس نقشه کاربری اراضی، کاربری‌هایی از جمله پوشش برف، مناطق آبی، باغ‌ها، زمین‌های کشاورزی آبی، کشاورزی دیم و مراتع پرتراکم و غنی، از روند تحلیل خارج شدند. این کاربری‌ها به دلیل وجود رطوبت بالا و برخورداری از پوشش گیاهی به‌عنوان کانون‌های گردوغبار به شمار نیامده و تحت عنوان لایه محدودیت با ارزش صفر در نظر گرفته شدند. در مقابل، کاربری‌های با خاک‌های غیرقابل کشت و زمین‌های رهاشده، کوه و بیرون‌زدگی سنگی، مناطق ساخته شده، زمین‌های آیش کشاورزی و مراتع کم تراکم به‌عنوان مناطق مولد گردوغبار و با ارزش یک، در تجزیه و تحلیل داده‌ها وارد شدند. همچنین، هر کدام از کاربری‌ها نیز دارای ارزش خاص خود در تولید گردوغبار بر اساس منطق فازی (ارزش پیوسته ۰-۲۵۵) هستند که متفاوت از دیگر کاربری است به این صورت که اراضی خاک غیرقابل کشت و رها شده دارای ارزش ۲۵۵ و سایر کاربری‌ها به ترتیب مراتع کم تراکم، کشاورزی آیش، کشاورزی دیم، و مناطق ساخته‌شده دارای ارزش‌های کمتری هستند. Tayba و همکاران (۲۰۱۴) به این نتایج دست یافتند که در مکان‌هایی با زبری کمتر، رطوبت کمتر خاک و حداقل پوشش گیاهی امکان وقوع طوفان گردوغبار بیشتر است و مطالعات Engelstadler, 2001 نشان داد که ایجاد گردوغبار می‌تواند به نوعی، واکنش به تغییر پوشش گیاهی زمین باشد در پژوهش پیش‌رو نیز، نتایجی مشابه با این دو مطالعه به‌دست آمد. بر اساس اطلاعات پوشش گیاهی و رطوبت سطح خاک، مناطقی با پایین‌ترین میزان تراکم پوشش گیاهی و حداقل رطوبت خاک به‌عنوان مستعدترین مکان‌های تولید گردوغبار به ترتیب براساس تابع خطی دوزنقه‌ای و خطی کاهشی استاندارد شدند. فاکتور زبری زمین نیز به‌عنوان یکی دیگر از شاخص‌های مؤثر بر تولید گردوغبار، به‌صورت تابع خطی کاهشی استاندارد شد براین اساس که مناطق کوهستانی به دلیل پستی و بلندی مانعی در برابر تولید گردوغبار هستند و مناطق مسطح مستعد در نظر گرفته می‌شوند. این نتایج با مطالعات Rayegani و همکاران (۲۰۱۹) مطابقت دارد. نتایج پژوهش Fallah zazuli و همکاران (۲۰۱۴) نیز نشان داد که کانون‌های تولید گردوغبار عمدتاً مناطقی هستند که بیشترین تأثیر را از باد می‌پذیرند، عمدتاً دارای بافت ریزدانه بوده، فاقد پوشش گیاهی و (رطوبت کافی) هستند.

در پژوهش حاضر نیز، نقشه شاخص‌ها بر اساس نظرات کارشناسان و متخصصین، وزن دهی شد و نتایج حاصل از ضریب ناسازگاری (۰/۰۶)، بیانگر قابل قبول بودن وزن‌های اختصاص داده شده به هر شاخص بود. به منظور تحلیل تناسب زمین و تعیین مناطق بالقوه تولید گرد و غبار، با ادغام شاخص‌ها و لایه‌ی محدودیت به روش ترکیب خطی وزن‌دار نقشه فازی مطلوبیت نهایی (۲۵۵-۰) تولید شد. براین اساس مقادیر نزدیک به ۲۵۵ دارای بیشترین توان در تولید گردوغبار و بیشترین مطلوبیت به‌عنوان مناطق مستعد گردوغبار بودند. این مطلوبیت، حداقل پوشش گیاهی، زبری زمین و رطوبت خاک را نشان می‌دهد و هرچه از مطلوبیت ۲۵۵ به سمت صفر کاهش یابد مستعد بودن منطقه در تولید گردوغبار نیز کاهش می‌یابد. با تقسیم‌بندی قراردادی مطلوبیت بر اساس میزان آستانه، مناطقی با بیشترین توان (۲۵۵-۲۲۵) به‌عنوان مستعدترین مکان انتخاب شدند. تغییرات مساحت طبقه چهارم و پنجم در طبقه‌بندی کانون‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است. نتایج تغییر مساحت طبقات نشان داد که، طبقه پنجم از سال ۲۰۰۱ (مساحت ۵/۵۷ هکتار)، تا سال ۲۰۰۹ (مساحت ۱/۲۹ هکتار) روند کاهشی اما در سال ۲۰۱۸ (مساحت ۲۳۲۱۱۱/۵ هکتار) دارای افزایش مساحت بسیار شدیدی بوده است که دلیل این امر کاهش پوشش گیاهی و تغییرات کاربری اراضی بوده است. مساحت طبقه چهارم (مطلوبیت بالا) نیز از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۸ روند افزایشی داشته است. براساس بررسی‌های صورت گرفته در سال ۲۰۰۱ و ۲۰۰۹ استان همدان فاقد هرگونه کانون‌های بالقوه تولید گردوغبار بوده است. ازسوی دیگر، بررسی داده‌های هواشناسی و دستگاه‌های سنجش کیفیت هوای اداره کل حفاظت محیط زیست استان در خصوص آمار روزهای دارای گردوغبار، بیانگر این واقعیت است که از سال ۲۰۱۲ این استان متحمل پدیده گردوغبار با منشأ داخلی و خارجی بوده است اما بین سال‌های ۲۰۰۱ و ۲۰۰۹ پدیده گرد و غبار، در هیچ روزی ثبت نشده و تصاویر ماهواره‌ای در این بازه زمانی مؤید این مساله است. بر اساس آمارهای موجود، طی ۱۰ سال گذشته، استان همدان ۹۰ درصد سالها، تحت تأثیر خشکسالی بوده و تنها شهرستان نهاوند ۴۷ درصد ایام، با خشکسالی مواجه بوده است. از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۸ به دلیل قرارگیری در شرایط خشک و نیمه بیابانی و پدیده خشکسالی و همسایگی با مناطق وسیع بیابانی، کاهش پوشش گیاهی و کاهش رطوبت سطحی خاک منجر به افزایش پدیده‌های داخلی و خارجی گردوغبار شده است. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که ۴ فاکتور رطوبت خاک، پوشش گیاهی، زبری زمین و نوع کاربری زمین می‌تواند توانایی بالایی در شناسایی کانون‌های بالقوه گردوغبار داشته باشند. کاربری اراضی یکی از مهمترین پارامترهای اثرگذار در ایجاد مناطق برداشت گرد و غبار شناخته شد که این نتایج با مطالعات Pourhashemi و Boroughani (۲۰۲۰) نیز مطابقت داشت. انطباق نواحی شناسایی با نقشه فرسایش که حدود ۹۷ درصد همپوشانی بین این کانون‌ها با مناطق دارای فرسایش بالاتر از متوسط را نشان می‌دهد، مؤید این مسئله است که، عمده ترین منشأ داخلی بروز گردوغبار در استان، فرسایش خاک اراضی ملی است. براین اساس عدم مدیریت صحیح و به‌موقع می‌تواند این مناطق را به کانون بالفعل تولید گردوغبار تبدیل کند. از این‌رو، به نظر می‌رسد، به‌منظور مقابله با طوفان‌های گردوغبار، برنامه‌ریزی برای اجرای طرح‌های حفاظتی از جمله، استقرار پوشش گیاهی در اطراف مرزهای استان و یا کشور، جلوگیری از بیابانی شدن زمین‌های داخل استان، وضع قوانین مرتبط با چرای دام در مراتع و جلوگیری از تبدیل آن به مراتع فقیر مورد توجه قرار گیرد.

۶- سپاس‌گزاری

بدینوسیله از اداره کل حفاظت محیط زیست استان همدان جهت تأمین منابع مالی این پروژه تشکر و قدردانی می‌گردد.

فهرست منابع

- Ahmadi, M., dadashiroudbari, A. 2019. Spatio-temporal distribution of particulate matter (PM2.5) with an environmental approach in west and southwest of Iran based on SeaWifs, MISR and MODIS sensors. Journal of Environmental Studies. 45(3): 379-394. (in Persian).
- Arjmand, M., Rashki, A., Sargazi, H. 2018. Monitoring of spatial and temporal variability of desert dust over the Hamoun e Jazmurian, Southeast of Iran based on the Satellite Data. Scientific-Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR). 27(106): 153-168. (in Persian).

3. Armin, M., Eskandari Jahmani, F., Alvaninejad, S., Mirzaei, M.R. 2020. Prioritization of erosion-sensitive areas using satellite imagery (Case study: part of Bahmei county in Kohgiluyeh and Boyerahmad province). *Environmental Erosion Research journal*. 38(10:2): 41-58. (in Persian).
4. Boroughanii, M., Pourhashemi, S. 2020. Susceptibility Zoning of Dust Source Areas by Data Mining Methods over Khorasan Razavi Province. *Environmental Erosion Research journal*. 35(9:3): 1-22. (in Persian).
5. Cao, H., Amiraslani, F., Liu, J., and Zhou, N. 2015. Identification of dust storm source areas in West Asia using multiple environmental datasets. *Science of the Total Environment*. 502: 224-235.
6. Daniali, M., Mohamadnezhad, B., Karimi, N. 2018. Evaluation of vegetation health based on the resilience in arid lands. *Journal of RS and GIS for Natural Resources*. 9(1): 58-73. (in Persian).
7. DI Mei, L, Sun, X., Wang, P. 2008. A Dust storm process dynamic monitoring with multi temporal modis data. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science*. XXXVII. Part B7.
8. Engelstadler, S. 2001. Dust storm frequencies and their relationships to land surface conditions. *Freidrich-Schiller university press, Jena.Germany*. 26p.
9. Fallah zazuli, M., Vafaeinezhad, A., Kheirkhah zarkesh, M., 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): 61-78. (in Persian).
10. Jin S., and Sader S.A. 2005. Comparison of time series tasseled cap wetness and the normalized difference moisture index in detecting forest disturbances. *Remote Sensing of Environment*. 94: 364-372.
11. Lee, J.A., Baddock, M.C., Mbuh, M.J., Gill, T.E. 2012. Geomorphic and land cover characteristics of aeolian dust sources in West Texas and eastern New Mexico, USA. *Aeolian Research*. 3: 459-466.
12. Mohammadi, F., Kamali, S., and Eskandary, M. 2015. Tracing Dust Sources in Different Atmosphere Levels of Tehran Using Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory (HYSPLIT) Model. *GEOGRAPHY AND ENVIRONMENTAL HAZARDS*. 4(4): 39-54. (in Persian).
13. Rayegani, B., Barati Ghahfarokhi, S., Khoshnava, A. 2019. Dust and Sand Source Identification Using Remotely Sensed Data: a comprehensive Approach. *Journal of Range and Watershed Management*. 72(1): 83-105. (in Persian).
14. Rayegani, B. 2019. Identification of potential dust sources using remote sensing data (Case Study: Alborz Province). *Journal of Natural Environmental Hazards*. 8(20): 1-20. (in Persian).
15. Rayegani, B., Khairandish, Z. 2018. Utilization of time series of satellite data in order to validate the identified dust storm sources in Alborz province. *Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards*. 4 (4): 1-18. (in Persian).
16. Samadi, M., A.D. Bolorani; S.K. Alavipanah; H. Mohamadi, and M.S. Najafi. 2014. Global dust Detection Index (GDDI); a new remotely sensed methodology for dust storms detection. *Journal of environmental health science and engineering*. 12: 20.
17. Schepanski, K., Tegen, I., Macke, A. 2012. Comparison of satellite based observations of Saharan dust source areas. *Remote Sensing of Environment*. 123: 90-97.
18. Tayba, A., Qaragozlu, A., Almodaresi, S.A., Abdollahi, H. 2014. Detection and Monitoring of Dust . 21th National Geomatics Conference. 21.
19. Waggoner, D.G., and Sokolik, I.N. 2010. Seasonal dynamics and regional features of MODIS-derived land surface characteristics in dust source regions of East Asia. *Remote Sensing of Environment*. 114: 2126-2136.
20. Webb, N.P., McGowan, H.A., Phinn, S.R., McTainsh, G.H. 2006. AUSLEM (Australian Land Erodibility Model): A tool for identifying wind erosion hazard in Australia. *Geomorphology*. 78: 179-200.
21. Webb, N.P., and Strong, C.L. 2011. Soil credibility dynamics and its representation for wind erosion and dust emission models. *Aeolian Research*. 3: 165-179.
22. Yamani M, Lak R, Goorabi A, Shahbazi R, Shabanieraghi A. Investigating the potential of wind erosion and dust production areas in Jazmourian Playa. *Environmental Erosion Research Journal*. 2020; 10 (1) :21-38. (in Persian).

23. Yarmoradi, Z., Nasiri, B., Mohammadi, G.H., Karampoor, M. 2019. Analysis and tracking dust storms routes entering to east of Iran using the particle diffusion HYSPLIT model. Environmental Erosion Research Journal. 9 (1) :27-44. (in Persian).

Identifying Dust generation potential sources using fuzzy logic in Hamadan province

Kamran Shayesteh¹: Assistant professor, Department of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran

Shiva Gharibi: PhD candidate in Environmental Science, Malayer University, Malayer, Iran.

Mehdi Safikhani: PhD candidate in Environmental Science, Islamic Azad University of Hamadan, the deputy head of the Provincial Department of Environment, Hamadan

Seyed Adel Arabi: MSc in Range Management, the deputy head of Auditing and Monitoring Department of Environment, Hamadan

Article History (Received: 2020/04/26

Accepted: 2020/08/31)

Extended abstract

1- Introduction

Dust is a term used in meteorology to refer to very small, solid, light particles of silt, clay, or sand created by wind erosion and desertification. It is transported over long distances. Dust is more common in arid and semi-arid lands, which is related to the climatic characteristics of these areas and has become one of the main problems in these arid areas. Studying the effects and consequences of this phenomenon, as well as proper management to reduce the effects of dust and focusing on areas which are the origin of the storm can be important in identifying areas as the source of dust. In other words, proper identification of dust sources is of great importance due to its impact on the environment. Soil erosion is the most important cause of dust, and the most important parameters for soil erosion include vegetation, soil moisture, surface roughness, and land use.

2- Methodology

To identify the potential of dust generation in areas of Hamadan province and the effected ranges, a multi-criteria evaluation method was applied. Land use information, vegetation, roughness, and soil moisture were extracted from the Landsat 8 (OLI) and Landsat 5 (TM) images for three periods of 2001, 2009 and 2018. Images were corrected radiometrically. ENVI 5.3 software was used to correct the radiometric and atmospheric images. All of the layers were standardized to a range of 0-255 as a fuzzy method. to standardize the land use layer, the user-defined function was used and fallow and uncultivated lands were given a value of 255 while, 150 to low-density pastures, 95 to fallow grounds, 75 to dryland farming, 25 to built-up areas, 6 to Mountain and rocky outcrop, 3 to gardens, 2 to irrigated agriculture and zero value to snow and water cover. The NDVI index was used to extract the vegetation map and standardized using the Linear Symmetric function. the soil moisture index was obtained by the NDMI index, and Linear Monotonically decreasing function was applied to standardization this layer. The surface roughness coefficient was extracted from ASTER imagery and a Linear Monotonically decreasing was employed to standardize this layer. The WLC approach was applied to integrate the above criteria. According to expert choice, the humidity score is 5 compared to vegetation cover, humidity to roughness is 7, moisture to land use is 9, vegetation to roughness is 3, vegetation to land use is 5 and roughness to land use is 3. Then the fuzzy maps of the area were merged so that higher values and closer to 255 meant more desirability as dust sources and lower values meant less desirability. Finally, to select the potential hotspots, using the dust output desirability image, the threshold levels were adjusted based on the threshold.

3- Results

The results showed that the incompatibility rate from the comparisons made between the factors was estimated to be 0.66, which is acceptable. The final map of possible dust sources was prepared based on utility

¹ Corresponding Author: k.shayesteh@malayeru.ac.ir

levels using threshold values for 2001, 2009 and 2018. By contractually dividing the suitability map into 5 classes based on the threshold, areas with the highest potential (255-225), high potential (225-200), medium potential (150-200), low potential (150-100) and lowest potential (100-0) were identified and the 5th category (255-225) was selected as the most likely sources. The soil erosion map was then overlaid with the dust hotspot map and the result showed that of the total 227,483 hectares of land identified as dust hotspot, 121023 hectares are located in lands with catastrophic erosion, 56956 hectares in lands with extraordinary erosion, 17718 hectares in lands with Extreme erosion and 24272 hectares in lands with high erosion, respectively. In other words, more than 96 percent of the identified hotspots are situated in areas with moderate erosion and higher.

4- Discussion & Conclusions

The results of this study showed that four-defined factors including soil moisture, vegetation, land surface roughness, and land use type can have a high ability to identify potential dust sources. Overlaying identified areas with erosion maps, which show an overlap of about 97 percent between these sources and areas with above-average erosion, confirms this fact that the main internal sources of dust are due to soil degradation on lands. Accordingly, the lack of proper management can change these potentially identified areas to actual dust production centers. Therefore, it is necessary to plan protection programs to prevent dust storms such as planting vegetation around the borders of the province or county and to prevent pasture overgrazing.

Key Words: Soil Erosion, Dust, Source, Fuzzy Logic, Hamadan.