

شناسایی کانون‌ها و طوفان‌های گردوغبار جنوب استان کرمان با استفاده از داده‌های سنجش از دور

حکیمه صنعتی و رضا جعفری^{۱*}

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۶/۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۱)

چکیده

مناطق جنوبی استان کرمان به‌طور مکرر دچار طوفان‌های گردوغبار است. بنابراین، مطالعه حاضر با هدف شناسایی کانون‌ها از طریق پارامترهای مؤثر نظیر پوشش گیاهی، دمای سطح زمین، رطوبت سطح زمین، بافت خاک و شیب زمین و همچنین آشکارسازی طوفان برخاسته از کانون‌های شناسایی شده توسط الگوریتم‌های مختلف با استفاده از ۳۱ تصویر مودیس در سال ۲۰۱۶ و داده‌های مدل رقومی ارتفاع شاتل فضایی در این مناطق انجام گرفت. پس از نرمال‌سازی پارامترها، نقشه کانون‌ها توسط منطق فازی تولید و با استفاده از ماتریس خطا و نقشه کانون‌های موجود ارزیابی شد. نتایج نشان داد که کلاس‌های کم، متوسط و شدید-بسیار شدید به ترتیب ۳۰/۵٪، ۳۹/۵۵٪ و ۲۹/۸۵٪ از کانون‌های منطقه مطالعاتی را تشکیل داده و با کانون‌های موجود دارای صحت کلی حدود ۷۰ درصد و با کلاس شدید-بسیار شدید بیش از ۸۷ درصد تطابق دارد. آشکارسازی طوفان‌های برخاسته از کانون‌های پهنه‌بندی شده نیز گواهی بر شرایط بحرانی منطقه مطالعاتی داشت. به‌علت تکرارپذیری و قابلیت توزیع کمی نقشه کانون‌ها در مقیاس پیکسل، می‌توان از آن برای بروزرسانی نقشه‌های موجود و مدیریت بهینه بحران گردوغبار در منطقه استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: جازموریان، کانون گردوغبار، پوشش گیاهی، رطوبت خاک، دمای سطح زمین

۱. گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: reza.jafari@iut.ac.ir

مقدمه

طوفان‌های گردوغبار در بیشتر موارد نتیجه بادهای متلاطم هستند و مقدار زیادی از ذرات گردوغبار را از سطوح بیابانی بلند کرده و با حمل بیش از هزاران کیلومتر که غلظت آن در رویدادهای شدید به ۱۶۰۰۰ میکروگرم بر مترمکعب در روز نیز می‌رسد، تأثیر زیادی بر ویژگی‌های اقلیمی و همچنین محیط زیست گیاهی و جانوری می‌گذارد (۲۱). بیش از نیمی از استان‌های ایران از بحران فرسایش بادی و پدیده گردوغبار رنج می‌برند. در سال‌های اخیر، فراوانی و شدت طوفان گردوغبار به‌طور قابل توجهی در ایران افزایش یافته است. حداقل ۵ میلیون نفر به‌طور مستقیم تحت تأثیر طوفان‌های شن و گردوغبار بوده‌اند و بسیاری از آنها به‌طور غیرمستقیم توسط انتقال ذرات ماسه به محیط زندگی آنها تحت تأثیر قرار گرفته‌اند (۱۸). با وجود اهمیت زیاد طوفان‌ها از نظر برداشت و جابه‌جایی ذرات رویه خاک مانند هوموس، رس و املاح خاک که می‌تواند علاوه بر کاهش حاصلخیزی اراضی کشاورزی، موجب آلودگی هوا، مشکلات تنفسی و کاهش میدان دید به‌خصوص برای تردد وسایل نقلیه نیز شوند، تحقیقات محدودی در ایران انجام شده است. یکی از دلایل، مشکلات مربوط به اندازه‌گیری این پدیده توسط روش‌های میدانی در مناطق پهناور خشک است. لذا یافتن روش‌هایی که به‌طور دقیق‌تری در مورد منابع تولیدکننده گردوغبار، پایش و پیش‌بینی گسترش و پخش آن در منطقه، برآورد شدت و نیز اثرات زیست‌محیطی این پدیده اطلاعات ارائه کند، ضروری است.

یکی از روش‌های مؤثر در شناسایی مناطق خاستگاه، استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور است. زیرا این روش‌ها علاوه بر صرف وقت و هزینه کمتر می‌تواند بسیار دقیق و سریع عمل کند و ما را به کشف چشمه‌های گردوغبار و نحوه توزیع این منابع در منطقه هدایت کند. شناسایی منابع گردوغبار نه تنها به نظارت و پیش‌بینی روند طوفان‌های گردوغبار کمک می‌کند، بلکه به کاهش اثرات منفی آن و مدیریت این پدیده به شیوه‌ای

بهبتر راهگشا است. شناسایی کانون‌ها بر اساس مشاهدات میدانی به‌دلیل وسعت زیاد این سرزمین‌ها و همچنین محدودیت دسترسی به بیشتر آنها، تقریباً غیرممکن است. بنابراین می‌توان از داده‌های سنجش از دور به‌عنوان یک جایگزین مطمئن استفاده کرد. تاکنون مطالعات مختلفی در مورد شناسایی کانون‌ها و همچنین پهنه‌بندی طوفان‌های گردوغبار در این مناطق توسط داده‌های ماهواره‌ای مانند مودیس (MODIS) انجام شده است (۲). نقشه‌های طوفان ماسه و گردوغبار تهیه شده در ناحیه صحرایی مغولستان و شمال چین با استفاده از اختلاف دمای درخشندگی بین باندهای ۴ و ۵ سنجنده NOAA و نیز باندهای حرارتی سنجنده مودیس نشان داده است که نقشه‌های بر پایه باندهای حرارتی عملکرد بهتری دارند (۳۰). به‌منظور شناسایی کانون‌ها و یا چشمه‌های گردوغبار در حوضه دریاچه ایر (Lake Eyre Basin) کشور استرالیا، پنج روش شامل ترکیب رنگ کاذب، اختلاف دمای درخشندگی، آکرمن (Ackerman)، میلر (Miller) و روسکوینسکی و لیو (Roskovensky and Liu) با استفاده از داده‌های MODIS LIB با یکدیگر مقایسه و ارزیابی شدند. از میان روش‌های مذکور، روش دمای درخشندگی قابل اطمینان‌ترین تکنیک برای شناسایی خاستگاه گردوغبار در حوضه دریاچه ایر معرفی شد (۲). در مطالعه دیگر با استفاده از نقشه‌های موضوعی، داده‌های هواشناسی، تصاویر مودیس و لندست ۸، کانون‌های طوفان ماسه و گردوغبار در ۵۰ طوفان گردوغبار از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۳ در غرب آسیا مطالعه و نتیجه‌گیری شد که تلفیق روش‌های مختلف می‌تواند در شناسایی‌ها مؤثرتر باشد (۳). بررسی‌های دیگر در آمریکا مانند لی و همکاران (۲۰۱۲) نشان داده است که زمین‌های کشاورزی رها شده و دریاچه‌های خشک شده بیشترین مناطق تولید گردوغبار را تشکیل می‌دهند (۱۴). در مطالعات دیگر پارامترهای مختلف سطح زمین که از داده‌های ماهواره‌ای استخراج شده‌اند مانند شاخص گیاهی *normalized*

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

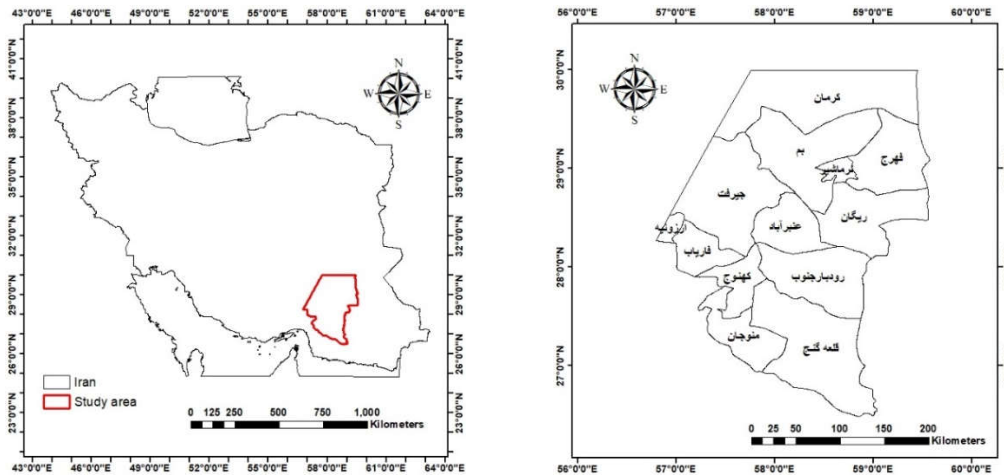
منطقه مورد مطالعه واقع در جنوب شرق ایران و جنوب استان کرمان است که شامل ۱۱ شهرستان است. این منطقه مساحتی حدود ۵۷۹۲۸ کیلومتر مربع دارد و از جنوب به استان هرمزگان، از شمال به یزد و خراسان جنوبی، از شرق و جنوب شرق به استان سیستان و بلوچستان و از غرب به استان فارس محدود شده است (شکل ۱). بخش وسیعی از مساحت منطقه مورد مطالعه را مناطق بیابانی دربرگرفته است و اکثراً دشت‌هایی هستند که به دلیل ارتفاع کم، محصور بودن در بین ارتفاعات و دوری از دریا دارای ویژگی‌های بیابانی‌اند و عموماً از رسوبات بادی پوشیده که باعث ایجاد کانون‌های متعدد فرسایش بادی شده‌اند. همچنین از ویژگی‌های بارز این مناطق، بارندگی اندک کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر و تبخیر بالای ۳۰۰۰ میلی‌متر است. ارتفاعات منطقه مورد مطالعه، دنباله رشته کوه‌های مرکزی ایران و رشته کوه‌های زاگرس جنوبی است و با جهت شمال‌غربی- جنوب‌شرقی گسترش یافته‌اند. مطابق نقشه مدل رقومی ارتفاع منطقه مطالعاتی بین ۱۹۷ تا ۳۸۶۰ متر قرار دارد. در سطح منطقه مورد نظر به دلیل عواملی از جمله اختلاف ارتفاع، نوع توده‌های هوایی و پهنه‌های وسیع بیابانی طبق تقسیم‌بندی دومارتن آب و هوای متفاوتی دیده می‌شود مانند آب و هوای بیابانی و نیمه‌بیابانی، آب و هوای کوه‌پایه‌ای و آب و هوای کوهستانی (۸).

داده‌های ماهواره مودیس

در تحقیق حاضر از تصاویر سنجنده مودیس برای شاخص‌های دمای سطح زمین و پوشش گیاهی استفاده شده است که این تصاویر دریافت شده از سکوی ترا و برای بازه زمانی ۱۹ اردیبهشت تا ۲۳ مهر سال ۱۳۹۵ (۹ می تا ۱۵ اکتبر سال ۲۰۱۶) با قدرت تفکیک مکانی یک کیلومتر تهیه شدند. شاخص دمای سطح زمین دارای کد MOD11A2 و قدرت تفکیک زمانی ۸ روزه (جمعاً ۲۰ تصویر) و شاخص گیاهی

(NDVI) difference vegetation index (۲۹)، دمای سطح زمین (LST) land surface temperature (۹)، شاخص رطوبت سطح خاک (TVDI) (۱۲)، بافت خاک (۱۱) و وضعیت شیب زمین (۱۶) در شناسایی کانون‌های گردوغبار به‌طور گسترده مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

در طول سال‌های گذشته، میزان رخداد پدیده گردوغبار در کشور و استان کرمان به شدت افزایش یافته است (۲۱). با توجه به وسعت ۴/۲ میلیون هکتار بیابان‌های استان کرمان، این استان نیازمند بهره‌گیری از فناوری‌های سنجش از دور در شناسایی کانون‌های گردوغبار و مدیریت بهینه آنها است. پدیده گردوغبار موجب بروز مشکلات و نارسایی‌های متعدد در استان شده است که از جمله آنها می‌توان به تخریب محیط زیست و اکوسیستم منطقه، ابتلا به انواع بیماری‌ها از جمله نارسایی‌های قلبی و تنفسی، نارضایتی اجتماعی و شهروندی، و کاهش تولید و بهره‌وری، مهاجرت اجباری و درنهایت ایجاد نگاه منفی به دستگاه‌های رسمی به دلیل عدم توانایی در حل مسئله اشاره کرد (۲۳). با توجه به افزایش تعداد دوره‌های طوفان‌های گردوغبار و اثرات این ریزگردها بر محیط زیست و سلامت انسان‌ها، شناسایی کانون‌های پدیده گردوغبار در این استان برای کاهش جلوگیری از مضرات آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در نتیجه این تحقیق با اهداف ذیل صورت گرفته است: (۱) پهنه‌بندی کمی کانون‌های گردوغبار جنوب استان کرمان با استفاده از پارامترهای مؤثر در شناسایی این کانون‌ها که از داده‌های سنجش از دور استخراج شده است و (۲) آشکارسازی شدت طوفان‌های گردوغبار با منشأ کانون‌های شناسایی شده در مطالعه حاضر توسط الگوریتم‌های مختلف. با توجه به اینکه نقشه‌های خروجی، کانون‌های گردوغبار و همچنین طوفان‌های گردوغبار را به صورت کمی و با توزیع مکانی نشان می‌دهند در نتیجه مدیران بخش اجرا می‌توانند شدت تولید گردوغبار مناطق مختلف را مشاهده و تصمیمات بهتری برای آینده منطقه و همچنین بروزرسانی نقشه‌های قدیمی اتخاذ نمایند.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مطالعاتی در ایران همراه با شهرستان‌های آن در جنوب استان کرمان

تلفیق دو شاخص LST و NDVI به دست می‌آید، استفاده شد. تصاویر NDVI که در مرحله قبل با تفکیک زمانی ۱۶ روزه تهیه شده بودند در مقابل تصاویر LST ۱۶ روزه قرار گرفت و نمودار پراکندگی آنها به شکل مثلث تشکیل شد. سپس بر اساس معادله ۱ شاخص TVDI به دست آمد (۲۴).

$$TVDI = \frac{LST - LST_{min}}{LST_{max} - LST_{min}} \quad (1)$$

در این رابطه LST دمای سطح پیکسل مورد نظر و LST_{max} بیشینه دما در NDVI مربوط به آن پیکسل و LST_{min} کمینه دمای NDVI مربوط به آن پیکسل است. مقادیر بیشینه و کمینه دمای سطح زمین برای هر NDVI معلوم از برازش خطی معادلات ۲ و ۳ محاسبه شد:

$$LST_{max} = a_1 + b_1 \times NDVI \quad (2)$$

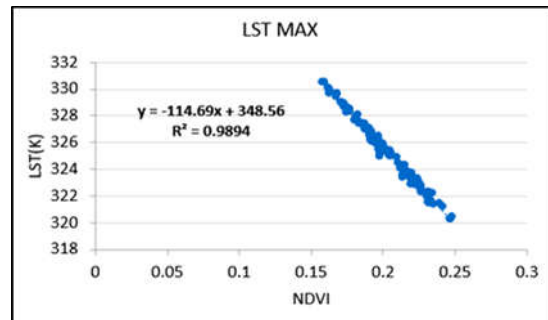
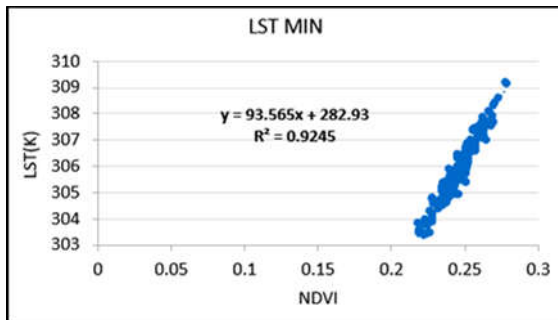
$$LST_{min} = a_2 + b_2 \times NDVI \quad (3)$$

در این روابط a_1 و a_2 به ترتیب عرض از مبدأ خطوط برازش یافته بر مقادیر بیشینه و کمینه دمای سطح و b_1 و b_2 نیز به ترتیب شیب خطوط برازش یافته بر این مقادیر به منظور ایجاد اضلاع خشک و تر است (شکل ۲). نقاط حداقل LST و NDVI از طریق ترسیم خطی موازی با لبه پایین یا لبه تر فضای مثلثی تشکیل شده، استخراج شده که با وارد کردن آنها به محیط نرم‌افزار اکسل و ایجاد رگرسیون خطی بین آنها،

NDVI دارای کد MOD13A2 و قدرت تفکیک زمانی ۱۶ روزه (جمعاً ۱۰ تصور) است. علت انتخاب این دوره زمانی، شدت ایجاد طوفان‌های گردوغبار در فصول بهار و تابستان و همچنین صرف نظر کردن از اختلالات تصاویر مانند ابری بودن بوده است. همچنین تصویر مورد استفاده برای شاخص‌های بارزسازی طوفان گردوغبار، تصویر دریافت شده از سکوی آکوا ماهواره مودیس و مربوط به تاریخ ۱۹ آذر سال ۱۳۹۵، به دلیل منشأ بودن این طوفان در منطقه مطالعاتی بوده است. به دلیل لزوم انجام تصحیحات روی این داده‌ها با استفاده از نصب افزونه MCTK روی نرم‌افزار ENVI، پیش پردازش‌های لازم مانند اعمال مختصات جغرافیایی، تبدیل بازتاب طیفی، تبدیلات رادیانسی و تشعشعی باندها و سایر پیش‌پردازش‌ها روی تصاویر انجام شد. پس از انجام پیش‌پردازش‌های لازم روی تصاویر، محدوده مطالعاتی به وسیله فایل وکتوری مرز منطقه از تصاویر کلی برش داده و جدا شد. این تصاویر با فرمت hdf و از وبگاه اداره ملی هوا و فضا آمریکا دریافت شده است (<http://earthdata.nasa.gov>).

محاسبه رطوبت خاک

برای این منظور، از شاخص خشکی - دمایی (TVDI) که از



شکل ۲. نحوه به‌دست آوردن پارامترهای لبه پایین (دمای حداقل) و لبه بالا (دمای حداکثر) از طریق رگرسیون خطی در منطقه مطالعاتی

تلفیق لایه‌های مختلف مکانی

به‌منظور نرمال‌سازی نقشه‌ها و لایه‌های تهیه شده از Fuzzy membership در محیط ArcMap استفاده شد و تمامی لایه‌ها مقادیری بین صفر تا یک گرفتند. به‌گونه‌ای که هر چه ارزش‌ها به یک نزدیک شود، به‌عنوان وضعیت مناسب برای تولید گردوغبار و مناطق مستعد ایجاد گردوغبار تلقی شد. پس از آماده‌سازی تمامی نقشه‌ها از نظر اعمال شاخص‌ها و نرمال‌سازی آنها، باید لایه‌ها با یکدیگر تلفیق شود تا نقشه نهایی کانون‌های تولید گردوغبار به‌دست آید. بدین منظور به‌کمک Fuzzy Overlay، پننج روش Or، And، Product، Gamma و Sum برای تلفیق لایه‌ها به‌کار گرفته شد و روش Gamma که ترکیبی از توابع Sum و Product است به‌علت عملکرد بهتر مورد استفاده واقع شد. سپس به‌منظور ارزیابی صحت نقشه کانون‌های گردوغبار تهیه شده، از نقشه رقومی شده کانون‌های گردوغبار تهیه شده در طرح ملی کانون‌های گردوغبار کشور بهره گرفته شد (۵). بدین منظور با انتخاب ۷۵ نقطه تصادفی در این نقشه‌ها و ثبت مقادیر کلاس‌های طبقه‌بندی شده شامل کلاس کانون کم، کلاس کانون متوسط و کلاس کانون شدید و بسیار شدید، صحت نقشه کانون‌ها به‌دست آمد.

پهنه‌بندی طوفان‌ها در کانون‌های شناسایی شده

برای آشکارسازی طوفان گردوغبار با منشأ منطقه مطالعاتی از الگوریتم‌های آکرمن، میلر و TDI و تصاویر ماهواره آکوا

معادله مربوط به لبه مرطوب و با جایگذاری تصویر NDVI در آن دمای حداقل محاسبه شد (شکل ۲). به‌همین منوال نیز نقاط حداکثر LST و NDVI با ترسیم خطی موازی با لبه بالایی یا خشک فضای مثلثی، استخراج شده و دمای حداکثر محاسبه شد. در پایان با جایگذاری پارامترهای محاسبه شده در معادله (۱) تصاویر TVDI برای هر یک از بازه‌های زمانی ۱۶ روزه محاسبه و برای به‌دست آوردن تصویر نهایی TVDI در محدوده زمانی مطالعاتی از این تصاویر میانگین‌گیری شد. همان‌طوری که مشخص است علاوه بر پوشش گیاهی، دمای سطح زمین و رطوبت خاک، بافت خاک حساس به فرسایش بادی از عوامل اصلی تولید گردوغبار است. به‌منظور تلفیق این پارامتر با پارامترهای مذکور، از نقشه بافت خاک تهیه شده توسط سازمان تحقیقات آب و خاک کشور که بافت خاک را در ۵ گروه متوسط، سنگین، سبک، درشت، و رخنمون سنگی طبقه‌بندی کرده است، استفاده شد (۱۹). این نقشه بر اساس حساسیت‌پذیری نوع بافت خاک به فرسایش بادی امتیازدهی شد تا نقاط مستعد فرسایش بادی و تولید گردوغبار مشخص شود. بدین گونه که بافت‌های ماسه‌ای درشت، سبک، متوسط، سنگین و رخنمون‌سنگی به‌ترتیب از بیشترین تا کمترین امتیاز فازی را دریافت کردند. پستی و بلندی زمین نیز از عوامل مهم در فرسایش بادی است. این عامل به‌عنوان بادشکن عمل می‌کند. یعنی در جاهایی که کوه‌ها و تپه‌ها قرار دارند، مقدار فرسایش بادی کاهش می‌یابد. لذا نقشه مدل رقومی ارتفاع از تصاویر shuttle radar topography mission (SRTM) تهیه و از روی آن نقشه شیب منطقه به‌دست آمد.

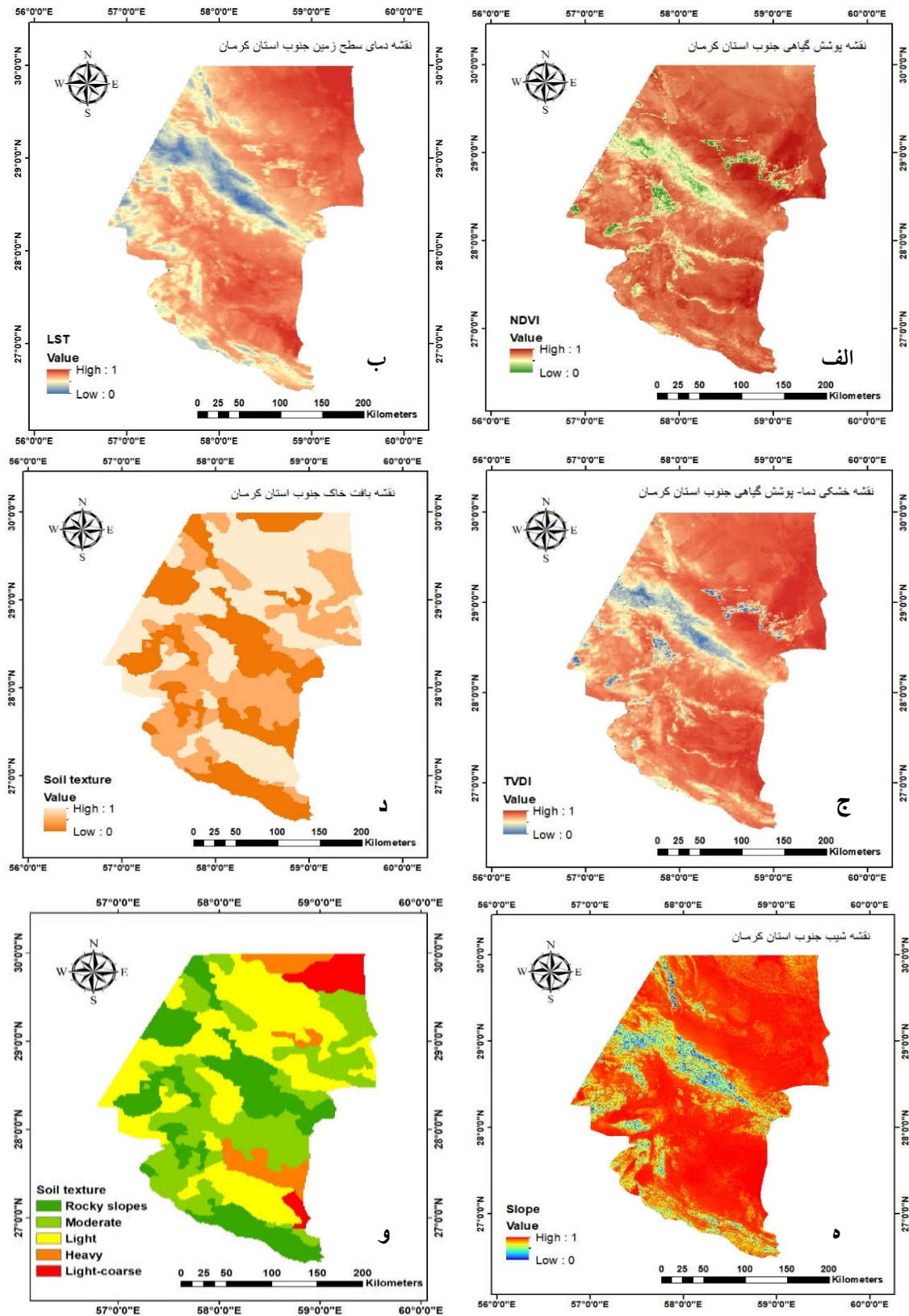
نواری با رنگ روشن تر و به ندرت سبز دیده می‌شوند که اکثراً مربوط به اراضی با کاربری کشاورزی هستند. در مطالعه‌ای به منظور شناخت اصلی‌ترین مناطق برداشت ذرات گردوغبار و بررسی رابطه پوشش گیاهی و غلظت گردوغبار برداشت شده نشان داده شده است که بخش‌هایی از جازموریان با پوشش گیاهی بیشتر گردوغبار با غلظت کمتر رخ می‌دهد (۷). صداقت و همکاران (۲۵) با محاسبه شاخص NDVI به بررسی تغییرات پوشش گیاهی در جنوب و جنوب شرقی کرمان بین سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۴ پرداختند. نتایج مطالعه آنها نشان داد که این شاخص روند کاهشی در طول دوره مطالعاتی داشته است که نشان‌دهنده تخریب جنگل‌کاری‌های دست‌کاشت است که از سال ۱۹۶۱ شروع شده است. کاهش پوشش گیاهی در بخش‌های جنوب و جنوب شرقی شهرستان کرمان که جزئی از منطقه مورد مطالعه تحقیق حاضر نیز است می‌تواند گواهی بر افزایش کانون‌های گردوغبار باشد که در شکل ۴ بخش اعظمی از جنوب کرمان به کلاس کانون‌های گردوغبار با وضعیت بسیار شدید اختصاص یافته است.

دمای سطح زمین در منطقه جنوب کرمان بین ۳۰۰ تا ۳۳۶ کلوین است. کمترین دماها مربوط به مناطق کوهستانی و مرتفع منطقه است که شامل ارتفاعات شهرستان‌های جیرفت، عنبرآباد و ریگان می‌شود که عموماً این مناطق به دلیل داشتن بارندگی و رطوبت بیشتر نسبت به مناطق کم‌ارتفاع، دمای سطح زمین کمتری نیز دارند (شکل ۳-ب). بیشترین دماها مربوط به مناطق دشت‌ها و مناطق کم‌ارتفاع از جمله شهرستان‌های قلعه‌گنج (اکثراً نواحی شرقی)، رودبار جنوب، فهرج و مخصوصاً جنوب شرق کرمان است. به طوری که حدوداً ۹۰ درصد منطقه مطالعاتی دارای دماهای بالا است که این نواحی اکثراً مناطق بیابانی و دشت‌های فاقد پوشش گیاهی را شامل می‌شود. همان‌طوری که در شکل مشاهده می‌شود در مناطق با پوشش گیاهی بیشتر، دمای سطح زمین پایین‌تر و در مناطقی با پوشش گیاهی کمتر، دمای سطح زمین بالاتر است. لذا، این

سنجنده مودیس که دارای کد MYD021 1B است، استفاده شد (۲). این تصاویر دارای ۳۶ باند در طول موج بین ۰/۴ تا ۱۴/۴ میکرومتر و تفکیک مکانی یک کیلومتر هستند. هر یک از الگوریتم‌های مذکور بر اساس فرمول مربوطه و با استفاده از ابزار Band math در نرم‌افزار ENVI بر تصویر اعمال و پیکسل‌های دارای گردوغبار بارزسازی و در مرحله آخر با توجه به مقادیر عددی پیکسل‌های تصویر، آستانه گردوغبار هر شاخص در منطقه مطالعاتی تعیین شد. در تحقیق حاضر برای الگوریتم‌های آکرمن، میلر و TDI به ترتیب آستانه‌های از ۲/۸۸- تا ۰/۸۸-، ۶- تا ۵/۶۲- و ۲/۵ تا ۵/۴ تعیین شد.

نتایج و بحث

همان‌طور که مشخص است مقادیر عددی استاندارد شاخص گیاهی NDVI بین ۱- تا ۱+ متغیر است که هرچه به سمت ۱+ پیش برود پوشش گیاهی بیشتر می‌شود. این شاخص در مناطق سرسبز همچون اراضی جنگلی، مرتعی خوب و کشاورزی بالاترین مقدار را در منطقه مطالعاتی دارا بود (شکل ۳-الف). لازم به ذکر است که به علت اثر معکوس پوشش گیاهی و بازدارندگی آن در ایجاد گردوغبار، ارزش‌گذاری آن توسط منطق فازی معکوس و از یک به صفر صورت گرفته است. مطابق این شاخص می‌توان گفت قسمت اعظم نواحی دارای پوشش گیاهی مناسب در ارتفاعات شهرستان جیرفت که به سمت شهرستان عنبرآباد کشیده شده قرار دارند و پوشش گیاهی کم‌رنگ‌تری با پراگندگی بالا در مابقی شهرستان‌ها دیده می‌شود. به طوری که اکثر نواحی و تقریباً بیش از ۹۰ درصد اراضی شهرستان‌های بم، فهرج، ریگان، کهنوج، منوجان، قلعه گنج و بخش جنوبی استان کرمان تقریباً فاقد پوشش گیاهی است. همان‌طور که در شکل قابل مشاهده است تنها حاشیه‌های غربی تالاب جازموریان دارای پوشش گیاهی به مقدار ناچیز است که در شهرستان‌های رودبار و قلعه گنج به صورت



شکل ۳. پارامترهای مکانی نرمال شده: الف) NDVI، ب) LST، ج) TVDI، د) بافت خاک، ه) شیب و و) بافت خاک بدون اعمال روش فازی به ترتیب از بالا به پایین شامل رخنمون سنگی، متوسط، سبک، سنگین، و سبک-سنگین در منطقه مطالعاتی

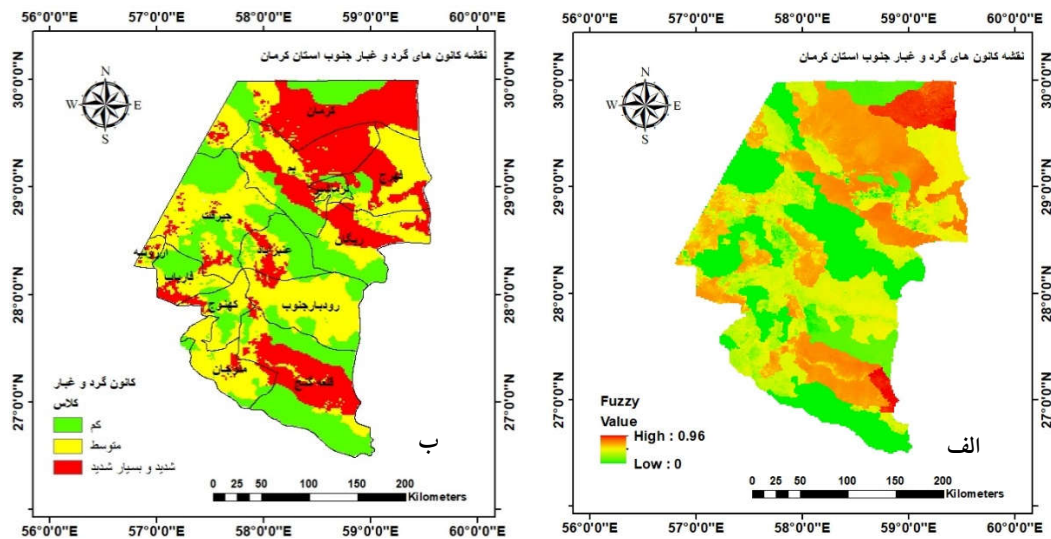
پارامتر اقلیمی مستخرج از داده‌های ماهواره‌ای می‌تواند به‌عنوان شاخصی از تخریب اراضی و بیابان‌زایی استفاده شود.

شاخص رطوبت سطح زمین که از ترکیب شاخص‌های NDVI و LST به‌دست آمده است در شکل ۳-ج نمایش داده شده است. در حالت کلی، با کاهش رطوبت، پوشش گیاهی کاهش و دمای سطح زمین افزایش می‌یابد. بنابراین ترکیب دمای سطح زمین و شاخص پوشش گیاهی می‌تواند اطلاعات مفیدی نسبت به تک‌تک این شاخص‌ها برای بررسی توزیع مکانی و زمانی رطوبت خاک فراهم آورد. ارزش عددی این شاخص بین صفر تا یک متغیر است (۲۴). به‌گونه‌ای که در مناطق خشک مقدار یک و در مناطق مرطوب مقدار صفر را داراست. در منطقه مورد مطالعه، پایین‌ترین مقادیر این شاخص یا بیشترین مقادیر رطوبت در مناطق کوهستانی و ارتفاعات، که طبیعتاً بارش بیشتری نسبت به مناطق دیگر دارند، دیده می‌شود. این مناطق شامل ارتفاعات جیرفت، عنبرآباد و ریگان می‌شود. کمترین مقادیر رطوبت هم در شهرستان‌های قلعه‌گنج، فهرج و جنوب شرق کرمان که بخشی از دشت لوت است، مشاهده می‌شود که رطوبت نشان داده شده با میزان پوشش گیاهی و دمای سطح زمین منطقه نیز مطابقت دارد. مطابق نقشه TVDI اکثر نواحی منطقه خشک و کم رطوبت است که حاکی از بیابانی و لخت بودن اراضی بوده و به‌گونه‌ای نشان‌دهنده منشأهای تولید گردوغبار منطقه است. لی و همکاران (۱۵) نشان داد که در مناطقی که مقدار TVDI بالا باشد، میزان فرسایش بادی و در نتیجه طوفان‌های گردوغبار به‌علت کمبود رطوبت سطح خاک افزایش می‌یابد.

همان‌طور که مشخص است علاوه بر بارندگی و پارامترهای دیگر سطح زمین مانند پوشش گیاهی، دما و رطوبت خاک، بافت خاک نیز نقش کلیدی در مطالعات فرسایش بادی دارد. همان‌طور که مشخص است بافت خاک درشت‌دانه مانند شن درشت به‌علت سنگینی و بافت ریزدانه مانند رس به‌علت چسبندگی در مقابل فرسایش بادی مقاومت کرده و فرسایش بادی را کاهش می‌دهند. البته در صورت وجود بادهای شدید

این ذرات نیز حمل خواهند شد. بنابراین اندازه ذرات بین دو مورد مذکور به فرسایش بادی حساس‌تر بوده و توسط باد راحت‌تر برداشت و حمل می‌شوند. نقشه بافت خاک مورد استفاده در این مطالعه بر اساس اندازه و وزن ذرات طبقه‌بندی شده است (شکل ۳-د و ۳-و). به‌طوری که خاک‌های دارای اندازه متوسط مانند بافت ماسه‌ای و سبک به‌عنوان فرسایش‌پذیرترین خاک‌های منطقه در نظر گرفته شدند. این تقسیم‌بندی کاملاً با بافت خاک مناطق منشأ گردوغبار منطقه مطابقت دارد و کانون‌های گردوغبار درجه یک دارای بافت ماسه‌ای و در عین حال سبک هستند (۶). همچنین مناطقی با بافت درشت و یا ریگی و کوهستان‌ها با رخنمون سنگی که معمولاً فاقد خاک هستند به‌عنوان مقاوم‌ترین بخش‌های منطقه در برابر فرسایش در نظر گرفته شد. البته لازم به ذکر است در صورت وجود ذرات سبک روی مناطق کوهستانی و یا تخته سنگ‌ها، باد می‌تواند آنها را نیز برداشت و حمل کند. به‌منظور نشان دادن بهتر تأثیر کوهستان‌ها در فرسایش بادی، نقشه شیب منطقه با استفاده از تصاویر SRTM تهیه شد. همان‌طور که در شکل ۳-ه مشخص است، مناطقی که دارای شیب پایین هستند دارای بیشترین تأثیر در ایجاد فرسایش بادی بوده و برعکس در مناطق شیبدار میزان فرسایش بادی به‌علت کوهستانی بودن به حداقل می‌رسد.

شکل ۴- الف کانون‌های گردوغبار جنوب استان کرمان را به‌صورت کمی و فازی نشان می‌دهد. برای به‌دست آوردن این نقشه، تمامی نقشه‌های حاصل از پارامترهای LST، NDVI، TVDI، بافت خاک و شیب با یکدیگر با استفاده از منطق فازی و عملگر گاما تلفیق شده‌اند. این روش در مطالعات دیگر نیز کارایی بالایی را نشان داده است (۱۳). ساین (۲۶) در مطالعه‌ای در هندوستان با ترکیب پارامترهای مختلف سطح زمین مانند NDVI و LST نشان دادند که پارامترهای مذکور کارایی بالایی در شناسایی کانون‌های گردوغبار دارند. رایگانی و همکاران (۲۲) نیز با ترکیب پارامترهای مذکور و رطوبت سطح خاک نشان داد که می‌توان با استفاده از آنها کانون‌های گردوغبار را در



شکل ۴. توزیع مکانی و کمی کانون‌های گردوغبار منطقه مطالعاتی به صورت: الف) فازی و ب) طبقه‌بندی شده

نقشه تولیدی را با نقشه ملی کانون‌های گردوغبار که در مقیاس کشوری به دست آمده است مقایسه کرد. در صورتی که نقشه تولیدی مطالعه حاضر دارای دقت مکانی بالاتر و در نتیجه اطلاعات بیشتر و جزئی‌تری را فراهم می‌آورد. لذا صحت کلی به نسبت پایین دلیلی بر نقص نقشه تولیدی نبوده بلکه ممکن است به علت اختلاف در مقیاس مکانی و عدم تطابق زمانی داده‌ها باشد. جنوب شهرستان کرمان و قسمت‌های زیادی از شهرستان‌های فهرج، ریگان، بم، عنبرآباد و قلعه گنج دارای کانون‌های بحرانی گردوغبار با کلاس شدید و بسیار شدید هستند. این مناطق تحت اقلیم خشک و بیابانی قرار گرفته‌اند و دارای خاک‌های سبک فرسایش‌پذیر هستند (۱). بارندگی کم، تبخیر بالا، پوشش گیاهی پراکنده و اراضی لخت و وزش بادهای خشک و شدید که علاوه بر اقلیم منطقه، ناشی از خشکسالی‌های مکرر نیز هستند (۲۷)، از جمله عوامل مسبب ایجاد این کانون‌ها هستند. علاوه بر این، همسایگی شهرستان‌های منشأ گرد و غبار منطقه مطالعاتی با استان سیستان و بلوچستان که خود نیز دارای اقلیم بیابانی و درگیر با درصد بالایی از طوفان‌های گردوغبار در طول سال است، به دلیل وزش بادهای خشک تولید گردوغبار را تشدید می‌کند. دشت جازموریان که تالاب جازموریان بخشی از آن است در

استان البرز شناسایی کرد. همان‌طور که در این شکل ۴ (الف) مشخص است بیشترین مقدار نقشه کانون‌ها دارای مقدار ۰/۹۶ است که با مناطق دارای پوشش گیاهی اندک، دمای بالا، رطوبت اندک، بافت خاک سبک و شیب پایین انطباق دارد. کمترین مقدار که با رنگ سبز نشان داده شده است نزدیک صفر است که اکثراً مربوطه به نواحی کوهستانی، مراتع خوب و اراضی کشاورزی است. برای تفسیر بهتر کانون‌ها و همچنین صحت‌سنجی آنها، نقشه کانون‌ها با ارزش کمی پیوسته بر اساس نقشه کانون‌های گردوغبار حاصل از طرح ملی کانون‌های گردوغبار کشور به سه کلاس کم، متوسط، شدید- بسیار شدید طبقه‌بندی شد (شکل ۴-ب).

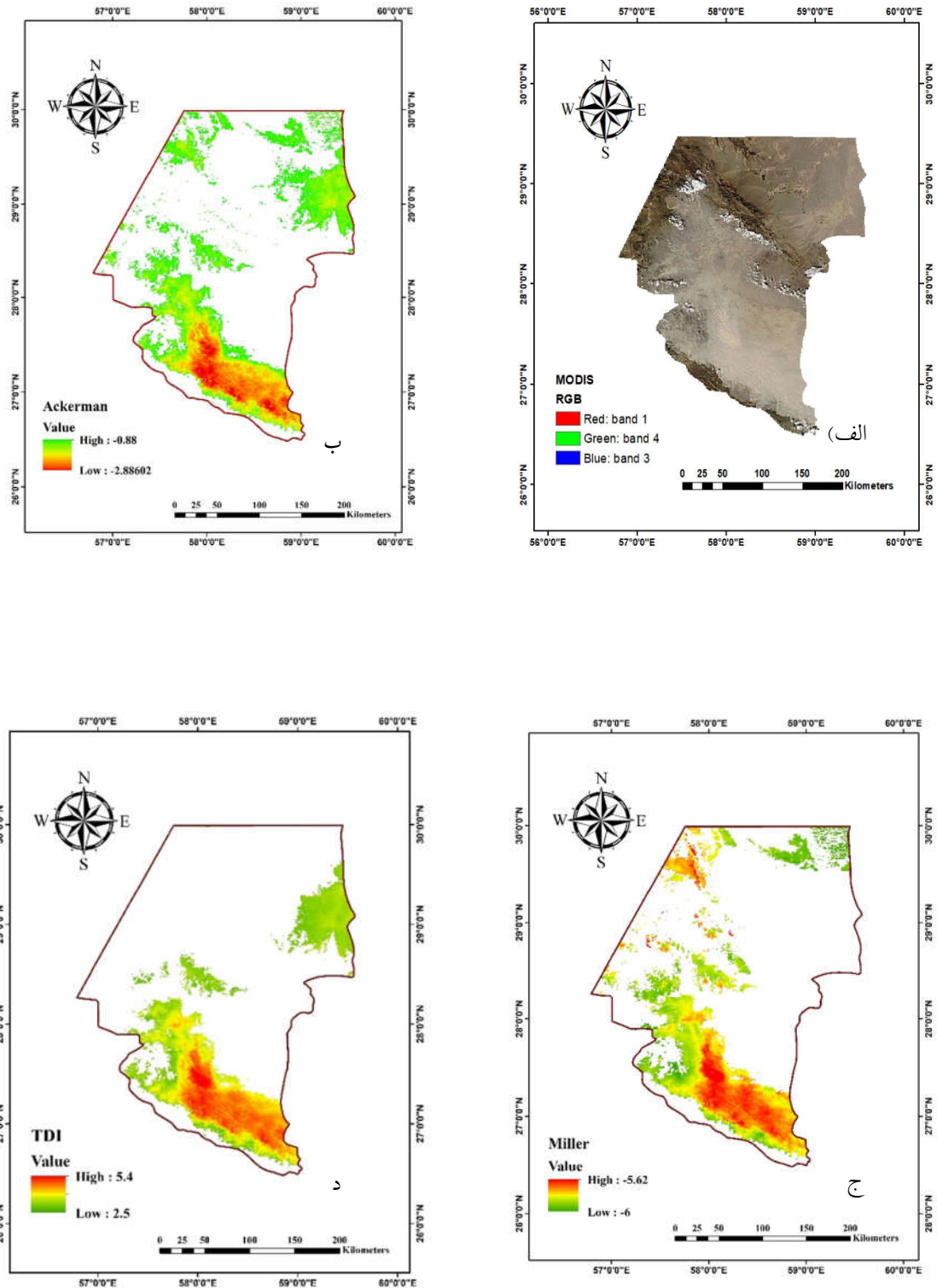
ماتریس خطا صحت کلی بین دو نقشه را حدود ۷۰ درصد نشان داد. کلاس کانون شدید و بسیار شدید بالاترین صحت تولید کننده (۸۷ درصد) و صحت کاربر (۸۴ درصد) را دارا بود و کلاس‌های کم و متوسط صحت‌های تولید کننده و کاربر را بین ۶۴-۶۰ درصد نشان دادند. مطابق این نقشه کلاس‌های کم، متوسط و شدید- بسیار شدید به ترتیب ۳۰/۵٪، ۳۹/۵۵٪ و ۲۹/۸۵٪ از کانون‌های منطقه مطالعاتی را تشکیل می‌دهند. لازم به ذکر است که به علت عدم وجود داده‌های پیوسته از کانون‌های گردوغبار در منطقه مطالعاتی، این مطالعه به ناچار

گردوغبار است. به منظور نشان دادن این موضوع، یک رخداد طوفان گردوغبار مورخ ۱۰ دسامبر سال ۲۰۱۶ (۱۹ آذر سال ۱۳۹۵) که از این مناطق منشأ گرفته است با استفاده از الگوریتم‌های آشکارسازی گردوغبار مورد بررسی قرار گرفت. شکل ۵ - الف رنگ طبیعی این طوفان را در باندهای طیفی ۴۷۹-۴۵۹ نانومتر (باند ۳ آبی)، ۵۶۵-۵۴۵ نانومتر (باند ۴ سبز) و ۶۷۰-۶۲۰ نانومتر (باند ۱ قرمز) نشان می‌دهد. مطابق این شکل که از میان رخدادهای مختلف انتخاب شده و زمان‌های قبل و بعد از این تصویر نیز به صورت بصری بررسی شده است، طوفان ۱۹ آذر ۱۳۹۵ محلی بوده و از اراضی خشک و بایر دشت جازموریان منشأ گرفته است. مطالعات دیگر (۲۰) منشأ بودن جازموریان را با استفاده از داده‌های مودیس بررسی و مورد تأیید قرار داده‌اند. هر یک از شاخص‌های آکرمن، میلر و TDI بر تصویر مودیس گردوغبار مذکور اعمال و با توجه به مقادیر عددی پیکسل‌ها، آستانه‌های آشکارسازی گردوغبار تعیین شدند. آستانه گردوغبار در شاخص آکرمن بین ۰/۸۸- تا ۲/۸۸- قرار دارد که به سمت عدد منفی کوچک‌تر غلظت گردوغبار بیشتر می‌شود (شکل ۵-ب). این شاخص نسبت به شاخص میلر گردوغبار را بهتر بارزسازی کرده اما بخش‌های زیادی از منطقه مطالعاتی که در گستره گردوغبار قرار ندارند را دارای گردوغبار خفیف نشان داده است. طبق آستانه مشخص شده برای شاخص میلر از ۶- به سمت ۵/۶۲- غلظت طوفان بیشتر می‌شود (شکل ۵-ج). این شاخص برخی مناطق که فاقد طوفان گردوغبار و ابر هستند را نیز دارای گردوغبار نشان داده است. شاخص TDI حداکثر غلظت گردوغبار را ۵/۴ و حداقل آن را ۲/۵ در منطقه نشان داد (شکل ۵-د). به طور کلی می‌توان گفت که شاخص‌های آکرمن و TDI در این منطقه توانایی بهتری در بارزسازی گردوغبار و جداسازی مناطق دارای گردوغبار از خود نشان دادند. اما به دلیل اینکه شاخص آکرمن بخش‌هایی از منطقه را که دارای خاک‌های زمینه روشن و پوشش ابر هستند و روی شکل ترکیب رنگی طبیعی (شکل ۵-الف) مشخص است را نیز به عنوان گردوغبار

جنوب منطقه مطالعاتی قرار دارد و امروزه تقریباً به‌طور کامل خشک شده است. کلاس شدید و بسیار شدید کانون گردوغبار در شهرستان قلعه گنج تأیید کننده این امر است (شکل ۴-ب). آب تالاب جازموریان که در مرز بین شهرستان قلعه گنج و استان سیستان و بلوچستان واقع شده است، در گذشته به وسیله ده‌ها رودخانه فصلی و دو رودخانه دائمی بمپور و هلیل رود تأمین می‌شده اما هم‌اکنون در اثر خشکسالی‌های اخیر و احداث سدهای متعدد مانند سدهای بمپور و هلیل روی رودخانه‌های تغذیه کننده تالاب، متأسفانه این تالاب و مراتع اطراف آن کاملاً خشک شده و بیابانی به نام جازموریان از آن به جای مانده است (۴). اگرچه هنوز هم در سطح کشور جازموریان را به عنوان یک دریاچه فصلی می‌شناسند، ولی امروزه به دلیل کاهش ورودی آب، قسمت‌های وسیعی از آن به یک بیابان واقعی با شن‌های روان تبدیل شده است به طوری که طبق گزارش‌های مختلف نهادهای تحقیقاتی منشأ درصد قابل توجهی از گردوغبارهای کشور است و با روند پیش رو هر روز بر شدت خسارت‌های ناشی از آن افزوده می‌شود (۱۷). در مطالعات دیگر که در دشت جازموریان با استفاده از مدل‌سازی بیابان‌زایی انجام شده است بیانگر آن است که این دشت دارای شدت بیابان‌زایی بالایی است (۲۸). کانون‌های واقع شده در شهرستان‌های مختلف مانند فهرج و ریگان نیز دارای پتانسیل ایجاد گردوغبار با شدت بالایی هستند که در سطح استان کرمان هم مسبب خسارت هستند. دلیل اصلی ایجاد گردوغبار در این منطقه کاهش و کمبود رطوبت و خاک‌های حساس به فرسایش بادی است. همچنین وزش بادهای ۱۲۰ روزه از سوی سیستان و بلوچستان، تولید گردوغبار را شدت بخشیده و به مناطق شمالی و جنوبی استان کرمان نیز منتقل می‌کند.

آشکارسازی طوفان‌ها در کانون‌های شناسایی شده

همان‌طور که در بالا ذکر شد و روی شکل ۴ مشخص است، منطقه مطالعاتی به خصوص دشت و تالاب جازموریان در شهرستان قلعه گنج (شکل ۴-ب) دارای پتانسیل بالای تولید



شکل ۵. گستره گردوغبار بارزسازی شده: الف) ترکیب رنگی کاذب، ب) شاخص آکرمن، ج) شاخص میلر و د) TDI

کرمان و قسمت‌های زیادی از شهرستان‌های فهرج، ریگان، بم و عنبرآباد دارای کانون‌های بحرانی گردوغبار با کلاس شدید و بسیار شدید هستند. شهرستان قلعه گنج نیز که اکثر دشت و تالاب جازموریان را دربرگرفته است دارای کلاس کانون گردوغبار شدید و بسیار شدید است. شناسایی و پهنه‌بندی یکی از طوفان‌های برخاسته از جازموریان که توسط الگوریتم‌های آکرمن، میلر و TDI انجام شد نیز گواهی بر شرایط بحرانی این شهرستان و جازموریان است. صحت کلی حدود ۷۰ درصدی نقشه کانون‌های گردوغبار تهیه شده که در کلاس کانون شدید و بسیار شدید صحت تطابق به بیش از ۸۷ درصد هم می‌رسید، نشان از کارایی بالای نقشه تولیدی است. مزیت نقشه تهیه شده در مطالعه حاضر نسبت به نقشه ملی کانون‌های گردوغبار، دقت مکانی بالاتر و ارائه اطلاعات بیشتر و جزئی‌تر در مقیاس پیکسل است. استفاده از نقشه‌های تولیدی حاضر می‌تواند مسیر هموارتری را برای انجام و پایش انواع پروژه‌های مرتبط با مسائل بیابان و بیابان‌زایی فراهم کند.

نمایان ساخته است، می‌توان گفت شاخص TDI مناسب‌ترین عملکرد را در این تحقیق داشته است. مطالعات دیگر نیز در ایران (۳۰) کارایی این شاخص را مورد تأیید قرار دادند.

نتیجه‌گیری

گردوغبار یکی از مهم‌ترین بحران‌های زیست محیطی در مناطق خشک و بیابانی است. لذا، مطالعه حاضر به شناسایی و پهنه‌بندی توزیع مکانی کانون‌های گردوغبار با استفاده از پارامترهای سنجش از دور تأثیرگذار در این زمینه در استان کرمان بزرگ‌ترین استان بیابانی کشور پرداخته است. همچنین در این مطالعه پهنه‌بندی طوفان‌های برخاسته از کانون‌های شناسایی شده در جنوب استان کرمان مورد بررسی قرار گرفته است. نقشه کانون‌های گردوغبار منطقه که از تلفیق پارامترهای NDVI، LST، TVDI، بافت خاک و شیب از طریق منطق فازی به دست آمد، نشان می‌دهد که کلاس‌های کم، متوسط و شدید-بسیار شدید به ترتیب ۳۰/۵٪، ۳۹/۵۵٪ و ۲۹/۸۵٪ از کانون‌های منطقه مطالعاتی را تشکیل می‌دهند. جنوب شهرستان

منابع مورد استفاده

- Ahmadi, H., Y. Esmaeilpour, A. Moradi and H. Gholami. 2019. Assessment of land sensitivity to desertification hazard using system dynamics approach in the Jazmuri Watershed. *Water and Soil Conservation* 26(2): 221-224.
- Baddock, M. C., J. E. Bullard and R. G. Bryant. 2009. Dust source identification using MODIS: A comparison of techniques applied to the Lake Eyre Basin, Australia. *Remote Sensing of Environment* 113(7): 1511-1528.
- Cao, H., J. Liu, G. Wang, G. Yang and L. Luo. 2015. Identification of sand and dust storm source areas in Iran. *Journal of Arid Land* 7(5): 567-578.
- Dehvari, A. A., S. Shahdadi and M. Aberomand. 2016. Water failure of Jazmuri. Second Conference of Hydrology of Semi-arid Regions, 18-19 October, 2016, Sanandaj, Kordestan, Iran.
- DOE. 2018. Departement Of Environment (DOE), Dust and Sand Source Identification, National Group of combating Dust, Tehran, Iran.
- Hamdamju, M., A. Rashki and R. Jafari. 2015. Assessment of mineralogical characteristics of dust in Shahdad region of Iran using XRD analysis. *Journal of Geography and Environmental Hazard* 14: 1-20.
- Iranmanesh, F., M. Arabkhedri and M. Akram. 2005. Investigation of dust origins and characteristics of their spreading in Sistan's storms, Iran region, using image processing. *Pajouhesh-va- Sazandegi* 67: 25-33.
- IRIMO. 2018. Islamic Republic of Iran Meteorological Organization (IRIMO), Kerman Province, Iran: Climate Information, CD-ROM.
- Jafari, R. and S. Hasheminasab. 2017. Assessing the effects of dam building on land degradation in central Iran with Landsat LST and LULC time series. *Environmental Monitoring and Assessment* 189(2): 74.
- Jebali, A., M. Zare, M. R. Ekhtesasi and R. Jafari. 2019. Performance evaluation of detector algorithms of Dust storms in arid lands (Case study: Yazd province). *Desert Ecosystem Engineering Journal* 8(23): 85-105.
- Jebali, J., R. Jafari, S. J. Khajeddin, H. R. Pakzad and H. Pakzad. 2013. Detection of aeolian sand sediments using a new satellite ratioing index. *Iranian Journal of Soil and Water Research* 45(2): 197-189.

12. Kimura, R. and M. Moriyama. 2014. Application of a satellite-based aridity index in dust source regions of northeast Asia. *Journal of Arid Environments* 109: 31-38.
13. Koozbanani, H., J. Dashti Amirabad, S. Nikoo and A. Taya. 2017. Desertification-intensity zoning through fuzzy-logic approach: A case study of Deyhook-Tabas, Iran. *Environmental Erosion Researches* 7(1): 35-49.
14. Lee, J. A., M. C. Baddock, M. J. Mbuh and T. E. Gill. 2012. Geomorphic and land cover characteristics of aeolian dust sources in West Texas and eastern New Mexico, USA. *Aeolian Research* 3(4): 459-466.
15. Liu, Y., L. Wu and H. Yue. 2018. Spatial distribution characteristics analysis of soil moisture in desertification mining areas based on gradient-based structural similarity. *Wuhan Daxue Xuebao (Xinxi Kexue Ban)/Geomatics and Information Science of Wuhan University* 43: 87-93.
16. Mandakh, N., J. Tsogtbaatar, D. Dash and S. Khudulmur. 2016. Spatial assessment of soil wind erosion using WEQ approach in Mongolia. *Journal of Geographical Sciences* 26(4): 473-483.
17. Mohammadi, A. 2011. Sedimentology and sedimentary geochemistry of Jazmuriyan playa. *Arid Biom Scientific and Research Journal* 1(1): 68-78.
18. Morabbi, M. 2011. Risk warning and crisis management for dust storm effects on western border of Iran. United Nations International Conference on Space-based Technologies for Disaster Risk Management, 22-25 November 2011, Beijing, China.
19. PBO. 2015. Plan and Budget Organization (PBO), Kerman Province, Land Use Planning of Kerman Province, Jahad Daneshgahi of Kerman Province, Kerman, Iran.
20. Qaderi Nasab, F. and M. B. Rahnama. 2018. Detection of dust storms in Jazmuriyan drainage basin using multispectral techniques and MODIS image. *Physical Geography Research Quarterly* 50(105): 545-562.
21. Rashki, A., N. J Middleton and A. S. Goudie. 2021. Dust storms in Iran – Distribution, causes, frequencies and impacts. *Aeolian Research* 48: 100655.
22. Rayegani, B., S. Barati, H. Goshtasb, S. Gachpaz, J. Ramezani and H. Sarkheil. 2020. Sand and dust storm sources identification: A remote sensing approach. *Ecological Indicators* 112: 106099.
23. Sajadi, J. 2011. Analysis of dust phenomenon in terms of geography. First International Congress the phenomenon of dust and its harmful effects, Agriculture and Natural Resources, 15-17 February 2011. University of Ramin in Khuzestan, Iran.
24. Sandholt, I., K. Rasmussen and J. Andersen. 2002. A simple interpretation of the surface temperature/vegetation index space for assessment of surface moisture status. *Remote Sensing of Environment* 79(2): 213-224.
25. Sedaghat, M., S. R. Mehrnia, S. Barzegar and M. A. Zangiabadi. 2016. A geostatistical exploratory of spatiotemporal variation of Kerman Haloxylon and its hazardous effect in formation of dust centers. *Environmental Hazards Management* 3(3): 199-210.
26. Singh, R. B. and Ajai. 2019. A composite method to identify desertification 'hotspots' and 'brightspots'. *Land Degradation & Development* 30(9): 1025-1039.
27. Soleimani Sardo, M. and M. Zare. 2019. Drought monitoring using MODIS data and its comparison with SPI meteorological index in short periods (Case study: Jaz_Murian basin). *Journal of Watershed Management Research* 10(20): 250-261.
28. Soleimani Sardo, M., A. Fordoei and S. H. Mousavi. 2016. Evaluation of Desertification Hazard in the Jaz-Murian region based on analysis of geology-geomorphology criterion. *Desert Ecosystem Engineering Journal* 5(10): 109-129.
29. Tan, M. and X. Li. 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.
30. Tsolmon, R., L. Ochirkhuyag and T. Sternberg. 2008. Monitoring the source of trans-national dust storms in north east Asia. *International Journal of Digital Earth* 1(1): 119-129.

Identification of Dust Sources and Storms in the South of Kerman Province Using Remote Sensing Data

H. Sanati and R. Jafari^{1*}

(Received: August 26-2020; Accepted: December 21-2020)

Abstract

The southern regions of Kerman Province have repeatedly encountered dust storms. Therefore, the objective of this study was to identify dust sources using effective parameters such as vegetation cover, land surface temperature, soil moisture, soil texture, and slope as well as to detect dust storms originating from these regions based on 31 MODIS images in 2016 and SRTM data. After normalizing parameters, the dust source map was prepared by fuzzy logic and assessed with an error matrix and available dust source map. Results showed that 30.5% of the study area was classified as a low source of dust, 39.55% as moderate, and 29.85% as severe-very severe. The overall accuracy of the produced map was about 70% and the producer and user accuracy of the severe-very severe class was more than 87%. The detection of dust storms originated from the identified dust sources also confirmed a crisis situation in the region. Due to the repeatability and continuity of obtained dust source map at pixel scale, it can be used to update available dust source maps and manage dust crisis in the region, properly.

Keywords: Jazmurian, Dust source, Vegetation, Soil moisture, Land surface temperature

1. Department of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

*: Corresponding author, Email: reza.jafari@iut.ac.ir